

2013

# Kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen - Eine empirische Analyse zum aktuellen Stand in Forschung und Praxis

Nicky Opitz

*Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany, nopitz@uni-goettingen.de*

Florian Thies

*Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany, fthies@uni-goettingen.de*

Koray Ereğ

*Technische Universität Berlin, Berlin, Germany, koray.erek@tu-berlin.de*

Lutz M. Kolbe

*Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany, lkolbe@uni-goettingen.de*

Rüdiger Zarnekow

*Technische Universität Berlin, Berlin, Germany, ruediger.zarnekow@tu-berlin.de*

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2013>

---

## Recommended Citation

Opitz, Nicky; Thies, Florian; Ereğ, Koray; Kolbe, Lutz M.; and Zarnekow, Rüdiger, "Kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen - Eine empirische Analyse zum aktuellen Stand in Forschung und Praxis" (2013). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*. 70.

<http://aisel.aisnet.org/wi2013/70>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISEL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISEL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).

# Kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen – Eine empirische Analyse zum aktuellen Stand in Forschung und Praxis

Nicky Opitz<sup>1</sup>, Florian Thies<sup>1</sup>, Koray Ereke<sup>2</sup>, Lutz M. Kolbe<sup>1</sup>, und Rüdiger Zarnekow<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Germany  
{nopitz, fthies, lkolbe}@uni-goettingen.de

<sup>2</sup> Technische Universität Berlin, Berlin, Germany  
{koray.erek, ruediger.zarnekow}@tu-berlin.de

**Abstract.** In diesem Beitrag wird der Umsetzungsstand von Green IT-Kennzahlen in IT-Organisationen verschiedener Größe und Branchen untersucht. Zu diesem Zweck wurden aktuelle Kennzahlen aus der Literatur entnommen und auf Grundlage eines Bezugsrahmens den (Prozess-)Bereichen der IT-Beschaffung, der IT-Produktion und des IT-Vertriebs systematisch aufbereitet. Die Erfassung des Status quo in der Praxis wurde mittels einer Befragung von insgesamt 94 CIOs und IT-Führungskräften aus einer Stichprobe von 822 Unternehmen analysiert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Unternehmen den Erfolg von Green IT-Maßnahmen kennzahlbasiert erfassen und kontrollieren können, wobei der Einsatz solcher Kenngrößen von der Unternehmensgröße, der Nachhaltigkeitsorientierung und der Green IT-Expertise abhängig sind.

**Keywords:** Green IT, KPI, Kennzahlen, Erfolgsmessung, Nachhaltigkeitscontrolling

## 1 Einleitung

Mit der globalen Vernetzung und der damit einhergehenden starken IT-Durchdringung in den Unternehmensprozessen nimmt auch gleichzeitig der Einfluss der IT auf Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft stetig zu. Die ökologischen Herausforderungen in der IT werden seit einigen Jahren in der Öffentlichkeit und Wissenschaft unter dem Begriff „Green IT“ diskutiert. Sie ergeben sich insbesondere aufgrund des rasanten Anstiegs des Energieverbrauchs von IT-Komponenten, inklusive der zum Betrieb notwendigen Infrastruktur, und den damit verbundenen klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch u. a. immer komplexere Geschäftsanwendungen, die leistungsfähigere Server erfordern, und die sich intensivierende Nutzung des Internets in den vergangenen Jahren wird dieser Trend bekräftigt [5].

In Deutschland betrug der Anteil des IT-bedingten Stromverbrauches am Gesamtstromverbrauch bereits im Jahr 2001 ca. 7,1 % (38 Terrawattstunden – TWh). Dabei

ist dieser Anteil in den letzten Jahren kontinuierlich auf heute über 10,5 % (55,4 TWh) gestiegen.

Demgegenüber sehen sich IT-Organisationen mit gekürzten IT-Budgets sowie der Forderung der Unternehmensleitung konfrontiert, den Wertbeitrag der IT zur Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens darzulegen und messbar zu machen [3]. Infolgedessen gewinnen Fragen der ressourceneffizienten IT-Leistungserstellung im Rahmen einer Green IT-Strategie deutlich mehr an Bedeutung als noch vor einigen Jahren. Nicht zuletzt bedingt durch die hohen Kosteneinsparpotenziale, aber auch durch die zunehmende Aufmerksamkeit der Politik und Wissenschaft konnten sich somit bereits eine Reihe von Green IT-Maßnahmen in der Praxis etablieren. Kernthema dieses Beitrags ist die auf Kennzahlen basierende Erfolgsmessung solcher Maßnahmen. Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Green IT-Kennzahlen lassen sich in der Literatur bekannt und wie lassen sie sich systematisieren?
- Welche dieser Kennzahlen werden in Unternehmen tatsächlich erhoben?
- Welchen Einfluss spielen externe Faktoren wie Unternehmensgröße oder Green IT-Expertise auf die Messung solcher Kennzahlen?

Dazu wurden zunächst Kennzahlen aus der Literatur identifiziert und darauf aufbauend ein Fragebogen entwickelt, an 830 verschiedene Unternehmen versandt und mittels deskriptiver Statistik und Hypothesentests ausgewertet.

## 2 Forschungsstand

### 2.1 Green IT und Green IS

Seit einigen Jahren hat die IT-Industrie ihren erkannten Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz mit medienwirksamen Begriffen wie „Green IT“ [20], „Green Information Systems (IS)“ [27], „Environmental Sustainability of IT“ [9] oder auch „IT-for-Green“ [19] versehen.

Harmon und Auseklis zählen Kostenreduktions- und Performance-Ziele als treibende Motive einer Green IT-Adaption in IT-Organisationen und deuten daher Green IT als „the practice of maximizing the efficient use of computing resources to minimize environmental impact“ [15]. Dieser Auffassung wird im Rahmen dieser Arbeit entsprochen und daher folgende Green IT-Definition zugrunde gelegt:

*Green IT umfasst sämtliche Maßnahmen und Lösungen, die zu einer effizienteren Nutzung der Ressource Energie durch die betriebene IT-Infrastruktur und zu einer umweltfreundlicheren Produktion und Verwertung von IT-Hardware beitragen, einschließlich der begleitenden Aktivitäten zu deren Steuerung und Kommunikation [30].*

In jüngerer Zeit setzt sich jedoch vermehrt eine breiter gefasste Sicht in der Praxis und Wissenschaft durch [27]. So präferieren Watson et al. den umfassenderen Ansatz und bemängeln ebenfalls den rein technologiefokussierten Gedanken einer Green IT. Sie ziehen den Begriff Green IS vor und argumentieren, dass die Rolle der IT als

Enabler nachhaltiger Geschäftsprozesse in Unternehmen („IT-for-Green“) einen zentralen Bestandteil der Nachhaltigkeitsdiskussionen in der IT bilden muss.

In dieser Arbeit wird vorrangig Green IT als ökologisch nachhaltiger Ansatz zur Bewältigung der Nachhaltigkeitsherausforderungen in IT-Organisationen betrachtet. Die Rolle der IT zur Unterstützung von Nachhaltigkeit in den Geschäftsprozessen eines Unternehmens ist nicht Gegenstand der Untersuchung.

## 2.2 Modell des integrierten Informationsmanagements als Bezugsrahmen

Im Zuge einer zunehmenden Dienstleistungsorientierung im Informationsmanagement haben sich die Interaktionsmodelle zwischen IT-Organisationen (Leistungserbringer) und den Fachbereichen (Leistungsabnehmer) verändert und weiterentwickelt. Damit einhergehend ist von einem neuen Aufgaben- und Rollenverständnis in den IT-Organisationen die Rede, in welchem diese sowohl als unternehmensinterne als auch auf dem freien Markt agierende externe Einheiten in Erscheinung treten können. Im Rahmen ihrer Geschäftstätigkeit können sie IT-Produkte (Hardware, Software, Dienstleistungen) für interne (in der Regel Fachbereiche) bzw. externe Kunden anbieten. Anstelle einer traditionell projekt- und aufgabenbasierten Zusammenarbeit (Plan-Build-Run) tritt daher vermehrt eine marktorientierte Kunden-Lieferanten-Beziehung in Erscheinung, bei der IT-Organisationen verstärkt die Rolle eines Dienstleisters einnehmen [16]. Auf Grundlage dieser Kunden-Lieferanten-Beziehung ist es möglich, etablierte Referenzmodelle für das Supply-Chain-Management auch auf das Informationsmanagement zu übertragen. Das Modell eines Integrierten Informationsmanagements (IIM) folgt dieser Idee und stellt die zentralen Managementprozesse von IT-Organisationen auf Basis eines Source-Make-Deliver-Ansatzes dar, die zur Herstellung und Nutzung von IT-Produkten erforderlich sind [29], [16]. Das IIM-Modell legt somit eine wertschöpfungskettenorientierte Sicht zugrunde, einschließlich der Schnittstellen zu Lieferanten und Kunden (vgl. Abbildung 1). Dabei wird der Prozess der IT-Leistungserbringung als integrierter Fertigungsprozess betrachtet.

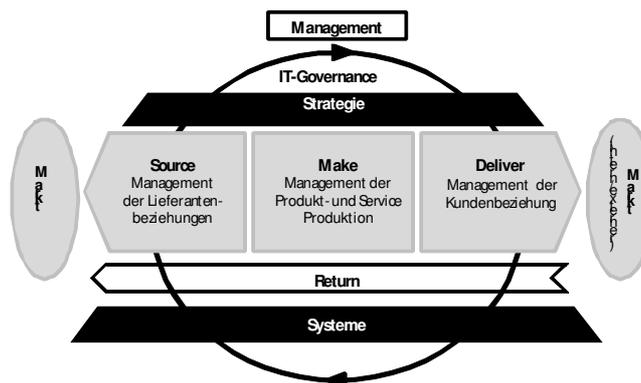


Abb. 1. Das Modell des Integrierten Informationsmanagements [29], [16]

### 2.3 Status quo zu Green IT-Kennzahlen

Im Vorfeld der Befragung wurde ein umfangreicher Katalog möglicher Green IT-Kennzahlen erstellt. Dafür wurde das Phasenmodell zur Literaturanalyse nach Fettke [11] adaptiert, welches im Rahmen der Review-Forschung zur Abbildung des State-of-the-Arts entwickelt wurde. Um zu einer systematischen Kategorisierung zu gelangen, wurden die einzelnen Kennzahlen in das Modell des integrierten Informationsmanagements eingeordnet (vgl. Abbildung 1), auf dessen Kategorien der Fragebogen schlussendlich auch beruhte.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen 1-4 zusammengefasst. Einige genannte Kennzahlen sind in der Forschung noch nicht einheitlich benannt und/oder wurden im Rahmen dieser Forschungsarbeit aus bestehenden Ansätzen hergeleitet.

Im Bereich Make, also in der Beschaffung von IT-Gütern wie Hardware- oder Softwareressourcen und IT-Dienstleistungen ist die Erforschung einer kennzahlenbasierten Messung hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit noch im Anfangsstadium. Es konnten drei mögliche Kennzahlen ermittelt werden (vgl. Tabelle 1). Das aus der klassischen Betriebswirtschaftslehre bekannte Konzept der Total Cost of Ownership (TCO) kann durch Berücksichtigung von Energiekosten oder verursachte Emissionen in den Green IT-Kontext überführt werden. Die Ansätze „Anteil erneuerbarer Energie“ und „Anteil ökologisch Nachhaltiger IT-Komponenten“ sind in dieser Form in der Literatur als Kennzahl nicht benannt, lassen sich aber aus vorhandenen Gedankengängen ableiten.

**Tabelle 1.** Green IT-Kennzahlen aus dem Bereich Source

Kennzahl	Abk.	Beschreibung/Formel	Quelle(n)
Total Cost of Ownership	TCO	Lebenzyklusbetrachtung der Gesamtkosten	[4]
Anteil erneuerbarer Energien im IT-Betrieb (in %)	-	$\left( \frac{\text{Einsatz erneuerbarer Energie in der IT (kWh)}}{\text{Gesamter Energiebedarf der IT (kWh)}} \right) * 100$	-
Anteil ökologisch nachhaltiger IT-Komponenten (in %)	-	$\left( \frac{\text{ökologisch nachhaltige IT - Komponenten}}{\text{Gesamtzahl IT - Komponenten}} \right) * 100$	-

Während wie gerade beschrieben im Bereich Source nur wenige Kennzahlen aus der Literatur extrahiert werden konnten, gibt es eine hohe Bandbreite an Messgrößen im Make-Bereich des integrierten Informationsmanagements. Dies könnte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass hier die IT-Komponenten betrieben werden und somit Verbrauchs- und Emissionsmessungen direkt durchgeführt werden können. Durch die Fülle von Kennzahlen wird hier im Text nicht näher auf einzelne eingegangen, in Tabelle 2 und Tabelle 3 sind die verwendeten Kennzahlen in die Funktionsbereiche Rechenzentrum (RZ) und Büroumgebung unterteilt.

**Tabelle 2.** Green IT-Kennzahlen aus dem Bereich Make (Rechenzentrum)

Kennzahl	Abk.	Beschreibung/Formel	Quelle(n)
Power Usage Effectiveness	PUE	$\frac{\text{Gesamter Energieverbrauch eines Rechenzentrums}}{\text{Gesamter Energieverbrauch der IT-Komponenten (kWh)}}$	[8]
Data Center Infrastructure Efficiency	DCIE	$\frac{\text{Gesamter Energieverbrauch der IT-Komponenten (kWh)}}{\text{Gesamter Energieverbrauch eines Rechenzentrums (kWh)}}$	[5]
Data Center energy Productivity	DCeP	$\frac{\text{Geleisteter Output des Rechenzentrums}}{\text{Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums}}$	[14], [8]
Energy Reuse Efficiency	ERE	$\frac{\text{Gesamter Energieverbrauch des RZ} - \text{Wiederverwendete Energie}}{\text{Energieverbrauch der IT-Komponenten}}$	[21]
Carbon Usage Effectiveness	CUE	$\frac{\text{Menge CO2-Equivalent aus Energieverbrauch RZ}}{\text{Energieverbrauch der IT-Komponenten im RZ}}$	[4]
Free Cooling Potential	-	Gibt darüber Auskunft, wie viel kWh jährlich durch den Einsatz von Freiluftkühlung an Stelle konventioneller Kühlung eingespart werden kann.	[24]
Deployed Hardware Utilization Ratio	DH-UR	Auslastungsgrad von z. B. Servern, Storage	[24]
Standard Power Evaluation Corporation power	SPEC <sub>power</sub>	$\frac{\sum \text{Rechenleistung}}{\sum \text{Leistungsaufnahme}}$	[22]

**Tabelle 3.** Green IT-Kennzahlen aus dem Bereich Make (Büroumgebung)

Kennzahl	Abk.	Beschreibung/Formel	Quelle(n)
Anteil sensibilisierter Mitarbeiter	-	$\frac{\text{Mitarbeiter, die an Green IT-Sensibilisierung teilgenommen haben}}{\text{Anzahl Mitarbeiter im Unternehmen}}$	[30], [5]
Menge Hardware zu Anzahl Mitarbeiter	-	IT-Geräte sollen effizient genutzt werden (Auslastung). In vielen Unternehmen erfolgt die Erweiterung der Gerätelandschaft aber eher unsystematisch.	[26]
Hardware Compute Load	HCL	$\frac{\text{Leistungsaufnahme am Netzteil} - \text{Verlust durch Umwandlung}}{\text{Leistungsaufnahme interner Lüfter}}$	[23]
Erfolg von Green-IT Projekten	-	$\frac{\text{Anzahl erfolgreicher Green IT-Projekte}}{\text{Anzahl Green IT-Projekte}}$	[2]

Für den Bereich Deliver, der die Handlungsfelder Absatz oder Vertrieb sowie Kommunikation umfasst, konnten aus der Literatur keine konkret messbaren Kennzahlen für den Green IT-Bereich abgeleitet werden. Für die interne und externe Kommunikation von Green IT-Bestrebungen eignen sich jedoch Green IT-Benchmarks bzw. Zertifizierungen, von denen einige Beispiele in Tabelle 4 beschrieben sind. Diese wurden auch in der Befragung verwendet.

**Tabelle 4.** Green IT-Kennzahlen aus dem Bereich Deliver

Kennzahl	Beschreibung <sup>1</sup>	Quelle(n)
Energieeffizienz im Rechenzentrum vom TÜV Rheinland	100 Seiten umfassender Kriterienkatalog bewertet das Engagement hinsichtlich Minimierung des Energieeinsatzes.	[17]
RZ-Benchmarking GreenIT BB Netzwerk	30 Parameter zur Bewertung der Ressourceneffizienz, kann punktuell oder dauerhaft durchgeführt werden.	[13]
Datacenter Benchmarking Technische Universität Berlin	Ermöglicht das Aufdecken von Einsparpotenzialen in Rechenzentren anhand von sieben Kennwerten. Dadurch geringer Aufwand.	[28]
Blauer Engel - Umweltzeichen Energiebewusster Rechenzentrumsbetrieb	Dient zur Auszeichnung von Rechenzentren, deren Betreiber eine langfristig ausgerichtete Strategie zur Optimierung der Energie- und Ressourceneffizienz verfolgen.	[18]
Green-IT-Certification DEKRA	Berücksichtigt zusätzlich zu konkreten Maßnahmen auch Managementprozesse und Konzepte.	[10]

<sup>1</sup> Die Beschreibung der Benchmarks basiert zum Teil auf den Angaben der Anbieter und wurde von den Autoren im Rahmen dieses Beitrags nicht validiert.

## **3 Forschungsmethodik**

### **3.1 Vorgehen bei der Befragung**

Für die Unternehmensbefragung wurden Entscheidungsträger und IT-Verantwortliche von in Deutschland ansässigen Unternehmen für eine schriftliche Umfrage ausgewählt. Die Befragung erfolgte postalisch, umfasste zusätzlich zum Fragebogen ein personalisiertes Anschreiben sowie einen unfrankierten Rückumschlag. Durch das persönliche Anschreiben sowie den kompakt gehaltenen Fragebogen, der aus einer doppelseitig bedruckten DIN-A4-Seite bestand, wurde eine hohe Rücklaufquote angestrebt.

Die Stichprobengröße umfasste insgesamt 830 in Deutschland ansässige - zum Großteil aber international tätige - Unternehmen, bei denen der Fragebogen je nach vorhandener Datenlage an den Chief Information Officer (CIO) bzw. IT-Verantwortlichen oder an die Geschäftsführung adressiert wurde. Um ein möglichst breites Spektrum von Unternehmen in der Stichprobe zu erfassen, wurden sowohl große Unternehmen als auch kleine und mittelständische Unternehmen unterschiedlicher Branchen einbezogen, die sich wie folgt aufteilen:

- 500 Großunternehmen, darunter je 20 Banken und Versicherungen
- 330 kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), darunter 50 Rechenzentren

Die Anzahl der Unternehmen innerhalb der beiden Gruppen wurden zufällig gewählt. Es wurde sichergestellt, dass alle Bereiche abgedeckt sind und keine Branche bewusst ausgeschlossen wird [7].

Zur Beantwortung des Fragebogens waren etwa fünf Minuten nötig. Diese Zeitspanne wurde im Vorfeld der Umfrage durch einen Pretest evaluiert. Der Versand der 830 Fragebögen erfolgte am 21. Dezember 2011 und es wurde im Anschreiben um eine Rücksendung des Fragebogens bis zum 21. Januar 2012 gebeten. Die letzten in die Auswertung aufgenommenen Antworten trafen am 20. Februar 2012 ein.

Der Fragebogen war in fünf Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt wurden allgemeine Daten zum Thema Nachhaltigkeit abgefragt, beispielsweise wie das Unternehmen sein Engagement beim Thema Umweltschutz im Allgemeinen und bei Green IT im Speziellen einschätzt. Außerdem wurde nach einer Selbsteinschätzung zur Expertise im Bereich Green IT gefragt sowie versucht zu erfassen, wo im Unternehmen die Verantwortung für Green IT-Maßnahmen angesiedelt ist. Abschließend wurde erhoben, ob das Unternehmen bereits Green IT-Maßnahmen umgesetzt hat. In den nächsten drei Abschnitten wurden nach den oben genannten Kennzahlen, gegliedert nach Source, Make und Deliver, gefragt. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, ob die genannten Kennzahlen erhoben werden. Ferner wurde ein freies Textfeld geschaffen, indem weitere, nicht im Fragebogen aufgelistete Kennzahlen eingetragen werden konnten. Im letzten Abschnitt wurden allgemeine Unternehmensdaten wie Branche, Mitarbeiterzahl und Umsatz erhoben.

### 3.2 Hypothesen

Zusätzlich zur deskriptiven Datenanalyse über den Bekanntheitsgrad und die tatsächliche Messung von Green IT-Kennzahlen wurden einige induktive Hypothesen auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Literaturanalyse formuliert und getestet:

*H1: Je größer ein Unternehmen gemessen an der Mitarbeiterzahl ist, desto mehr Green IT-Maßnahmen wurden bereits umgesetzt.*

Hypothese H1 stützt sich auf die Erkenntnis, dass große Unternehmen als Vorreiter bei der Umsetzung von Green IT-Maßnahmen gelten.

*H2: Unternehmen, die ein eigenes RZ betreiben, erheben mehr Green IT-Kennzahlen als Unternehmen, die kein eigenes RZ betreiben.*

Hypothese H2 basiert auf der Feststellung, dass es vorwiegend Green-IT-Kennzahlen gibt, die sich im Rahmen der Energieeffizienzmessung von RZ erheben lassen.

*H3: Je höher die Selbsteinschätzung der Green IT-Expertise eines Unternehmens ist, desto mehr Green IT-Kennzahlen werden erhoben.*

Aufgrund der Komplexität der Erhebung einiger Green IT-Kennzahlen sowie der geringen Thematisierung von Kennzahlen in der Theorie wird vermutet, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der erhobenen Green IT-Kennzahlen eines Unternehmens und der Selbsteinschätzung der Green IT-Expertise eines Unternehmens besteht.

*H4: Je höher die Selbsteinschätzung der Green-IT-Expertise der Unternehmen ist, desto weniger Herausforderungen werden in Bezug auf Green-IT-Kennzahlen gesehen.*

Analog zu H3 wird in H4 ein negativer Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Green-IT-Expertise eines Unternehmens und der Anzahl der Herausforderungen, die das Unternehmen bezüglich der Erhebung von Green IT-Kennzahlen sieht, vermutet.

### 3.3 Datenauswertung

Im Rahmen dieses Beitrags werden vorwiegend deskriptive Statistiken eingesetzt und um induktive Verfahren zum Testen der im vorherigen Abschnitt aufgestellten Hypothesen ergänzt. Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine Querschnittstudie zu einem festen Zeitpunkt. Anhand dieser werden Aussagen über die Gesamtheit der untersuchten Unternehmen bzw. über die zugrundeliegende Grundgesamtheit getroffen [1].

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Stichprobe

Von den 830 versendeten Fragebögen konnten acht Fragebögen nicht zugestellt werden. Daher verringert sich der Stichprobenumfang auf 822 Unternehmen, von denen 94 geantwortet haben. Damit beläuft sich die Rücklaufquote auf 11,44 %. Da nicht alle Fragebögen vollständig ausgefüllt wurden, wird der prozentuale Anteil an Enthaltungen jeweils im Rahmen der Auswertung einzelner Fragen angegeben.

Die Branchenzugehörigkeit, der Jahresumsatz 2010 und die Mitarbeiteranzahl der teilnehmenden Unternehmen ist in Tabelle 5 dargestellt. Die Gliederung der verschiedenen Branchen orientierte sich dabei an der Branchenklassifikation des Statistischen Bundesamtes [6]. Wie aus der Tabelle ersichtlich, dominieren größere Unternehmen die Stichprobe. Da sich auch unter den 830 angeschriebenen Firmen 500 große befanden, repräsentieren die Rückläufer diese ursprünglich angeschriebene Gruppe sehr gut. Diese Stichprobenverteilung enthält somit keine Anzeichen für eine Schweißverzerrung – zumindest was die Unternehmensgröße angeht.

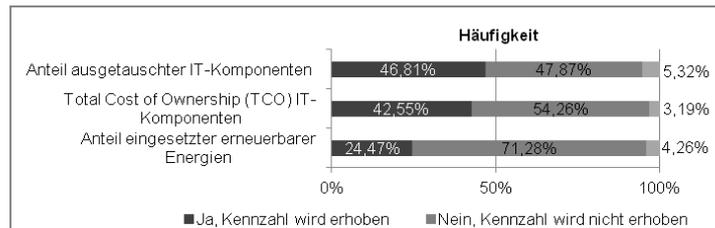
Tabelle 5. Stichprobenübersicht

Branche	Jahresumsatz 2010 in Millionen Euro		Anzahl Mitarbeiter		
	%	%	%	%	
Verarbeitendes Gewerbe	35,1	< 5	4,3	< 50	8,5
Handel	14,9	< 10	6,4	< 250	18,1
Verkehr und Kommunikation	12,8	< 50	10,6	< 1.000	7,5
Kredit- und Versicherungsgewerbe	10,6	< 500	10,6	< 5.000	19,2
Energie- und Wasserversorgung	6,4	< 1.000	6,4	< 15.000	16,0
Sonstige	10,6	≥ 1.000	51,2	≥ 15.000	27,6
Enthaltungen: 9,6 %		Enthaltungen: 10,6 %		Enthaltungen: 3,2 %	

### 4.2 Deskriptive Statistiken

**Nachhaltigkeit und Green IT.** Zum Thema Umweltschutz im Allgemeinen gaben 43,6 % der Unternehmen an, einen dezidierten Umweltbeauftragten zu haben. Bei der Selbsteinschätzung zum Thema Umweltschutz gaben 21,2 % der Befragten an, dieses Thema genieße „hohe“, bei weiteren 39,4 % sogar eine „sehr hohe“ Priorität. Hierzu ist anzumerken, dass eine Selbsteinschätzung zu sozialadäquatem Antwortverhalten führen kann. Für den Bereich Green IT ist in 29,8 % der Fälle der CIO verantwortlich, in 18,1 % ein anderer IT-Mitarbeiter, in 7,5 % der Umweltbeauftragte und in nur 6,4 % ein hierfür vorgesehener Green IT-Beauftragter. Erwähnenswert ist, dass bei 14,9 % der befragten Unternehmen, niemand für diesen Bereich verantwortlich ist. In Bezug auf die Green IT-Expertise schätzen diese 24,5 % als „durchschnittlich“, 25,3 % als „hoch“ und 6,4 % als „sehr hoch“ ein. 87,2 % der teilnehmenden Unternehmen gaben an, dass in ihrem Unternehmen bereits Green IT-Maßnahmen umgesetzt wurden, während dies in 12,8 % der Unternehmen bisher nicht der Fall ist. Als Gründe hierfür wurden Kosteneinsparungen mit 26,6 % am häufigsten mit „sehr hoher“ Relevanz angegeben.

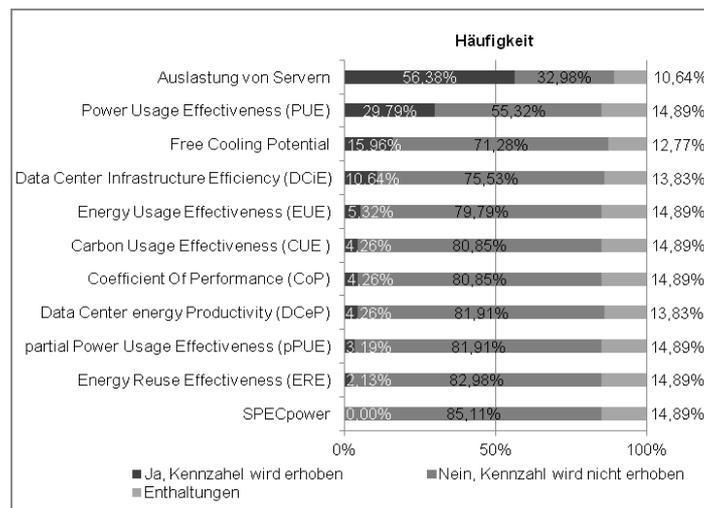
**Kennzahlen im Bereich Source:** Im Bereich der Beschaffung wird der Anteil ausgetauschter IT-Komponenten mit 46,81 % am häufigsten erhoben (vgl. Abbildung 1). Des Weiteren ermitteln 42,55 % der Unternehmen den TCO von IT-Komponenten, während der Anteil eingesetzter erneuerbarer Energien zum Betrieb der IT vergleichsweise nur bei 24,47 % der Unternehmen erhoben wird.



**Abb. 2.** Einsatz Green IT-Kennzahlen im Bereich Source

Als „sonstige“ Kennzahlen im Bereich Beschaffung wurde jeweils von einem Unternehmen die Leistungsaufnahme von IT-Geräten, der statistische Energieverbrauch bzw. dessen Reduzierung sowie die Erhebung von Kennzahlen genannt, sofern geeignete Werte von Herstellern mitgeliefert werden.

**Kennzahlen im Bereich Make.** In Abbildung 2 ist die Ausprägung der erhobenen Green IT-Kennzahlen im Bereich der Rechenzentren (Make) dargestellt. Die Auslastung der Server wird bei 56,4 % der teilnehmenden Unternehmen erhoben und ist damit die am häufigsten erhobene Green IT-Kennzahl im Bereich RZ. Unternehmen, welche die Auslastung der Server erfassen, ermitteln zu 79,3 % die Auslastung des Storage (Festplattenspeicher etc.), zu 77,4 % die Auslastung der CPU und zu 75,5 % die Auslastung des Arbeitsspeichers.



**Abb. 3.** Einsatz Green IT-Kennzahlen im Bereich Make (Rechenzentrum)

Die PUE-Kennzahl wird von 29,8 % der Unternehmen ermittelt und ist damit die am zweithäufigsten erhobene Green IT-Kennzahl im RZ-Bereich, gefolgt vom Free Cooling Potential, welches bei 16,0 % und der Data Center Infrastructure Efficiency, welche bei 10,6 % der teilnehmenden Unternehmen ermittelt werden. Alle weiteren Green IT-Kennzahlen kommen nur in weniger als sechs Prozent der Unternehmen zum Einsatz.

Abbildung 3 zeigt den Praxiseinsatz von Green IT-Kennzahlen im Bereich Büro-umgebung. In 68,09 % der teilnehmenden Unternehmen wird die Anzahl der Hardware beispielsweise die Anzahl an Druckern in einer Kennzahl erfasst und 21,28 % der Unternehmen halten die Anzahl erfolgreich abgeschlossener Green IT-Projekte in einer Kennzahl fest. Der Anteil an sensibilisierten Mitarbeitern hinsichtlich eines ressourcenschonenden Umgangs wird bei 20,21 % der Unternehmen in einer Kennzahl festgehalten. Im Gegensatz dazu, dass die Auslastung von Servern bei 56,38 % der Unternehmen erfasst wird, erheben nur 19,15 % der Unternehmen die Auslastung des IT-Equipments in der Büroumgebung. Dabei wird zu 83,33 % die Auslastung des Arbeitsspeichers, zu 77,78 % die Auslastung der CPU und zu 61,11 % die Auslastung des Storage erhoben.

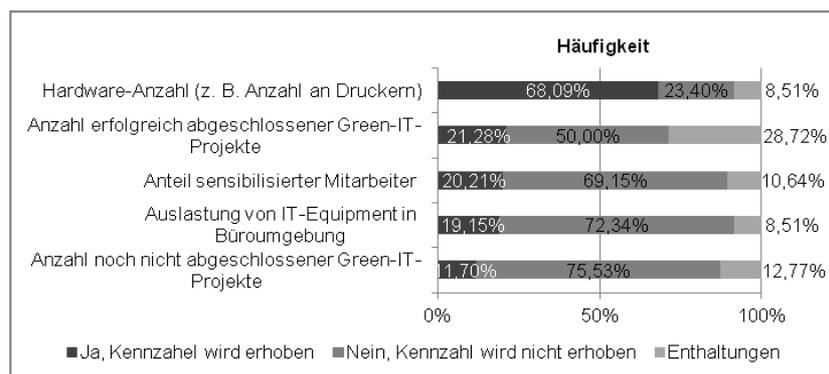


Abb. 4. Einsatz Green IT-Kennzahlen im Bereich Make (Büroumgebung)

**Kennzahlen im Bereich Deliver.** Zu Green IT-Kennzahlen im Bereich des IT-Vertriebs und der IT-Kommunikation (Deliver) wurde zunächst gefragt, ob diese im Nachhaltigkeitsbericht aufgeführt werden. Nur bei 14,9 % der Unternehmen war dies der Fall. Ein Anteil von 5,3 % der Unternehmen enthielt sich bei dieser Frage. Des Weiteren wurde evaluiert, ob Green IT-Kennzahlen für Marketingzwecke zum Einsatz kommen. Dies ist nur bei 12,8 % der Unternehmen der Fall, während die Mehrheit der Unternehmen in Höhe von 83,0 % keine Green IT-Kennzahlen für Marketingzwecke einsetzt. Ein Anteil von 4,2 % der Unternehmen enthielt sich bei dieser Frage. Sonstige Green IT-Kennzahlen, die sich dem Bereich Absatz zuordnen lassen, wurden nicht genannt.

Des Weiteren wurde evaluiert, ob die Unternehmen an Green IT-Benchmarks sowie Zertifizierungsangeboten teilnehmen. An Green IT-Benchmarks nehmen 11,7 % der befragten Unternehmen teil. Die Mehrheit (27,3 %) dieser Unternehmen

nimmt am GreenIT RZ-Benchmarking der GreenIT-BB teil, 18,2 % am Benchmark energieeffizientes RZ vom TÜV Rheinland und 36,4 % nehmen an sonstigen Benchmarks teil. Ein Green IT-Zertifikat besitzen 7,5 % der befragten Unternehmen. Davon sind 42,9 % der Unternehmen durch das Zertifikat „Energieeffizientes Rechenzentrum“ vom TÜV Rheinland ausgezeichnet. Unter sonstigen Zertifikaten wurde einmal die Zertifizierung durch die Deutsche Energie-Agentur, einmal die Auszeichnung durch einen Green IT Best Practice Award sowie einmal die Zertifizierung nach der Umweltmanagementnorm ISO 14001 genannt.

### 4.3 Hypothesen-Tests

**H1:** Diese Hypothese vermutet einen positiven Zusammenhang zwischen den Merkmalen Mitarbeiterzahl und der Anzahl der bereits umgesetzten Green IT-Maßnahmen. Da sowohl die Evaluierung der Anzahl der Mitarbeiter als auch die Anzahl der bereits umgesetzten Green IT-Maßnahmen im Unternehmen auf Basis einer Ordinalskala erhoben wurde und die Anzahl der Mitarbeiter der Unternehmen nicht annähernd normalverteilt ist, erfolgte der Test dieser Hypothese durch die sogenannte Rangkorrelation auf Basis der Spearman-Korrelation [12].

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse von H1 ist in Tabelle 6 abgebildet und der Korrelationskoeffizient  $r$  in Höhe von 0,536 belegt, dass ein positiver Zusammenhang mittlerer Stärke zwischen den beiden Variablen besteht, welcher zudem hochsignifikant ist (Signifikanzwert  $p < 0,05$ ).

**Tabelle 6.** Korrelation - Anzahl Mitarbeiter und Anzahl Green IT-Maßnahmen

			Anzahl Mitarbeiter	Anzahl Green-IT-Maßnahmen
Spearman-Rho	Anzahl Mitarbeiter	Korrelationskoeffizient	1,000	0,536**
		Sig. (2-seitig)		0,000
		N	91	91
	Anzahl Green IT-Maßnahmen	Korrelationskoeffizient	0,536**	1,000
		Sig. (2-seitig)	0,000	
		N	91	91

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Obwohl der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Mitarbeiter eines Unternehmens und der Anzahl der bereits durchgeführten Green IT-Maßnahmen nicht sehr stark ist, kann die Hypothese H1 durch diese statistische Analyse unterstützt werden. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass die Anzahl der bereits durchgeführten Green-IT-Maßnahmen kein alleiniger Indikator für das Green IT-Bestreben von Unternehmen ist.

**H2:** Zum Test von H2 wurde überprüft, ob die Nullhypothese  $H_{2(0)}$  (Unternehmen, die ein eigenes RZ betreiben, erheben **nicht** mehr Green-IT-Kennzahlen als Unternehmen, die kein eigenes RZ betreiben) abgelehnt werden kann. Dazu wurde der T-Test für unabhängige Stichproben angewandt.

**Tabelle 7.** T-Test - Anzahl Green IT-Kennzahlen bei Unternehmen mit und ohne RZ

Anzahl-Green-IT-Kennzahlen	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit				
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
Varianzen sind gleich	1,389	0,242	2,400	90	0,018	2,683	1,118
Varianzen sind nicht gleich			3,128	24,479	0,005	2,683	0,858

Die Ergebnisse des Hypothesen-Tests sind in Tabelle 7 dargestellt, welche aus den beiden Zeilen „Varianzen sind gleich“ und „Varianzen sind nicht gleich“ besteht. Der Levene-Test gibt zunächst darüber Auskunft, ob sich die Varianz der beiden Gruppen unterscheidet, während der T-Test eine Aussage darüber liefert, ob die Mittelwerte der beiden betrachteten Gruppen signifikant voneinander abweichen. Der Levene-Test ist nicht signifikant, es wird also der Bereich „Varianzen sind gleich“ für den T-Test verwendet. Dieser ist auf mit 0,018 dem Niveau  $p < 0,05$  signifikant, so dass  $H_{2(0)}$  abgelehnt und kann  $H_2$  angenommen werden kann.

**H3:** Diese Hypothese vermutet einen positiven Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Green IT-Expertise der Unternehmen sowie der Anzahl der Green IT-Kennzahlen, die ein Unternehmen erhebt. Analog zum Test von  $H_1$  wurde für die statistische Analyse die sogenannte Rangkorrelation auf Basis der Spearman-Korrelation durchgeführt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse von  $H_3$  ist in Tabelle 8 abgebildet und der Korrelationskoeffizient in Höhe von 0,465 zeigt, dass ein positiver Zusammenhang von mittlerer Stärke zwischen den beiden Variablen besteht und mit  $p < 0,05$  zudem hochsignifikant ist.

**Tabelle 8.** Korrelation - Green-IT-Expertise und Green IT-Kennzahlen

			Selbsteinschätzung der Green-IT-Expertise	Anzahl der Herausforderungen bzgl. Green-IT-Kennzahlen
Spearman-Rho	Selbsteinschätzung der Green-IT-Expertise	Korrelationskoeffizient	1,000	0,146
		Sig. (2-seitig)		0,258
		N	62	62
	Anzahl der Herausforderungen bzgl. Green-IT-Kennzahlen	Korrelationskoeffizient	0,146	1,000
		Sig. (2-seitig)	0,258	
		N	62	62

Durch das Ergebnis der Korrelationsanalyse wird Hypothese  $H_3$  unterstützt, sodass sich die Vermutung über einen positiven Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Green-IT-Expertise eines Unternehmens und der Anzahl der Green-IT-Kennzahlen die ein Unternehmen erhebt, gestärkt wird.

**H4:** Diese Hypothese vermutet einen negativen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Green IT-Expertise der Unternehmen sowie der Anzahl der Herausforderungen bzgl. Green IT-Kennzahlen, die ein Unternehmen sieht. Analog zum Test von  $H_1$  und  $H_3$  wurde für die statistische Analyse die sogenannte Rangkorrelation auf Basis der Spearman-Korrelation durchgeführt. Der vermutete Zusammenhang lässt sich durch statistische Auswertung der gegebenen Antworten nicht unter-

stützen, da der errechnete Korrelationskoeffizient  $r = 0,146$  einen sehr schwachen positiven Zusammenhang deutet, welcher nicht signifikant ( $p = 0,258$ ) ist.

Zusammenfassend werden die Hypothesen 1 - 3 durch die Stichprobe gestützt, Hypothese 4 kann abgelehnt werden.

## **5 Fazit und Ausblick**

Es kann mit einigen Einschränkungen postuliert werden, dass eine kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen in Unternehmen auf breiter Basis stattfindet. Es gibt dabei eine große Anzahl möglicher Kenngrößen, die sich durch das Modell der Integrierten Informationsmanagements systematisieren lassen, wodurch Forschungsfrage 1 beantwortet wird. Zu beachten ist aber, dass Kennzahlen im Bereich Make am weitesten verbreitet sind. Die Beantwortung der Forschungsfrage 2 ist differenziert zu führen. Die Unternehmen kennen und messen grundsätzlich fast alle genannten Kennzahlen, wobei einzelne Kennzahlen nur selten erfasst und andere, wie der PUE sehr verbreitet sind. Kennzahlen aus dem Bereich Make dominieren auch in der Praxis. Unternehmen mit mehr Mitarbeitern, eigenem Rechenzentrum oder höherer Green IT-Expertise setzen mehr Green IT-Maßnahmen um und messen diese mit Kennzahlen. Diese Beobachtung beantwortet die Forschungsfrage 3.

Bei den genannten Ergebnissen sind einige Einschränkungen zu beachten. Die Datenbasis besteht ausschließlich aus Unternehmen mit Hauptgeschäftssitz in Deutschland. Somit ist die internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht unbedingt gegeben. Ferner fehlen für einen Gesamtüberblick Behörden und Nichtregierungsorganisationen als weitere Entitäten in der Stichprobe. Außerdem basieren die Kennzahlen im Bereich Deliver nur auf Zertifizierungsmöglichkeiten. Für eine gesteuerte Erfolgsmessung in Vertrieb und Kommunikation müssen Konzepte aus dem klassischen Marketing wie der Werbewirkungsforschung für Green IT adaptiert werden und daraus entsprechende Kennzahlen abgeleitet werden.

Dieser Beitrag enthält einige Implikationen für Forschung und Praxis. Es konnte gezeigt werden, dass es im Bereich Make sowohl im Rechenzentrum als auch in der Büroumgebung fortgeschrittene Konzepte zur Erfolgsmessung gibt. Es müssen in erster Linie in den Bereichen „Source“ und Deliver Steuerungsinstrumente für den Erfolg von Green IT entwickelt werden. Für die Praxis bleibt festzustellen, dass Green IT-Kennzahlen ein Instrument zur Erfolgsmessung z. B. im Nachhaltigkeitscontrolling darstellen können.

Für die weitere Forschungsarbeit gilt es herauszufinden, ob die Messung des Erfolgs von Green IT-Maßnahmen mit Hilfe geeigneter Kennzahlen Auswirkungen auf die Unternehmensperformance haben und in welchem Umfang dieses nachgewiesen werden kann.

## Literatur

1. Atteslander, P.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 13. Auflage, Schmidt, Berlin (2010)
2. Bachour, N., Chasteen, L.: Optimizing the Value of Green IT Projects within Organizations. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (ed.), Proceedings of 2<sup>nd</sup> Green Technologies Conference, Grapevine, Texas, pp. 1-10 (2010)
3. BearingPoint: CIO Snapshot 2009, <http://www.bearingpointconsulting.com/SID-53D596F1-46B5DFD0/de-de/download/CIO.pdf>
4. Belady, C., Rawson, A., Pflueger, J., Cader, T.: Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics PUE and DCIE. The Green Grid, Beaverton (2008)
5. Buchta, D., Eul, M., Schulte-Croonenberg, H.: Strategisches IT-Management – Wert steigern, Leistung steuern, Kosten senken. 3. Auflage, Gabler, Wiesbaden (2009)
6. Destatis (o. V.): Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige. Ausgabe 2008, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2008)
7. Diekmann, A.: Empirische Sozialforschung – Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 16. Auflage, Rowohlt, Reinbek (2006)
8. Dumitru, J., Fagarasan, I., Iliescu, S., Hady Said, Y., Ploix, S.: Increasing Energy Efficiency in Data Centers using Energy Management. In IEEE/ACM (ed.), International Conference on Green Computing and Communications, Chengdu, Sichuan, China, pp. 159-165 (2011)
9. Elliot, S.: Transdisciplinary Perspectives on Environmental Sustainability - A Resource Base and Framework for IT-Enabled Business Transformation. MIS Quarterly 35 (1), 197-236 (2011)
10. Experton Group (o. V.): Green IT – DEKRA Certification zertifiziert Green IT, <http://www.experton-group.de/press/releases/pressrelease/article/green-it-dekra-certification-zertifiziert-green-it.html>
11. Fettke, P.: State-of-the-Art des State-of-the-Art - Eine Untersuchung der Forschungsmethode „Review“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik. Wirtschaftsinformatik 04, 257–266 (2006)
12. Field, A.: Discovering Statistics Using SPSS. 3<sup>rd</sup> ed., Sage Publications, Los Angeles (2009)
13. GreenIT BB (o. V.): RZ-Benchmarking – Ressourcen- und Energieeffizienz erkennen – Von Best Practice profitieren – Optimierungspotenziale identifizieren. GreenIT BB (eds.), Berlin (2010)
14. Haas, J., Monroe, M., Pflueger, J., Ouchet, J., Snelling, P., Rawson, A., Rawson, F.: Proxy Proposals for measuring Data Center Productivity. The Green Grid (ed.), Beaverton, 2009
15. Harmon, R., Auseklis, N.: Sustainable IT Services: Assessing the Impact of Green Computing Practices. In: Proceedings of the PICMENT 2009, pp. 1707-1717. IEEE (2009)
16. Hochstein, A., Brenner, W., Uebernickel, F.: Operations Management and IS: Using the SCOR-Model to Source, Make, and Deliver IS Services. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2006), Acapulco, Mexico (2006)
17. Huttenloher, R., Zertifizierung von Rechenzentren – Energieeffizienz darf keine Momentaufnahme sein – Zertifizierungsaufwand rentiert sich schon binnen eines Jahres. Rechenzentren und Infrastruktur 1, 10-12 (2009)

18. Köhn, M.: Ein neuer Blauer Engel ist geboren – das Umweltzeichen „Energiebewusster Rechenzentrumsbetrieb“ (RAL-ZU 161). In: greenletter – Informationen zur Green-IT-Initiative des Bundes Ausgabe 3, 5-6 (2012)
19. Loos, P.: Green IT: Ein Thema für die Wirtschaftsinformatik?. *Wirtschaftsinformatik* 53 (4), 239-247 (2011)
20. Molla, A.: The Reach And Richness Of Green IT: A Principal Component Analysis. In: *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Australasian Conference on Information Systems*, Melbourne, Australia, pp. 754-764 (2009)
21. Patterson, M., Tschudi, B., Vangeet, O., Cooley, J., Azevedo, D.: ERE: A Metric for Measuring the Benefit of Reuse Energy from a Data Center. *The Green Grid*, Beaverton (2010)
22. Patterson, D.A., Hennessy, J.L.: *Computer Organization and Design - The Hardware/Software Interface*. 4<sup>th</sup> ed., Morgan Kaufmann Publishers, Waltham (2011)
23. Pichler, M.: *Nachhaltige IT im Rechenzentrum – Entwicklung und Darstellung eines Modells zur Messbarkeit von Effizienz im Rechenzentrum*. Diplomica, Hamburg (2009)
24. Stanley, J.R., Brill, K.G.: *Four Metrics Define Data Center “Greenness”: Enabling users to quantify energy consumption initiatives for environmental sustainability and “bottom line” profitability*. Uptime Institute (ed.), Santa Fe (2007)
25. The Green Grid (o. V.), *Green Grid Metrics: Describing Datacenter Power Efficiency – Technical Committee*. White Paper, The Green Grid (eds.), Beaverton (2007)
26. T-Systems (o. V), *White Paper – Nachhaltigkeit und ICT – Der Weg zum Grünen Business*. T-Systems (eds.), Frankfurt am Main (2011)
27. Watson, R.T., Boudreau, M.C., Chen, A.J.: *Information Systems and Environmentally Sustainable Development: Energy Informatics and New Directions for the IS Community*. *MIS Quarterly* 34 (1), 22-38 (2010)
28. Wilkens, M.: *Data Center Benchmarking und Blauer Engel für Rechenzentren*. Technische Universität Berlin - Fakultät für Wirtschaft und Management (eds.), Berlin (2011)
29. Zarnekow, R., Brenner, W., Pilgram, U.: *Integriertes Informationsmanagement: Strategien und Lösungen für das Management von IT-Dienstleistungen*. Springer, Berlin (2005)
30. Zarnekow, R., Kolbe, L.M., Ere, K., Schmidt, N.-H.: *Studie: Nachhaltigkeit und Green IT in IT-Organisationen – Status quo und Handlungsempfehlungen*. In: Zarnekow, R.: *Research Papers in Information Systems Management*. Band 1, Berlin (2010)