

Torsten Bellstedt

# Perspektiven der Nachhaltigkeit im Cloud Computing

Ein Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung  
von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung  
von Cloud-Services

**Forschungsbericht**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Forschungsgegenstand und Forschungsfrage.....	1
1.2 Methodisches Vorgehen.....	2
<b>2 Definitionen und grundlagenbildende Theorien</b> .....	<b>3</b>
2.1 Abgrenzung des Begriffs Cloud Computing.....	3
2.2 Ressourcenorientiertes Nachhaltigkeitsverständnis in der Managementlehre .....	6
2.3 CADE-Methodik zur Ermittlung der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums .....	7
<b>3 Aspekte der Nachhaltigkeit im Cloud Computing</b> .....	<b>9</b>
3.1 Öko-Effizienz.....	9
3.2 Substanzerhaltung .....	13
3.3 Verantwortung.....	16
<b>4 Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung von Cloud-Services</b> .....	<b>18</b>
4.1 Integration von Aspekten der Nachhaltigkeit in das Zielsystem .....	19
4.2 Vorauswahl möglicher Handlungsalternativen .....	23
4.3 Ermittlung der Zielbeiträge und Durchführung der Nutzwertanalyse .....	24
<b>5 Schlussbetrachtung</b> .....	<b>27</b>
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>X</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Faktoren der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums .....	8
Abbildung 2: Ambitionsniveaus eines Nachhaltigen Managements .....	20
Abbildung 3: Exemplarisches Zielsystem für eine nachhaltige Unternehmens-IT .....	22
Abbildung 4: Exemplarische, erweiterte Nutzwertanalyse.....	26

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Service-Ebenen des Cloud Computing .....	5
Tabelle 2: Bereitstellungsarten des Cloud Computing .....	6

## Abkürzungsverzeichnis

CADE	Corporate Average Data Center Efficiency
CIO	Chief Information Officer
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CPU	Central Processing Unit
EMEA	Europe/Middle-East/Africa
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
IT	Informationstechnik
NSA	National Security Agency
PaaS	Platform-as-a-Service
SaaS	Software-as-a-Service
SLA	Service-Level-Agreement
TCO	Total Cost of Ownership

# 1 Einleitung

## 1.1 Forschungsgegenstand und Forschungsfrage

Viele Anwendungen im Internet, die sich an Privatanwender richten (z.B. FACEBOOK, DROPBOX, GOOGLE DOCS oder Webmailangebote), basieren auf dem Modell des Cloud Computing.<sup>1</sup> Auch immer mehr Unternehmen erwägen, ihre traditionelle IT durch den Bezug von Dienstleistungen aus der Cloud zu ergänzen oder gar zu ersetzen, um von den Effizienzvorteilen des Cloud Computing zu profitieren.<sup>2</sup> Sofern sich diese ersten Überlegungen zu ernsthaften Vorhaben zur Implementierung von Cloud-Services entwickeln, sieht sich das IT-Management eines Unternehmens der konkreten Entscheidungssituationen ausgesetzt, zwischen einer Vielzahl möglicher Alternativen auszuwählen. Parallel zu dieser Entwicklung wird in der Politik, der Wissenschaft und der Gesellschaft zunehmend über die Notwendigkeit einer nachhaltigen Wirtschaftsweise diskutiert, so dass die Forderungen gegenüber Entscheidungsträgern in Unternehmen nach einem nachhaltigen Management stetig wachsen.

Aus dem parallelen Bedeutungsgewinn des nachhaltigen Managements sowie des Cloud Computing und den damit verbundenen Notwendigkeiten für Entscheidungsfindungen kann daher die Forschungsfrage **„Wie kann es Unternehmen gelingen, bei der Entscheidung zur Implementierung von Cloud-Services die komplexen Abwägungsprozesse zwischen ökonomischen Effizienzbestrebungen, Öko-Effizienz, Substanzerhaltung sowie Verantwortung zu bewältigen?“** abgeleitet werden. Um die Forschungsfrage beantworten zu können, sollen in Form einer konzeptionellen Arbeit Grundlagen bildende Informationen zum genannten Thema aus der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur, aus Studien und Artikeln der Fachpresse zusammengetragen und ausgewertet werden, um die bisher in der Forschung fehlende, zusammenhängende Betrachtung des herkömmlichen Managements sowie der drei Perspektiven des nachhaltigen Managements in Bezug auf das Cloud Computing vorzunehmen. Auf diesen Erkenntnissen basierend, wird anschließend ein Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung von Cloud-Services entwickelt, in dessen Zentrum eine erweiterte Nutzwertanalyse als Hilfsmittel für die Entscheidungsfindung steht.

Auf diese Weise soll ein erster Ansatz geschaffen werden, der neben den Zielsetzungen des herkömmlichen Managements und der Öko-Effizienz als Hauptargumente für das Cloud Computing auch weitere Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt und eine praktikable Lösung bietet, die komplexen Abwägungsprozesse mit Hilfe der erweiterten Nutzwertanalyse zu bewältigen.

---

<sup>1</sup> Vgl. o.V. [derstandard.at] (2011), o.S.

<sup>2</sup> Vgl. Schneider (2012), S. 1

## 1.2 Methodisches Vorgehen

Um die praktische Anwendbarkeit des zu entwickelnden Leitfadens für Unternehmen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung von Cloud-Services garantieren zu können, bedarf es vorerst einer genauen Definition und Abgrenzung des Bezugsobjektes des Leitfadens und der zugrundeliegenden Theorien. Daher soll in *Kapitel 2* eine wissenschaftlich fundierte, auf der fachlichen Expertise des National Institute of Standards and Technology basierende Definition des Begriffs Cloud Computing vorgenommen werden. Darüber hinaus wird eine kurze Einführung in das von Prof. Dr. Müller-Christ gelehrte, ressourcenorientierte Nachhaltigkeitsverständnis der Managementlehre geboten, auf dessen Grundlage die nachfolgenden Analysen bezüglich der Zusammenhänge zwischen dem Cloud Computing und den drei Perspektiven der Nachhaltigkeit (Öko-Effizienz, Substanzerhaltung, Verantwortung) basieren. Zudem werden im Speziellen für die Ermittlung der Öko-Effizienz von Rechenzentren die theoretischen Grundlagen der „Corporate Average Data Center Efficiency“-Methode vermittelt, um eine möglichst objektive Bewertung der Öko-Effizienz von Cloud-Services, bzw. der unternehmenseigenen IT zu gewährleisten.

Unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Definitionen und Theorien werden in *Kapitel 3* schließlich die drei Perspektiven der Nachhaltigkeit einzeln auf Zusammenhänge mit dem Cloud Computing untersucht. Auf diese Weise wird eine Vielzahl an Faktoren identifiziert, die bei der Entscheidung für die Implementierung von Cloud-Services durch das IT-Management eines Unternehmens - mit Ambitionen auf nachhaltiges Wirtschaften - berücksichtigt werden sollten.

Auf diesen Erkenntnissen aufbauend wird schließlich in *Kapitel 4* ein Leitfaden entwickelt, der Unternehmen bei der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Entscheidung zur Implementierung von Cloud-Services unterstützen kann. Hierbei wird erläutert, auf welche Weise und unter welchen Bedingungen die zuvor ermittelten Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeit und Cloud Computing in das Zielsystem des IT-Managements eines Unternehmens integriert werden können und wie eine methodische Vorauswahl möglicher Cloud-Service-Provider vorgenommen werden kann. Zentrales Element des Leitfadens stellt schließlich eine, auf das Cloud Computing bezogene und um Aspekte der Nachhaltigkeit ergänzte, Nutzwertanalyse dar, die an eine von Sabrina Lamberth und Anette Weisbecker entwickelte Methode für „Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beim Einsatz von Cloud Computing“<sup>3</sup> angelehnt ist und je nach Ambitionsniveau eines Unternehmens individuell angepasst werden kann.

Abschließend sollen die gewonnen Erkenntnisse prägnant zusammengefasst und die entwickelte Methode kritisch reflektiert werden.

---

<sup>3</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010)

## 2 Definitionen und grundlagenbildende Theorien

Im Folgenden soll eine wissenschaftlich fundierte Definition für Cloud Computing erfolgen, die als Grundlage für die weitere Themenbearbeitung verwendet wird und damit den Gültigkeitsbereich des Leitfadens absteckt. Darüber hinaus wird zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen der folgenden Analysen eine kurze Einführung in das ressourcenorientierte Verständnis der Nachhaltigkeit sowie in die CADE-Methodik zur Ermittlung der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums vorgenommen.

### 2.1 Abgrenzung des Begriffs Cloud Computing

Die Begriffe „Cloud“ und „Cloud Computing“ sind in der Literatur und Presse allgegenwärtig. Der Begriff „Wolke“ (Cloud) ist zur Metapher des Internets geworden.<sup>4</sup> Viele Unternehmen der IT-Branche nutzen den Begriff für Onlineangebote, bei denen Informationen im Internet – „in der Cloud“ - gespeichert und verarbeitet werden, und versuchen so, mit „der Cloud“ in Verbindung gebracht zu werden.<sup>5</sup> Obwohl viele dieser Angebote aus technischer Sicht nicht dem Cloud Computing zugeordnet werden können, werden diese dennoch häufig aus Gründen des Marketings als Cloud-Services bezeichnet, um komplizierte und unpopuläre Begriffe, die eigentlich zutreffender wären, zu vermeiden.<sup>6,7</sup> Da allerdings viele Ansatzpunkte für Nachhaltigkeitsaspekte im Cloud Computing auf Merkmalen beruhen, die nur auf Cloud-Services zutreffen, die auch aus technischer Sicht dem Cloud Computing zugeordnet werden können, soll für die weitere Themenbearbeitung der Begriff Cloud Computing gemäß der folgenden Definition des National Institute of Standards and Technology Anwendung finden.

*„Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.“<sup>8</sup>*

Die fünf wesentlichen Eigenschaften („*Essential Characteristics*“) des Cloud Computing sind dieser Definition zufolge die Inanspruchnahme von Cloud-Services ohne menschliche Interaktion mit dem Service-Provider („*On-demand self-service*“), die Abrufbarkeit der Cloud-Services über das Internet mit diversen Endgeräten („*Broad network access*“), die Poolung der IT-Ressourcen beim

---

<sup>4</sup> Vgl. Fowler/ Worthen (2009), o.S.

<sup>5</sup> Vgl. ebenda, o.S.

<sup>6</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 210 f.

<sup>7</sup> Vgl. Fowler/ Worthen (2009), o.S.

<sup>8</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 2

Cloud-Service-Provider („*Resource pooling*“), die bedarfsabhängige und sofortige Bereitstellung der IT-Ressourcen bzw. Cloud-Services („*Rapid elasticity*“) sowie die automatische Kontrolle und Optimierung der Ressourcenverwendung durch die Cloud Computing-Systeme („*Measured service*“).<sup>9</sup>

Da die drei unterschiedlichen Service-Ebenen („*Service Models*“) „*Software as a Service*“ [SaaS], „*Platform as a Service*“ [PaaS], „*Infrastructure as a Service*“ [IaaS]<sup>10</sup> sowie die vier Bereitstellungsarten („*Deployment Models*“) „*Private cloud*“, „*Community cloud*“, „*Public cloud*“ sowie „*Hybrid cloud*“<sup>11</sup> bedeutenden Einfluss auf (u.a.) die Datensicherheit und die (Öko-) Effizienz durch Poolung von IT-Ressourcen - und somit auf die Aspekte der Nachhaltigkeit im Cloud Computing – haben, sollen die genannten Service-Ebenen und Bereitstellungsarten im Folgenden kurz erläutert und voneinander abgegrenzt werden.

Die Infrastructure-as-a-Service-Ebene stellt die unterste Service-Ebene des Cloud Computing dar. Im Rahmen von IaaS-Angeboten ist der Anwender selbst für die Einrichtung und Verwaltung des Betriebssystems sowie der Software verantwortlich.<sup>12,13</sup> Der IaaS-Provider stellt dem Nutzer lediglich die zugrundeliegende IT-Infrastruktur (z.B. Rechner, Massenspeicher, Netzwerke, etc.) zur Verfügung und verwaltet und kontrolliert diese.

Dienste der Platform-as-a-Service-Ebene umfassen neben der Bereitstellung der IT-Infrastruktur bereits eine abstrakte Plattform (z.B. ein Cloud-Betriebssystem), auf deren Grundlage eigene Software entwickelt und ausgeführt werden kann.<sup>14</sup> Bei PaaS-Angeboten hat der Servicenehmer keinen Zugriff auf das zugrundeliegende Betriebssystem. Aufgaben, wie die Installation und Wartung des Betriebssystems, werden bei PaaS-Angeboten vom PaaS-Provider ausgeführt.<sup>15</sup>

Auf der Software-as-a-Service-Ebene werden dem Servicenehmer komplette Softwarelösungen, die meist im Browser ausgeführt werden und keine lokale Installation benötigen, direkt zur Verfügung gestellt.<sup>16</sup> Da Nutzer dieser Dienste keinerlei Zugriff auf die zugrundeliegende Plattform oder Infrastruktur haben, beschränken sich die Anpassungsmöglichkeiten auf die Einstellungsmöglichkeiten der jeweiligen Software.<sup>17</sup> Für einen übersichtlichen Vergleich werden in *Tabelle 1* Zielgruppe, individuelle Anpassbarkeit, Verwaltungsaufwand und Bezahlung als relevante Unterscheidungsmerkmale der drei Service-Ebenen tabellarisch dargestellt.

---

<sup>9</sup> Vgl. ebenda, S. 2

<sup>10</sup> Vgl. ebenda, S. 2 f.

<sup>11</sup> Vgl. ebenda, S. 3

<sup>12</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 42

<sup>13</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 3

<sup>14</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 44

<sup>15</sup> Vgl. ebenda, S. 44

<sup>16</sup> Vgl. ebenda, S. 46-48

<sup>17</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 2

Tabelle 1: Service-Ebenen des Cloud Computing

Service-Ebene	IaaS	PaaS	SaaS
Zielgruppe	Systemhäuser IT-Dienstleister IT-Abteilungen Softwareentwickler	Softwareentwickler	Endanwender
Individuelle Anpassbarkeit	Sehr hoch	Hoch	Sehr gering
Verwaltungsaufwand	Hoch	Mittel	Niedrig
Bezahlung	Pay per Use	Pay per Use	Pay per Use

In Anlehnung an: Meir-Huber, M., Cloud Computing (2011), S. 48

Bei der Bereitstellungsart Private Cloud befindet sich die zugrundeliegende Infrastruktur in der Regel innerhalb des Unternehmens des Anwenders,<sup>18</sup> so dass einmalig hohe Kosten zur Einrichtung von Hard- sowie Software und regelmäßige Betriebs- und Wartungskosten anfallen.<sup>19</sup> Die IT-Infrastruktur kann in einer Private Cloud zwar gleichzeitig von mehreren Anwendern derselben Organisation genutzt werden (z.B. Abteilungen eines Unternehmens), allerdings erfolgt keine Poolung der IT-Ressourcen,<sup>20</sup> wodurch jedoch die Datensicherheit und die Privatsphäre besser gewährleistet und kontrolliert werden können als bei den übrigen Bereitstellungsarten.<sup>21</sup>

Bei einer Community Cloud handelt es sich in der Regel um einen Zusammenschluss der Private Clouds mehrerer Organisationen. Durch die so gemeinsam genutzten IT-Ressourcen mehrerer Organisationen können die (Öko-) Effizienzvorteile des Cloud Computing zumindest eingeschränkt genutzt werden.<sup>22</sup> Da die Services einer Community Cloud lediglich einem bestimmten Nutzerkreis ausgewählter Organisationen zur Verfügung stehen, können Daten und Privatsphäre dennoch zuverlässig geschützt werden.<sup>23</sup>

In einer Public Cloud befindet sich die IT-Infrastruktur in den Rechenzentren des Cloud-Providers und steht öffentlich zur Verfügung, so dass sie von beliebigen Personen oder Organisationen - unter optimaler Ausschöpfung von (Öko-) Effizienzvorteilen - genutzt werden kann.<sup>24</sup> Hoster und Servicenehmer gehören in einer Public Cloud nicht derselben organisatorischen Einheit an, wodurch die Nutzung einer Public Cloud häufig mit der Auslagerung von Daten und somit einer eingeschränkten Datensicherheit einhergeht.<sup>25</sup> Typischerweise werden die Dienstleistungen monatlich und bedarfsabhängig abgerechnet.<sup>26</sup>

<sup>18</sup> Vgl. ebenda, S. 3

<sup>19</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 41

<sup>20</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 3

<sup>21</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 41

<sup>22</sup> Vgl. Metzger/ Reitz/ Villar (2011), S. 19

<sup>23</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 3

<sup>24</sup> Vgl. ebenda, S. 3

<sup>25</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 41

<sup>26</sup> Vgl. ebenda, S. 41

Bei einer Hybrid Cloud handelt es sich um eine Kombination von mindestens zwei der übrigen Bereitstellungsarten (Private, Public oder Community Cloud), so dass Nachteile der unterschiedlichen Ebenen bestmöglich umgangen und die Vorteile dennoch anteilig genutzt werden können.<sup>27</sup> Die wesentlichen Merkmale der unterschiedlichen Bereitstellungsarten werden in *Tabelle 2* zum Vergleich gegenübergestellt.

*Tabelle 2: Bereitstellungsarten des Cloud Computing*

Bereitstellungsart	Private Cloud	Community Cloud	Public Cloud	Hybrid Cloud
<b>Hoster (Anbieter der IT-Ressourcen)</b>	Unternehmensintern	Ein oder mehrere Unternehmen	Cloud Computing-Anbieter	Unternehmensintern und Cloud Computing-Anbieter
<b>Poolung der IT-Ressourcen</b>	Keine Poolung der IT-Ressourcen	Poolung der IT-Ressourcen möglich	Poolung der IT-Ressourcen	Poolung der IT-Ressourcen möglich
<b>Kosten</b>	Einmalig (Einrichtung der Soft- und Hardware) sowie monatlich (Betrieb, Wartung)	Einmalig für unternehmensinterne IT und/oder monatlich bedarfsabhängig	Monatlich, bedarfsabhängig	Einmalig für unternehmensinterne IT und monatlich für extern bezogene Cloud-Services

In Anlehnung an: Meir-Huber, M., Cloud Computing (2011), S. 41

## 2.2 Ressourcenorientiertes Nachhaltigkeitsverständnis in der Managementlehre

Das in den folgenden Betrachtungen verwendete Nachhaltigkeitsverständnis basiert auf einer von Prof. Dr. Müller-Christ gelehrten Betrachtungsweise, welche somit den theoretischen Hintergrund zur Beantwortung der Forschungsfrage darstellt.

Um ihren Zweck zu erfüllen und sich am Leben zu halten, hängen Unternehmen vom beständigen Zufluss von Ressourcen ab. Jedes Unternehmen ist also abhängig von Ressourcen anderer Systeme, aber auch Quelle für Ressourcen anderer Systeme bzw. Unternehmen. Unter dieser Betrachtungsweise der Abhängigkeit von Ressourcen ist es für Unternehmen rational, sich für den Erhalt ihrer Ressourcenquellen einzusetzen.<sup>28</sup>

Unter Berücksichtigung dieser Grundannahmen können drei Perspektiven eines nachhaltigen Managements unterschieden werden: Öko-Effizienz, Substanzerhaltung und Verantwortung. Die Öko-Effizienz bezieht sich auf die Steigerung der Ressourcenproduktivität. Bei gleich bleibender ökonomischer Wertschöpfung nimmt die ökologische Schadschöpfung ab (Effizienzlösung des Umweltproblems) oder im Idealfall nehmen die ökonomische Wertschöpfung sowie die ökologi-

<sup>27</sup> Vgl. ebenda, S. 41

<sup>28</sup> Vgl. Müller-Christ (2010a), S. 107

sche Nutzenschöpfung parallel zu (Konsistenzlösung des Umweltproblems).<sup>29</sup> Problem dieser Perspektive ist jedoch, dass der Ressourcenpool nicht reproduziert wird und daher trotz effizienterem Ressourceneinsatz der Ressourcenpool irgendwann erschöpft ist.<sup>30</sup> Diese Problematik findet in der Perspektive der Substanzerhaltung Beachtung, nach deren Logik das Verhältnis von Ressourcenverbrauch zu Ressourcennachschub ausgeglichen gehalten werden sollte, so dass die wirtschaftliche Substanz, also die Ressourcenbasis des Unternehmens, dauerhaft erhalten bleibt. Diese Betrachtungsweise der Nachhaltigkeit als Ressourcenrationalität bezieht sich dabei auf materielle (Kapital, Produktionsanlagen, Rohstoffe, etc.) sowie immaterielle Ressourcen (Qualifikationen, Vertrauen, Rechtssicherheit, etc.).<sup>31</sup> Verantwortung stellt die dritte Perspektive des nachhaltigen Managements dar und beschreibt eine Auffassung der Nachhaltigkeit als moralischen Wert gegenüber Mitarbeitern, Kunden, Gesellschaft und nachfolgenden Generationen. Der Zweck eines verantwortungsvollen Verhaltens besteht darin, dem Vertrauensverlust, der durch ethisches Fehlverhalten von Unternehmen entsteht, entgegenzuwirken, so dass durch Rücksichtnahme die Ziele der Organisation erreicht werden, ohne Nebenwirkungen auf die Umwelt zuzulassen.<sup>32</sup>

### **2.3 CADE-Methodik zur Ermittlung der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums**

Um die Öko-Effizienz des Cloud Computing mit herkömmlichen IT-Umgebungen in Unternehmen vergleichen zu können, benötigt es einen Bezugsrahmen, der eine Gegenüberstellung anhand objektiver Kriterien ermöglicht. Unter der Annahme, dass die meisten Unternehmen über eine zentrale Rechentechnik, also über ein eigenes oder ein mit anderen Unternehmen geteiltes Rechenzentrum verfügen, kann für die Bewertung der Rechenzentrumseffizienz die „Corporate Average Data Center Efficiency“ (CADE) herangezogen werden. Da sich die CADE-Betriebseffizienzbetrachtung von Rechenzentren nicht unmittelbar auf monetäre Faktoren, sondern auf den Auslastungsgrad der eingesetzten Ressourcen und die Energieeffizienz dieser bezieht, bietet die Methode adäquate Ansatzpunkte für die Untersuchung der Öko-Effizienz von (Cloud Computing-) Rechenzentren.

Bei Anwendung der CADE-Methodik werden die Effizienz des Gebäudes (Räumlichkeiten, in denen die zentrale Rechentechnik eines Unternehmens untergebracht ist) sowie die Effizienz der im Rechenzentrum eingesetzten IT-Ressourcen berücksichtigt, um schließlich die Betriebseffizienz eines Rechenzentrums zu ermitteln. Die IT-Effizienz und die Gebäudeeffizienz eines Rechenzentrums ergeben sich dabei jeweils aus der Kombination der IT- bzw. Gebäudeauslastung sowie der

---

<sup>29</sup> Vgl. Müller-Christ (2013b), o.S.

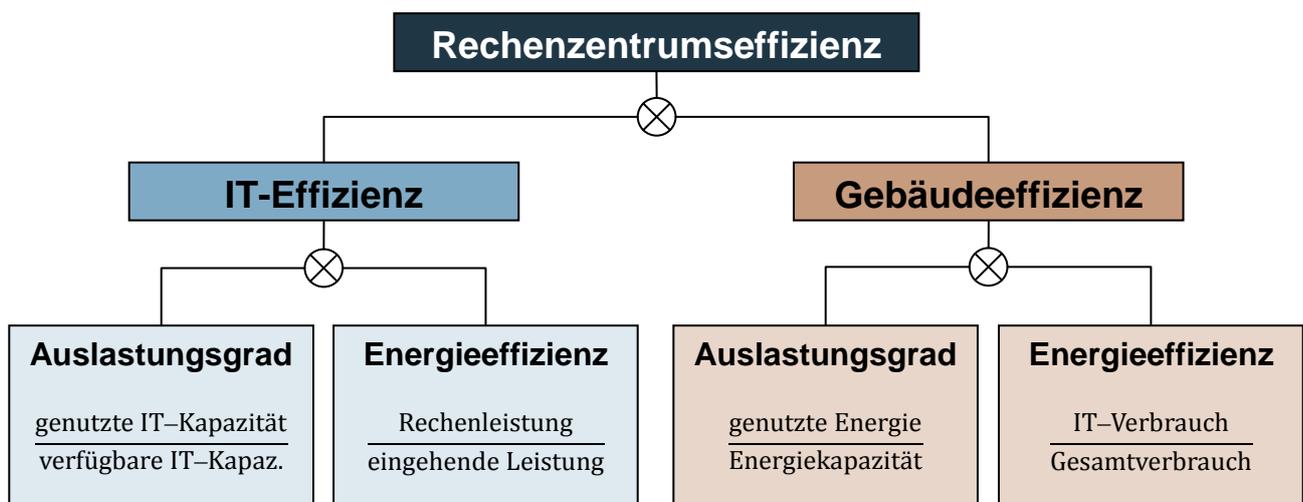
<sup>30</sup> Vgl. Müller-Christ (2010b), S. 3

<sup>31</sup> Vgl. Müller-Christ (2012a), S. 53 - 55

<sup>32</sup> Vgl. Müller-Christ (2012b), o.S.

Energieeffizienz.<sup>33</sup> Der IT-Auslastungsgrad beschreibt den Anteil der tatsächlichen Nutzung der verfügbaren Kapazität der im Rechenzentrum eingesetzten IT-Ressourcen und errechnet sich aus dem Durchschnittswert der einzelnen Komponentenauslastungen (z.B. Auslastung der CPU, Auslastung des Hauptspeichers, etc.). Die IT-Energieeffizienz gibt Auskunft über den in Rechenleistung umgesetzten Anteil an Energie im Verhältnis zum gesamten Energieverbrauch der eingesetzten IT-Ressourcen.<sup>34</sup> Die Gebäudeenergieeffizienz beschreibt hingegen den Anteil des Energieverbrauchs der eingesetzten IT-Komponenten am gesamten Energieverbrauch eines Rechenzentrums. Die Gebäudeauslastung gibt an, inwieweit das Potenzial der Gebäudeinfrastruktur durch die IT-Komponenten ausgenutzt wird. Hierbei werden die Auslastung der verfügbaren elektrischen Leistung (Anteil genutzter elektrischer Leistung an der gesamt verfügbaren elektrischen Leistung), die Auslastung der theoretischen Klimatisierungsleistung (Anteil genutzter Kälteleistung an der verfügbaren Kälteleistung), sowie die Auslastung der verfügbaren Fläche (Anteil genutzter Besiedelungskapazität an der verfügbaren Besiedelungskapazität) berücksichtigt. In *Abbildung 1* werden die einzelnen Faktoren der Betriebseffizienz von Rechenzentren zur Veranschaulichung dargestellt.<sup>35</sup>

Abbildung 1: Faktoren der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums



In Anlehnung an: Bundesstelle für Informationstechnik (2010), S. 11

Da sich die weiteren Betrachtungen auf die Faktoren der Betriebseffizienz von Rechenzentren beziehen und keine konkreten Berechnungen für die Effizienz einzelner Rechenzentren vorgenommen werden sollen, kann auf die Erläuterung des genauen Vorgehens bei der Messung notwendiger Parameter sowie die Beschreibung der mathematischen Berechnungen für die Werte der vier Einflussfaktoren auf die Rechenzentrumseffizienz verzichtet werden.

<sup>33</sup> Vgl. o.V. [Bundesstelle für Informationstechnik] (2010), S. 11

<sup>34</sup> Vgl. ebenda, S. 14

<sup>35</sup> Vgl. ebenda, S. 13

### **3 Aspekte der Nachhaltigkeit im Cloud Computing**

Um einen Ansatz zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit bei der Implementierung von Cloud-Services entwickeln zu können, müssen vorerst Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den Aspekten der Nachhaltigkeit und dem Cloud Computing erlangt werden, die eine Formulierung klarer Ziele des nachhaltigen Wirtschaftens im Rahmen des Cloud Computing ermöglichen. Daher werden im Folgenden eben jene Zusammenhänge zwischen dem Cloud Computing und der Öko-Effizienz, der Substanzerhaltung sowie der Verantwortung analysiert und Faktoren identifiziert, die im Entscheidungsprozess für den Bezug von Cloud-Services berücksichtigt werden sollten.

#### **3.1 Öko-Effizienz**

Wie bereits in Abschnitt 2.1 angeschnitten, verfügen lediglich Private Clouds über die Grundvoraussetzungen, um sämtliche Öko-Effizienzvorteile des Cloud Computing in vollem Umfang nutzen zu können. Im Folgenden sollen daher die Öko-Effizienzvorteile erläutert werden, die durch Computing in Public Clouds gegenüber der Nutzung herkömmlicher Rechenzentren erzielt werden können. Die übrigen Bereitstellungsarten (Private Cloud, Community Cloud, Hybrid Cloud) verfügen zwar grundsätzlich über selbige Potenziale, allerdings können diese in der Regel nicht in gleichem Umfang wie in Public Clouds ausgeschöpft werden. Dennoch gilt, dass auch bei diesen Bereitstellungsarten die nachfolgend erläuterten (Öko-) Effizienz-Vorteile - abhängig von den spezifischen Gegebenheiten im Einzelfall - zumindest anteilig zum Tragen kommen.

Unter der Annahme, dass Cloud-Service-Provider - unabhängig vom Ambitionsniveau nachhaltig zu wirtschaften - als erfolgsorientierte Wirtschaftsunternehmen im Sinne herkömmlicher Managementrationalität agieren, kann unterstellt werden, dass der ökonomisch effiziente Ressourcenumgang im Zielsystem eines jeden Cloud-Service-Providers verankert ist. Demzufolge streben Cloud-Service-Provider nach möglichst niedrigen Betriebskosten ihrer Rechenzentren, so dass diese möglichst energieeffizient und mit einem größtmöglichen Auslastungsgrad betrieben werden. Während eine hohe Energieeffizienz die Stromkosten verringert, führt ein hoher Auslastungsgrad dazu, dass in der Summe weniger IT-Komponenten beschafft werden müssen und somit geringere Kosten in Form von Abschreibungen für die eingesetzten IT-Komponenten anfallen. Durch eine höhere Effizienz von Rechenzentren werden also für eine gleichbleibende ökonomische Wertschöpfung weniger Energie und Ressourcen für IT-Komponenten und Räumlichkeiten benötigt, so dass die ökolo-

gische Schadschöpfung reduziert wird.<sup>36</sup> Aus Sicht des ressourcenorientierten Nachhaltigkeitsverständnisses wird so in Form einer Effizienzlösung des Umweltproblems die Öko-Effizienz eines Rechenzentrums gesteigert.<sup>37</sup>

Einige signifikante Zusammenhänge, die zwischen den technischen Eigenschaften des Cloud Computing bzw. den Handlungen der Cloud-Service-Provider und dem öko-effizienten Betrieb von Rechenzentren bestehen, sollen im Folgenden vor dem Hintergrund der vier Faktoren der Betriebseffizienz eines Rechenzentrums nach Maßstäben der CADE-Methodik<sup>38</sup> dargestellt werden.

### **Steigerung der Energieeffizienz von IT-Komponenten**

Cloud-Service-Provider verfügen auf Grund der hohen Abnahmemengen von IT-Komponenten über eine erhebliche Marktmacht auf den Beschaffungsmärkten. Auf Grund der zuvor erläuterten Bestrebungen, Rechenzentren möglichst energieeffizient zu betreiben, fragen Cloud-Service-Provider folglich energieeffiziente IT-Komponenten nach, so dass Produzenten von Prozessoren und anderen IT-Komponenten, wie zum Beispiel der Marktführer INTEL, intensiv an der Entwicklung möglichst energiesparender Lösungen für Server-Systeme arbeiten, um sich gegen konkurrierende Anbieter durchsetzen und hohe Mengen absetzen zu können.<sup>39</sup> Darüber hinaus verfügen Cloud-Service-Provider über das nötige Wissen und über genügend Einfluss auf Hersteller von IT-Komponenten, um speziell angepasste und optimierte Hardware für die jeweiligen Einsatzgebiete produzieren zu lassen, so dass eine zusätzliche Steigerung der Energieeffizienz realisierbar ist.<sup>40</sup>

### **Steigerung des Auslastungsgrades der eingesetzten IT-Komponenten**

Unternehmen schaffen für neue Anwendungen häufig zusätzliche Server an, so dass oftmals zahlreiche Server in Unternehmen nicht ausgelastet sind. Die Virtualisierung von Hardware-Servern, also die Einrichtung mehrerer virtueller Server auf einer einzigen physikalischen Maschine, stellen eine wichtige Komponente der Cloud Computing-Technologie dar und kann dem übermäßigen Anstieg der Serverzahl entgegenwirken, so dass Auslastung, Flexibilität und Zuverlässigkeit des Netzwerks immens verbessert werden. Laut Martin Niemer, Senior Product Marketing Manager EMEA bei VMWARE (Entwickler von Virtualisierungs-Software), können hierdurch Serverauslastungen von 10 % oder weniger problemlos auf 60 % gesteigert werden.<sup>41</sup> Cloud Computing im Speziellen zeichnet sich darüber hinaus durch eine gemeinsame, flexible und bedarfsabhängige Nutzung von IT-Ressourcen aus, die durch Poolung der IT-Ressourcen beim Anbieter der Cloud-

---

<sup>36</sup> Vgl. Müller-Christ (2013b), o.S.

<sup>37</sup> Vgl. Abschnitt 2.2

<sup>38</sup> Vgl. Abschnitt 2.3

<sup>39</sup> Vgl. Froböse (2012), S. 24 & 25

<sup>40</sup> Vgl. o.V. [accenture.com] (2010), S. 8

<sup>41</sup> Vgl. Niemer (2010), S. 57-59

Services realisiert wird.<sup>42</sup> Durch die so virtualisierten und gemeinsam genutzten IT-Ressourcen können, gegenüber traditionellen IT-Systemen, erhebliche Energieeffizienzvorteile erzielt werden.<sup>43</sup> Desweiteren verkaufen Cloud-Service-Provider mehr Recheneinheiten an die Kunden als tatsächlich von ihren Rechenzentrum geleistet werden kann, da in der Regel mehr Kapazitäten gebucht als tatsächlich genutzt werden, so dass bei einer großen Kundenzahl Raum für eine Überbuchung der Server - dem so genannten Overbooking - entsteht.<sup>44</sup>

### **Steigerung der Energieeffizienz der Rechenzentrumsgebäude**

Viele Cloud-Service-Provider wählen die Standorte ihrer Rechenzentren anhand von Kriterien der Ökoeffizienz aus. So haben unter anderen FACEBOOK und GOOGLE bereits Rechenzentren in Regionen wie Norwegen und Finnland aufgrund der niedrigen Umgebungstemperaturen für eine ressourcenschonende Kühlung sowie der Verfügbarkeit regenerativen Stroms aus Wasserkraft errichtet. Gegenüber traditionellen Rechenzentren kann im Rahmen des Cloud Computing auf diese Weise durch eine effektivere Gestaltbarkeit der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik bis zu 40 % Strom eingespart werden.<sup>45</sup>

### **Steigerung des Auslastungsgrades der Rechenzentrumsgebäude**

Für Cloud-Service-Provider stellt der Betrieb von Cloud-Rechenzentren ein Kerngeschäft dar, so dass für den Geschäftserfolg eine optimierte Auslastung der elektrischen Leistung, der Klimatisierungsleistung sowie der räumlichen Kapazität von großer Bedeutung ist. So werden stetig innovative Lösungen (weiter-) entwickelt, um eine möglichst hohe Gebäudeauslastung zu erzielen. Beispielsweise brauchen moderne Cloud-Rechenzentren nicht mehr von vorn herein mit Überkapazitäten erbaut werden, um zukünftige Nachfragesteigerungen auffangen zu können. Stattdessen basieren diese Cloud-Rechenzentren auf einer modularen Bauweise, so dass bei steigender bzw. sinkender Nachfrage nach Rechenleistung bedarfsabhängig und unkompliziert vorgefertigte Module angebaut bzw. entfernt werden können, so dass nahezu eine Vollauslastung der verfügbaren Kapazitäten erreicht werden kann. So verfügt MICROSOFT bereits seit einigen Jahren über Rechenzentren, in deren Räumlichkeiten extern gefertigte Container, die mehrere Tausend Server beinhalten, innerhalb von wenigen Stunden an freien Docks angeschlossen werden können.<sup>46</sup> Eine Weiterentwicklung dieses Systems stellen MICROSOFTS ITPACs dar, welche ohne in zusätzlichen Räumlichkeiten untergebracht werden zu müssen, flexibel zu einem Rechenzentrum zusammengeschlossen werden

---

<sup>42</sup> Vgl. Mell/ Grance (2011), S. 2

<sup>43</sup> Vgl. Baun (2010), S. 7 - 9

<sup>44</sup> Vgl. Froböse (2012), S. 29

<sup>45</sup> Vgl. ebenda, S. 30 & 31

<sup>46</sup> Vgl. Gauthier (2013), o.S.

können.<sup>47</sup> Die verfügbare elektrische Leistung, Kälteleistung sowie die räumliche Kapazität sind somit direkt an die tatsächlich genutzten Kapazitäten gekoppelt und variieren also bedarfsabhängig.

### **Weitere Zusammenhänge zwischen Cloud Computing und Öko-Effizienz**

Weitere Kriterien, die zu der hohen (Öko-) Effizienz des Cloud Computing beitragen, sind die Skaleneffekte, die in Großrechenzentren aufgrund der hohen Produktionsvolumina gleichartiger Leistungen erzielt werden sowie die Tatsache, dass sämtliche Einflussfaktoren auf die Effizienz der Cloud-Rechenzentren mit hohem Aufwand optimiert werden, da der Betrieb von Rechenzentren ein Kerngeschäft der Cloud-Service-Provider darstellt und somit maßgeblich zum Unternehmenserfolg beiträgt, was bei firmeneigenen Rechenzentren in der Regel nicht der Fall ist.<sup>48</sup>

Häufig bleiben bei der Betrachtung von Cloud-Services jedoch Strom- und Ressourcenverbrauch, die durch - die für das Cloud Computing erforderlichen - Telekommunikationsnetze verursacht werden, unbeachtet. Hochrechnungen haben allerdings ergeben, dass die Energieverbräuche der Telekommunikationsverbindungen immerhin ca. 10 % der Energieverbräuche der leistungserbringenden Server darstellen.<sup>49</sup> Bei einer Bewertung der Öko-Effizienz durch den Wechsel von herkömmlicher Unternehmens-IT auf den Bezug von Cloud-Services, darf dieser Faktor also nicht außer Acht gelassen werden.

Obwohl die Technologie des Cloud Computing auf Grund der diversen erläuterten Faktoren zu einer stark gesteigerten Öko-Effizienz der IT führt, kann sie den Anstieg der durch IT verursachte ökologische Schadschöpfung in Form von CO<sub>2</sub> - Emissionen nur verlangsamen. Um dem entgegenzuwirken, müssten Cloud-Provider konsequent auf Energie aus fossilen Brennstoffen für den Betrieb ihrer Rechenzentren verzichten.<sup>50</sup> Da eine verringerte ökologische Schadschöpfung durch Verzicht auf Energien aus fossilen Brennstoffen jedoch in der Regel mit höheren Energiekosten und daher mit einer ebenfalls geringeren ökonomischen Wertschöpfung einhergeht, setzen nur wenige Cloud-Service-Provider vermehrt auf alternative Energiequellen.<sup>51,52</sup>

---

<sup>47</sup> Vgl. James (2013), o.S.

<sup>48</sup> Vgl. Froböse (2012), S. 33

<sup>49</sup> Vgl. ebenda, S. 40

<sup>50</sup> Vgl. o.V. [Greenpeace International] (2011), S. 14

<sup>51</sup> Vgl. ebenda, S. 7

<sup>52</sup> Vgl. Müller-Christ (2013b), o.S.

### 3.2 Substanzerhaltung

In der Literatur und Fachpresse werden im Rahmen von Nachhaltigkeitsbetrachtungen zwar stets die zahlreichen Öko-Effizienzvorteile des Cloud Computings aufgeführt, zahlreiche umweltschädliche Effekte, die mit der Energieerzeugung sowie mit der Produktion und Rohstoffgewinnung der eingesetzten IT-Hardware in Verbindung stehen, werden allerdings häufig ausgeblendet, da sich bei der Abschätzung der Schadschöpfung häufig auf die Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beschränkt wird.<sup>53</sup>

Im Sinne der Substanzerhaltung, also dem Anspruch nach einem ausgeglichenen Verhältnis zwischen Ressourcennachschub und Ressourcenverbrauch,<sup>54</sup> genügt die reine Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die einem Rechenzentrum zugerechnet werden können, nicht aus. Die nukleare Energieerzeugung aus Uran verursacht beispielsweise lediglich ca. 1 % der Lebenszyklus-CO<sub>2</sub>-Emissionen von Kohlekraftwerken, so dass bei der Nutzung von Energie aus Uran die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Rechenzentren verbessert wird.<sup>55</sup> Allerdings handelt es sich bei Uran um eine erschöpfliche Ressource, deren hinreichend gesicherten Vorräte beim derzeitigen jährlichen Verbrauch schätzungsweise in unter 50 Jahren aufgebraucht sein werden.<sup>56</sup> Selbst wenn von der ökologischen Schadschöpfung durch nukleare Abfälle abgesehen wird, kann bei einem mit aus Uran erzeugter, nuklearer Energie betriebenen Rechenzentrum nicht von Nachhaltigkeit gesprochen werden. Ebenso ist aus Biomasse erzeugte Energie nicht als nachhaltig einzustufen, wenn eine Reproduktion der verwendeten Biomasse nicht sichergestellt wird. Um also Rechenzentren im Sinne der Substanzerhaltung nachhaltig zu betreiben, müssten Cloud-Service-Provider konsequent regenerative Energiequellen für den Betrieb ihrer Rechenzentren einsetzen. Ob ein Rechenzentrum hauptsächlich durch regenerative Energien betrieben wird, hängt derzeit allerdings vor allem vom Standort des Rechenzentrums ab.<sup>57</sup> Für die Bewertung eines Cloud-Services hinsichtlich der verwendeten Energie kann zum Beispiel der von GREENPEACE ermittelte „Clean Energy Index“ herangezogen werden. Dieser gibt Auskunft über den Anteil von regenerativen Energien am gesamten Energieverbrauch der Rechenzentren eines Cloud-Service-Providers. Hierbei erzielen YAHOO! mit einem Indexwert von 55,9 % und GOOGLE mit einem Wert von 36,4 % die besten Ergebnisse. Mit einem Indexwert von nur 6,7 % erzielt APPLE das schlechteste Ergebnis aller berücksichtigten Cloud-Anbieter.<sup>58</sup>

---

<sup>53</sup> Vgl. Froböse (2012), S. 43

<sup>54</sup> Vgl. Müller-Christ (2013a), o.S.

<sup>55</sup> Vgl. Wissel/ Mayer-Spohn/ Fahl, et al. (2007), S. 1

<sup>56</sup> Vgl. Lübbert (2006), S. 9

<sup>57</sup> Vgl. o.V. [Greenpeace International] (2011), S. 18

<sup>58</sup> Vgl. ebenda, S. 7

Für die Herstellung von elektronischen Produkten, wie zum Beispiel Servern, die in Rechenzentren zum Einsatz kommen, wird eine Vielzahl knapper materieller Ressourcen benötigt. Während mit bekannten technischen Verfahren Kupfer und Gold bereits aus Elektroschrott zurückgewonnen werden können und somit substanzerhaltend zurück in den Ressourcenkreislauf gelangen, stellt das Recycling von strategischen Metallen und seltenen Erden derzeit noch eine technische Herausforderung dar, so dass bisher nur wenige dieser Ressourcen zurückgewonnen werden können.<sup>59</sup> Allerdings könnten durch standardisierte IT-Komponenten, wie sie in Cloud-Rechenzentren zum Einsatz kommen, Verfahren für die Rückgewinnung von seltenen Erden und strategischen Metallen vereinfacht werden und so mittels direkter Zusammenarbeit von Cloud-Service-Providern mit den Herstellern ihrer IT-Produkte zu nachhaltigeren Rohstoffkreisläufen zwischen Hardwareproduzenten und Cloud-Service-Providern führen.<sup>60</sup>

Auch Bildung, Wissen und Vertrauen sind knappe immaterielle Ressourcen, in deren Erhaltung für ein dauerhaftes Überleben investiert werden muss.<sup>61</sup> Da Cloud Computing auf Seiten des Servicenehmers in der Regel mit einer Entscheidung zum Outsourcing einher geht,<sup>62</sup> besteht die Gefahr, dass Kompetenzen bzw. das nötige Wissen für die Umsetzung eigener Prozesse im Rahmen der Unternehmens-IT an ein Fremdsystem verloren gehen.<sup>63</sup> Vor allem, wenn für die IT-Lösungen eines Unternehmens spezielles Wissen erforderlich ist, besteht die Gefahr großer Abhängigkeit vom Cloud-Service-Provider, falls benanntes Wissen nicht mehr im Unternehmen vorhanden ist. Aus derartigen Abhängigkeiten ergibt sich somit eines der Hauptrisiken des Cloud-Computings - der so genannte Vendor-Lock-In. Ein Unternehmen, dessen spezifisches IT-Wissen an einen Cloud-Service-Provider verloren gegangen ist, wird demnach nur unter erheblichen Kosten in der Lage sein, einen Anbieterwechsel zu vollziehen oder wieder eine unternehmenseigene IT einzuführen.<sup>64</sup> Der mögliche Know-How-Verlust bei der Implementierung von Cloud-Services sollte daher bei der Entscheidungsfindung nicht unberücksichtigt bleiben.

Wissen bzw. Informationen in Form von gespeicherten Daten stellen für die meisten Unternehmen heutzutage eine wichtige Ressource dar. Der Verlust oder Missbrauch von Daten kann in vielen Fällen zu wirtschaftlich relevantem Schaden führen und im Extremfall gar den Unternehmensfortbestand gefährden, wenn beispielsweise Daten im Rahmen von Industriespionage ausgespäht und damit die Geschäftsgrundlagen „gestohlen“ werden.<sup>65</sup> So zum Beispiel können Regierungen Nach-

---

<sup>59</sup> Vgl. o.V. [Handelsblatt] (2013), o.S.

<sup>60</sup> Vgl. Froböse (2012), S. 37 & 38

<sup>61</sup> Vgl. Müller-Christ (2012a), S. 53

<sup>62</sup> Vgl. Böhm/ Leimeister/ Riedl, et al. (2009), S. 11

<sup>63</sup> Vgl. Metzger/ Reitz/ Villar (2011), S. 40 - 45

<sup>64</sup> Vgl. Baun (2010), S. 96

<sup>65</sup> Vgl. Metzger/ Reitz/ Villar (2011), S. 57

richtendienste mit einer Spionage beauftragen. Regierungen hätten demnach die Möglichkeit, teilweise völlig legal, Industriespionage zu betreiben.<sup>66</sup> Dass es sich hierbei nicht nur um ein theoretisches Szenario handelt, zeigen die jüngsten Enthüllungen um die Spionageaktivitäten der National Security Agency (NSA) und anderen Geheimdiensten im Internet.<sup>67</sup> Eine nachhaltige Nutzung von Cloud-Services muss daher die Vermeidbarkeit von ungewollten Informationsflüssen und von Datenmissbrauch beinhalten, die nur aus Transparenz der Datenverwendung und -verarbeitung seitens der Cloud-Anbieter resultieren kann.<sup>68</sup> Eine weitere Gefährdung der Daten stellt der Konkurs eines Cloud Computing-Anbieters dar. Auch wenn dies aufgrund der Kapitalstärke der gängigen Anbieter eher unwahrscheinlich erscheint, könnten Unternehmen in diesem Fall große Schwierigkeiten haben, ihre Daten zurückzuerlangen.<sup>69</sup>

In diesem Kontext spielen allerdings nicht nur die eigenen Daten eines Unternehmens eine Rolle, sondern auch die Daten von Kunden, Mitarbeitern oder anderen Stakeholdern, von deren Vertrauen der Erfolg eines Unternehmens zumindest anteilig abhängt. Einem Unternehmen, dem im Rahmen des Cloud Computing zum Beispiel Daten seiner Kunden verloren gehen oder dessen sensible Kundendaten gar in falsche Hände geraten, wird es nur unter größten Anstrengungen möglich sein, das nötige Vertrauen zurückzugewinnen.

Um die erläuterten, mit Datensicherheit bzw. Datenverlust in Verbindung stehenden Risiken bestmöglich einzudämmen, können jedoch vertraglich festgehaltene Vereinbarungen mit Cloud-Service-Providern getroffen werden. Hierbei gilt es zu beachten, dass genaue Regelungen in Bezug auf die Zugriffsrechte, den Standort der Daten, die Verschlüsselung von Daten, die Datensicherungen für Fälle des Datenverlustes, Untersuchungen im Betrugsfall und die allgemeine Regeltreue durch Sicherheits-Zertifizierungen getroffen und in Service Level Agreements (SLA) festgehalten werden.<sup>70</sup> In den Geschäftsbedingungen der meisten Cloud-Anbieter, vor allem bei standardisierten SaaS-Lösungen, die über Public Clouds zur Verfügung gestellt werden, sind allerdings häufig keine Zusicherungen über Vertraulichkeit oder den Speicherort der Daten enthalten. Auf Grund des hohen Standardisierungsgrades solcher Angebote sind normalerweise keine zusätzlichen Regelungen und somit keine individuelle Aushandlung von SLAs möglich. In solchen Fällen ist es dem Kunden selbst überlassen - soweit möglich - entsprechende Sicherheitsverfahren (wie z.B. Datenverschlüsselungen) anzuwenden.<sup>71</sup>

---

<sup>66</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 213

<sup>67</sup> Vgl. o.V. [Börsen-Zeitung, Nr. 18] (2014), S. 11

<sup>68</sup> Vgl. Müller (2011), S. 123 & 124

<sup>69</sup> Vgl. Meir-Huber (2011), S. 210 - 213

<sup>70</sup> Vgl. Terplan/ Voigt (2011), S. 51 & 84

<sup>71</sup> Vgl. ebenda, S. 53

### 3.3 Verantwortung

Weitaus komplizierter als die Informationsgewinnung, die Bewertung und damit die Einbeziehung von Aspekten des nachhaltigen Managements aus der Effizienz- oder Substanzerhaltungsperspektive ist die Berücksichtigung von Aspekten der Verantwortung bei der Entscheidungsfindung für die Implementierung von Cloud-Services. Dennoch können einige Kriterien der Verantwortung ausgemacht werden, die bei der Entscheidung zur Implementierung von Cloud-Services von Unternehmen mit hohem Ambitionsniveau hinsichtlich des nachhaltigen Wirtschaftens mit vertretbarem Aufwand berücksichtigt werden sollten.

Da die Effizienzvorteile des Cloud Computing vor allem auf der Nutzung von Skalen- und Netzwerkeffekten beruhen, zeichnet sich bereits derzeit eine Entwicklung ab, die darauf hindeutet, dass in Zukunft einige wenige Cloud-Service Provider den Cloud-Computing-Markt dominieren und einen Großteil des Marktes unter sich aufteilen werden.<sup>72</sup> Neben der damit in Verbindung stehenden Gefahr des Vendor-Lock-In<sup>73</sup> - dessen Berücksichtigung bereits im Abschnitt der Substanzerhaltung behandelt wurde - eröffnet die Bildung eines solchen Oligopols die Möglichkeit für Cloud-Service-Provider, ihre Marktmacht zu missbrauchen und kleinen Anbietern von alternativen Cloud-Service-Lösungen, zum Beispiel durch die Etablierung geschlossener Standards, den Markteintritt zu verwehren oder zumindest erheblich zu erschweren. Ein so eingeschränkter Cloud Computing-Markt stellt somit nicht nur kleinere IT-Firmen und unabhängige Entwickler vor eine existenzgefährdende Situation, sondern hätte durch eine mangelnde Vielfalt an Alternativen ebenso negative Effekte auf private sowie gewerbliche Anwender. Michael R. Nelson sieht für die Verhinderung einer solchen Entwicklung vor allem Regierungen in der Verantwortung, die mit Hilfe verschiedener wirtschaftspolitischer Instrumente den Cloud Computing-Markt in Richtung offener Standards und damit in Richtung eines flexiblen, vielfältigen und interoperablen Systems zu lenken hätten.<sup>74</sup> Unter der Annahme, dass jeder beteiligte Akteur durch sein Verhalten über einen gewissen Einfluss auf die Entwicklung eines Systems verfügt, lässt sich für Cloud-Service-Nehmer eine Mitverantwortung an der Entwicklung des Cloud Computing-Marktes ableiten. Ein IT-Management, das im Rahmen eines hohen Ambitionsniveaus, nachhaltig zu wirtschaften, diese Verantwortung anerkennt, sollte daher bei der Bewertung und Entscheidung für bestimmte Cloud-Services über das Marktverhalten des jeweiligen Cloud-Service-Providers reflektieren und sich so zum Beispiel über die Setzung offener bzw. geschlossener Standards oder die Kooperation mit kleineren IT-Firmen und Entwicklern bzw. der Ausgrenzung dieser ein Bild verschaffen.

---

<sup>72</sup> Vgl. Timmermans/ Stahl/ Ikonen, et al. (2010), S. 4

<sup>73</sup> Vgl. ebenda, S. 4

<sup>74</sup> Vgl. Nelson (2009), o.S.

Laut einer Studie der Unternehmensberatung A.T. KEARNEY, bei der 150 CIOs global agierender Unternehmen befragt wurden, steigen die Anforderungen an die unternehmerische IT im Hinblick auf Funktionalität, Zugang und Verfügbarkeit stetig. So werde sich die IT zunehmend zu einem Wettbewerbsfaktor entwickeln und sich somit der Fokus des IT-Managements von der reinen Prozessverbesserung auf die Entwicklung und Optimierung vertriebs- und kundenspezifischer Lösungen verschieben. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die immer komplexer werdenden IT-Landschaften zu betreuen, werden Unternehmen zunehmend Standard-Software, Offshoring und Cloud Computing-Lösungen einsetzen, wodurch den IT-Abteilungen von Unternehmen massive Veränderungen widerfahren werden.<sup>75</sup> Laut der Studie werden in Deutschland von diesen Maßnahmen ca. 136.000 Stellen betroffen sein, so dass sich die betreffenden Mitarbeiter Übergängen zu Dritten, Umschulungen oder Freisetzungen ausgesetzt sehen. Zwar stünden diesen 136.000 Mitarbeitern 162.000 neue Stellen gegenüber, dennoch könnten nicht alle Mitarbeiter den wachsenden Anforderungen dieser Stellen gerecht werden.<sup>76</sup> Unternehmen, die sich der sozialen Verantwortung gegenüber ihren Mitarbeitern stellen, sollten daher die Auswirkungen der Umstrukturierungen nicht nur im Hinblick auf den möglichen Wissensverlust bewerten,<sup>77</sup> sondern auch die Folgen für die Mitarbeiter unter moralischen Gesichtspunkten reflektieren und in die Entscheidungsfindung einbeziehen.

Wie bereits im Abschnitt zur Substanzerhaltung erläutert, stellt die Gewährleistung von Datensicherheit im Rahmen des Cloud Computing eine große Herausforderung für Unternehmen dar.<sup>78</sup> Da von vielen Unternehmen nicht nur die eigenen Daten und die der direkten Stakeholder, sondern auch Daten von Dritten oder über Dritte (z.B. für Marketingzwecke) gespeichert und gesammelt werden, sollten sich verantwortungsbewusste Unternehmen mit der Wahrung der Privatsphäre Dritter sowie dem Recht zur informationellen Selbstbestimmung auseinandersetzen und die legitimen Interessen der Betroffenen berücksichtigen.<sup>79</sup> Hierbei gilt es nicht nur, die Daten Dritter vor unbefugtem Fremdzugriff zu schützen, sondern auch weitreichendere Überlegungen bei der Interessenabwägung einzubeziehen. So können Daten, die einst für einen bestimmten Zweck gesammelt und archiviert wurden, zu einem späteren Zeitpunkt für ungewollte, unvorhergesehene Zwecke verwendet werden. Ein Beispiel hierfür wäre eine biometrische Datenbank, die einst zu Authentifizierungszwecken angelegt wurde, sich nun für kriminalistische Ermittlung als hilfreich herausstellt. In solchen Fällen sollte daher im Vorfeld sichergestellt werden, nach welchen Gesetzen des jeweiligen Staates die Herausgabe solcher Daten erfolgen darf, und ob die Anforderung zur Freigabe der Daten

---

<sup>75</sup> Vgl. Ostler (2013a), o.S.

<sup>76</sup> Vgl. Ostler (2013b), o.S.

<sup>77</sup> Vgl. Abschnitt 3.2

<sup>78</sup> Vgl. Abschnitt 3.2

<sup>79</sup> Vgl. Cavoukian (2008), S. 90

an den Cloud-Service-Provider oder den Cloud-Service-Nehmer gestellt werden muss.<sup>80</sup> Ein weiterer Faktor, der bei dem Umgang mit Daten Dritter berücksichtigt werden sollte, sind kulturelle Unterschiede, die im Verständnis von Privatsphäre bestehen. So sollten die Daten Dritter nach den Ansprüchen dieser und nicht unbedacht nach den eigenen Sicherheitsanforderungen und kulturellen Maßstäben des Unternehmens verwaltet werden.<sup>81</sup>

Ein universelles Problem, das im Hinblick auf die Verantwortung im Zusammenhang mit dem Cloud Computing steht, ist die Unklarheit der Zurechenbarkeit von Verantwortlichkeit, die durch das Zusammenwirken und die Beteiligung diverser Akteure in einem System entsteht. Im Fall von unerwünschten Entwicklungen oder Zwischenfällen ist es auf Grund der komplexen Strukturen im Cloud Computing nur schwer möglich, Verantwortlichkeiten hierfür festzustellen. Obwohl also eine Vielzahl Beteiligter die Möglichkeit gehabt hätten, die ungewollten Konsequenzen zu verhindern, kann niemand für deren Eintreten in die Verantwortung genommen werden.<sup>82</sup> Diese Intransparenz sollte Unternehmen jedoch keinesfalls dazu verleiten lassen, sich in diesem Rahmen von jeglicher Verantwortung für ungewollte Konsequenzen oder negative externe Effekte freizusprechen. Stattdessen sollte bei der Bewertung von Alternativen für Cloud Computing-Lösungen eingehend geprüft werden, ob sich bereits im Vorfeld Anhaltspunkte für negative externe Effekte oder mögliche zukünftige Fehlentwicklungen ausmachen lassen.

#### **4 Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung von Cloud-Services**

Im vorangegangenen Abschnitt konnten zahlreiche Aspekte der Nachhaltigkeit aus Perspektive der Öko-Effizienz, Substanzerhaltung sowie Verantwortung, die in Verbindung mit dem Cloud Computing stehen, ausgemacht werden. Um diese drei Perspektiven der Nachhaltigkeit sowie Ziele des herkömmlichen Managements bei der Implementierung von Cloud-Services trotz der konfligierenden Zielbeziehungen dennoch zu berücksichtigen, kann die in der Arbeit „Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beim Einsatz von Cloud Computing“ von Sabrina Lamberth und Anette Weisbecker vorgestellte Entscheidungsmethode auf Basis einer erweiterten Nutzwertanalyse so angepasst werden, dass die Aspekte der Öko-Effizienz, Substanzerhaltung sowie Verantwortung in den Entscheidungsprozess integriert werden können.<sup>83</sup> Auf diesem Ansatz basierend soll daher im folgenden Abschnitt ein Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Implementierung von Cloud-Services entwickelt werden.

---

<sup>80</sup> Vgl. Timmermans/ Stahl/ Ikonen, et al. (2010), S. 4

<sup>81</sup> Vgl. ebenda, S. 5

<sup>82</sup> Vgl. ebenda, S. 3

<sup>83</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010)

## 4.1 Integration von Aspekten der Nachhaltigkeit in das Zielsystem

Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um eine Entscheidungstechnik, die sich vor allem für komplexe Entscheidungssituationen mit mehrdimensionalen Zielsystemen eignet, die quantitative sowie qualitative Ausprägungen beinhalten.<sup>84</sup> In einem qualitativen Verfahren werden dabei Zielkriterien festgelegt, anhand von Alternativen bewertet, und durch Gewichtungsfaktoren wird der individuelle Stellenwert eines Zielkriteriums für den Entscheidungsträger berücksichtigt. Als Ausgangspunkt für die Nutzwertanalyse ist die Bestimmung eines Zielsystems, welches die angestrebten Ziele des Unternehmens möglichst vollständig abbildet, von Nöten. Hierbei gilt es zu beachten, dass lediglich Ziele der untersten Ebene in die Nutzwertanalyse überführt werden. Um also unter Zuhilfenahme einer Nutzwertanalyse eine fundierte Entscheidung treffen zu können, ob die unternehmerische IT um Cloud Computing-Lösungen erweitert oder sogar gänzlich gegen diese ersetzt werden soll, ist es notwendig, im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen an die unternehmerische IT ein Zielsystem aufzustellen, das sämtliche quantitativ sowie qualitativ bewertbare Ober-, Zwischen- und Unterziele enthält, die im Rahmen der Unternehmens-IT berücksichtigt werden sollen. Sofern nicht bereits spezielle Zielvorgaben existieren, die es vom IT-Management umzusetzen gilt, können diese aus der Unternehmensvision, der Unternehmenskultur und den generellen strategischen Zielen abgeleitet werden.<sup>85</sup>

Für Unternehmen, in deren Vision ein nachhaltiges Wirtschaften verankert ist, sollte sich in der Regel also auch für die Unternehmens-IT dieser Leitsatz als Oberziel ergeben. Als Zwischenziele können nun neben den Zielen eines herkömmlichen Managements - abhängig vom Ambitionsniveau eines Unternehmens, nachhaltig zu wirtschaften - ein oder mehrere Aspekte der Nachhaltigkeit aus der Vision bzw. den generellen strategischen Unternehmenszielen abgeleitet werden. Für Unternehmen mit einem geringen Ambitionsniveau im Hinblick auf das nachhaltige Wirtschaften, also Unternehmen, deren Nachhaltigkeitsbewusstsein sich lediglich über den Bereich des Optimierens erstreckt, sollte sich so neben den Zielen des herkömmlichen Managements das Ziel ökologischer Effizienz ableiten lassen. Für Unternehmen mit einem mittleren Ambitionsniveau hinsichtlich des nachhaltigen Wirtschaftens stellen neben der Optimierung auch Investitionen - mit dem Zweck der Erhaltung der Ressourcenbasis - zu berücksichtigende Faktoren dar, so dass hier die Substanzerhaltung als Zwischenziel in das Zielsystem Eingang findet. Unternehmen mit einem hohen Ambitionsniveau reflektieren darüber hinaus über Nebenwirkungen und externe Effekte ihres Handelns. Bei diesen Unternehmen sollten also konsequenterweise auch Aspekte der Verantwortung Ziele der

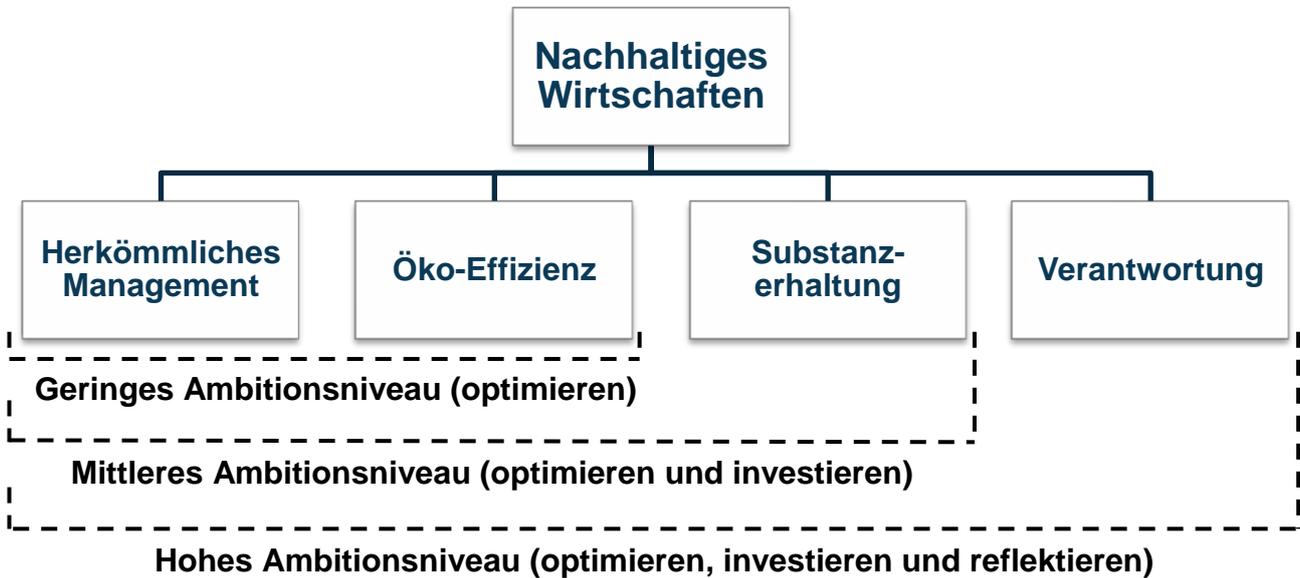
---

<sup>84</sup> Vgl. Möhlmann (2012a), S. 71

<sup>85</sup> Vgl. Collins/ Porras (1996), o.S.

Unternehmens-IT darstellen.<sup>86</sup> In *Abbildung 2* werden die zu berücksichtigenden Zwischenziele der Unternehmens-IT in Abhängigkeit vom Ambitionsniveau eines Unternehmens, nachhaltig zu wirtschaften, veranschaulicht.

*Abbildung 2: Ambitionsniveaus eines Nachhaltigen Managements*



In Anlehnung an: Müller-Christ, G. (2013b), o.S.

Laut Lamberth und Weisbecker können an den zu erreichenden Zielen beliebig unternehmens- bzw. fallspezifische Anpassungen vorgenommen werden,<sup>87</sup> so dass die folgende Entwicklung eines Ziel-systems zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit im Rahmen des Cloud Computing als exemplarisch zu betrachten ist. Abhängig vom Ambitionsniveau eines Unternehmens, nachhaltig zu wirtschaften, können für eine praktische Anwendung also die vier vorgeschlagenen Zwischenziele sowie die im Folgenden aufgeführten Unterziele komplett, teilweise oder abgewandelt übernommen werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass als Unterziele keine Kriterien aufgenommen werden, die es auf jeden Fall zu erfüllen gilt, wie zum Beispiel Budgetbegrenzungen oder funktionale Anforderungen an Hard- oder Software. Derartige Ausschlusskriterien werden erst in einem späteren Schritt des Entscheidungsprozess Berücksichtigung finden.<sup>88</sup>

Wie zuvor veranschaulicht, werden - im Rahmen des zugrunde gelegten nachhaltigkeitsbezogenen Bezugsrahmens der Managementlehre zum Umgang mit Ressourcen - die Ziele des herkömmlichen Managements (wie zum Beispiel der ökonomisch effiziente Einsatz von Ressourcen oder Macht über den Zugang zu Ressourcen) nicht durch nachhaltigkeitsbezogene Ziele ersetzt, sondern um

<sup>86</sup> Vgl. Müller-Christ (2013b), o.S.

<sup>87</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010), S. 126

<sup>88</sup> Vgl. Abschnitt 4.2

diese ergänzt.<sup>89</sup> Bei der Aufstellung des Zielsystems kann daher nicht auf eine eingehende Analyse der individuell und situationsspezifisch zu berücksichtigenden Zielkriterien, welche sich auf die Faktoren Kosten sowie ökonomischer Nutzen beziehen, verzichtet werden. Für die spätere Analyse der Kosten kann aus diversen Methoden in der Literatur ausgewählt werden. Da sich die verschiedenen Bereitstellungsarten untereinander, bzw. im Vergleich zu herkömmlichen Formen der IT-Systeme von Unternehmen, grundlegend in ihren Kostenstrukturen - also den erforderlichen Investitionsvolumina sowie den laufenden Kosten - unterscheiden,<sup>90</sup> sollte auf Methoden zurückgegriffen werden, welche die anfallenden Kosten über die komplette voraussichtliche Nutzungsdauer der IT einbeziehen.<sup>91</sup> Für die Durchführung solcher auf dem Konzept der „Total Cost of Ownership“ (TCO) basierenden Berechnungen sei an dieser Stelle auf die Ansätze von Martens<sup>92</sup> sowie Lamberth/ Weisbecker<sup>93</sup> verwiesen. Unabhängig von der genauen einzelfallabhängigen Ermittlung der anfallenden Kosten lässt sich das Unterziel möglichst niedriger Gesamtkosten aufstellen. Als weitere Unterziele des herkömmlichen Managements können beispielsweise eine möglichst flexible Kostenstruktur (um die IT an unerwartete Bedarfsänderungen anpassen zu können) sowie die Konzentration auf das Kerngeschäft genannt werden. Weitere Anregungen für mögliche Unterziele des herkömmlichen Managements können ebenfalls aus dem zugrunde liegenden Ansatz von Lamberth/ Weisbecker<sup>94</sup> entnommen und in das Zielsystem integriert werden.

Die zu formulierenden Unterziele der drei übrigen Zwischenzielen (Öko-Effizienz, Substanzerhaltung und Verantwortung) können je nach Ambitionsniveau aus den in Abschnitt 3 erläuterten Aspekten der Nachhaltigkeit im Rahmen des Cloud Computing abgeleitet und gegebenenfalls um weitere Ziele ergänzt werden. Bei einer ausschließlichen Berücksichtigung der in Abschnitt 3 aufgeführten Aspekte ergäben sich somit ein „hoher Auslastungsgrad“, eine „hohe Energieeffizienz“ sowie möglichst „geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen“ als Unterziele für das Zwischenziel der Öko-Effizienz.<sup>95</sup> Analog dazu ließe sich das Zwischenziel der Substanzerhaltung in die Unterziele „hoher Anteil erneuerbarer Energien“, „hohe Sicherheit eigener Daten“, „geringer Know-How-Verlust“ sowie „hohe Recyclebarkeit der eingesetzten IT-Ressourcen“ aufgliedern. Aus dem Zwischenziel der Übernahme von Verantwortung können die Unterziele unschädliches Marktverhalten des Cloud-Service-Providers, Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Mitarbeiter, hohe Datensicherheit Dritter und Vermeidung sonstiger externer Effekte abgeleitet werden. Das sich daraus er-

---

<sup>89</sup> Vgl. Müller-Christ (2012a), S. 55 - 58

<sup>90</sup> Vgl. Abschnitt 2.1

<sup>91</sup> Vgl. Harnisch/ Buxmann (2012), S. 414

<sup>92</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010), S. 126 - 132

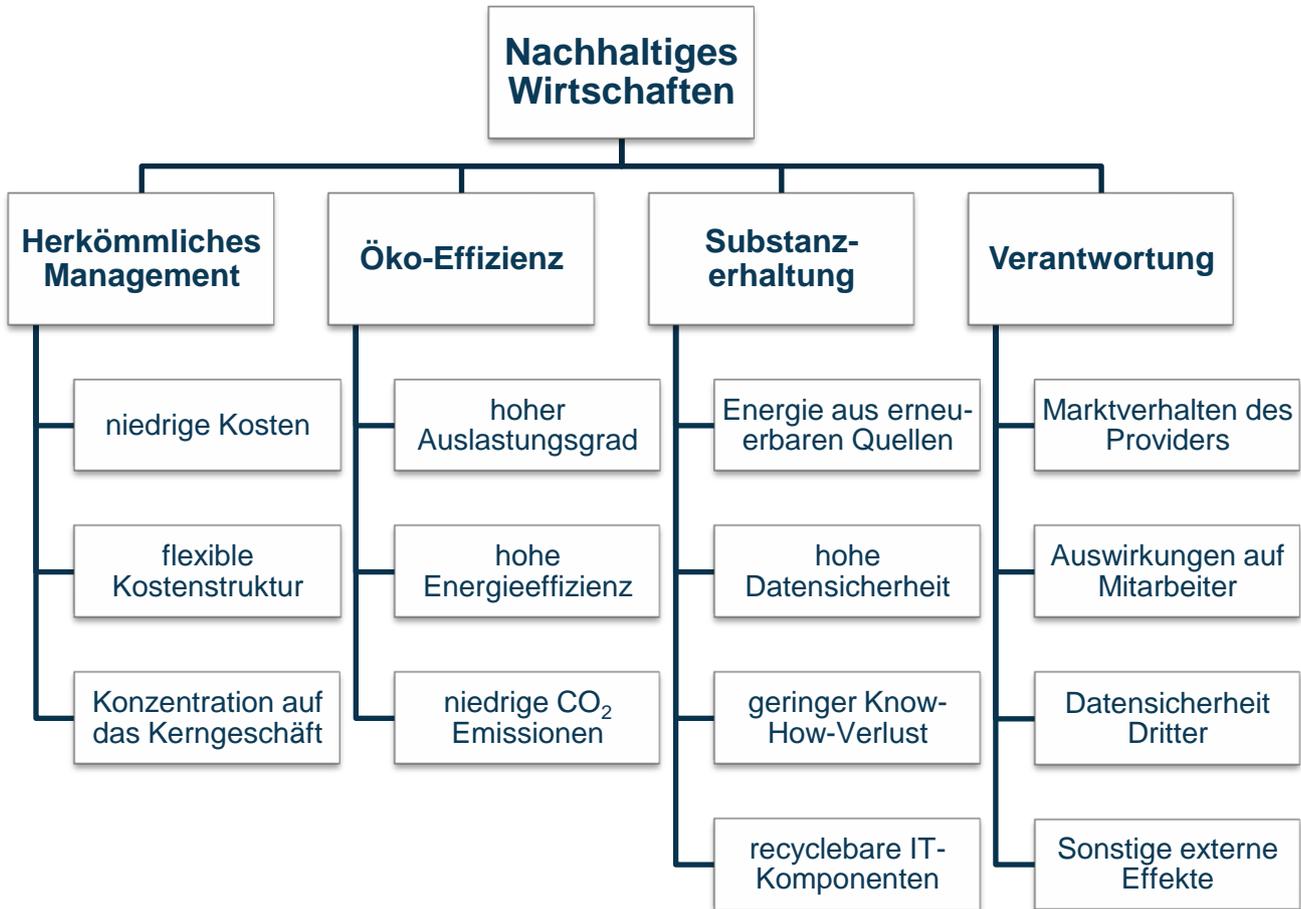
<sup>93</sup> Vgl. Martens/ Walterbusch/ Teuteberg (2012), S. 1563 - 1572

<sup>94</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010), S. 128

<sup>95</sup> Für eine vereinfachte Darstellung wird hier und im Folgenden der Auslastungsgrad von IT-Komponenten und Rechenzentrumsgebäuden, sowie die Energieeffizienz von IT-Komponenten und Rechenzentrumsgebäuden jeweils zusammengefasst aufgeführt.

gebende, in *Abbildung 3* dargestellte, exemplarische Zielsystem verfügt nun über sämtliche zu berücksichtigenden Unterziele, die in die Nutzwertanalyse übertragen werden können und bildet somit die Grundlage für die folgenden Ausführungen.

*Abbildung 3: Exemplarisches Zielsystem für eine nachhaltige Unternehmens-IT*



Nachdem das Zielsystem vollständig aufgestellt wurde, muss eine Gewichtung der einzelnen Unterziele vorgenommen werden, so dass diese entsprechend dem individuellen Stellenwert für den Anwender in angemessenem Umfang in die Bewertung der verschiedenen Handlungsalternativen einfließen. Prinzipiell können die jeweiligen Gewichtungen der einzelnen Unterziele zwar intuitiv vorgenommen werden, allerdings ist in der Regel ein methodisches Vorgehen für die Gewichtung vorzuziehen. Hierfür kann beispielsweise eine Präferenzmatrix als Hilfsmittel eingesetzt werden. Hierbei werden sämtliche Unterziele in eine Matrix eingetragen und jeweils zwei der Ziele miteinander in ihrer Wichtigkeit verglichen und dementsprechend im Rahmen einer individuell festlegbaren Punkteskala bewertet. Die genaue Vorgehensweise bei der Anwendung einer Präferenzmatrix oder anderer Methoden zur Gewichtung der Teilziele kann bei Bedarf der Fachliteratur entnommen werden.

## 4.2 Vorauswahl möglicher Handlungsalternativen

Nachdem das Zielsystem für die Nutzwertanalyse aufgestellt und die Gewichtung der Unterziele entsprechend der individuellen Präferenzen des Entscheidungsträgers ermittelt wurde, kann mit einer Vorauswahl möglicher Alternativen für die Ausgestaltung der Unternehmens-IT begonnen werden, indem Ausschlusskriterien für die möglichen Alternativen definiert werden. Hierbei handelt es sich um solche Kriterien, die sich lediglich auf die Gleichheit oder Verschiedenheit der Ausprägungen eines bestimmten Merkmales der verschiedenen Alternativen beziehen. Die Merkmalsausprägungen der Ausschlusskriterien weisen also eine nominale Skalierung auf, so dass lediglich eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob eine Alternative ein bestimmtes Kriterium erfüllt oder nicht, und so ungeeignete Alternativen von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden können.<sup>96</sup> Für die Identifikation dieser Ausschlusskriterien ist eine eingehende Anforderungsanalyse von Nöten, in deren Rahmen die sehr individuellen Mindestanforderung bezüglich technischer Aspekte der unternehmerischen IT sowie Aspekte des herkömmlichen Managements,<sup>97</sup> der Öko-Effizienz, der Substanzerhaltung und der Verantwortung ermittelt werden. Auf diese Weise können beispielsweise Budgetbegrenzungen für die Unternehmens-IT, rechtliche Einschränkungen, Maximalwerte für CO<sub>2</sub>-Emissionen, sicherheitsspezifische Kriterien (z.B. Speicherort der Daten) oder eine maximal tolerierte Anzahl an Mitarbeiterentlassungen ausgemacht werden. Basierend auf der Anforderungsanalyse werden nun für die Vorauswahl geeigneter Alternativen die konkreten K.O.-Kriterien definiert, wobei darauf geachtet werden muss, dass diese sich nicht prinzipiell gegenseitig ausschließen. Es muss also zwingend die Möglichkeit bestehen, dass alle Ausschlusskriterien von einer Alternative erfüllt werden können.

Mit Hilfe des erstellten Ausschlusskriterien-Kataloges können nun diverse Alternativen auf eine grundsätzliche Eignung als Ausgestaltungsform der unternehmerischen IT überprüft werden. Um den Aufwand für die Überprüfung so gering wie möglich zu halten, sollten zuerst die drei Hauptbereitstellungsarten (Private Cloud, Community Cloud und Public Cloud) sowie die drei Service-Ebenen (IaaS, PaaS, SaaS) auf eine grundsätzliche Eignung für das Unternehmen überprüft werden.<sup>98</sup> Ausschlusskriterien, die sich auf Merkmale beziehen, die auf dieser abstrakten Ebene noch nicht oder nicht eindeutig klassifiziert werden können, bleiben dabei vorerst unbeachtet. Falls sich eine oder mehrere der Bereitstellungsarten bei der ersten Überprüfung als ungeeignet erweisen, sollten diese Alternativen dennoch nicht voreilig verworfen werden. Stattdessen sollte analysiert werden, ob eine vorerst abgelehnte Bereitstellungsart nicht zumindest für einen Teil der Unternehmens-

---

<sup>96</sup> Vgl. o.V. [supply-markets.com] (2010), S. 4

<sup>97</sup> Vgl. Lamberth/ Weisbecker (2010), S. 132 & 133

<sup>98</sup> Vgl. Abschnitt 2.1

IT als Option in Betracht käme. Stellt sich also beispielsweise heraus, dass auf Grund von Datenbanken, die sensible Daten beinhalten, eine komplette Abdeckung der Unternehmens-IT durch Public Cloud-Services oder Community Cloud-Services nicht möglich ist, kann zusätzlich überprüft werden, ob die Kombination einer unternehmenseigenen IT mit einer der Bereitstellungsarten oder eine Hybrid-Cloud-Lösung eine grundsätzliche Alternative für das Unternehmen darstellt. In diesem Beispiel könnte also überprüft werden, ob alle Ausschlusskriterien erfüllt werden, wenn die sensiblen Daten auf herkömmlichen Servern oder im Rahmen einer Private Cloud gespeichert und Office-Anwendungen über Public Cloud-Services bezogen werden. Analog hierzu kann auch die Überprüfung der Service-Ebenen vorgenommen werden. Werden also beispielsweise SaaS-Lösungen der technischen Spezifität einiger benötigter Anwendungen nicht gerecht, kann eine Kombination mit den übrigen Alternativen in Betracht gezogen werden. Auf diese Weise sollten in der Regel bereits einige der grundlegenden Alternativen noch vor der Betrachtung konkreter Cloud-Service-Angebote ausgeschlossen werden können. Für die übrigen grundlegenden Alternativen werden nun konkrete Alternativen ausfindig gemacht. Das bedeutet, dass für die verbliebenen Bereitstellungsarten in Verbindung mit den verbliebenen Service-Ebenen konkrete Angebote für komplett auf Cloud Computing basierenden Lösungen und/oder gegebenenfalls für Lösungen, die die eigene IT ergänzen, von verschiedenen Cloud-Service-Providern eingeholt werden. Diese konkreten Alternativen können nun erneut anhand der Ausschlusskriterien auf eine Eignung für das Unternehmen überprüft werden. Jene Alternativen, die sämtliche Ausschlusskriterien erfüllen, stellen nun die weiterhin zu betrachtenden Entscheidungsmöglichkeiten dar und werden in die Nutzwertanalyse übernommen.

### **4.3 Ermittlung der Zielbeiträge und Durchführung der Nutzwertanalyse**

Nachdem die in Betracht kommenden Entscheidungsmöglichkeiten identifiziert wurden, kann mit der eigentlichen Durchführung der Nutzwertanalyse begonnen werden, indem zunächst für sämtliche Zielkriterien einer jeden Handlungsalternative die Zielbeiträge (Grad zu dem ein bestimmtes Unterziel erfüllt wird) ermittelt und in ein einheitliches Punktesystem eingebracht werden. Hierbei bietet sich ein Punktesystem an, an bei dem je nach Höhe des Zielerreichungsgrades zwischen null und zehn Punkten verliehen werden.<sup>99</sup> Hierfür müssen zunächst die notwendigen Informationen für jede Alternative eingeholt werden, um eine quantitative bzw. eine qualitative Bewertung vornehmen zu können. Als Informationsquellen können hierzu u.a. die jeweiligen Angebotsbedingungen der Cloud-Services, bei standardisierten Angeboten die jeweiligen Service Level Agreements, eigene Kalkulationen (z.B. Investitionskosten), diverse Studien in der Literatur, Berichte aus der Fach-

---

<sup>99</sup> Vgl. Möhlmann (2012a), S. 71

presse oder notfalls Schätzungen herangezogen werden.<sup>100</sup> Für Unterziele, die ein kardinalskaliertes Merkmal einer Alternative darstellen, also solchen, die quantitativ erfasst und deren Größe der Abstände zwischen je zwei Merkmalswerten sinnvoll miteinander verglichen werden können, wird eine Obergrenze sowie eine Untergrenze des Zielerreichungsgrades mit der entsprechenden Punktzahl bewertet (i.d.R. 10 bzw. 0 Punkte) und in eine lineare Transformationskurve übertragen. Die zwischen diesen Punkten liegende Linearkombination stellt nun die Bewertung aller möglichen Zielbeiträge dar.<sup>101</sup> Für den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch würden beispielsweise somit bei einem Anteil von 0 % null Punkte und bei einem Anteil von 100 % 10 Punkten verliehen. Eine Alternative mit einem Anteil von 45% erneuerbarer Energien würde folglich 4,5 Punkte erreichen. Für Kriterien, deren Ober- und Untergrenze weniger offensichtlich erscheint, kann beispielsweise als Obergrenze der höchste und für die Untergrenze der niedrigste Messwert aller berücksichtigten Alternativen gewählt werden. Kann für Alternativen bezüglich eines Zielkriteriums lediglich eine Rangfolge gebildet, aber keine Aussage über die Nutzenabstände der Erfüllungsgrade getroffen werden, ist ein anderes Verfahren anzuwenden. Diese in der Regel qualitativen, ordinal skalierten Unterziele einer Alternative werden verbal formulierten Erfüllungsgraden und schließlich unter Berufung auf eine zuvor festgelegte Zuordnungsvorschrift einem Punktwert zugeordnet.<sup>102</sup> Hierfür können beispielsweise qualitative Erfüllungsgrade von „Sehr gut“ bis „ungenügend“ gewählt und (mit Zwischenstufen) Punktwerten von null bis zehn zugeordnet werden. Eine Alternative, deren Mitarbeiterbedingungen vom Entscheidungsträger subjektiv zwischen gut und befriedigend eingestuft werden, erhielte demnach sieben Punkte als quantifizierten Erfüllungsgrad für das genannte Zielkriterium. Können für ein Zielkriterium quantitative sowie qualitative Bewertungsmaßstäbe für den Zielerfüllungsgrad gewählt werden, sollte aus entscheidungstheoretischer Sicht stets die quantitative Messung bevorzugt werden, da diese in der Regel kardinal skalierten Daten einen höheren Informationsgehalt aufweisen.<sup>103</sup>

Sobald für sämtliche Alternativen die Punktwerte der Zielerfüllungsgrade aller Zielkriterien ermittelt wurden, kann mit der Übertragung der Daten in die Nutzwertanalyse begonnen werden. Wie in *Abbildung 4*, - unter Verwendung der in Abschnitt 4.1 ermittelten Zielkriterien sowie exemplarischer Handlungsalternativen - dargestellt, werden zuerst sämtliche Zielkriterien aufgelistet und jeweils um den zugehörigen, zuvor ermittelten Gewichtungsfaktor ergänzt.<sup>104</sup> Anschließend wird für jedes Zielkriterium einer Alternative der zugehörige Zielerfüllungsgrad mit dem Gewichtungsfaktor des Zielkriteriums multipliziert, um die Teilnutzwerte zu errechnen. Die Summe aller Teilnutzwerte

---

<sup>100</sup> Vgl. o.V. [supply-markets.com] (2010), S. 6

<sup>101</sup> Vgl. Möhlmann (2012a), S. 71

<sup>102</sup> Vgl. o.V. [supply-markets.com] (2010), S. 4 & 5

<sup>103</sup> Vgl. ebenda, S. 5

<sup>104</sup> Vgl. Abschnitt 4.1

ergibt schließlich den Gesamtnutzen einer Handlungsalternative. Nachdem für alle betrachteten Alternativen der Gesamtnutzwert ermittelt wurde, können den Alternativen Ränge zugeordnet werden, wobei der Handlungsalternative mit dem höchsten Gesamtnutzwert die Rangzahl eins zugeordnet wird. Die Alternative mit dem höchsten Nutzwert stellt bei konsequenter Anwendung der Nutzwertanalyse zugleich die auszuwählende Alternative dar.<sup>105,106</sup>

Abbildung 4: Exemplarische, erweiterte Nutzwertanalyse

Zielkriterium		Handlungsalternativen					
		Private Cloud		Public-Cloud-Service 1 (SaaS)		Public-Cloud-Service 2 (PaaS)	
		Punkte	Teilnutzen	Punkte	Teilnutzen	Punkte	Teilnutzen
Gewichtungsfaktor							
<b>Herkömmliches Management</b>							
Kosten (TCO)	25 %	4	0,8	9	1,8	6	1,2
Kostenstruktur	5 %	2	0,1	10	0,5	...	
Konzentration auf Kerngeschäft							
<b>Öko-Effizienz</b>							
Auslastungsgrad							
Energieeffizienz							
CO <sub>2</sub> -Emissionen							
<b>Substanzerhaltung</b>							
Erneuerbare Energien							
Datensicherheit							
Know-How-Verlust							
Recycling (IT-Komponenten)							
<b>Verantwortung</b>							
Marktverhalten d. Providers							
Auswirkungen auf Mitarbeiter							
Datensicherheit Dritter							
Sonstige externe Effekte							
<b>Summe</b>	100 %						
<b>Rang</b>							

<sup>105</sup> Vgl. Möhlmann (2012a), S. 71, 72 & 75

<sup>106</sup> Vgl. o.V. [supply-markets.com] (2010), S. 5 & 6

## 5 Schlussbetrachtung

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen den drei Aspekten der Nachhaltigkeit (Öko-Effizienz, Substanzerhaltung, Verantwortung) und dem Cloud Computing hat gezeigt, dass eine Vielzahl verschiedener Faktoren Einfluss auf die Nachhaltigkeit eines Cloud-Services hat. Ob die Nachhaltigkeit der von einem Unternehmen benötigten IT durch den Bezug von Cloud-Services gegenüber einem herkömmlichen, ausschließlich unternehmenseigenen IT-System gesteigert werden kann, hängt dabei vor allem von der spezifischen Ausgestaltung eines Cloud-Services ab. Obwohl die Steigerung des Auslastungsgrades und der Energieeffizienz von IT-Komponenten und Rechenzentrumsgebäuden sowie weitere Skaleneffekte durch die Poolung von IT-Ressourcen eine direkte Folge des Cloud Computing darstellen, sollten dennoch weitere Faktoren - wie die Höhe der absolut verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Energie- und IT-Ressourcenbedarf für die Bereitstellung des benötigten Breitbandinternets - bei der Beurteilung der Öko-Effizienz eines Cloud-Services nicht unbeachtet bleiben. Ob ein Cloud-Service zur Substanzerhaltung der Ressourcenbasis eines Unternehmens beiträgt, hängt vor allem von dem Anteil erneuerbarer Energien, der Datensicherheit, dem Ausmaß am Know-How-Verlust sowie der Recyclbarkeit der verwendeten IT-Komponenten ab und kann je nach Ausgestaltung eines Cloud-Services stark variieren. Der Grad, zu dem ein Cloud-Service den Anspruch eines Unternehmens, verantwortungsbewusst zu wirtschaften, erfüllt, hängt darüber hinaus in erster Linie von der (Un-) Schädlichkeit des Marktverhaltens des Cloud-Service-Providers, der durch notwendige Umstrukturierungen bedingten Auswirkungen auf die Mitarbeiter, der Datensicherheit Dritter sowie der durch die Transparenz eines Cloud-Service-Angebotes bedingten Abschätzbarkeit sonstiger externer Effekte ab.

Unter Anerkennung und Berücksichtigung der aufgezählten und ggf. weiteren Zusammenhängen stellt der entwickelte Leitfaden für Unternehmen zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit bei der Implementierung von Cloud-Services einen verhältnismäßig praktikablen Ansatz dar, um trotz der bestehenden konfligierenden Zielbeziehungen zwischen den Zielen eines herkömmlichen Managements und den drei Aspekten der Nachhaltigkeit sowie zwischen Faktoren dieser drei Nachhaltigkeitsdimensionen untereinander, zu einer Entscheidungsfindung zu gelangen. Neben der Möglichkeit, quantitative sowie qualitative Faktoren im Rahmen einer einzigen Analyse zu berücksichtigen und hierbei zu einer eindeutigen Ermittlung einer zu wählenden Alternative zu gelangen, stellen vor allem die vielzähligen Möglichkeiten für individuelle Anpassungen der Methode an die individuellen Anforderungen eines Unternehmens sowie die mögliche Berücksichtigung individueller Präferenzen große Vorteile der gewählten Methode dar. Dennoch gilt es bei einer tatsächlichen Entscheidung zu beachten, dass die vom IT-Management festgelegten individuellen Präferenzen

möglicherweise nicht den tatsächlichen Ansprüchen des Unternehmens entsprechen. Ein weiterer Schwachpunkt der Methode besteht in der umstrittenen Bewertbarkeit qualitativer Faktoren. Selbst unter der Annahme, dass eine objektive Bewertung dieser Faktoren für sämtliche Alternativen möglich ist, besteht das Risiko, dass selbst geringfügige Änderungen der vom Entscheidungsträger selbst festgelegten Bewertungsmaßstäbe und Gewichtungsfaktoren zu einer kompletten Umkehrung der Rangfolge der verglichenen Alternativen führen können. Um die Reagibilität bzw. Stabilität der ermittelten Rangfolge der verglichenen Alternativen zu überprüfen, sollte ggf. eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, so dass die Beeinflussbarkeit der Rangfolge durch geringfügige Variation der Bewertungsparameter abgeschätzt werden kann.<sup>107</sup> Auch wenn so die mit Hilfe des Leitfadens ermittelte vorteilhafte Handlungsalternative möglicherweise nicht die objektiv optimale Alternative darstellt, kann dennoch ein positives Fazit für diese Methode gezogen werden, da durch die methodische Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zwischen den Ausgestaltungsalternativen der unternehmerischen IT und den Aspekten der Nachhaltigkeit in der Regel zu einer - aus Sicht der Nachhaltigkeit - besseren Entscheidung führen sollte als bei Entscheidungsmodellen, die auf rein monetären Faktoren basieren.

Da der vorgestellte Ansatz lediglich einen ersten Versuch ohne Anspruch auf Vollständigkeit darstellt, Zusammenhänge zwischen Aspekten der Nachhaltigkeit im Rahmen des ressourcenorientierten Verständnisses der Managementlehre und dem Cloud Computing sowie der Berücksichtigung dieser bei der Implementierung von Cloud-Services, bedarf es zusätzlicher Forschung, um weniger offensichtliche Zusammenhänge aufzudecken und den hier vorgestellten Leitfaden weiterzuentwickeln bzw. andere Entscheidungsmodelle, die eine Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit ermöglichen, zu erstellen.

---

<sup>107</sup> Vgl. Möhlmann (2012a), S. 75

## Literatur- und Quellenverzeichnis

**Baun, C. (2010):** Cloud computing: Web-basierte dynamische IT-Services, Springer, Berlin.

**Böhm, M.; Leimeister, S.; Riedl, C., et al. (2009):** Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen?, in: IM Information Management und Consulting, <[http://www.winfobase.de/lehrstuhl/publikat.nsf/8992264694859f2bc125653600482ab7/ac1bc838f24a9a1cc12576740039c31f/\\$FILE/B%C3%B6hm%20et%20al%202009.pdf](http://www.winfobase.de/lehrstuhl/publikat.nsf/8992264694859f2bc125653600482ab7/ac1bc838f24a9a1cc12576740039c31f/$FILE/B%C3%B6hm%20et%20al%202009.pdf)>, Abruf vom 26.01.2014.

**Cavoukian, A. (2008):** Privacy in the Clouds, in: Springer (Hrsg.): Identity in the Information Society, o.O., Nr. 1, S. 89-108.

**Collins, C.; Porras, J. I. (1996):** Building Your Company's Vision, in: Harvard Business Review, <<http://hbr.org/1996/09/building-your-companys-vision/ar/1>>, Abruf vom 22.02.2014.

**Fowler, G. A.; Worthen, B. (2009):** The Internet Industry Is on a Cloud - Whatever That May Mean, in: The Wall Street Journal, <<http://online.wsj.com/article/SB123802623665542725.html>>, Abruf vom 15.02.2014.

**Froböse, K. (2012):** Steigert das Product-Service System Cloud-Computing die Ökoeffizienz?, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg.

**Gauthier, D. (2013):** Microsoft Cloud-Scale Data Center designs, in: globalfoundationservices, <<http://www.globalfoundationservices.com/posts/2013/march/26/microsoft-cloud-scale-data-center-designs.aspx>>, Abruf vom 20.02.2014.

**Harnisch, S.; Buxmann, P. (2012):** Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Cloud-Computing-Angeboten, in: Schäffer, U. (Hrsg.): ZfCM, Berlin, Nr. 56, S. 414-416.

**James, S. (2013):** Microsoft's ITPAC – A Perfect Fit for Off-the-Grid Computing Capacity, in: globalfoundationservices, <<http://www.globalfoundationservices.com/posts/2013/april/22/microsofts-itpac-%E2%80%93-a-perfect-fit-for-off-the-grid-computing-capacity.aspx>>, Abruf vom 23.02.2014.

**Lamberth, S.; Weisbecker, A. (2010):** Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beim Einsatz von Cloud Computing, in: Pietsch, W. (Hrsg.): Fachtagung Software-Management - Gesellschaft für Informatik, Fachausschuss Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik, Aachen, S. 123-136.

**Lübbert, D. (2006):** Uran als Kernbrennstoff: Vorräte und Reichweite, Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, Berlin.

**Martens, B.; Walterbusch, M.; Teuteberg, F. (2012):** Costing of Cloud Computing Services - A Total Cost of Ownership Approach, in: 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, S. 1563 - 1572.

**Meir-Huber, M. (2011):** Cloud Computing: Praxisratgeber und Einstiegsstrategien, entwickler.press, Frankfurt am Main.

**Mell, P.; Grance, T. (2011):** The NIST Definition of Cloud Computing, in: National Institute of Standards and Technology, <[http://rszt.pmmk.pte.hu/uploads/8f/23/8f23a309550830fa62395163ecec6fd3/nist\\_SP800-145.pdf](http://rszt.pmmk.pte.hu/uploads/8f/23/8f23a309550830fa62395163ecec6fd3/nist_SP800-145.pdf)>, Abruf vom 10.01.2014.

**Metzger, C.; Reitz, T.; Villar, J. (2011):** Cloud computing: Chancen und Risiken aus technischer und unternehmerischer Sicht, Hanser, München.

**Möhlmann, J. (2012a):** Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Betriebswirtschaftliche Grundlagen des Verwaltungshandelns, Organisation und Informationsverarbeitung, in: diplom-finanzwirte, <<http://diplom-finanzwirte.de/page/grundstudium/abwl/skripte.php>>, Abruf vom 11.02.2014.

**Müller-Christ, G. (2010a):** Nachhaltiges Management: Einführung in Ressourcenorientierung und widersprüchliche Managementrationalitäten, Nomos, 1. Aufl., Baden-Baden.

**Müller-Christ, G. (2010b):** Nachhaltigkeit – Ein Erfolgsfaktor für mittelständische Unternehmen?, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.

**Müller-Christ, G. (2012a):** Nachhaltiges Management aus der Entscheidungsperspektive: Restitutionskosten, Jetzt-für-dann-Entscheidungen und Trade-Offs, in: Corsten, H.; Roth, S. (Hrsg.): Nachhaltigkeit - Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung, Gabler, o.O., S. 51-66.

**Müller-Christ, G. (2012b):** Nachhaltigkeitskompetenzen aus ökonomischer Sicht, in: artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit, <<http://mc-managementaufstellungen.de/resources/Vortrag+UBA+M%C3%BCller-Christ.pdf>>, Abruf vom 10.08.2013.

**Müller-Christ, G. (2013a):** Forschungsschwerpunkt Nachhaltigkeit - 1. Veranstaltung, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.

**Müller-Christ, G. (2013b):** Forschungsschwerpunkt Nachhaltigkeit - 2. Veranstaltung, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.

**Müller, G. (2011):** Nachhaltiges Computing in Clouds, in: Wirtschaftsinformatik, Gabler, Nr. 53, o.O., S. 123-125.

**Nelson, M. R. (2009):** The Cloud, the Crowd, and Public Policy, in: issues.org, <<http://www.issues.org/25.4/nelson.html>>, Abruf vom 22.03.2014.

**Niemer, M. (2010):** Stromsparen durch Virtualisierung, in: Lampe, F. (Hrsg.): Green IT, Virtualisierung und Thin Clients, Wiesbaden, S. 57-69.

**o.V. [accenture.com] (2010):** Cloud Computing and Sustainability: The Environmental Benefits of Moving to the Cloud, in: accenture.com, <[http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture\\_Sustainability\\_Cloud\\_Computing\\_TheEnvironmentalBenefitsofMovingtotheCloud.pdf](http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture_Sustainability_Cloud_Computing_TheEnvironmentalBenefitsofMovingtotheCloud.pdf)>, Abruf vom 06.08.2013.

**o.V. [Börsen-Zeitung] (2014):** Neue Vorwürfe gegen NSA sorgen für Verstimmung - Verbände verärgert über mögliche Industriespionage, in: Börsen-Zeitung, Nr. 18.

**o.V. [Bundesstelle für Informationstechnik] (2010):** Kompetenzzentrum Green IT - Vorgehensmodell für Green IT in Rechenzentren BVA/BIT, Bundesverwaltungsamt, Köln.

**o.V. [derstandard.at] (2011):** Milliarden-Markt Cloud Computing, in: derstandard.at, <<http://derstandard.at/1319181807699/Milliarden-Markt-Cloud-Computing>>, Abruf vom 22.03.2014.

**o.V. [Greenpeace International] (2011):** How Dirty Is Your Data?, in: Greenpeace International, <<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/How-dirty-is-your-data/>>, Abruf vom 07.08.2013.

**o.V. [Handelsblatt] (2013):** Forscher tüfteln an besseren Recycling-Techniken, in: Handelsblatt, <<http://www.handelsblatt.com/technologie/forschung-medizin/forschung-innovation/seltene-erden-forscher-tuefteln-an-besseren-recycling-techniken/7732134.html>>, Abruf vom 24.02.2014.

**o.V. [supply-markets.com] (2010):** Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse, in: supply-markets.com, <[http://www.supply-markets.com/Marktwahl/Nutzwertanalyse/Vorgehensweise\\_NWA.pdf](http://www.supply-markets.com/Marktwahl/Nutzwertanalyse/Vorgehensweise_NWA.pdf)>, Abruf vom 24.01.2014.

**Ostler, U. (2013a):** IT-Abteilungen brauchen Umbau, besagt A.T.-Kearney-Studie - Übergang zu Dritten, Umschulung, Freisetzung – das trifft 136.000, in: cloudcomputing-insider.de, <<http://www.cloudcomputing-insider.de/strategie/business-process-management/articles/412994/>>, Abruf vom 21.03.2014.

**Ostler, U. (2013b):** IT-Abteilungen brauchen Umbau, besagt A.T.-Kearney-Studie - Was ist der Plan?, in: cloudcomputing-insider.de, <<http://www.cloudcomputing-insider.de/strategie/business-process-management/articles/412994/index2.html>>, Abruf vom 21.03.2014.

**Schneider, A. (2012):** Cloud Computing - Ein Hype auf dem Weg zur Umsetzung, in: GENIOS BranchenWissen, München, Nr. 2.

**Terplan, K.; Voigt, C. (2011):** Cloud Computing, mitp, Heidelberg [u.a.].

**Timmermans, J.; Stahl, B. C.; Ikonen, V., et al. (2010):** The Ethics of Cloud Computing - A Conceptual Review in: Academia.edu, <[http://www.academia.edu/646838/The\\_Ethics\\_of\\_Cloud\\_Computing](http://www.academia.edu/646838/The_Ethics_of_Cloud_Computing)>, Abruf vom 22.03.2014.

**Wissel, S.; Mayer-Spohn, O.; Fahl, U., et al. (2007):** CO<sub>2</sub>-Emissionen der nuklearen Stromerzeugung, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Verwendung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher Form oder auszugsweise im Rahmen anderer Prüfungen noch nicht vorgelegt worden.

Bremen, \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

- o.V. [accenture.com] (2010):** Cloud Computing and Sustainability: The Environmental Benefits of Moving to the Cloud, in: accenture.com, <[http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture\\_Sustainability\\_Cloud\\_Computing\\_TheEnvironmentalBenefitsofMovingtotheCloud.pdf](http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture_Sustainability_Cloud_Computing_TheEnvironmentalBenefitsofMovingtotheCloud.pdf)>, Abruf vom 06.08.2013.
- Baun, C. (2010):** Cloud computing: Web-basierte dynamische IT-Services, Springer, Berlin.
- Böhm, M.; Leimeister, S.; Riedl, C., et al. (2009):** Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen?, in: IM Information Management und Consulting, <[http://www.winfobase.de/lehrstuhl/publikat.nsf/8992264694859f2bc125653600482ab7/ac1bc838f24a9a1cc12576740039c31f/\\$FILE/B%C3%B6hm%20et%20al%202009.pdf](http://www.winfobase.de/lehrstuhl/publikat.nsf/8992264694859f2bc125653600482ab7/ac1bc838f24a9a1cc12576740039c31f/$FILE/B%C3%B6hm%20et%20al%202009.pdf)>, Abruf vom 26.04.2012.
- Cavoukian, A. (2008):** Privacy in the Clouds, in: Springer (Hrsg.): Identity in the Information Society, o.O., Nr. 1, S. 89-108
- Collins, C.; Porras, J. I. (1996):** Building Your Company's Vision, in: Harvard Business Review, <<http://hbr.org/1996/09/building-your-companys-vision/ar/1>>, Abruf vom 22.02.2014.
- Fowler, G. A.; Worthen, B. (2009):** The Internet Industry Is on a Cloud - Whatever That May Mean, in: The Wall Street Journal, <<http://online.wsj.com/article/SB123802623665542725.html>>, Abruf vom 15.03.2012.
- Froböse, K. (2012):** Steigert das Product-Service System Cloud-Computing die Ökoeffizienz?, Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg.
- Gauthier, D. (2013):** Microsoft Cloud-Scale Data Center designs, in: globalfoundationservices, <<http://www.globalfoundationservices.com/posts/2013/march/26/microsoft-cloud-scale-data-center-designs.aspx>>, Abruf vom 20.02.2014.
- Harnisch, S.; Buxmann, P. (2012):** Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Cloud-Computing-Angeboten, in: Schäffer, U. (Hrsg.): ZfCM, Berlin, Nr. 56, S. 414-416.
- o.V. [Bundesstelle für Informationstechnik] (2010):** Kompetenzzentrum Green IT - Vorgehensmodell für Green IT in Rechenzentren BVA/BIT, in: Bundesstelle für Informationstechnik, Abruf vom
- o.V. [Greenpeace International] (2011):** How Dirty Is Your Data?, in: Greenpeace International, <<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/How-dirty-is-your-data/>>, Abruf vom 07.08.2013.
- James, S. (2013):** Microsoft's ITPAC – A Perfect Fit for Off-the-Grid Computing Capacity, in: globalfoundationservices, <<http://www.globalfoundationservices.com/posts/2013/april/22/microsofts-itypac-%E2%80%93-a-perfect-fit-for-off-the-grid-computing-capacity.aspx>>, Abruf vom 23.02.2014.
- Lamberth, S.; Weisbecker, A. (2010):** Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beim Einsatz von Cloud Computing, in: Pietsch, W. (Hrsg.): Fachtagung Software-Management - Gesellschaft für Informatik, Fachausschuss Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik, Aachen, S. 123-136.
- Lübbert, D. (2006):** Uran als Kernbrennstoff: Vorräte und Reichweite, Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, Berlin.
- Martens, B.; Walterbusch, M.; Teuteberg, F. (2012):** Costing of Cloud Computing Services - A Total Cost of Ownership Approach, in: (Hrsg.): 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, S. 1563 - 1572.
- Meir-Huber, M. (2011):** Cloud Computing: Praxisratgeber und Einstiegsstrategien, entwickler.press, Frankfurt am Main.
- Mell, P.; Grance, T. (2011):** The NIST Definition of Cloud Computing, in: National Institute of Standards and Technology,

- [http://rszt.pmmk.pte.hu/uploads/8f/23/8f23a309550830fa62395163ecec6fd3/nist\\_SP800-145.pdf](http://rszt.pmmk.pte.hu/uploads/8f/23/8f23a309550830fa62395163ecec6fd3/nist_SP800-145.pdf), Abruf vom 15.03.2012.
- Metzger, C.; Reitz, T.; Villar, J. (2011):** Cloud computing: Chancen und Risiken aus technischer und unternehmerischer Sicht, Hanser, München.
- Möhlmann, J. (2012a):** Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Betriebswirtschaftliche Grundlagen des Verwaltungshandelns, Organisation und Informationsverarbeitung, in: diplom-finanzwirte, <http://diplom-finanzwirte.de/page/grundstudium/abwl/skripte.php>, Abruf vom 11.02.2014.
- Müller-Christ, G. (2010b):** Nachhaltigkeit – Ein Erfolgsfaktor für mittelständische Unternehmen?, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.
- Müller-Christ, G. (2012a):** Nachhaltiges Management aus der Entscheidungsperspektive: Restitutionskosten, Jetzt-für-dann-Entscheidungen und Trade-Offs, in: Corsten, H.; Roth, S. (Hrsg.): Nachhaltigkeit - Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung, Gabler, o.O., S. 51-66.
- Müller-Christ, G. (2012b):** Nachhaltigkeitskompetenzen aus ökonomischer Sicht, in: artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit, <http://mc-managementaufstellungen.de/resources/Vortrag+UBA+M%C3%BCller-Christ.pdf>, Abruf vom 10.08.2013.
- Müller-Christ, G. (2013a):** Forschungsschwerpunkt Nachhaltigkeit - 1. Veranstaltung, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.
- Müller-Christ, G. (2013b):** Forschungsschwerpunkt Nachhaltigkeit - 2. Veranstaltung, in: Forschungsschwerpunkt - Nachhaltigkeit, Universität Bremen.
- Müller-Christ, G. (2010a):** Nachhaltiges Management: Einführung in Ressourcenorientierung und widersprüchliche Managementrationalitäten, Nomos, 1. Aufl., Baden-Baden.
- Müller, G. (2011):** Nachhaltiges Computing in Clouds, in: Müller, G. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik, Gabler, Nr. 53, o.O., S. 123-125.
- Nelson, M. R. (2009):** The Cloud, the Crowd, and Public Policy, in: issues.org, <http://www.issues.org/25.4/nelson.html>, Abruf vom 22.03.2014.
- Nierner, M. (2010):** Stromsparen durch Virtualisierung, in: Lampe, F. (Hrsg.): Green IT, Virtualisierung und Thin Clients, Wiesbaden, S. 57-69.
- o.V. [supply-markets.com] (2010):** Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse, in: supply-markets.com, [supply-markets.com/Marktwahl/Nutzwertanalyse/Vorgehensweise\\_NWA.pdf](http://supply-markets.com/Marktwahl/Nutzwertanalyse/Vorgehensweise_NWA.pdf), Abruf vom 24.01.2014.
- o.V. [derstandard.at] (2011):** Milliarden-Markt Cloud Computing, in: derstandard.at, <http://derstandard.at/1319181807699/Milliarden-Markt-Cloud-Computing>, Abruf vom 24.02.2014.
- o.V. [Handelsblatt] (2013):** Forscher tüfteln an besseren Recycling-Techniken, in: Handelsblatt, <http://www.handelsblatt.com/technologie/forschung-medizin/forschung-innovation/seltene-erden-forscher-tuefteln-an-besseren-recycling-techniken/7732134.html>, Abruf vom 24.02.2014.
- o.V. [Börsen-Zeitung, Nr. 18] (2014):** Neue Vorwürfe gegen NSA sorgen für Verstimmung - Verbände verärgert über mögliche Industriespionage, in: Börsen-Zeitung, Nr. 18, Abruf vom 21.03.2014.
- Ostler, U. (2013a):** IT-Abteilungen brauchen Umbau, besagt A.T.-Kearney-Studie - Übergang zu Dritten, Umschulung, Freisetzung – das trifft 136.000, in: cloudcomputing-insider.de, <http://www.cloudcomputing-insider.de/strategie/business-process-management/articles/412994/>, Abruf vom 21.03.2014.
- Ostler, U. (2013b):** IT-Abteilungen brauchen Umbau, besagt A.T.-Kearney-Studie - Was ist der Plan?, in: cloudcomputing-insider.de, <http://www.cloudcomputing-insider.de/strategie/business-process-management/articles/412994/index2.html>, Abruf vom 21.03.2014.

- Schneider, A. (2012):** Cloud Computing - Ein Hype auf dem Weg zur Umsetzung, in: GBI-Genios (Hrsg.): GENIOS BranchenWissen, München, Nr. 2, S.
- Terplan, K.; Voigt, C. (2011):** Cloud computing, Mitp, 1. Aufl. Aufl., Heidelberg [u.a.].
- Timmermans, J.; Stahl, B. C.; Ikonen, V., et al. (2010):** The Ethics of Cloud Computing - A Conceptual Review in: Academia.edu, <[http://www.academia.edu/646838/The Ethics of Cloud Computing](http://www.academia.edu/646838/The_Ethics_of_Cloud_Computing)>, Abruf vom 22.03.2014.
- Wissel, S.; Mayer-Spohn, O.; Fahl, U., et al. (2007):** CO2-Emissionen der nuklearen Stromerzeugung, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart.