



**Geschäftsprozessorientiertes Management Cockpit
für die Energieeffizienz der IKT von Organisationen
(GreenIT Cockpit)**

**Abschlussbericht des Teilvorhabens der TU Berlin
Forschungspartner, Geschäftsprozessmodellierungen,
GreenIT Kennzahlen, Benchmarking, Konzeption GreenIT Cockpit
29.09.2014**

Das Projekt wurde durch das



im Rahmen des IT2green Programms gefördert.



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Rüdiger Zarnekow (Teilprojektleitung TU-Berlin): ruediger.zarnekow@tu-berlin.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1 Überblick.....	1
1.1 Ziel des Teilvorhabens	1
1.2 Verwertung und Zusammenfassung der Projektergebnisse.....	6
1.2.1 Tabellarische Übersicht	6
1.2.2 Gesamte Liste der Publikationen.....	13
1.2.3 Gesamte Liste der Konferenzen.....	15
1.3 Stand der Wissenschaft und Technik	16
2 Ergebnisbericht	24
2.1 Geschäftsprozessanalyse und -modellierung.....	24
2.1.1 Geschäftsprozessmodellierung – Kriterien und Methoden der Prozessmodellierung für ein Management-Cockpit.....	24
2.2 IKT-Ressourcenmodellierung.....	53
2.2.1 IKT-Ressourcenmodellierung – Kriterien und Umsetzung der Ressourcenmodellierung für ein Management-Cockpit	53
2.3 Energiemonitoring von IKT-Systemen	65
2.3.1 Energiemonitoring von IKT-Systemen – State-of-the-Art von Energiemonitoringsystemen	65
2.3.2 Energiemonitoring von IKT-Systemen – Kennzahlen.....	84
2.3.3 Energiemonitoring von IKT-Systemen – Periphere Energiebedarfe.....	122
2.4 IKT-Performance Measurement Systeme	145
2.4.1 IKT-Performance Measurement Systeme – State-of-the-Art.....	145
2.5 Entwicklung und Erprobung des KPI-Frameworks	232
2.5.1 Entwicklung eines GreenIT KPI-Frameworks	232
2.5.2 KPI-Auswertungstabelle.....	238
2.5.3 Erprobung und Anwendung der KPIs.....	240

1 Überblick

1.1 Ziel des Teilvorhabens

Ausgangslage und übergeordnete Zielsetzung

Ziel des Teilprojekts der Technischen Universität Berlin (TU Berlin) ist die Erforschung eines organisationsweiten, geschäftsprozessorientierten Management Cockpits (MC) für die Energieeffizienz von IKT – ein GreenIT Cockpit. Basierend auf einem System von Key Performance Indikatoren (KPIs) und einem Performance Measurement System werden die Grundlagen für Operational Business Intelligence (BI) im Zusammenhang mit GreenIT gelegt. Damit fügt sich das Projekt in die Konzeption der BI zur entscheidungsorientierten Sammlung, Aufbereitung und Darstellung geschäftsrelevanter Informationen ein.

Das zu entwickelnde MC soll es ermöglichen, Organisationen Informationen zur Energieeffizienz der IKT aus verschiedenen Systemen (Rechenzentrum, Netzinfrastruktur und Peripherie wie Thin Clients bzw. Desktops, Drucker, Scanner usw.) bereichs- und geschäftsprozessorientiert zusammenzutragen und diese in einfacher, aggregierter und leicht interpretierbarer Form zur strategischen Planung und Verbesserung der IKT-bedingten Energieeffizienz der Organisation aufzubereiten. Die Visualisierung dieser Informationen durch das Cockpit erfolgt beispielsweise in Form von Ampeln, Skalen oder Tachometern, um gezielt Verbesserungs- und Optimierungspotenziale sichtbar zu machen.

Zur Sicherstellung der bestmöglichen Übertragbarkeit der Ergebnisse werden KPIs und Benchmarks zu Energieeffizienz der IKT in Prozess- und Wertschöpfungsketten in Großunternehmen, KMUs und Verwaltung Gegenstand der Untersuchung sein. Damit werden auf aktuelle Metriken und Ansätze im Rahmen einer GreenIT aufgesetzt und diese gezielt weiterentwickelt.

Die Alleinstellungsmerkmale des Projektes sind in folgenden Punkten zu sehen:

- in einem umfassenden integrativen Ansatz sowohl die Wirtschaft und Wissenschaft als auch die Verwaltung (Umweltbundesamt als die federführende Behörde in Deutschland) einzubinden und anzusprechen,
- sowohl Großunternehmen (Axel Springer SE) als auch KMU (TimeKontor) zu adressieren, um damit eine weitreichende Generalisierbarkeit der Projektergebnisse zu erreichen,
- die Forschung zu GreenIT, Energieeffizienz, Prozessmodellierung und dem IKT-Management einzubinden und auszubauen (TU Berlin),
- die Gewährleistung einer ganzheitlichen Betrachtung von Energieeffizienz durch KPIs und deren Abhängigkeit von den Geschäftsprozessen.

Aufgrund der Tatsache, dass bei der Entwicklung des GreenIT Cockpits sowohl die Geschäftsprozesse großer Unternehmen als auch von Verwaltungen sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen betrachtet werden, wird von einer großen Übertragbarkeit der Ergebnisse ausgegangen.

Nach einer Erhebung des Business Application Research Centers (BARC) hatte der Markt für BI-Lösungen 2008 ein Volumen von 754 Mio. Euro, wobei sich insbesondere die Anbieterseite dieses Marktes sehr heterogen darstellt. Keiner der großen Anbieter kann mehr als 20% des Marktes für sich beanspruchen. Außerdem war zu beobachten, dass dieser Markt dynamisch wächst. Davon ausgehend wird allein für Deutschland von einem

erheblichen Markt- und Anwendungspotenzial sowie von einer besonderen Breitenwirksamkeit ausgegangen [Fichter, 2007]. Mit diesem integrierten Ansatz können daher die Potenziale aus mehreren bedeutenden Bereichen der Wertschöpfungskette im Sinne einer „grünen IKT“ erforscht, abgestimmt, zusammengeführt und nutzbar gemacht werden.

Lösungsansatz

Das GreenIT Cockpit bildet mit seinem integrativen Ansatz und der Orientierung an konkreten Geschäftsprozessen in Großunternehmen, KMUs und Verwaltungen die verschiedenen Ebenen (Endgeräte, Server und Rechenzentren sowie Netzwerken) und Anwendungsbereiche (mit Ausnahme von Wohnen) des F&E Förderkonzepts von IT2green ab. Ebenso wird ein Beitrag zur Erreichung folgender Zielfelder von IT2green geleistet:

- Entwicklung von Methoden und Tools zum Monitoring, Modellierung und Optimierung der Energieeffizienz von IKT-Systemen. Dabei orientierten sich die Arbeiten am State-of-the-Art der führenden Anbieter sowie an nationalen und internationalen Standards.
- Realisierung von Geschäftsmodellen und Diensten mit Hilfe des GreenIT Cockpits.
- Berücksichtigung von internationalen Standards bei der Entwicklung von KPIs bzw. Leistung eines Beitrags zu dessen Entwicklung und Verbreitung. Darüber hinaus besteht durch Rückkopplung der Ergebnisse die Möglichkeit das Nutzerverhalten positiv zu beeinflussen.
- Ermöglichung des Monitorings von integrierten Anwender-Infrastrukturen (End-to-End Anwendung).

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, wurde folgender Lösungsweg verfolgt: Ausgehend von den bestehenden Erfahrungen und Vorarbeiten zur Optimierung der Energieeffizienz in Rechenzentren, wird die Betrachtung der Energieeffizienz anhand von Geschäftsprozessen auf die gesamte IKT-Infrastruktur von Organisationen erweitert (s. Abbildung 1).

Nur durch diese ganzheitliche Perspektive wird es Entscheidungsträgern ermöglicht, den gesamten IKT-bedingten Energiebedarf (laut einer Untersuchung des BMI fallen ca. 50% des IKT-bedingten Energiebedarfs von Verwaltungen in Rechenzentren und die anderen 50% im restlichen IKT-System an) ihrer Organisation zu überwachen und zu optimieren. Dafür wird der wissenschaftliche State-of-the-Art in den Bereichen

- Modellierung von IKT-Systemen,
- Modellierung von Geschäftsprozessen,
- Energiemonitoring von IKT-Systemen sowie
- Performance-Monitoring von IKT-Systemen

aufgearbeitet und weiterentwickelt. Zur Orientierung an realen Prozess- und Wertschöpfungsketten wird das entwickelte KPI-Framework anhand konkreter Geschäftsprozesse bei den Projektpartnern Axel Springer, Umweltbundesamt und TimeKontor erprobt. Im finalen Schritt wird das erprobte Framework in ein GreenIT Cockpit eingebettet. Schließlich wird das Cockpit im Rahmen einer Pilotierung umfassend getestet. In diesem Zusammenhang werden konkrete Energiebedarfe ermittelt und die energieeffizienzbezogenen KPIs analysiert.

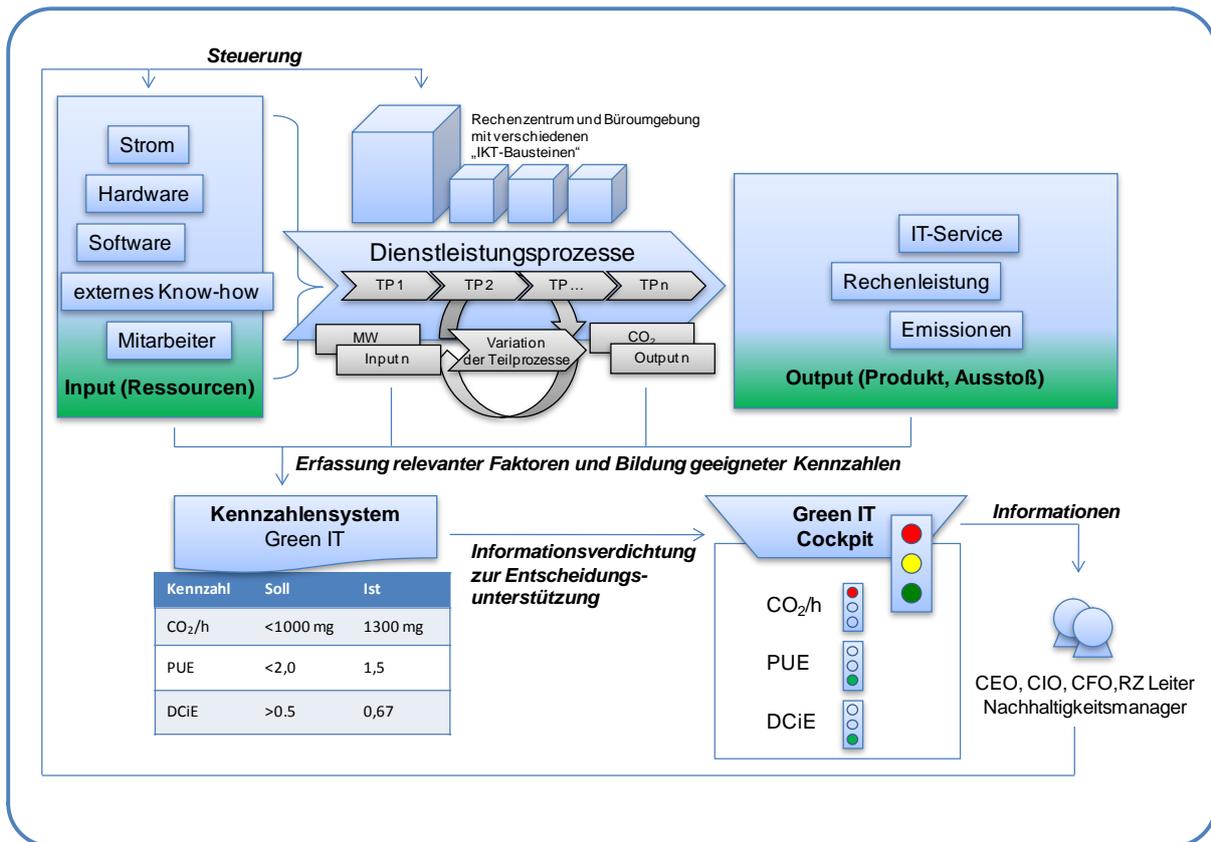


Abbildung 1: Konzeptrahmen des GreenIT Cockpit

Aufgabenschwerpunkte der TU Berlin

Die Forschungseinrichtung TU Berlin ist insgesamt mit zwei Fachgebieten (Fachgebiete IKM und EVUR) beteiligt und erbringt in enger Zusammenarbeit mit den Praxispartnern die methodischen und konzeptionellen Arbeiten in den Bereichen der Modellentwicklung, (Geschäftsprozess-)Modellierung, Kennzahlenentwicklung (KPI-Framework), Konzeption des IKT-Performance-Measurement-Systems sowie die Mitwirkung bei der Konzeption und Entwicklung des Prototypen (GreenIT Cockpit) und bei der Evaluierung des Cockpits (Feldtests). Die TU Berlin begleitet darüber hinaus die Erprobung und Anpassung des Cockpits und ist für den Transfer der Forschungsergebnisse im Sinne einer Verallgemeinerung gewonnener Erkenntnisse sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis verantwortlich. Die wissenschaftliche Begleitung und Qualitätssicherung des Vorhabens übernimmt die Technische Universität Berlin (TU Berlin) mit Unterstützung der Georg-August-Universität Göttingen (UG) als Unterauftragnehmer.

Im Einzelnen lassen sich folgende Zielsetzungen und Aufgabenschwerpunkte für das Teilvorhaben der TU Berlin ableiten:

- (1) Als Forschungspartner die wissenschaftliche Begleitung und Absicherung des Projekts (Aufbereitung der wissenschaftlichen Grundlagen, Literaturrecherchen, Bestimmung des State-of-the-Art, Erstellung von Anforderungskatalogen etc.) sicherstellen.
- (2) Modellierung von IKT-Topologien

Die IKT-Infrastrukturen in Organisationen sind oft generisch gewachsen und schlecht dokumentiert. Zudem sind derzeitige Dokumentationen aus Sicht der Administration und nicht im Hinblick auf den Energiebedarf erfolgt. Es erfolgen zunächst die Auswahl einer

geeigneten Modellierungssprache und schließlich die Modellierung der bei den Verbundpartnern verwendeten IKT-Systeme, die die Grundlage für die Erhebung der Energiebedarfe bildet.

(3) Modellierung von relevanten Geschäftsprozessen und deren Abhängigkeiten

Es werden ausgewählte Geschäftsprozesse bei den Verbundpartnern analysiert und modelliert, um basierend hierauf das Energiemonitoring durchführen und geschäftsprozessorientierte KPIs definieren zu können. Zur Sicherstellung der Übertragbarkeit auf anderen Unternehmen, Branchen und Behörden, werden Geschäftsprozesse aus unterschiedlichen (Geschäfts-)Bereichen ausgewählt und modelliert. Dadurch kann auch die Anwendbarkeit der zugrunde liegenden Methoden zur Energieerfassung auf verschiedene Arten von Geschäftsprozessen erprobt und umgesetzt werden.

(4) Energiemonitoring

Ziel ist die Erstellung und Umsetzung eines Konzepts für das Energiemonitoring der IKT in Echtzeit bei den Verbundpartnern. Dafür werden Metriken auf Basis der IKT-Performance entwickelt, die über die Aussagen bisheriger (RZ-)Kennwerte hinausgehen und weitere Bereiche (z. B. die Büroumgebung) in die Untersuchung einschließen. Dabei soll der Energieverbrauch der gesamten IKT-Systeme in der Organisation betrachtet werden – neben dem Energieverbrauch im Rechenzentrum also auch die Clientsysteme, Ein- und Ausgabe-Geräte und die Übertragungswege. Dafür ist es notwendig, analog zur Analyse von Rechenzentren alle energierelevanten Prozesse zu betrachten, um damit eine ganzheitliche Energie-bezogene Optimierung zu gewährleisten. Es existieren bereits verschiedene Energiemonitoring-Systeme, die Daten für einzelne Komponenten bereitstellen. In einer umfangreichen Recherche ist zu überprüfen, inwiefern Systemlösungen verfügbar sind, die einfach an die lokalen Erfordernisse angepasst werden können. Basierend auf einem bestehenden Messmodell werden anschließend die IKT-Systeme bei den Verbundpartnern untersucht. Es soll geprüft werden, ob und welche Schnittstellen zu Energiemonitoring-Systemen genutzt werden können und welche Eigenentwicklungen für die Datenerhebung nötig sind. Darüber hinaus werden die gewonnenen Erkenntnisse verallgemeinert, um sie auch auf andere Unternehmen anwenden zu können.

(5) Erfassung der IKT-Performance der IT-Systeme

IKT-Performance-Daten werden z. T. bereits über Betriebssystem-Schnittstellen verfügbar gemacht und entsprechende Monitoring-Werkzeuge werden in Rechenzentren und größeren IKT-Infrastrukturen eingesetzt. Für kleinere IKT-Systeme sowie für Peripheriegeräte, Netzwerkkomponenten, Speicher oder Clients ist die Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge zu untersuchen. Die Performance-Daten sind unter den Gesichtspunkten der Normierung (Vergleichbarkeit) und Generalisierung und der Möglichkeit der Zuordnung zu Geschäftsprozessen zu spezifizieren. Ziel ist es, den Stand der Technik und Forschung im Bereich der IKT-Performance-Measurement-Systeme herauszuarbeiten und aktuelle Kennzahlen zur Messung der Energieperformance zu erfassen, um daraus weitere Energiekennzahlen zu entwickeln und ein ganzheitliches Datenerhebungssystem zu konzipieren. Die Verbundpartner werden bei der Erhebung konkreter Werte beratend unterstützt.

(6) Entwicklung und Erprobung des KPI-Frameworks für GreenIT

Ein weiteres Ziel des Teilvorhabens ist es, ein organisationsweites und auf Unternehmenszielen und Erfolgsfaktoren ausgerichtetes Framework aus Kennzahlen (KPIs) zu entwickeln, das über herkömmliche Parameter hinaus nicht nur Resultate, sondern auch

Geschäftsprozesse abbildet. Zu diesem Zweck werden die ausgewählten und modellierten Geschäftsprozesse in den Organisationen analysiert und ausgewertet. Neben den konkreten Abläufen werden die von den Geschäftsprozessen verwendeten IKT-Systeme gemessen. Aus diesen Ergebnissen erfolgt die Modellbildung der geschäftsorientierten Energieeffizienz.

(7) Publikation der Forschungsergebnisse

Die TU Berlin stellt sicher, dass die im Projekt untersuchten und entwickelten Methoden, Modelle und Ansätze wissenschaftlich-fundiert und anwendungsorientiert erfolgen. Weiterhin werden die Projektergebnisse einer breiten Interessensgruppe zugänglich gemacht und die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Ergebnisse in der Praxis und der Forschung geschaffen. Im Vordergrund stehen die Absicherung der Ergebnisse und der Know-how-Transfer.

Wissenschaftliche und technische Zielsetzung

Die Forschungsinstitute leisten insbesondere die wissenschaftlichen Vorarbeiten für das zu entwickelnde GreenIT Cockpit. Sie definieren u. a. die Anforderungen für das Tool, identifizieren die relevanten Einflussgrößen und entwickeln die hierfür notwendigen Konzepte und Modelle (KPI-Framework, Geschäftsprozessmodelle, etc.). Die geplanten Forschungsarbeiten sollen insbesondere darüber Aufschluss geben, inwieweit kritische Faktoren vorhanden sind, welche Datenquellen zur Sammlung und Aufbereitung der Informationen zu berücksichtigen sind und wie diese visuell und verdichtet dargestellt werden können.

Darüber hinaus sind die Forschungsinstitute bei der Entwicklung, der prototypischen Umsetzung und Erprobung bei den Projektpartnern Axel Springer, Umweltbundesamt und TimeKontor vertreten. Technisch gesehen soll in der geplanten Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen mit den Praxispartnern die Umsetzung des GreenIT Cockpits als innovative Lösung zur (geschäftsprozessorientierten) Messung der IKT-Energieeffizienz in Organisationen vorbereitet werden. Ziel ist die Konzeption eines Management Cockpits, das auf der Grundlage einer verbesserten Transparenz hinsichtlich der Energieverbräuche der IKT-Systeme dazu befähigt, sich ändernde Situationen wahrzunehmen und darauf schnell, adäquat und effizient zu reagieren.

Die Funktionalitäten des Cockpits zeigen sich insbesondere in der Fähigkeit zu erkennen, ob IT-Systeme als ineffizient im Leistungserstellungsprozess einzustufen sind, um dadurch eine Entscheidungsgrundlage für entsprechende Steuerungsmaßnahmen zu schaffen. Eine hierfür wesentliche Voraussetzung zur Realisierung der Potenziale des GreenIT Cockpits – und daher Untersuchungsgegenstand im Teilprojekt – ist die Etablierung von Standards insbesondere hinsichtlich der Kennzahlen bzw. Metriken. Hierbei setzen die Forschungsarbeiten auf vorhandenen Branchenstandards auf.

Das übergreifende strukturelle Ziel auf Ebene des Teilvorhabens besteht aus der Entwicklung eines (Prozess-)Referenzmodells zur Strukturierung und Analyse der identifizierten Faktoren mit der höchsten Relevanz als Datengrundlage des GreenIT Cockpits. Die Forschungsinstitute werden sowohl die zugrunde liegende Methodik als auch die Prozessidentifikation und -modellierung für die zu gestaltende Prozesslandkarte als konzeptionelle Grundlage für die Erstellung eines integrierten GreenIT Cockpits erforschen. Diese Vorgehensweise ermöglicht die erstmalige Verknüpfung zwischen Kompetenzen zum nachhaltigen Informationsmanagement und zur Prozessmodellierung. Dabei erfolgt die Umsetzung des Teilvorhabens in enger inhaltlicher und organisatorischer Abstimmung mit den

Konsortialpartnern. Die Umsetzung der Ergebnisse der einzelnen Projektabschnitte und der Ziele des Teilvorhabens erfolgt einerseits direkt innerhalb des Projektes in den einzelnen Modulen, andererseits durch nachgelagerte Tätigkeiten in Wissenschaft und Praxis.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Teilvorhabens stellen somit die theoretisch-konzeptionelle und die empirische Grundlage für die erfolgreiche Entwicklung des GreenIT Cockpits. Auf der Grundlage von bestehenden Methoden und Kennzahlen zur Effizienzmessung und -optimierung werden von der TU Berlin hier insbesondere neue Ansätze entwickelt und erprobt, die als Grundlage für zukünftige Standards in der Bewertung von innovativen Systemansätzen und zukünftige energieeffiziente IKT-Anwendungen und Dienstleistungen in Wirtschaft und Verwaltung dienen sollen. Im Rahmen des Projekts werden insbesondere die Kompetenzen im Bereich der Entwicklung und Erprobung von IT-Performance-Measurement- und Kennzahlen-Systemen, der Modellierung von Geschäftsprozessen und des Energiemonitorings eingebracht und weiterentwickelt. Weiterhin wird die TU Berlin an der prototypischen Entwicklung und Umsetzung des Cockpits mitwirken.

1.2 Verwertung und Zusammenfassung der Projektergebnisse

1.2.1 Tabellarische Übersicht

Zeitraum	Geplante Projektergebnisse	Erzielte Projektergebnisse
09/2011 bis 12/2011	<ul style="list-style-type: none"> • etwa 3 Publikationen/ Konferenzbeiträge im Bereich des IT-Controllings/der GreenIT. <ul style="list-style-type: none"> ○ State-of-the-Art ○ Evaluation Modellierungssprache/ Softwarewerkzeug/ Sprachanpassung/ -erweiterung • Entwicklung/ Durchführung projektinterner und -externer Workshops • Präsentation des Projekts auf Fachtagungen • Auslandsaufenthalt des Teilprojektleiters in Australien, um neue Erkenntnisse mit Prof. Molla zu diskutieren und dem Projekt zugutekommen zu lassen. Verbindung des Aufenthalts mit einer Präsentation auf der PACIS-Konferenz zum Projekt. 	<p>Publikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opitz, N.; Ereğ, K.; Langkau, T. F.; Kolbe, L.; Zarnekow, R. (2012): „Kick-starting Green Business Process Management – Suitable Modeling Languages and Key Processes for Green Performance Measurement“, AMCIS 2012 Proceedings, Seattle, Washington, August 9-12. • Ereğ, K.; Löser, F.; Grimm, D. (2013): IKT-Performance Measurement-Systeme: State-of-the-Art (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 05) • Löser, F. (2013): „Green IT and Green IS: Definition of Constructs and Overview of Current Practices“, Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems, Chicago, Illinois, August 15-17.

		<p>Interne Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung eines Workshops am 1. Dezember 2012 zum Thema „Geschäftsprozessmodellierung und multiperspektivische Unternehmensmodellierung“ mit der Axel Springer AG sowie der TimeKontor AG. • Am 03 Februar 2012 wurde ein entsprechender Workshop beim Umweltbundesamt durchgeführt. • Beginn der Beratung zur Erfassung peripherer IKT-Energieverbräuche bei der Axel Springer AG. • Am 14.12.2011 fand bereits das zweite Konsortialtreffen in Anwesenheit der Begleitforschung statt. <p>Externe Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Oktober 2011 wurde auf der Tagung der Gesellschaft für Informatik ein Workshop unter dem Titel „Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement“ durchgeführt. <p>Projektpräsentationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im September 2011 wurde im Rahmen einer Besichtigung des DC 2020 (T-Systems München) das Forschungsprojekt vorgestellt. <p>Auslandsaufenthalt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auslandsaufenthalt am RMIT bei Prof. Molla ist im Juli 2011 erfolgt. • Präsentation des Forschungsbeitrages "Green IT Strategies" auf der PACIS 2011 in Brisbane, Australien. <p>Erweiterung des Lehrangebots der TU Berlin</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betreuung zahlreicher Bachelor- und Masterarbeiten aus dem Bereich
--	--	---

		Green IT
01/2012 bis 12/2012	<ul style="list-style-type: none"> • etwa 3 Publikationen/ Konferenzbeiträge, mögliche Themen <ul style="list-style-type: none"> ○ Konzeption KPI Framework ○ Konzeption des Cockpits ○ Performance-Measurement-Systeme ○ Methodische Vervollständigung der zuvor entwickelten Konzepte • Platzierung von GreenIT Tracks auf wissenschaftlichen Konferenzen • Entwicklung/Durchführung von Workshops für Teilnehmer aus Wissenschaft und Praxis • Zwischenbericht zum Projektstand 	<p>Green IT</p> <p>Publikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grimm, D.; Löser, F.; Ereğ, K.; Zarnekow, R.: „Evaluation von Performance Measurement Systemen zur Konzeption eines geschäftsprozessorientierten Management-Cockpits für IKT-Energieeffizienz“, Konferenz Informatik 2012, 16.-21. September Braunschweig. • Löser, F.; Grimm, D.; Ereğ, K.; Zarnekow, R.: "Information and Communication Technologies for Sustainable Manufacturing: Evaluating the Capabilities of ICT with a Sustainability Balanced Scorecard", Proceedings of the 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 01.-02. November, Istanbul. • Grimm, D.; Ereğ, K.; Wilkens, M.; Zarnekow, R.: "Towards a Production-related Carbon Footprint of ITServices (CFIS)", Fachtagung Electronic Goes Green 2012, 9.-12. September • Schödwell, B.; Drenkelfort, G.; Ereğ, K.; Zarnekow, Behrendt, F.: "Auf dem Weg zu einem ganzheitlichen, quantitativen Bewertungsansatz für Energiemonitoring-Systeme in Rechenzentren" (in Zusammenarbeit mit dem Projekt GGC-Lab), Konferenz Informatik 2012, 16.-21. September, Braunschweig. • Im Dezember 2012 wurde das Projekt an der Universität Oldenburg im Rahmen eines Gastvortrags vorgestellt <p>Interne Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Workshop zu Geschäftsprozessmodellierung beim UBA am 03.02.2012

		<ul style="list-style-type: none"> • Workshop mit JouleX beim UBA am 12.03.2012 • Workshop mit DeZem und Cisco bei der Axel Springer AG am 24.05.2012 • Workshop zur Erfassung des peripheren Energieverbrauchs, Haustechnik etc. bei der Axel Springer AG am 06.07.2012 • Workshop Energiemonitoring und Datenübertragung beim UBA am 17.08.2012 • Workshop „KPI-Entwicklung“ an der TU Berlin mit dem UBA und der TimeKontor AG am 22.11.2012 • Workshop „KPI-Entwicklung“ bei der Axel Springer AG am 12.12.2012 <p>Externe Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen des Workshops "Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement" bei der Informatik 2012 wurde das Thema Green IT sowie das GreenIT-Cockpit-Projekt einem breiten Publikum aus Wissenschaft und Praxis näher gebracht. <p>Wissenschaftliche Konferenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Oktober 2012 wurde auf der Tagung der Gesellschaft für Informatik der Konferenztrack „Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement“ organisiert. <p>Vorstellung der Arbeitsergebnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilnahme an der IT2Green-Fachgruppe „Messung der Energieeffizienz“ • 3. Verbundtreffen mit Projektträger und Begleitforschung bei der Axel Springer AG am 18.10.2012 • Auf der IT2Green Jahrestagung 2012 wurde das Projekt mit den entsprechenden
--	--	--

		<p>Zwischenergebnissen vorgestellt</p> <p>Erweiterung des Lehrangebots der TU Berlin</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzeption und Durchführung der neuen Lehrveranstaltung "Sustainable Information Systems Management" • Betreuung zahlreicher Bachelor- und Masterarbeiten aus dem Bereich Green IT
<p>01/2013 bis 09/2014</p>	<ul style="list-style-type: none"> • etwa 3 Publikationen/ Konferenzbeiträge • Entwicklung/Durchführung eines Workshops für Teilnehmer aus Wissenschaft und Praxis • Präsentation der Projektergebnisse auf Fachtagungen, Messen etc. • Projektabschlussbericht 	<p>Publikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opitz, N.; Ere, K.; Thies, F.; Kolbe, L.M.; Zarnekow, R.: „Kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen – Eine empirische Analyse zum aktuellen Stand in Forschung und Praxis“, 11. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik , 27.02. - 01.03.2013 Leipzig • Ere, K.; Löser, F.; Zarnekow, R.: „Nachhaltigkeit in IT-Organisationen - Ein Forschungsrahmen für das Nachhaltige Informationsmanagement“, 11. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik , 27.02. - 01.03.2013 Leipzig • Drenkelfort, G.; Pröhl, T., Ere K.; Behrendt, F. und Zarnekow, R.: „Energiemonitoring im IKT-Umfeld Standards und Trends“, 5. BUIS-Tage: IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement, 24.04.2013 Oldenburg. • Grimm, D.; Ere, K.; Zarnekow, R. (2013): Carbon Footprint of IT-Services – A comparative Study of Energy Consumption for Offline and Online Storage Usage. Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), 1-13, August 15-17. • Löser, F. (2013): Green IT and Green

		<p>IS - Definition of Constructs and Overview of Current Practices. Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2013), 1-13, August 15-17.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zarnekow, R.; Kolbe, L.M. (Hrsg): Green IT - Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien, Springer, 2013 • Grimm, D., Weiss, D., Ere, K., Zarnekow, R. (2014). Product Carbon Footprint and Life Cycle Assessment of ICT – Literature Review and State of the Art. Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 6-9. • Opitz, N., Krüp, H.; Kolbe, L. M. (2014). Green Business Process Management – A Definition and Research Framework, Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) <p>Interne Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Workshop bei der TimeKontor AG, u.a. Besprechung zur Umsetzung der Datenerhebung, Diskussion zu Ressourceneinsatzkennzahlen und Performancekennwerten am 30.01.2013 • Folgeworkshop Key Performance Indikatoren an der TU Berlin: Ergebnisdiskussion des ersten KPI-Workshops, Vorstellung des KPI-Frameworks, KPI-Auswahlentscheidung, Evaluierung der Performancedaten im Lastenheft am 04.04.2013 • Kurzworkshop bei der Axel Springer SE: Präsentation einiger Elemente des Cockpits, Diskussion der KPIs und Kennzahlen am 29.10.2013 • Vorstellung des KPI-Frameworks und einhergehende Berechenbarkeit der
--	--	---

		<p>Energiekennzahlen / Verbindung des Lastenhefts mit der KPI-Auswertungstabelle mit der Axel Springer SE, dem Umweltbundesamt und der TimeKontor AG am 03.12.2013</p> <p>Externe Workshops</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation und Durchführung des Workshops „Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement“ zur Pflege des Dialogs mit Experten aus Wissenschaft und Praxis, 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Informatik 2013, 16-20. September, Koblenz <p>Fachtagungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilnahme und Vorstellung der Projektergebnisse beim IT2Green Fachgruppentreffen am 14. Januar 2014 • Teilnahme am Abschlusskongress des Technologieprogramms „IT2Green – Energieeffiziente IKT für Mittelstand, Verwaltung und Wohnen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) am 08.05.2014 <p>Präsentation auf Messen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung des Projektes "GreenIT Cockpit" auf der CEBIT 2014 <p>Projektabschlussbericht</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigstellung des Abschlussberichtes zum Ende der Projektlaufzeit September 2014 <p>Erweiterung des Lehrangebots der TU Berlin</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Lehrveranstaltung "Sustainable Information Systems Management"
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • Betreuung zahlreicher Bachelor- und Masterarbeiten aus dem Bereich Green IT
--	--	---

1.2.2 Gesamte Liste der Publikationen

2014

Grimm, D., Schödwell, B., Ereğ, K., Zarnekow, R. (2014): „Conceptualizing the quantification of the Carbon Footprint of IT Services (CFIS)”, in: B. Funk et al. (eds.), Information Technology in Environmental Engineering, Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag.

[Download als pdf](#)

Grimm, D.; Weiss, D.; Ereğ, K.; Zarnekow, R. (2014): „Product Carbon Footprint and Life Cycle Assessment of ICT –Literature Review and State of the Art”, Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 875-884.

[Download als pdf](#)

Opitz, N., Krüp, H.; Kolbe, L. M. (2014): „Green Business Process Management – A Definition and Research Framework”, Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).

[Download als pdf](#)

2013

Drenkelfort, G.; Pröhl, T.; Ereğ, K. (2013): Energiemonitoring von IKT-Systemen: Kennzahlen (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 03).

[Download als pdf](#)

Drenkelfort, G.; Pröhl, T.; Ereğ, K. (2013): Energiemonitoring von IKT-Systemen: Periphere Energiebedarfe (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 04).

[Download als pdf](#)

Drenkelfort, G., Pröhl, T., Koray, E., Frank, B. and Zarnekow, R. (2013): „Energiemonitoring im IKT-Umfeld - Standards und Trends“, Proceedings 15. Tagung der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme (5. BUIS Tage), Oldenburg, 24. April 2013 - 26. April 2013.

[Download als pdf](#)

Ereğ, K.; Drenkelfort, G.; Pröhl, T. (2013): Energiemonitoring von IKT-Systemen: State-of-the-Art von Energiemonitoringsystemen (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 02).

[Download als pdf](#)

Ereğ, K.; Löser, F.; Grimm, D. (2013): IKT-Performance Measurement-Systeme: State-of-the-Art (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 05).

[Download als pdf](#)

Erek, K.; Löser, F.; Zarnekow, R.: „Nachhaltigkeit in IT-Organisationen - Ein Forschungsrahmen für das Nachhaltige Informationsmanagement“, 11. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, 27.02. - 01.03.2013, Leipzig.

[Download als pdf](#)

Erek, K.; Opitz, N.; Pröhl, T. (2013): „Geschäftsprozessmodellierung: Kriterien und Methoden der Prozessmodellierung für ein Management Cockpit“, (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 06).

[Download als pdf](#)

Grimm, D.; Erek, K.; Zarnekow, R. (2013): „Carbon Footprint of IT-Services – A comparative Study of Energy Consumption for Offline and Online Storage Usage“, Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), 1-13, August 15-17.

[Download als pdf](#)

Löser, F. (2013): „Green IT and Green IS: Definition of Constructs and Overview of Current Practices“, Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems, Chicago, Illinois, August 15-17.

[Download als pdf](#)

Löser, F.; Erek, K.; Zarnekow, R.; Limbach, F. (2013): „Shared Domain Knowledge in Strategic Green IS Alignment - An Analysis from the Knowledge-Based View“, Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 3515-3524.

[Download als pdf](#)

Möller, B.; Erek, K.; Löser, F.; Zarnekow, R. (2013): „How Sustainable is COBIT 5? Insights from Theoretical Analysis and Empirical Survey Data“, Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2013), 1-9.

[Download als pdf](#)

Opitz, O.; Thiess, F.; Erek, K.; Kolbe, L., Zarnekow, R. (2013): „Kennzahlenbasierte Erfolgsmessung von Green IT-Maßnahmen - Eine empirische Analyse zum aktuellen Stand in Forschung und Praxis“, 11. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2013), Leipzig.

[Download als pdf](#)

Opitz, N.; Pröhl, T.; Erek, K. (2013): „IKT-Ressourcenmodellierung: Kriterien und Umsetzung der Ressourcenmodellierung für ein Management-Cockpit“, (Projektbericht IKM der TU Berlin, Band 07).

[Download als pdf](#)

Schödwell, B.; Drenkelfort, G.; Pröhl, T.; Erek, K.; Zarnekow, R. (2013): „Smart Data Centers - intelligente Energieversorgung für Rechenzentren“, HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik.

[Download als pdf](#)

Zarnekow, R.; Kolbe, L.M. (Hrsg) (2013): „Green IT - Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien“, Springer.

[Download als pdf](#)

2012

Grimm, D.; Ere, K.; Wilkens, M.; Zarnekow, R. (2012): „Towards a Production-related Carbon Footprint of IT Services (CFIS)“, Fachtagung Electronic Goes Green 2012, 9.-12. September, Berlin.

[Download als pdf](#)

Grimm, D.; Löser, F.; Ere, K.; Zarnekow, R. (2012): „Evaluation von Performance Measurement Systemen zur Konzeption eines geschäftsprozessorientierten Management-Cockpits für IKT-Energieeffizienz“, Konferenz Informatik 2012, 16.-21. September Braunschweig.

[Download als pdf](#)

Löser, F., Ere, K. and Zarnekow, R. (2012): „Towards a Typology of Green IS Strategies: Insights from Case Study Research“, Proceedings of the 33rd International Conference on Information Systems (ICIS), Orlando, Florida.

[Download als pdf](#)

Löser, F.; Grimm, D.; Ere, K.; Zarnekow, R. (2012): „Information and Communication Technologies for Sustainable Manufacturing: Evaluating the Capabilities of ICT with a Sustainability Balanced Scorecard“, 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 01.-02. November, Istanbul.

[Download als pdf](#)

Opitz, N.; Ere, K.; Langkau, T. F.; Kolbe, L.; Zarnekow, R. (2012): „Kick-starting Green Business Process Management – Suitable Modeling Languages and Key Processes for Green Performance Measurement“, AMCIS 2012 Proceedings, Seattle, Washington, August 9-12.

[Download als pdf](#)

Schödwell, B.; Drenkelfort, G.; Ere, K.; Zarnekow, Behrendt, F. (2012): „Auf dem Weg zu einem ganzheitlichen, quantitativen Bewertungsansatz für Energiemonitoring-Systeme in Rechenzentren“, Konferenz Informatik 2012, 16.-21. September, Braunschweig.

[Download als pdf](#)

Schödwell, B.; Wilkens, M.; Ere, K.; Zarnekow, R. (2012): „Towards a Multi-Level Green Performance Indicator Framework to Improve Energy Efficiency of Data Center Operation – A Resource Usage-Based Approach“, Fachtagung Electronic Goes Green 2012.

[Download als pdf](#)

Wilkens, M.; Drenkelfort, G.; Dittmar, L. (2012): „Bewertung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen zur Beschreibung der Energieeffizienz von Rechenzentren“, in: IZE-Schriftenreihe, Band 3, ISBN 978-3-7983-2432-9, TU Berlin.

[Download als pdf](#)

1.2.3 Gesamte Liste der Konferenzen

- 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2014

- Organisation und Durchführung des Workshops „Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement“ zur Pflege des Dialogs mit Experten aus Wissenschaft und Praxis, 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Informatik 2013, 16-20. September, Koblenz
- 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2013
- 15. Tagung der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme (5. BUIS Tage), Oldenburg, 24. April 2013 - 26. April 2013
- 11. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2013), Leipzig, 27.02. - 01.03.2013
- 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Chicago, Illinois, August 15-17, 2013
- ICIS Milano, Teilnahme beim Workshop SIG Green, Italy, 15-18 Dezember 2013
- Organisation und Durchführung des Workshops „Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement“ zur Pflege des Dialogs mit Experten aus Wissenschaft und Praxis, 42. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Informatik 2012, 16-21. September, Braunschweig
- 18th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Seattle, Washington, August 9-12, 2012
- 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2012
- Fachtagung Electronic Goes Green, Berlin, 9.-12. September 2012
- Konferenz Informatik, Braunschweig, 16.-21. September, 2012
- 33rd International Conference on Information Systems (ICIS), Orlando, Florida, 2012
- 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Istanbul, 01.-02. November, 2012

1.3 Stand der Wissenschaft und Technik

Die unternehmenskritische Abhängigkeit fast aller Betriebsprozesse von IKT führt bei einer hohen Entwicklungsdynamik i. d. R. zu einer Ausrichtung der IT-Infrastruktur an zukünftigen Anforderungen und Spitzenbelastungen. Der dadurch verursachte Energiebedarf wächst permanent und stellt einen zunehmenden Kostenfaktor dar. Das IT-Management hat dabei selten einen Überblick über die Kostentreiber im Energieverbrauch und damit keine Entscheidungsgrundlage für Maßnahmen zur Kostensenkung. Es ist daher wichtig die IKT-Performance bzw. den (Wert-)Beitrag der IKT zur Wertschöpfung in Relation zum Energieverbrauch unter Berücksichtigung technischer und betrieblicher Anforderungen darzulegen und zu bewerten. Im Folgenden werden die aktuellen Forschungsarbeiten zu den im Projekt adressierten Themenschwerpunkten umrissen.

Wesentliches Ziel des Projekts ist die Bestimmung des geschäftsprozessbezogenen Energiebedarfs der IKT und ein geeignetes System von KPIs zur einfachen und übersichtlichen Darstellung des Gesamtenergieverbrauchs der IKT in einem Management Cockpit. Da viele Entscheider in Geschäftsprozessen denken, ist dies ein guter Ansatz, um ein Bewusstsein für Energieeffizienz bei denjenigen zu schaffen, die maßgeblich auf die IKT-Infrastruktur und somit ihren Energiebedarf Einfluss nehmen können. Weiterhin bieten Geschäftsprozesse die Möglichkeit, unternehmens- bzw. organisationsübergreifend Daten zu erheben. In den meisten Unternehmen herrscht ein organisationsgeprägtes Denken vor, so dass es schwierig ist über Organisationseinheiten hinaus Daten zu erheben [Krallmann / Schönherr, 2007].

Daher sollen mit Hilfe der Projektpartner entsprechende Geschäftsprozesse aus der Praxis erfasst werden und anhand dieser ein entsprechendes Framework entwickelt und getestet werden, wie und in welchem Rahmen eine solche Zuordnung zu Geschäftsprozessen möglich ist. Anschließend sollen die Daten geschäftsprozessorientiert in einem MC visualisiert werden, um Entscheidern den Energieverbrauch der Geschäftsprozesse einfach darzustellen.

Geschäftsprozessbezogene Performance-Measurement-Systeme (PMS) haben in den letzten zehn Jahren verstärkt an Bedeutung gewonnen. Für Unternehmen, die sich in ständig verändernden Märkten bewegen, wird es immer mehr zur erfolgskritischen Voraussetzung, PMS als Navigationshilfe einzusetzen. Hervorzuheben sind hierbei insbesondere die Konzepte um Six Sigma und Balanced Scorecard. Um ein PMS für IKT zu realisieren, müssen die elementaren Kennzahlen über die Prozesse und Wertschöpfungsketten an den strategischen Unternehmenszielen ausgerichtet und verdichtet werden. Im Standard ISO/IEC 15504 ist das Process Performance Management mit Bezug auf die Geschäftsprozesse definiert und wird im Projekt berücksichtigt.

Rechenzentren

Bis vor wenigen Jahren stand für die RZ die Steigerung der Leistungsfähigkeit zusammen mit der Verfügbarkeit der IKT-Services im Mittelpunkt der Forschung und Entwicklung. Infolge der aktuellen Diskussion um die Klimaproblematik und vor allem mit den steigenden Energiepreisen haben sich Forschung und Anwender in den letzten Jahren daher verstärkt mit der Optimierung der Energieeffizienz im Betrieb von RZ beschäftigt. Dabei stehen derzeit die Bemühungen zur Optimierung von einzelnen Komponenten oder Bereichen im RZ (z. B. energieeffiziente Server, Wirkungsgrad USV, drehzahlgeregelte Lüfter, Anhebung Serverraumtemperaturen) im Mittelpunkt. Es zeigt sich jedoch, dass die isolierte Betrachtung einzelner Verbraucher oder Bereiche eines RZ nicht ausreicht, um die teilweise beachtlichen Einsparpotenziale (bis zu 45%) innerhalb des komplexen Gesamtsystems RZ vollständig zu erschließen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen IKT-Branche langfristig zu sichern. Im RZ-Bereich werden auch heute nur selten komplette Systemlösungen für das gesamte RZ aus einer Hand angeboten. Bestehende Lösungen betrachten oft nur einen Teil der notwendigen Daten, wodurch die getroffenen Entscheidungen in Bezug auf das gesamte RZ häufig ungünstig sind.

Die nationale und internationale Forschung zu Kennwerten für eine Bewertung der Energieeffizienz im Bereich der Rechenzentren ist bisher stark industrie- und herstellergetrieben. Die isolierte Betrachtung einzelner RZ-Komponenten hat zu deutlichen Schwächen bei den bisherigen Metriken geführt. Beispielsweise werden die Wechselwirkungen zwischen den RZ-Komponenten bei den Potenzialen einzelner Effizienzmaßnahmen kaum oder gar nicht berücksichtigt. Der derzeitige Forschungsschwerpunkt liegt bei Rechenzentren auf der Virtualisierung bzw. der dynamischen Lastverteilung und auf der Entwicklung entsprechender Software dazu. Hier kann die TU Berlin bereits auf umfangreiche Erfahrungen und erste Messungen in der Zusammenarbeit mit T-Systems im DataCenter2020 mit verschiedenen Auslastungen der Einzelkomponenten zurückgreifen (s. AP 4.1). In der Forschung sind die gebäudetechnischen und thermodynamischen Untersuchungen und Analysen der TU Berlin zur Energieeffizienz für das Gesamtsystem RZ damit bisher einzigartig. Erste Ansätze zur ganzheitlichen Abbildung der Energieeffizienz von Rechenzentren wurden zudem im Rahmen des Innovationsclusters GreenIT BB mit der Entwicklung des GreenIT RZ-Benchmarkings von TimeKontor, der TU Berlin (IZE) und dem Umweltbundesamt geleistet.

Measurement-Systeme, IT-Controlling und Management Cockpit

Energiebezogene Parameter, wie bspw. Spannungen, Ströme, Leistung, Temperatur usw. stehen i. d. R. durch Sensoren der IKT-Hardware für ein IKT-Energiemonitoring zur Verfügung. Die Vielfalt und die Entwicklungsdynamik der Hardwarekomponenten ermöglichen jedoch nicht immer den Zugriff auf alle Sensoren, insbesondere bei PCs. Durchgängige Systemlösungen wie Blade Server ermöglichen einen höheren Standardisierungsgrad und sind stärker auf die Erfordernisse eines Energie- und Performance-Managements ausgerichtet. Bei einzelnen Systemen kann auf die Energieparameter sowohl durch spezielle Hardware-Monitoring-Werkzeuge als auch durch Remote Monitoring (RMON) bzw. durch Netzwerkmanagement-Werkzeuge zugegriffen werden.

Im Rahmen des Projekts umfasst Energiemonitoring auch die Erfassung der IKT-Energieversorgung und Wärmeabführung (Klimatisierung). Für die Datenerfassung werden Software-Werkzeuge des Facility Managements genutzt.

Performance-Daten, wie bspw. Auslastung, Kapazität, Datenrate werden i. d. R. auf Betriebssystemebene erfasst und für ein IKT-Performance-Monitoring verfügbar gemacht. Das Performance Management ist z. B. Bestandteil des ISO-FCAPS-Modells. Leistungsfähige Netzwerkmanagement-Werkzeuge, wie bspw. HP-OpenView oder IBM-Tivoli, können entsprechende Daten liefern. Protokolle, die der Übertragung von System- und Prozessparametern dienen, sind z. B. das Simple Network Management Protocol (SNMP), Windows Management Instrumentation (WMI), SAA und Netflow. IKT-Energie- und Performance-Monitoring werden auf der Werkzeugebene meist nicht getrennt.

Bei *Measurement-Systemen* zum IKT-Monitoring stellen Monitoring-Systeme zum Energieverbrauch der Einzelkomponenten in Rechenzentren, z. B. Umluftklimaschränke, den aktuellen Stand der Technik dar. Lösungen zum Gesamtmonitoring existieren derzeit nicht. Weiterhin existieren Lösungen zum Monitoring des Energieverbrauchs z. B. von Gebäuden oder einzelnen Arbeitsplätzen durch Smart Meter. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere für eine unternehmensübergreifende Darstellung.

Die funktionale Verantwortung des IT-Controllings liegt in der Bereitstellung transparenter Informationen, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden können. Das IT-Controlling hat Koordinations- und Unterstützungsfunktion in Bezug auf die Objekte Information und Kommunikation im Unternehmen und agiert funktions- und bereichsübergreifend. Als Konzepte zur Zielerreichung werden unter anderem Wirtschaftlichkeit, Wirksamkeit, Qualität, Funktionalität und Termineinhaltung von Information und Kommunikation und den damit verbundenen Techniken bzw. Systemen beurteilt [Sokolovsky, 1992; Lehner, 2000; Krcmar, 2005; Horváth, 2006].

Zur Beurteilung von Informationssystemen wurden sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis unterschiedliche Verfahren entwickelt [Delone / McLean, 1992; Reichwald et al., 1996; Lucas, 1999; Remenyi et al., 2007]. Grundlegend ist dabei zu unterscheiden zwischen Verfahren auf Basis von quantitativ bewertbaren Beurteilungskriterien – sogenannte Verfahren, denen ein „enges Wirtschaftlichkeitsverständnis“ zugrunde liegt – und Verfahren, die neben quantitativ bewertbaren Kriterien auch qualitative Fakten zu beurteilen versuchen. Letzterem liegt ein sogenanntes „erweitertes Wirtschaftlichkeitsverständnis“ zugrunde [Reichwald et al., 1996]. Ziel der Verfahren auf Basis des „erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses“ ist nicht die Erzeugung einer besseren Beurteilung, sondern die Schaffung einer transparenten und nachvollziehbaren Entscheidungsgrundlage [Retter, 1996]. Die Ergebnisdarstellung vieler Verfahren mündet in der Regel in einer verdichteten Darstellungsform, z. B. einem Kennzahlensystem. Werden verschiedene

Informationssysteme miteinander verglichen, ist beispielsweise eine direkte Überführung der zuvor bestimmten Kennzahlenausprägungen in eine Nutzwertanalyse möglich. Die Wirtschaftsinformatik und speziell das IT-Controlling haben in der Vergangenheit intensiv die Thematik IT-Wertbeitrag/-Wirtschaftlichkeit und dessen methodische Evaluation diskutiert. Eine konkrete ganzheitliche Methode zur Energieeffizienzbeurteilung wurde jedoch bisher ausgelassen [Reichwald et al., 1996; Dobrindt / Schumann, 2004; Remenyi et al., 2007; Strecker, 2009]. Bisher existieren jedoch erste Konzepte für die Beurteilung von Rechenzentren (s. nächste Seite), die über eine reine Kennzahlenverdichtung (z.B. Power Usage Effectiveness (PUE), Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE) oder Energy Usage Effectiveness (EUE)) hinausgehen [Behrendt et al, 2008].

Das *Management Cockpit* (auch IT-Dashboard oder Cockpit-Chart) ist hierbei eine Visualisierungsform großer Mengen meist verteilter Informationen in verdichteter Form, z.B. als Kennzahlen, Messpunkte oder Key Performance Indikatoren (KPI). Der Grad sowie die Visualisierungsform der Verdichtung sind kontextabhängig. Die Verdichtung beinhaltet eine Quantifizierung und Qualifizierung von Informationen, um dem Adressaten bedarfsgerechte Informationen mit ihren entscheidungsrelevanten Relationen darzustellen. Die Informationen werden dabei meist nach grundlegenden Aspekten strukturiert und in intuitiver Form visualisiert.

Key Performance Indicators (KPIs) und Kennzahlen für GreenIT

Die Identifikation von KPIs ist ein auf Erfolgsfaktoren und Unternehmensziele ausgerichtetes Instrument, das über herkömmliche Kennzahlen hinaus nicht nur Resultate, sondern auch Wertschöpfungsprozesse abbildet. Insbesondere sind KPIs geeignet, ungenaue und mehrdimensionale Informationen zu Entscheidungskriterien aufzubereiten. Damit bieten sie die Möglichkeit, Benchmarks aus großen komplexen Systemen und Prozessen zu gewinnen.

Um die Energieeffizienz der IKT in Unternehmen abzubilden, wurden in der Vergangenheit bereits einige Kennzahlen entwickelt, die im Folgenden kurz dargestellt werden:

- **Power Usage Effectiveness (PUE)**

PUE ist das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs zum Energieverbrauch der IKT. Damit kann das Verhältnis von der dem Rechenzentrum zugeführten Energie zu der durch die IT-Komponenten (Server, Speicher, Netztechnik) verbrauchten Energie bestimmt werden. Energieeffiziente Rechenzentren haben eine PUE unter 1,5. Das bedeutet, dass für jedes Watt, das von der IT verbraucht wird, zusätzlich 0,5 Watt für Kühlung, Klimatisierung, USV usw. verbraucht werden.

Berechnung: $PUE = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch der Einrichtung (Total Facility Power)}}{\text{Energieverbrauch des IT-Equipments (IT Equipment Power)}}$

- **Energy Usage Effectiveness (EUE)**

Eine Studie des Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) zu Energieeinsparungen im Rechenzentrumsbereich hat 2008 den Kennwert EUE eingeführt. Der EUE beschreibt das Verhältnis des Energiebedarfs des gesamten Rechenzentrums zum Energiebedarf der IKT im Zeitraum eines Jahres. Damit werden alle saisonalen Klimabedingungen als Einflussgrößen erfasst. Im Vergleich zu anderen Kennwerten bildet der EUE die Energieeffizienz im Bereich der Gebäude- und Klimatechnik damit bisher am besten ab.

- **Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE)**

Die Data Center Infrastructure Efficiency (DCIE) gibt die Effizienz des Rechenzentrums in Prozent an. DCIE ist der Kehrwert von PUE und berechnet sich somit: $PUE = \text{Gesamtenergieverbrauch der Einrichtung} / \text{Energieverbrauch des IT-Equipments}$

Berechnung: $DCIE = 1 / PUE \times 100\%$

- **SPECpower ssj2008**

Von Seiten der Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) wird die Entwicklung von standardisierten Leistungsbenchmarks für Computersysteme vorangetrieben und entsprechende Standards gesetzt. Von dieser Seite ist der Kennwert SPECpower ssj2008 als Kombination von Rechenleistung und Energiebedarf der IT erarbeitet worden. Die Effizienz der umgebenden Infrastrukturen, wie z. B. Strom und Klimatisierung, wird jedoch nicht berücksichtigt. Dieser Kennwert wird durch Messung des elektrischen Leistungsbedarfs der IKT bei der Bearbeitung von definierten Java Applikationen unter variierenden Auslastungszuständen ermittelt. Als Ergebnis wird in gewichteter Form die IKT-Leistung pro Antriebsleistung mit der Einheit „overall ssj ops / watt“ bestimmt.

- **Corporate Average Data Efficiency (CADE)**

Die Kennzahl Corporate Average Data Efficiency (CADE), die vom Uptime Institute entwickelt wurde, gibt die Effizienz des Rechenzentrums in Prozent an. Je höher das Ergebnis ist, desto energieeffizienter ist das Rechenzentrum. Des Weiteren soll mit der Metrik eine Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs von Rechenzentren ermöglicht werden. CADE setzt sich aus vier Komponenten zusammen [Kaplan et. al., 2008]:

- Auslastung der Anlage (Facility Utilization %)
- Energieeffizienz der Anlage (Facility Energy Efficiency%)
- IT-Auslastung (IT Utilization):
- Energieeffizienz der IT (IT Energy Efficiency)

Geschäftsprozessmodellierung

Geschäftsprozesse sind Prozesse einer Unternehmung, die direkt mit der marktorientierten Leistungserbringung im Zusammenhang stehen [Frank / Laak, 2003; Havey, 2005]. Modelle dieser Geschäftsprozesse dienen der Kommunikation, Darstellung und Dokumentation und können somit Grundlage der Analyse und Optimierung sein [Lehner, 1995; Mevius et al., 2009]. Unter Geschäftsprozessmodellierung soll daher innerhalb dieses Projektes der konstruktivistische Abstraktionsvorgang der Modellerstellung über einen realen oder gedachten Geschäftsprozess verstanden werden. Bei der Abstraktion und Modellierung wird auf eine Modellierungssprache zurückgegriffen. Innerhalb der Wissenschaft und Praxis haben sich verschiedene Modellierungssprachen zur Darstellung von Geschäftsprozessen etabliert [Jung, 2007]. Unter anderem finden die folgenden Sprachen und damit verbundene grafische Notationen Anwendung:

- Unified Modeling Language (UML) mittels Aktivitätsdiagramm nach [OMG, 2010],
- Business Process Modeling Notation (BPMN) nach [OMG, 2009],
- Integrated DEFinition 0 (IDEF0) nach [IEEE Std 1320.1-1998],
- Multi-Perspective Enterprise Modeling (MEMO) nach [Frank, 1994],

- Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) nach [Keller et al., 1992] und
- Petrinetze nach [Petri, 1962].

Die Modellierung von Geschäftsprozessen wird dabei durch eine Vielzahl von Software-Werkzeugen aus dem Bereich der multiperspektivischen Unternehmensmodellierung unterstützt [Frank, 1994; Scheer, 1996]. So bietet beispielsweise das Modellierungswerkzeug ARIS Toolset der IDS Scheer AG u. a. die Möglichkeit die Unternehmenssicht auf Geschäftsprozesse sowohl nach EPK als auch nach BPMN zu modellieren. Weitere am Markt vertretende Software-Lösungen dieses Bereiches sind u. a. ADONIS Geschäftsprozessmanagement-Toolkit der BOC Information Technologies Consulting AG, Business Process Visual ARCHITECT der Firma Visual Paradigm, BONAPART der Firma BTC AG, ActiveModeler Advantage der Kaisha-Tec Co. Ltd. oder das für Wissenschaft und Lehre entwickelte Werkzeug MEMO Center NG nach [Frank, 1994]. Dabei unterstützen diese Werkzeuge nicht nur die Modellierung von Geschäftsprozessen, sondern auch die Gestaltung von Modellen anderer Unternehmenssichten (z. B. Organigramm, IT-Landkarte etc.) und die Referenzierung verschiedener Entitäten unterschiedlicher Sichten zueinander. Zunehmend finden sich in diesen Werkzeugen Schnittstellen für die maschinelle Verarbeitung und den Datenaustausch mittels verschiedener XML Schemata wieder. Wesentliche Datenaustausch-Standards, die durch die grafische Notation der BPMN dargestellt werden können, sind unter anderem [Mendling, 2004]:

- Business Process Modeling Language (BPML) ein blockorientierter Ansatz nach [BPML, 2002], der jedoch von der im Folgenden genannten Sprache abgelöst wird,
- Business Process Execution Language (BPEL) ein blockorientierter Ansatz nach [OASIS, 2007] und
- XML Process Definition Language (XPDL) ein graphenorientierter Ansatz nach [WFMC, 2008].

Zentrale Herausforderung innerhalb dieses Projektes ist es, eine Modellierungssprache und ein Software-Werkzeug auszuwählen, das die Geschäftsprozessmodellierung unterstützt und es dahingehend valide anzupassen, dass Ressourcen und Kennzahlen aus dem Bereich Energieeffizienz geeignet abgebildet werden können.

Quellenverzeichnis

Behrendt, F., Belusa, T., Dittmar, L., Erdmann, G., Kleschin, S., Lanser, W., Schaefer, M., Ziegler, F. (2008). Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren, Arbeitsbericht, Technische Universität Berlin – Innovationszentrum Energie.

BPML (2002). Business Process Modeling Language Specification Version 1.0.

Delone, W. H., McLean, E. R. (1992). Information systems success: The quest for the dependent variable. In: Information Systems Research 3 (1), S. 60-95.

Dobrindt, M., Schumann, M. (2004). BMBF-Projekt: Konzepte innovativer Arbeitspolitik : Teilprojekt: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Reorganisationsprojekten zur Arbeitsgestaltung. Arbeitsbericht 12, Universität Göttingen, Institut für Wirtschaftsinformatik, Göttingen.

Fichter, K. (2007). Zukunftsmarkt Energieeffiziente Rechenzentren, Fallstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), durchgeführt von Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin.

- Frank, U. (1994). Multiperspektivische Unternehmensmodellierung – Theoretische Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung. Oldenbourg.
- Frank, U., Laak, B. L. van. (2003). Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik 34, Universität Koblenz-Landau.
- Havey, M. (2005). Essential Business Process Modeling. Theory In Practice. O’Reilly, Beijing.
- Hee, K.M. van, Serebrenik, A., Sidorova, N., Aalst, W.M.P. van der (2008). Working with the past : integrating history in Petri nets. Fundamenta Informaticae, 88 (3), S. 387-409.
- Horváth, P. (2006). Controlling. 10. Aufl., Vahlen, München.
- IEEE Std 1320.1-1998. IEEE Standard for Functional Modeling Language – Syntax and Semantics for IDEF0 –Description.
- Jung, J. (2007). Entwurf einer Sprache für die Modellierung von Ressourcen im Kontext der Geschäftsprozessmodellierung. Dissertation. Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik, Universität Duisburg-Essen. Logos, Berlin.
- Kaplan, J. M., Forrest, W., Kindler, N. (2008). McKinsey & Company: Revolutionizing Data Center Energy Efficiency.
- Keller, G., Nüttgens, M., Scheer, A.-W. (1992). Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 89. Saarbrücken.
- Krallmann, H., Schönherr, M., Trier, M. (2007). Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik, Oldenburg Wissenschaftsverlag
- Krcmar, H. (2005). Informationsmanagement. 4. Aufl. Springer, Berlin et al.
- Lehner, F. (1995). Grundfragen und Positionierung der Wirtschaftsinformatik. In: Lehner, Franz; Hildebrand, Knut; Maier, Ronald (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Theoretische Grundlagen, München: Hanser. S. 1-72.
- Lehner, F. (2000). Organisation und Controlling der Informationsverarbeitung. In: WISU (1), S. 95-103.
- Lucas, H. C. (1999). Information technology and the productivity paradox. Oxford Univ. Press, New York et al.
- Mendling, J., Neumann, G., Nüttgens, M. (2004). A Comparison of XML Interchange Formats for Business Process Modeling. S. 129-140. EMISA 2004, Informationssysteme im E-Business und E-Government, Beiträge des Workshops der GI-Fachgruppe EMISA, 6.-8. Oktober 2004 in Luxemburg.
- Mevius, M.; Oberweis, A.; Stucky, W. (2009). Neue Ansätze bei der Modellierung eines kennzahlenbasierten Managements von Geschäftsprozessen. In: Controlling, Heft 4-5/2009, S. 257-263.
- OASIS (2007). Web Services Business Process Execution Language Version 2.0.
- OMG (2009). Formally Released Versions of Business Process Model and Notation (BPMN) Version 1.2.
- OMG (2010). Formally Released Versions of Unified Modeling Language (UML) Version 2.3.
- Petri, C. A. (1962). Kommunikation mit Automaten. Dissertation. Institut für Instrumentelle Mathematik, Universität Bonn.

Reichwald, R., Höfer, C., Weichselbaumer, J. (1996). Erfolg von Reorganisationsprozessen. Schäfer-Poeschel, Stuttgart.

Remenyi, D., Money, A. H., Bannister, F. (2007). The Effective Measurement and Management of ICT Costs and Benefits. 3. Auflage. Elsevier, Amsterdam.

Retter, G. (1996). Ein prozeßorientiertes Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren zur Bewertung von Informationssystemen anhand strategischer Wirkungen. Dissertation, RWTH Aachen.

Scheer, A.-W. (1996). ARIS-House of Business Engineering. Arbeitsbericht 133, Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken.

Sokolovsky, Z. (1992). Informationsmanagement und Controlling. In: Wirtschaftsinformatik 32 (2), S. 116-126.

Strecker, S. (2009). Wertorientierung des Informationsmanagements. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 45 (269). S. 27-33.

TED: The Energy Detective, <http://www.theenergydetective.com/about/howtedworks>, aufgerufen am 29.10.2010

2 Ergebnisbericht

2.1 Geschäftsprozessanalyse und -modellierung

2.1.1 Geschäftsprozessmodellierung – Kriterien und Methoden der Prozessmodellierung für ein Management-Cockpit

Einleitung

Geschäftsprozesse sind Prozesse einer Unternehmung, die direkt mit der marktorientierten Leistungserbringung im Zusammenhang stehen (Frank / Laak, 2003; Havey, 2005). Modelle dieser Geschäftsprozesse dienen der Kommunikation, Darstellung und Dokumentation und können somit Grundlage der Analyse und Optimierung sein (Lehner, 1995; Mevius et al., 2009). Unter Geschäftsprozessmodellierung soll daher innerhalb dieses Projektes der konstruktivistische Abstraktionsvorgang der Modellerstellung über einen realen oder gedachten Geschäftsprozess verstanden werden. Bei der Abstraktion und Modellierung wird auf eine Modellierungssprache zurückgegriffen. Innerhalb der Wissenschaft und Praxis haben sich verschiedene Modellierungssprachen zur Darstellung von Geschäftsprozessen etabliert (Jung, 2007). Unter anderem finden die folgenden Sprachen und damit verbundene grafische Notationen Anwendung:

- Unified Modeling Language (UML) mittels Aktivitätsdiagramm nach (OMG, 2010),
- Business Process Modeling Notation (BPMN) nach (OMG, 2009),
- Integrated DEFinition 0 (IDEFO) nach (IEEE Std 1320.1-1998),
- Multi-Perspective Enterprise Modeling (MEMO) nach (Frank, 1994),
- Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) nach (Keller et al., 1992) und
- Petrinetze nach (Petri, 1962).

Die Modellierung von Geschäftsprozessen wird dabei durch eine Vielzahl von Software-Werkzeugen aus dem Bereich der multiperspektivischen Unternehmensmodellierung unterstützt (Frank, 1994; Scheer, 1996). So bietet beispielsweise das Modellierungswerkzeug ARIS Toolset der IDS Scheer AG u. a. die Möglichkeit die Unternehmenssicht auf Geschäftsprozesse sowohl nach EPK als auch nach BPMN zu modellieren. Weitere am Markt vertretende Software-Lösungen dieses Bereiches sind u. a. ADONIS Geschäftsprozessmanagement-Toolkit der BOC Information Technologies Consulting AG, Business Process Visual ARCHITECT der Firma Visual Paradigm, BONAPART der Firma BTC AG, ActiveModeler Advantage der Kaisha-Tec Co. Ltd. oder das für Wissenschaft und Lehre entwickelte Werkzeug MEMO Center NG nach (Frank, 1994). Dabei unterstützen diese Werkzeuge nicht nur die Modellierung von Geschäftsprozessen, sondern auch die Gestaltung von Modellen anderer Unternehmenssichten (z. B. Organigramm, IT-Landkarte etc.) und die Referenzierung verschiedener Entitäten unterschiedlicher Sichten zueinander. Zunehmend finden sich in diesen Werkzeugen Schnittstellen für die maschinelle Verarbeitung und den Datenaustausch mittels verschiedener XML Schemata wieder. Wesentliche Datenaustausch-Standards, die durch die grafische Notation der BPMN dargestellt werden können, sind unter anderem (Mendling, 2004):

- Business Process Modeling Language (BPML) ein blockorientierter Ansatz nach (BPML, 2002), der jedoch von der im Folgenden genannten Sprache abgelöst wird,

- Business Process Execution Language (BPEL) ein blockorientierter Ansatz nach (OASIS, 2007) und
- XML Process Definition Language (XPDL) ein graphenorientierter Ansatz nach (WFMC, 2008).

Zentrale Herausforderung innerhalb dieses Projektes ist es, eine Modellierungssprache und ein Software-Werkzeug auszuwählen, das die Geschäftsprozessmodellierung unterstützt und es dahingehend valide anzupassen, dass Ressourcen und Kennzahlen aus dem Bereich Energieeffizienz geeignet abgebildet werden können. Derzeitig besteht ein Forschungsbedarf im Bereich der Energieeffizienzbeurteilung, da bisher nur unzureichende oder generalisierte Ressourcen-Konzepte in Sprachen, Modelle und Methoden der Prozessmodellierung vorliegen (Dietzsch, 2005; Jung, 2007). Als Beispiel des Forschungsstandes und Grundlage eines problemspezifischen Metamodells kann unter anderem auf das generische Metamodell der ScoreML (Abbildung 2) zurückgegriffen werden (Frank et al., 2008). Die Wirtschaftsinformatik und speziell das IT-Controlling haben in der Vergangenheit intensiv die Thematik IT-Wertbeitrag/-Wirtschaftlichkeit diskutiert, eine Konzeption zur Energieeffizienzbeurteilung wurde jedoch ausgelassen (Reichwald et al., 1996; Dobrindt / Schumann, 2004; Remenyi et al., 2007; Strecker, 2009).

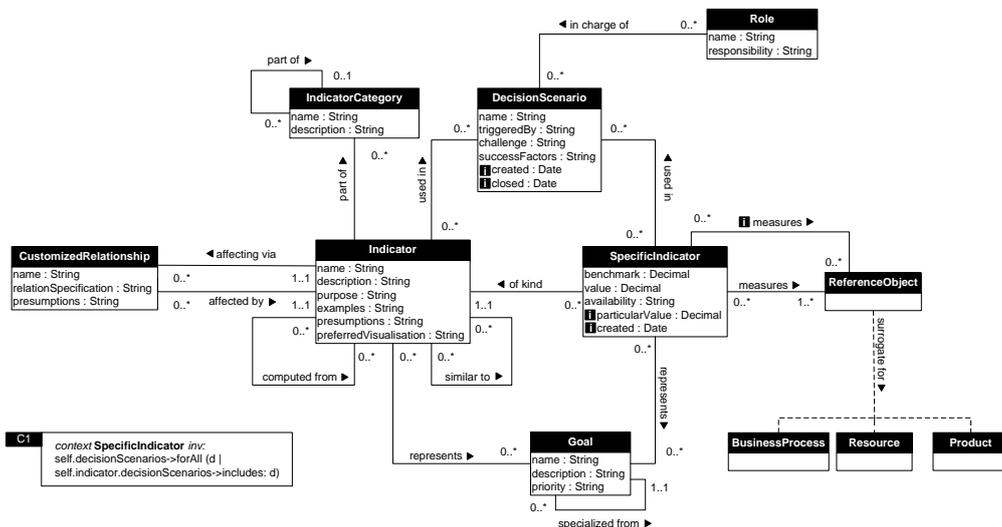


Abbildung 2: Generisches Metamodell der ScoreML nach [Frank et al., 2008] als Grundlage und Ausgangspunkt des GreenIT Cockpit

Darüber hinaus ist es wünschenswert, dass das auszuwählende Software-Werkzeug eine Simulationsengine vorhält, die bspw. eine Prozesskostenrechnung auf Basis des abgebildeten Prozesses und den damit verbundenen Kennzahlen aus dem Bereich der Energieeffizienz ermöglicht (Neumann et al., 2005; Laguna / Marklund, 2005). Voraussetzung für eine Anpassung oder Erweiterung einer bestehenden Modellierungssprache ist u. a., dass ihr Metamodell frei und vollständig zugänglich ist. Das Metamodell einer Sprache entspricht der Definition der Sprache. Nur eine frei zugängliche Sprache, die nicht an ein bestimmtes proprietäres Software-Werkzeug gebunden ist, kann auf die in diesem Projekt verfolgten Forschungsschwerpunkte und Anforderungen wirtschaftlich angepasst werden, da bspw. keine Kosten für ein externes Customizing entstehen. Damit die Anpassung der Sprache und die Integration der innerhalb des Projektes entwickelten Konzepte zur Energieeffizienzbeurteilung vorgenommen werden können, muss die Sprachdefinition vorliegen. Nur unter dieser Bedingung ist es möglich das zu entwickelnde Konzept nicht nur isoliert zu modellieren, sondern als integrierten Bestandteil einer Modellierungssprache zur Darstellung von Geschäftsprozessen zu verwirklichen (Frank 1999; Frank / Laak, 2003).

Ebenso sollte bereits zu einem frühen Analysezeitpunkt identifiziert werden, inwieweit das entwickelte Konzept Wechselwirkungen zu Entitäten anderer Perspektiven der Unternehmensmodellierung hat. So können bspw. dedizierte Prozesse um Wirkungskettenanalysen erweitert werden, die Entitäten aus dem Bereich der Organisationsstruktur oder Zielsystemen mit einbeziehen. Die Entwicklung von KPIs oder die geeignete Aggregation und Darstellung dieser Kennzahlen innerhalb des Cockpits kann auf diese Weise einen wesentlichen Transparenzgewinn erfahren. Diese ersten entwickelten Anforderungen zeigen bereits die Notwendigkeit für eine dedizierte Evaluation und anschließende Auswahl einer geeigneten Kombination aus Modellierungssprache und Software-Werkzeug auf.

Die Anpassung und Entwicklung der ausgewählten Modellierungssprache wird dabei iterativ durch Zuhilfenahme eines ausgewählten Methodenspektrums der Wirtschaftsinformatik durchgeführt (Wilde / Hess 2007). In einem ersten Schritt wird ein innerhalb dieses Projektes entwickeltes Konzept zur Energieeffizienzbeurteilung modelliert und in eine bestehende, evaluierte Sprache integriert. Anschließend wird diese erweiterte Sprache anhand von Fallstudien gemeinsam mit den Partnern erstmalig validiert und gegebenenfalls geeignet angepasst. Nach einer Analyse der Geschäftsprozesse der Partner werden geeignete Geschäftsprozesse identifiziert, die ein bedeutendes Potenzial für die Energieeffizienzbeurteilung bieten. Diese ausgewählten Prozesse werden im Folgenden detailliert analysiert und mit der konzeptionell weiterentwickelten Modellierungssprache abgebildet. Die Validität der Sprache wird anschließend erneut durch einen dedizierten Reviewprozess mit den Partnern erarbeitet und das Sprachkonzept optimiert.

Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen der Geschäftsprozessmodellierung beschrieben. Dazu findet zunächst eine Begriffsdefinition und -abgrenzung zu Geschäftsprozessen, Modellen, Modellierung und Modellierungssprachen statt. Anschließend wird der State-of-the-Art der Geschäftsprozessmodellierung beschrieben.

Geschäftsprozess

Ein Geschäftsprozess ist eine Folge von sequentiell oder parallel ablaufenden Funktionen, um eine betriebliche Aufgabe zu erfüllen. Die erzielte Leistung ist die Erbringung von Informations- und/oder Materialtransformation (Allweyer, 2005). Geschäftsprozesse bestehen aus Aktivitäten (auch Funktionen genannt), verantwortliche und beteiligte Stellen, sowie Organisationseinheiten. Durch Geschäftsprozesse wird es Unternehmen ermöglicht, seine Aktivität darauf auszurichten, Kundenanforderungen zu erfüllen und Geschäftsziele zu erreichen (Schmelzer / Sesselmann 2008). Baut eine Organisation auf Geschäftsprozessen auf, so ist diese u.a. stärker kundenfokussiert, besitzt weniger Schnittstellen und einen geringeren Koordinationsaufwand.

Ein Geschäftsprozess setzt sich aus einzelnen Komponenten zusammen, dazu gehören die Anforderungen der Kunden, Input, Wertschöpfung, Ergebnisse, Geschäftsprozessverantwortliche und Ziel- und Messgrößen um die Prozessleistung zu steuern (Schmelzer / Sesselmann 2008).

Weiterhin können Geschäftsprozesse in zwei Kategorien unterteilt werden, in primäre Geschäftsprozesse, die in der originären Wertschöpfung stattfinden, sowie sekundäre die die primären Wertschöpfungsprozesse mit Leistung versorgen. Primäre Geschäftsprozesse werden auch als Kernprozesse bezeichnet, sekundäre Prozesse im Folgenden auch als Unterstützungs- bzw. Supportprozesse.

Modell, Modellierung, Modellierungssprache

„Ein Modell ist ein System, das als Repräsentant eines komplizierten Originals aufgrund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentlicher Eigenschaften von einem dritten System benutzt, ausgewählt oder geschaffen wird, um letzterem die Erfassung oder Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern, beziehungsweise um es zu ersetzen.“ (Wüsteneck, 1963).

Die Definition nach Wüsteneck verdeutlicht, dass ein Modell versucht, die komplexe Realität zu veranschaulichen. Die Realität wird vereinfacht und verallgemeinert dargestellt, um sie besser verstehen zu können.

Der Begriff Modellierung baut auf dem Begriff Modell auf, um diese beiden Begriffe voneinander abzugrenzen, wird im Folgenden die Definition des Begriffs Modellierung vorgenommen.

Die Modellierung bildet Realitätsausschnitte in einem Ergebnismodell ab. Bezogen auf die Geschäftsprozessmodellierung werden Realitätsausschnitte aus einem Geschäftsfeld in einem Geschäftsprozess abgebildet (Gadatsch, 2010). Dazu werden Modellierungssprachen verwendet. Dieser Begriff wird nachfolgend definiert.

Eine Modellierungssprache ist eine einheitliche Sprache, um Modelle und Anforderungen, aber auch Objekte der realen Welt zu beschreiben (Booch et al., 2006).

Geschäftsprozessmodellierung

Der Geschäftserfolg eines Unternehmens ist essenziell vom eigenen Verständnis der internen Leistungserstellung abhängig. Die Geschäftsprozessmodellierung abstrahiert die Geschäftsabläufe auf einem hohen Niveau und veranschaulicht diese in einem Modell. Sie umfasst „... als Unterstützungsinstrument des Prozessmanagements .. die Konstruktion, Wartung und Anwendung von konzeptionellen Modellen der Geschäftsabläufe von Unternehmen und Verwaltungen.“ (Becker, 2008).

Aufgabe der Geschäftsprozessmodellierung ist die Dokumentation der betrieblichen Abläufe, um daraus das Verständnis zu gewinnen, in welcher Form die Geschäftsprozesse ablaufen. Daraus resultiert der Ist-Zustand für die Analyse der Geschäftsprozesse. Ein weiteres Ziel ist die Optimierung der Geschäftsprozesse, durch die Identifizierung und Beseitigung von Schwachstellen (Staud, 2006).

Es gibt eine Vielzahl von Methoden und Sprachen, um die Geschäftsprozessmodellierung durchzuführen. Der Schwerpunkt des Kapitels liegt auf den diagrammbasierten Methoden. Diese sind in Abbildung 3 veranschaulicht.

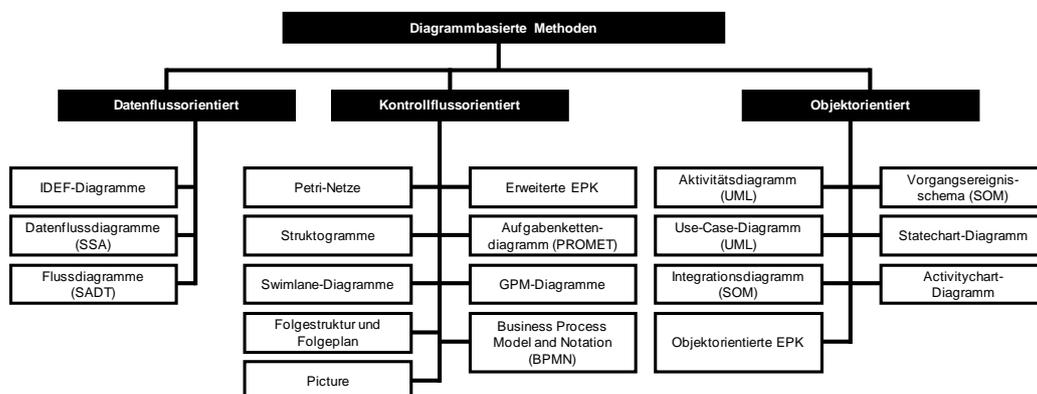


Abbildung 3: Diagrammbasierte Methoden (Gadatsch 2010, S. 71)

Methodik

Anforderungen an Modellierungssprachen

Die Auswahl einer für das Projekt geeigneten Geschäftsprozessmodellierungssprache geschah in mehreren Schritten. Zunächst wurde mittels einer Literaturanalyse eine Liste mit Modellierungssprachen erstellt. Diese Liste wurde nach einem ersten Reviewprozess eingegrenzt, die übrig gebliebenen Sprachen wurden detailliert untersucht und bewertet. Zu diesem Zweck wurde ein Bewertungsrahmen entwickelt, der im Folgenden vorgestellt wird. Der Bewertungsrahmen bestand zum einen aus einem formalen Teil, dessen Kriterien aus der Literatur abgeleitet wurden. Der andere Teil umfasste Kriterien, die zusammen mit den Konsortialpartnern direkt für das Projekt entwickelt wurden.

Formaler Bewertungsrahmen

Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung

Nach Becker et al. (2008) können die wesentlichen Qualitätskriterien ordnungsgemäßer Modellierung in sechs Grundsätze gegliedert werden. Der Grundsatz der Richtigkeit drückt aus, inwieweit das Ergebnismodell den abzubildenden Sachverhalt widerspiegelt. Dabei sind die semantische und die syntaktische Richtigkeit voneinander abzugrenzen. Als zweites wird der Grundsatz der Relevanz mit einbezogen. Dieser drückt aus, dass ein Ergebnismodell alle für die jeweilige Perspektive relevanten Sachverhalte dokumentieren muss und es keine überflüssigen Informationen enthält. Zudem ist wichtig, dass die Modellierungsaktivitäten in einem wirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen, dies drückt der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit aus. Die Intention des Grundsatzes der Klarheit ist, dass ein Modell nur einen Nutzen besitzt, wenn es von dem jeweiligen Modellkonsumenten auch verstanden wird. Ein weiterer Grundsatz ist der Grundsatz der Vergleichbarkeit, dies betrachtet die konforme modellübergreifende Anwendung von Modellierungsempfehlungen. Damit wird gewährleistet, dass unabhängig voneinander erstellte Ergebnismodelle konsolidiert werden können. Als letztes wird der Grundsatz des systematischen Aufbaus betrachtet. Aufgrund der Komplexität geben die Ergebnismodelle immer nur einen Ausschnitt wieder, daher ist es wichtig, dass bspw. Verknüpfungen und Prozessschnittstellen verwendet werden. Der folgende Abschnitt zeigt die Entwicklung der Bewertungsperspektiven auf.

Entwicklung der Bewertungsperspektiven

Aus den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Modellierung können zwei wesentliche Perspektiven abgeleitet werden. Zum einen die kognitive, zum anderen die technische Perspektive. Die kognitive Perspektive leitet sich u.a. aus Grundsätzen der Klarheit, Richtigkeit und Vergleichbarkeit ab und veranschaulicht den persönlichen Konsens und die visuelle Ausdrucksstärke der einzelnen Notationselemente. Sie drückt die Fähigkeit des Modellkonsumenten aus, das Ergebnismodell zu erfassen und zu verstehen. Die kognitive Perspektive ist angelehnt an Carlsson et al. (2008). Die technische Perspektive dagegen leitet sich primär aus den Grundsätzen der Richtigkeit, Relevanz und der Klarheit ab. Diese Perspektive betrachtet die Möglichkeiten der Geschäftsprozessmodellierungssprachen, die Anzahl, Bedeutung und mögliche Einsatzmöglichkeiten der Notationselemente.

Unterteilung der technischen Perspektive

Es bietet sich an, die technische Perspektive in weitere Perspektiven zu unterteilen, in denen die einzelnen Notationselemente gesondert betrachtet werden. Nach List / Korherr (2006) kann die technische Perspektive unterteilt werden in die funktionelle, organisatorische, verhaltensbezogene und informelle Perspektive.

Die funktionelle Perspektive spiegelt die ausgeführten Notationselemente wider, hauptsächlich die Aktivitäten. Zudem wird geprüft, ob es möglich ist, Teilprozesse zu definieren.

In der organisatorischen Perspektive sind Notationselemente gegliedert, die ausdrücken, von wem die Funktionen ausgeführt werden. Dabei werden interne und externe Prozessbeteiligte, sowie Organisationseinheiten und Rollen als menschliche und Software als technische Prozessbeteiligte unterschieden. Diese Unterscheidung ist an List / Korherr (2006) angelehnt, aber aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden keine detaillierten Unterscheidungen der technischen bzw. menschlichen Prozessbeteiligten vorgenommen. Zudem wurde die Perspektive um das Notationselement Kunde erweitert. Dabei wird geprüft, ob die Möglichkeit besteht, in dem Ergebnismodell die Interaktion mit einem Kunden abzubilden.

In der verhaltensbezogenen Perspektive sind alle Notationselemente gegliedert, die den sequentiellen bzw. parallelen Kontrollfluss veranschaulichten. Dabei wird geprüft, ob die betrachteten Geschäftsprozessmodellierungssprachen die notwendigen Notationselemente besitzen, um eine UND-, ODER- bzw. exklusive ODER-Verknüpfung darzustellen. Diese Perspektive ist angelehnt an List / Korherr (2006), allerdings wurde sie für die Untersuchung vereinfacht. Es wird keine Unterscheidung zwischen Aufspaltung und Zusammenführung der Verknüpfungen vorgenommen, weil dies einander logisch bedingt.

Die informelle Perspektive repräsentiert die Informationsobjekte, die in einem Geschäftsprozess erzeugt, benötigt oder verändert werden. Die Informationsobjekte können sowohl Daten, Artefakte, Produkte oder Objekte sein. Es wird eine Unterscheidung der Grundelemente in Ereignis, Kontrollfluss und informationsspezifische Ressourcen vorgenommen. Die informationsspezifischen Ressourcen untergliedern sich in Informations- und Software-Ressource. In der Informations-Ressource wird überprüft, ob es möglich ist, Gegenstände der realen Welt abzubilden. In der Software-Ressource wird die Modellierungssprache darauf geprüft, ob es möglich ist, Anwendungen und Services darzustellen. Die informelle Perspektive leitet sich aus der Informationale Perspektive von List / Korherr (2006) ab, wird aber vereinfacht dargestellt. Es wird keine untergliederte Unterscheidung der Ressourcenkomponenten durchgeführt. Auch wird keine Differenzierung zwischen Informations- und traditioneller Ressource vorgenommen, da beide Ressourcen sich auf Objekte der realen Welt beziehen.

Weiterhin wird die technische Perspektive um eine weitere Perspektive erweitert, die unterstützende Perspektive. Hierbei wird die geprüft, ob es qualitativ hochwertige Modellierungswerkzeuge gibt, um die Geschäftsprozessmodellierungssprache abzubilden. Zudem werden Austauschfähigkeit, Verbreitungsgrad der jeweiligen Geschäftsprozessmodellierungssprache und die Möglichkeit der automatisierten Ausführung überprüft.

Unterteilung der kognitiven Perspektive

Neben der technischen nimmt die kognitive Perspektive eine wichtige Rolle im Bewertungsschema ein, vor allem bezogen auf die Kommunikation. Ein gutes Ergebnismodell ist eines, welches eine effektive Kommunikation ermöglicht. Dabei kann die Effektivität der Kommunikation daran gemessen werden, wie schnell, exakt und leicht eine Information aufgenommen werden kann (Moody, 2006). Die kognitive Perspektive drückt die Fähigkeit des Modellkonsumenten aus, das Ergebnismodell zu erfassen und zu verstehen. Diese Perspektive leitet sich u.a. aus den Grundsätzen der Klarheit, Richtigkeit und Vergleichbarkeit ab. Im Vordergrund stehen nicht mehr die technischen Möglichkeiten, die

die einzelnen Modellierungssprachen bieten, sondern der persönliche Konsens. Schon leichte Änderungen in der grafischen Darstellung können dramatische Auswirkungen auf das Verständnis bzw. Interpretation des Ergebnismodells haben. Dies bedeutet, dass auch die Entwicklung der Problemlösung durch die Verständnisprobleme beeinträchtigt ist (Carlsson et al., 2008).

Eine weitere Unterteilung dieser Perspektive ist sinnvoll, da die kognitiven Fähigkeiten eines Menschen sehr umfassend sind. Nach Moody (2006) werden neun Grundsätze für die grafische Modellierung unterschieden: Unterscheidbarkeit, limitierte Wahrnehmung, Hervorhebung, kognitive Integration, direkte Wahrnehmung, Struktur, Identifikation, Ausdrucksfähigkeit und Einfachheit. Die Übergänge zwischen den Grundsätzen sind fließend, weshalb die Unterscheidbarkeit und Hervorhebung nicht gesondert betrachtet, sondern im Kriterium Unterscheidbarkeit untersucht werden. Weiterhin wird aufgrund der Komplexität die kognitive Integration nicht untersucht.

Im ersten Grundsatz, der Unterscheidbarkeit werden die Notationselemente auf deren Unterscheidbarkeit untereinander geprüft. Dabei werden sowohl ihre Bedeutung als auch ihre Ausdruckstärke betrachtet. Die limitierte Wahrnehmung untersucht die Möglichkeit der Modellierung über mehrere Abstraktionsebenen hinweg, wodurch die Informationsüberflutung eines einzelnen Ergebnismodells vermieden wird. Die direkte Wahrnehmung prüft die spontane bzw. natürliche Interpretation des Ergebnismodells. Das bedeutet, wie schnell ein Ergebnismodell bei einem entsprechenden fachlichen Hintergrund aufgenommen werden kann. Das Kriterium Struktur untersucht, ob die einzelnen Notationselemente sinnvoll gruppiert sind. Dies führt zu einer Verbesserung der Übersichtlichkeit. Die Identifikation drückt das Verhältnis zwischen dem Ergebnismodell und des präsentierten Sachverhaltes, sowie die Modellierungskonventionen und deren Bedeutung aus. Die Ausdrucksfähigkeit stellt die Anzahl der Notationselemente in Beziehung zu den entschlüsselnden Informationen. Dieses Kriterium drückt die Spezifikation und Genauigkeit der einzelnen Notationselemente aus. Im Kriterium Einfachheit wird die Anzahl der Modellierungskonventionen der einzelnen Modellierungssprachen geprüft. Dabei gilt der Ansatz, je einfacher desto besser. In Tabelle 1 sind die einzelnen Perspektiven sowie die Kriterien, die in den vorherigen Abschnitten definiert wurden, zusammengefasst und veranschaulicht.

Tabelle 1: Bewertungsrahmen für formale Kriterien

Dimension / Perspektive	Item
Kognitive Dimension (50%)	
	Unterscheidbarkeit
	Limitierte Wahrnehmung
	Direkte Wahrnehmung
	Struktur
	Identifikation
	Ausdrucksfähigkeit
	Einfachheit
Technische Dimension (50%)	
Funktionelle Perspektive (20%)	
	Aktivität
	Teilprozess
Organisatorische Perspektive (20%)	
	Intern
	Extern
	Organisationseinheit
	Rolle
	Software
Verhaltensbezogene Perspektive (20%)	
	AND
	OR
	XOR
Informelle Perspektive (20%)	
	Ereignis
	Datenfluss
	Informationsressource
	Softwareressource
Unterstützende Perspektive (20%)	
	Werkzeugunterstützung
	Austauschbarkeit
	Verbreitungsgrad
	Automatische Ausführbarkeit

Gewichtung der einzelnen Perspektiven

Die kognitive und die technische Perspektive werden jeweils mit 50% gewichtet. Dies aus dem Grund, weil auf der einen Seite die Notationselemente der betrachteten Geschäftsprozesssprachen sehr ähnlich sind, es kaum große Differenzierungsmöglichkeiten gibt und somit die Geschäftsprozessmodellierungssprachen zum Teil austauschbar sind (Carlsson et al., 2008). Auf der anderen Seite ist es wichtig, dass die Kommunikation effektiv abläuft, wobei die Effektivität durch Schnelligkeit und Einfachheit der Informationsaufnahme gemessen werden kann (Moody, 2006). Daraus kann die Empfehlung abgeleitet werden, dass die grafische Abbildung eines Ergebnismodells mindestens genauso wichtig ist wie dessen Inhalt. Aus diesem Grund wird die kognitive und technische Perspektive im Verhältnis 1:1 gewichtet.

Die technische Perspektive unterteilt sich in funktionelle, verhaltensbezogene, informelle, organisatorische und unterstützende Perspektive, welche jeweils 20% der Bewertung für die technische Perspektive ausmachen. In der technischen Perspektive werden größtenteils die Notationselemente der jeweiligen Geschäftsprozessmodellierungssprache untersucht. Hierbei werden diese miteinander verglichen und gegenübergestellt. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Bewertung der technischen Perspektive sowohl die Anzahl der Notationselemente, als auch die Komplexität des Ergebnismodells ausdrückt, weil mit steigender Komplexität des Ergebnismodells gleichzeitig das Verständnis in der Gesamtheit sinkt. Zudem werden in der unterstützenden Perspektive weitere wichtige, aber von Notationselementen weitestgehend unabhängige Faktoren geprüft. Dazu zählen Werkzeugunterstützung, Austauschbarkeit, Verbreitungsgrad und automatische

Ausführbarkeit. Die Kriterien der Unterpunkte sind jeweils immer gleich stark entsprechend ihrer Anzahl gewichtet. Das bedeutet, dass bspw. die Kriterien der organisatorischen Perspektive (Extern, Intern, Organisationseinheit, Rolle, Software) jeweils mit 20% gewichtet sind. Dies gilt ebenso für die Kriterien der kognitiven Perspektive.

Bewertung mittels Fallbeispiel

Um die Geschäftsprozessmodellierungssprachen gegenüberzustellen, wurde ein fiktives Fallbeispiel modelliert, anhand dessen eine Reihe von Testpersonen die einzelnen Kriterien bewerten konnten. Das Fallbeispiel basiert auf ARIS (2010), wurde für diese Auswertung aber weiterentwickelt, um die Differenzen der ausgewählten Geschäftsprozessmodellierungssprachen deutlicher herauszustellen. Daraufhin wird das daraus entstandene Ergebnismodell nachvollziehbar, anhand des zuvor aus der Literaturrecherche hergeleiteten Bezugsrahmens beurteilt und veranschaulicht. Folgender Geschäftsprozess wird für die Evaluierung genutzt:

Eine Anfrage von einem Kunden trifft per Email oder Fax ein. Folgend wird überprüft, ob es sich um einen bestehenden Kunden oder Neukunden handelt. Wird ein Neukunde festgestellt, so werden dessen Daten aufgenommen. Anschließend wird die Anfrage von der Auftragsannahme aufgenommen, bearbeitet und geprüft. Die Prüfung kann ergeben, dass die Anfrage nicht möglich ist, da die Rohstoffe am Markt nicht verfügbar sind. Der Kunde erhält daraufhin eine Absage. Ist sie durchführbar, so erhält der Kunde eine Mitteilung, ob er seine Anfrage in einen Auftrag ändern will. Ist dies der Fall, wird der Auftrag von der Auftragsannahme erfasst. Der Vertrieb bearbeitet den Auftrag und leitet diesen aufgrund des entstandenen Informationsbedarfs weiter. Ist der Nettowert des Auftrags größer als 10.000€, so wird durch die Finanzabteilung eine Bonitätsprüfung durchgeführt. Fällt diese negativ aus, wird der Auftrag durch den Vertrieb annulliert und dem Kunden dies per Fax oder Email mitgeteilt. Bei einer entsprechenden positiven Rückmeldung erhält der Kunde eine Auftragsbestätigung. Darauffolgend erhält der Kunde eine Rechnung. Gleichzeitig wird der Auftrag an den Lageristen weitergeleitet. Dieser prüft, ob im Lager genügend Rohmaterial vorhanden ist. Wenn dies der Fall ist, wird direkt mit der Produktion begonnen. Ansonsten wird der Hauptlieferant mit der Lieferung beauftragt. Nachdem die Lieferung eingetroffen ist, nimmt der Lagerist die eingetroffene Menge entgegen und prüft die Qualität. Ist die Qualität unzureichend, wird der Sekundärlieferant beauftragt. Bei entsprechender Qualität prüft der Lagerist den Lieferschein. Abweichungen werden notiert, der Lieferschein vom Einkauf entsprechend überarbeitet und von der Finanzabteilung bezahlt. Die Auftragsdaten werden entsprechend ergänzt. Anschließend überprüft die Finanzabteilung den Zahlungseingang des Kunden. Ist dieser bestätigt, beginnt die Produktion. Sollte der Kunde noch nicht bezahlt haben, wird eine Mahnung verschickt. Der Kunde bezahlt spätestens nach der ersten Mahnung. Daraufhin beginnt die Produktion und dem Kunden wird der voraussichtliche Liefertermin mitgeteilt. Nach der Fertigstellung wird die Ware vom Vertrieb verschickt.

Projektspezifischer Bewertungsrahmen

Zusätzlich zu den im letzten Abschnitt vorgestellten formalen Kriterien wurde eine Reihe von projektspezifischen Anforderungen definiert. Diese ergaben sich aus den bisherigen Erfahrungen der Projektpartner und den ersten Vorgesprächen sowie während der Modellierungswshops.

Das erste projektspezifische Hauptkriterium war die Möglichkeit zur Anpassung oder Erweiterung der Modellierungssprache. Dies ist vor dem Hintergrund wichtig, dass die Prozessmodelle nicht nur statisch als „Schaubilder“ mit Informationscharakter genutzt

werden, sondern im späteren Verlauf des Projekts als Inputressourcen für die Cockpit-Software dienen werden. Dafür ist es evtl. notwendig, die Sprache um Elemente oder Verbindungstypen zu erweitern. Um die Möglichkeit zur Anpassung sicherzustellen, sollte die Modellierungssprache über ein frei zugängliches Metamodell verfügen.

Das zweite Kriterium war die Abhängigkeit von einer bestimmten Software, die es zu vermeiden galt. Während der Projektlaufzeit wurde die Prozessmodellierung bei den Praxispartnern durch die Technische Universität Berlin zusammen mit der Universität Göttingen durchgeführt. Beide waren in ihrer Entscheidung für eine Modellierungssoftware grundsätzlich frei. Ziel des Green-IT-Cockpit-Projektes ist aber die Entwicklung einer marktfähigen Softwarelösung, die später von einer möglichst hohen Bandbreite von Unternehmen oder anderen Institutionen eingesetzt werden kann. Diese sind häufig bei der Auswahl von Software eingeschränkt. Dies kann eine Reihe von Gründen haben. Aus technischer Perspektive kann die Auswahl durch vorgegebene Betriebssysteme oder Hardware eingeschränkt. Des Weiteren spielen finanzielle Aspekte bei der Beschaffung gerade bei kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Rolle. Zusätzlich können Sicherheitsrichtlinien die Wahl eingrenzen. Es ist also möglich, dass ein Unternehmen auf eine Open-Source-Lösung angewiesen ist, während ein zweites Unternehmen gerade keine Open-Source-Lösungen einsetzen möchte. Folgerichtig muss die hier gewählte Modellierungssprache frei von Restriktionen, die ihre Verwendung mit verschiedenen Tools einschränkt.

Ein weiteres Kriterium war die mögliche spätere Einbindung von IKT-Ressourcen und von Kennzahlen oder KPIs (Key Performance Indikatoren) in die Prozessmodelle. Die Cockpit-Software hat die Aufgabe die Performancemessung prozessbasiert vorzunehmen. Dafür ist es wichtig, dass einzelnen Prozessaktivitäten die dabei verwendeten IKT-Ressourcen und evtl. direkt messbaren Kennzahlen zuzuordnen sind.

Ein letztes und in erster Linie pragmatisches Kriterium für eine Modellierungssprache war ihr Verbreitungsgrad bei den Projektpartnern. Sollte also eine bestimmte Sprache bei den Praxispartnern bereits genutzt werden und die Geschäftsmodelle dort bereits in dieser Sprache modelliert und validiert vorliegen, würde dies bei der Bewertung als positiv angesehen werden. Die projektspezifischen Kriterien an eine Geschäftsprozessmodellierungssprache sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Bewertungsrahmen für projektspezifische Kriterien

Dimension	Item
Projektspezifische Dimension	Anpassbar
	nicht an Software gebunden
	Verknüpfung mit IKT-Ressourcen und Kennzahlen
	bereits bei den Partnern eingesetzt

Anforderungen an Modellierungssoftware

Zusätzlich zu einer geeigneten Modellierungssprache war es notwendig zu untersuchen, welche Software sich im Rahmen des Projektes anbietet, um die Geschäftsprozessmodellierung durchzuführen. Da eine enorme Anzahl von Softwarelösungen auf dem Markt angeboten wird, war auch hier die Entwicklung eines Bewertungsrahmens notwendig, um die Auswahl begründet durchführen zu können. Eine erste Literaturanalyse ergab wenige Hinweise auf notwendige formale Kriterien, so dass in diesem Fall ausschließlich projektspezifische Kriterien in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern im Rahmen von Workshops herausgearbeitet wurden. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

Das erste Kriterium war die Möglichkeit zur Abbildung von Geschäftsprozessen und IKT-Infrastruktur. Im Rahmen des Projekts wurden neben den Geschäftsprozessen auch die beteiligten IKT-Ressourcen der Partner erhoben. Daher war es wünschenswert beide Aufgaben integriert über eine Softwarelösung durchführen zu können, um so die Verknüpfung der Modelle zu ermöglichen.

Zusätzlich war es wünschenswert, dass die gewählte Software nativ mit der gewählten Modellierungssprache umgehen kann und dies nicht über externe Schnittstellen oder Plugins sichergestellt werden muss.

Ein weiterer Faktor bei der Bewertung waren die Lizenzierungskosten der Software, gerade im Hinblick, dass das Green-IT-Cockpit auch für kleine und mittelständische Unternehmen interessant bleibt.

Die Kompatibilität mit verschiedenen Betriebssystemen war ein weiteres Kriterium. Diese kann vor allem durch eine betriebssystemübergreifend verfügbare Plattform wie Java, aber auch durch browserbasierende Dienste erreicht werden.

Um die Prozessmodelle zwischen verschiedenen Softwarelösungen kompatibel zu halten, war die Möglichkeit des Imports aus und Exports in ein einheitliches und frei verfügbares Datenformat wie beispielsweise XML (Extensible Markup Language) notwendig.

Als zusätzliches Wunschkriterium wurde die Verfügbarkeit einer Simulationsengine bewertet, um die Kennzahlmessung bereits vor der Erhebung oder Messung echter Daten testen zu können. Die Kriterien an ein Geschäftsprozessmodellierungstool sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Bewertungsrahmen für Modellierungssoftware

Dimension	Item
Projektspezifische Dimension	Prozess- und Ressourcenmodellierung
	unterstützt BPMN
	Lizenzkosten
	Kompatibilität
	XML Import und Export
	Simulationsengine

Anforderungen an einen Modellierungsworkshop

Um die Geschäftsprozessmodellierung mit Unterstützung der Praxispartner durchführen zu können, wurde gemäß Teilvorhabensbeschreibung ein Praxisworkshop entwickelt. Dieser sollte im Vorfeld der Prozessauswahl den Mitarbeitern der Praxispartner die Grundlagen und Begriffe der Geschäftsprozessmodellierung vermitteln. Der Workshop wurde auf Basis eines bereits auf didaktischer Grundlage entwickelten Modellierungsseminars der Universität Göttingen für die spezifischen Belange des Projekts erstellt. Er sollte die Einführung in die Begriffe Modell, Modellierung, Modellierungssprache, Diagramm, Prozess, Geschäftsprozess, Geschäftsprozessmodellierung und Unternehmensmodellierung enthalten. Zusätzlich sollte eine praktische Übungsaufgabe erstellt werden, die den Teilnehmern anhand eines einleuchtenden Fallbeispiels die Durchführung einer Geschäftsprozessmodellierung verdeutlicht.

Anforderungen an Geschäftsprozesse

Das Green IT Cockpit basiert auf der Messung der Energieeffizienz der Geschäftsprozesse des zu betrachtenden Unternehmens. Die beiden großen Praxispartner Behörde und Verlagshaus, aber auch die KMU (kleine und mittlere Unternehmen) haben eine große Anzahl verschiedenster Prozesse. Diese sind hochdynamisch und daher einem ständigen

Wandel unterworfen. Es wäre daher im Rahmen des Projektes weder möglich noch sinnvoll alle Geschäftsprozesse zu untersuchen. Vielmehr müssen beispielhafte Prozesse identifiziert werden, die sich für eine nähere Untersuchung gut eignen. Zu diesem Zweck wurde auch hier im Rahmen der Workshops ein Bewertungsrahmen entwickelt, mit dessen Hilfe geeignete Geschäftsprozesse ermittelt werden können.

Zunächst wurden die gemeinsamen und unterschiedlichen Interessen hinsichtlich der zu wählenden Geschäftsprozesse identifiziert. Die Forschungspartner waren in erster Linie an generischen Prozessen interessiert. Diese treten in vergleichbarer Form bei vielen Unternehmen oder anderen Institutionen auf. Dadurch wird eine Vergleichbarkeit gewährleistet. Die Praxispartner sind im Gegensatz dazu in der Regel an ihren spezifischen Kernprozessen interessiert, also genau denen, die sie als Alleinstellungsmerkmal besitzen. Im Rahmen dieses Spannungsfeldes wurde sich darauf geeinigt, dass bei jedem Praxispartner je ein Kern- und ein generischer Unterstützungsprozess untersucht werden.

Das zweite Kriterium war ein hoher Grad an IKT-Einbindung. Das Green IT Cockpit misst in seiner ersten Version hauptsächlich Kennzahlen aus dem Bereich IKT und dessen Energieverbrauch. Andere ökologisch relevante Kennzahlen wie Papierverbrauch oder Abgasemission in den Geschäftsprozessen werden nicht untersucht. Es ist also wünschenswert, dass in den Prozessen ein hoher Anteil der verbrauchten Energie auf IKT zurückzuführen ist.

Das dritte Kriterium für die Auswahl geeigneter Geschäftsprozesse waren die Systemgrenzen der Prozesse. Sie sollten möglichst komplett In-House liegen, da nur innerhalb des Einflussbereichs der Projektpartner die Energieverbräuche gemessen oder sinnvoll geschätzt werden können. Die Kriterien an geeignete Geschäftsprozesse sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Bewertungsrahmen für Geschäftsprozesse

Dimension	Item
Projektspezifische Dimension	Standardprozesse für hohe Vergleichbarkeit
	Kernprozesse für Nutzen der Praxispartner
	IKT-Einbindung
	In-House

Ergebnisse

Bewertung Modellierungssprache

Alle Ergebnisse basieren auf den in Kapitel 3 ausgearbeiteten Bewertungsrahmen. Anfänglich wurde eine Liste mit möglichen Sprachen aus einer breiten Literaturliste zusammengetragen. Diese Liste umfasste die Sprachen BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation), EPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette), das UML 2.0 Aktivitätsdiagramm (Unified Modeling Language), IDELO (Integrated DEfinition Method), Petrinetze und RAD (Role Activity Diagram). Nach einer ersten Bewertungsrunde wurden BPMN, EPK und UML für eine detaillierte Untersuchung ausgewählt.

Beschreibung der untersuchten Sprachen

Business Process Model and Notation

BPMN wurde von der Business Process Management Initiative (BPMI) entwickelt, einem Verbund mehrerer Softwareunternehmen. Die erste Version wurde von Stephen A. White,

einem Mitarbeiter des Unternehmens IBM entwickelt und 2004 veröffentlicht. Im Jahr 2006 wurde der Standard von der Object Management Group (OMG) anerkannt (Allweyer, 2009).

BPMN ist eine semi-formale Sprache und richtet sich an alle beteiligten Personen im Prozessmanagement, sowohl der fachlichen als auch der technischen Ebene (Gadatsch, 2010). Somit trägt sie dazu bei, die Lücke zwischen Business und IT bzw. Geschäftsprozessmodellierung und dessen Implementierung zu überbrücken. Dies wird dadurch gewährleistet, dass sie dabei die besten Konzepte anderer Geschäftsprozessmodellierungssprachen wie UML-Aktivitätsdiagramm, Integrated Definition (IDEF) und EPK vereint (Briol, 2008).

Die Komplexität der wesentlichen Symbole ist mit denen der EPK vergleichbar, aber auf Grund der Vielzahl an Spezialsymbolen steigt diese erheblich an und kann schnell unübersichtlich werden. Durch diese Komplexität ist BPMN sehr ausdrucksstark und eignet sich für die detaillierte Darstellung komplexer Prozesse. Weiterhin kann sie direkt in eine Ausführungssprache, bspw. der Business Process Execution Language (BPEL) übersetzt werden (Briol, 2008). Für die grafische Abbildung der Geschäftsprozesse werden Business Process Diagrams (BPD) mit ihren dazugehörigen Elementen verwendet. Die verfügbaren Elemente können in vier Kategorien eingeteilt werden, Flow Objects, Connecting Objects, Swimlanes und Artifacts.

In der Verwendung von Swimlanes liegt ein Vorteil, da damit genau abgebildet werden kann, wer für welche Aktivität verantwortlich ist. Damit können bereichsübergreifende Prozesse sowie deren Schnittstellen mit den dazugehörigen organisatorischen Zuständigkeits- bzw. Verantwortungsbereichen abgebildet und identifiziert werden. Eine weitere Stärke von BPMN ist die weite Verbreitung und die relativ einfache Erlern- und Anwendbarkeit. Zudem eignet sie sich besonders, um strukturierte bzw. formalisierte Sachverhalte abzubilden. Als Schwächen kann die mangelnde Unterstützung für die Abbildung von schwach strukturierten Prozessen identifiziert werden. Weiterhin ist es nicht möglich, kommunikationsspezifische Sachverhalte differenziert zu visualisieren (Schütze, 2009).

Ereignisgesteuerte Prozesskette

Die EPK wurde Anfang 1992 von Keller, Nüttgens und Scheer entwickelt (Keller et al., 1992). Sie basiert auf Petri-Netzen und kann in unterschiedlichen Abstraktionsebenen dargestellt werden (Gadatsch, 2010). Diese Modellierungstechnik hat sich als meistverwendete semi-formale Methode zur Geschäftsprozessmodellierung in der Praxis durchgesetzt. Die EPK veranschaulicht einen Kontrollfluss und ist somit von oben nach unten zu lesen.

Die Notation der EPK besteht zwar aus wenigen Elementen, trotzdem können damit komplexe Geschäftsprozesse abgebildet werden (Abts et al., 2010). Sie umfasst Ereignis, Funktion, logische Operatoren, organisatorische Einheit, Informationsobjekt, Anwendungssystem, Kontrollfluss, Datenfluss, Zuordnung und Prozesswegweiser.

Im Zentrum der EPK steht die Funktion, welche als „Verrichtung an einem Objekt zur Unterstützung eines oder mehrerer Ziele“ definiert wird (Scheer, 2002). Jeder Geschäftsprozess beginnt und endet mit einem Ereignis bzw. einer Prozessschnittstelle. Im Verlauf der EPK wechseln sich immer Ereignisse und Funktionen ab, welche mit Kanten verbunden sind. Die Ausführung einer Funktion kann Informationen benötigen bzw. erzeugen, zudem können die verantwortlichen und beteiligten Organisationseinheiten und Mitarbeiter kenntlich gemacht werden.

Vorteile der EPK-Notation sind zum einen die gute Nachvollziehbarkeit und Veranschaulichung von Geschäftsprozessen, wodurch gewährleistet wird, dass auch IT-Laien

diese verstehen können. Weiterhin ist die EPK anwendungsübergreifend. Das bedeutet, dass damit nicht nur die Abläufe innerhalb eines Softwaresystems, sondern auch Prozesse zwischen verschiedenen Systemen und Unternehmen dargestellt werden können. Weiterhin wird mittels der unterschiedlichen Notationselemente gewährleistet, dass die unterschiedlichsten Aspekte von Prozessen veranschaulicht werden können. Durch die Verwendung von organisatorischen als auch informationstechnischen Notationselementen können Geschäftsprozesse sowohl betriebswirtschaftlich als auch hinsichtlich der Unterstützung durch Informationssysteme betrachtet werden (Allweyer, 2005).

Allerdings ist die Verwendung von EPK-Modellen auch mit Nachteilen verbunden, denn obwohl die Notationselemente verständlich sind, ist für die Erstellung von aussagekräftigen und nützlichen EPK-Modellen ein hoher Schulungs- und Einarbeitungsaufwand erforderlich. Ein weiterer Schwachpunkt ist die zu geringe Spezifikation der Bedeutung von bestimmten Notationselementen, welches zu unterschiedlichen Interpretationen der EPK-Modelle führen kann. Ebenso müssen die Nutzer die für sie geeigneten Notationselemente auswählen und bestimmte Modellierungskonventionen definieren.

UML-Aktivitätsdiagramm

UML-Aktivitätsdiagramme stellen eine weitere Möglichkeit dar, Geschäftsprozesse zu modellieren. Die UML wurde von Grady Booch, James Rumbaugh und Ivar Jacobson entwickelt, welche ihren Entwurf 1997 bei der OMG einreichten, um daraus einen einheitlichen Standard zu entwickeln. Seitdem wird UML von der OMG weiterentwickelt und befindet sich derzeit in der Version 2.3 (Pilone / Pitman, 2006). Mit Hilfe von UML-Aktivitätsdiagrammen lassen sich die dynamischen Aspekte eines Systems abbilden. Die Arbeitsabläufe in einem Geschäftsprozess werden dabei als Aktivitäten dargestellt, welche Schritt für Schritt abgearbeitet werden (Booch et al., 2006). Neben der Ablaufreihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte können mit UML-Aktivitätsdiagrammen auch Wertflüsse zwischen den einzelnen Aktivitäten dargestellt werden. Dies ist vor allem in Hinsicht auf die spätere technische Umsetzung von Bedeutung. Ein wesentlicher Bestandteil des Aktivitätsdiagramms sind die Aktionen. Durch den Einsatz von Aktionen werden auf elementarer Ebene Operationen auf den zugrundeliegenden Objekten durchgeführt. Schlussfolgernd besitzen UML-Aktivitätsdiagramme somit einen technischen Bezug mit einer feinen Granularität der Arbeitsabläufe. Entscheidungen innerhalb eines Geschäftsprozesses werden in UML-Aktivitätsdiagrammen durch Verzweigungen dargestellt. Es besteht die Möglichkeit, den Prozess durch unterschiedliche Verzweigungen fortzusetzen, wobei nach einer Verzweigung mindestens zwei Pfade entstehen müssen (Booch et al., 2006). Zudem ist es möglich, mit Hilfe einer Verzweigung in einen früheren Aktionszustand zu gelangen, hierdurch lassen sich beispielsweise Warteschleifen modellieren, welche bis zum Eintreten eines gewünschten Ereignisses durchlaufen werden.

Veranschaulichung der Fallbeispiele

Im Folgenden wird jeweils der gleiche Ausschnitt aus den erarbeiteten Fallbeispielen in BPMN, EPK und UML-Aktivitätsdiagramm veranschaulicht. Der gewählte Ausschnitt ist folgender:

Eine Anfrage von einem Kunden trifft per Email oder Fax ein. Folgend wird überprüft ob es sich um einen bestehenden Kunden oder Neukunden handelt. Wird ein Neukunde festgestellt, so werden dessen Daten aufgenommen. Anschließend wird die Anfrage von der Auftragsannahme aufgenommen, bearbeitet und geprüft. Die Prüfung kann ergeben, dass die Anfrage möglich oder nicht möglich ist, da die Rohstoffe am Markt nicht verfügbar sind.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Ausschnitt des BPMN Fallbeispiels.

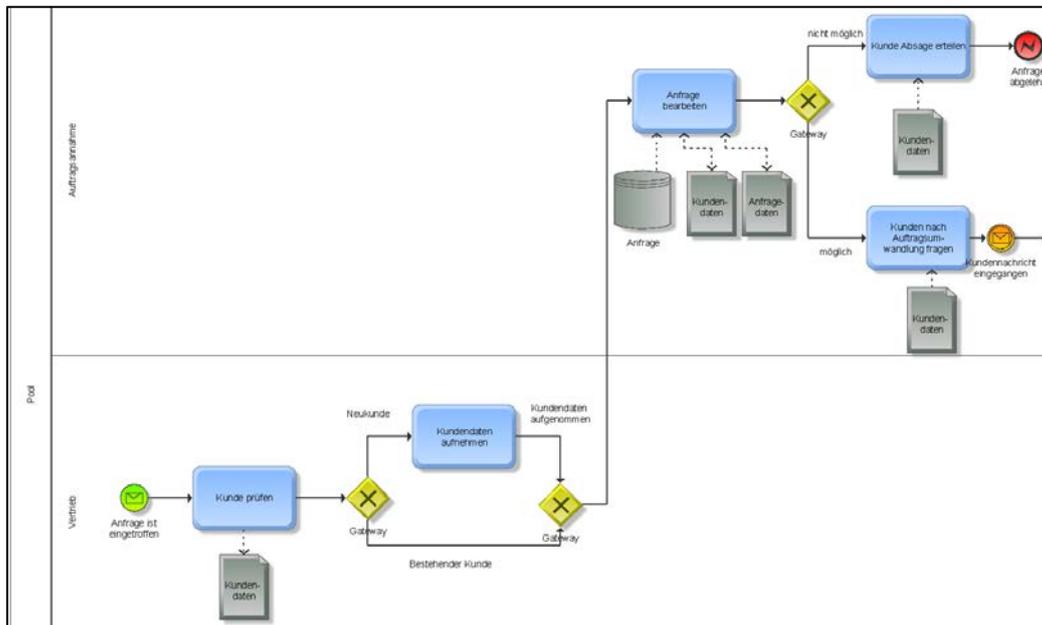


Abbildung 4: Ausschnitt BPMN Fallbeispiel

Die folgende Abbildung 5 veranschaulicht den Ausschnitt aus dem EPK-Ergebnismodell. Wird diese mit dem BPMN-Ergebnismodell verglichen, werden die Vorteile von BPMN gegenüber EPK deutlich. Anhand der Swimlanes können sofort die Verantwortlichkeiten bzw. Zuständigkeitsbereiche identifiziert werden. Zudem ist es mittels der speziellen Events möglich, genau und übersichtlich zu modellieren. So wird das Verständnis des Betrachters gefördert, bspw. das Message-Start-Event „Anfrage ist eingetroffen“ und „Kundennachricht eingegangen“. Diese verdeutlichen, dass hier die Aktion vom Kunden ausgeht.

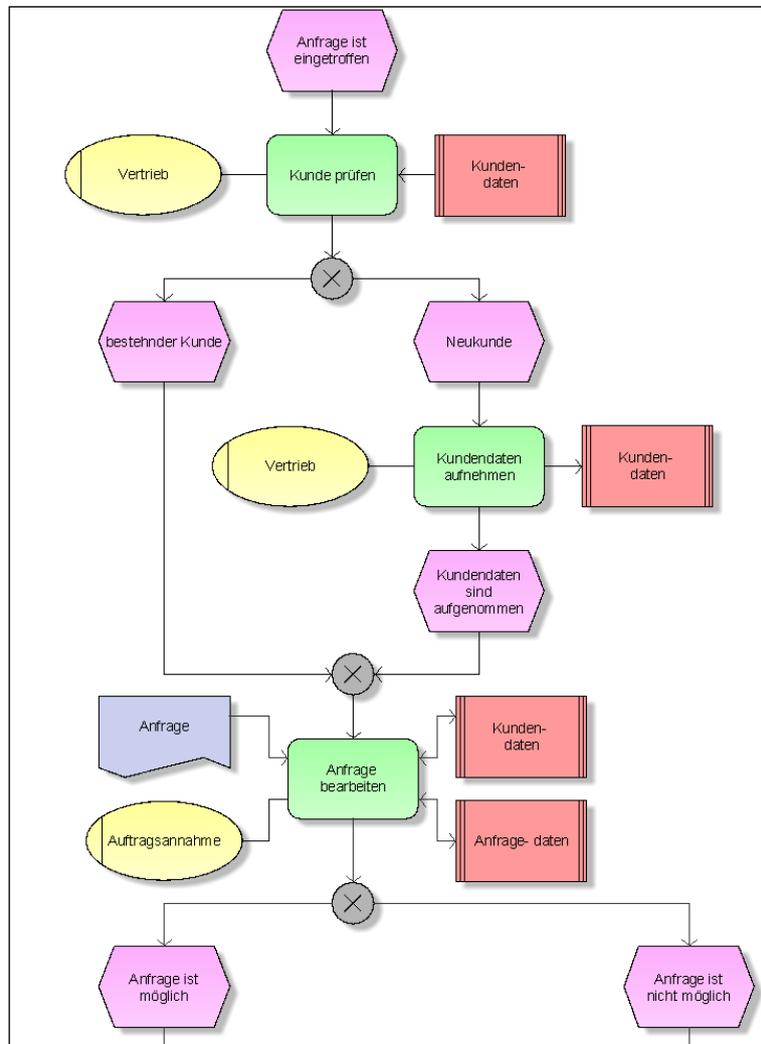


Abbildung 5: Ausschnitt EPK-Fallbeispiel

Abbildung 6 schließlich beinhaltet den gleichen Ausschnitt im UML-Aktivitätsdiagramm.

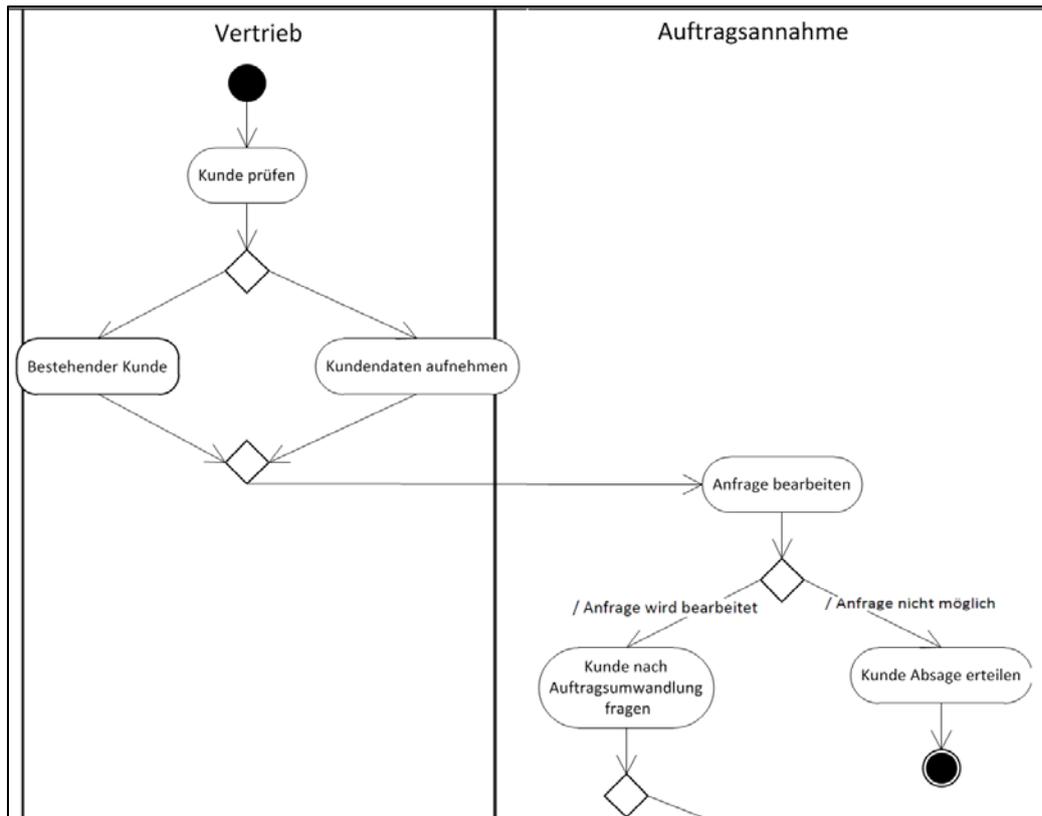


Abbildung 6: Ausschnitt UML-Fallbeispiel

Ergebnisse der formalen Bewertung

Die modellierten Diagramme wurden einer Reihe Testpersonen gezeigt und die einzelnen Kriterien mittels Interviews abgefragt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten zusammengefasst. Eine Bewertung kann drei Ausprägungen minus 1 (-), null (o) oder plus 1 (+) annehmen.

Kognitive Dimension - Unterscheidbarkeit

Die Unterscheidbarkeit beschreibt, wie sich die einzelnen Notationselemente in einem Ergebnismodell unterscheiden lassen. Beeinflusst wird dies durch die drei Faktoren Größe, Kontrast und Nähe der Notationselemente. Grundsätzlich können die Faktoren Größe der Notationselemente, sowie Nähe vom Modellierer beeinflusst werden. Die Unterstützung zur Anpassung dieser Faktoren ist im Wesentlichen abhängig von dem verwendeten Modellierungswerkzeug, womit die Modelle erstellt werden. Bei den Geschäftsprozessmodellierungssprachen EPK und BPMN werden Farben für die jeweiligen Notationselemente vorgegeben, das UML-Aktivitätsdiagramm hingegen sieht keine Verwendung von Farben vor. Aus diesem Grund wird das UML-Aktivitätsdiagramm im Gegensatz zu EPK und BPMN mit einem - bewertet.

Kognitive Dimension – Limitierte Wahrnehmung

Mit steigender Anzahl der dargestellten Elemente steigt der Grad der Komplexität, wodurch gleichzeitig die Fähigkeit des Betrachtenden sinkt, das Diagramm in seiner Gesamtheit visuell zu erfassen. Die Geschäftsprozessmodellierungssprachen sollten die Möglichkeit bieten, den Geschäftsprozess in mehrere Teilprozesse zu untergliedern. Bei EPK besteht die Möglichkeit, einer Funktion innerhalb eines Ergebnismodells, einen weiteren Prozess zuzuordnen. Hierdurch lassen sich die Geschäftsprozesse zunächst grobgranular abbilden

und bei bestehender Notwendigkeit durch weitere Unterdiagramme feingranular vervollständigen. Die Problematik besteht in der Darstellung von Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Teilprozessen, die Erfassung aller einzelnen Funktionen in ihrer Gesamtheit ist somit nicht möglich.

Analog zur EPK lassen sich bei BPMN ebenfalls Funktionen als Subprozesse darstellen, welche grobgranulare Funktionen durch feingranulare ersetzen. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber der EPK besteht dabei durch das Einblenden der Funktionen an der entsprechenden Stelle innerhalb des eigentlichen Diagramms. Die Möglichkeiten bei UML-Aktivitätsdiagrammen gleichen denen einer EPK, im Vergleich zur EPK besitzen UML-Aktivitätsdiagramme jedoch schon durch ihre technische Ausrichtung einen feingranularen Aufbau. Daraus folgt die Bewertung von BPMN mit einem + und die von EPK und UML-Aktivitätsdiagramm mit o.

Kognitive Dimension – Direkte Wahrnehmung

Die direkte Wahrnehmung gibt wieder, ob der Betrachtende das Ergebnismodell bei der direkten Betrachtung in seiner Gesamtheit erkennen kann. Eine genaue Abgrenzung ist aufgrund des fachlichen Hintergrunds der Beteiligten nur schwer möglich. Im Allgemeinen lässt sich jedoch die Aussage treffen, dass sich die EPK aufgrund der nicht-technischen Ausrichtung und dem geringen Umfang an Notationselementen leichter erschließen lässt. BPMN lässt sich wegen des höheren Abstraktionsniveaus ebenfalls leicht erschließen, der Umfang der Basis-Notationselemente ist vergleichbar mit denen der EPK. Gegenüber EPK und BPMN besitzt das UML-Aktivitätsdiagramm eine technische Ausrichtung, der Umfang der Notationselemente ist ähnlich zu denen der EPK und BPMN. Daraus resultiert die gleiche Bewertung aller drei Geschäftsprozessmodellierungssprachen mit o.

Kognitive Dimension – Struktur

Die Struktur gibt Aufschluss über die Gruppierung der Notationselemente innerhalb der jeweiligen Diagrammtypen. Es sollten jeweils nur die Elemente zur Verfügung gestellt werden, welche zur Erstellung der Modelle notwendig sind. Je mehr Notationselemente zur Verfügung gestellt werden, desto weniger Diagramme werden benötigt, um den jeweiligen Geschäftsprozess eindeutig beschreiben zu können. Grundsätzlich bieten alle drei Geschäftsprozessmodellierungssprachen Notationselemente wie bspw. Aufgaben und Ereignisse, mit denen sich ein Geschäftsprozess beschreiben lässt. Die Erweiterung der Modelle durch zusätzliche Notationselemente dient der Vermeidung von Zweideutigkeiten. Sowohl EPK als auch UML-Aktivitätsdiagramm bieten hierbei einen vergleichbaren Umfang zur Erweiterung der Modelle. BPMN hingegen verfügt über eine höhere Anzahl an weiteren Notationselementen, wodurch sich der Geschäftsprozess exakter beschreiben lässt. Dies führt dazu, dass BPMN mit + und EPK und UML-Aktivitätsdiagramm mit - bewertet wird.

Kognitive Dimension – Identifikation

Die Identifikation beschreibt die Ähnlichkeit der dargestellten Modelle mit dem eigentlichen Geschäftsprozess. Hierbei werden zwei Aspekte betrachtet, zum einen, inwieweit das Modell den Geschäftsprozess beschreibt, wobei die Beschreibung eindeutig sein sollte und die Beschreibung dem Anwendungsbereich entsprechend erfolgt. Zum anderen die einzuhaltenden grafischen Konventionen, um ein valides Modell zu erstellen. Die Bedeutung der einzelnen Notationselemente wird bei keiner Geschäftsprozessmodellierungssprache explizit erläutert, die Bedeutung muss dem Betrachter bekannt sein. Die Ausrichtung der Notationselemente am Geschäftsprozess ist bei allen drei Modellierungssprachen im gleichen Umfang vorhanden. Eine Legende über die verwendeten Notationselemente ist bei

keiner Geschäftsprozessmodellierungssprache fester Bestandteil. Daraus leitet sich die gleiche neutrale Bewertung ab.

Kognitive Dimension – Ausdrucksfähigkeit

Das Kriterium Ausdrucksfähigkeit beschreibt, welche visuellen Elemente verwendet werden, um den Geschäftsprozess darzustellen. Alle Modellierungssprachen verwenden zur Darstellung von Geschäftsprozessen Formen, welche das jeweilige Notationselement darstellen. Die Unterscheidbarkeit wird bei den drei Geschäftsprozessmodellierungssprachen auf unterschiedliche Art und Weise erreicht. Die EPK bildet die dazugehörigen Elemente durch farbliche Abgrenzungen und unterschiedliche Formen voneinander ab. Die Beteiligten, welche die Notation von EPKs bereits kennen, können somit sofort erkennen, wofür die jeweiligen Elemente verwendet werden. Bei BPMN werden ebenfalls farbliche Abgrenzungen eingesetzt, um die unterschiedlichen Notationselemente voneinander abzugrenzen. Die Notationselemente besitzen dabei ein anderes Farbschema als EPKs, dies führt dazu, dass sich diese beiden Geschäftsprozessmodellierungssprachen nicht nur anhand der Notationselemente, sondern auch durch die Farbgebung unterscheiden. Somit wird einer Verwechslung vorgebeugt.

Beim UML-Aktivitätsdiagramm wird auf den Einsatz farblicher Hervorhebung grundlegend verzichtet, die einzelnen Notationselemente unterscheiden sich somit nur in ihrer Form, wodurch die Unterscheidbarkeit gegenüber EPK und BPMN schlechter ausfällt.

Zusammenfassend lassen sich EPK und BPMN somit annähernd gleich gut unterscheiden und durch unterschiedliche Farbschemata werden sogar die Geschäftsprozessmodellierungssprachen voneinander abgegrenzt, daraus resultiert die positive Bewertung. Da das UML-Aktivitätsdiagramm auf eine Farbgebung verzichtet, sich aber die einzelnen Notationselemente in ihrer Form unterscheiden, wird es neutral bewertet.

Kognitive Dimension – Einfachheit

Die Einfachheit der Modellierungssprache wird im Wesentlichen durch die Anzahl der verwendeten Notationselemente bestimmt. Es wird davon ausgegangen, dass ein Mensch durch das direkte Betrachten sechs unterschiedliche Notationselemente unterscheiden kann. Die Anzahl der Notationselemente liegt jedoch bei allen Geschäftsprozessmodellierungssprachen deutlich darüber, BPMN umfasst insgesamt 96 Notationselemente, EPK 20 und das UML-Aktivitätsdiagramm 13 Notationselemente. Schlussfolgernd ergibt sich, dass eine hohe Abweichung bei der Anzahl von Notationselementen mit einer geringen Einfachheit verbunden ist. BPMN weicht am stärksten ab und wird daher negativ bewertet. EPK wird neutral bewertet, da die tatsächlich verwendete Anzahl der Notationselemente meist deutlich geringer ist. Das UML-Aktivitätsdiagramm wird positiv bewertet, da es die wenigsten Notationselemente beinhaltet.

In den folgenden Absätzen werden die einzelnen Perspektiven der technischen Dimension bewertet.

Technische Dimension - Funktionelle Perspektive

Die funktionelle Perspektive wird durch die Unterstützung von Aktivitäten und Teilprozessen bestimmt. Aktivitäten lassen sich innerhalb einer EPK durch sogenannte Funktionen darstellen. Funktionen stellen eine komplexe Tätigkeit dar, welche sich auf grob-granularer Ebene befinden, wobei Funktionen selbst nicht weiter in verschiedene Kategorien unterteilt

werden. Zur Realisierung von Teilprozessen ist es möglich Funktionen auf einer weiteren Abstraktionsebene zu modellieren, welche anschließend in die Funktion eingeht; eine direkte Integration der Teilprozesse in die EPK ist nicht möglich. Gegenüber der EPK werden die Aktivitäten bei BPMN als Tasks bezeichnet. Neben allgemeinen Tasks existieren zusätzliche sieben Typen, mit denen sich die durchzuführenden Aktivitäten genauer definieren lassen (BPMN, 2011). Teilprozesse werden bei BPMN als sogenannte Subprozesse dargestellt, diese werden direkt innerhalb eines BPDs eingefügt, bei Bedarf können die einzelnen Tasks des Teilprozesses angezeigt oder auch ausgeblendet werden.

Beim UML-Aktivitätsdiagramm werden Aktivitäten zusätzlich durch die zu verarbeitenden Daten ergänzt. Analog zu BPMN können Teilprozesse direkt innerhalb einer Aktivität dargestellt werden, es befinden sich somit alle relevanten Informationen direkt im UML-Aktivitätsdiagramm. Aus den vorher aufgezeigten Gründen ergibt sich folgende Bewertung, die in Tabelle 5 veranschaulicht ist.

Tabelle 5: Bewertung der funktionellen Perspektive

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Funktionelle Perspektive	Summe	0	2	1
	Aktivität	0	+	0
	Teilprozess	0	+	+

Technische Dimension - Verhaltensbezogene Perspektive

Zur Modellierung von Geschäftsprozessen ist es notwendig, mögliche Entscheidungen innerhalb der Modelle abbilden zu können. Hierzu werden die Aktivitäten mit Hilfe von aussagenlogischen Operatoren miteinander verbunden. Im Kontext der Geschäftsprozessmodellierung sind in diesem Zusammenhang vor allem die Konjunktion (UND-Verknüpfung), die Adjunktion (ODER-Verknüpfung) und die Disjunktion (XODER-Verknüpfung) von Ereignissen von Relevanz. Die EPK bietet die Möglichkeit, mit Hilfe der drei genannten Verknüpfungen Aktivitäten miteinander zu verbinden. Bemerkenswert ist an dieser Stelle, dass eine Verknüpfung aus mehreren Funktionen bestehen kann und nach einem logischen Operator stets ein Ereignis folgen muss. Daraus ergibt sich die neutrale Bewertung der EPK. BPMN unterstützt neben den drei genannten Operatoren weitere logische Operatoren, welche innerhalb BPMN als Gateway bezeichnet werden. Daraus resultieren die positiven Bewertungen. Beim UML-Aktivitätsdiagramm werden diese ebenso wie bei BPMN als Gateway dargestellt, in Bezug auf die technische Ausrichtung von UML beziehen sich Entscheidungen in der Regel auf den Wahrheitswert einer Aussage, jedoch lassen sich auch komplexe Entscheidungen modellieren. Dies führt zu einer neutralen Bewertung des UML-Aktivitätsdiagramms. Die Bewertung wird in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Bewertung der verhaltensbezogenen Perspektive

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Verhaltensbezogene Perspektive	Summe	0	3	0
	UND	0	+	0
	ODER	0	+	0
	XOR	0	+	0

Technische Dimension - Informelle Perspektive

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie sich Informationen innerhalb der Diagramme darstellen lassen. Ereignisse sind in der EPK ein Geschäftsprozess auslösendes Element, welche ebenfalls nach Ausführung von Funktionen auftreten.

BPMN hingegen kennt mehrere Unterarten von Ereignissen, welche auch Events genannt werden. Insgesamt werden 59 Events bereitgestellt, aufgrund der hohen Anzahl kann im Folgenden nicht auf jedes Event eingegangen werden. In UML-Aktivitätsdiagrammen werden Ereignisse lediglich als Token an den Transitionen zwischen den unterschiedlichen Aktivitäten dargestellt. Die Darstellung des Datenflusses erfolgt bei der EPK mittels Transitionen zwischen den einzelnen Funktionen, wobei wie bereits erwähnt zu beachten ist, dass mehrere Funktionen nicht direkt aufeinanderfolgen, sondern durch Ereignisse getrennt werden. In BPMN wird der Datenfluss mit Hilfe von Associations modelliert, welche zwischen den einzelnen Tasks verlaufen, der Datenfluss kann dabei unidirektional, aber auch bidirektional modelliert werden (BPMN, 2011). Das UML-Aktivitätsdiagramm stellt neben den jeweiligen Aktivitäten auch die dazugehörigen Informationsobjekte dar, zwischen welchen der Datenfluss erfolgt. Zusätzlich besteht innerhalb von UML-Aktivitätsdiagrammen die Möglichkeit den Datenfluss durch sogenannte Selections zu steuern. Informationsressourcen werden in der EPK als Informationsobjekte dargestellt, die Informationsobjekte selbst bestehen wiederum aus Entity-Relationship-Model-Elementen, welche separat detailliert modelliert werden. BPMN nutzt bei der Darstellung von Informationsressourcen Data Objects, diese beinhalten den Zustand des jeweiligen Objekts. Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, Data Objects zu einer Collection zusammenzufassen. Das UML-Aktivitätsdiagramm verwendet hierzu Object Nodes, welche eine Instanz einer Klasse darstellen, die für den jeweiligen Zweck der zugehörigen Aktivität verwendet wird. Zur Anbindung von Web-Services werden bei der EPK keine Möglichkeiten zur Verfügung gestellt, dies ist vor allem auf das Alter der Modellierungssprache zurückzuführen. Es ist jedoch möglich, Anwendungssysteme in die EPK zu integrieren. Bei BPMN werden zum Aufruf von Web-Services sogenannte Service Tasks verwendet, welche ebenso wie normale Tasks innerhalb des Modells verwendet werden können. Das UML-Aktivitätsdiagramm beherrscht innerhalb des Standards nicht die Darstellung von Web-Services. Es besteht jedoch theoretisch die Möglichkeit, das Meta-Modell zu erweitern. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sämtliche Modellierungssprachen in der Lage sind, die benötigten Informationen bis auf wenige Ausnahmen darzustellen. BPMN bietet hierbei aber die besten Möglichkeiten, woraus die Bewertung mit vier Punkten resultiert. Da EPK und UML-Aktivitätsdiagramm die Software-Ressource nicht unterstützen, werden diese in dieser Kategorie negativ bewertet. Die Tabelle 7 fasst die einzelnen Bewertungen zusammen.

Tabelle 7: Bewertung der informellen Perspektive

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Informelle Perspektive	Summe	0	4	1
	Ereignis	0	+	0
	Datenfluss	0	+	+
	Informationsressource	+	+	+
	Softwareressource	-	+	-

Technische Dimension - Organisatorische Perspektive

Die organisatorische Perspektive befasst sich mit der Möglichkeit der Darstellung der Aufbauorganisation in Verbindung mit den Geschäftsprozessen. Die Zuständigkeiten von Aufgaben in Geschäftsprozessen in einer EPK werden durch sogenannte Organisationseinheiten festgelegt. In der Organisationseinheit wird mit Hilfe eines Organigramms die Aufbauorganisation dargestellt und den Mitarbeitern die dazugehörigen Rollen und Aufgaben zugeordnet. Eine Unterscheidung zwischen internen und externen Mitarbeitern wird nicht getroffen, es werden lediglich interne Mitarbeiter modelliert. Gegenüber EPK werden bei BPMN die Aktivitäten direkt in die Zuständigkeitsbereiche der einzelnen Organisationseinheiten eingegliedert. BPMN nutzt hierzu sogenannte Pools, in

denen sich die Aktivitäten befinden. Es ist somit direkt im Ergebnismodell ersichtlich, von wem die einzelnen Aktivitäten ausgeführt werden. Dies ermöglicht auch das Modellieren externer und interner Aktivitäten. Analog zu BPMN werden bei UML-Aktivitätsdiagrammen ebenfalls Pools eingesetzt, jedoch werden diese nicht als Pool bezeichnet, sondern als Partition. Die Eigenschaften von Partitions gleichen denen der Pools, es existiert lediglich ein kleiner optischer Unterschied: Der sequentielle Verlauf bei Pools erfolgt in der Regel horizontal (vertikal ebenfalls möglich), der Sequenzfluss innerhalb von UML-Aktivitätsdiagrammen verläuft hingegen vertikal. Im Wesentlichen bestehen die Unterschiede somit in der Art und Weise, wie die Organisationsstrukturen im Kontext des Geschäftsprozesses dargestellt werden. Einzig auf die fehlende Unterstützung bei der Darstellung von externen und internen Mitarbeitern bei EPK sei an dieser Stelle nochmals hingewiesen, wodurch die negative Bewertung resultiert. Die verbesserte Darstellung durch die Pools in BPMN und UML-Aktivitätsdiagramm fördert das Verständnis des Ergebnismodells, dies bedingt die positive Bewertung dieser Geschäftsprozessmodellierungssprachen. Tabelle 8 fasst die Bewertung der Kriterien zusammen.

Tabelle 8: Bewertung der organisatorischen Perspektive

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Organisatorische Perspektive	Summe	-1	2	2
	Extern	-	0	0
	Intern	0	0	0
	Organisationseinheit	0	+	+
	Rolle	0	+	+
	Software	0	0	0

Technische Dimension - Unterstützende Perspektive

Die unterstützende Perspektive widmet sich Kriterien über den praktischen Einsatz der ausgewählten Geschäftsprozessmodellierungssprachen. Zunächst soll die Unterstützung durch Modellierungswerkzeuge näher untersucht werden. Die Entwicklung der EPK wurde, wie bereits in Kapitel drei beschrieben, vor allem im deutschsprachigen Raum vorangetrieben. Die EPK wird vorrangig in der Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)-Softwaresuite der Software AG verwendet, in der sie neben anderen Modellierungssprachen zur Vervollständigung des ARIS-Konzepts genutzt wird. Neben ARIS besitzt die EPK einen eher geringen Verbreitungsgrad, was sich vor allem in der fehlenden Unterstützung durch andere Softwarehersteller äußert. BPMN wird hingegen vom OMG-Konsortium betreut. Die OMG listet hierzu auf der eigenen Webpräsenz eine Liste von Softwarehersteller auf, die BPMN in ihren Produkten implementiert haben. Momentan werden Software-Werkzeuge von 76 Softwareherstellern (teilweise auch kostenlos) zur Verfügung gestellt. Beim UML-Aktivitätsdiagramm handelt es sich ebenso wie bei BPMN um einen Standard des OMG Konsortiums. Durch den allgemein hohen Verbreitungsgrad von UML sind auch die dazugehörigen Aktivitätsdiagramme weit verbreitet. Eine Liste mit auf den marktbehafteten UML-Werkzeugen, welche auch das Aktivitätsdiagramm unterstützen, sind nach OOSE (2011) momentan 38 UML-Werkzeuge erhältlich. Aus den im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Gründen wird EPK negativ, BPMN positiv und das UML-Aktivitätsdiagramm neutral im Kriterium Werkzeugunterstützung bewertet.

Die Austauschbarkeit der verwendeten Geschäftsprozessmodellierungssprachen hängt im Wesentlichen von der Repräsentation ab, mit der die Daten persistent gespeichert werden. Alle drei Modellierungssprachen verwenden zur Darstellung ein Extensible Markup Language (XML)-Format. Ein wesentlicher Vorteil besteht in der möglichen Transformation, bspw. mittels der Extensible Stylesheet Language (XSL) in andere Modellierungssprachen. Die OMG

stellt zu den standardisierten Modellierungssprachen ausführliche Informationen zu den dazugehörigen XML-Definitionen zur Verfügung, hierdurch wird auch die Interoperabilität zwischen einzelnen Modellierungswerkzeugen besser gewährleistet. Die EPK, welche vor allem durch die Software AG in ARIS entwickelt wird, verwendet ein eigenes Format. Daraus resultiert bei der EPK die negative Bewertung, da BPMN und das UML-Aktivitätsdiagramm offene Standards verwenden, werden diese jeweils positiv bewertet.

Es existieren durch das breite Anwendungsspektrum keine repräsentativen Aussagen über den Verbreitungsgrad. Der Verbreitungsgrad ist vor allem in hinsichtlich der jeweiligen Fachrichtung unterschiedlich, während die EPK vorrangig in fachlichen Modellen Verwendung findet, werden UML-Aktivitätsdiagramm häufig in technischen Modellen verwendet. BPMN versucht dabei beide Fachrichtungen innerhalb eines Modells zu vereinen, wobei festzustellen ist, dass alle drei Geschäftsprozessmodellierungssprachen in ihren Bereichen eine hohe Verbreitung haben. Zudem hat sich die EPK in der Praxis durchgesetzt. Daraus resultiert die positive Bewertung der EPK. BPMN und das UML-Aktivitätsdiagramm werden ebenfalls positiv bewertet, weil diese offene Standards sind und durch viele Modellierungswerkzeuge unterstützt werden.

Der derzeitige Standard zur automatischen Ausführbarkeit von Geschäftsprozessen auf Workflow-Engines stellt BPEL dar. Mit Verabschiedung von BPMN 2.0 wurden sowohl Beschreibungssemantik, als auch Ausführungssemantik von BPEL in den Standard integriert, demnach ist ein Mapping auf eine BPEL-Workflow-Engine gewährleistet. Eine EPK lässt sich beispielsweise mit ARIS for SAP und der SAP Exchange Infrastructure nach BPEL 1.1 umsetzen (SAG, 2011). Für die Umsetzung von UML-Aktivitätsdiagrammen existieren ebenfalls Software-Werkzeuge, welche eine Umsetzung in BPEL ermöglichen. Durch die Integration von BPEL in BPMN 2.0 wird BPMN positiv bewertet. Da ebenfalls Möglichkeiten bestehen EPK und das UML-Aktivitätsdiagramm in BPEL umsetzen, diese aber keinen hohen Standardisierungsgrad aufweisen, werden diese neutral bewertet. Tabelle 9 veranschaulicht die zuvor erläuterten Bewertungen.

Tabelle 9: Bewertung der unterstützenden Perspektive

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Unterstützende Perspektive	Summe	-1	4	2
	Werkzeugunterstützung	-	+	0
	Austauschbarkeit	-	+	+
	Verbreitungsgrad	+	+	+
	Automatische Ausführbarkeit	0	+	0

Eine zusammenfassende Übersicht der Bewertung der formalen Kriterien an eine Geschäftsprozessmodellierungssprache gibt Tabelle 10.

Tabelle 10: Bewertung der formalen Kriterien

Dimension / Perspektive	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Kognitive Dimension (50%)	Summe	0	2	-1
	Unterscheidbarkeit	0	0	-
	Limitierte Wahrnehmung	0	+	0
	Direkte Wahrnehmung	0	0	0
	Struktur	-	+	-
	Identifikation	0	0	0
	Ausdrucksfähigkeit	+	+	0
	Einfachheit	0	-	+
Technische Dimension (50%)	Summe	-0,8	3	1,2
Funktionelle Perspektive (20%)	Summe	0	2	1
	Aktivität	0	+	0
	Teilprozess	0	+	+
Organisatorische Perspektive (20%)	Summe	-1	2	2
	Intern	-	0	0
	Extern	0	0	0
	Organisationseinheit	0	+	+
	Rolle	0	+	+
	Software	0	0	0
Verhaltensbezogene Perspektive (20%)	Summe	0	3	0
	AND	0	+	0
	OR	0	+	0
	XOR	0	+	0
Informelle Perspektive (20%)	Summe	0	4	1
	Ereignis	0	+	0
	Datenfluss	0	+	+
	Informationsressource	+	+	+
	Softwareressource	-	+	-
Unterstützende Perspektive (20%)	Summe	-1	4	2
	Werkzeugunterstützung	-	+	0
	Austauschbarkeit	-	+	+
	Verbreitungsgrad	+	+	+
	Automatische Ausführbarkeit	0	+	0
Final Score		-0,4	2,5	0,1

Ergebnisse der projektspezifischen Bewertung

Das erste projektspezifische Kriterium an eine geeignete Geschäftsprozessmodellierungssprache war deren Anpassungsfähigkeit. Alle drei der hier untersuchten Modellierungssprachen verfügen über ein frei verfügbares Metamodell und sind somit jederzeit erweiterbar. Sie wurden deswegen alle drei mit einem + bewertet.

Gleiches gilt für die Softwarebindung. Auch wenn die ereignisgesteuerte Prozesskette eng mit der Entwicklung von ARIS verbunden wird, gibt es eine große Zahl von Editoren, die mit dieser Sprache umgehen können. Für BPMN und UML gibt es ebenfalls eine große Auswahl an unterstützenden Tools.

Wegen der höheren Integration verschiedener Notationselemente für Rollen, Software und IKT-Systemen, werden BPMN und UML in dieser Kategorie positiv, EPK nur neutral bewertet.

Die Modellierungssprachen EPK und BPMN waren verschiedenen Mitarbeitern konzeptuell bekannt, so dass diese beiden positiv bewertet wurden, während UML hier neutral eingestuft wird. Eine Zusammenfassung der Bewertung ist in Tabelle 11 abgebildet.

Tabelle 11: Bewertung der projektspezifischen Kriterien

Dimension	Item	EPK	BPMN	UML-Aktivitätsdiagramm
Projektspezifische Dimension	Summe	3	4	3
	Anpassbarkeit	+	+	+
	nicht an Software gebunden	+	+	+
	Verknüpfung mit IKT-Ressourcen und Kennzahlen	0	+	+
	bereits bei den Partnern eingesetzt	+	+	0

Sowohl in der Bewertung der formalen, als auch in der Bewertung der projektspezifischen Kriterien wird BPMN am besten bewertet. Dies deckt sich auch mit den Erfahrungen, die während der Vorbereitungsworkshops gesammelt wurden. Somit wird für die Geschäftsprozessmodellierung im Green-IT-Cockpit-Projekt BPMN im Standard 2.0 ausgewählt.

Bewertung Modellierungssoftware

Auf dem Markt existiert eine immense Anzahl unterschiedlicher Software-Tools für die Geschäftsprozessmodellierung. Allein für die Modellierungssprache BPMN existieren zurzeit Anwendungen von mindestens 70 Anbietern (Object Management Group, 2012). Es ist nicht möglich mit vertretbarem Aufwand alle Lösungen detailliert zu untersuchen, weswegen diese Liste in einer ersten Bewertungsrunde auf sieben Kandidaten eingegrenzt wurde, die dann anhand des Bewertungsrahmens beurteilt wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Bewertung der Softwarelösungen

Dimension	Item	Adonis	ARIS	Bonapart	Eclipse BPMN	jBoss	Prometheus	Yaoqiang
Projektspezifische Dimension	Summe	3	3	3	3	3	2	4
	Prozess- und Ressourcenmodellierung	+	+	+	+	0	0	0
	Unterstützt BPMN	+	+	+	+	+	+	+
	Lizenzkosten ¹	-	+	-	+	+	0	+
	Kompatibilität	0	0	0	+	+	0	+
	XML Im- und Export	+	0	+	0	+	+	+
	Simulationsengine	+	+	+	-	-	0	-

Wie zu sehen ist, war die Bewertung relativ ausgeglichen. Zunächst schien ARIS durch seinen großen Funktionsumfang und die niedrigen Lizenzkosten (für den Forschungsbereich zurzeit kostenlos) der geeignetste Kandidat zu sein. Nach praktischer Evaluation der Software stellte sich aber heraus, dass der XML-Export nicht den BPMN-Spezifikationen entspricht, sondern einem eigenen schlecht dokumentierten Format entstammt. Für eine Umwandlung in BPMN-konforme Dateien hätte so noch ein Parser geschrieben werden müssen, was den Aufwand erheblich erhöht hätte. Schließlich hat sich die Open-Source-Lösung Yaoqiang als guter Kandidat erwiesen. Die Software ist also nicht nur gratis verfügbar, auch der Quellcode steht offen. So könnte die Software im weiteren Verlauf auch an die Anforderungen des

¹ Die Bewertungen für die Lizenzkosten basieren zum Teil auf speziellen Angeboten für Schul- und Forschungseinrichtungen. Sie reflektieren nicht unbedingt die Preise auf dem kommerziellen Markt.

Cockpits angepasst werden. Zusätzlich ist das Programm in Java geschrieben und erreicht damit eine hohe Plattformunabhängigkeit.

Grundlagenworkshop Modellierung

Der Modellierungsworkshop wurde auf einen Zeitrahmen von ca. vier bis fünf Stunden ausgelegt und umfasste mehrere Tagesordnungspunkte.

Zunächst wurden die Teilnehmer mit den Grundlagen der Geschäftsprozessmodellierung vertraut gemacht. Dies umfasste einen Einblick in die Begriffe und Konzepte, sowie beispielhafte Schaubilder. Anschließend erfolgte eine Übungsaufgabe, in der der Prozess „Journal-Publishing“, welcher verbal beschrieben wurde, in BPMN mit Stift und Papier modelliert werden sollte.

Anschließend wurde eine Diskussionsrunde gestartet, welche Prozesse des teilnehmenden Praxispartners im Rahmen des Projekts modelliert und untersucht werden sollen. Dabei wurde von den Forschungspartnern der Vorschlag gemacht, gemäß Kriterienkatalog jeweils einen Kern- und einen Unterstützungsprozess zu betrachten, bei dem die Systemgrenzen klar definiert sind.

Abschließend wurde der Status quo der Prozessmodellierung beim teilnehmenden Praxispartner im Gespräch ermittelt. Hier ging es vor allem um die Frage, ob bereits klar definierte Prozesse bestehen und ob und in welcher Form diese bereits aufgezeichnet wurden, beispielsweise durch Prozessmodelle, Workflow-Diagramme, ausformulierten Aufgabenbeschreibungen etc.

Ausgewählte Geschäftsprozesse

Die Prozessauswahl kam zu folgendem Ergebnis. Bei dem großen Verlagshaus wurde als Kernprozess das E-Publishing bei einer Tageszeitung untersucht. Dieser stellt einen kritischen Prozess im Unternehmen im Rahmen der Digitalisierungsstrategie dar. Das Verlagshaus AG erhebt bereits seit Jahren Nachhaltigkeitskennzahlen für ihren Printbereich und möchte dies nun auf digitale Medien ausweiten. Der Prozess beginnt dabei mit dem Erstellen des Bands (etwaige Rechercharbeiten im Vorfeld werden zunächst nicht betrachtet). Er endet mit der Veröffentlichung auf der Internetpräsenz, da der Weg zum Leser und auch dessen durch das Endgerät verursachte Energieverbrauch nicht gemessen und auch nur vage geschätzt werden kann.

Bei der Behörde wurde der sog. Vollzugsprozess als Kernprozess ausgewählt. Dabei handelt es sich um ein Zulassungsverfahren für pharmazeutische Wirkstoffe. Diese müssen durch die Behörde beurteilt werden, da Wirkstoffreste von Medikamenten von Menschen oder Tieren ausgeschieden und so in den Umweltkreislauf gelangen können. Der Prozess beginnt mit dem Eingang der Wirkstoffprobe und endet mit der Bewertung. Durch die zurzeit vorhandenen Medienbrüche und den Einsatz verschiedener voneinander abgeschotteter Informationssysteme ergibt sich hier im weiteren Verlauf des Projekts vielleicht die Möglichkeit den Prozess nicht nur zu bewerten, sondern zu verbessern.

Bei der KMU wurde als Kernprozess beispielhaft eine MitarbeiterEinstellung betrachtet. Als Unterstützungsprozess wurde bei beiden untersuchten Unternehmen und bei der Behörde der Beschaffungsprozess untersucht.

Zusammenfassung

Für die Modellierung der Geschäftsprozesse im Rahmen des GreenIT Cockpit Projektes wird BPMN 2.0 als Modellierungssprache verwendet. Sie wurde speziell zu diesem Zweck

entwickelt und enthält damit die notwendigen Symbole und eine prozessorientierte Semantik. Dabei ist sie immer noch leicht verständlich und lässt sich durch eine große Anzahl verschiedener Tools abbilden. Als Modellierungstool wird im Projekt die Open-Source-Lösung Yaoqiang verwendet. Sie erfüllt die genannten Anforderungen und ist kostenlos und plattformübergreifend verfügbar. Von den Projektpartnern werden jeweils zwei Prozesse im Rahmen des Projektes modelliert und untersucht, wobei bei jedem der drei Partner ein Kern- und ein Unterstützungsprozess ausgewählt wurden.

Literaturverzeichnis

Abts, D., Frick, D., Mehrrens, M., Mülder, W., Servaes, I., Söhnchen, P., 2010, Masterkurs Wirtschaftsinformatik, Vieweg+Teubner, Wiesbaden.

Allweyer, T., 2005, Geschäftsprozessmanagement, W3L GmbH, Herdecke Bochum.

Allweyer, T., 2009, BPMN 2.0, Introduction to the Standard for Business Process Modeling, 2. Edition, Books on Demand GmbH, Norderstedt.

ARIS, o.V., 2011, ARIS-Methode, ARIS Platform Version 7.1 – Service Release 8 August 2010, documentation.softwareag.com/aris/aris8/method_manual_aris_s.pdf, 06.03.2011.

Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M. (Hrsg.), 2008, Prozessmanagement, Ein Leitfaden zur Prozessorientierten Organisationsgestaltung, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin.

Becker, J., Geschäftsprozessmodellierung, 2010, <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/is-management/Systementwicklung/Hauptaktivitaeten-der-Systementwicklung/Problemanalyse-/Geschäftsprozessmodellierung>, 13.09.2010.

Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J., 2006, Das UML Benutzerhandbuch, Aktuell zur Version 2.0, Addison-Wesley Verlag, München.

BPMI, o.V., 2002, Business Process Modeling Language Specification Version 1.0.

BPMN, o.V., 2011, Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0, <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>, 538, 15.03.2011.

Briol, P., 2008, BPMN, the Business Process Modeling Notation Pocket Handbook, Lulu Press, Morrisville.

Carlsson, S., Johansson, L.-O., Kjellin, H., Wärja, M., 2008, Graphical modeling techniques and usefulness in the Model Driven Arcitecture: Which are the criteria for a “good” Computer independent model?, in: The 31st Information Systems Research Seminar in Scandinavia (IRIS31), IRIS 2008, <http://apachepersonal.miun.se/~vivasp/IRIS31/IRIS31-014.pdf>, 13.09.2011.

Dietzsch, A., 2005, Prozessmodellkennzahlen zur Unterstützung des Prozessmanagements. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 241, S. 55 – 66.

Dobrindt, M., Schumann, M., 2004, BMBF-Projekt: Konzepte innovativer Arbeitspolitik : Teilprojekt: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Reorganisationsprojekten zur Arbeitsgestaltung. Arbeitsbericht 12, Universität Göttingen, Institut für Wirtschaftsinformatik, Göttingen.

Frank, U., 1994, Multiperspektivische Unternehmensmodellierung – Theoretische Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung. Oldenbourg.

Frank, U., 1999, MEMO: Visual Languages for Enterprise Modeling. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik 18, Universität Koblenz-Landau.

Frank, U., Laak, B. L. van., 2003, Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik 34, Universität Koblenz-Landau.

Frank, U., Heise, D., Kattenstroth, H., Schauer, H., 2008, Designing and Utilising Business Indicator Systems within Enterprise Models-Outline of a Method. In: Loos, P., Nüttgens, K., Fraunhofer IZM / ISI (2009). Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft Berlin Karlsruhe, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (Fraunhofer IZM) in Kooperation mit Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI).

Gadatsch, A., 2010, Grundkurs Geschäftsprozessmanagement, 6.Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden.

Havey, M., 2005, Essential Business Process Modeling. Theory In Practice. O'Reilly, Beijing.

IEEE Std 1320.1-1998. IEEE Standard for Functional Modeling Language – Syntax and Semantics for IDEF0 –Description.

Jung, J., 2007, Entwurf einer Sprache für die Modellierung von Ressourcen im Kontext der Geschäftsprozessmodellierung. Dissertation. Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik, Universität Duisburg-Essen. Logos, Berlin.

Keller, G., Nüttgens, M., Scheer, A.-W., 1992, Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 89. Saarbrücken.

Lehner, F., 1995, Grundfragen und Positionierung der Wirtschaftsinformatik. In: Lehner, Franz; Hildebrand, Knut; Maier, Ronald (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Theoretische Grundlagen, München: Hanser. S. 1-72.

List, B., Korherr, B., 2006, An Evaluation of Conceptual Business Process Modeling Languages in Proceeding of the 2006 ACM symposium on applied computing (SAC), Dijon 2006, 1532-1539.

Mendling, J., Neumann, G., Nüttgens, M., 2004, A Comparison of XML Interchange Formats for Business Process Modeling. S. 129-140. EMISA 2004, Informationssysteme im E-Business und E-Government, Beiträge des Workshops der GI-Fachgruppe EMISA, 6.-8. Oktober 2004 in Luxemburg.

Mevius, M.; Oberweis, A.; Stucky, W., 2009, Neue Ansätze bei der Modellierung eines kennzahlenbasierten Managements von Geschäftsprozessen. In: Controlling, Heft 4-5/2009, S. 257-263.

Moody, D., 2006, What Makes a Good Diagram? Improving the Cognitive Effectiveness of Diagrams in IS Development in: Knapp, G., Magyar, G., Wojtkowski, W., Wojtkowski, W. G., Zupančič, J.: Advances in Information Systems Development, Budapest, 481-493.

Neumann, S., Rosemann, M., Schwegmann, A., 2005, Simulation von Geschäftsprozessen. In: Becker, J., & Kugeler, M., & Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. 5. Auflage. Springer, Berlin. S. 435-453.

OASIS, o.V., 2007, Web Services Business Process Execution Language Version 2.0.

OMG, o.V., 2009, Formally Released Versions of Business Process Model and Notation (BPMN) Version 1.2.

- OMG, o.V., 2010, Formally Released Versions of Unified Modeling Language (UML) Version 2.3.
- OMG, o.V., 2012, <http://bpmn.org/#tabs-implementers>, 12.02.2012.
- Pilone, D., Pitman, N., 2006, UML 2.0 in a nutshell, O'Reilly Media, Köln.
- Petri, C. A., 1962, Kommunikation mit Automaten. Dissertation. Institut für Instrumentelle Mathematik, Universität Bonn.
- Reichwald, R., Höfer, C., Weichselbaumer, J., 1996, Erfolg von Reorganisationsprozessen. Schäfer-Poeschel, Stuttgart.
- Remenyi, D., Money, A. H., Bannister, F., 2007, The Effective Measurement and Management of ICT Costs and Benefits. 3. Auflage. Elsevier, Amsterdam.
- SAG, o.V., 2011, ARIS for SAP, http://www.softwareag.com/de/products/aris_platform/aris_implementation/aris_sap/overview/default.asp, 22.03.2011.
- Scheer, A.-W., 1996, ARIS-House of Business Engineering. Arbeitsbericht 133, Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Scheer, A.-W., 2002, ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen, 4. Auflage, Springer, Berlin.
- Schmelzer, H., Sesselmann, W., 2008, Geschäftsprozessmanagement, 6. Auflage, Hanser, München.
- Staud, J., 2006, Geschäftsprozessanalyse, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Strecker, S., 2009, Wertorientierung des Informationsmanagements. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 45 (269). S. 27-33.
- Schütze, J., 2009, Grundlagen und Ansätze zur Modellierung von Kommunikationsprozessen in KMU-Netzwerken, GWV Fachverlag, Wiesbaden.
- WFMC, o.V., 2008, XPD L Complete Specification Version 2.1.
- Wilde, T., Hess, T., 2007, Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik – Eine empirische Untersuchung. In: Wirtschaftsinformatik 49 (4). S. 280-287.
- Wüsteneck, K. D., 1963, Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1963, 1504 ff.

2.2 IKT-Ressourcenmodellierung

2.2.1 IKT-Ressourcenmodellierung – Kriterien und Umsetzung der Ressourcenmodellierung für ein Management-Cockpit

Einleitung

Wesentliches Ziel des Projekts GreenIT Cockpit ist die Bestimmung des geschäftsprozessbezogenen Energiebedarfs der Informations- und Kommunikationssysteme (IKT) und ein geeignetes System von Key Performance Indikatoren (KPIs) zur einfachen und übersichtlichen Darstellung des Gesamtenergieverbrauchs der IKT in einem Management Cockpit (MC) zu entwickeln. Da viele Entscheider in Geschäftsprozessen denken, ist das ein guter Ansatz, um ein Bewusstsein für die Energieeffizienz bei denjenigen Akteuren zu schaffen, die maßgeblich auf die IKT-Infrastruktur und den damit verbundenen Energiebedarf Einfluss nehmen können. Weiterhin bieten Geschäftsprozesse die Möglichkeit, unternehmens- bzw. organisationsübergreifende Daten zu erheben. In den meisten Unternehmen herrscht ein organisationsgeprägtes Denken vor, so dass es schwierig erscheint über Organisationseinheiten hinaus Daten zu erheben (Krallmann & Schönherr, 2007).

Daher sollen mit Hilfe der Projektpartner entsprechende Geschäftsprozesse aus der Praxis erfasst und anhand dieser ein entsprechendes Framework entwickelt und getestet werden, wie und in welchem Rahmen eine derartige Zuordnung zu Geschäftsprozessen möglich ist. Anschließend sollen die Daten geschäftsprozessorientiert in einem MC visualisiert werden, um Entscheidungsträgern in Unternehmen den Energieverbrauch der Geschäftsprozesse in komprimierter Weise darzustellen.

Damit die in den Geschäftsprozessen anfallenden Energieverbräuche der IKT verursachungsgemäß bestimmt werden können, müssen die in den Prozessen verwendeten IKT-Ressourcen erfasst und deren Abhängigkeiten modelliert werden. In diesem Beitrag werden daher folgende Fragen beantwortet:

- Welche Modellierungssprache bzw. -notation eignet sich besonders, um die IKT-Ressourcen so zu modellieren, dass diese (Teil-)Prozessen zugeordnet werden können und somit sinnvoll in ein GreenIT Cockpit integriert werden können?
- Welche IKT-Ressourcen sollten in diese Modellierung einbezogen werden (Kosten-/Nutzenverhältnis)?

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen ist dieser Beitrag wie folgt aufgebaut: Zunächst werden einige Grundlagen zu IKT-Ressourcen, Modellen und Modellierung beschrieben. Anschließend wird die Vorgehensweise bei der Auswahl der geeigneten Modellierungssprache beschrieben und die hierbei zugrunde gelegten Entscheidungskriterien erläutert. Danach wird die Umsetzung der gewählten Methode im Rahmen des Cockpit-Projekts beschrieben und final werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Fazit gezogen.

Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen zu IKT-Ressourcen und zur Modellierung beschrieben. Dazu findet eine Begriffsdefinition und -abgrenzung von Ressourcen, Modellen, Modellierung und Modellierungssprachen statt.

IKT-Ressourcen

Eine Ressource ist ein Mittel, um eine Handlung zu tätigen oder einen Vorgang ablaufen zu lassen (Miller, 2011). IKT-Ressourcen im weiteren Sinne sind für dieses Projekt Ressourcen, deren Zweck die Bereitstellung von Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten ist. IKT-Ressourcen im engeren Sinne sind für dieses Projekt Ressourcen, die entweder als physische Hardware zur Verfügung stehen oder diese virtuell abbilden. Zusätzlich sollen sie eine interne Logik oder Rechen- bzw. Speicherkapazität besitzen und direkt elektrische Energie verbrauchen (Morley, 2010). Betriebssystem, Anwendungssoftware oder beispielsweise Kabel sind im Rahmen dieses Beitrags keine IKT-Ressourcen. Zu modellierende IKT-Ressourcen hingegen sind:

- Rechner-Hardware, wie zum Beispiel: Client-Computer oder Server
- Peripherie, wie zum Beispiel: Drucker, Scanner, Telefone oder Bildschirme
- Virtuelle Maschinen

Dabei ist es nicht trivial, eine gewisse Trennschärfe zu gewährleisten. Eine Tastatur beispielsweise stellt ein Peripherieelement dar. Sie wird allerdings eher ihrem Rechner zugeordnet als einzeln betrachtet. Ein kleiner Desktop-Drucker kann ebenfalls seinem Client-PC zugeordnet werden, während ein über das Internet Protokoll (IP) angebundener Multifunktionsdrucker eine eigene IKT-Ressource darstellt.

Modell, Modellierung und Modellierungssprache

„Ein Modell ist ein System, das als Repräsentant eines komplizierten Originals aufgrund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentlicher Eigenschaften von einem dritten System benutzt, ausgewählt oder geschaffen wird, um letzterem die Erfassung oder Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern, beziehungsweise um es zu ersetzen.“ (Wüsteneck, 1963).

Die Definition nach Wüsteneck verdeutlicht, dass ein Modell versucht, die komplexe Realität zu veranschaulichen. Die Realität wird vereinfacht und verallgemeinert dargestellt, um sie besser verstehen zu können.

Der Begriff Modellierung baut auf dem Begriff Modell auf. Um diese beiden Begriffe voneinander abzugrenzen, wird im Folgenden die Definition des Begriffs Modellierung vorgenommen.

Die Modellierung bildet Realitätsausschnitte in einem Ergebnismodell ab. Bezogen auf die Geschäftsprozessmodellierung werden Realitätsausschnitte aus einem Geschäftsfeld in einem Geschäftsprozess abgebildet (Gadatsch, 2010). Dazu werden Modellierungssprachen verwendet. Dieser Begriff wird nachfolgend definiert.

Eine Modellierungssprache ist eine einheitliche Sprache, um Modelle und Anforderungen, aber auch Objekte der realen Welt zu beschreiben (Booch et al., 2006).

Methodik

Im folgenden Kapitel wird die Vorgehensweise bei der IKT-Ressourcenmodellierung im Verbundvorhaben detailliert beschrieben. Zunächst wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern festgelegt, welche Kriterien eine für das Cockpit-Projekt geeignete Modellierungsmethode für IKT-Ressourcen erfüllen muss. Danach wurde mittels der Kosten-Nutzen-Analyse evaluiert, welche Ressourcen modelliert werden und welche nicht gesondert betrachtet werden sollen. Abschließend wurde eine Literatur- und Marktanalyse

durchgeführt. Dadurch wurde erhoben, welche Sprachen, Methoden und Tools die aufgestellten Kriterien erfüllen, um so eine Make-or-Buy-Entscheidung zu treffen.

Projektspezifische Kriterien an eine Modellierungsmethode

Für die Bewertung verschiedener Methoden, Sprachen und Tools hinsichtlich der Modellierung von IKT-Ressourcen wurden im Projekt eine Reihe von Kriterien entwickelt, welche drei verschiedenen Dimensionen zuzuordnen sind und jeweils positive Auswirkungen auf Kosten und/oder Nutzen haben. Zunächst wurde die Dimension „Formal“ definiert. Sie beinhaltet Kriterien, die für das Projekt unabdingbar sind, also von vornherein festgelegte Muss-Kriterien. Diese Dimension beinhaltet zwei Kriterien bzw. Unterpunkte. Zum einen muss die Modellierung so geschehen, dass die IKT-Ressourcen einzelnen Prozessen, Teilprozessen und Prozessschritten direkt zugeordnet werden können. Dadurch wird sichergestellt, dass der Cockpit-Prototyp ein prozessorientiertes Monitoring der IKT-Performance und der durch IKT verursachten Emissionen leisten kann. Zusätzlich ist es wichtig, dass der Modellierungsstandard offen ist, damit er gegebenenfalls für das Projekt angepasst und erweitert werden kann.

Weitere Kriterien fallen in die Dimension „Toolunterstützung“. Hier werden Anforderungen an das Modellierungstool definiert. Diese stellen jeweils Soll-Kriterien dar, die aber bei der Entscheidung eine gewichtige Rolle spielten. Wichtig war hierbei das Kriterium, welches zeigt, ob das Tool bereits im Unternehmen eingesetzt wird. Dadurch ergäben sich auf der Kostenseite wesentliche Vorteile. Es würden keine weiteren Kosten für Installation, Schulung und Wartung anfallen. Weitere Lizenzkosten würden nur bei nutzungsabhängigen Lizenzen anfallen. Weiterhin könnte ein in der Organisation bekanntes Tool direkt von den Mitarbeitern bedient werden. Bei einer Weiterentwicklung des Cockpits zu einem fertigen Softwareprodukt wäre ein Unternehmen in der Lage die Daten ohne Beratungsaufwand selbst zu erheben. Weiterhin war gewünscht, dass das Tool Dateien in offenen Standards erstellen sowie im- und exportieren kann. Dadurch wird die Einbindung in den Cockpit-Prototypen erleichtert, allgemein die Interoperabilität mit anderen Anwendungen erhöht und damit Lock-In-Effekte vermieden.

Die dritte Zieldimension enthält Kriterien über den Umgang von beteiligten Personen mit der Modellierungsmethode für IKT-Ressourcen. Im Wesentlichen sind hierbei die beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Unternehmen gemeint, die bei der Einführung des GreenIT Cockpits und der damit verbundenen Erhebung der IKT-Ressourcen beteiligt sind. Für diese Personen wäre es von Vorteil, wenn die gewählte Sprache/Methode leicht verständlich oder bereits durch andere Aufgabenbereiche bekannt ist. Dadurch würden zum einen die Schulungskosten gesenkt werden, andererseits wären die Mitarbeiter dadurch in der Lage, die Daten selbst zu erheben und dem Cockpit zur Verfügung zu stellen.

Tabelle 13: Kriterien für die Ressourcenmodellierung

Dimension	Kriterium	Kosten	Nutzen
Formal			
	Ressourcen lassen sich Prozessschritten zuordnen		Sicherstellen der prozessorientierten Sichtweise
	offener, erweiterbarer Standard		es lassen sich beliebige Eigenschaften bzw. Variablen zu den IKT-Ressourcen modellieren
Toolunterstützung			
	Tool wird bereits eingesetzt	Keine Installationskosten	Daten können direkt von den Mitarbeitern eingegeben werden
		Keine Schulungskosten für das Tool	
		keine zusätzlichen Lizenzkosten	
	Tool kann Dateien nach offenem Standard erstellen und exportieren		Interoperabilität mit anderen Anwendungen einfache Einbindung in den Cockpit-Prototypen
beteiligte Personen			
	Modellierungsmethode /-sprache bereits bekannt	Keine oder weniger Schulungskosten	Daten können direkt von den Mitarbeitern eingegeben werden
		Sprache ist leicht verständlich	Keine oder weniger Schulungskosten

Modellierte IKT-Ressourcen

Wie bereits in 0 erwähnt stellte sich im Vorfeld der Modellierung die Frage, welche IKT-Ressourcen in die Modellierung einbezogen, welche größeren Entitäten zugeordnet bzw. zugerechnet und welche nicht weiter beachtet werden.

Dabei wurden zunächst Kriterien formuliert, mit deren Hilfe einzelne Ressourcen ein- oder ausgeschlossen werden sollten, wie zum Beispiel „hat einen Netzstecker“ oder „besitzt eine IP oder MAC-Adresse“. Diese Vorgehensweise erwies sich allerdings nicht als zielführend. So besitzen beispielsweise virtuelle Maschinen keinen Netzstecker, während Bildschirme nicht an ein Netzwerk angebunden werden können. Beide Typen sollten allerdings Teil der Modellierung sein, da sie ohne Frage in Geschäftsprozessen eine Rolle spielen und Energie verbrauchen. Schließlich wurde es vorgezogen, die zu modellierenden Ressourcentypen einzeln danach zu bewerten, ob der Aufwand, der sich bei einer Messung ergibt im Verhältnis zu den erwarteten Energieverbräuchen steht. Im Ergebnis wurden drei Gruppen gebildet:

Gruppe 1 sind die Ressourcen, die direkt gemessen werden können und als Entitäten in die Modellierung mit aufgenommen werden. Das sind in erster Linie:

- Desktop-PCs
- Notebooks

- Physische Server
- Virtuelle Maschinen
- Multifunktionsdrucker (sofern sie nicht nur einem Arbeitsplatz fest zugewiesen sind)

In Gruppe 2 befinden sich Ressourcen, die als Peripherie betrachtet werden. Sie werden nicht einzeln modelliert und nicht durchgemessen. Ihre Energieverbräuche fließen in die Messung der Geräte ein, von denen aus sie genutzt werden. Dazu gehören:

- Bildschirme
- Drucker (Einzelarbeitsplatz)
- Kleinperipherie (Maus, Tastatur, Headset, etc.)

In Gruppe 3 finden sich schließlich die Ressourcen, die keiner größeren Entität direkt zugerechnet werden können und deren Energieverbräuche nicht den Aufwand einer direkten Messung rechtfertigen. Sie werden entweder pauschal geschätzt und auf die gemessenen Geräte aufgeschlagen oder ganz aus der Berechnung genommen:

- Switches / Hubs
- Router
- WiFi Access Points

Literatur- und Marktanalyse

Mit den in 0 entwickelten Kriterien wurde eine systematische Literaturanalyse verbunden mit einer anschließenden Marktanalyse durchgeführt, um geeignete Kombinationen für eine Sprache und ein Tool zur Ressourcenmodellierung zu identifizieren. Das Ergebnis ist in Tabelle 14 und Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 14: Tools zur Ressourcenmodellierung

Tool	Standard zur Abbildung von Ressourcen	Weiterer Umfang
MEMO Center NG	MEMO ResML	Beinhaltet standardisierte Sprachen wie ERM, UML, sowie eigene Diagrammtypen MEMO OML MEMO OrgML MEMO SML
ARIS Toolset	EPK, Funktionszuordnungsdiagramm Archimate (ARIS Archimate Modeler)	Umfassendes GPM-Tool (BPMN,...)
ARIS Express	EPK IT-Infrastrukturmodell	Organigramm, BPMN, ERM
CASEwise	Archimate	BPMN, UML, etc. als Extension erhältlich
SOM Modeling Environment	Ressourcenmodell	Unternehmensplanmodell, Geschäftsprozessmodell
ADONIS	Arbeitsumgebungsmodell	Umfassendes GPM-Tool (UML, BPMN,...)
Innovator for Business Analysts	Geschäftsressourcendiagramm	Umfassendes GPM-Tool (BPMN,...)

Tabelle 15: Sprachen zur Ressourcenmodellierung

Konzept	Sprache / Modell	Proprietär/offen	Ressourcenelemente
MEMO (Multi-perspective enterprise method)	MEMO-RESML (Resource Modeling Language)	Offener Standard	Zusammengesetzte Ressource Humanressource Maschine Transportressource Arbeitsplatzrechner Server Kommunikationsgerät Physisches Medium Information Software Patent Nutzungsrecht
ArchiMate Framework	Technical Infrastructure Layer	Offener Standard	Artifact Communication Path Device System Software Infrastructure Interface Network....
EPK	EPK (eEPK)	Proprietär	Organisationsobjekt Informationsobjekt Informationssystem...
ARIS	Funktionszuordnungsdiagramm (ergänzt EPK)	Proprietär	Organisationseinheit Rolle Gruppe Stelle Anwendungssystem Hardware-Komponente Informationsobjekt
	IT-Infrastrukturmodell (Aris Express)	Proprietär	Netzwerk Netzwerkkomponente Hardware IT-System
SOM (Semantische Objekt Modellierung)	Ressourcenmodell	Proprietär	Klasse Attribut Methoden
ADONIS	Arbeitsumgebungsmodell	Proprietär	Organisationseinheit Bearbeiter Rolle Techn. Ressource Verschiedene Beziehungstypen
Innovator for Business Analysts	Geschäftsressourcendiagramm	Proprietär	Organisationseinheit Gruppe Geschäftsressource (Personen, Technische Einheit, Anwendungssystem)

Ergebnisse

Die in der Marktübersicht genannten Lösungen wurden mit den vorgestellten Kriterien bewertet. Dabei stellte sich heraus, dass keine der evaluierten Kandidaten vom Funktionsumfang so weit überzeugt, dass sich deren Anschaffung in die damit verbundene notwendige Schulung rechtfertigen lassen würde. Es wurde deswegen beschlossen, eine eigene Lösung zu entwickeln. Diese konnte so exakt die gewünschten Funktionen erfüllen.

Übersicht

Da eine grafische Repräsentation der IKT-Ressourcen für das Projekt nicht notwendig war, wurde schließlich eine schriftliche Modellierung mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms eingerichtet. Solche Programme sind in der Regel in Unternehmen vorhanden, es stehen weiterhin frei verfügbare Alternativen zur Verfügung. Außerdem sind sie den Mitarbeitern in den Fachabteilungen in der Regel ausreichend bekannt, um ein gewisses Grundverständnis über den Aufbau einer solchen Repräsentation zu gewährleisten.

Grundsätzlich wurde jede IKT-Ressource in eine eigene Zeile eingetragen und dann mit weiteren Informationen in den Spalten verknüpft. Insgesamt können bis zu 39 verschiedene Informationen pro IKT-Ressource gespeichert werden. Die Daten können anschließend mittels des frei verfügbaren Standards „Comma separated value“ (CSV) gespeichert und vom Cockpit-Prototypen ausgelesen werden. In einer späteren Version der Software können die Daten auch direkt in das GreenIT Cockpit eingetragen werden, was dafür eine eigene Lösung anbieten wird. Durch die Kombination einer eigenen Eingabemaske und einer auf CSV basierenden Schnittstelle ist gewährleistet, dass die Dateneingabe aus einem breiten Spektrum von Quellen geschehen kann.

Die zu jeder IKT-Ressource einzutragenden Daten wurden in vier Gruppen eingeteilt, „Beschreibung“, „Aktivitätszuordnung“, „Energie-Monitoring“ und „Auslastung“. Diese vier Gruppen werden in den folgenden Abschnitten einzeln vorgestellt.

Informationsgruppe Beschreibung

Die erste Informationsgruppe enthält deskriptive Informationen über die IKT-Ressource. Dazu gehört unter anderem ein eindeutiger Identifier (Primärschlüssel), Beschreibung zum Typ und Hersteller, sowie Informationen wo diese Ressource verortet ist (Standort, Gebäude, Raum, etc.). Der Primärschlüssel kann dabei auf beliebigen vorhandenen Daten beruhen (z.B. MAC-Adresse) oder als Pseudonym ausgedacht sein (z.B. „Server 1“). Einen detaillierten Überblick aller Felder gibt Tabelle 16.

Tabelle 16: Felder aus dem Bereich Beschreibung

Feld	notwendig	Typ	mögliche Werte	Beschreibung
endpointidentifier	x	string		Eindeutiger Endpointbezeichner, z.B. MAC-Adresse oder ein Pseudonym
endpointidentifiertype_type	x	string	mac;fqdn;uuid;pseudonym	Typ des eindeutigen Endpointbezeichners
reference	x	boolean	0;1	Dieses Feld besteht für den Fall, dass eine bestimmte IKT-Ressource (z.B. ein Server) in mehreren Aktivitäten oder Teilprozessen genutzt wird. In diesem Fall wird eine neue Spalte eingefügt, die den gleichen endpointidentifier hat. Um zu vermeiden, dass alle Daten dieser Einheit redundant eingegeben, gespeichert und verarbeitet werden müssen, werden die anderen Felder leer gelassen. Der Wert für "reference" wird auf 1 gesetzt. Dadurch wird ausgedrückt, dass es sich um einen wiederholten Eintrag handelt, der seine Eigenschaften vom übergeordneten Eintrag erbt.
domain_controller		string		Bezeichnung des Domaincontrollers (DCs) bspw. die IP Adresse des DCs
subnet_name		string		IP Adresse bzw. IP Adressenbereich des Subnetzes
subnet_mask		string		Subnetzmaske
subnet_gateway		string		IP Adresse des Gateways von dem zuvor angegebenen Subnetz
endpointtype_type	x	string	server; laptop; printer; virtual machine	Typ des Endpoints, hier findet die Unterscheidung statt, ob es sich bspw. um einen Server oder Client handelt
vm_group		string		Wenn der endpoint_type eine Virtuelle Maschine ist ("vm"), kann zusätzlich in diesem Feld angegeben werden, auf welchem Host oder alternativ auf welcher Gruppe von Hosts sich diese vm befindet bzw. sich befinden kann. Die Angabe erfolgt über einen (oder mehrere durch Semikolon getrennte) endpoint_identifier
endpointtype_os	x	string	windows; linux; mac; solaris	Betriebssystem des Endpoints
endpointtype_version		string	server 2008;enterprise linux	Version des Betriebssystems, welches auf dem Endpoint läuft
endpointtype_manufacturer		string	microsoft; red hat; debian	Bezeichnung des Herstellers
endpointpool_name	x	string		Bezeichnung des Geschäftsprozesses für den die IKT-Ressourcen benötigt werden
location_name		string		Bezeichnung des Raums
location_floor		int		Etagennummer
location_room		string		Raumnummer
status_on		boolean	0;1	Status des Endpoints
name		string		Name bzw. beliebige Zusatzinformation

Informationsgruppe Aktivitätszuordnung

In der zweiten Informationsgruppe findet die Zuordnung zu den Geschäftsprozessen bzw. zu den einzelnen Aktivitäten statt. Diese Gruppe bildet den Kern der Prozessorientierung bei

der Modellierung. Die Zuordnung erfolgt über die ID einer Aktivität, die aus den Prozessmodellen entnommen wird. Im einfachsten Fall existiert eine 1:1 Zuordnung (eine Ressource wird in einer Aktivität verwendet). Werden mehrere Ressourcen in einer Aktivität verwendet (N:1 Zuordnung), wird für jede Ressource eine eigene Zeile in der Modellierungstabelle angelegt und mit der gleichen Aktivitäts-ID verknüpft. Wird eine Ressource in mehreren Aktivitäten verwendet (1:N-Zuordnung), so wird die gleiche Ressource mehrmals in die Tabelle aufgenommen. Bei einer N:N-Zuordnung werden beide Möglichkeiten kombiniert. Weiterhin wird hier erfasst, welche anteilige Auslastung eine Aktivität bei einer IKT-Ressource verursacht. Dieser Wert kann geschätzt und direkt in die Tabelle aufgenommen werden oder aber im Idealfall in Echtzeit aus einer Schnittstelle ausgelesen werden. Wird der Wert geschätzt, kann zusätzlich angegeben werden, ob die Auslastung nur zu bestimmten Zeiten oder durchgängig anfällt. Zusätzlich wird in dieser Gruppe erfasst, wie häufig die Prozesse während einer Zeiteinheit durchlaufen werden. Dies kann auch auf Schätzungen basieren oder aus einer Schnittstelle ausgelesen werden (z.B. Anzahl der Bestellprozesse pro Monat aus einem SAP-System). Ein detaillierter Überblick aller Felder ist in **Tabelle 17** dargestellt.

Tabelle 17: Felder aus dem Bereich Aktivitätszuordnung

Feld	notwendig	Typ	mögliche Werte	Beschreibung
activity_id	x	int		ID der Aktivität
activity_type	x	string	sendTask receiveTask serviceTask userTask manualTask scriptTask	Art der Aktivität
activity_usage	x	int	[0;100]	Dieser Wert gibt den Anteil an der Gesamtauslastung der IKT-Ressource an, die durch die Aktivität aus "activity_id" verursacht wird.
activity_period	x	boolean	durchgehend, intervall	Beschreibt, ob die genannte activity_usage durchgehend oder nur in bestimmten Zeiträumen anfällt.
interval_type date time_begin time_end				Hier können die Intervalle eingegeben werden, wenn activity period auf intervall gestellt wurde.
process_count_type process_count_interface process_count_value process_count_unit	x	boolean string int string		Für aussagekräftige Ergebnisse muss bekannt sein, wie häufig ein Geschäftsprozess stattfindet. Dies kann entweder manuell eingetragen oder aus einem Interface (z.B. Warenwirtschaftssystem für die Häufigkeit von Beschaffungsprozessen) ausgelesen werden. Für die Unterscheidung gibt es das Feld process_count_type, der auf manuell oder automatisch gestellt

				werden kann. Im manuellen Modus muss eine Zahl in das Feld process_count_value und eine Einheit in das Feld process_count_unit eingetragen werden. Im Automatikmodus muss das Interface bei process_count_interface angegeben werden.
--	--	--	--	---

Informationsgruppe Energie-Monitoring

Die Gruppe zum Energie-Monitoring enthält Informationen darüber, wie die Energieverbräuche der entsprechenden Ressource erfasst werden. Dazu wird zunächst die auszulesende Schnittstelle angegeben, also das System, das die Verbrauchskennwerte liefert (z.B. EnergyWise). Zusätzlich wird abgefragt, in welchen Intervallen die Kennzahlen abgefragt werden, in welcher Einheit sie vorliegen (z.B. Watt) und welche Qualität die Messung hat (Echtzeitmessung oder Bedarfsprofil). Ein detaillierter Überblick aller Felder ist in **Tabelle 18** dargestellt.

Tabelle 18: Felder aus dem Bereich Energie-Monitoring

Feld	notwendig	Typ	mögliche Werte	Beschreibung
interface	x	string	bspw. EnergyWise	Schnittstelle über die Energiebedarfe abgefragt werden
data_collection_interval	x	int	bspw. 900 s = 15 min	Zeitintervall [s] für die Erhebung der Energiebedarfe
number_of_datapoints	x	int		Anzahl der Messwerte pro Messung bzw. Erhebung; 1 bedeutet Einzelmessung, wohingegen >1 darstellt, dass es sich um eine Messreihe handelt.
measurement_unit	x	string	bspw. W, Wh oder kWh	Größenordnung und Einheit der Messung
quality	x	string	bspw. manuelle Ermittlung, Bedarfsprofil, on-board Ermittlung oder Messung	Qualität der Messung

Informationsgruppe Auslastung

Die Gruppe zur Ressourcenauslastung enthält ähnlich wie der Bereich zum Energie-Monitoring Informationen über welche Schnittstelle die Auslastung einer Ressource erfasst wird. Ein detaillierter Überblick aller Felder ist in **Tabelle 19** dargestellt.

Tabelle 19: Felder aus dem Bereich Auslastung

Feld	notwendig	Typ	mögliche Werte	Beschreibung
interface		string		Schnittstelle über die Auslastung abgefragt wird. Sollten verschiedene Auslastungswerte aus verschiedenen Systemen erhoben werden, können mehrere Werte angegeben werden, durch Semikolon getrennt. Selbiges gilt das entsprechend für die folgenden Spalten.
data_collection_interval		int	bspw. 900 s = 15 min	Zeitintervall [s] für die Erhebung
number_of_datapoints		int		Anzahl der Messwerte pro Messung bzw. Erhebung; 1 bedeutet Einzelmessung, wohingegen >1 darstellt, dass es sich um eine Messreihe handelt.
measurement_type		string	CPU-load	Welche Auslastung wird gemessen? CPU-Auslastung, Festplattenauslastung etc.
measurement_unit		string	percent	In welcher Einheit wird gemessen?

Zusammenfassung

Für die Modellierung der IKT-Ressourcen der Projektpartner im Rahmen des GreenIT Cockpit-Projektes wird eine selbst erarbeitete Modellierungsmethode genutzt, da diese die für das Projekt spezifischen Kriterien am besten erfüllen kann. Die Methode ist sehr zweckorientiert und kann mit geringem Vorwissen verstanden oder selbst ausgeführt werden. Grundlage ist die Erfassung der IKT-Ressourcen und die Verknüpfung mit den Geschäftsprozessen in einer Tabellenkalkulation, angereichert mit Abhängigkeiten und weiteren wichtigen Informationen. Eine grafische Modellierung findet nicht statt. Die Projektpartner steuern die Daten ihrer IKT-Ressourcen der Erfassung bei.

Literaturverzeichnis

Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J., 2006, Das UML Benutzerhandbuch, Aktuell zur Version 2.0, Addison-Wesley Verlag, München.

Erek, K., Opitz, N., Pröhl, T., 2013, Geschäftsprozessmodellierung - Kriterien und Methoden der Prozessmodellierung für ein Management-Cockpit, in: Projektberichte IKM, Band 6, Universitätsverlag der TU Berlin, Berlin.

Gadatsch, A., 2010, Grundkurs Geschäftsprozessmanagement, 6.Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden.

Krallmann, H., Schönherr, M., Trier, M., 2007, Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik, Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Miller, G.T., Spoolman, S., 2011, Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions, 17th ed. Brooks-Cole, Belmont, USA.

Morley, D., 2010, Understanding Computers: Today and Tomorrow, 13th ed. Course Technology, Stamford, USA.

Wüsteneck, K. D., 1963, Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1963, 1504 ff.

2.3 Energiemonitoring von IKT-Systemen

2.3.1 Energiemonitoring von IKT-Systemen – State-of-the-Art von Energiemonitoringsystemen

Einleitung

Stark steigende Energiebedarfe der IKT, steigende Energiepreise sowie zunehmende ökologische Sensibilisierung drängen das Thema Green IT stärker in den Fokus der IT-Verantwortlichen. Dabei ist es prinzipiell sinnvoll, den Energiebedarf der IKT zu unterteilen, um mögliche Ineffizienzen besser erkennen zu können. Als Quellen für den IKT-Energiebedarf wird in Anlehnung an (Stobbe u. a., 2009) zwischen den Bereichen Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk unterschieden. Unter dem Netzwerk ist hier nicht das Netzwerk im Rechenzentrum, sondern das Netzwerk, welches Rechenzentrum und Büroumgebung miteinander verbindet, gemeint. Dabei wird zwischen direktem und peripherem (bzw. indirektem) IKT-Energiebedarf unterschieden. Der direkte Energiebedarf ist die Energie, die eine IKT-Komponente zum Betrieb benötigt. Da die Komponenten nur Strom zum direkten Betrieb erfordern, wird der direkte IKT-Energiebedarf auf Strom reduziert. Unter dem peripheren IKT-Energiebedarf soll im Folgenden der Energiebedarf verstanden werden, der zusätzlich benötigt wird, um den ordnungsgemäßen Betrieb der IKT-Systeme zu gewährleisten. Der periphere Energiebedarf wird genauer im Kapitel 2.3.3 untersucht und diskutiert.

In diesem Abschnitt werden aktuelle Standards beim (Energie-)Monitoring ermittelt und eine Marktübersicht erstellt sowie das Leistungsspektrum der gängigen Produkte am Markt ermittelt. Als Energiemonitoring wird im Folgenden ein Prozess verstanden, der entweder dauerhaft oder in bestimmten Zeitintervallen Energieverbrauchsdaten bzw. energierelevante Daten erhebt und diese an ein zentrales System übermittelt. Das Zeitintervall muss dabei so gewählt werden, dass für das Energiemanagement nötige Informationen (wie z.B. Lastspitzen im Stromverbrauch) erfasst werden und diese nicht bei der Messung „übersprungen“ werden.

Die Bearbeitung erfolgte in sechs Schritten:

- Internetrecherche: Anbieterrecherche und Foren.
- Expertenbefragung: Betreiber von Rechenzentren und IT-Experten über bestehende Kontakte, wie z.B. im Rahmen des ECO-Fachgruppentreffens „Nachhaltiges IT-Management“
- Verbundpartnerevaluierung: Die Liste, der aus den ersten beiden Schritten erhaltenen Anbieter und Produkte wurde mit den Partnern abgestimmt (E-Mails und auf Konsortialtreffen); diese gaben entsprechende Hinweise auf weitere Anbieter.
- Zwischenergebnis („Lessons Learned“: Energiemonitoring in den Teilbereichen Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk).
- Detailanalyse für ausgewählte Systeme.
- Workshops mit Anbietern.

Energiemonitoring - Standards und Systeme

Vorrecherche

Der Markt für Energiemonitoringsysteme (EMS) ist aufgrund der zunehmenden Bedeutung von Energieeffizienz im IKT-Bereich stark wachsend. Aus diesem Grund nimmt auch die Anzahl der Anbieter von EMS stark zu.

Die Recherche erhebt aufgrund der Dynamik des Markts und der zahlreichen Anbieter sowie EMS-Lösungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Zur Erfassung der Systeme wurde zunächst ein Kriterienkatalog/Fragebogen auf Grundlage von (Stanley & Koomey, 2009) entwickelt. Dieser berücksichtigt die folgenden Aspekte:

- Topologie des Systems
- Messungen & Messsensoren
- Datenauswertung und Datenexport
- Dokumentation
- Aufwand, welcher sich in Konfiguration und Kosten unterteilt
- Support

Nach einer Vorrecherche konnten wichtige Monitoring-Standards und Trends identifiziert werden. Zur Erhebung von reinen Energiemonitoringsystemen wurde Kontakt mit den Anbietern aufgenommen und die Fragebögen vervollständigt (insbesondere in Bezug auf Schnittstellen und Datenqualität).

Ergebnisse der ersten Recherche – EMS

Die Voranalyse lieferte zwei verschiedene Arten von Energiemonitoringsystemen:

- Reine Energiemonitoringsysteme (Querschnittssysteme):
Diese Systeme sind speziell zur Erhebung von Energieverbräuchen entwickelt worden. Sie dienen vorwiegend dem Zweck der Energieverbrauchsermittlung bzw. Bestimmung der Energieeffizienz der IKT.
- Monitoringsysteme, die um Energiemonitoringfähigkeiten erweitert wurden (Spezialsysteme):
Diese Systeme wurden für klassische Monitoringaufgaben im IKT-Umfeld entwickelt. Beispielhaft ist hierfür die Verfügbarkeits- und Auslastungsüberwachung von Komponenten zu nennen. Um sich neue Marktfelder zu erschließen, wurden diese Systeme um die entsprechenden Auswertungsfunktionen bzgl. des Energieverbrauchs erweitert.

Energiemonitoring – Standards und Trends

Die Recherche lieferte viele Erkenntnisse zu den eingesetzten Standards, Protokollen, Techniken und Trends zum (Energie-)Monitoring in den Bereichen Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk. Prinzipiell kann zwischen direkter Messung des Energieverbrauchs und indirekter Messung unterschieden werden. Bei der direkten Messung wird der Energiebedarf (i.d.R. Strom) direkt mit einem Messgerät bestimmt. Bei der indirekten Messung werden Energieverbrauchsdaten oder andere energierelevante Daten direkt aus dem Gerät ausgelesen. Bei den ausgelesenen Daten kann wiederum zwischen

zwei Arten unterschieden werden: zum einen Daten, die vom Gerät direkt gemessen werden und zum anderen Daten, welche aus Energieverbrauchsprofilen (z.B. CPU-Auslastung, Drehzahlen bei Pumpen) berechnet wurden.

Die energierelevanten Daten müssen ebenfalls über Energieverbrauchsprofile auf den Energiebedarf umgerechnet werden. Weiterhin zeigte die Recherche, dass selbst bei den verhältnismäßig teuren, hoch spezialisierten EMS-Tools bisher kein Produkt existiert, das den IKT-Energiebedarf geschäftsprozessorientiert darstellen kann.

Im Folgenden werden kurz Ergebnisse zu den Bereichen Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk vorgestellt.

Rechenzentrum

Ein Rechenzentrum dient der Erbringung von IT-Dienstleistungen. Diese werden durch die Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) erbracht (z.B. Server, Speichersysteme, Router und Switches). Damit der Betrieb der IKT-Komponenten dauerhaft sichergestellt wird, verfügen die meisten Rechenzentren über Kühlsysteme sowie Systeme zur Absicherung bei Stromausfall (unterbrechungsfreie Stromversorgung, Notstromgenerator). Diese zusätzlichen Systeme gehören nicht zur IT-Landschaft, sondern zur Gebäudetechnik (Schaefer u. a., 2008; Merz u. a., 2007).

Prinzipiell treffen im Rechenzentrum zwei verschiedene Monitoring-Ansätze aufeinander: Die Welt der IT, deren Monitoring hauptsächlich IP-basiert über das RZ-Netzwerk läuft und die Gebäudetechnik, die meistens über bestimmte Feldbusse (Standards zur Datenübertragung) an speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) angebunden ist, welche die Steuerung der Anlagen und Geräte übernehmen.

Stand IKT-Monitoring

Das Monitoring der IKT-Komponenten dient klassischerweise dem Verfügbarkeitsmonitoring. Dabei sind auch Steuerungsmöglichkeiten für die Administratoren der IT vorgesehen, um in die Systeme eingreifen zu können. Häufig kommt das Simple Network Management Protokoll (SNMP) zum Einsatz. Dieses Protokoll verlangt einen Agenten auf dem zu überwachenden System und einen Manager, der die Daten der Agenten einsammelt. Das Protokoll spezifiziert die Kommunikation, aber der Inhalt wird über die sog. MIB (Message Information Base) festgelegt. Die MIBs werden von den Geräteherstellern definiert und müssen zur Verfügung stehen, damit eine SNMP-Überwachung von Geräten möglich ist. Der Vorteil von SNMP ist, dass es auf diversen Geräten funktioniert und auch per Software (z.B. durch Agenten auf Servern) betrieben werden kann. Die Spezifikation von SNMP und den MIBs wird über RFC (Request for Comments) geregelt, ein Überblick zur Technologie ist bspw. in Stallings (1999) zu finden.

Neben SNMP ist bei Windows-Servern häufig die WMI (Windows Management Instrumentation) anzutreffen. Dabei handelt es sich um die Microsoft Implementierung des CIM (Common Information Model). Mit der WMI ist das Monitoring und Management von verteilten IT-Systemen auf Windows-Basis ohne Agenten (im Gegensatz zu SNMP) möglich. Nachteil dieser Technologie ist die Begrenzung auf die Windows-Welt (Microsoft, 2012). Im IKT-Monitoring sind Open-Source-Tools sehr weit verbreitet. So ist z.B. Nagios das verbreitetste Monitoring-Tool und bietet Lösungen sowohl für SNMP-Geräte und Systeme als auch für WMI-Überwachung an (Nagios, 2012).

Die Recherche zeigte, dass viele Hersteller von IKT-Komponenten und Geräten, die im Serverraum zum Einsatz kommen, eigene Monitoringsysteme anbieten. Diese übernehmen die Überwachung der Geräte vorwiegend mit SNMP. Ein übergeordnetes EMS kann seine

Daten sowohl aus den einzelnen Geräten als auch aus den Monitoringsystemen beziehen, da diese i.d.R. Schnittstellen anbieten.

Stand Monitoring der Gebäudetechnik

Die Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), die die Steuerung der einzelnen Geräte und Anlagen übernehmen, sind wiederum an einen Gebäudeleitrechner (GLT) angebunden, der die Informationen der einzelnen Anlagen zusammenführt. Dieser Rechner verfügt i.d.R. über viele Schnittstellen zu den eingesetzten Feldbussen (z.B. Profibus, ModBUS, BACNet, LON etc.), aber auch Schnittstellen zum IP-Bereich. Die Einrichtung der Anlagen und der Steuerung wird i.d.R. von Firmen der entsprechenden Gewerke (z.B. Kältetechnikspezialisten, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik-Spezialisten) übernommen (Merz u. a., 2007).

Trends im IKT-Monitoring

Das agentenbasierte Monitoring über SNMP weist einen entscheidenden Schwachpunkt auf: Es ist der Zugriff auf die zu überwachende Ressource nötig und es muss dauerhaft ein Agent installiert werden. Bei Komponenten, wie z.B. intelligenten Stromverteilern (engl. PDU, Power Distribution Units, deutsch: Intelligente Rack-Niederspannungsunterverteilung [R-NSUV]) ist dieser Zugriff unkritisch. Oft haben die RZ-Verantwortlichen allerdings keinen Zugriff auf die Betriebssysteme der zu überwachenden Geräte. Um in Zukunft auch ein Monitoring und ggf. eine Steuerung solcher Systeme zu ermöglichen, haben die Hersteller einen neuen Standard zum Monitoring bzw. Management von verteilten IKT-Systemen ausgehandelt. Dieser Standard heißt IPMI (Intelligent Platform Management Interface). Dieses System wird auf Hardwareebene spezifiziert. I.d.R. besitzt ein System einen eigenen BMC (Baseboard Management Controller), der über eine eigene IP-Adresse und Stromversorgung funktioniert. Dieser BMC hat Zugriff auf Sensoren des zugehörigen Hauptsystems und kann somit Daten über den Zustand mit dem eigenen Netzwerkanschluss kommunizieren, ohne dass in das System eingegriffen werden muss (Krenn, 2012). Allerdings muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass damit die Anzahl der zu verwaltenden IP Adressen steigt. IPMI wurde bereits von einigen Herstellern implementiert. Das Monitoringsystem muss an die angeschaffte Infrastruktur angepasst sein, so ist bspw. HP-ILO (HP Integrated Lights Out) für HP Systeme von besonderem Interesse.

Trends im Gebäudetechnik-Monitoring

Die historische Entwicklung der Gebäudetechnik und der zugehörigen Gebäudeleittechnik bedingte die Entwicklung von sehr vielen und sehr unterschiedlichen Feldbussen zur Anbindung der Anlagen und Geräte (Merz u. a., 2007).

In den letzten Jahren gibt es auch im Bereich der Gebäudetechnik die Bestrebung, diese Entwicklung aufzubrechen und zu standardisieren. Hier sind vor allem LON und BACNet zu nennen. Dies sind offene, IP-basierende Protokolle, mit denen in Zukunft die Anlagen der Gebäudetechnik an die Gebäudeleittechnik angebunden werden sollen. Aufgrund der langen Nutzungsdauer gebäudetechnischer Anlagen, ist hier jedoch mit einer langen Übergangszeit (10-15 Jahre) zu rechnen (Merz u. a., 2007).

Monitoringlandschaft im RZ – Herausforderungen für ein übergeordnetes Energiemonitoring

Wie bereits erwähnt, müssen die Daten aus den einzelnen Geräten bzw. aus den einzelnen Monitoringsystemen in ein übergeordnetes Energiemonitoringsystem aggregiert werden. Hervorzuheben ist, dass bei Umluftklimaschränken (ULK) und bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) bereits heute mit SNMP eine Schnittstelle mit der Gebäudetechnik existiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Informationen über den Zustand der

Klimatisierung und der Stromversorgung im Serverraum für die IT-Administration wichtige Größen hinsichtlich ihres Verfügbarkeitsmonitorings sind.

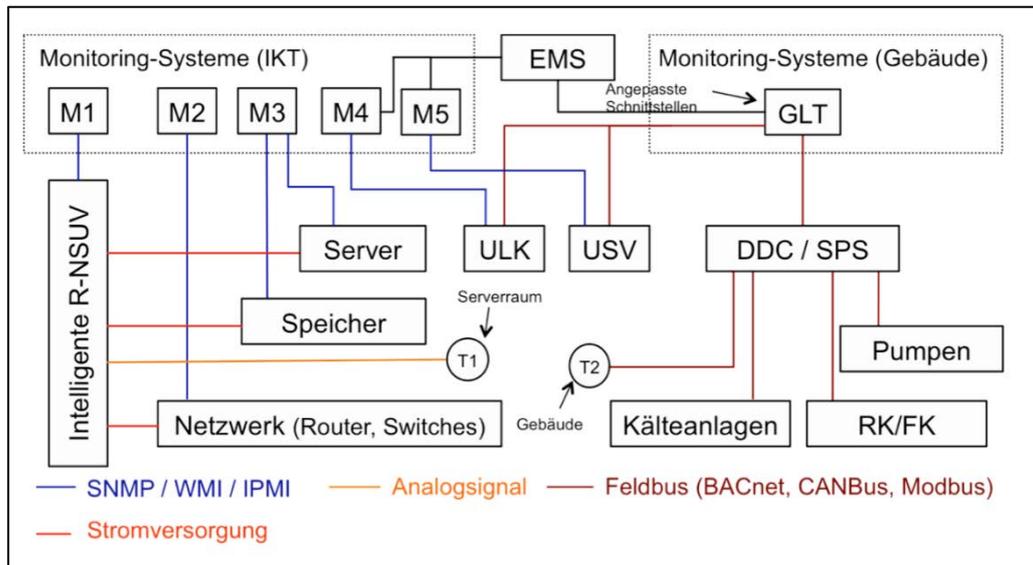


Abbildung 7: Monitoring-Landschaft im Rechenzentrum

Büroumgebung

Stand

In der Büroumgebung ist - vom Einsatz von Thin Clients abgesehen - kein richtiges Monitoring etabliert. I.d.R. kommen dort keine zentralisierten Monitoringsysteme zum Einsatz. Oft werden auf den Systemen zur Fernwartung durch die IT (z.B. Bereitstellung neuer Software oder Problemlösungen bei Help Desk-Anfragen) Tools installiert oder ein Remote-Zugriff ermöglicht (Books, 2011).

Trends

Prinzipiell sind ähnliche Ansätze wie beim Monitoring im Rechenzentrum (IT) möglich. SNMP kann genutzt werden; aber auch die WMI-Schnittstelle. IPMI ist relativ aufwendig zu realisieren, daher ist fraglich, ob diese Technologie bei Low-Cost Geräten, wie Bürorechnern, zum Einsatz kommen wird.

Energiemonitoring wird nicht oft in der Büroumgebung (Spezialanwendungen wie Graphikbearbeitung ausgenommen) eingesetzt, da die meisten Büroanwendungen für keine nennenswerte Auslastung auf dem Zielsystem sorgen und somit der Energieverbrauch weitgehend konstant ist (Berl & de Meer, 2011).

Energiemonitoring der Büroumgebung wird bspw. von Lösungen der Firma JouleX bereits umgesetzt. Dabei werden die Geräte über einen Verzeichnisdienst in das System eingebunden. Über WMI bzw. über ein Benutzerkonto bei Unix/Linux-Systemen (Kommunikation über SSH) werden relevante Daten abgerufen und in Energieverbräuche umgerechnet. Dabei verwendet JouleX ein Rating-System zur Bewertung der Datenqualität (vgl. direkt bzw. indirekt bestimmte Energiebedarfe).

Netzwerkumgebung

Die Netzwerkumgebung besteht aus Switchen und Routern. Derzeit setzt sich IP-Telefonie am Markt durch, weshalb die Geräte in Zukunft auch den Telefonverkehr abwickeln werden.

Stand

Die Router und Switche der Netzwerkumgebung werden derzeit häufig über SNMP überwacht. Dabei gibt es für gängige Modelle von Routern und Switchen sowohl proprietäre Monitoring-Tools, wie z.B. Cisco Prime LAN Management Solutions, aber auch Open-Source-Lösungen, wie bspw. Nagios. Der Fokus liegt derzeit auf der Überwachung des Durchsatzes und der Einhaltung von Latenzzeiten, um bspw. SLAs einhalten zu können (Nagios, 2012; Cisco, 2012b).

Trends

Das Energiemanagement und das Energiemonitoring über die Netzwerkumgebung werden zunehmend wichtiger. Über Netzwerke sind beispielsweise Informationen zum Status der Geräte abrufbar. Teilweise kann der Strombedarf von Endgeräten, die über PoE (Power over Ethernet) versorgt werden, direkt gemessen werden. Cisco hat hierzu das EnergyWise-Protokoll entwickelt, das sowohl ein Energiemonitoring als auch eine Steuerung (Zustände: An, Aus, Standby) von Netzwerkgeräten ermöglichen soll. Insbesondere im Management von IP-Telefonen ergeben sich hier interessante Möglichkeiten. JouleX hat bereits das Cisco EnergyWise-Protokoll implementiert. Da Cisco Marktführer im Bereich Netzwerk ist, kann erwartet werden, dass das EnergyWise-Protokoll in diesem Bereich zum Standard für Energiemonitoring wird.

Zusammenfassung der Standards für Energiemonitoring der IKT

Es existieren viele Systeme für das Monitoring von IKT-Komponenten und gebäudetechnischen Anlagen. Das Monitoring der IKT-Komponenten ist i.d.R. IP-basiert (WMI, SNMP). Obwohl SNMP ein offenes Protokoll ist, können ohne die MIB keine Daten ausgelesen werden. Der Trend zu agentenlosem Monitoring im IKT-Bereich ist klar erkennbar (IPMI, WMI). Im Bereich der Gebäudetechnik geht der Trend zu IP-basierten Feldbussen. Im Bereich der Netzwerkumgebung werden durch das Cisco EnergyWise-Protokoll neue Möglichkeiten geschaffen.

Detailanalyse: Stärken- und Schwächenanalyse ausgewählter EMS

Bei der Detallerhebung von EMS wurde wegen der großen Anzahl von Systemen der Schwerpunkt auf die reinen EMS gelegt. Sollte kein reines EMS bei einem potenziellen GreenIT Cockpit Nutzer vorhanden sein, muss für den Einsatz des Cockpits auf die Daten der vorhandenen Monitoringsysteme zurückgegriffen werden. Daher werden auch Systeme zu Produkten von großen Anbietern (der zugehörigen Hardware-Systeme), die keine reinen EMS sind, berücksichtigt, da man diese mit großer Wahrscheinlichkeit bei einem potenziellen Nutzer des GreenIT Cockpits antreffen wird.

Kriteriendefinition und deren Quantifizierung

Zur Erstellung der Stärken- und Schwächenprofile der EMS werden aufgrund der weiter oben definierten Anforderungen Bewertungskriterien abgeleitet.

Dabei setzt die Stärken- und Schwächenanalyse den Schwerpunkt auf die Datenqualität und die Auswertung der Daten, da die EMS vorwiegend als Datenquellen für das zu entwickelnde GreenIT Cockpit eingesetzt werden sollen:

- Anbindungsmöglichkeiten:
Wie können die zu überwachenden IKT-Komponenten in das System eingebunden werden? Wie werden andere Daten (von Servern oder an-deren IKT-Komponenten) eingebunden?

- **Datenqualität der EMS:**
Wie werden die Daten erhoben? Werden sie nur abgefragt oder können diese auch durch das System selbst (z.B. durch Messungen) ermittelt werden?
- **Datenaufbereitung:**
Wie können die Daten im System aufbereitet werden? Können Kennwerte gebildet werden?
- **Exportmöglichkeiten:**
Wie können die Daten in ein übergeordnetes Management-System wie das GreenIT Cockpit übergeben werden? Einfacher Export über CSV bzw. XML? APIs oder direkt über das zugrunde liegende DBMS?
- **Standardkonformität:**
Wie hält sich das System an Standards, z.B. bei der Anbindung und dem Export der Daten?

Weitere Informationen zum System, wie z.B. Kostentransparenz, werden betrachtet, um möglichen Cockpit-Nutzern Hinweise für die Anschaffung eines EMS zu geben; falls ein solches System noch nicht vorhanden ist.

Die Methodik der Stärken- und Schwächenanalyse ist an (Kerth u. a., 2009) angelehnt. Für das Stärken- und Schwächenprofil werden Ausprägungen für die Kriterien definiert. Jedes Kriterium kann dabei eine der Ausprägungen {-2, -1, 0, 1, 2} annehmen. Die fünf Ausprägungen erlauben eine hinreichend große Abstufung und die übersichtliche Darstellung des Ergebnisses in einer Matrix mit Harvey-Bällen.

Tabelle 20 zeigt die Ausprägungen der Kriterien für die Stärken- und Schwächenanalyse:

Tabelle 20: Quantifizierung der Kriterien

Punkte	-2	-1	0	1	2
Einsatzgebiet	1	1,5	2	2,5	3
Anbindungsmöglichkeiten-IT	kein	1-2 Protokolle	3 Protokolle oder SNMP	4 Protokolle	ab 5 Protokolle
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	kein	1-2 Busse	3 Busse	4 Busse	ab 5 Busse
Kostentransparenz	völlig intransparent	sehr grobe Kostenschätzung (keine oder sehr große Obergrenze)	grobe Kostenschätzung (mit oberer Grenze)	Kostenstruktur auf mittlerer Datenerhebungsebene oder für Teile des Systems	Klare definierte kosten- und Rabattstruktur auf unterster Datenerhebungsebene (z.B. pro Rack/Server)
Datenqualität	fester Wert	Auslastung + mathematisches Modell	Gerät liefert Wert	Gerät misst	direkte ext. Messung
Messsensoren-Art	keine	1	2	3-4	ab 5
Messsensoren-Hersteller	keine	1	2	3-4	ab 5
Datenauswertung-KPI	keine	feste KPI	durch Hersteller änderbare KPI	selbständig änderbare KPI	frei aus allen Datenquellen definierbare KPI
Datenauswertung-Visualisierung	nur textuell	einfaches Diagramm	mehrere Diagrammtypen	mehrere Daten in ein Diagramm	Diagrammtyp und -eigenschaften

					ändern
Datenexport-Schnittstellen	keine	CSV, XML	Datenbankzugriff	API	anpassbare API
Datenexport-KPI	keine	feste KPI	durch Hersteller änderbare KPI	selbständig änderbare KPI	frei aus allen Datenquellen definierbare KPI
Datenexport-Zeitauflösung	Wochenmittel	Tagesmittel	Stundenmittel	Viertelstundenmittel	kleiner als Viertelstundenmittel möglich und wählbar

Bei den Kriterien gilt die Annahme, dass für ein Kriterium immer die höchstmögliche Punktzahl für ein System vergeben wird, wenn mehrere Ausprägungen möglich sind.

Auf den folgenden Seiten werden die ausgewählten Systeme kurz vorgestellt und die entsprechenden Bewertungen aufgezeigt. Es gilt zu beachten: Das Bewertungssystem ist lediglich als Vorschlag für Anwender zu verstehen. Die Darstellung erhebt wegen der Dynamik des Markts (sehr schnelle Änderungen an den Systemen) keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Avocent (Data Center Planner)

Avocent stellt Lösungen rund um das Management von IKT her. Von Managementsoftware für Rechenzentren über intelligente Stromverteilbleisten (PDUs) bis zur Software, die auf den Baseboardmanagement Controller zugreifen kann. Im Rahmen der Analyse ist der Data Center Planner relevant.

Tabelle 21: Bewertung von Avocent (Data Center Planner)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Rechenzentrum, vorwiegend IT und Stromversorgung im Serverraum.	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Anbindung über SNMP, verschiedene Intelligent Platform Management Interfaces (IPMI) wie bspw. HP-ILO und auch proprietäre Lösungen.	2
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Bei der Gebäudetechnik können out-of-the-box die Stromverteilung (PDUs) im Serverraum (von AVOCENT) eingebunden werden; IP fähige Geräte auch (ULK, USV).	-1
Kostentransparenz	Kostenstruktur erlaubt evtl. grobe Schätzung, aber eher intransparent.	-1
Datenqualität	Die Datenqualität kommt aus den Geräten, Sensoren müssen nicht Teil des Systems sein. Bei den Daten aus den Geräten ist zumindest teilweise sichergestellt, dass diese direkt gemessen wurden (IPMI).	1
Messsensoren-Art	Über Partner (nicht Teil von Avocent).	-2
Messsensoren-Hersteller	Nur ein Hersteller (Uptime Devices), der Sensoren in das System einbindet.	-2
Datenauswertung-KPI	KPIs können gebildet werden.	1
Datenauswertung-Visualisierung	Die Visualisierung erfolgt über Standard-Diagramme (Zeitreihen).	1
Datenexport-Schnittstellen	XML, CSV, XLS und API zum Datenexport vorhanden.	1
Datenexport-KPI	Die KPIs können exportiert werden.	1
Datenexport-Zeitauflösung	Es können Rohdaten und aggregierte Daten exportiert werden.	1

CA Technologies (CA ecoMeter, CA ecoDesktop und CA ecoGovernance)

CA ecoMeter ist ein Energiemonitoring für die IT und das Gebäude im RZ-Bereich. CA ecoDesktop für die Büroumgebung, CA ecoGovernance für Nachhaltigkeitsstrategien. ecoDesktop und ecoMeter arbeiten dabei eng zusammen.

Tabelle 22: Bewertung von CA Technologies (CA ecoMeter, CA ecoDesktop und CA ecoGovernance)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	RZ, Büro und Gebäude, jeweils IT und Gebäude.	2
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Kann SNMP für IT-Einbindung / eigener Agent auf Servern.	0
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Können u.a. BACNet, ModBUS, diverse proprietäre Lösungen (EMERSON, APC etc.).	2
Kostentransparenz	Keine, da individuell verhandelt (für Großkunden >2000 Mitarbeiter).	-2
Datenqualität	Lösung kann sowohl Daten von Sensoren (Partnerfirma einbinden), als auch Gerätedaten auslesen.	2
Messsensoren-Art	Sensoren der Firma Opto 22; bietet für alle Messaufgaben Sensoren an.	2
Messsensoren-Hersteller	Nur ein Partner (Firma Opto 22).	-1
Datenauswertung-KPI	Kennwerte können frei gebildet werden.	2
Datenauswertung-Visualisierung	Textuell und graphisch (Zeitreihe).	0
Datenexport-Schnittstellen	Vorhandene API, CSV und XML.	1
Datenexport-KPI	Die definierten KPIs können exportiert werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Viertelstundendaten werden bereitgestellt.	1

deZem – Energiecontrolling

deZem ist ein Anbieter, der eine integrierte Lösung aus Hardware (Datensammler und Messtechnik) und Software zur Auswertung anbietet.

Der Datensammler kann an sehr viele Feldbusse aus dem Bereich Gebäudeautomation andocken. Stromverbrauchsmessungen im RZ werden seit mehreren Jahren durchgeführt. Büro- und Produktionsumgebungen werden ebenfalls überwacht.

Tabelle 23: Bewertung von deZem - Energiecontrolling

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Gute Anbindung an die Büroumgebung, RZ (Gebäude und SNMP), keine direkte Netzwerküberwachung.	1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Anbindung aller SNMP-fähigen Komponenten.	0
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Anbindung aller gängigen Feldbusse.	2
Kostentransparenz	Preisstruktur wird offen gelegt, Rabatte sind möglich.	1
Datenqualität	deZem kann sowohl Gerätedaten auslesen als auch direkte Messungen durchführen.	2
Messsensoren-Art	Es können alle Arten von Messsensoren und Zählern eingebunden werden.	2
Messsensoren-Hersteller	deZem arbeitet mit bestimmtem Hersteller, wenn neues System aufgebaut wird, kann aber Sensoren aller Hersteller integrieren.	2

Datenauswertung-KPI	KPIs können völlig frei definiert werden (Bildung virtueller Zähler).	2
Datenauswertung-Visualisierung	Viele Darstellungsarten möglich (JavaScript-Bibliothek).	1
Datenexport-Schnittstellen	CSV, XML sind integriert. Eine API existiert noch nicht, soll aber entwickelt werden	-1
Datenexport-KPI	Die Aggregation der Exportdaten ist analog zur Datenauswertung (KPI).	2
Datenexport-Zeitauflösung	Die Zeitauflösung kann beliebig gewählt werden; deZem setzt wie andere Anbieter auf intelligente Datenkompression.	2

IBM Tivoli Monitoring for Energy Management

Die Monitoring Lösung von IBM arbeitet vor allem mit Produkten von APC, Emerson und Cisco zusammen. Der Einsatz von Tivoli Monitoring for Energy Management bietet sich gerade dann an, wenn andere Tivoli Lösungen bereits im Einsatz sind, wie bspw. das Tivoli Service Management.

Tabelle 24: Bewertung von IBM Tivoli Monitoring for Energy Management

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Verschiedene Einsatzgebiete sind möglich.	2
Anbindungsmöglichkeiten-IT	u.a. SNMP ist möglich / EnergyWise.	1
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Verschiedene Busse, auch proprietäre.	0
Kostentransparenz	Stark vom Szenario abhängig.	-2
Datenqualität	Greift via EnergyWise auf Cisco Router Messungen zurück.	1
Messsensoren-Art	Mehrere Sensorarten sind möglich (Druck, Temperatur, Feuchte).	0
Messsensoren-Hersteller	Wenige Hersteller, eher Auslesen aus Devices.	-1
Datenauswertung-KPI	Ändern von KPIs ist möglich.	1
Datenauswertung-Visualisierung	Verschiedene Diagrammtypen sind verfügbar; mehrere Daten in eine Darstellung unklar (0).	0
Datenexport-Schnittstellen	API, CSV existiert.	1
Datenexport-KPI	Mittlere Aggregation; in Grenzen veränderbare KPI können exportiert werden.	1
Datenexport-Zeitauflösung	Alle Viertelstunde.	1

IT-Backbone GmbH

Die IT-Backbone GmbH bietet Beratungsdienstleistungen um das Thema Energiemonitoring im IKT-Umfeld an. Dabei liegt der Fokus auf Rechenzentren. Die Firma stellt Beratungsdienstleistungen zur Verfügung. Als Energiemonitoringsystem dient dabei das Open Source-Tool CACTI. Die folgende Bewertung zeigt die konfigurierte Version von CACTI, die die IT-Backbone GmbH bei Ihren Kunden einrichtet.

Tabelle 25: Bewertung von CACTI

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Der Fokus liegt im Bereich RZ, die meisten Projekte wurden bisher im RZ umgesetzt. Dort sind IT und Gebäudetechnik angebunden werden.	1

Anbindungsmöglichkeiten-IT	Alle SNMP-Varianten und alles, was in CACTI implementiert ist.	1
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Die Anbindung von Gebäudetechnik kann über IP-basierte Feldbusse erfolgen, ansonsten Anbindung über IP-fähige oder GLT möglich (nicht direkt).	-2
Kostentransparenz	Abhängig von den nötigen Anpassungen in CACTI.	-2
Datenqualität	Direkte Messungen über Janitza-Geräte oder Raritan PDU möglich.	1
Messsensoren-Art	Janitza und Raritan-Geräte, somit viele verschiedene Sensorarten.	2
Messsensoren-Hersteller	Bevorzugte Partner: Janitza und Raritan, Anbindung von anderen Herstellern möglich, aber eher nicht gewünscht.	0
Datenauswertung-KPI	Ein wesentlicher Bestandteil von CACTI ist RRDtool, das eine Skriptsammlung zur Datenauswertung darstellt; neben vielen Optionen ist die Anpassung an die Bedürfnisse des Kunden durch leichte Eingriffe in den Code möglich.	2
Datenauswertung-Visualisierung	S.o.	2
Datenexport-Schnittstellen	Standardexport-Format ist CSV; der Zugriff auf die zugrundeliegende Datenbank (MySQL) ist problemlos möglich.	1
Datenexport-KPI	Es können beliebige Operationen auf den Daten ausgeführt werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Ist abhängig davon, wie lange angeforderter Zeitpunkt/Zeitraum zurück, da die Datenspeicherung von CACTI wie bei einem Ringspeicher funktioniert (alte Daten werden überschrieben); Tages- und Wochenmittel bleiben erhalten.	-2

JouleX Energy Manager

Der JouleX Energy Manager dient zur Abbildung des Energieverbrauchs von Rechnern und Endgeräten in der Büroumgebung. Als reines Software-Tool integriert es Bürorechner sowie Server und andere Geräte über die Windows Management Instrumentation (WMI) oder einen eigenen Benutzer auf dem Zielgerät (Unix/Linux Monitoring durch SSH-Zugang). Weiterhin wird das EnergyWise-Protokoll von Cisco zur Überwachung des Netzwerks und der eventuell vorhandenen IP-Telefonie unterstützt. Die Einbindung der Gebäudetechnik erfolgt über Partnerfirmen.

Tabelle 26: Bewertung von JouleX Energy Manager

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Büroumgebung, RZ (IT und Infrastruktur über Partnerfirmen) sowie Netzwerk (Kooperation mit Cisco EnergyWise).	2
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Die IT kann durch Scannen der Landschaft (EnergyWise-Protokoll, Verzeichnisdienste) erkannt werden; das Monitoring erfolgt bei Windows-Systemen über die Windows Management Instrumentation (WMI), bei Unix/Linux-Systeme wird ein Account angelegt und die Daten per SSH-Login abgerufen.	2
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Gebäudetechnik kann über IP-basierte Protokolle (SNMP) oder direkt über die Gebäudeleittechnik eingebunden werden; hierfür sind Partnerfirmen vorgesehen.	2
Kostentransparenz	JouleX weist mit 3-8 € pro Gerät und Jahr eine transparente Kostenstruktur auf.	2

Datenqualität	JouleX ist eine Software und misst keine Daten direkt; allerdings wird die Datenqualität in einem Bewertungssystem dargestellt.	1
Messsensoren-Art	Messsensoren sind nicht erforderlich, JouleX setzt sehr stark auf das Auslesen von Daten aus anderen Geräten.	-2
Messsensoren-Hersteller	Messsensoren sind nicht direkt für das System vorgesehen.	-2
Datenauswertung-KPI	Eigene KPIs können frei definiert werden.	2
Datenauswertung-Visualisierung	JouleX wird über einen Web Interface gesteuert; es verfügt über leistungsfähige und anpassbare Darstellungsoptionen, allerdings ist nicht alles frei wählbar.	1
Datenexport-Schnittstellen	Es existiert eine WebAPI, Exportmöglichkeiten in CSV, XML etc.	1
Datenexport-KPI	Die KPIs können teilweise exportiert werden.	1
Datenexport-Zeitauflösung	Der Export von Rohdaten (Viertelstundenwerte) ist nach Aussage von Herrn Prantl möglich, die Zeitauflösung von älteren Daten wird durch Kompression verringert (möglichst ohne Verlust von Genauigkeit). HINWEIS: Der dokumentierte Wert der API ist eine Stunde; Herr Prantl sagte im Interview, dass Viertelstundenwerte zu erhalten sind.	1

Nimsoft (Unified Manager, Nimsoft Monitoring)

Nimsoft bietet eine Reihe von Produkten zur Überwachung von IKT-Komponenten (unternehmensweit) an; Schwerpunkt ist das RZ (Server, Storage und Netzwerk). Über „Probes“, eine Art Apps für das System, können diverse Komponenten in das System integriert werden.

Tabelle 27: Bewertung von Nimsoft (Unified Manager, Nimsoft Monitoring)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Nimsoft ist ein standortübergreifendes IT-Monitoringsystem für den Bereich Rechenzentrum; die netzwerkfähige Gebäudetechnik kann eingebunden werden.	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Die Anbindung erfolgt über Mini-Anwendungen, sog. Probes; für die IT werden viele verschiedene Anbieter unterstützt.	2
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Die Gebäudetechnik kann entweder über die Gebäudeleittechnik angebunden werden oder IP-basiert (Netzwerk), wenn die Geräte dazu in der Lage sind.	-2
Kostentransparenz	Preis ist Funktion der Anzahl der zu überwachenden Geräte; es wurden keine klaren Angaben gemacht.	-2
Datenqualität	Das System kann über Probes Sensoren (Temperatur, Druck, Volumenstrom) einbinden.	1
Messsensoren-Art	Es sind eigentlich keine Sensoren vorgesehen; beim Kunden vorhandene können eingebunden werden.	1
Messsensoren-Hersteller	S.o.	2
Datenauswertung-KPI	KPIs können frei definiert werden; über die Entwicklung von Probes können eigene Reporting-Systeme eingeführt werden.	2
Datenauswertung-Visualisierung	Der Nutzer kann zwischen mehreren Diagrammen wählen und die entsprechenden Größen darstellen.	1

Datenexport-Schnittstellen	Die Schnittstellen können ggf. über Probes definiert werden; die gewünschten, allerdings steht die Struktur der Probes für den Datenexport fest.	1
Datenexport-KPI	Die selbst definierten KPIs können exportiert werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Die Daten werden komprimiert, der Export erfolgt in Viertelstundenwerten.	1

Cob-Web (proRZ)

proRZ bietet ein Energiemanagement-Produkt, das auf eine umfassende Beteiligung des Kunden setzt. Zentrales Element ist das Cob-Web, eine Software zum Energiemonitoring. Cob-Web wurde aus EM Master entwickelt, einer Energiemonitoringsoftware, die bereits in Produktionsumgebungen eingesetzt wurde, weshalb eine problemlose Anbindung an SPS und Elemente der Gebäudetechnik möglich ist. In Zusammenarbeit proRZ entstand mit Cob-Web ein für Rechenzentren angepasstes Energiemonitoringsystem.

Tabelle 28: Bewertung des Cob-Web

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Eigentlich RZ-Produkt; andere	2
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Alle SNMP Varianten, manuelle Eingabe.	1
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Durch Einsatz in Produktionsumgebungen sehr viele Anbindungsmöglichkeiten von verschiedenen Feldbussen (BACNet, Lon, Modbus); Anbindung über Gateways.	2
Kostentransparenz	Stark vom Szenario abhängig; Preise auf Anfrage.	-2
Datenqualität	Sensoren sind nicht nötig, können aber eingebunden werden; im Prinzip hängt die Qualität von den eingebundenen Sensoren ab; Standard-Konformität der Sensoren.	2
Messsensoren-Art	Da auch SPS angebunden werden kann und viele IP-Devices, sind sehr viele verschiedene Sensorarten möglich; Gateways: alle Hersteller, Auswahl durch Kunden.	2
Messsensoren-Hersteller	Fast alle Hersteller, die Standard-Konformität beachten.	2
Datenauswertung-KPI	Ändern von KPIs ist möglich, allerdings keine komplexen Operationen.	1
Datenauswertung-Visualisierung	Verschiedene Diagrammtypen sind verfügbar, mehrere Daten in einem Diagramm darstellbar.	2
Datenexport-Schnittstellen	CSV und XML als Standard-Fall, keine API; bisher per Mail alle paar Stunden; Anpassungen möglich (wird besser, aber bisher nur 0).	0
Datenexport-KPI	Mittlere Aggregation; bisher nur einfache Operationen, aber keine komplexen Funktionen.	0
Datenexport-Zeitauflösung	Minutenwerte; Sekundendaten werden im Backend gespeichert, aber nicht im Frontend ausgegeben. Datenbank.	2

PRTG Netzwerk Monitor

Der PRTG Network Monitor war ursprünglich ein Tool zur Überwachung von Netzwerken in Unternehmen. Das Tool wurde zusätzlich im Bereich IT (Servermonitoring) für den Bereich Rechenzentrum erweitert.

Tabelle 29: Bewertung von PRTG Netzwerk Monitor

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Rechenzentrum und Netzwerk, da vorwiegend Auslastung: Verfügbarkeit, Bandbreite etc.	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Standard SNMP-Anbindung, einige proprietäre Protokolle.	2
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Das Tool ist ein reines Netzwerk- bzw. IT-Monitoring-Tool; bestimmte Komponenten, die IP-basierte Protokolle sprechen (bestimmte USV), können via SNMP eingebunden werden.	-1
Kostentransparenz	Das Tool kann direkt über Onlineshop bestellt werden, Installation übernimmt der zuständige Administrator.	2
Datenqualität	Daten werden über die Geräte ausgelesen.	0
Messsensoren-Art	Es werden keine Sensoren standardmäßig verwendet.	-2
Messsensoren-Hersteller	S.o.	-2
Datenauswertung-KPI	Eigene Kennwerte können definiert werden, Operationen möglich.	1
Datenauswertung-Visualisierung	Auswertung als Text oder Graph möglich (Zeitreihendarstellung).	-1
Datenexport-Schnittstellen	Export als HTML, CSV oder XML möglich.	-1
Datenexport-KPI	Kennwerte können teilweise exportiert werden.	1
Datenexport-Zeitauflösung	Kompression: Die letzten Tage sehr genau, dann nimmt Genauigkeit ab (Datenhandling).	1

Raritan (Power IQ, DCTrack)

Raritan ist ein Hersteller von intelligenten Stromverteileisten (PDU). Die PDUs werden direkt in die Racks im Serverraum eingebaut. An sie werden die IKT-Komponenten angeschlossen. Die PDUs messen dabei den Strombedarf der angeschlossenen Geräte. Es wird zwischen Leisten unterschieden, die den gesamten Bedarf aller angeschlossenen Geräte inklusive des Eigenbedarfs messen (Summe) und denen, die den Bedarf jedes einzelnen Anschlusses ausgeben. Raritan bietet zwei relevante Produkte an: Power IQ und DCTrack.

Power IQ

Power IQ ist eine Energiemanagement-Software, mit der die Infrastruktur und der Stromverbrauch der Komponenten im Rechenzentrum überwacht werden können. Es handelt sich dabei nicht um eine Monitoring-Software für IKT-Komponenten, wie bspw. NAGIOS. Power IQ ist kostenlos mit den PDUs erhältlich; ab fünf PDUs muss eine Lizenz erworben werden.

Tabelle 30: Bewertung von Raritan (Power IQ)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Rechenzentrum (Infrastruktur, Stromverbrauch, USV, Kühlsystem).	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Die IT kann über SNMP in Power IQ eingebunden werden.	0
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	USV, und ULK können über IP-basierte Technik eingebunden werden (Power IQ läuft auf virtueller Maschine; abhängig von Schnittstellen des Servers!).	-1
Kostentransparenz	PowerIQ bis zu 5 Racks (PDUs) kostenlos, danach fallen Kosten von ca. 200-250 € an; die jährlichen	1

	Folgekosten belaufen sich auf ca. 10-18% der Anschaffungskosten (transparente Preisstruktur).	
Datenqualität	Power IQ misst direkt (Stromverbrauch, Temperatur und Feuchte), kann aber auch per SNMP Gerätedaten auslesen.	2
Messsensoren-Art	Alle Sensoren mit analoger Schnittstelle können an Raritan PDUs angeschlossen werden: i.d.R. sind dies Temperatursensoren, Feuchtigkeitssensoren und Drucksensoren.	1
Messsensoren-Hersteller	Es können alle Messsensoren mit standardisierter Schnittstelle (Analogsignal, Industriestandard) eingesetzt werden.	2
Datenauswertung-KPI	KPIs können manuell gebildet werden, richtige virtuelle Zähler bisher nicht bei PowerIQ.	-2
Datenauswertung-Visualisierung	Zeitreihen und Diagramme möglich, Dashboard kann individuell angepasst werden.	2
Datenexport-Schnittstellen	SNMP, WebAPI sind vorhanden und können genutzt werden.	1
Datenexport-KPI	Export der KPIs teilweise möglich.	1
Datenexport-Zeitauflösung	Es können Rohdaten abgerufen werden.	2

DCTrack

DCTrack ist eine Rechenzentrums-Infrastruktur Management Lösung, mit der Rechenzentren hinsichtlich des Energieverbrauchs überwacht und geplant werden können. DC Track ist in der Lage, regionale (im Serverraum) Engpässe bspw. bei der Stromversorgung zu erkennen (Planung), dies gilt auch für die prognostizierte Entwicklung (bspw. durch Vergangenheitswerte).

Der Funktionsumfang bzgl. des Energiemonitorings ist Power IQ ähnlich. Der Unterschied besteht im Wesentlichen darin, dass mehrere Standorte verwaltet werden können. Damit werden Engpässe frühzeitig aufgedeckt und es kann gesteuert werden.

Tabelle 31: Bewertung von Raritan (DCTrack)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Rechenzentrum mit Infrastruktur. Schwerpunkt auf Stromversorgung.	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Einbindung wie in Power IQ.	0
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Analog zu Power IQ.	-1
Kostentransparenz	DC Track ist Planungssoftware, die standortübergreifend arbeitet; es sind individuelle Absprachen möglich (wenig transparent).	-1
Datenqualität	DC Track kann wie Power IQ direkt messen (Stromverbrauch, Temperatur und Feuchte), kann aber auch per SNMP und anderer Schnittstellen Gerätedaten auslesen.	2
Messsensoren-Art	Alle Sensoren mit analoger Schnittstelle können an Raritan PDUs angeschlossen werden: i.d.R. sind dies Temperatursensoren, Feuchtigkeitssensoren und Drucksensoren.	1
Messsensoren-Hersteller	Es können alle Messsensoren mit standardisierter Schnittstelle (Analogsignal, Industriestandard) eingesetzt werden.	2
Datenauswertung-KPI	KPIs können manuell gebildet werden, virtuelle Zähler können in Grenzen definiert werden.	1
Datenauswertung-Visualisierung	Zeitreihen und Diagramme möglich, Dashboard kann	2

	individuell angepasst werden.	
Datenexport-Schnittstellen	SNMP, Web API sind vorhanden und können genutzt (analog zu Power IQ).	1
Datenexport-KPI	KPIs können vollständig exportiert werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Es können Rohdaten abgerufen werden.	2

Rittal (RiZone)

RiZone ist eine Lösung zum Management von Rechenzentren. RiZone ist gut entwickelt im Bereich der Gebäudetechnik, da RiZone auf Rittals Computer Multi Control Monitoringsystem basiert (CMC, besteht aus Datensammler und Sensoren, wird u.a. im Industriebereich eingesetzt). Über SCOM (System Center Operations Manager, Microsoft-Produkt zur Serverüberwachung) bzw. SNMP können Alarme und Statusmeldungen der IT integriert werden. Rittal intensivierte die Arbeiten zur Unterstützung von immer mehr Produkten anderer Hersteller (Interoperabilität).

Tabelle 32: Bewertung von Rittal (RiZone)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	RZ mit IT und Infrastruktur.	-1
Anbindungsmöglichkeiten-IT	Alarme und Meldungen bzw. Daten aus der IT können mit SNMP oder SCOM (Microsoft) in das System integriert werden.	1
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Die Gebäudetechnik kann über CMC integriert werden; als Protokoll wird BACNet eingesetzt; Integration anderer Protokolle ist über MSR-Partner möglich.	1
Kostentransparenz	Preismodell ist auf Webseite verfügbar.	2
Datenqualität	RiZone kann Daten auslesen (IT, SNMP, BACNet) oder direkt Messen (Datensammler des CMC-Systems).	2
Messsensoren-Art	Alle typischen Sensoren (Temperatursensoren, Drucksensoren, Volumenströme), aber auch Sensoren von bspw. Zutrittskontrollsystemen können in RiZone integriert werden.	2
Messsensoren-Hersteller	Messsensoren sind nicht nötig, können aber über CMC-Datensammler eingebunden werden; Sensoren anderer Hersteller können an den Datensammler angebunden werden.	2
Datenauswertung-KPI	KPIs können völlig frei definiert werden (s. Anleitung RiZone).	2
Datenauswertung-Visualisierung	Die Darstellung erfolgt textuell, durch Verlauf, Torte- oder Balkendiagramm (s. Anleitung).	1
Datenexport-Schnittstellen	Datenexport als CSV möglich, SNMP Schnittstelle für übergeordnetes Managementsystem vorhanden.	1
Datenexport-KPI	Die definierten KPIs können vollständig exportiert werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Der Zugriff ist auf Daten beliebiger Auflösung möglich.	2

Speedikon DAMS (Data Center Asset Management Solutions)

Speedikon DAMS liefert eine Software zur Optimierung der Rechenzentrumsplanung sowie der Auslastung von IT-Komponenten (Server, Storage, Netzwerke) sowie der Infrastruktur (USV, Kühlung etc.). Berichte geben Grafiken sowie Leistungskennzahlen, die als Basis für Optimierungsentscheidungen dienen können.

Speedikon FM hat ein Schwesterunternehmen (WiriTec), das auf Messtechnik spezialisiert ist. Der Datensammler (WiriBox) kann Sensordaten, Zählerstände etc. erfassen und in das Speedikon FM integrieren. Da die beiden Firmen derselben Gruppe angehören, werden die WiriBox und DAMS als integrierte Lösung, d.h. als ein System, interpretiert.

Tabelle 33: Bewertung von Speedikon DAMS (Data Center Asset Management Solutions)

Kriterien	Begründung	Bewertung
Einsatzgebiet	Rechenzentrum (IT + Infrastruktur)	-2
Anbindungsmöglichkeiten-IT	SNMP und einige proprietäre Lösungen von Herstellern.	1
Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Durch die WiriBox können alle wichtigen Protokolle aus der Gebäudetechnik eingebunden werden.	2
Kostentransparenz	Allgemeine Lizenzkosten, zzgl. Anschaffungskosten für die WiriBox, Folgekosten; individuell Preise möglich; komplizierte Preisstruktur, mit der Kosten nur sehr grob geschätzt werden können.	-1
Datenqualität	Es können Daten aus Geräten ausgelesen werden, aber auch direkte Messungen über die WiriBox (Datensammler) erfolgen.	2
Messsensoren-Art	Es können Zählerstände und Stromverbräuche erfasst werden.	-1
Messsensoren-Hersteller	Sensoren selbst von Drittanbieter, Datensammler (WiriBox) eigenes Produkt; es können allerdings alle Sensoren aller Hersteller integriert werden.	2
Datenauswertung-KPI	KPIs können vollständig selbst definiert (virtuelle Zähler etc.).	2
Datenauswertung-Visualisierung	Leistungsfähige Visualisierung, diverse anpassbare Diagrammarten, in die mehrere Daten integriert werden können.	2
Datenexport-Schnittstellen	XML, CSV, WebAPIs, SNMP; nicht vollständig anpassbar.	1
Datenexport-KPI	Die definierten KPIs können exportiert werden.	2
Datenexport-Zeitauflösung	Es können sowohl Rohdaten als auch bearbeitete Daten exportiert werden.	2

Bewertungsübersicht

Abbildung 8 zeigt das Ergebnis der Stärken- und Schwächenanalyse für die EMS.

Tabelle 34: Referenz für die Bewertung

Referenz	
0%	
25%	
50%	
75%	
100%	

	Einsatzgebiet	Anbindungsmöglichkeiten-IT	Anbindungsmöglichkeiten-Gebäude	Kostentransparenz	Datenqualität	Messsensoren-Art	Messsensoren-Hersteller	Datenauswertung-KPI	Datenauswertung-Visualisierung	Datenexport-Schnittstellen	Datenexport-KPI	Datenexport-Zeitauflösung
Avocent	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●
CA Tech.	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
deZem	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IBM	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
IT-Backbone	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	○
JouleX	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●
Nimsoft	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Cob-Web (proRZ)	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Paessler PRTG	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●
Raritan - Power IQ	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
Raritan - DC Track	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
RiZone (Rittal)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Speedikon DAMS	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Abbildung 8: Ergebnisse der Stärken- und Schwächenanalyse der EMS im Überblick

In den Experten-Interviews wurde, ebenso wie in der Vorrecherche, deutlich, dass keines der Systeme die für das GreenIT Cockpit geplante geschäftsprozessorientierte Darstellung von IKT-Energieverbräuchen leisten kann.

Weiterhin wurde deutlich, dass mit entsprechend großem Aufwand aus vielen Systemen fast alle beliebigen Daten erhalten werden können. I.d.R. gilt, dass die Qualität der Daten stärker von dem beim Nutzer lokal umgesetzten Messkonzept abhängt als von der Art des Systems.

Von entscheidender Bedeutung für das zu entwickelnde Cockpit sind die Datenexportmöglichkeiten der EMS. Hier stellt sich die Frage, wie genau die Datenauflösung vorliegen soll. Zur Bestimmung der Energiebedarfe reicht ein täglicher Datentransfer ins Cockpit, sollen noch genauere Informationen mit Hilfe des Cockpits ausgewertet werden, wie z.B. die Effizienz eingesetzter IKT-Ressourcen, könnte eine größere Granularität der Daten erforderlich sein (z.B. stündlicher Datenexport). Alle Systeme können den täglichen Datentransfer leisten. Um einen häufigeren Datentransfer durchführen zu können, sind leistungsfähige APIs nötig. Einige Systeme verfügen bereits über solche APIs (z.B. JouleX), außerdem streben viele Anbieter die Entwicklung von APIs an.

Bei der Untersuchung lagen für drei Systeme (deZem, JouleX und Cob-Web) Test-Zugänge vor, die eine intensive Untersuchung ermöglichten. Die Testzugänge legten offen, dass es teilweise kleinere Abweichungen im Funktionsumfang im Vergleich zu den Herstellerangaben gibt. Daher sollte vor Anschaffung eines Systems intensiv getestet werden, ob das jeweilige System die gestellten Anforderungen erfüllt.

Workshops

Es wurde jeweils ein Workshop beim Umweltbundesamt und bei der Axel Springer SE durchgeführt, in welchen jeweils die Möglichkeiten der Datenanbindung und Integration verschiedener Systeme erläutert wurde.

Ergebnisse für das Projekt

Die Daten für das zu entwickelnde GreenIT Cockpit können aus einem übergeordneten EMS erhalten werden. Dabei hängt die Datenqualität sehr stark vom lokal umgesetzten Messkonzept ab. Die Systeme haben unterschiedliche Stärken und Schwächen. Bei der Auswahl sollte insbesondere auf lokale Aspekte wie z.B. der Systemintegration von vorhandenen Komponenten und Anlagen geachtet werden.

Neben den reinen, übergeordneten Energiemonitoringsystemen (Querschnittssystemen) existieren noch Spezialsysteme zum Überwachen einzelner Komponenten und Anlagen. Sollte der potenzielle Nutzer über kein EMS verfügen, müssen die Daten aus den einzelnen Monitoringsystemen der entsprechenden Hersteller oder aus den Geräten direkt ausgelesen bzw. direkt gemessen werden.

Eine Spezifizierung der Schnittstellen sowohl für die EMS als auch für die Einzelsysteme ist aufgrund des großen Angebots an Lösungen nicht möglich. I.d.R. werden XML und CSV als Schnittstelle angeboten. Oft existieren auch spezielle APIs, über die das Cockpit auf die Daten zugreifen kann. Bei SNMP muss die jeweilige MIB bekannt sein, um die Daten auslesen zu können.

Literaturverzeichnis

Berl, A. & de Meer, H., 2011. An energy consumption model for virtualized office environments. *Future Generation Computer Systems*, 27(8), S.1047–1055.

Books, H., 2011. Articles on Remote Desktop, Including: Citrix Systems, Independent Computing Architecture, Technical Support, Remote Desktop Protocol, Citrix Xenapp,, Hephæstus Books.

Cisco, 2012a. Cisco EnergyWise Technology. Cisco. Available at: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10195/index.html> [Zugegriffen Juni 11, 2012].

Cisco, 2012b. Cisco Prime LAN Management Solution - Products & Services. Cisco. Available at: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps11200/index.html> [Zugegriffen Juni 11, 2012].

Kerth, K., Asum, H. & Stich, V., 2009. Die besten Strategietools der Praxis, Hanser.

Krenn, T., 2012. IPMI Grundlagen – Wiki Thomas-Krenn.AG. Available at: http://www.thomas-krenn.com/de/wiki/IPMI_Grundlagen [Zugegriffen April 20, 2012].

Merz, H., Hansemann, T. & Hübner, C., 2007. Gebäudeautomation: Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet 1. Aufl., Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG.

Microsoft, 2012. Windows Management Instrumentation. Available at: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa394582\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa394582(v=vs.85).aspx) [Zugegriffen Juni 11, 2012].

Nagios, 2012. Nagios - The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring And Alerting. Available at: <http://www.nagios.com/> [Zugegriffen Juni 11, 2012].

Schaefer, M. u. a., 2008. Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren.

Stallings, W., 1999. SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2 3. Aufl., Addison-Wesley Professional.

Stanley, J. & Koomey, J., 2009. The science of measurement: Improving Data Center Performance with Continuous Monitoring and Measurement of Site Infrastructure results on scirus.com, for scientific information.

Stobbe, L. u. a., 2009. Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Berlin: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration.

2.3.2 Energiemonitoring von IKT-Systemen – Kennzahlen

Einleitung

Mit stark zunehmenden Energiepreisen stehen IKT-Verantwortliche unter großem Druck, die Energieeffizienz ihrer Hardware zu beurteilen und zu erhöhen. Zur Bewertung der Energieeffizienz werden häufig Kennzahlen eingesetzt. Im Bereich der IKT sind diese vorwiegend aus dem Rechenzentrum (RZ) bekannt, daher werden diese in Kapitel 2.3.1 genauer untersucht. In (Wilkens u. a., 2012) wurden bereits Kennzahlensysteme strukturiert auf ihre Eignung zur Bestimmung der Energieeffizienz von RZ untersucht. In Anlehnung an (Wilkens u. a., 2012) liefert dieses Kapitel eine Übersicht über verbreitete Kennzahlen zur Bestimmung der IKT-Energieeffizienz als Ergebnisse des Forschungsprojekts GreenIT Cockpit. Dabei werden neben dem Rechenzentrum auch die Bereiche Netzwerk- und Büroumgebung betrachtet. Zunächst werden wichtige Kennzahlen mit den Kriterien aus (Wilkens u. a., 2012) bewertet. Darauf werden Kriterien für statische Kennzahlen (Bestandskennzahlen/Energielabel) festgelegt und zwei wichtige, Energielabel vergebende Organisationen anhand dieser bewertet. Anschließend wird die Rückkopplung mit den Partnern dargestellt.

Kennzahlen

Kennzahlen sind "Zahlen, die quantitative erfassbare Sachverhalte in konzentrierter Form wiedergeben". Sie werden in vielen Bereichen zur Analyse, Planung und Steuerung eingesetzt, dabei sollten sie von definierten Zielen abgeleitet werden und messbar sein. Mehrere Kennzahlen können auch zu einem Kennzahlensystem gebündelt werden (Kütz, 2011).

Energieeffizienzkennzahlen

Nach (Newcombe, 2006) ist es für die Analyse und Verbesserung der Energieeffizienz im Betrieb von Rechenzentren wichtig, dass es ein grundsätzliches Verständnis und eine Übereinkunft für ein Kennwert- und Messsystem gibt. Nach dieser Definition werden nur Kennzahlen beschrieben, die die Effizienz der Nutzung der Komponenten (=Betrieb) bewerten. Darüber hinaus kann auch eine Kennzahl gebildet werden, die bspw. aussagt, wie effizient die eingesetzte Komponente von ihrem Design her ist. Die Kennzahlen der ersten Gruppe sind dynamisch, d.h. zeitabhängig und über die Nutzung der Komponente beeinflussbar. Die zweite Gruppe von Kennzahlen ist mehr statischer Natur. Sie beschreibt, wie energieeffizient einzelne Komponenten gebaut sind, und kann bspw. Auskunft über Anteile von energieeffizienten Komponenten in der Gesamtmenge geben. Diese Kennzahlen können nur an bestimmten Zeitpunkten, nämlich bei der Neubeschaffung bzw. Bestandsänderungen beeinflusst werden. Für die folgenden Betrachtungen werden die Energieeffizienzkennzahlen in zwei Typen unterteilt:

Betriebskennzahlen (Dynamische Kennzahlen)

Diese Kennzahlen zeigen an, wie effizient die Nutzung von Komponenten ist. Sie sind stark von der Auslastung der Komponenten abhängig und können im zeitlichen Verlauf starken Schwankungen unterliegen. Beispiel für eine Kennzahl solchen Typs ist die PUE.

Statische Kennzahlen (Bestandskennzahlen/Energielabel)

Die statischen Kennzahlen geben Auskunft darüber, wie effizient eine Komponente in Ihrem Aufbau ist. Das Energielabel 80 Plus Gold für Netzteile ist eine solche Kennzahl. Mit Hilfe dieses Energielabels können bspw. Informationen über die Designeffizienz der vorhandenen Hardware eines Unternehmens gewonnen werden, z.B. über den einfachen Koeffizienten:

$$\frac{\text{Anzahl der Netzteile in Endgeräten der IKT mit Energieeffizienzklasse 80 Gold Plus}}{\text{Gesamtanzahl der Netzteile in IKT – Endgeräten}}$$

Die statischen Kennzahlen dienen i.d.R. als Beschaffungskriterium (z.B. beim UBA bei der Beschaffung neuer Geräte). Die Betriebskennzahlen dienen der Beurteilung der Effizienz der Nutzung der Komponenten. Beide Typen von Kennzahlen sind miteinander verbunden, da effizientere Komponenten einen niedrigeren Energiebedarf beim Betrieb aufweisen sollten.

Vorrecherche: Energieeffizienzkennzahlen für Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk

Die Ermittlung der Kennzahlen erfolgte durch Literaturrecherche und Expertenbefragung. Die Vorrecherche zeigt, dass die statischen Kennzahlen kaum eine Bedeutung außerhalb der Beschaffung haben. Dies ist auch leicht einzusehen, da sie nur bei Neuanschaffung wirklichen Einfluss haben. Zu Betriebskennzahlen sind sehr viele Kennzahlen und Kennzahlensysteme für den Bereich Rechenzentrum zu finden. Im Bereich Netzwerk existieren einzelne Kennwerte, aber keine Kennzahlensysteme. Kaum Kennzahlen gibt es zur IKT-Energieeffizienz in der Büroumgebung.

Der Fokus der folgenden Bewertung von Energieeffizienzkennzahlen und Energieeffizienzkennzahlensystemen liegt wegen ihrer großen Bedeutung auf den Betriebskennzahlen. Statische Kennzahlen werden nach den Betriebskennzahlen für alle Bereiche dargestellt. Zunächst werden Kriterien zur Bewertung von Einzelkennzahlen definiert. Dabei werden die Definitionen aus (Wilkins u. a., 2012) übernommen. Kriterien zur Bewertung von Kennzahlensystemen werden nicht vorgestellt, da Kennzahlensysteme nur bei Rechenzentren relevant sind und diese bereits in (Wilkins u. a., 2012) umfassend dargestellt sind.

Kriterien zur Bewertung von Einzelkennzahlen und Kennzahlensystemen (Betriebskennzahlen)

Wilkins u. a. (2012) definieren fünf Kriterien zur Bewertung von Energieeffizienzkennzahlen (Betriebskennzahlen):

1. Messbarkeit

Grundsätzlich sollten die benötigten Daten des Kennwerts messbar und der Aufwand für die Datenerfassung angemessen sein.

2. Verständlichkeit

Der Kennwert soll möglichst intuitiv sein, d.h. die Bedeutung und Aussage des Kennwertes muss den Anwendern (RZ-Betreiber) möglichst schon an-hand der Kennwertbezeichnung klar werden. Darüber hinaus soll auch die Zielrichtung des Kennwertes möglichst intuitiv sein: Ist es bspw. für die Zielerreichung besser, wenn der Kennwert größer oder kleiner wird? Weiterhin muss die inhaltliche Aussage der Kennwerte grundsätzlich eindeutig sein, um z.B. Fehlinterpretationen zu vermeiden.

3. Zielbezug

Für jeden Kennwert muss ein klares, eindeutiges und nachvollziehbares Ziel formuliert werden: Was soll der Kennwert abbilden bzw. messen? Wenn der Kennwert Teil eines Kennzahlensystems ist, muss außerdem der Bezug zum Ziel des übergeordneten Systems definiert sein.

4. Maßnahmenfähigkeit

Der Kennwert sollte grundsätzlich beeinflussbar sein und auch Hinweise für Maßnahmen bezüglich einer Optimierung bzw. Verbesserung ermöglichen.

5. Vergleichbarkeit

Für den externen (und ggf. auch für den internen) Vergleich von Kennzahlen zur Energieeffizienz von RZ ist es notwendig eine einheitliche Erfassungsmethode zu verwenden, damit so eine eindeutige Datenbasis für den Vergleich gewährleistet wird. Für die Bewertung und den Vergleich der Energieeffizienz in RZ anhand von Kennwerten sind u. a. einheitliche Vergleichszeiträume notwendig, damit z. B. klimatische Einflussfaktoren im RZ-Betrieb wie Tages- oder Jahreszeiten berücksichtigt, ggf. korrigiert bzw. normiert werden können.

Diese Kriterien eignen sich auch für Betriebskennzahlen aus den Bereichen Büroumgebung und Netzwerk und werden daher für alle Bereiche übernommen.

Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 0 (sehr schlecht) bis 4 (sehr gut). Die Vergabe der Ausprägungen erfolgte durch die Autoren im Vergleich zu allen Kennzahlen, da nicht jeder Ausprägung eines Kriteriums ein Wert auf der Skala von 0 bis 4 zugeordnet werden kann.

Weiterhin definieren Wilkens u. a. (2012) drei Kriterien für übergeordnete Kennzahlensysteme für die Bewertung von Betriebskennzahlen für Rechenzentren:

1. Unabhängigkeit:

Die Kennzahlen eines Systems, die sich auf einer hierarchischen Ebene befinden (bei Rechensystem, das Kennzahlen hierarchisch anordnet und diese durch Berechnung von unten nach oben verknüpft; ähnelt im Aufbau einer Pyramide) oder sich innerhalb einer Gruppe befinden (bei Ordnungssystem, das Kennzahlen nach logisch ähnlichen Gruppen ordnet), sollten möglichst unabhängig voneinander sein. Wilkens u. a. (2012) weisen darauf hin, dass in komplexen Systemen wie dem Rechenzentrum Abhängigkeiten und vielschichtige Wechselwirkungen zwischen den Anlagen, Geräten etc. u.U. nicht zu vermeiden sind. Daher können solche Wechselwirkungen auch bei den Kennzahlen einer Ebene bzw. logischen Gruppen eines Kennzahlensystems auftreten. Diese Wechselwirkungen sollten deshalb nach Wilkens u. a. (2012) deutlich dargestellt und nach Möglichkeit quantifiziert werden.

2. Vollständigkeit:

Das Kennzahlensystem sollte in der Lage sein, die einzelnen funktionalen Systeme des Rechenzentrums (IKT, Kühlsystem, Stromversorgung und Sonstiges) analysieren und steuern zu können. Um die Gesamt-Energieeffizienz aufzuzeigen, muss das Kennzahlensystem alle funktionalen Systeme vollständig abbilden.

3. Einheitliche Datenerhebung:

Grundsätzlich sollten die Datenerhebungsmethoden in einem Kennzahlensystem für Kennzahlen mit gleicher Bedeutung für das System ähnlich sein. Es ist z.B. nicht sinnvoll, exakte Messwerte mit Daten aus Schätzungen zu kombinieren.

Die Bewertung dieser Kriterien erfolgt analog zur Bewertung der Einzelkennzahlen.

Bewertung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen zur Darstellung der Energieeffizienz von IKT

Im folgenden Abschnitt werden Kennzahlen und Kennzahlensysteme zur Abbildung der Energieeffizienz in Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk anhand der Kriterien aus Wilkens u. a. (2012) bewertet. Die Darstellung erhebt aufgrund der Komplexität des Themas keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Rechenzentrum

In Wilkens u. a. (2012) fehlen die Bewertungen von einigen Einzelkennzahlen, die im Zuge der Recherche ermittelt wurden, da diese kein Kennzahlensystem bilden. Im nächsten Abschnitt folgt die Darstellung und Bewertung der Kennzahlen, die Teil eines Kennzahlensystems sind.

Kennzahlen, die Teil eines Kennzahlensystems sind

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Kennzahlen und Kennzahlensysteme werden in Wilkens u. a. (2012) umfassend dargestellt und bewertet. In diesem Kapitel werden die Systeme kurz beschrieben und die Ergebnisse der Bewertung vorgestellt. Für die vollständige Darstellung und Bewertung wird auf den Originalartikel verwiesen.

PUE / DCiE (Green Grid)

Die Green Grid Association beschreibt sich selbst als offene Non-Profit-Organisation aus Endnutzern, Entscheidern und Herstellern. Allerdings wird sie sehr stark von den Herstellern dominiert. Im Folgenden werden die Kennzahlen Power Usage Effectiveness (PUE) und Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE) beschrieben und bewertet. Die PUE und die DCiE sind de facto kein Kennzahlensystem, aber die Darstellung des Green Grid, die Bezeichnung und die Anwendung in der Praxis suggerieren, dass es sich um Kennzahlen zur Abbildung der gesamten Energieeffizienz eines Rechenzentrums handelt (Wilkens u. a., 2012).

Tabelle 35 zeigt die Kennzahlen des PUE/DCiE-Systems.

Tabelle 35: Kennzahlen des PUE/DCiE (Wilkins u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit
PUE	Power Usage Effectiveness	Leistung des RZ [kW] / Leistung der IT [kW]	[-]
PUE0	Power Usage Effectiveness	Spitzenleistung des RZ [kW] / Spitzenleistung der IT [kW]	[-]
PUE1	Power Usage Effectiveness	Jahresbedarf des RZ [kWh] / Jahresbedarf der IT am USV-Ausgang gemessen [kWh]	[-]
PUE2	Power Usage Effectiveness	Jahresbedarf des RZ [kWh] / Jahresbedarf der IT am PDU-Ausgang gemessen [kWh]	[-]
PUE3	Power Usage Effectiveness	Jahresbedarf des RZ [kWh] / Jahresbedarf der IT am IT-Eingang [kWh]	[-]
DCiE	Data Center Infrastructure Efficiency	$1 / \text{PUE} = (\text{Leistung der IT [kW]} / \text{Leistung des RZ [kW]}) \times 100\%$ (PUE-Kategorien sind auf DCiE übertragbar, hier: DCiE0)	[%]

Die ursprüngliche Version der PUE bildet den Quotient aus der Gesamtleistung des RZ und der Gesamtleistung der IT (PUE). Sie wurde von Malone und Belady auf dem Power Forum 2006 erstmals vorgestellt und 2007 vom Green Grid übernommen. Für diese Version gab es keine klare Definition der Eingangsdaten (Messpunkte, Intervalle, etc.), die Vergleichbarkeit war daher nicht gegeben. 2010 begann das Green Grid eine Standardisierung und führte vier PUE-Kategorien ein, von denen nur noch eine auf Leistung bezogen wurde. Die anderen PUE verlangen Jahresverbräuche an verschiedenen Messpunkten. Allgemein ist die PUE wegen ihres unteren Grenzwerts von 1 und ihrer Bezeichnung nicht gut verständlich. Frei übersetzt bedeutet sie etwa Effizienz der Strom- bzw. Energienutzung. Diese Bezeichnung impliziert, dass die Kennzahl auch Angaben zur IT-Effizienz macht. Das ist nicht der Fall. Mit der DCiE, die den Kehrwert der PUE darstellt, wird damit aufgeräumt:

Rechenzentrumsinfrastruktureffizienz ist genau das, was die Kennzahl abbildet. Weiterhin ist sie nun normiert zwischen 0 und 1, was die Verständlichkeit gegenüber der PUE deutlich erhöht. Die DCiE kann analog zu den PUE Kategorien gebildet werden. Die Messbarkeit nimmt bei der PUE von Kategorie 1 zu 3 ab, da ein immer größerer Messaufwand betrieben werden muss. Die Vergleichbarkeit ist bei PUE1 und bei PUE2 schon recht gut, bei PUE3 weniger, weil hier nicht genau gesagt wird, was der IT-Eingang genau ist. Die Maßnahmenfähigkeit ist für alle Kategorien gleich schlecht, da die Kennzahlen keine Hinweise liefern, wo genau die Infrastruktur ineffizient ist (Wilkins u. a., 2012).

Die Bewertung für die Einzelkennzahlen ist in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 36: Bewertung des PUE/DCiE (Wilkens u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Bewertung der kennzahlenbezogenen Kriterien*				
		1	2	3	4	5
PUE	Power Usage Effectiveness					
PUE0	Power Usage Effectiveness					
PUE1	Power Usage Effectiveness					
PUE2	Power Usage Effectiveness					
PUE3	Power Usage Effectiveness					
DCiE	Data Center Infrastructure Efficiency					

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

FourMetrics (Uptime Institute)

Die FourMetrics sind ein Kennzahlensystem des Uptime Institute, welches 1993 gegründet wurde und ein unabhängiges Forschungsinstitut der 451 Group ist. Das Uptime Institute konzentriert Fachwissen rund um das RZ.

Tabelle 37 zeigt die Einzelkennzahlen der FourMetrics (Uptime Institute).

Tabelle 37: Einzelkennzahlen der FourMetrics (Wilkens u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit
SI-EOM / SI-POM (=PUE)	Site Infrastructure Energy / Power Overhead Multiplier	Strombedarf bzw. Leistungsaufnahme des RZ [kWh (kW)] / Strombedarf bzw. Leistungsaufnahme der IT am PDU-Ausgang gemessen [kWh (kW)]	[-]
H-EOM / H-POM	IT Hardware Energy / Power Overhead Multiplier	Strombedarf bzw. Leistungsaufnahme der Hardware am PDU-Ausgang gemessen [kWh (kW)] / Strombedarf bzw. Leistungsaufnahme der IT nach Netzteil [kWh (kW)]	[-]
DH-UR (Server)	Deployed Hardware Utilization Ratio (Server)	Anzahl der Server auf denen Anwendungen laufen [n] / Gesamtanzahl an Servern, die in Betrieb sind [m]	[-]
DH-UR (Storage)	Deployed Hardware Utilization Ratio (Storage)	Wichtige, oft aus dem Storage-System abgerufene Daten (innerhalb der letzten 90 Tage) [TB] / Insgesamt Kapazität des laufenden Storage [TB]	[-]
DH-UE (Server)	Deployed Hardware Efficiency Ratio (Server)	Minimale Anzahl der Server, um die Spitzenauslastung bearbeiten zu können [i] / Gesamtanzahl an Servern, die in Betrieb sind [m]	[-]
Free Cooling Potential	kWh saved each year at utility meter	(kWh (thermisch) pro Jahr durch Freie Kühlung bereitgestellt x kW (elektrisch) für das Kühlsystem pro kW (thermisch) bereitgestellter Kühlleistung) / COP des Kühlsystems	[-]

Außer „Useful Work Done“ (H-POM) sind alle Kennzahlen messbar. Die Verständlichkeit ist bis auf die SI-EOM/SI-POM und H-EOM/H-POM recht gut. Der Zielbezug ist für die IT-Komponenten (H-EOM/H-POM) allerdings noch ausbaufähig und die Ergebnisse sind nur in geringem Maße vergleichbar, da die Anzahl der Server nur einen indirekten Bezug zum Energiebedarf aufweist. Der geringe Detaillierungsgrad für das funktionale System „Gebäudeinfrastruktur“ schränkt zudem die Maßnahmenfähigkeit der Kennwerte ein (Wilkens u. a., 2012).

Die Bewertung der Einzelkennzahlen der FourMetrics zeigt Tabelle 38.

Tabelle 38: Bewertung der Einzelkennzahlen der FourMetrics (Wilkins u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Bewertung der kennzahlenbezogenen Kriterien*				
		1	2	3	4	5
SI-EOM / SI-POM (=PUE2)	Site Infrastructure Energy / Power Overhead Multiplier					
H-EOM / H-POM	IT Hardware Energy / Power Overhead Multiplier					
DH-UR (Server)	Deployed Hardware Utilization Ratio (Server)					
DH-UR (Storage)	Deployed Hardware Utilization Ratio (Storage)					
DH-UE (Server)	Deployed Hardware Efficiency Ratio (Server)					
Free Cooling Potential	kWh saved each year at utility meter					

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

CADE (Uptime Institute)

Der CADE-Ansatz ist ein Kennzahlensystem, das vom Uptime Institute gemeinsam mit McKinsey & Company entwickelt wurde. Die Corporate Average Data Center Efficiency ist dabei eine zusammengesetzte Größe, Tabelle 39 zeigt die Kennzahlen und die Berechnungsmethode für die CADE.

Tabelle 39: Einzelkennzahlen des CADE (Wilkins u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit
CADE	Corporate Average Data Center Efficiency	Facility Efficiency x IT Asset Efficiency = F-EE x F-U x IT-EE x IT-U	[%]
F-EE (=1/PUE1)	Facility Energy Efficiency	Strombedarf der IT [kWh] / Strombedarf des RZ [kWh]	[-]
F-U	Facility Utilization	aktuelle Leistung der IT [kW] / maximale Leistung des RZ [kW]	[-]
IT-EE	IT Energy Efficiency	Zukünftige Metrik, derzeit 1, da noch nicht etabliert	[-]
IT-U	IT Utilization	Durchschnittliche CPU-Auslastung	[%]

Der CADE-Ansatz kann insgesamt als gut verständliche Übertragung der Corporate Average Fuel Economy (CAFE) aus der Automobilindustrie gesehen werden. Das Rechenzentrum als Produktionsbereich für IT-Dienstleistungen wurde ebenfalls von Rüdiger Zarnekow (Zarnekow, 2007) beschrieben. Der Zielbezug der Kennzahlen ist damit prinzipiell gegeben. Die Messung der zugrunde liegenden Größen ist aufwendig. Problematisch ist, dass die wichtigste Größe des Ansatzes, die „IT-EE“, bisher nicht messbar ist und daher geschätzt werden soll. Deshalb sind die Ergebnisse nicht vergleichbar. Die Maßnahmenfähigkeit ist aus diesem Grund auch nicht gut. Die Vergleichbarkeit ist nicht besonders gut, da nur wenige Angaben über die Datenerfassung gemacht werden (Wilkins u. a., 2012).

Tabelle 40 stellt die Bewertung der Einzelkennzahlen des CADE-Ansatzes dar.

Tabelle 40: Bewertung der Einzelkennzahlen des CADE-Ansatzes (Wilkins u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Bewertung der kennzahlenbezogenen Kriterien*				
		1	2	3	4	5
CADE	Corporate Average Data Center Efficiency					
F-EE (=DCiE1)	Facility Energy Efficiency					
F-U	Facility Utilization					
IT-EE	IT Energy Efficiency					
IT-U	IT Utilization					

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

LNBL Self-Benchmarking Guide

Das LBNL ist ein vom U.S. Department of Energy finanziertes Forschungsinstitut, welches der University of California angegliedert ist. Der Self-Benchmarking Guide soll es RZ-Betreibern ermöglichen, die Energieeffizienz Ihrer RZ anhand eines Kennzahlensystems zu bestimmen und ggf. mit anderen RZ zu vergleichen. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass der Guide nicht die IT Effizienz bewertet bzw. vergleicht, sondern nur die Infrastruktur des Rechenzentrums (Wilkins u. a., 2012).

Die Einzelkennzahlen des LBNL Self-Benchmarking Guide sind in Tabelle 41 dargestellt.

Tabelle 41: Einzelkennzahlen des LBNL Self-Benchmarking Guide (Wilkins u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit
A1(PUE2)	Power Usage Effectiveness	Jährlicher Strombedarf des RZ [kWh] / Jährlicher Strombedarf der IT am PDU-Ausgang [kWh]	[-]
B1	Supply Temperature	Zulufttemperatur (bei mehreren ULK bzw. Serverräumen gewichtet nach Volumenströmen) [°F]	[°F]
B2	Relative Humidity Range at IT Inlet	Bereich der relativen Luftfeuchte: niedrigste gem. Luftfeuchte am Eingang der IKT (Racks) - höchste gem. Luftfeuchte [%]	[%]
B3	RTI (Return Temperature Index)	(Zulufttemp. - Ablufttemp. (Durchschnitt über alle ULK) [°F / °C] / durchschnittl. Rack-Ausgangstemp. - durchschnittl. Rackeingangstemp. (Durchschnitt von Messungen an allen Racks) [°F / °C]) x 100%	[%]
C1	Cooling System Efficiency	Durchschnittl. Strombedarf des Kühlsystems [kW] / durchschnittl. Kühllast im RZ [t] ACHTUNG: Beide Eingangsdaten nur in dem Zeitraum, in welchem die Kälteanlage in Betrieb ist!	[kW / t]
C2	Cooling System Sizing Factor	Installierte Kapazität der Kälteanlage [t (kW _n)] / Spitzenlast der Kälteanlage während eines Jahres [t (kW _n)]	[-]
C3 & C4	C3: Air economizer utization Factor (full cooling)	C3: (Jährl. Stunden mit vollständiger freier Kühlung [h] / 8760 [h]) x 100%	[%]
	C4: Air economizer utization Factor (partial cooling)	C4: (Jährl. Stunden mit partieller Freier Kühlung (reduzierte Last für Kälteanlage) [h] / 8760 [h]) x 100%	
C5 & C6	C5: Water Economizer Utilization Factor (full cooling)	C5: (Jährl. Stunden mit Befeuchtung der Rückkühler (ohne Betrieb der Kälteanlage) [h] / 8760 [h]) x 100%	[%]
	C6: Water Economizer Utilization Factor (partial cooling)	C6: (Jährl. Stunden mit Befeuchtung der Rückkühler (mit partiellm Betrieb der Kälteanlage) [h] / 8760 [h]) x 100%	
C7	Airflow Efficiency	Gesamtleistung der Ventilatoren des Kühlsystems (z.B. im ULK) [kW] / Luftvolumenstrom der Ventilatoren [cfm] ACHTUNG: LBNL erlaubt hier auch Auslegungsdaten, falls keine Messwerte verfügbar sind.	[kW / cfm]
E1	UPS Load Factor	Durchschnittl. jährliche USV-Auslastung [kW] / Nennlast der USV [kW]	[-]
E2	UPS System Efficiency	Eingangsleistung der USV [kWh] / Ausgangsleistung der USV [kWh] Messdauer: 1 Jahr oder repräsentative Periode.	[-]
E3	Lighting Density	Leistungsaufnahme der RZ-Beleuchtung [kW] / Fläche des RZ [ft ²]	[kW / ft ²]

Insgesamt enthält der LBNL Self-Benchmarking Guide viele Kennzahlen zur guten Bewertung der Gebäudeinfrastruktur. Der Aufwand für die Messungen ist manchmal allerdings sehr hoch. Es gibt Kennzahlen, die nicht-messbare Eingangsdaten haben. Die Kennzahlen sind bis auf die Kennzahl „Effizienz des Kühlsystems“ (C1) verständlich. Diese Kennzahl berücksichtigt nur die Kälteanlage, die anderen Komponenten des Kühlsystems werden nicht erfasst, daher ist die Bezeichnung irreführend. Die RZ-weiten Durchschnittswerte können nur eingeschränkt den Zielbezug und die Vergleichbarkeit herstellen (bspw. B1 und B3); hier ist auch die Maßnahmenfähigkeit nicht gegeben. Teilweise ist der Zielbezug ungenau, wie z.B. bei E2, wo die Kombination von einer älteren USV mit neuerer Hardware aufgrund einer Verschiebung von nachteilendem zu vorteilendem Leistungsfaktor der Hardware zu Ineffizienzen in der USV führen kann (Wilkins u. a., 2012).

Cost of Services (British Computer Society)

Die Data Center Specialist Group (DCSG) gehört zur British Computer Society (BCS) und kooperiert u.a. mit dem Green Grid. Sie bietet ein offenes Forum für Diskussionen und Informationsaustausch zu technischen Aspekten RZ-relevanter Themen. Die BCS hat das “Cost of Services Model” entworfen, das eng mit dem DCiE verwandt ist (Wilkins u. a., 2012).

Die Kennzahlen des BCS Cost of Services-Ansatzes werden in Tabelle 42 dargestellt.

Tabelle 42: Kennzahlen des Cost of Service Ansatzes (BCS) (Wilkens u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit
CoS	Cost of Services	Kosten [€] / ausgelieferter IT-Service Anmerkung: Die Kosten beinhalten Administration, Softwarelizenzen etc.	[€ / IT-DL]
FO	Fixed Overhead	Strombedarf wenn IT-Last gleich Null [kW] / Nennlast der IT [kW]	[-]
PO	Proportional Overhead	(Strombedarf bei voller IT-Last [kW] - Strombedarf wenn IT-Last gleich Null [kW]) / Nennlast der IT [kW]	[-]
SL	Square Law Losses	I^2R [kW] / Strombedarf des RZ [kW] Anmerkung: I^2R bezeichnet die Verluste, die aufgrund der Strombereitstellung, die in Kabeln oder Transformatoren in Abhängigkeit von der Stromstärke entstehen.	[-]

Die Cost of Services sind nicht messbar, sie ergeben sich aus den anderen Kennzahlen. Insgesamt ist die Messung für die Kennzahlen aufwendig oder nicht möglich (z.B. muss für FO und PO die Last bei 0% IT-Auslastung und bei 100%-Auslastung bestimmt werden). Konkrete Maßnahmen können auch nicht abgeleitet werden und da detaillierte Angaben zur Datenerhebung fehlen, ist die Vergleichbarkeit eher schlecht (Wilkens u. a., 2012).

Tabelle 43: Bewertung der Einzelkennzahlen des Cost of Service-Ansatzes (Wilkens u. a., 2012)

Kennzahl	Bezeichnung	Bewertung der kennzahlenbezogenen Kriterien*				
		1	2	3	4	5
CoS	Cost of Services					
FO	Fixed Overhead					
PO	Proportional Overhead					
SL	Square Law Losses					

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

Gesamtbewertung der vorgestellten Kennzahlensysteme

Die Kennzahlensysteme sind alle nicht vollständig, um alle funktionalen Systeme gut abbilden zu können. Der umfassendste Ansatz (LBNL) stellt die Infrastruktur umfassend dar, berücksichtigt aber nicht die IT. Die Unabhängigkeit der Kennzahlen lässt sich aufgrund der komplexen Wechselwirkungen nicht vermeiden. Die Wechselwirkungen werden oft nicht in ausreichendem Umfang beschrieben bzw. quantifiziert. Bzgl. der Einheitlichkeit der Datenerhebung besteht bei allen Systemen noch Verbesserungsbedarf, da teilweise genaue Mess-Vorschriften fehlen oder gemessene Werte mit ungenauen Schätzwerten kombiniert werden (Wilkens u. a., 2012).

Die Übersicht zur Bewertung der Kennzahlensysteme zeigt Tabelle 44.

Tabelle 44: Bewertung der Kennzahlensysteme für Rechenzentren (Wilkens u. a., 2012)

Kennzahlensystem	Vollständigkeit	Unabhängigkeit	Einheitliche Datenerhebungsmethode
PUE			
FOUR METRICS			
CADE			
LBNL			
COST OF SERVICES			

Allgemeine Kennzahlen für das System Rechenzentrum

In diesem Abschnitt werden allgemeine, für das gesamte System Rechenzentrum gültige Einzelkennzahlen dargestellt und bewertet, die nicht Teil von Kennzahlensystemen sind. Die Bewertung anhand der Kriterien für Einzelkennzahlen aus (Wilkens u. a., 2012) bewertet.

CUE – Carbon Usage Effectiveness

Die CUE zielt zusammen mit der WUE auf die Erhöhung der Nachhaltigkeit von Rechenzentren ab. Über diese Kennzahl kann die Menge der Treibhausgasemissionen ermittelt werden, die durch den Betrieb des Rechenzentrums erzeugt wird. Sie wird in kgCO₂/kWh angegeben. Der ideale Wert der CUE liegt bei null. Je höher diese ist, desto höher ist folglich der Kohlenstoffdioxidausstoß pro genutzte Kilowattstunde des IT-Equipments.

Quelle The Green Grid Association (Christian Belady, 2010)

Berechnung
$$CUE = \frac{CO_2 - \text{Ausstoß durch den Betrieb des gesamten Rechenzentrums}}{\text{benötigte Energie für das IT - Equipment}}$$

Messstellen Der CO₂-Ausstoß kann direkt gemessen werden, wenn die Energie am Standort durch einen thermo-chemischen Umwandlungsprozess erzeugt wird. Ist dies nicht möglich, kann er mithilfe von Angaben zu genutzten Kraftstoffen und Verbrauch bzw. zu den genutzten Energiequellen berechnet werden.

Eignung zur Messung des Energieverbrauches der IKT

Messbarkeit (0/4) Die direkte Messung des CO₂-Ausstoßes scheint aufgrund des Messaufwandes mit Hinblick auf den Nutzen eher unpraktikabel. Eine Abschätzung durch Berechnungen mit einheitlichen Richtlinien zur Wahrung der Vergleichbarkeit ist jedoch problemlos möglich. Der CO₂-Ausstoß von gebräuchlichen Kraftstoffen und Energiequellen ist durch einschlägige Fachliteratur bekannt und damit gut berechenbar.

- Verständlichkeit (3/4) Die CUE ist einfach aufgebaut und die Absicht seiner Aussage intuitiv erfassbar. So kann leicht erkannt werden, ob eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes ratsam ist oder entsprechende Maßnahmen Folge tragen. Nur die Zielrichtung des Kennwertes ist nicht ganz intuitiv verständlich. Je größer die Kennzahl ist, desto größer ist der CO₂-Ausstoß, desto geringer also ist die betrachtete CO₂-Effizienz. Intuitiver verständlich wäre die CUE, wenn die Kennzahl bei größerer Effizienz steigen würde.
- Zielbezug (3/4) Aus der Bezeichnung der Kennzahl geht der Zielbezug hervor. Es soll die Effektivität der CO₂-Freisetzung beim Betrieb eines RZ erfasst werden.
- Maßnahmenfähigkeit (1/4) Auswirkungen auf den CO₂-Ausstoß durch eine Verringerung der Energie, die für die IT benötigt wird, können nur rechnerisch ermittelt werden.
- Vergleichbarkeit (1/4) Es wird weder eine genaue Erfassungsmethode definiert, noch werden Anhaltswerte für die Berechnung der CO₂-Freisetzung gegeben. So müssen diese individuell für die Ermittlung recherchiert werden. Durch Abweichungen der Angaben in verschiedenen Quellen können Fehler auftreten, die Vergleichbarkeit ist dann nur noch eingeschränkt gewährleistet.

WUE – Water Usage Effectiveness

Mit der WUE lässt sich die Wassermenge ermitteln, die für den Betrieb des IT-Equipments nötig ist. Der ideale Wert der WUE beträgt Null, er wird in Liter pro Kilowattstunde angegeben. Zusammen mit der PUE (Power Usage Effectiveness, vgl. Data Center Metrics Task Force (2011)) und der CUE kann schnell überblickt werden, ob und in welchem Maße effizienzsteigernde und ressourcenschonende Maßnahmen getroffen werden müssen. Eine Verringerung des Wasserverbrauchs, vor allem für den Bereich der Klimatisierung, ist vor allem durch die optimale Auslegung der entsprechenden Anlagen möglich. Den ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment 2008 (Mike Patterson, 2010) zufolge wird eine Kombination aus Serverraumlufttemperatur und Luftfeuchtigkeit empfohlen, bei der der Taupunkt der Serverraumluft in der Untergrenze bei bis zu 5,2°C liegen kann. Dies ist zum Beispiel bei einer Raumluft von 24°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30% der Fall. Bei einer empfohlenen maximalen Raumlufttemperatur von 27°C kann die relative Luftfeuchtigkeit sogar bei einer Untergrenze von 20% liegen. Empfehlungen der ASHRAE 2004 zufolge, nach denen die relative Luftfeuchte mindestens 40% betragen sollte, werden damit drastisch reduziert. Eine Befeuchtung der einströmenden Luft in den Serverraum wird damit in immer weniger Fällen nötig.

Soll im Bereich der Wärmeabfuhr des Rechenzentrums eine Kühltechnologie eingesetzt werden, die einen geringeren Wasserbedarf verspricht, so muss geprüft werden, ob ein damit verbundener höherer Energieverbrauch das Gesamtsystem nicht ineffizienter gestaltet. Ein Abwägen zwischen Wasserverbrauch und Energiebedarf, also zwischen WUE und PUE sowie örtlicher Gegebenheiten ist damit unerlässlich.

Quelle	The Green Grid Association (Michael Patterson, 2011)
Berechnung	$WUE = \frac{\text{jährlicher Wasserverbrauch des Rechenzentrums}}{\text{benötigte Energie für das IT – Equipment}}$
Messstellen	<p>An allen Stellen des Anlagensystems, an denen Wasser zugegeben wird, muss die zugeführte Wassermenge ermittelt werden. Diese kann je nach Aufbau der Gebäudeinfrastruktur variieren. Idealerweise kann der jährliche Wasserverbrauch am zentralen Wassermengenzähler abgelesen werden.</p> <p>Für die Ermittlung des jährlichen Energiebedarfs des IT-Equipments sind die Messstellen der PUE einzuhalten.</p>
Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)	
Messbarkeit (4/4)	Die Messung der zugegebenen Wassermenge ist über Wassermengenzähler problemlos möglich. Die jährlich benötigte Energie für das IT-Equipment ist über geeignete Monitoring Software auslesbar.
Verständlichkeit (3/4)	Die WUE ist einfach aufgebaut und die Absicht seiner Aussage intuitiv erfassbar. Die Zielrichtung der Kennzahl ist auch hier nicht ganz intuitiv verständlich. Je größer die Kennzahl ist, desto größer ist der Wasser-Verbrauch, desto geringer also ist die betrachtete Effizienz der Wasser-Nutzung. Intuitiver verständlich wäre die WUE, wenn die Kennzahl bei größerer Effizienz steigen würde.
Zielbezug (4/4)	Der Zielbezug der Kennzahl geht aus seiner Bezeichnung hervor. Die Effektivität, mit der das Wasser im Betrieb eines Rechenzentrums genutzt wird, soll abgebildet werden.
Maßnahmefähigkeit (2/4)	Da die WUE eine übergeordnete Kennzahl für das Rechenzentrum darstellt, können konkrete Maßnahmen aus der Höhe der Kennzahl nicht abgelesen werden. Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz sollten hier jedoch ablesbar sein.
Vergleichbarkeit (2/4)	Zur Wahrung der Vergleichbarkeit sollte die Messstelle der Energie für das IT-Equipment genannt werden, da eine Messung nach PUE-Kategorie 1 eine geringere WUE ergibt als beispielsweise nach Kategorie 3. Eine genaue Messstelle für die benötigte Energie des IT-Equipments wird jedoch nicht definiert.

ERE – Energy Reuse Effectiveness

Die PUE bildet die Energieeffizienz des Energieumsatzes innerhalb des Rechenzentrums ab (vgl. Wilkens u. a. (2012)). Zunehmend wird jedoch die Abwärme eines Rechenzentrums

genutzt. Um dies abbilden zu können und zur Nachvollziehbarkeit der Auswirkungen durch Änderungen in diesem Bereich, wurde die Energy Reuse Effectiveness (ERE) definiert. Während die PUE die gesamte benötigte Energie der Gebäudeinfrastruktur und des IT-Equipments berücksichtigt, zählt für die ERE nur die Abwärme der IT, die weiter genutzt wird. Wie effizient diese jedoch weitergenutzt wird bzw. wie groß der Nutzen hierdurch ist, wird in der ERE nicht abgebildet. Eine Abschätzung ob und wie viel Abwärme genutzt wird, kann aufgrund der Anlehnung an die PUE bzgl. der Berechnung nur im direkten Vergleich mit diesem getroffen werden.

Quelle The Green Grid Association (Mike Patterson, 2010)

Berechnung $ERE = (1 - ERF) * PUE$

$$ERF = \frac{\text{genutzte Abwärme IT}}{\text{gesamte Energie des Rechenzentrums}}$$

Der ideale Wert des ERF beträgt 1. Liegt der ERF bei null, wird die Abwärme außerhalb des Rechenzentrums nicht weiter genutzt.

Genutzte IT-Abwärme – Hier kann nur die Abwärme berücksichtigt werden, die zur Nutzung außerhalb des Rechenzentrums genutzt wird (z.B. warmes Wasser oder erwärmte Luft). Wird Abwärme der IT für den Anlagenbetrieb innerhalb des Rechenzentrums genutzt, kann dies nur in der PUE berücksichtigt werden. Andernfalls wäre eine doppelte Berücksichtigung nicht auszuschließen.

Messstellen Für die Ermittlung des jährlichen Energiebedarfs des IT-Equipments sowie des Energiebedarfs für die Gebäudetechnik sind die Messstellen der PUE einzuhalten.

Die Messstellen der Abwärme werden nicht genauer definiert. Je nach Übertragungsmedium wird der Abwärmestrom dort gemessen, wo er die Systemgrenzen des Rechenzentrums übertritt.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (2/4) Der Energiebedarf der Gebäudetechnik (Klimatisierung, Verluste der Stromversorgung, Beleuchtung) sowie der Energiebedarf des IT-Equipments sind über geeignete Monitoring Software messbar. Unter Umständen müssen zwei getrennte Messsysteme implementiert werden, um beide Bereiche abdecken zu können. Sind nach dem Stromzähler des Rechenzentrums keine Gebäudebereiche angeschlossen, die nicht zum Rechenzentrumsbetrieb zählen, kann auch hier der jährliche Energiebedarf des gesamten Rechenzentrums abgelesen werden.

Verständlichkeit (4/4) Die ERE ist einfach aufgebaut und die Absicht seiner Aussage schon anhand seiner Bezeichnung verständlich.

Zielbezug (2/4) Die ERE soll ihrer Bezeichnung nach die Effektivität abbilden, mit der Abwärme des Rechenzentrums wiedergenutzt wird. Sie trifft jedoch nur Aussagen darüber, in welchem Maße Abwärme des Rechenzentrums weitergenutzt wird. Der

Nutzen der Abwärme und ob diese effizient weitergenutzt wird, bleibt unberücksichtigt.

Maßnahmenfähigkeit (2/4) Es werden alle Energieströme erfasst, die in das Rechenzentrum einfließen sowie alle Energieströme, die aus dem Rechenzentrum abgeführt und weiter genutzt werden. Wie gut die abgeführten Energieströme genutzt werden können, also ein Exergiegehalt, wird nicht angegeben. Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau kann nur eingeschränkt bzw. ineffektiver genutzt werden als Abwärme mit hohen Temperaturen. Wird nun ein ausgehender Energiestrom mit höherem Exergiegehalt weitergenutzt oder geschieht die Nutzung der abgeführten Wärme effektiver als zuvor, wird diese Veränderung nicht anhand des ERE ersichtlich.

Vergleichbarkeit (1/4) Es muss die Messstelle der Energie für das IT-Equipment genannt werden, bzw. die PUE-Kategorie, nach der gemessen wurde.

Klimatisierung

Dieser Abschnitt beschreibt Kennzahlen zur Energieeffizienzbewertung des Kühlsystems des Rechenzentrums.

EER – Energy Efficiency Ratio (Kälteleistungszahl)

Die Energieeffizienz für den Kühlbetrieb eines Rechenzentrums wird durch den Energy Efficiency Ratio abgebildet. Als Leistungszahl setzt dieser den Nutzen ins Verhältnis zum Aufwand. Bei einer Kälteanlage sind dies die Kälteleistung der Anlage sowie die zur Bereitstellung dieser nötigen elektrischen Leistungsaufnahme². Leistungszahlen werden stets für einen bestimmten Betriebspunkt der Anlage ermittelt. Die Messgrößen zur Berechnung des EER werden unter Volllast gemessen.

Quelle Eurovent Certification

Berechnung

$$EER = \frac{Q_0}{P}$$

Q_0 – Kälteleistung in W_{th}

P – Leistungsaufnahme in W_{el}

Messstellen

Zu der elektrischen Leistungsaufnahme der Anlage zählt neben der Verdichterleistung auch die Leistungsaufnahme von Steuerung, Regelung, der Pumpe für Wasser bzw. Sole sowie der Ventilatoren.

Die Kälteleistung wird bei einer Außenlufttemperatur von 35°C und einer Raumtemperatur von 27°C über die Ermittlung des Volumenstroms \dot{V} und der Dichte ρ (bzw. des

² Dies gilt für Kompressionskälteanlagen. Bei anderen Kälteanlagen, bei denen außer elektrischer Antriebsenergie noch weitere Energieformen nötig sind (z.B. bei Absorptionskälteanlagen, vgl. IKET 2010), lässt sich die Kennzahl nicht ohne weitere Umrechnungen anwenden.

Massenstroms \dot{m}), der spezifischen Wärmekapazität c_p sowie der Temperaturdifferenz ΔT mit folgender Formel berechnet.

$$Q_0 = \dot{V} * \rho * c_p * \Delta T \text{ bzw.}$$

$$Q_0 = \dot{m} * c_p * \Delta T$$

Am Beispiel einer Kompressionskälteanlage wird mithilfe eines Durchflussmessgerätes zwischen Kondensator und Expansionsventil die Geschwindigkeit gemessen, aus der der Volumenstrom ermittelt wird. Die Temperaturdifferenz wird bei einer Kälteanlage mit einem externen Kreislauf (Kaltwassersatz, z.B. Glykol-Wassergemisch-Kreislauf zwischen Umluftklimageräten und Kompressionskälteanlage) zwischen Eingang und Ausgang des Verdampfers gemessen.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (4/4)	Alle Messgrößen, die zur Berechnung des EER benötigt werden, können ohne übermäßigen Aufwand gemessen werden.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage des EER wird aus seiner Formel als auch seiner Bezeichnung deutlich. Je größer der Wert des Energy Efficiency Ratios ist, desto mehr Kälteleistung kann bei gleichbleibender elektrischer Leistungsaufnahme erzeugt werden. So kann im Vergleich mehrerer Anlagen schnell die energieeffizienteste ermittelt werden. Anlagenoptimierungen oder gegebenenfalls Verschlechterungen werden ebenfalls sichtbar. Damit ist auch die Zielrichtung der Kennzahl intuitiv verständlich (großer Wert, große Effizienz).
Zielbezug (2/4)	Die Kennzahl soll die Effizienz abbilden, mit der die zugeführte elektrische Arbeit der Kälteanlage genutzt wird. Wie bei Leistungszahlen üblich, geschieht dies auch hier nur für einen bestimmten Betriebspunkt der Anlage, was bei wechselnden Betriebspunkten problematisch sein kann.
Maßnahmenfähigkeit (2/4)	Der EER bildet einen Moment im Betrieb der Anlage ab, bei vorgegebenen Temperaturen und unter Volllast. Optimierungsmaßnahmen, die diesen Betriebspunkt beeinflussen, können mit dem EER abgebildet werden. Greifen diese Maßnahmen hingegen z.B. nur im Teillastbetrieb, bleibt dies mit dem EER unentdeckt. Anhand der Ausprägung des EER können demzufolge nur Maßnahmen abgeleitet werden, die das Volllastverhalten der Anlage beeinflussen. Eine unter Volllast betriebene Kälteanlage ist über das gesamte Jahr gesehen allerdings eher selten der Fall.
Vergleichbarkeit (4/4)	Die Außen- sowie Innentemperatur zum Zeitpunkt der Messung ist festgelegt. Es soll stets unter Volllast gemessen werden. Damit ist die Vergleichbarkeit gegeben.

ESEER – European Seasonal Energy Efficiency Ratio

Um die Effizienz von Kältsystemen mit Kaltwassersätzen darzustellen, wird ebenfalls der EER verwendet. Zur Berücksichtigung der Tatsache, dass diese oft viele Stunden des Jahres im Teillastbetrieb laufen, hat die Eurovent Certification den ESEER entwickelt – den European Seasonal Energy Efficiency Ratio. Dieser beachtet die wechselnden klimatischen Bedingungen bei der Einschätzung der Effizienz und der gegebenenfalls daraus folgende Teillastbetrieb der Kälteanlage. Dazu wird eine durchschnittliche Leistungszahl ermittelt, die vier festgelegte Betriebszustände berücksichtigt. Diese sind durch die Teillast der Anlage sowie der Wasser- und der Lufttemperatur definiert und werden durch einen Gewichtungsfaktor ihrer auftretenden Häufigkeit im Jahr nach gewichtet.

Für einen hohen Wert des ESEER ist ein effizienter Verdichter nötig, dessen Leistung in Abhängigkeit des momentanen Betriebszustands reguliert wird. Der ESEER findet nur im europäischen Raum Anwendung. Eine amerikanische Methode, die Effizienz von Kälteanlagen mit Kaltwassersatz zu bestimmen, ist die Bestimmung des IPLV (Integrated Part Load Value). Dieser Wert entspricht im Aufbau dem ESEER, wird aber unter anderen Randbedingungen ermittelt (Claudio Müller, 2008).

Quelle Eurovent Certification

Berechnung

$$ESEER = \frac{3 * EER_{100\%} + 33 * EER_{75\%} + 41 * EER_{50\%} + 23 * EER_{25\%}}{100}$$

Betriebspunkte des ESEER:

$EER_{100\%}$ - Vollastbetrieb bei Lufttemperatur 35°C, Wassertemperatur 30°C

$EER_{75\%}$ - 75% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 30°C und Wassertemperatur 26°C

$EER_{50\%}$ - 50% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 25°C und Wassertemperatur 22°C

$EER_{25\%}$ - 25% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 20°C und Wassertemperatur 18°C

$$IPLV = \frac{1 * EER_{100\%} + 42 * EER_{75\%} + 45 * EER_{50\%} + 12 * EER_{25\%}}{100}$$

Betriebspunkte des IPLV:

$EER_{100\%}$ - Vollastbetrieb bei Lufttemperatur 35°C

$EER_{75\%}$ - 75% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 26,7°C

$EER_{50\%}$ - 50% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 18,3°C

$EER_{25\%}$ - 25% der Anlagen-Nennleistung bei Lufttemperatur 12,8°C

Messstellen Auch hier zählt zur elektrischen Leistungsaufnahme der Anlage neben der Verdichterleistung auch die Leistungsaufnahme von Steuerung, Regelung und der Pumpe für Wasser bzw. Sole sowie der Ventilatoren. Die Messstellen zur Ermittlung der Kälteleistung in den verschiedenen Betriebspunkten sind die Gleichen wie zur

Ermittlung des EER.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (3/4)	Die Messungen zur Ermittlung des European Seasonal Energy Efficiency Ratio sind aufwendiger als zur Bestimmung des EER, da in 4 Betriebspunkten gemessen werden muss. Angesichts der realistischeren Aussage über die Gesamteffizienz einer Kälteanlage ist dieser erhöhte Messaufwand jedoch vertretbar.
Verständlichkeit (4/4)	Der ESEER ist einfach aufgebaut und die Absicht seiner Aussage intuitiv verständlich.
Zielbezug (3/4)	Die Absicht des ESEER ist es, auch das saisonal auftretende Teillastverhalten der Kälteanlage abzubilden. Durch die Gewichtung der verschiedenen Teillastzustände scheint dies gut zu gelingen. Da nicht jedes Jahr auf die Umgebungsbedingungen bezogen gleich verläuft, kann dieses Modell nicht absolut realistisch das Verhalten der Kälteanlage abbilden. Für die Vergleichbarkeit hingegen ist die Anwendung des Modells von großem Vorteil.
Maßnahmenfähigkeit (3/4)	Optimierungsmaßnahmen müssen innerhalb dieser Betriebspunkte Anwendung finden, wenn diese im ESEER Abbildung finden sollen.
Vergleichbarkeit (4/4)	Wie schon angedeutet ist die Vergleichbarkeit durch genau angegebene Temperaturen und Auslastungen gewährleistet.

JAZ – Jahresarbeitszahl für Kälteanlagen (SEER – Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Die Jahresarbeitszahl wird nach Messungen der thermischen und elektrischen Energie der Anlage über einen Zeitraum von einem Jahr ermittelt. Sie bildet im Gegensatz zur Leistungszahl (EER) nicht nur einen momentanen Zustand ab, sondern berücksichtigt die Schwankungen der Randbedingungen (Kühllast, Luft- und Wassertemperatur), die über ein Jahr verteilt auftreten. In Kompressionskälteanlagen können Jahresarbeitszahlen von 5 bis 6 erreicht werden. Wird eine freie Kühlung eingesetzt sind Werte über 20 möglich (Beat Wellig, 2006).

Zum Vergleich verschiedener Anlagen kann die Jahresarbeitszahl nicht verwendet werden. Sie liefert nur einen relativen Wert, der zur Einschätzung des Systems in einem bestimmten Gebäude unter Berücksichtigung der Kühlgewohnheiten der Nutzer bzw. des vorliegenden Kühlbedarfes dient (Klima-Innovativ e.V. o. J.).

Berechnung

$$JAZ = \frac{Q_0}{P}$$

Q_0 – erzeugte Kälteenergie in kWh_{th}/a

P – dafür nötige elektrische Energie in kWh_{el}/a

Messstellen

Auch zur Ermittlung der JAZ zählt zur aufgenommenen elektrischen Energie der Anlage neben der elektrischen Energie der Verdichter auch die elektrische Energie, die von Steuerung, Regelung und der Pumpe für Wasser bzw. Sole sowie den Ventilatoren benötigt wird. Die Messgrößen und Messstellen zur Berechnung der

erzeugten Kälteenergie sind die Gleichen wie bei der Ermittlung des EER.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (4/4)	Alle nötigen Werte können gut gemessen werden. Für die permanente Durchflussmessung können eingriffsfreie Messgeräte, zum Beispiel mithilfe von Ultraschall, genutzt werden.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage der Jahresarbeitszahl wird aus der Berechnung und der Bezeichnung klar. Die Zielrichtung ist intuitiv verständlich. Steigt die JAZ, so steigt die Effizienz der betrachteten Anlage.
Zielbezug (4/4)	Die Jahresarbeitszahl soll eine Gesamteffizienz einer Kälteanlage über einen Messzeitraum von einem Jahr abbilden. Dies kann durch oben genannte Messungen und Berechnung erreicht werden.
Maßnahmenfähigkeit (3/4)	Die Auswirkungen von Optimierungsmaßnahmen können anhand der JAZ einer Anlage gut abgebildet werden. Dies gibt Aufschluss über die Gesamteffizienz der Anlage unter den optimierten Bedingungen. Da die JAZ aber ein Mittelwert über das gesamte Jahr ist, zeigt die Kälteleistungszahl in verschiedenen Betriebspunkten gemessen gegebenenfalls deutlicher die Auswirkungen einzelner Maßnahmen.
Vergleichbarkeit (1/4)	<p>Verlässt man sich allein auf die Angaben zur Jahresarbeitszahl der Hersteller, kann diese durch die Randbedingungen, bei denen gemessen wird, beeinflusst werden. Weichen die Randbedingungen im realen Betrieb ab, kann die Jahresarbeitszahl schnell geringer sein. Es ist also keine Vergleichbarkeit gegeben, wenn die Randbedingungen voneinander abweichen.</p> <p>Genauso wenig kann man verschiedene Anlagen mithilfe der JAZ miteinander vergleichen, wenn diese nicht über das gesamte Jahr den gleichen Temperaturen und Auslastungen ausgesetzt waren.</p>

Server

DCcE – Data Center Compute Efficiency

Die DCcE bildet die Effizienz ab, mit der Server eines Rechenzentrums arbeiten. Bereiche mit großer Ineffizienz können identifiziert und beseitigt werden. So kann der Energiebedarf sowie die Abwärme der IT gesenkt und die Gesamteffizienz eines Rechenzentrums erhöht werden. Die DCcE wird dabei in Abhängigkeit der ScE (Server Compute Efficiency) bestimmt. Diese beschreibt den prozentualen Anteil primärer Prozesse im Vergleich zu allen Prozessen, die auf einem Server laufen.

Unter primären Prozessen sind die Dienste zu verstehen, für die der Server vornehmlich in Betrieb genommen wurde. Zweit- oder drittrangige Dienste können zusätzlich auf einem Server laufen. Diese dienen jedoch in erster Linie dem Betrieb der primären Dienste. Sekundäre oder tertiäre Dienste können Wartungs- oder Monitoring-Funktionen haben. Sie sorgen für CPU-Auslastung, bringen aber keinen primären Nutzen. Anhand von Auslastungsstatistiken des Server-Betriebssystems kann festgestellt werden, wie hoch der Anteil der primären Prozesse ist. Der Nachteil dieser Betrachtungsweise ist, dass nicht immer exakt festgelegt werden kann, welcher der laufenden Prozesse primär ist und welcher nur untergeordnete Funktionen bereitstellt. Zum anderen ist diese Analyse für ein Rechenzentrum mit zahlreichen Servern äußerst zeitintensiv. Weiterhin ist für die Bestimmung der Metrik der Zugriff auf die IT (Betriebssystemen) nötig, da Informationen über die laufenden Prozesse benötigt werden.

Die DCcE bildet den Mittelwert der ScE aller Server im Rechenzentrum. Da die Anzahl der untergeordneten Prozesse der Server stark variieren kann, ist die DCcE nicht geeignet, um mehrere Rechenzentren miteinander zu vergleichen.

Quelle The Green Grid Association (Mark Blackburn 2010)

Berechnung

$$DCcE = \frac{\sum_{j=1}^m ScE_j}{m}$$

$$ScE = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} * 100$$

p_i – Anzahl primärer Prozesse über Messzeitraum

n – Anzahl aller Prozesse über Messzeitraum

m – Anzahl aller Server im Rechenzentrum

Messstellen Betriebssysteme geben die Verteilung der Auslastung der CPU auf die laufenden Prozesse an.

Eine Variante der ScE eines Servers zu ermitteln ist es daher, die Auslastung der CPU durch sekundäre und tertiäre Dienste von der Gesamtauslastung der CPU abzuziehen.

Eine andere Messmöglichkeit ist es, die In- und Outputs (I/O) der untergeordneten Prozesse von der Gesamtanzahl der I/O abzuziehen. Diese Variante bietet sich an, wenn die primären Prozesse wenig CPU-Auslastung, aber eine hohe Anzahl von I/O verursachen.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (2/4) Zur Messung der primären und untergeordneten Prozesse muss der Zugriff auf das Betriebssystem für ein Monitoringsystem gewährleistet sein. Der Aufwand zur Bestimmung gerade in größeren Rechenzentren kann daher sehr groß sein.

Verständlichkeit (1/4) Die Aussagen der DCcE und der ScE sind nicht intuitiv verständlich. Die Beschreibung der Kennzahl durch die Green Grid Association trägt nur wenig zum besseren Verständnis bei.

Zielbezug (3/4)	Das Ziel des DCcE ist es, die Effizienz der Server in einem RZ abzubilden, mit der diese arbeiten. Mithilfe der ScE die den prozentualen Anteil primärer Prozesse im Vergleich zu allen Prozessen, die auf einem Server laufen, beschreibt, gelingt dies. Nur die Einordnung der Prozesse in die Kategorien primär, sekundär, tertiär kann nicht ganz eindeutig und allgemeingültig definiert werden.
Maßnahmenfähigkeit (4/4)	Maßnahmen, die die Anzahl der primären Prozesse oder der Anzahl aller Prozesse verändern, spiegeln sich im DCcE wieder.
Vergleichbarkeit (2/4)	Es muss die Art der Messung sowie die Frequenz der Messungen angegeben werden. Andernfalls ist die Vergleichbarkeit gefährdet. Ist die Frequenz zu hoch (etwa deutlich unter einer Minute) beeinflusst die Messung selbst das Ergebnis, da hier eine höhere CPU-Auslastung gemessen werden kann.

Storage

Idle Power Metric

Die Storage Networking Industry Association (SNIA) schlägt für die Bewertung der Energieeffizienz von Online-Storage-Systemen, die die meiste Zeit im Idle-State gehalten werden, den Idle Power Kennwert vor. Dieser bildet das Verhältnis aus der Kapazität des Storage in GB, die so jederzeit zur Verfügung steht, und der Leistung, die im Idle-State benötigt wird. So kann festgestellt werden wie viele GB mit einem Watt Storage-Leistung bereitgestellt werden.

Quelle	Green Storage Initiative (GSI) der Storage Networking Association (SNIA) (SNIA, 2009)
Berechnung	$P = \frac{C}{P_i}$ $P_i = \frac{\text{Summe aller gemessenen Leistungen}}{\text{Anzahl der Messungen}}$ <p>C – Kapazität des Storage-Systems in GB <i>P_i</i> – Mittelwert der Leistung des Systems im Idle-State in W</p>
Messstellen	Die Leistungsmessung des Storage-Systems im Idle-State erfolgt über geeignete PDUs (Power Distribution Units) im Rechenzentrum bzw. über ein Monitoringsystem, das den Energiebedarf mit Hilfe von Sensoren in der Hardware (z.B. über IPMI abrufbar) oder über Energieverbrauchsprofile bestimmt.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (3/4)	Das System muss vermessen werden, oder über entsprechende Sensoren verfügen, die ausgelesen werden können. Der Aufwand hierfür ist stark abhängig
-------------------	---

	von der Art und Anzahl der eingesetzten Systeme.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage der Idle Power Metric ist klar verständlich. Diese geht sowohl aus der Bezeichnung des Kennwertes als auch aus der Berechnungsformel hervor.
Zielbezug (4/4)	Mithilfe dieser Kennzahl können Schlüsse bezüglich der Effizienz von Online-Storagesystemen im Idle-State gezogen werden. Anhand der Idle Power Metric kann über die Eignung eines Storagesystems für den Online-Einsatz in einem Rechenzentrum entschieden werden. Abwägungen zwischen Energiekosten und ständiger Verfügbarkeit des Storagesystems sind leichter möglich.
Maßnahmenfähigkeit (4/4)	Die Verbesserung zwischen einem alten ineffizienten Storage-Equipment und einem aktuellen, energiesparenden System kann direkt in der Veränderung der Kennzahl abgelesen werden.
Vergleichbarkeit (2/4)	Ein Messzeitraum wird nicht vorgegeben. Dies erschwert die Vergleichbarkeit.

PA - Average Active Power

Um die Energieeffizienz von Storage-Systemen beurteilen zu können, die die meiste Zeit aktiv sind, empfiehlt die SNIA den Kennwert PA – Average Active Power. Dieser stellt den Mittelwert der Leistung dar, die im aktiven Zustand benötigt wird.

Quelle	Green Storage Initiative (GSI) der Storage Networking Association (SNI A) (SNIA, 2009)
Berechnung	$PA = \frac{\sum W_s}{n}$ <p>Ws – gemessene Leistung im aktiven Zustand n – Anzahl der Messungen im aktiven Zustand</p>
Messstellen	Die momentane Leistung eines Storage wird am Netzteil, also über eine PDU oder einem Strommessgerät, gemessen.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (2/4)	Soll die PA für das gesamte Storage-Equipment eines Rechenzentrums ermittelt werden, ist dies nur über geeignete Monitoringsysteme bzw. dauerhafte Leistungsmessungen möglich. Der Aufwand ist daher höher als bei der Idle Power Metric.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage der Average Active Power ist intuitiv verständlich. Diese geht sowohl aus der Bezeichnung der Kennzahl als auch aus der Berechnungsformel hervor.
Zielbezug (4/4)	Mithilfe dieser Kennzahl können Schlüsse bezüglich der Effizienz von Storagesystemen im aktiven Zustand gezogen werden.
Maßnahmenfähigkeit (3/4)	Hat man über einen repräsentativen Zeitraum gemessen (im

Idealfall unter gleicher Auslastung) und vergleicht nun zwei Stagesysteme anhand der Average Activ Power, so wird der energetische Unterschied deutlich. Die Verbesserung zwischen einem alten ineffizienten Storage-Equipment und einem aktuellen, energiesparenden System kann direkt in der Veränderung der Kennzahl abgelesen werden.

Vergleichbarkeit (2/4)

Die Average Active Power ist über die Wahl des Messzeitraumes erheblich beeinflussbar. Dieser sollte daher so groß gewählt werden, dass hohe und geringe Auslastungen des Storage in einem repräsentativen Maße vertreten sind. Wird über einen Messzeitraum gemessen, in dem die Auslastung des Storage gering ist, während diese im Durchschnitt viel höher ist, entsteht kein realistisches Abbild der Energieeffizienz des Storage-Equipments im aktiven Zustand. Dies beeinträchtigt die Vergleichbarkeit.

Bandwidth Metric

Die Bandwidth Metric der SNIA bildet die Menge der Daten ab, die mit einem Watt Leistung übertragen wird. Diese Kennzahl ist für vornehmlich aktive Storage-Systeme interessant.

Quelle Green Storage Initiative (GSI) der Storage Networking Association (SNIA) (SNIA, 2009)

Berechnung
$$\text{Bandwidth Metric} = \frac{\text{Menge der übertragenen Daten in } M}{\text{Leistung, die dafür nötig ist, in } W}$$

Messstellen Mit geeigneter Monitoringsoftware kann sowohl die Menge der übertragenen Daten als auch die dazu benötigte Leistung aufgezeichnet werden. Die Leistung kann auch über Messungen bestimmt werden.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (2/4) Die Messung der benötigten Daten ist problemlos möglich, erfordert aber ein Monitoringsystem, das den Datentransfer bestimmt. Die Leistung ist entweder über direkte Messungen, Energieverbrauchsprofile (in Kombination mit Monitoringsystem) oder Sensoren der Hardware (z.B. IPMI) bestimmbar.

Verständlichkeit (4/4) Die Aussage der Bandwidth Metric ist leicht erfassbar.

Zielbezug (4/4) Neben der Average Activ Power können mithilfe dieser Kennzahl Schlüsse bezüglich der Effizienz von Stagesystemen im aktiven Zustand gezogen werden.

Maßnahmenfähigkeit (4/4) Die Verbesserung zwischen einem alten ineffizienten Storage-Equipment und einem aktuellen, energiesparenden System kann direkt in der Veränderung der Kennzahl abgelesen werden.

Vergleichbarkeit (2/4) Der Messzeitraum muss so gewählt werden, dass hohe und geringe Auslastungen des Storage in einem repräsentativen Maße vertreten sind. Für eine bessere

Vergleichbarkeit sollten technologiespezifische Aspekte berücksichtigt werden. So ist etwa bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit einer Festplatte der Datendurchsatz am Rand der Scheibe größer als in der Mitte. Für den Vergleich verschiedener Geräte muss die Messdauer und die Auslastung angegeben werden.

Zusammenfassung - Betriebskennzahlen in Rechenzentren

Tabelle 45 zeigt die Bewertung der gefundenen RZ-Einzelkennzahlen.

Tabelle 45: Bewertung der Einzelkennzahlen, die nicht Teil eines Kennzahlensystems sind

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit	Bewertung der Kennzahlenbezogenen Kriterien*				
				1	2	3	4	5
CUE	Carbon Usage Effectiveness	CO ₂ -Ausstoß [kgCO ₂] / Energie der IT [kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	○	◐	◑	◒	◓
WUE	Water Usage Effectiveness	Wasserverbrauch des RZ [l] / Energie der IT [kWh]	[l/kWh]	●	◐	◑	◒	◓
ERE	Energy Reuse Effectiveness	genutzte Abwärme der IT [kWh]/Energie des RZ [kWh]	[-]	◐	●	◑	◒	◓
Klimatisierung								
EER	Energy Efficiency Ratio	Kälteleistung [W]/el. Leistungsaufnahme [W]	[-]	●	●	◐	◑	●
ESEER	European Seasonal Energy Efficiency Ratio	EER bei verschiedenen Auslastungen /100	[-]	◐	●	◑	◒	●
JAZ	j	erzeugte Kälteenergie [kWh]/el. Energieaufnahme [kWh]	[-]	●	●	●	◐	◑
Server								
DCcE	Data Center Compute Efficiency	((Anzahl primärer Prozesse/Anzahl aller Prozesse)*100) / Anzahl Server	[-]	◐	◑	◒	●	◓
Storage								
Idle Power Metric		Storage-Kapazität [GB]/(Gesamtleistung [W]/Anzahl der Messungen)	[-]	◐	●	●	●	◓
PA	Average Active Power	Gesamtleistung im aktiven Zustand [W]/Anzahl der Messungen	[W]	◐	●	●	◑	◓
Bandwith Metric		Menge der übertragenen Daten [MBS]/dafür nötige Leistung [W]	[MBS/W]	◐	●	●	●	◓

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

Netzwerkumgebungen

Für die Netzwerkumgebung existieren einige Kennzahlen. Die vorgestellten Kennzahlen sollen die Geräteeffizienz vergleichbar machen, sie sollen unter standardisierten Bedingungen einmalig für jeden Gerätetyp bestimmt werden. Daher sind sie statisch. Weil sie aber auch Ansätze für dynamische Kennzahlen liefern, werden sie hier vorgestellt.

TEER – Telecommunication Energy Efficiency Ratio

Die Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) entwickelte 2009 den Telecommunications Energy Efficiency Ratio. Dieser bildet das Verhältnis des maximal möglichen Datendurchsatzes und einer gewichteten Leistung eines Netzwerkgerätes und wird in Mbps/W angegeben. Dabei werden sowohl verschiedene Auslastungszustände als auch die Art des Netzwerkequipments, die Platzierung im Netzwerk und eine Klassifizierung (Kern, Transport oder Zugang) berücksichtigt.

Quelle Spirent (Spirent, 2011)

Berechnung

$$TEER = \frac{T_d}{P_w}$$

$$P_w = a * P_{u1} + b * P_{u2} + c * P_{u3}$$

$$a + b + c = 1$$

T_d – maximaler Datendurchsatz

P_w – gewichtete Leistung

a, b, c – Wichtungsfaktoren, zur Berücksichtigung der Equipment-Klasse sowie der Position im Netzwerk

P_{u1}, P_{u2}, P_{u3} – Leistung bei verschiedenen Auslastungen

Die Wichtungsfaktoren a, b und c sowie die berücksichtigten Auslastungen variieren je nach Equipment-Klasse (z.B. Access, High Speed Access, Distribution/Aggregation, Core) und Standort im Netzwerk.

Messstellen

Vorbereitend wird zunächst der maximale Datendurchsatz des Gerätes ermittelt sowie die am häufigsten auftretenden Auslastungen (z.B. 0%, 10% und 100%). Es wird 15 Min bei maximalem Datendurchsatz die benötigte Leistung des Gerätes gemessen. Der Mittelwert dieses Messintervalls bildet den P_{u3} . Dies wird mit den beiden anderen gewählten Auslastungen wiederholt. Man erhält die Werte P_{u2} und P_{u1} .

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (3/4)

Spirent hat für die Ermittlung des TEER einen Messaufbau entwickelt. Die Leistungsmessung stellt kein Problem dar, entscheidend ist der Datendurchsatz, der generiert werden muss, um verlässliche Informationen zu erhalten.

Verständlichkeit (4/4)

Die Aussage des Telecommunications Energy Efficiency Ratio ist intuitiv verständlich. Es wird der Datendurchsatz in Mbps ermittelt, der mit einem Watt elektrischer Energie realisiert werden kann.

Zielbezug (4/4)

Über den TEER kann schnell die Energieeffizienz von verschiedenen Geräten eingeschätzt werden.

Maßnahmenfähigkeit (4/4)

Die Auswirkungen eines Austausches ineffizienter Geräte

sind leicht ermittelbar. Gezielte Veränderungen werden abgebildet.

Vergleichbarkeit (4/4) Durch das Messkonzept sind klare Regeln für die Messungen vorgegeben. Der Kennwert berücksichtigt recht umfangreich die Randbedingungen in einem Netzwerk. Der TEER verschiedener Geräte ist dadurch gut vergleichbar.

ECR – Energy Consumption Rating

Die Energy Consumption Rating-Kennzahl wurde von der Energy Consumption Rating Initiative entwickelt und bildet die Energieeffizienz von Netzwerkequipment ab. Der Energieverbrauch von Netzwerkgeräten wird auf den maximal möglichen Datendurchsatz bezogen. So wird die Leistung ermittelt, die bei maximalem Datendurchsatz nötig ist, um 1 Gigabit übertragen zu können. Netzwerkgeräte verschiedener Hersteller aber gleicher Art können auf diese Weise miteinander verglichen werden, selbst wenn diese mit unterschiedlichen Kapazitäten und Auslastungen arbeiten. Ein geringerer ECR weist auf eine höhere Energieeffizienz.

Quelle The Energy Consumption Rating (ECR) Initiative (Energy Consumption Rating Initiative) (Alimian u. a., 2010)

Berechnung
$$ECR = \frac{E_{100}}{T_f}$$

 E_{100} – Energieverbrauch in W

T_f – maximaler Datendurchsatz in Gbps

Messstellen Der Energieverbrauch sowie der maximale Datendurchsatz können gemessen werden oder den Angaben des Datenblattes des Gerätes entnommen werden. Zur Messung gibt die ECR-Initiative genaue Richtlinien und Testprozeduren vor (Energy Consumption Rating Initiative).

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (3/4) Ähnlich wie die Größen des TEER können auch die Berechnungswerte des ECR gut gemessen werden, jedoch nur mithilfe eines standardisierten Messaufbaus. Zur Erleichterung der Ermittlung des Kennwertes ist auch die Verwendung von Herstellerangaben möglich.

Verständlichkeit (4/4) Die Aussageabsicht des Energy Consumption Ratings wird aus der Berechnungsformel deutlich.

Zielbezug (3/4) Es soll der Energieverbrauch pro übertragenem GB ermittelt werden – bei maximalem Datendurchsatz. Damit wird jedoch lediglich die Effizienz in diesem Betriebspunkt der Geräte ermittelt. Wie effizient die Umsetzung der elektrischen Energie unter anderen Auslastungen geschieht, ist nicht Bestandteil der Untersuchung.

Maßnahmenfähigkeit (4/4) Bei dem Vergleich von ECR-Werten verschiedener Geräte kann schnell das Gerät ermittelt werden, das bei maximaler Auslastung am effizientesten arbeitet, wenn die Daten zur

Berechnung auf gleiche Weise ermittelt wurden.

Vergleichbarkeit (2/4)

Da auch Herstellerangaben verwendet werden können, ist eine Vergleichbarkeit nicht unmittelbar gegeben. Die Quelle der Daten, die zur Berechnung herangezogen wurden, sollten genannt werden.

ECR-VL – Energy Consumption Rating over a variable-load cycle

Der ECR-VL normiert den Energieverbrauch eines Netzwerkgeräts auf ein übertragenes Gigabit. Im Unterschied zum ECR aber beachtet der ECR-VL neben dem Zustand der maximalen Auslastung auch den Energieverbrauch unter fünf geringeren Auslastungen. Die Häufigkeiten, mit der diese auftreten, werden mithilfe von Gewichtungsfaktoren berücksichtigt. Der ECR-VL stellt daher einen Mittelwert des Energieverbrauches pro übertragenem Gigabit über verschiedene Auslastungszustände dar.

Quelle

The Energy Consumption Rating (ECR) Initiative (Energy Consumption Rating Initiative) (Alimian u. a., 2010)

Berechnung

$$ECR - VL = \frac{\alpha * E_{100} + \beta * E_{50} + \gamma * E_{30} + \delta * E_{10} + \varepsilon * E_i}{\alpha * T_f + \beta * T_{50} + \gamma * T_{30} + \delta * T_{10}}$$

T_f – maximaler Datendurchsatz in Gbps

$T_{50} = T_f * 0,5$ (Datendurchsatz bei 50%iger Auslastung)

$T_{30} = T_f * 0,3$ (Datendurchsatz bei 30%iger Auslastung)

$T_{10} = T_f * 0,1$ (Datendurchsatz bei 10%iger Auslastung)

E_{100} – Energieverbrauch in W, gemessen unter Testprozedur 1, Schritt 2 (Energieverbrauch bei maximaler Auslastung)

E_{50} – Energieverbrauch in W, gemessen unter Testprozedur 1, Schritt 3 (Energieverbrauch bei 50%iger Auslastung)

E_{30} – Energieverbrauch in W, gemessen unter Testprozedur 1, Schritt 4 (Energieverbrauch bei 30%iger Auslastung)

E_{10} – Energieverbrauch in W, gemessen unter Testprozedur 1, Schritt 5 (Energieverbrauch bei 10%iger Auslastung)

E_i – Energieverbrauch in W, gemessen unter Testprozedur 1, Schritt 6 (Energieverbrauch im Standby)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – Gewichtungsfaktor der Auslastungszustände, es gilt: $\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon = 1$

Messstellen

Der Energieverbrauch sowie der maximale Datendurchsatz werden nach den Richtlinien und mithilfe der Testprozeduren, die die ECR-Initiative in Alimian u. a. (2010) angibt gemessen.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (2/4)

Alle angegebenen Größen zur Berechnung des ECR-VL sind mithilfe der Richtlinien und Testprozeduren der ECR-Initiative gut messbar. Der Aufwand ist minimal größer als beim ECR.

- Verständlichkeit (4/4) Die Absicht des ECR-VL ist verständlich.
- Zielbezug (4/4) Um die Gesamteffizienz von Netzwerkgeräten besser einschätzen zu können, berücksichtigt der ECR-VL fünf verschiedene Auslastungszustände und mittelt die unterschiedlichen Energieverbräuche auf ein Gigabit. So können Netzwerkgeräte direkt miteinander verglichen und das effizienteste Gerät ermittelt werden.
- Maßnahmenfähigkeit (3/4) Bei dem Vergleich von ECR-Werten verschiedener Geräte kann schnell das Gerät ermittelt werden, das bei maximaler Auslastung am effizientesten arbeitet.
- Vergleichbarkeit (4/4) Aufgrund der Messrichtlinien und der vorgegebenen Testprozeduren ist der ECR-VL verschiedener Geräte gut vergleichbar.

Tabelle 46: Bewertung der Kennzahlen für das Netzwerk

Kennzahl	Bezeichnung	Formel	Einheit	Bewertung der Kennzahlenbezogenen Kriterien*				
				1	2	3	4	5
TEER	Telecommunication Energy Efficiency Ratio	maximaler Datendurchsatz [Mbps] / gewichtete Leistung [W]	[Mbps/W]	◐	●	●	●	●
ECR	Energy Consumption Rating	Energieverbrauch [W] / maximaler Datendurchsatz [Gbps]	[W/Gbps]	◐	●	◐	●	◐
ECR-VL	Energy Consumption Rating over a variable load cycle	Energieverbrauch [W] / Datendurchsatz bei verschiedenen Auslastungen [Gbps]	[W/Gbps]	◐	●	●	◐	●

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

Büroumgebung

Energie-Flächenbezugszahl

Bei der Energie-Flächenbezugszahl wird der Elektrizitätsverbrauch der IKT ins Verhältnis zur Fläche des Arbeitsbereiches gesetzt, in dem die Energie benötigt wird.

Quelle In Anlehnung an Centre for Energy Policy and Economics Swiss Federal Institutes of Technology (Bernard Aebischer, 1999), (Energiesparverband O.Ö., Ökologische Betriebsberatung und Wirtschaftskammer O.Ö., 1997)

Berechnung
$$\text{Energie – Flächenbezugszahl} = \frac{\text{Strombedarf der Endgeräte(IKT) in kWh}}{\text{Bruttogeschossfläche in m}^2 \cdot 8760 \text{ h}}$$

$$\text{Energie – Flächenbezugszahl} = \frac{\text{Strombedarf der Endgeräte(IKT) in kWh}}{\text{Nettogeschossfläche in m}^2 \cdot 8760 \text{ h}}$$

Messstellen Sollen einzelne Bereiche innerhalb eines Gebäudes miteinander verglichen werden, benötigen diese jeweils einen separaten Stromkreis für IKT mit eigenem Stromzähler; eine weitere Möglichkeit besteht in der sehr aufwendigen Vermessung jedes einzelnen IKT-Endgeräts. Eine Messung für das gesamte Gebäude am Stromzähler des Energieversorgers ist für die Ermittlung der Energie-

Flächenbezugszahl in diesem Fall nicht ausreichend.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (1/4)	Unter oben genannten Umständen (eigener Stromkreis für IKT-Endgeräte) ist die zusätzliche Installation von Stromzählern nötig. Die Vermessung jedes IKT-Endgeräts ist sehr aufwendig.
Verständlichkeit (4/4)	Der Kennwert ist intuitiv verständlich, anhand seiner Bezeichnung als auch anhand der Formel zur Berechnung.
Zielbezug (2/4)	Mithilfe der Energie-Flächenbezugszahl kann der Energiebedarf der IKT-Endgeräte für ein Gebäude bzw. einen Gebäudebereich bestimmt werden. Problematisch ist hierbei, dass die sehr unterschiedliche Ausstattung mit IKT-Endgeräten und die ggf. arbeitsplatz- bzw. branchenspezifischen Nutzungsprofile aus der Kennzahl nicht sofort ersichtlich sind.
Maßnahmenfähigkeit (1/4)	Die Auswirkungen von Optimierungsmaßnahmen können teilweise an der Energie-Flächenbezugszahl abgelesen werden. Konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz können aus der Kennzahl allerdings nicht abgeleitet werden, vor allem dann nicht, wenn die Energie-Flächenbezugszahl für ein ganzes Gebäude ermittelt wird (vgl. Zielbezug).
Vergleichbarkeit (1/4)	Bei der Angabe der Energie-Flächenbezugszahl ist in jedem Fall anzugeben, ob diese auf die Brutto- oder die Nettogeschossfläche bezogen wird. Ohne diese Angabe ist die Vergleichbarkeit zwischen mehreren Gebäuden oder Etagen nicht gegeben. Zudem sollte die Nutzung des Berechnungsbereiches angegeben werden, da diese wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Kennzahl hat. Weitere Angaben zur Branche sind erforderlich, da sich eine sehr unterschiedliche Ausstattung mit IKT-Endgeräten ergeben kann.

Energie-Personenbezugszahl

Bei der Energie-Personenbezugs-Kennzahl wird der jährliche Strombedarf der IKT-Endgeräte ins Verhältnis zur Anzahl der Mitarbeiter gesetzt, die in dem untersuchten Bereich tätig sind.

Quelle Centre for Energy Policy and Economics Swiss Federal Institutes of Technology (Bernard Aebischer, 1999), (Energiesparverband O.Ö., Ökologische Betriebsberatung und Wirtschaftskammer O.Ö., 1997)

Berechnung
$$\text{Energie - Personenbezugszahl} = \frac{\text{Strombedarf der Endgeräte(IKT) in kWh}}{\text{Anzahl der Mitarbeiter} * 8760 \text{ h}}$$

Messstellen Auch bei dieser Kennzahl gilt: Sollen einzelne Bereiche innerhalb eines Gebäudes miteinander verglichen werden, benötigen diese jeweils einen separaten Stromzähler. Sollen nur ganze Gebäude verglichen

werden, reicht der zentrale Stromzähler aus.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (1/4)	Die Messbarkeit ist wie bei der flächenbezogenen Kennzahl zu bewerten, da die Herausforderungen dieselben sind.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage der Energie-Personenbezugszahl wird intuitiv klar.
Zielbezug (3/4)	Der jährliche Strombedarf der IKT-Endgeräte wird auf die Anzahl der Mitarbeiter bezogen. Bei gleichbleibender Anzahl der Mitarbeiter werden im Vergleich mehrerer Jahre die Auswirkungen von Optimierungsmaßnahmen deutlich. Die Kennzahl hat einen größeren Zielbezug, da sie den Energiebedarf der IKT-Endgeräte direkt auf deren Nutzer bezieht
Maßnahmenfähigkeit (2/4)	Die Maßnahmenfähigkeit ist wie bei der flächenbezogenen Kennzahl schwierig, da die Kennzahl keine Information über die Nutzung der IKT-Endgeräte liefert.
Vergleichbarkeit (2/4)	Die Vergleichbarkeit ist geringfügig besser als die der personenbezogenen Kennzahl.

Spezifischer Stromverbrauch

Der spezifische Stromverbrauch setzt den Strombedarf eines Jahres (oder eines beliebigen Zeitraumes) ins Verhältnis zur Anzahl der damit gefertigten Produkte während dieser Zeit. In Branchen bzw. Bereichen mit standardisierten Produkten oder einer immer gleich bleibenden Produktpalette, kann diese Kennzahl gut für den Vergleich verschiedener Gebäude/Firmen herangezogen werden. Ist die Zuordnung des Produktes zu einer Branche schwierig, ist der Vergleich nur schwer möglich. Bei gleichbleibenden Produkten und gleicher Herstellungsart kann in diesem Fall nur ein Vergleich des eigenen Energieverbrauches innerhalb mehrerer Betrachtungszeiträume erfolgen. In der Büroumgebung kann der spezifische Stromverbrauch auf Druckerzeugnisse oder Dienstleistungen mit gleichem Arbeitsumfang übertragen werden.

Quelle Umweltbundesamt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010)

Berechnung
$$\text{spezifischer Stromverbrauch} = \frac{\text{Gesamstrombedarf eines Endgeräts(IKT) in kWh}}{\text{Anzahl Endprodukte}}$$

Messstellen Am Ende eines Betrachtungszeitraumes wird der Stromverbrauch am Stromzähler des Energieversorgers abgelesen. Zur Beschreibung der Energieeffizienz spezieller Bereiche im Gebäude anhand des spezifischen Stromverbrauches sollten dort separate Zähler installiert werden. Wo diese einzurichten sind, ist stark vom hergestellten Produkt abhängig und kann nur individuell entschieden werden.

Bewertung für die Kriterien (Einzelkennzahlen)

Messbarkeit (1/4)	Handelt es sich bei den Produkten um Dienstleistungen stets unterschiedlichen Umfangs, kann der spezifische Stromverbrauch nur schwer Anwendung finden. Die Kennzahl würde in diesem Fall einen Mittelwert darstellen und an Aussagekraft verlieren. Gibt es jedoch ein standardisiertes Produkt, das mit immer ähnlichem Arbeits- und Energieaufwand hergestellt bzw. bearbeitet wird, kann die Anzahl der Produkte eindeutig erfasst und der spezifische Strombedarf gut ermittelt werden. Im Fall von IKT-Dienstleistungen ist die Standardisierung schwer möglich ³ . Betrachtet man bspw. das Verfassen einer Email, liegt der zeitliche Aufwand im Bereich von einigen Sekunden bis hin zu Stunden. Die Messbarkeit verlangt eine klare Definition der IKT-Dienstleistungen, ohne diese kann die Kennzahl nicht auf IKT-Endgeräte übertragen werden.
Verständlichkeit (4/4)	Die Aussage des spezifischen Stromverbrauches ist eindeutig, die Zielrichtung ist intuitiv erfassbar.
Zielbezug (2/4)	Es soll der Stromverbrauch bezogen auf das hergestellte Produkt ermittelt werden. Wird dieser Kennwert für mehrere Betrachtungszeiträume erfasst, kann eine Tendenz des Stromverbrauches abgelesen werden. So werden die Auswirkungen von Effizienzmaßnahmen gut sichtbar. Für eine Anwendung auf IKT-Endgeräte bedarf es einer klaren Definition der IT-Dienstleistung.
Maßnahmenfähigkeit (1/4)	Werden effizientere Geräte verwendet und ist die dadurch eingesparte Energiemenge groß genug, sollte sich dies in der Kennzahl widerspiegeln. Konkrete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Effizienz können nur schwer abgeleitet werden, da die Kennzahl mit dem gesamten Stromverbrauch berechnet wird. Aus der Kennzahl wird nicht klar in welchem Bereich (Verwaltung; Administration der IKT; Bereiche, in denen das „Produkt“ bearbeitet wird etc.) die Einsparungen am sinnvollsten wären.
Vergleichbarkeit (1/4)	Für den internen Vergleich über mehrere Messzeiträume ist die Vergleichbarkeit gegeben. Sollen verschiedene Gebäude oder Bereiche miteinander verglichen werden, sollte die Branche übereinstimmen.

Tabelle 47 zeigt die Bewertung der gefundenen Kennzahlen für die Bewertung IKT-Energieeffizienz in der Büroumgebung.

³ Als eine der wenigen Größen, wo eine Zuordnung in der Büroumgebung relativ leicht möglich ist, ist der Energiebedarf pro gedruckte Seite.

Tabelle 47: Bewertung der gefundenen Kennzahlen für die Büroumgebung

Kennzahl	Formel	Einheit	Bewertung der Kennzahlenbezogenen Kriterien*				
			1	2	3	4	5
Energie-Flächenbezugszahl	Strombedarf [kWh] / Bruttogeschossfläche [m ²]	[kWh/m ²]					
Energie-Personenbezugszahl	Strombedarf [kWh] / Anzahl der Mitarbeiter * 8760 h	[kW]					
spezifischer Stromverbrauch	Gesamtstrombedarf [kWh] / Anzahl Endprodukte	[kWh/Stück]					

* 1: Messbarkeit 2: Verständlichkeit 3: Zielbezug 4: Maßnahmenfähigkeit 5: Vergleichbarkeit

Energielabel

Für die Bewertung von Energielabeln gelten andere Bewertungskriterien, da es sich nicht um Betriebskennzahlen handelt. Eine Bewertung auf einer qualitativen Skala von 0 bis 4 ist ebenfalls schwer möglich, da Energielabel für sehr viele verschiedene Produkte und IKT-Endgeräte vergeben werden. Daher muss bei Anschaffung von Geräten auf Grundlage eines Energielabels dessen Vergabegründlage genau studiert werden. Im Folgenden wird kurz erläutert, wie die Entscheider hierbei helfen können. Anschließend werden mit den Kriterien kurz zwei große, Energielabel vergebende Organisationen im IKT-Bereich (Blauer Engel und Energy Star) bewertet.

1. Erkennbarkeit

Das Energielabel sollte gut sichtbar auf dem Produkt platziert sein, damit der Kunde beim Kauf eines Geräts auf die zertifizierte Effizienz des Gerätes aufmerksam wird. Zusätzlich oder alternativ sollten die Produkte in frei zugänglichen Datenbanken aufgeführt sein. So kann vor einem Kauf gezielt nach energieeffizienten Geräten gesucht werden.

2. Vergabegründlage

Für den Käufer sollte (zumindest im Internet) die Möglichkeit gegeben werden, sich über die Vergabegründlagen des Labels zu informieren. Auf diese Weise kann das Vertrauen in Energielabel und damit ihre Akzeptanz gestärkt werden. Außerdem sollte die Vergabegründlage Details über bspw. die Vorgehensweise zur Messung des Energiebedarfs enthalten.

3. Aktualität der Vergabegründlage

Mit der Weiterentwicklung der Geräte kann auch die Effizienz dieser gesteigert werden. Daher müssen die Vergabegründlagen regelmäßig aktualisiert werden. Informationen über den zeitlichen Abstand bzw. die letzten Aktualisierungen der Kriterien sollten dem Käufer zugänglich sein.

4. Unabhängigkeit

Die Kommission, die die Energielabel vergibt, sollte möglichst herstellerunabhängig sein.

5. Vollständigkeit

Die zertifizierten Produkte sollten möglichst umfassend und im Hinblick auf den realen Gebrauch auf ihre Energieeffizienz getestet werden.

Energy Star

Bei der Neuanschaffung von Bürogeräten sollte auf die Energieeffizienz geachtet werden. Ein Hinweis auf einen effizienten Energieumsatz ist das Energy Star Gütezeichen. In der EU Energy Star Datenbank können Herstellerangaben zum Energieverbrauch sowie die wichtigsten Leistungswerte der Geräte abgefragt werden. Mit dem Energierechner, der auf der Webseite des Energy Stars zu finden ist, können in Abhängigkeit der Leistung der Geräte in verschiedenen Zuständen sowie dem Nutzungsverhalten die Unterhaltskosten und der Stromverbrauch in kWh pro Jahr ermittelt werden. Zertifizierte Geräte sind unter anderem Monitore, Tischcomputer, Notebooks, integrierte Tischcomputer, Thin Clients, Small Scale Server, Arbeitsplatzrechner, Kopierer, Faxgeräte, Frankiermaschinen, Drucker, Scanner, Mehrzweckgeräte. Die Kennzeichnung der Bürogeräte erfolgt freiwillig.



Abbildung 9: Logo des EU Energy Star-Gütezeichens

Quelle	EU Energy Star (EU Energystar, 2012)
Erkennbarkeit	Das Gütezeichen ist auf den zertifizierten Geräten aufgebracht. Zusätzlich kann der Energiebedarf untersuchter Geräte in einer Datenbank auf der Webseite des Energy Star abgefragt werden.
Vergabegrundlage	Die Kriterien zur Vergabe des Energy Star werden von der U.S. Umweltbehörde (EPA), der EU Kommission und von Experten der Informationstechnologie entwickelt.
Aktualität der Vergabekriterien	Die Kriterien zur Vergabe werden den fortschreitenden technischen Möglichkeiten regelmäßig angepasst. In der Regel halten rund ein Viertel der am Markt verfügbaren Geräte die Energiestandards des Energy Star ein (DENA, 2012).
Unabhängigkeit	Das Gütezeichen wird von einer unabhängigen Kommission vergeben.
Vollständigkeit	Der Energy Star wird allein nach dem Energiebedarf der untersuchten Geräte vergeben.

Blauer Engel

Das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird an Produkte und Dienstleistungen vergeben, die besonders umweltfreundlich sind und hohe Ansprüche an den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie an die Gebrauchstauglichkeit erfüllen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010). Zusammen mit Experten der einzelnen Bereiche entwickelte das Umweltbundesamt technische Kriterien zur Vergabe des Blauen Engels für Arbeitsplatzcomputer, tragbare Computer, Tastaturen, elektronische Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen, Mobiltelefone, Drucker, Beamer, Schnurlostelefone, Steckdosenleisten, Netbooks, Espresso- und Kaffeemaschinen, Voice Over IP-Telefone, Lampen, E-Book Reader, Router und Rechenzentren.



Abbildung 10: Logo des Umweltzeichens „Der Blaue Engel“

Quelle	Der Blaue Engel – Jury Umweltzeichen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010)
Erkennbarkeit	Das Umweltzeichen kann auf Produkten und für Dienstleistungen verwendet und in der damit verbundenen Werbung eingesetzt werden.
Vergabegrundlage	Die inhaltliche Ausgestaltung der Vergabegrundlagen erfolgt durch die Geschäftsstelle der Jury in Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen des Umweltbundesamtes oder durch von diesem beauftragte Dritte. Die vollständigen Vergabegrundlagen werden in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht und auf der Homepage des Blauen Engels in das Internet eingestellt.
Aktualität der Vergabekriterien	<p>Die Kriterien zur Vergabe des Blauen Engels werden periodisch im Hinblick auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse weiterentwickelt. Eine Jury entscheidet über neue Vergabekriterien, die in der Regel eine Gültigkeitsdauer von vier Jahren haben.</p> <p>Vorschläge für die Entwicklung neuer Umweltzeichen können von jedermann bei der Geschäftsstelle der Jury Umweltzeichen im Umweltbundesamt eingereicht werden. Die Geschäftsstelle nimmt eine Plausibilitätsprüfung der eingereichten Anträge sowie eine Vorauswahl entsprechend den von der Jury festgelegten Prioritäten vor. Sie schlägt der Jury auf</p>

dieser Grundlage Produktgruppen und Dienstleistungen vor, für die Kriterien zur Vergabe des Umweltzeichens erarbeitet werden sollen.

Unabhängigkeit

Das 1978 begründete Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ ist ein Zeichen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Die Vergabe des Umweltzeichens „Der Blaue Engel“ erfolgt durch ein weisungsfreies, unparteiisches und ehrenamtlich tätiges Gremium, die „Jury Umweltzeichen“.

Die Zusammensetzung der Jury sowie die Amtszeiten der Mitglieder sind in den „Grundsätzen zur Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel“ geregelt und können u. a. auf der Website des Gütezeichens abgerufen werden.

Vollständigkeit

Das Umweltzeichen fördert sowohl die Anliegen des Umwelt- und Gesundheits- als auch des Verbraucherschutzes. Ausgezeichnet werden Produkte und Dienstleistungen, die in einer ganzheitlichen Betrachtung besonders umweltfreundlich sind und zugleich hohe Ansprüche an Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie an die Gebrauchstauglichkeit erfüllen.

Ergebnis

Es existieren viele verschiedene Kennzahlensysteme zur Energieeffizienz in Rechenzentren. Die Effizienz (Nutzen/Aufwand) einzelner Komponenten, insbesondere der Infrastruktur, können teilweise sehr gut abgebildet werden (z.B. RTI des LNBL). Dies liegt daran, dass im Bereich der Infrastruktur die Begriffe Nutzen und Aufwand relativ gut abgegrenzt sind.

Prinzipiell gilt für Infrastrukturkennzahlen: Je kleiner die Bereiche, die die Kennzahlen abbilden, desto besser sind sie. Denn je konkreter das Gerät oder das zu beschreibende System wird, desto genauer kann der jeweilige Nutzen des Bereichs oder der Anlage beschrieben werden. Gleichzeitig steigt mit dem Detaillierungsgrad. Die Herausforderung ist somit, ein Kennzahlensystem zu entwickeln, das sowohl die unteren (genauen) Ebenen abbildet, als auch die Gesamteffizienz hinreichend gut darstellen kann, ohne dass der Aufwand zu groß wird.

Die Netzwerkennzahlen sind statische Kennzahlen, die die Effizienz eines Geräts beschreiben. Um zur Nutzungseffizienz im Betrieb zu gelangen, kann der Datendurchsatz in Bezug zum Energiebedarf des entsprechenden Netzwerkgeräts gesetzt werden.

Statische Kennzahlen können eingesetzt werden, um die Effizienz der IKT-Landschaft zu beschreiben (z.B. Anteil der IKT-Endgeräte mit 80 Plus Gold Standard). Somit sind diese Kennzahlen ein geeignetes Mittel, um die Effizienz der Bestandsgeräte zu ermitteln. Geeignete Kennzahlen sind bspw. der Anteil der Endgeräte mit einem Netzteil der Energieeffizienzklasse 80 Gold Plus an der Gesamtanzahl der Geräte. Weiterhin ist der Anteil der Geräte, die zum Leistungsprofil des entsprechenden Arbeitsplatzes passen, eine geeignete Kennzahl.

Problematisch ist nach wie vor, dass der Nutzen der IT, die IT-Dienstleistung, nicht sehr genau auf Komponentenebene messbar ist, da das Ergebnis (IT-Dienstleistung) eine

komplexe, von vielen einzelnen IKT-Systemen abhängige Größe darstellt. Problematisch ist hier, eine Nutzendefinition zu finden, die allgemein gültig und von allen Beteiligten akzeptiert wird (Wilkens u. a., 2012).

Im Bereich Büroumgebung existieren mit der Energie-Personenbezugszahl und der Energie-Flächenbezugszahl Kennzahlen, die zu einem ersten Vergleich geeignet sind, aber schnell an ihre Grenzen stoßen. Mit der Endgerätenutzungseffizienz könnte hier eine Kennzahl geschaffen werden, die Auskünfte über die Effizienz der Nutzung der IKT-Endgeräte in der Büroumgebung liefert. Hier könnten arbeitsrechtliche Probleme auftreten, da die Kennzahl Endgeräte bewertet, die i.d.R. einem konkreten Mitarbeiter zugeordnet werden können. Außerdem setzt sie voraus, dass es ein vollständiges Monitoring aller IKT-Endgeräte gibt. Da in der Büroumgebung der größte Bedarf für neue Kennzahlen besteht, geht der nächste Abschnitt näher auf Kennzahlen für die Büroumgebung ein.

Überlegungen für den Bereich Büroumgebung

Wie bereits erwähnt, bilden die gefundenen Kennzahlen den Bereich der Büroumgebung nur unzureichend ab. Um wirklich die Betriebseffizienz mit Kennzahlen abzubilden, muss der Nutzen für die eingesetzten Endgeräte in Bezug zum Gesamtaufwand (hier: Energiebedarf des IKT-Endgeräts) gesetzt werden. In dieser Weise können Kennzahlen der Form Nutzen / Aufwand erhalten werden. Allerdings kommen solche Kennzahlen nur für Endgeräte infrage, wo der Nutzen offensichtlich ist. Im Kontext der Büroumgebung sind dies Drucker, Scanner, Fax- und Multifunktionsgeräte. Tabelle 48 zeigt beispielhaft für Drucker und Scanner den Aufwand, den Nutzen und die Einheit der Kennzahl Nutzen / Aufwand.

Tabelle 48: Typische Ausprägungen von Nutzen und Aufwand

Gerät	Nutzen	Aufwand	Einheit
Drucker	Anzahl der bedruckten Seiten	Gesamtenergiebedarf des Endgeräts	Gedruckte Seiten / kWh
Scanner	Anzahl der gescannten Seiten	Gesamtenergiebedarf des Endgeräts	Gescannte Seiten / kWh

Einen solchen Ansatz verfolgt Typical Electricity Consumption (TEC), die für Geräte wie z.B. Drucker und Faxgeräte einen Strombedarf in kWh / Woche angibt. Der Verbrauchswert wird über ein gerätespezifisches Nutzungsprofil und Messungen an den Geräten in verschiedenen Betriebszuständen bestimmt (Energy Star, 2005).

Bei anderen Endgeräten, wie z.B. Fat-Clients oder Laptops ist der Nutzen, die mit diesen Geräten geleistete Arbeit. Da diese Arbeit schwer zu messen ist, könnten hier Informationen zur Effizienz der Nutzung des entsprechenden Geräts nützlich sein. IKT-Endgeräte in der Büroumgebung sind nach (Köwener u. a., 2004) die meiste Zeit nicht in Betrieb (=aktive Nutzung). Auch der Energieverbrauch zeigt diese Aufteilung, wie Abbildung 11, darstellt:

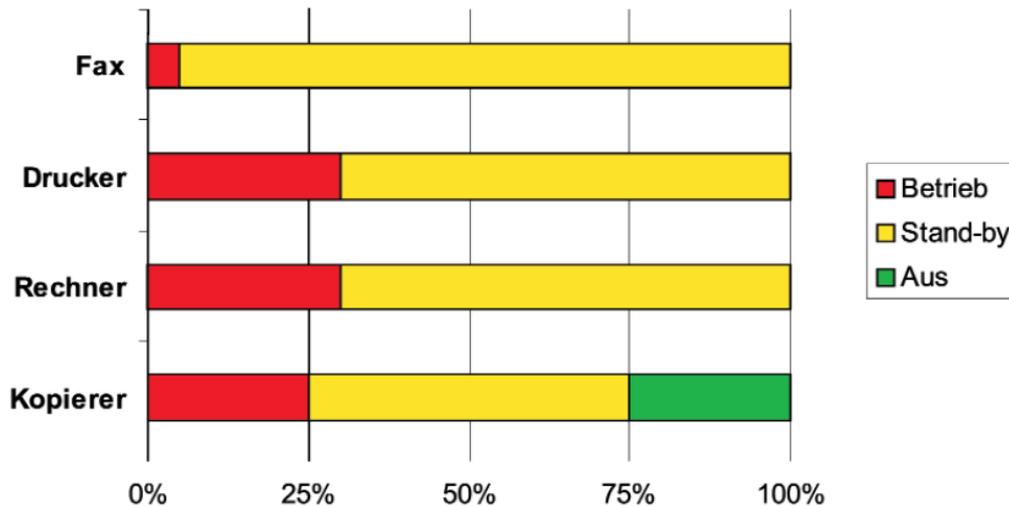


Abbildung 11: Energieverbrauch / Betriebszuständen (Köwener u. a., 2004)

Mit diesen Daten können entsprechende Kennzahlen gebildet werden. Tabelle 49 zeigt solche Kennzahlen.

Tabelle 49: Betriebskennzahlen zur Nutzungseffizienz für IKT-Endgeräte in der Büroumgebung

Kennzahl	Nutzen	Aufwand	Einheit
Nutzanteil	Energiebedarf während der aktiven Nutzungszeit	Gesamtenergiebedarf des Endgeräts	-
Leerlaufanteil	Energiebedarf während der Leerlaufzeit	Gesamtenergiebedarf des Endgeräts	-
Standby-Anteil	Energiebedarf während des Standbybetriebs	Gesamtenergiebedarf des Endgeräts	-

Ein wesentliches Problem dieser Kennzahlen ist der Datenschutz bei IKT-Endgeräten, die direkt einer Person bzw. einer sehr kleinen Personengruppe zugeordnet sind.

Rückkopplung mit den Partnern

In Arbeitstreffen, Workshops und Telefonaten wurde mit den Partnern über sinnvolle Kennzahlen diskutiert.

Aus Sicht der Partner lautet die wichtigste Kennzahl: Energieverbrauch pro Geschäftsprozess(-instanz) [kWh]. Dazu möchten sie Informationen über StandBy- bzw. Leerlaufverbrauch, peripheren Energieverbrauch und den direkten Energieverbrauch erhalten.

Der geschäftsprozessbezogene Energieverbrauch ist eine sinnvolle Kennzahl, allerdings nur in Verbindung mit Kennzahlen, die die Nutzungseffizienz der zugrunde liegenden IKT-Ressourcen beschreiben. Daher sollten folgende Kennzahlen mit berücksichtigt werden:

- RZ: Effizienz des IKT-Geräts und Infrastruktureffizienz (z.B. DCiE)
- Büroumgebung: IKT-Endgeräteeffizienz
- Netzwerk: Datentransfereffizienz der Router und Switches

Diese sehr allgemeinen Definitionen müssen für jeden Geschäftsprozess konkretisiert werden. Dies kann erst nach Abschluss der IKT-Ressourcenabgrenzung erfolgen und muss daher im weiteren Projektverlauf abgesprochen werden.

Literaturverzeichnis

Alimian, A., Nordman, B. & Kharitonov, D., 2010. Network and Telecom Equipment - Energy and Performance Assessment. Available at: <http://www.ecrinitiative.org/> [Zugegriffen September 11, 2012].

Beat Wellig, 2006. Wege aus der „Stromfalle“ in der Gebäudekühlung: Klima-kälteanlagen mit JAZ > 20, Zürich: Ernst Basler + Partner AG.

Bernard Aebischer, 1999. Veränderung der Elektrizitätskennzahlen im Dienstleistungssektor in der Stadt Zürich und im Kanton Genf, Zürich: Bundesamt für Energie Schweiz.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010. Energiemanagement in der Praxis – DIN EN 16001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen, Available at: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010. Grundsätze zur Vergabe des Umweltzeichens Blauer Engel.

Christian Belady, 2010. Carbon Usage Effectiveness (CUE): A Green Grid Data Center Sustainability Metric, The Green Grid.

Claudio Müller, 2008. Leistungszahlen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpen-systeme. , (1-2008). Available at: <http://www.reftec.ch/downloads/Leistungszahlen.pdf>.

Data Center Metrics Task Force, (DCMTF), 2011. Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency, Version 2 Measuring PUE for Data Centers,

DENA, 2012. Thema Energie: Das Energy-Star-Programm der EU. Available at: <http://www.thema-energie.de/strom/effizienzlabel/das-energy-star-programm-der-eu.html> [Zugegriffen September 11, 2012].

Energiesparverband O.Ö., Ökologische Betriebsberatung und Wirtschaftskammer O.Ö., 1997. Energiekennzahlen und -sarpotenziale für Bürogebäude, Available at: <http://www.win.steiermark.at/cms/dokumente/>.

Energy Star, 2005. ENERGY STAR Qualified Imaging Equipment Typical Electricity Consumption (TEC) Test Procedure.

EU Energystar, 2012. EU ENERGY STAR - Kennzeichnung für Stromsparende Bürogeräte [DE]. Available at: <http://www.eu-energystar.org/de/index.html> [Zugegriffen September 11, 2012].

IKET, 2010. Pohlmann - Taschenbuch der Kältetechnik: Grundlagen, Anwendungen, Arbeitstabellen und Vorschriften 20., überarbeitete und erweiterte Aufl., Vde-Verlag.

Klima-Innovativ e.V., Definiton der Jahresarbeitszahl, Available at: www.jahresarbeitszahlen.info.

Köwener, D., Böde, U. & Renner, G., 2004. Bürogebäude - viel sparen mit weniger Strom, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.

Kütz, M., 2011. Kennzahlen in der IT, dpunkt.verlag.

Mark Blackburn, 2010. The Green Grid Data Center Compute Efficiency Metric: DCcE,

Michael Patterson, 2011. Water Usage Effectiveness (WUE): A Green Grid Data Center Sustainability Metric, The Green Grid.

Mike Patterson, 2010. ERE: A Metric For Measuring The Benefit Of Reuse Energy From A Data Center, The Green Grid.

Newcombe, L., 2006. Data center energy efficiency metrics, BSC.

SNIA, 2009. SNIA Green Storage Power Measurement Technical Specification.

Spirent, 2011. Green Test Global Services.

Wilkens, M., Drenkelfort, G. & Dittmar, L., 2012. Bewertung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen zur Beschreibung der Energieeffizienz von Rechenzentren, TU Berlin.

Zarnekow, R., 2007. Produktionsmanagement von IT-Dienstleistungen: Grundlagen, Aufgaben und Prozesse 1. Aufl., Springer Berlin Heidelberg.

2.3.3 Energiemonitoring von IKT-Systemen – Periphere Energiebedarfe

Einleitung

Der Stromverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik betrug 2007 rund 55,4 TWh. Abbildung 12 zeigt die Aufteilung des IKT-Strombedarfs. Wie in Abbildung 13 dargestellt, steigt der Stromverbrauch im IKT-Bereich jährlich. Zur Reduzierung des Stromverbrauches können periphere Energieverbräuche minimiert werden. In diesem Kapitel wird dieser für die Bereiche Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerk genauer untersucht.

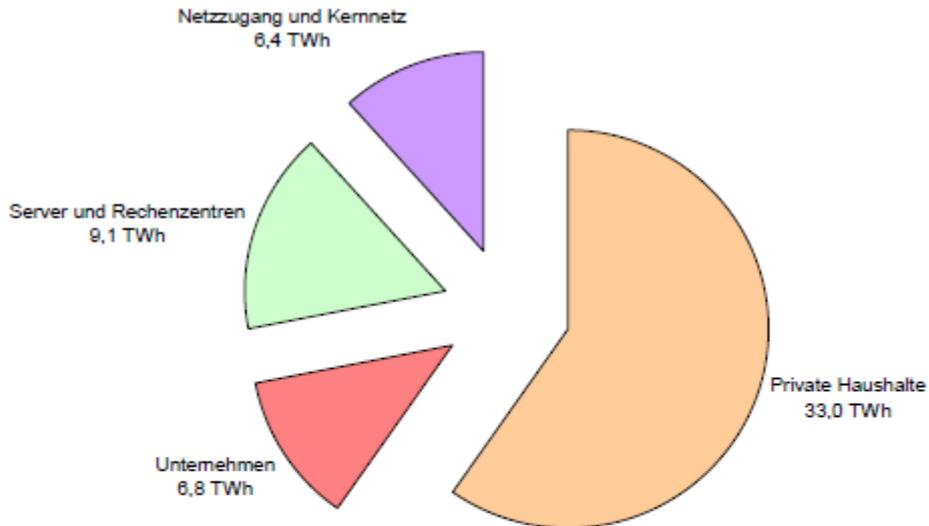


Abbildung 12: Gesamter Strombedarf für IKT im Jahr 2007: 55,4 TWh (Stobbe u. a., 2009)

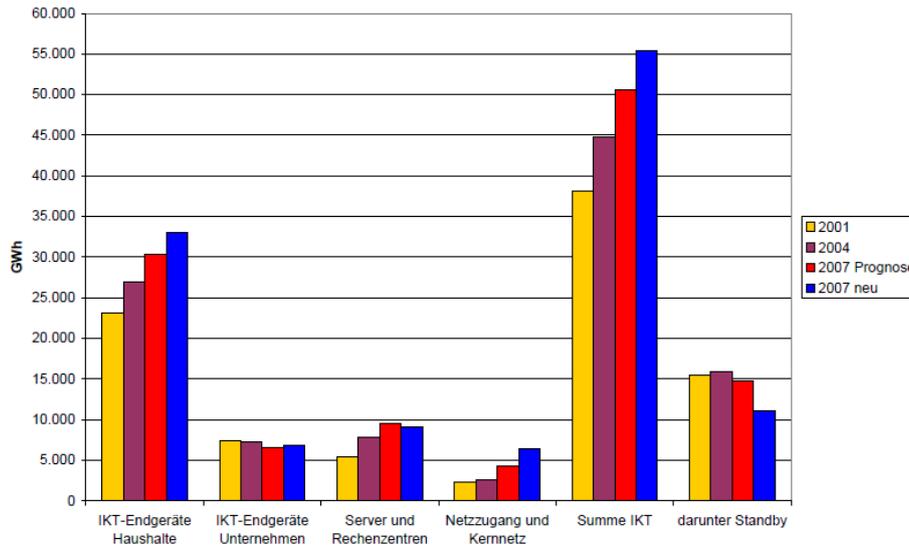


Abbildung 13: Energiebedarf für IKT in Deutschland (Stobbe u. a., 2009)

Der Energiebedarf der IKT kann in direkten und peripheren (indirekten) Energiebedarf eingeteilt werden. Der direkte Energiebedarf entspricht dem Strombedarf, die die IKT-Komponenten zu ihrem Betrieb direkt benötigen. Der periphere Energiebedarf entspricht der Energie, die zusätzlich zur direkten Energie für die Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs der IKT benötigt wird. Dies muss nicht zwangsläufig nur elektrische Energie sein, sondern kann auch thermische Energie sein. So kann z.B. ein Kühlsystem mit einer Absorptionskälteanlage thermische Energie als Antriebsenergie nutzen. Weitere Energieformen, wie z.B. Strom fallen hier auch für die weiteren Komponenten wie Lüfter und Pumpen an.

Es wird zunächst für die Bereiche Rechenzentrum, Büro und Netzwerk der Begriff „ordnungsgemäßer Betrieb“ näher erläutert. Im Anschluss werden die Auswirkungen der damit verbundenen Maßnahmen auf den Energieverbrauch geklärt und analysiert.

Ordnungsgemäßer Betrieb von IKT-Komponenten im Allgemeinen

Um IKT-Komponenten betreiben zu können, benötigen sie Strom. Die IKT-Komponenten bestehen aus Halbleitern und elektrotechnischen Bauteilen, die bestimmte Anforderungen an die Umgebungsbedingungen, wie Temperatur und Luftfeuchte, stellen. Da die Komponenten für einen Betrieb unter „Alltagsbedingungen“ ausgelegt sind, stellt das Einhalten dieser Anforderungen bei nicht zu hoher Leistungsdichte keine große Herausforderung dar (Bürobetrieb). Bei höheren Leistungsdichten, wie sie in Rechenzentren und ggf. auch in Netzwerkräumen relevant sind, ist dies anders. In Rechenzentren ohne Kühlsystem kann die Temperatur schnell auf Werte über 50 bzw. 60°C steigen. Dieses Temperaturniveau erlaubt keinen ordnungsgemäßen Betrieb der Hardware mehr. Darüber zählen auch die Verluste entlang der Versorgungskette der elektrischen Energie bis zu den IKT-Komponenten als periphere Energiebedarfe. Dies sind z.B. die Verluste des Trafos und der USV in Rechenzentren, aber auch die Verluste der einzelnen Netzteile der IKT-Endgeräte.

Gegenstand der Betrachtung dieses Kapitels sind nur periphere IKT-Energiebedarfe. Weitere Energiebedarfe, wie z.B. die Beleuchtung in Büros, werden nicht betrachtet.

Ordnungsgemäßer Betrieb von IKT-Komponenten im Rechenzentrum

Aufgrund der Leistungsdichte in mittleren und großen Rechenzentren kann das Einhalten eines definierten Temperaturbereichs ohne zusätzliche Anlagen zur Klimatisierung nicht

garantiert werden (Schaefer u. a., 2008). Weiterhin können beispielsweise erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen an das Rechenzentrum eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und/oder eine Netzersatzanlage zum Betrieb des Rechenzentrums auch bei Ausfall des Stromnetzes erfordern. Außerdem führen erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen auch dazu, dass die Klimatisierung redundant ausgelegt werden muss. Diese zusätzlichen Anlagen laufen oft permanent, um die Ausfallsicherheit zu erhöhen. Somit dienen sie dem ordnungsgemäßen Betrieb des Rechenzentrums und zählen daher zum peripheren Energiebedarf desselben.

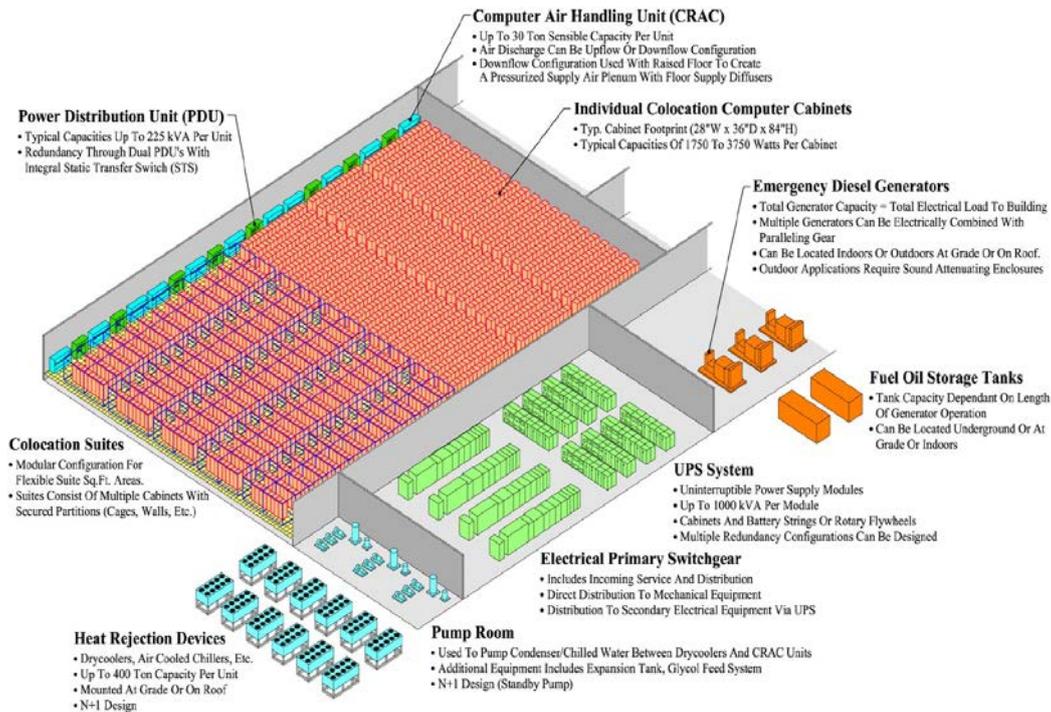


Abbildung 14: Aufbau eines großen Rechenzentrums (Barroso & Hölzle, 2009)

Ordnungsgemäßer Betrieb von IKT-Komponenten in der Büroumgebung

In der Büroumgebung können als periphere Energieverbräuche prinzipiell wieder die Klimatisierung (falls die IKT-Endgeräte in einem klimatisierten Büro untergebracht sind) und die USV betrachtet werden. USV sind in der Büroumgebung unüblich. Die quantitative Bestimmung dieser Bedarfe ist schwierig, weil neben den IKT-Endgeräten im Büro noch andere Wärmequellen (z.B. Sonneneinstrahlung) relevant sind und somit der Anteil IKT-Endgeräte Gesamtaufwand der Klimatisierung messtechnisch nicht oder nur sehr schwer zu erfassen ist.

Ordnungsgemäßer Betrieb von IKT-Komponenten im Netzwerk

Auch für das Netzwerk können wieder die Klimatisierung und die USV als peripherer Energieverbrauch betrachtet werden. Wie bei der Büroumgebung ist die quantitative Bestimmung schwierig.

Quantifizierbarkeit der peripheren Energiebedarfe für die Bereiche Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerkumgebung

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick darüber, wo in den funktionalen Systemen der drei betrachteten Bereiche Rechenzentrum, Büroumgebung und Netzwerkumgebung periphere Energieverbräuche auftreten. Des Weiteren werden die Einflussfaktoren auf die Höhe des peripheren Energieverbrauches aufgezeigt und die Quantifizierbarkeit beurteilt.

Die Quantifizierung der Netzteilverluste ist für ein einzelnes Netzteil bei bekanntem Nutzungsprofil gut möglich. Wenn allerdings viele Endgeräte mit verschiedenen Netzteilen zu betrachten sind, ist die Erfassung mit einem höheren Aufwand verbunden, weshalb die Quantifizierbarkeit als mittelmäßig eingestuft wird.

Tabelle 50: Überblick über die peripheren Energieverbräuche in RZ-, Büro- und Netzwerkkumgebung

Bereich	Funktionales System	Peripherer Energieverbrauch	Einflussfaktoren auf den peripheren Energieverbrauch	Quantifizierbarkeit
Rechenzentrum	Stromversorgung	Notstromversorgung	Anzahl der Testbetriebe (vorgeschrieben?), Anzahl der Einsätze, Stromverbrauch im „Standby“, Redundanz	gut
		Transformatoren	Wirkungsgrad	sehr gut
		USV	Dimensionierung/Redundanz, Wirkungsgrad bei geringer Auslastung, Auslastung	gut
		PDU's	PDU-Standard	gut
		Netzteile	Wirkungsgrad bei geringer Auslastung, Auslastung, Redundanz	mittelmäßig
		Leitungsverluste	Länge der Leitungen, Blindstromkompensation, Redundanz	gut
	Klimatisierung	Kälteanlage	Möglichkeit der freien Kühlung, Auslastung/Dimensionierung, Wirkungsgrad im Teillastbetrieb	gut
		Pumpen	Kühllast	gut
		Wärme-Abtransport aus Serverraum (Lüfter der ULK oder Split-Geräte)	Serverraumtemperatur, Drehzahlreglung der Lüfter, Abstimmung der Geräte aufeinander bzgl. der Regelung (läuft ein ULK voll und alle anderen sind aus oder laufen alle auf halber Drehzahl), Möglichkeit der direkten freien Kühlung, Redundanz/Dimensionierung	gut
		IKT	Standby-Verluste	Nutzerverhalten, Auslastung der IKT
	Sonstiges	Beleuchtung, Brandschutzanlage etc.	vernachlässigbar	gut
Büroumgebung	Stromversorgung	USV (falls vorhanden)	Dimensionierung, Auslastung	gut
		Netzteile	Wirkungsgrad bei geringer Auslastung, Auslastung	mittelmäßig
		Leitungsverluste	Länge der Leitungen	gut
		Klimatisierung	Branche, Nutzerverhalten	Außerhalb von Serverräumen schlecht
	IKT	Standby-Verluste	Nutzerverhalten, Auslastung der IKT	schlecht
Netzwerkkumgebung	Stromversorgung	USV (falls vorhanden)		gut
		Netzteile		mittelmäßig
		Klimatisierung	Kälteanlage (falls vorhanden)	Möglichkeit der Freien Kühlung, Auslastung/Dimensionierung, Wirkungsgrad im Teillastbetrieb
		Wärmeabtransport aus Serverraum (Lüfter der	Serverraumtemperatur, Drehzahlreglung der	schlecht

		ULK oder Split-Geräte) (falls vorhanden)	Lüfter, Abstimmung der Geräte aufeinander bzgl. der Regelung (läuft ein ULK voll und alle anderen sind aus oder laufen alle auf halber Drehzahl), Möglichkeit der direkten freien Kühlung, Redundanz/Dimensionierung	
--	--	---	--	--

Peripherer Energieverbrauch im Rechenzentrum

Der Energiebedarf eines Rechenzentrums teilt sich je nach Auslegung der Gebäudetechnik und Auslastung der IT recht unterschiedlich auf. Das in Abbildung 15 dargestellte Rechenzentrum benötigt für das IT-Equipment nur rund 30% des Gesamtenergiebedarfes des Rechenzentrums. 69% der Energie des Rechenzentrums werden daher für periphere Energieverbraucher der Strom-versorgung als auch für die Klimatisierung genutzt.

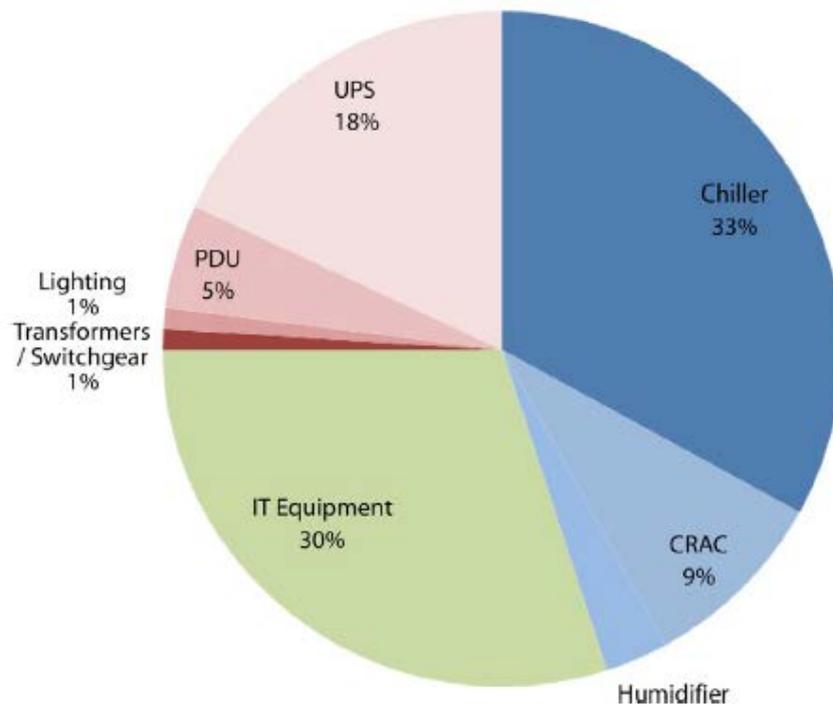


Abbildung 15: Aufteilung des Energieverbrauches in einem Rechenzentrum (Barroso & Hölzle, 2009)

Andere Rechenzentren können einen unterschiedlich aufgeteilten Energiebedarf aufweisen. So kann, wie in Abbildung 5 dargestellt, die Energie des IT-Equipments 65% des Gesamtenergiebedarfes einnehmen, nur 34% der Gesamtenergie des Rechenzentrums werden für periphere Bereiche verwendet.

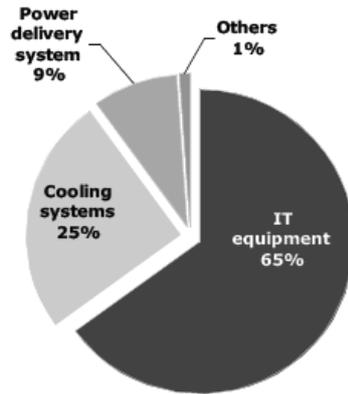


Abbildung 16: Anteile der Energiebedarfe der Teilbereiche / funktionalen Systeme am Gesamtenergiebedarf eines RZ (Dittmar & Schaefer, 2009)

Stromversorgung

Zur Stromversorgung gehören der Anschluss (bei Redundanz mehrere) des Energieversorgers, Transformatoren, eine unterbrechungsfreie Stromversorgung die Stromverteilung inklusive der Power Distribution Units (PDU) in den Serverschränken sowie eine Notstromversorgung bzw. Netzersatzanlage (NEA) für den Fall einer Unterbrechung der Stromversorgung (Dittmar & Schaefer, 2009).

Die Transformatoren sorgen für die adäquate Spannungsversorgung des Rechenzentrums. Die USV stellt eine unterbrechungsfreie Stromversorgung des empfindlichen IT-Equipments sicher und sorgt für den Ausgleich möglicher Spannungsschwankungen. Im Falle eines Stromausfalles übernimmt die Batterie der USV für einen Moment die Stromversorgung, bis sich die Netzersatzanlage (zumeist Dieselgeneratoren) zuschaltet. Diese übernimmt die Stromversorgung für den weiteren Betrieb oder für das geregelte Herunterfahren der Server. Zur Stromverteilung gehören neben den Verteilungsleitungen die PDUs in den IT-Racks. Dies sind Strom-Verteilerleisten, an denen, je nach Ausstattung der Leisten, die Leistung der Racks bzw. der einzelnen Server ausgelesen werden kann. Werden diese Daten automatisiert in regelmäßigen Abständen aufgenommen und in ein Monitoring-System integriert, kann gezielt auf die jeweilige Auslastung der Server eingegangen werden, so zum Beispiel durch die Regelung der Klimatisierung in Abhängigkeit der IT-Auslastung oder durch die Erhöhung der Leistungsdichte durch Virtualisierung (Schaefer u. a., 2008).

Abbildung 17 zeigt beispielhaft einen Aufbau der Stromversorgung in einem Rechenzentrum. Der Generator steht dabei für die Notstromversorgung.

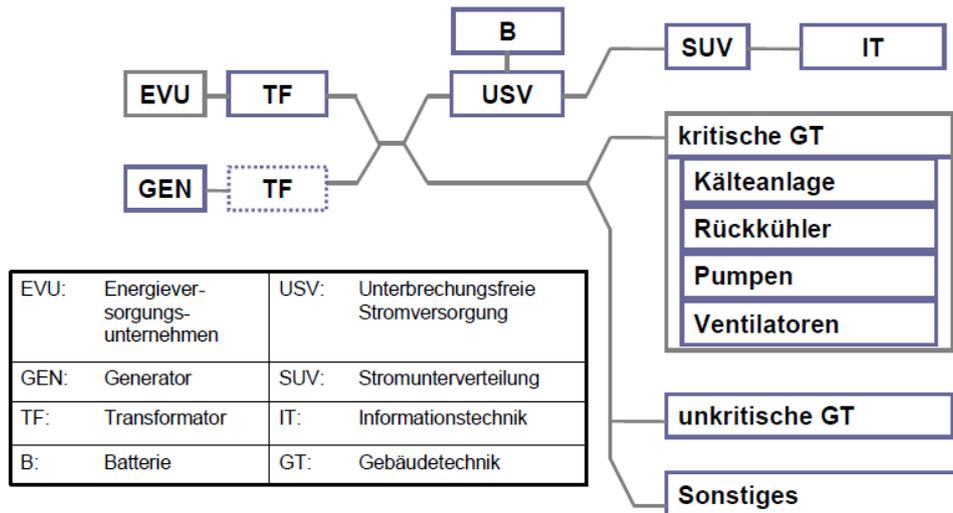


Abbildung 17: Typischer Aufbau der elektrischen Energieversorgung in einem Rechenzentrum (Schaefer u. a., 2008)

Ein peripherer Verbraucher im Bereich der Stromversorgung ist die Netzersatzanlage, also Dieselgeneratoren, die im Falle einer Unterbrechung der Stromversorgung diese übernehmen. Die Generatoren müssen regelmäßig einem Testbetrieb unterzogen werden. Zudem muss der Diesel für möglichst kurze Anlaufzeiten ständig auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden.

Über Transformatoren wird die elektrische Energie in das Rechenzentrum geleitet. Meist werden effiziente Trockentransformatoren eingesetzt (dry-type Distribution Transformer). Diese weisen Wirkungsgrade zwischen 96 und 99% auf (Eaton Powerware, 2007). Herstellerangaben beziehen sich dabei meist auf die volle Auslastung des Transformators. In Rechenzentren sind Transformatoren aber nur selten bis nie voll ausgelastet. Daher ist vor allem der Verlauf des Wirkungsgrades bei geringerer Auslastung (je nach Auslastung des Rechenzentrums) von Bedeutung. Ein qualitativer Verlauf des Wirkungsgrades wird in Abbildung 18 dargestellt. Dabei entspricht die schwarze Kurve dem Wirkungsgradverlauf eines Trockentransformators. Die rote Kurve entspricht älteren Transformatortechnologien.

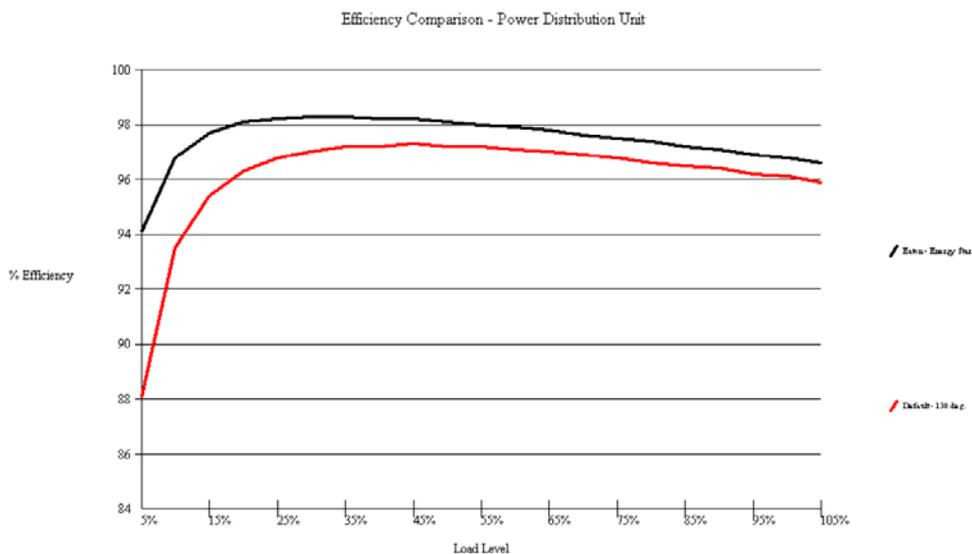


Abbildung 18: Verlauf des Wirkungsgrades von Transformatoren (Eaton Powerware, 2007)

Im Bereich der Stromversorgung treten des Weiteren Verluste vor allem an der USV, den PDUs sowie an den Servernetzteilen auf.

Lastkurven von unterbrechungsfreien Stromversorgungen sind in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt.

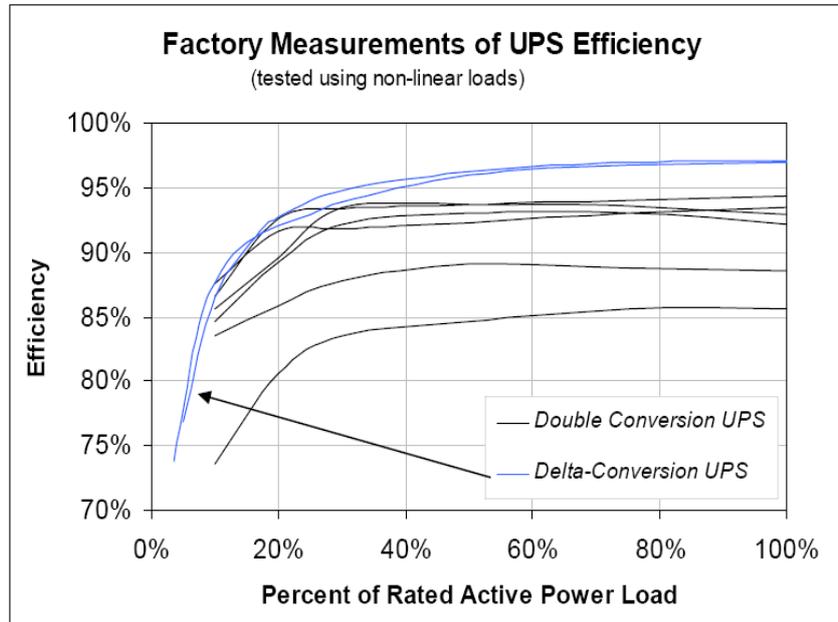


Abbildung 19: Lastkurven verschiedener USV (Sawyer, 2007)

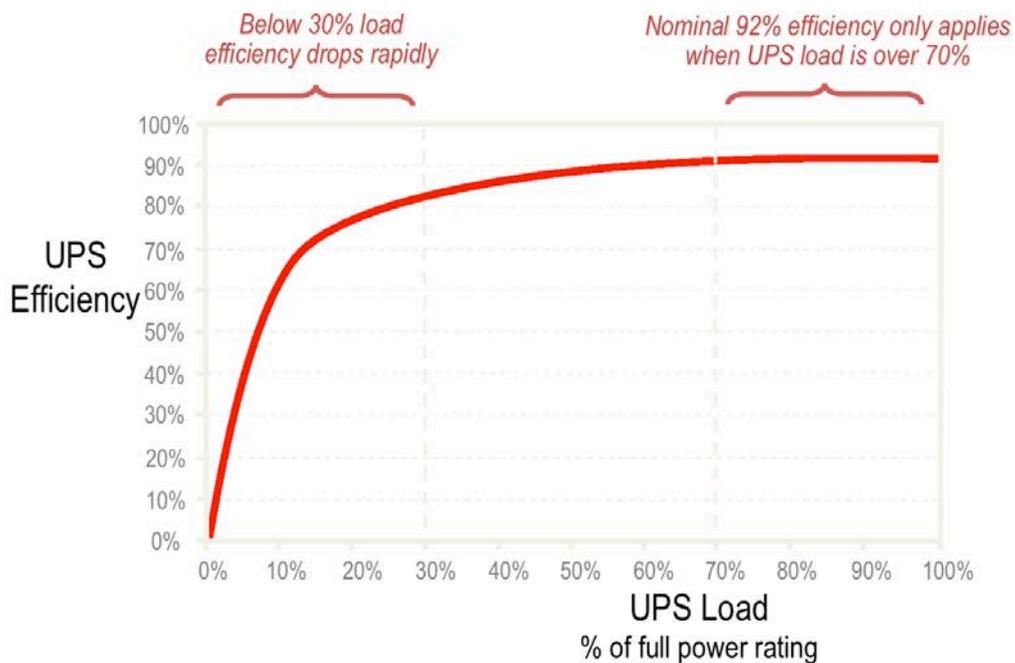


Abbildung 20: Typische Lastkurve einer USV (Sawyer, 2007)

Die Energieverteilung im Serverraum über PDU-Leisten veranschaulicht Abbildung 21.

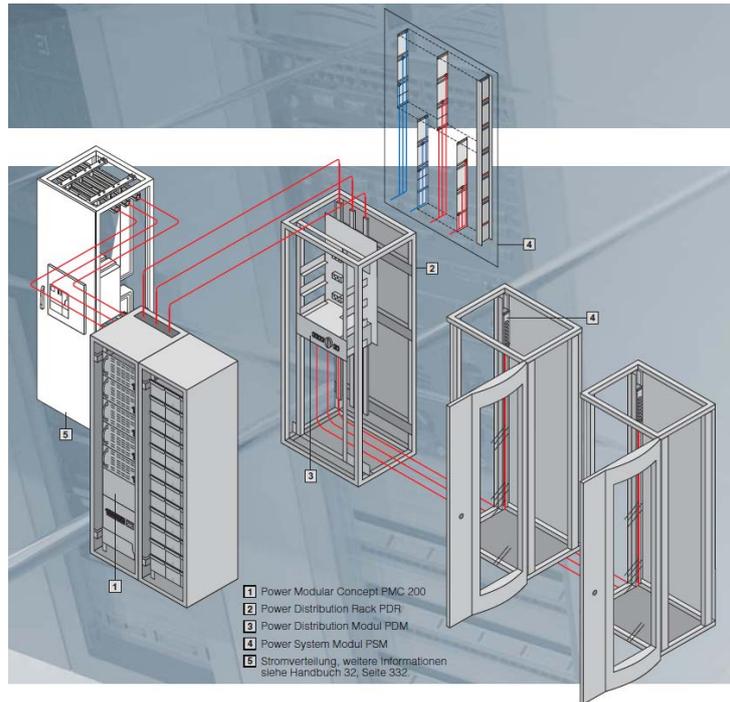


Abbildung 21: Energieverteilung im Serverraum, Power Distribution Units (Rittal, 2009)

Abbildung 22 zufolge beträgt der Anteil des Energiebedarfes von PDUs rund 5% am Gesamtenergiebedarf eines Rechenzentrums.

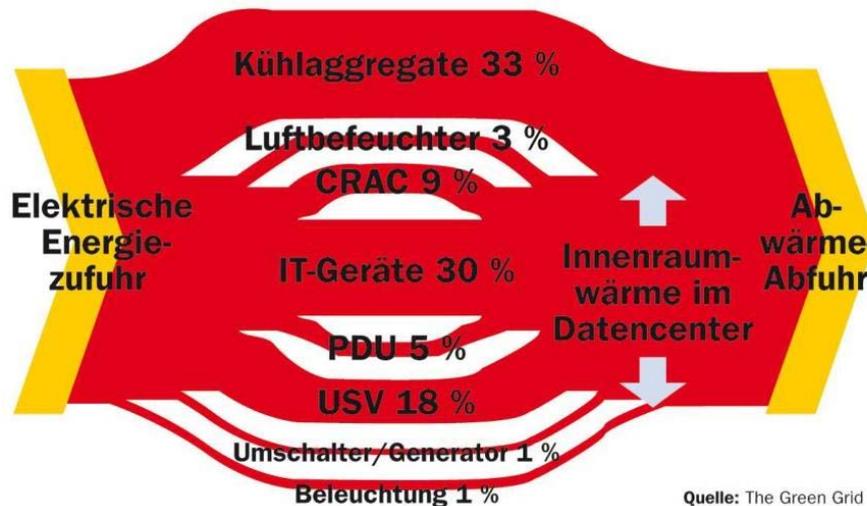


Abbildung 22: Verluste in einem typischen Rechenzentrum, PDU-Verluste betragen 5% (Computerwoche, 2007)

Abbildung 23 zeigt die Lastkurven verschiedener Servernetzteile. Bei einer Auslastung kleiner als 30% sinkt der Wirkungsgrad eines Netzteiltes in der Regel schnell ab. Ab einer Auslastung von ca. 80% sinkt die Effizienz wieder geringfügig. Im Bereich dazwischen erreichen die Netzteilte ihren höchsten Wirkungsgrad. Der durchschnittliche Wirkungsgrad eines Servernetzteiltes liegt Abbildung 23 zufolge bei rund 75%.

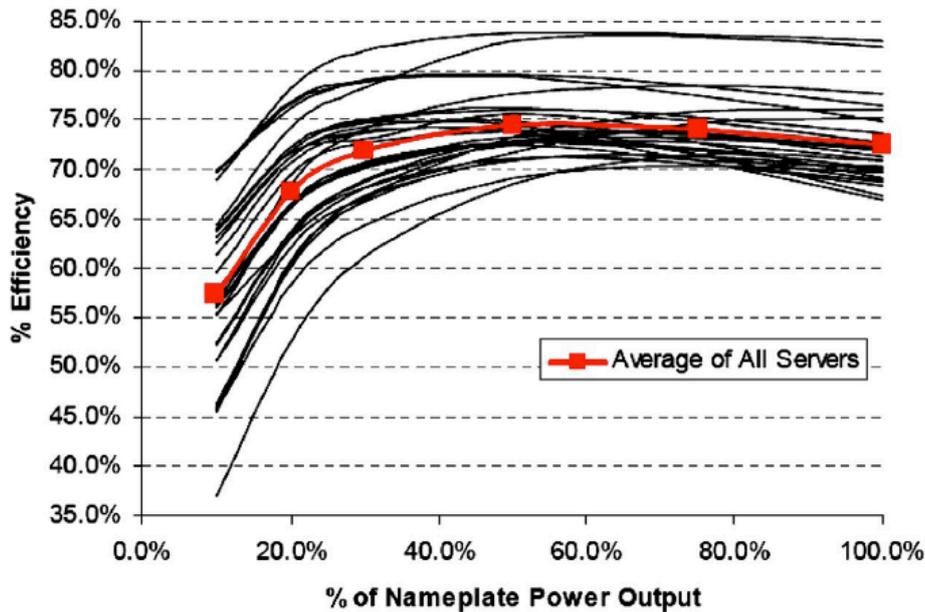


Abbildung 23: Lastkurven verschiedener Server-Netzteile (Barroso & Hölzle, 2009)

Zu den peripheren Energieverbräuchen durch die Stromversorgung müssen auch die Leitungsverluste an sämtlichen Stromleitungen gezählt werden. Diese können in Abhängigkeit vom eingesetzten Material, vom Leitungsquerschnitt sowie der Länge der verwendeten Stromleitung, der Netzspannung und der angeschlossenen Gesamtleistung, wie folgt berechnet werden:

Zunächst muss der Widerstand der Stromleitung R_L berechnet werden.

$$R_L = \rho * \frac{l}{A}$$

ρ – spezifischer Widerstand der Leitung in Abhängigkeit des Materials der Leitung in $\Omega * \text{mm}^2/\text{m}$

l – Länge der Leitung in m

A – Querschnitt der Leitung in mm^2

Im nächsten Schritt muss der Widerstand des angeschlossenen Verbrauchers R_V ermittelt werden. Dazu kann die Nennlast des Verbrauchers verwendet werden.

$$R_V = \frac{U^2}{P}$$

U – Netzspannung in V

P – Nennleistung des Verbrauchers in W

Der Gesamtwiderstand R_{ges} des Stromkreises setzt sich aus dem zweifachen Widerstand der Stromleitung (Hin- und Rückweg) sowie dem Widerstand des Verbrauchers zusammen.

$$R_{ges} = 2 * R_L + R_V$$

Mithilfe des Gesamtwiderstandes des Stromkreises und des ohmschen Gesetzes kann die vorherrschende Stromstärke I berechnet werden.

$$I = \frac{U}{R_{ges}}$$

Mit der Stromstärke kann nun die Spannung an der Stromleitung U_L berechnet werden.

$$U_L = R_L * I_{ges}$$

Die Verlustleistung P_V an der Stromleitung berechnet sich nun aus

$$P_V = 2 * U_L * I_{ges}$$

Da die Verlustleistung sowohl auf dem Hinweg zum Verbraucher als auch auf dem Rückweg vom Verbraucher im Stromkreis auftritt, muss diese, wie in der Gleichung gezeigt, verdoppelt werden.

Die Leitungsverluste werden durch Blindleistungen im Wechselstromsystem zusätzlich erhöht. Um unnötige Stromkosten zu vermeiden, Leitungsquerschnitte kleiner sowie Transformatoren und Schalter kleiner gestalten zu können, sollte für eine Blindstromkompensation gesorgt werden. Nicht zuletzt kann durch eine Blindstromkompensation der Brennstoffeinsatz in Kraftwerken reduziert werden (Stadtwerke München, 2004).

Blindstrom bzw. Blindleistung entsteht durch induktive Verbraucher und dient zur Erzeugung elektrostatischer oder elektromagnetischer Felder. Diese Felder bauen sich im Wechselstromsystem kontinuierlich auf und ab. Die elektrische Energie pendelt daher zwischen Erzeuger und Verbraucher hin und her. Mittels eines speziellen Energiezählers wird die auftretende Blindenergie erfasst. Ein nach der Höhe der auftretenden Blindleistung ausgelegter kapazitiver Verbraucher, der parallel zugeschaltet wird, wirkt mit seinem kapazitiven Blindstrom dem induktiven Blindstrom entgegen. In der Blindleistungskompensationsanlage können je nach auftretender Belastung durch Blindstrom Kondensatoren hinzu- oder abgeschaltet werden.

Klimatisierung

Der Bereich der Klimatisierung umfasst die Kälteanlage (meist Kompressionskälteanlage), den Kaltwassersatz zur Übertragung der Abwärme aus dem Serverraum an die Kälteanlage, die Klimatisierung der Server bzw. des Serverraumes (zum Beispiel über Umluftklimageräte) sowie sämtliche Pumpen, Lüfter, Rohre und Rückkühler (Hintemann u. a., 2010). Andere Systeme, wie zum Beispiel die direkte Abführung der Abwärme aus dem Serverraum an die Außenluft über Splitgeräte, sind ebenfalls denkbar.

Neben der Übertragung der Abwärme der IT über einen Kaltwassersatz an einer Kompressionskälteanlage werden auch Freikühlermodule eingesetzt. Hier wird die Abwärme über einen Kaltwassersatz und Rückkühler direkt an die Außenluft übertragen (indirekte freie Kühlung). Zum Teil sind Technologien im Einsatz, bei denen die kalte Außenluft zur Kühlung direkt in den Serverraum geleitet wird (direkte freie Kühlung). Die Einsatzhäufigkeit der freien Kühlung ist stark von der Außenlufttemperatur am Standort des Rechenzentrums sowie der angestrebten Temperatur im Serverraum abhängig. Bei der partiellen freien Kühlung übernimmt das Freikühler-Modul nur einen Anteil der Kühllast, dessen Größe von der momentanen Außenlufttemperatur bestimmt wird. Der Rest der Kühllast wird durch die Kälteanlage abgeführt.

Im Serverraum selbst trägt unter anderem die Einhausung der Racks zu einer Verbesserung der Effizienz bei. Diese verhindern die Vermischung warmer und kalter Luftströme bei der Klimatisierung. Abbildung 24 zeigt den beispielhaften Wärmetransport in einem Rechenzentrum. CRAC steht dabei für Computer Room Air Conditioner und bezeichnet ein Umluftklimagerät.

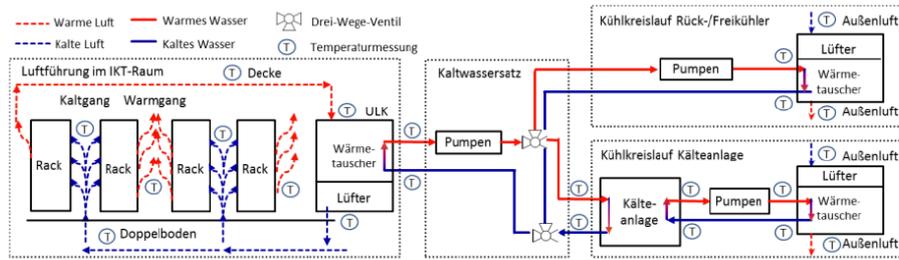


Abbildung 24: Schematischer Ablauf des Wärmetransportes in einem Rechenzentrum (Informatik-Paper: Schödwell u. a., 2012)

Energieverbraucher der Klimatisierung sind vor allem der Kompressor bei einer Kompressionskälteanlage, Rückkühler, Pumpen des Kaltwassersatzes sowie die Lüfter in Umluftklimageräten der Serverräume.

Die Kälteanlage wird in Abhängigkeit der Kühllast ausgelegt, die in allen Kühlzonen maximal gleichzeitig auftreten kann und unter Berücksichtigung der zu erwartenden Außentemperaturen. Werden große Lastschwankungen oder nur selten die volle Auslastung der Kälteanlage erwartet, wird die Kälteanlage in Teillast betrieben. Dargestellt werden im Folgenden die wesentlichen Komponenten von Kompressionskälteanlagen. Für weitere Anlagentypen wie z.B. Absorptionskältemaschinen wird auf Spezialliteratur wie z.B. (IKET, 2010) verwiesen.

Abbildung 25, Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen das Teillastverhalten eines Turboverdichters, eines Schraubenverdichters und eines Hubkolbenverdichters (Schramek u. a., 2006). Der Verlauf der Kühlleistung ist bei diesen drei Verdichterarten annähernd gleich.

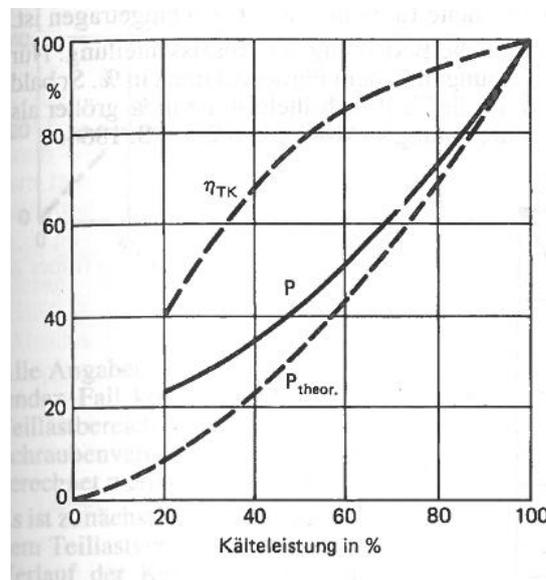


Abbildung 25: Teillastverhalten eines Turboverdichters (Schramek u. a., 2006)

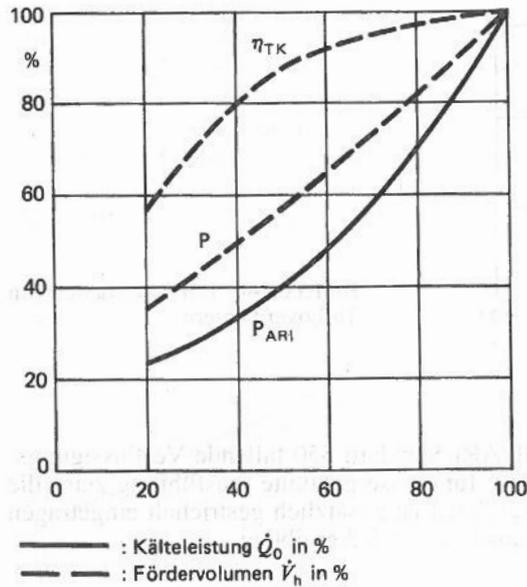


Abbildung 26: Teillastverhalten eines Schraubenverdichters (Schramek u. a., 2006)

Für die Effizienz von Kälteanlagen als periphere Verbraucher der IT gilt allgemein auch, dass die Leistungszahl steigt, je geringer die Verflüssigungstemperatur bei gleichbleibender Verdampfungstemperatur ist. Dies verdeutlicht Abbildung 27 anhand eines Kaltdampf-Hubkolbenverdichters. Um die Funktion der Anlage jedoch zu gewährleisten, sind der Absenkung der Verflüssigungstemperatur Grenzen gesetzt.

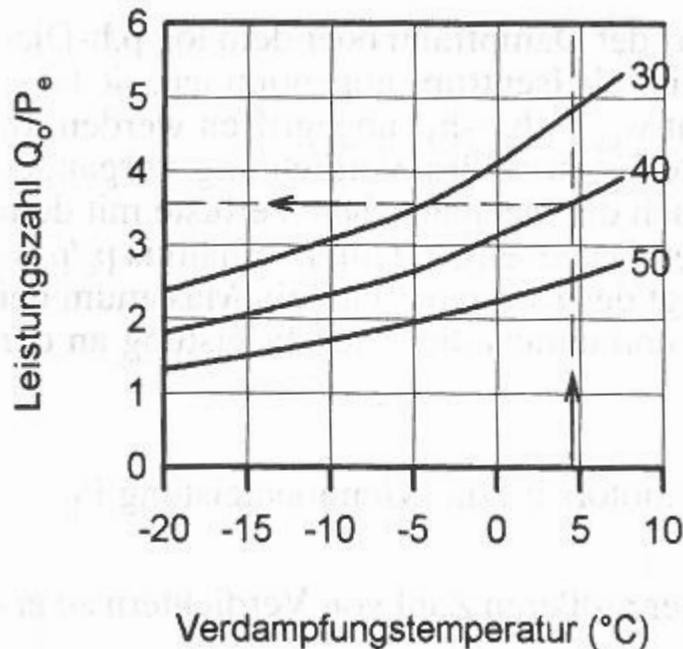


Abbildung 27: Betriebsverhalten von Kaltdampf-Hubkolbenverdichtern mit Kältemittel R 404 A (Schramek u. a., 2006)

Nach (Schramek u. a., 2006) gilt, dass es oft effizienter ist, zwei Flüssigkeitskühler parallel mit Teillast zu betreiben als nur einen davon mit Vollast.

Zu den peripheren Energieverbräuchen gehört zudem der Energieverbrauch aller Pumpen im Kühlsystem. Abbildung 28 zeigt die Leistungskennlinie einer stufenlosen Drehzahlregelung

bei konstanter Förderhöhe einer Pumpe als Bestandteil einer Heizungsanlage. Der Verlauf der Kennlinie in einem Kühlsystem ist ähnlich.

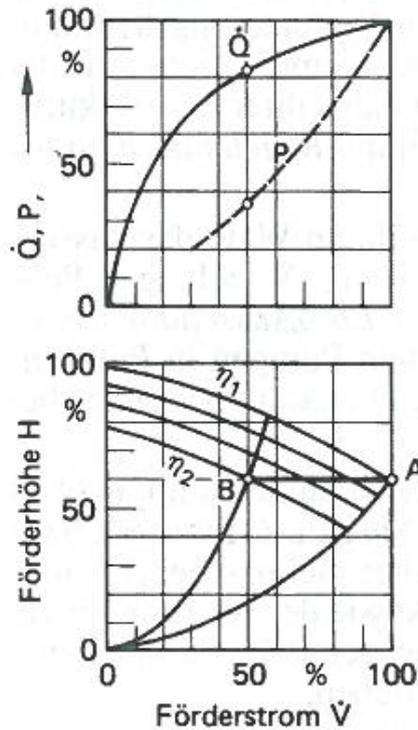


Abbildung 28: Stufenlose Drehzahlregelung bei konstanter Förderhöhe H
(P – Leistungsaufnahme, Q – Wärmeleistung)
(Schramek u. a. 2006)

Zumeist werden in der Gebäudetechnik Radialpumpen eingesetzt. Abbildung 29 zeigt sowohl den Verlauf des Wirkungsgrades als auch eine Lastkurve einer Radialpumpe.

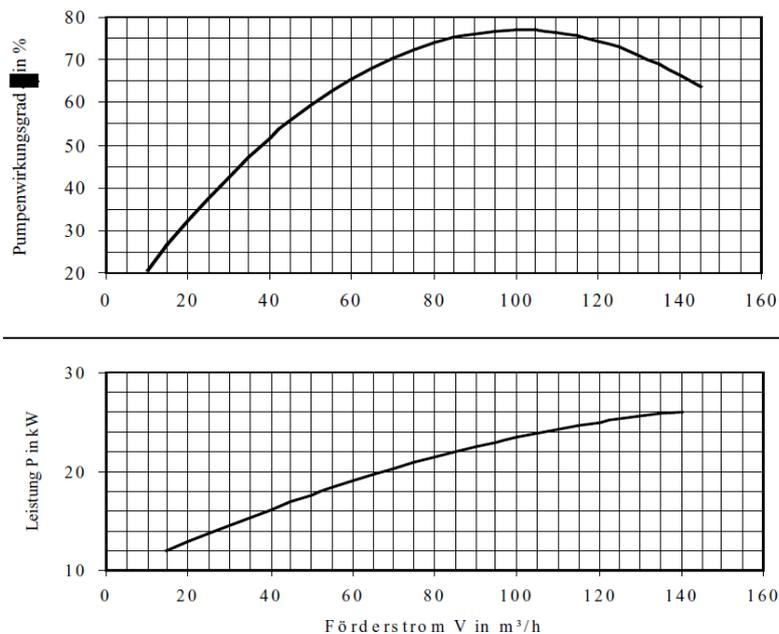


Abbildung 29: Typische Lastkurve und der Verlauf des Pumpenwirkungsgrades eines Radiallüfters
(FH Wolfenbüttel 2004)

Für die Berechnung des Volumestromes zu einer bestimmten Drehzahl gilt folgende Gleichung.

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Die Leistung zu einer bestimmten Drehzahl eines Radiallüfters kann wie folgt berechnet werden.

$$\frac{P_{n1}}{P_{n2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Des Weiteren haben die Lüfter in Umluftklima- oder Splitgeräten, die dem Abtransport der Server-Abwärme aus dem Serverraum dienen, einen Anteil am peripheren Energieverbrauch (Schramek u. a., 2006).

Standby-Verluste der IKT

Einen großen Anteil am peripheren Verbrauch im Rechenzentrum haben die Wärmeverluste der Server, des Storage und der Netzwerke, wenn diese sich im Idle-State befinden. Obwohl die Standby-Verluste nicht zu den peripheren Energiebedarfen zählen, fällt durch sie peripherer Energiebedarf an, da auch bei keiner Auslastung die Geräte elektrische Energie benötigen und daraus Abwärme erzeugen. Abbildung 30 bis Abbildung 33 zeigen repräsentativ Lastkurven verschiedener Server-Prozessoren aus dem spec-power-Benchmark (SPEC, 2012). Dabei wird deutlich wie hoch der Energiebedarf im Idle-State gerade bei älteren Servern (vor 2011) ist. Rund 50% der Leistung, die bei voller Auslastung benötigt wird, verbrauchen viele Server schon im Standby-Betrieb. Bei Servern, die ab 2012 erhältlich waren, lag die Leistung im Standby-Betrieb nur noch bei ca. 20%⁴.



Abbildung 30: Acer Incorporated AT 110 F1 (Dezember 2009)



Abbildung 31: Dell Inc Power Edge 2950 III (Intel Xeon E5440) (März 2008)

⁴ Zu beachten ist hierbei, dass der SPEC-Powerbenchmark bisher nur die CPU-Auslastung berücksichtigt; ein neuer Standard, der auch Speicher und Festplatten mit in die Bewertung aufnehmen soll, SPEC SERT, wird entwickelt (Spec, 2012).

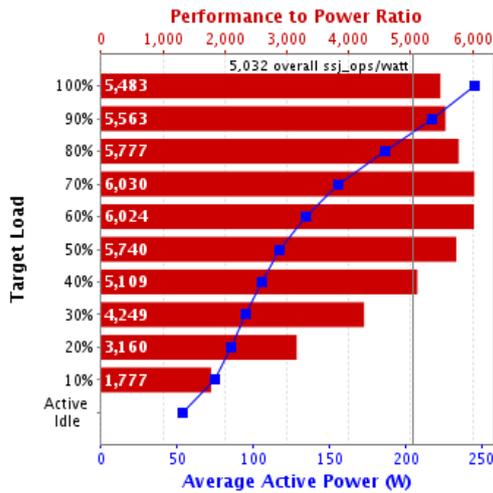


Abbildung 32: Fujitsu Primergy RX300 S7 (Intel Xeon E5 2660) (April 2012)

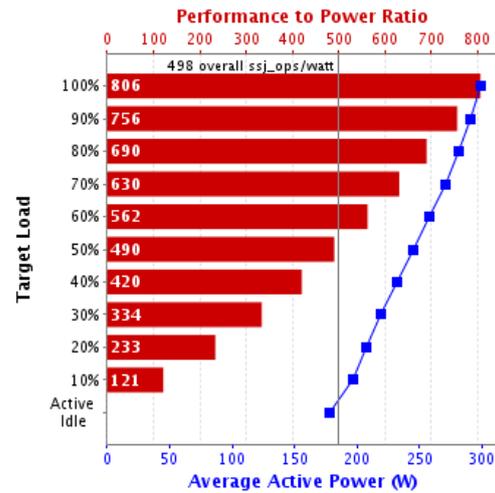


Abbildung 33: HP Company ProLiant DL 385 (2.3 GHz, AMD Opteron Prozessor 2356) (März 2008)

Durch einen hohen Virtualisierungsgrad oder den Zusammenschluss mehrerer Server oder Rechenzentren zu einer Cloud, können die Auslastungen einzelner Server erhöht und somit entstehende Überkapazitäten abgebaut werden (abschalten nicht mehr genutzter Server). Auf diese Weise können unnötige Verluste durch den Standby-Betrieb reduziert werden.

Sonstige periphere Energiebedarfe

Zu den sonstigen peripheren Energiebedarfen im Rechenzentrum gehört z.B. die Brandvermeidungsanlage. Diese besteht oft aus einem Gaslöschsystem. Weiterhin kann durch eine Sauerstoffreduktionsanlage der Sauerstoffanteil im Luftkreislauf des RZ vermindert werden, um die Brände zu verhindern. Die Bestimmung des benötigten Energiebedarfs hängt von der konkreten Technologie ab und sollte messtechnisch bestimmt werden (Alger, 2005).

Auswirkungen höherer Redundanz-Standards auf den peripheren Energieverbrauch

Der Redundanz-Standard (Tier-Klassifikation) beschreibt den Sicherheitsstandard, mit dem das System im Falle eines Ausfalles einer oder mehrerer Komponenten abgesichert ist.

Tier I

Systeme im Tier I-Standard verfügen über keine Redundanz. Alle Komponenten der Stromversorgung sowie der Klimatisierung sind nur einfach vorhanden. Im Falle einer Störung oder einer Wartung muss der Betrieb des Rechenzentrums unterbrochen werden.

Tier II

Die Komponenten der Stromversorgung sowie der Klimatisierung sind teilweise redundant ausgelegt, sodass im Falle eines Ausfalles einer Komponente die Leistung von einer anderen Komponente übernommen werden kann. So werden meist die USV sowie die Umluftklimaschränke redundant geplant, der Anschluss eines Energieversorgers, Stromleitungen sowie die Kälteanlage sind hingegen nur einfach vorhanden. Im Falle einer Störung oder Wartung muss daher u. U. der Betrieb des Rechenzentrums weiterhin unterbrochen werden.

Tier III

Hier gibt es zwei Anschlüsse an untereinander unabhängige Stromnetze, redundante Stromverteilungen, Transformatoren, Netzersatzanlagen sowie redundante USV. Die Kälteanlage ist nur einfach vorhanden.

Tier IV

Das Rechenzentrum wird komplett gespiegelt, so dass alle Komponenten (inkl. redundanter Komponenten) ein weiteres Mal vorhanden sind.

Die Energieeffizienz der Stromversorgung, Kälte- bzw. der Klimatechnik wird durch den Wirkungsgrad der Einzelkomponenten bestimmt. Wird die Redundanz im Rechenzentrum erhöht, führt dies zu einem Teillastbetrieb fast aller Komponenten des peripheren Energiebedarfs, da die redundanten Komponenten fast immer parallel betrieben werden müssen. Dieser Effekt verstärkt sich, je größer die Redundanz ist. Tabelle 2 verdeutlicht dies. Um die Auslastung der Einzelkomponenten trotz Einhaltung des Redundanz-Konzeptes zu erhöhen, muss die Anzahl der Module einer Anlage vergrößert werden. So kann eine USV bei einem Redundanz-Konzept von N+1 beispielsweise in 4 Teile geteilt werden, wovon ein Teil die Redundanz darstellt (3 sind zur Versorgung notwendig). Das redundante Modul hat demnach eine geringere Leistung, die gesamte USV hat damit eine Dimensionierung, die der bei einem N-Konzept näher ist, als wenn nur 2 USV-Module verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass ein kleineres redundantes Modul natürlich auch nur eine geringere Leistung abfangen kann, wenn es zum Ausfall von Komponenten kommt. Die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Module gleichzeitig ausfallen, ist jedoch als gering einzuschätzen.

Tabelle 51: Auswirkung des Redundanz-Konzeptes auf die Auslastung der Komponenten (Kühr, 2010)

Redundanzgrad	N	N+1	N+1	N+1	N+1	2N	2(N+1)	2(N+1)	2(N+1)	2(N+1)
Konfiguration	1	1+1	2+1	3+1	4+1	2	2(1+1)	2(2+1)	2(3+1)	2(4+1)
Anzahl Komponenten	1	2	3	4	5	2	4	6	8	10
Auslastung Komponenten	100%	50%	66%	75%	80%	50%	25%	33%	37,50%	40%

Tabelle 52 zeigt den durchschnittlichen USV-Wirkungsgrad für verschiedene Auslastungen. Wie schon anhand der zuvor dargestellten Lastkurven gezeigt wurde, wird auch hier deutlich, dass der Wirkungsgrad einer USV im Teillastbetrieb sinkt. Es ist daher die größtmögliche Auslastung aller USV-Module anzustreben, die im Rahmen des gewünschten Redundanz-Konzeptes möglich ist.

Tabelle 52: USV-Wirkungsgrad nach Code of Conduct (European Commission) (Kühr, 2010)

	USV-Ausgangsleistung ≥ 40 bis < 200 kVA			USV-Ausgangsleistung ≥ 200 kVA		
	Klass./1/	Klass./2/	Klass./3/	Klass./1/	Klass./2/	Klass./3/
25% der Nennleistungen	86,5%	89,0%	94,0%	89,0%	91,5%	95,0%
50% der Nennleistungen	90,5%	93,0%	96,0%	92,0%	94,5%	97,0%
75% der Nennleistungen	92,0%	93,5%	96,7%	93,0%	94,5%	97,7%
100% der Nennleistungen	92,0%	93,5%	97,0%	93,0%	94,5%	98,0%

Klass./1/ USV-Typen „VFI-S-...“ nach EN62040-3
 Klass./2/ alle USV-Typen „VI“ und „VFI“ nach EN62040-3, außer „VFI-S-...“
 Klass./3/ alle USV-Typen „VFD“ nach EN62040-1

Peripherer Energieverbrauch in der Büroumgebung

Der Energiebedarf in Bürogebäuden ist stark abhängig von der Branche, der Ausstattung der Gebäudetechnik und des vorhandenen IKT-Equipments. So liegt der spezifische Strombedarf von Bürogebäuden zwischen 3000 und 12000 kWh pro Person und Jahr (Köwener u. a., 2004). Der Anteil für Server und Netzwerke sowie für periphere Verbraucher (USV, Kühlung) wird am Beispiel einer Behörde mit ca. 30% angegeben (Köwener u. a., 2004).

Betrachtet man den Gesamtstrombedarf von IKT-Geräten in Unternehmen im Jahr 2007 (Stobbe u. a., 2009), so teilt dieser sich wie in Abbildung 34 dargestellt auf. Rund die Hälfte des Stromes wurde von Desktop-PCs benötigt. Monitore verbrauchten weitere 19% des Gesamtstrombedarfs von IKT-Geräten in Unternehmen. Rund 30% des Strombedarfs für die Informations- und Kommunikationstechnik kann Druckern, Telefonen, Routern und Notebooks zugeschrieben werden.

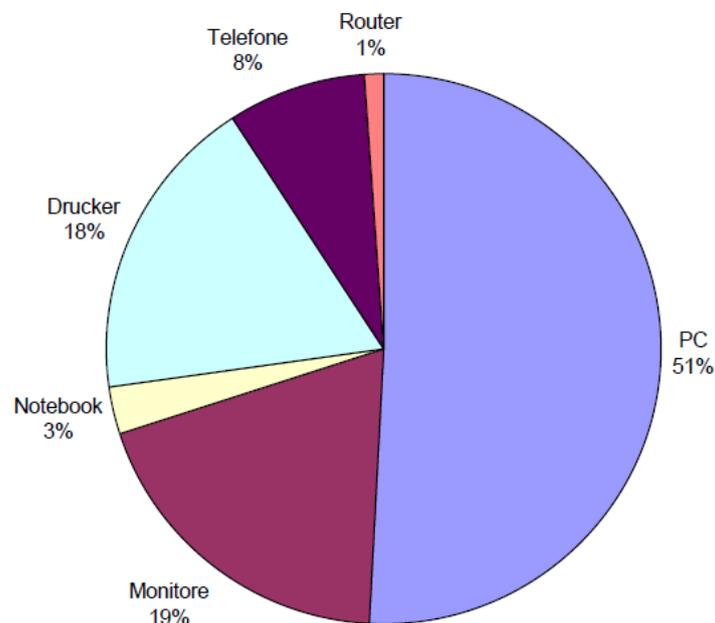


Abbildung 34: Strombedarf für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007: 6,8 TWh (Stobbe u. a., 2009)

Stromversorgung

Auch in Büroumgebungen kann die Informations- und Kommunikationstechnik ganz oder teilweise durch unterbrechungsfreie Stromversorgungen gesichert werden. Welche Geräte dabei über eine USV versorgt werden, ist abhängig von der Branche, in der gearbeitet wird und vom eigenen Ermessen der Betreiber. Generelle Aussagen können daher nicht getroffen werden. Die Verluste einer USV und damit der Beitrag dieser zum peripheren Energieverbrauch der IKT werden auch hier von ihrer Dimensionierung sowie der Auslastung bestimmt. Der typische Verlauf des Wirkungsgrades einer USV wurde dargestellt.

Genauso wie in Rechenzentren zählen auch in der Büroumgebung die Verluste an allen Netzteilen von IKT-Geräten zum peripheren Energieverbrauch. Auch hier ist es wichtig möglichst effiziente Netzteile einzusetzen, die vor allem bei geringer Auslastung einen guten Wirkungsgrad aufweisen. Der durchschnittliche Verlauf des Wirkungsgrades an Server-Netzteilen wurde dargestellt. Dieser kann auf Netzteile anderer IKT-Geräte übertragen werden.

Zu den peripheren Energieverbräuchen in Bürsumgebungen zählen zudem die Leitungsverluste an sämtlichen Stromleitungen. Diese können wie zuvor dargestellt berechnet werden.

Klimatisierung

Den peripheren Energieverbrauch durch die Klimatisierung von IKT-Geräten zu bestimmen, fällt in der Bürsumgebung schwerer als im Rechenzentrum. Wird nur ein Serverraum klimatisiert, kann der Energieverbrauch hierfür leicht ermittelt werden. Werden jedoch auch Büros klimatisiert, kann der Anteil für den Abtransport von Abwärme der IKT-Geräte nur rechnerisch von dem Energieverbrauch für die Kühlung von anderen Wärmeinträgen des Raumes (Sonneneinstrahlung, Abwärme von Personen, Beleuchtung und anderen Geräten) getrennt werden. Die Lastkurven für das Teillastverhalten von Verdichtern in Kälteanlagen gelten jedoch auch hier.

Standby-Verluste der IKT

Neben dem peripheren Energieverbrauch in der Stromversorgung sowie der Klimatisierung spielen die Verluste durch den Standby-Betrieb von PCs, Monitoren, Servern und Netzwerken für den Gesamtstrombedarf in Bürsumgebungen eine große Rolle. Streng genommen handelt es sich bei Standby-Verlusten nicht um periphere Energiebedarfe, aber da die Geräte auch im Standby-Modus Energie benötigen, fällt auch zusätzlicher peripherer Energiebedarf an. Aufgrund der großen Bedeutung von Standby-Verlusten in der Bürsumgebung (viele Geräte im Bürsumfeld befinden sich oft im Standby-Modus oder in einem inaktiven Zustand) wird an dieser Stelle ausführlich auf sie eingegangen.

Der Leistungsbedarf von Servern im Standby-Betrieb im Verhältnis zur Leistung bei voller Auslastung kann qualitativ auch auf PCs in der Bürsumgebung übertragen werden.

Der Anteil des Standby-Betriebes am Gesamtenergieverbrauch verschiedener IKT-Geräte in der Bürsumgebung wurde gezeigt. Es wird deutlich, dass bei allen gezeigten Geräten der Standby-Betrieb den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch einnimmt. Das Fraunhofer Institut (Stobbe u. a., 2009) hat das Verhältnis aus Stromverbrauch durch den Standby-Betrieb und dem Stromverbrauch im aktiven Modus von IKT-Geräten ermittelt. Hier beträgt der Stromverbrauch durch Standby nur ein Viertel des Gesamtstromverbrauches von IKT-Geräten und zeichnet damit ein weniger drastisches Bild als Abbildung 24. Die Angaben des Fraunhofer Institutes beruhen auf Unternehmensumfragen. Beide Quellen verdeutlichen jedoch, dass durch eine Änderung des Nutzerverhaltens an dieser Stelle viel Energie eingespart werden kann.

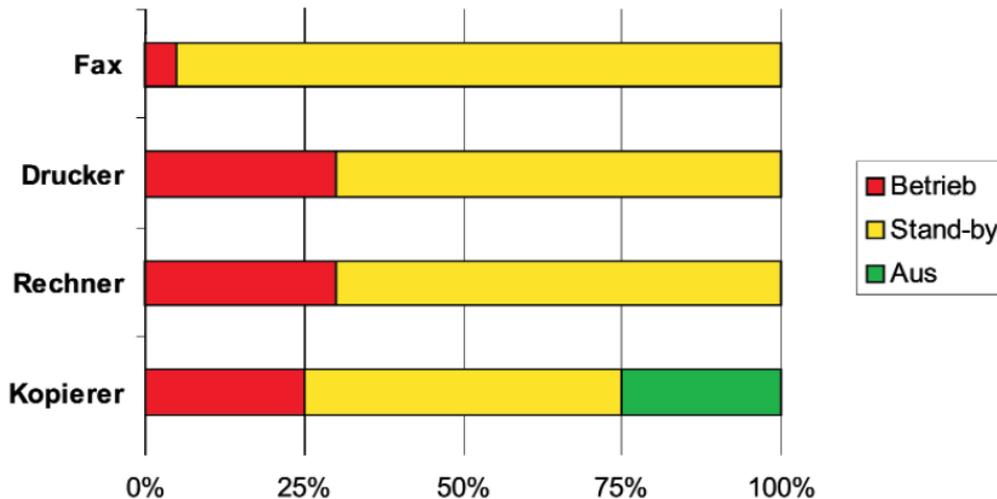


Abbildung 35: Energieverbrauch / Betriebszuständen (Köwener u. a., 2004)

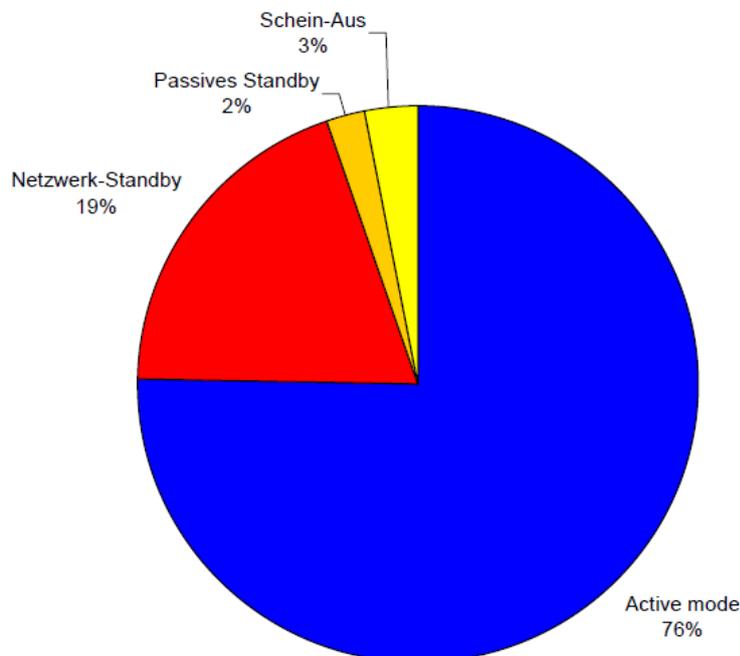


Abbildung 36: Strombedarf für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007 nach Betriebszuständen (Stobbe u. a., 2009)

Peripherer Energieverbrauch in Netzwerken

Im Folgenden wird der periphere Energieverbrauch in Netzwerken dargestellt.

Stromversorgung

Auch in der Netzwerkkumgebung treten periphere Energieverbräuche durch die unterbrechungsfreie Stromversorgung auf. Den Anteil der USV-Verluste zu ermitteln, die aufgrund der Versorgung der Netzwerkkumgebung anfallen, ist im Serverraum als auch in der Büroumgebung nicht mühelos möglich, da stets auch andere IKT-Geräte über die USV versorgt werden. Der übliche Verlauf des Wirkungsgrades einer USV wurde zuvor dargestellt.

Des Weiteren fallen genau wie in Rechenzentren und Büroumgebungen Leitungsverluste an. Die Berechnung dieser wurde für die Büroumgebung gezeigt.

Auch die Verluste von Netzteilen gehören zum peripheren Energieverbrauch in Netzwerkumgebungen. Hier sind ebenfalls effiziente Netzteile nötig, um den Energieverlust in Form von Abwärme bei geringerer Auslastung gering zu halten. Der typische Verlauf des Wirkungsgrades von Server-Netzteilen wurde oben gezeigt. Dieser kann auf Netzteile von Netzwerkkomponenten übertragen werden.

Klimatisierung

Auch die Energie, die für den Abtransport von Abwärme von Netzwerkkomponenten und das Kühlen dieser benötigt wird, kann nur schwer bestimmt werden, da diese selten getrennt von anderen IKT-Geräten aufgestellt werden.

Abstimmung mit den Verbundpartnern

Die peripheren Energieverbräuche wurden mit den Verbundpartnern in den Workshops zum Thema Energiemonitoring diskutiert. Als wesentliche Bestandteile des peripheren IKT-Energiebedarfs wurden die Klimatisierung und die Stromversorgung identifiziert.

Das Umweltbundesamt setzt als Besonderheit am Standort Dessau eine Absorptionskältemaschine ein, deren Energiebedarf durch einen Zähler erfasst wird.

Während der Workshops wurde zwischen den Partnern der Konsens hergestellt, dass der Projektfokus zunächst auf der Erfassung der direkten IKT-Energiebedarfe (Server, Switches, Rechner, etc.) liegt. Die peripheren Energiebedarfe sollen zunächst pauschal über Zuschlagsfaktoren dargestellt werden und wo möglich, durch Messungen ergänzt werden. Im weiteren Projektverlauf sollen dann die peripheren Energieverbräuche über Faktoren auf die IKT umgeschlagen werden.

Bestimmung von peripheren Energiebedarfen

Periphere Energiebedarfe können über Messungen und Vergleichsdaten erhalten werden. Im Folgenden werden verschiedene Methoden der Erhebung dargestellt.

Messungen

Da die den peripheren Energiebedarf verursachenden Systeme (Kühlsystem, Stromversorgung und Sonstiges) recht unterschiedlich aufgebaut und stark abhängig von lokalen Aspekten, wie z.B. dem Verfügbarkeitskonzept, sind, wird die höchste Genauigkeit bei der Bestimmung mit Messdaten für das konkrete System erreicht.

Die Online-Messung bringt allerdings auch Probleme mit sich:

Im Sommer ergeben sich aufgrund des höheren Verbrauchs des Kühlsystems deutlich höhere periphere Energieverbräuche. Mit Jahresdurchschnittswerten kann diese „unfaire“ Gewichtung ausgeglichen werden. Allerdings muss bedacht werden, dass dann die gewünschte zeitabhängige Genauigkeit nicht mehr gegeben ist.

Ist eine solche Vermessung des Systems nicht möglich, sollten Vergleichsdaten herangezogen werden. Solche Daten können vom System selbst stammen (bspw. ältere Effizienzkennzahlen) oder von vergleichbaren Systemen.

Vergleichsdaten vom System selbst: DCiE bzw. PUE oder Gebäudedaten

Wenn der aktuelle periphere Energiebedarf nicht durch Messungen für das konkrete System bestimmt werden kann, sollte zunächst geprüft werden, ob dieser aus anderen Quellen zu bestimmen ist. Eine Möglichkeit sind Vergleichswerte des Systems selbst auf Jahresbasis. Für das Rechenzentrum ist ein möglicher Vergleichswert beispielsweise über die PUE bzw. DCiE der Kategorien 1-3 (vgl. Data Center Metrics Task Force (2011)) zugänglich, es gilt:

$$E_{\text{peripher},rz} = (PUE_{rz}[1 - 3] - 1) \cdot E_{IKT}$$

Mit E_{IKT} als direktem Energiebedarf der IKT-Komponenten. E_{IKT} kann auch der direkte Energiebedarf einer einzelnen IKT-Komponente, z.B. einem Server, sein. Dann entspricht E_{peripher} dem peripheren Energiebedarf der einzelnen Komponente. Wenn keine Daten des Systems vorliegen, kann der PUE auch abgeschätzt werden. Die Abschätzung sollte mit geeigneten Vergleichsdaten erfolgen, da nur ein Vergleich ähnlicher RZ (z.B. Größe und Redundanzkonzept) sinnvoll ist. Solche Daten können bspw. aus dem Green IT-BB RZ Benchmarking erhalten werden, wie im nächsten Abschnitt dargestellt wird.

Da Netzwerktechnik oft auch in Serverräumen bzw. in eigenen Netzwerkräumen untergebracht wird, kann der periphere Energiebedarf für alle bzw. einzelne Netzwerkkomponenten analog zum Rechenzentrum ermittelt werden:

Wobei E_{Netzwerk} für den direkten Energiebedarf der Netzwerkkomponente(n) steht.

Für die Büroumgebung muss zunächst geprüft werden, welche peripheren Energiebedarfe relevant sind. Die Verluste der Stromversorgung fallen immer an, können aber außer bei fehlender Blindstromkompensation vernachlässigt werden, es sei denn, die Verluste der Strombereitstellung stehen über die GLT zur Verfügung. Das Kühlsystem hingegen wird nur in klimatisierten Gebäuden berücksichtigt. Dafür wird ein Umlagefaktor X_{Klima} ⁵ definiert, der angibt, wie viele kWh Energie (i.d.R. Strom, bei anderen Energieformen sind entsprechende Umrechnungsfaktoren zu berücksichtigen) pro kWh IKT-Last im Kühlsystem anfallen, es gilt:

$$X_{\text{Klima}} = \frac{E_{\text{Klima}}}{W_{\text{Gebäude}}}$$

Dabei ist E_{Klima} der Gesamtenergiebedarf des Kühlsystems (gesamtes System inkl. Pumpen, Rückkühlern, Kälteanlagen etc.) und $W_{\text{Gebäude}}$ die Wärmelast des gesamten Gebäudes, in denen sich das betrachtete IKT-Endgerät befindet.

Verwendung der Daten aus dem Green IT-BB RZ Benchmarking

Sollten auch keine geeigneten Vergleichsdaten aus dem System zur Verfügung stehen, schlägt die TU Berlin für Rechenzentren vor, reale Messdaten aus dem Green IT RZ Benchmarking einzusetzen. Die Vergleichbarkeit hängt dabei stark vom umgesetzten Verfügbarkeitskonzept ab. Daher schlagen wir die folgende Vorgehensweise vor:

1. Bestimmung der Vergleichsgruppe (ähnliche Rechenzentren), anhand folgender Kriterien:

- Alle Rechenzentren im GreenIT RZ-Benchmarking mit gleichem Verfügbarkeitskonzept des zu betrachtenden RZ (für Stromversorgung und Kühlung) und klimatisch ähnlichem Standort (wegen der Abhängigkeit der Effizienz des Kühlsystems von der Außentemperatur) auswählen.

2. Bildung eines Faktors X_{peripher} :

$$X_{\text{peripher}} = \frac{\sum_{rz \in \text{Vergleichsgruppe}} E_{\text{peripher},rz}}{\sum_{rz \in \text{Vergleichsgruppe}} E_{IT,rz}}$$

⁵ Ein solcher Umlagefaktor kann analog für die Stromversorgung und sonstiges gebildet werden, wenn diese Daten aus der GLT verfügbar sind.

mit:

$$E_{\text{peripher},rz} = \sum_{k \in \text{Periphere Energieverbräuche von rz}} E_k$$

falls E_k für alle peripheren Energieverbräuche vorhanden ist, sonst:

$$E_{\text{peripher},rz} = E_{\text{gesamt},rz} - E_{\text{IKT},rz}$$

3. X_{peripher} gibt an, wie viele kWh des peripheren Energiebedarfs auf 1 kWh IKT-Strombedarf anfallen.
4. Zur Bestimmung des gesamten Energiebedarfs (direkter und peripherer) eines Prozesses aus dem zu betrachtenden RZ muss der Energiebedarf des Prozesses mit dem Faktor $(1 + X_{\text{peripher}})$ multipliziert werden.

Auf diese Weise können angenäherte Faktoren zur Bestimmung des peripheren Energiebedarfs aus dem GreenIT RZ Benchmarking für „ähnliche“ RZ bestimmt werden

Fazit

Die Bestimmung von Lastkurven ist besonders für den Bereich der Klimatisierung schwierig, da das System aus vielen einzelnen Anlagen besteht. So können meist nur Lastkurven für einzelne Anlagenkomponenten ermittelt werden.

Für die USV können zur Ermittlung der Verlustleistungen in erster Näherung Lastkurven verwendet werden.

Da viele Lastkurven aus theoretischen Betrachtungen stammen, sind sie oft mit einem großen Fehler behaftet. Aus diesem Grund sind messtechnisch bestimmte periphere Energieverbräuche berechneten Werten vorzuziehen. Falls diese nicht vorliegen, kann mit der beschriebenen Vorgehensweise aus Vergleichswerten wie bspw. der DCiE bzw. PUE ein peripherer Energiebedarf abgeschätzt werden. Für Rechenzentren kann der periphere Energiebedarf bei Fehlen von Mess- oder Vergleichsdaten mit der dargelegten Methode mit Daten aus dem GreenIT RZ Benchmarking abgeschätzt werden.

Literaturverzeichnis

Alger, D., 2005. Build the Best Data Center Facility for Your Business 1. Aufl., Cisco Press.

Barroso, L.A. & Hölzle, U., 2009. The Datacenter as a Computer An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines, Available at: <http://www.cs.berkeley.edu/~rxin/db-papers/WarehouseScaleComputing.pdf> [Zugegriffen Juni 6, 2012].

Computerwoche, 2007. Große Wirkung dank kleiner Schritte - computerwo-che.de - Archiv 2007 / 42. Available at: <http://www.computerwoche.de/heftarchiv/2007/42/1220948/> [Zugegriffen Juni 11, 2012].

Data Center Metrics Task Force, (DCMTF), 2011. Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency, Version 2 Measuring PUE for Data Centers.

Dittmar, L. & Schaefer, M., 2009. Electricity Demand Modeling of German Data Centers: Dealing with Uncertainties Lars Dittmar Marc Schaefer Schriftenreihe Innovationszentrum, Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.

Eaton Powerware, 2007. Energy efficient transformers reduce data center utility costs, Available at: http://pqlit.eaton.com/ll_download_bylitcode.asp?doc_id=6732 [Zugegriffen Juni 6, 2012].

FH Wolfenbüttel, 2004. Kennlinien und Kennlinienfeld einer Kreiselpumpe, Available at: http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/kennlinien_pumpen.pdf [Zugegriffen Juni 6, 2012].

Hintemann, R., Fichter, K. & Stobbe, L., 2010. Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland : eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz. OPUS-IDN/9831. Available at: <http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2010/9831/> [Zugegriffen Juni 11, 2012].

IKET, 2010. Pohlmann - Taschenbuch der Kältetechnik: Grundlagen, Anwendungen, Arbeitstabellen und Vorschriften 20., überarbeitete und erweiterte Aufl., Vde-Verlag.

Köwener, D., Böde, U. & Renner, G., 2004. Bürogebäude - viel sparen mit weniger Strom, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.

Kühr, K., 2010. Harmonisierung redundanter Kühlungs- und Stromversorgungskonzepte für ausfallsichere Hochleistungs-Rechenzentren, Data Center Convention Congress Track.

Rittal, 2009. Data Centre Efficiency - Savings with IT infrastructure solutions, Available at: http://www.rittal.de/downloads/PrintMedia/PM5/de/live_data_center.pdf [Zugegriffen Mai 3, 2012].

Sawyer, R.L., 2007. Increasing the Efficiency of UPS Systems – And Proving It.

2.4 IKT-Performance Measurement Systeme

2.4.1 IKT-Performance Measurement Systeme – State-of-the-Art

Einleitung

Das Hauptaufgabenfeld eines Managers ist zweifellos das Lenken und Steuern seiner Abteilung, bzw. Division oder Organisation (vgl. Kütz, 2006, S. 3). Die EN ISO 9000:2000-Norm definiert Management als „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation“. Diese Aufgabe kann denkbar komplex und unübersichtlich sein, weshalb ein Manager Hilfssysteme und Managementtools benötigt, um diese Aufgaben zu bewältigen. Er muss nicht nur die ihm anvertraute Organisation steuern, sondern ggf. auch zusätzlich Vorgesetzte oder den Aufsichtsrat von der Richtigkeit seines Handelns überzeugen (vgl. Calder und Watkins, 2008, S. 1 ff.). Des Weiteren genügt es nicht, ausschließlich gegenwartsorientiert zu handeln. Es müssen ebenso Visionen und Strategien für ein langfristiges Wirtschaften erarbeitet werden, um die Organisation auf die Zukunft auszurichten. Um diesen Aufgaben nachzukommen, benötigt ein Manager aussagekräftige Informationen zum richtigen Zeitpunkt. Insbesondere in der jüngeren Vergangenheit kam es oftmals zu einer regelrechten „Informationsflut“, die zwar die richtige Intention hatte, aber häufig eher ein Hindernis als eine Hilfe darstellte (vgl. Krcmar, 2005, S. 74). Daher führt eine Ausweitung der Informationsquantität nicht zwangsläufig zu einer höheren allgemeinen Qualität.

Performance Measurement Systeme (PMS) haben das Ziel, den Informationsbedarf des Managers so zu decken, dass dieser seiner Steuerungs- und Lenkungsfunktion optimal nachkommen kann, ohne ihn dabei mit irrelevanten Daten von seiner Kernkompetenz abzulenken. Performance Measurement kann als ein Prozess zum Quantifizieren der Effizienz und Effektivität von Aktivitäten definiert werden (vgl. Neely, Gregory & Platts, 2005, S. 1228). Dieser Logik folgend ist ein PMS „[...] a set of metrics used to quantify both the efficiency and effectiveness of actions“ (Neely et al., 2005, S.1229). Vereinfacht ausgedrückt komprimieren PMS die wichtigsten Informationen über einen realen Sachverhalt und arbeiten sie so auf, dass Entscheidungen schnell, effizient und nachvollziehbar getroffen werden können.

Vor allem in der Branche der Informationstechnologie (IT) und den stark mit IT durchdrungenen Organisationen ist das Verlangen nach Transparenz und Leistungsmessung in den letzten Jahren stark gestiegen. Unternehmen versuchen den Wert und die Leistung, die die Informationstechnologie erbringt, sichtbar und besser steuerbar zu machen (vgl. Currie & Horváth, 2002, S. 4). Zu dieser Problematik bieten PMS einen Lösungsansatz, da sie durch die Bereitstellung von hilfreichen und übersichtlichen Informationen zu Effizienz und Effektivität einer Organisation beitragen und zusätzlich die Transparenz und Lenkungsfähigkeit erhöhen (vgl. Eul, Hanssen & Herzwurm, 2006, S. 24). Ziel der nun folgenden Kapitel ist es zu erläutern, wie Performance Management und Kennzahlensysteme aufgebaut sind, welche Systeme entwickelt wurden und vor allem – mit Blick auf den Einsatz als Managementtool in der IT – welche der Systeme für den Einsatz im Bereich der Green IT geeignet sind.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird zunächst der Aufbau und Zweck von PMS detailliert analysiert. Anschließend erfolgt in Kapitel 3 die Erhebung, Analyse und Bewertung von bereits entwickelten PMS und solchen, die die Entwicklung des Performance Measurements maßgebend beeinflusst haben. Im 4. Kapitel werden Literatur und Praxis auf Performance Measurement Systeme hin untersucht, um den gegenwärtigen Stand der Technik aufzuzeigen. Darauf aufbauend werden in Kapitel 5 Performancedimensionen definiert und abschließend in Kapitel 6 die Ergebnisse einer Marktanalyse präsentiert, welche Systeme, Methoden und Tools identifiziert, die tatsächlich in der Praxis Verwendung finden.

Performance Measurement Systeme

PMS exakt und vollständig zu definieren und gleichzeitig zu gewährleisten, dass die Definition verständlich und übersichtlich bleibt, stellt eine Herausforderung dar. Betrachten wir zunächst die in der Einleitung verwendete und allgemein anerkannte Definition (erstmals in ähnlicher Form von Neely, 1994, formuliert):

„A performance measurement system can be defined as a set of metrics used to quantify both the efficiency and effectiveness of actions“

Ein Performance Measurement System ist also ein Satz von Metriken, die verwendet werden, um die Effizienz und Effektivität von Aktivitäten zu quantifizieren. Trotz dieser knappen und (im Englischen) präzisen Definition benötigt es weitere Hintergrundinformationen, um genau zu verstehen, was ein PMS ist und vor allem, warum sie als Managementtool die Methode der Wahl darstellt. Bevor ein PMS als Ganzes untersucht wird, muss man sich im Klaren sein, warum PMS benötigt werden, aus welchen Bausteinen ein PMS besteht und wie diese zusammenhängen.

Ziel eines PMS ist es, einen komplexen, realen Sachverhalt vereinfacht darzustellen. Es soll somit ein Modell der Realität entstehen und so bei der Entscheidungsfindung helfen (vgl. Kütz, 2006, S. 15). Konsequenterweise soll dieses Modell ausreichend genau sein, um die

wichtigsten Eigenschaften der Realität wiederzugeben. Gleichzeitig darf es aber nicht zu komplex sein, da sonst der Vorteil der Modellierung verloren gehen würde (vgl. Gladen, 2002, S. 5). Letztlich wird die Realität damit auf einige wenige aussagekräftige Informationen komprimiert, um die gewünschte Vereinfachung eines komplexen Systems zu erhalten. Dennoch müssen die Informationen gleichzeitig umfassend genug sein, um adäquate Steuerungs- und Handlungsfähigkeit zu gewährleisten.

Im Allgemeinen werden diese komprimierten Informationen in Form von Kennzahlen präsentiert. Kennzahlen können, abhängig von Variablen wie der Unternehmensebene oder der Branche in der sie eingesetzt werden, von sehr unterschiedlicher Natur sein und verschiedene Informationen beinhalten. Trotz der Vielfältigkeit haben Kennzahlen gewöhnlich das gleiche Ziel: einen Zahlenwert widerzuspiegeln, „[...] der zu einem bestimmten Berichtszeitpunkt eine quantitative Aussage über die geplante oder tatsächliche Ausprägung eines Merkmals eines Steuerungsobjektes macht“ (Kütz, 2006, S. 17). Allgemein unterscheidet man zwei Kategorien von Kennzahlen: absolute Zahlen wie Einzelzahlen (z.B. Anzahl der Angestellten) oder Differenzen (z.B. das Betriebsergebnis) und relative Zahlen oder Verhältniszahlen. Verhältniszahlen werden abermals in drei Kategorien unterteilt, Gliederungszahlen (z.B. % IT-Personalkosten an Gesamtkosten), Beziehungszahlen (z.B. Häufigkeitszahlen wie kranke Mitarbeiter in einem Monat dividiert durch Anzahl Mitarbeiter in diesem Monat) und Messzahlen (z.B. eine Zahlenreihe eines Aktienkursindex) (vgl. Gladen, 2011, S. 16 ff.).

In der Definition von Kütz verbirgt sich außerdem der Term des Steuerungsobjekts, auf welches sich eine Kennzahl bezieht. Das Steuerungsobjekt ist der eingangs angesprochene reale Sachverhalt, welcher modelliert werden soll und bei dem es sich um ganze Unternehmen oder kleinere organisatorische Einheiten handeln kann. Die Grenzen des Steuerungsobjekts müssen klar definiert und allen bekannt sein, da ein PMS nur die Leistung der Prozesse bestimmen kann, die innerhalb des abgegrenzten Steuerungsobjekts liegen (vgl. Gladen, 2011, S. 95). Des Weiteren fällt in der Definition von Kennzahlen auf, dass sowohl Ist- als auch Plan-Zustände dargestellt werden können. Ein PMS kann also zur jetzigen Leistungsbestimmung verwendet werden und gleichzeitig als System zur zukünftigen Planung dienen. Deshalb wird ein PMS auch als Planungs- und Steuerungskonzept bezeichnet (vgl. Grüning, 2002, S. 3).

Oftmals reichen Kennzahlen alleine nicht aus, um die Realität adäquat zu modellieren, vor allem wenn es um so genannte „weiche Faktoren“ oder sehr schwer beobachtbare/messbare Vorgänge handelt. In solchen Fällen werden Indikatoren herangezogen, welche als „Ersatzgröße“ fungieren (vgl. Baumgartner, 2002, S. 19). Ein gutes Beispiel ist die Zufriedenheit eines Kunden über eine erbrachte Leistung. Es ist nahezu unmöglich ein objektives und genaues Maß über die tatsächliche Kundenzufriedenheit zu finden, weswegen Indikatoren wie z.B. Anzahl der Kundenbeschwerden verwendet werden, um hier Abhilfe zu schaffen. Durch die Verwendung eines solchen Indikators gelingt es zwar die Kundenzufriedenheit abzubilden, es muss aber in jedem Fall sehr genau abgewogen werden, ob die Anzahl der Kundenbeschwerden tatsächlich ein ausreichender Indikator für die Kundenzufriedenheit darstellt.

Da selbstverständlich eine einzelne Kennzahl (oder ein einzelner Indikator) selten ausreicht, um einen komplexen, realen Sachverhalt darzustellen, werden mehrere Kennzahlen gemeinsam betrachtet. Zusammen ergeben sie dann ein Kennzahlensystem oder PMS. Diese stellen eine logische Verknüpfung der Kennzahlen dar, um die Ausschnitte der Realität, die jede einzelne Kennzahl zeigt, zu einem charakteristischen Abbild des Steuerungsobjektes zusammenzufügen (vgl. Kütz, 2011, S. 41). Allgemein lassen sich zwei Arten von

Kennzahlensystemen unterscheiden. Diese Kategorisierung unterteilt in Rechensysteme und Ordnungssysteme (vgl. Gladen, 2011, S. 94 ff.). Rechensysteme haben einen hierarchischen Aufbau, der häufig einem Baum ähnelt und an dessen Spitze eine Kennzahl steht, die rechnerisch auf den darunterliegenden Kennzahlen aufbaut. Ordnungssysteme hingegen sind durch sachlogische Zusammenhänge verbunden und lassen sich meist schwer quantifizieren.

Bis zu dieser Stelle wurden die Begriffe Kennzahlensystem und PMS fast synonym verwendet. Betrachtet man die Bestandteile aus denen sie aufgebaut sind, wird solch eine Betrachtung legitimiert. Die Abgrenzung der zwei Begriffe, bzw. der Übergang von Kennzahlensystemen zu PMS wird in erster Linie durch einen Paradigmenwechsel gekennzeichnet. Das bedeutet, dass sich nicht zwangsläufig der fundamentale Aufbau der Systeme geändert hat, sondern die Betrachtungsweise was ein System zur Leistungsmessung beitragen soll und wie es das erfolgreich erreicht. Traditionelle Kennzahlensysteme sind durch ihre starke monetäre Ausrichtung eher vergangenheitsorientiert, haben eine Kostenreduzierung als Zielsetzung und es stehen individuelles Lernen und individuelle Leistungsanreize im Vordergrund (vgl. Hubig, 2008, S. 110 ff.). PMS hingegen haben eine starke Kundenausrichtung und sind daher zukunftsorientiert. Als Ziel wird häufig eine kontinuierliche Leistungsverbesserung angegeben. Darüber hinaus heben sie organisationsweites Lernen und teambezogene Leistungsanreize hervor (vgl. Kueng, Meier & Wettstein, 2001, S. 3 ff.)). Dennoch bestehen diese beiden Konzepte aus denselben essentiellen Konstruktionsteilen, weswegen die Unterscheidung auch erst an dieser Stelle vorgenommen wurde.

Eine weitere Eigenschaft von besonderer Bedeutung, die einem PMS zugesprochen wird, ist die Darstellung von Ursache-Wirkungsbeziehungen (vgl. Bititci, Garengo, Dörfler & Nudurupati, 2008, S. 11 ff.). Sie ermöglichen es den Unternehmen, Zusammenhänge zwischen Kennzahlen, und so letztlich zwischen einzelnen Prozessen und Aktivitäten, zu erkennen. Die Folge ist, dass Aktivitäten und Prozesse besser gesteuert werden können und gleichzeitig Wechselwirkungen zwischen ihnen ersichtlich werden, wodurch letzten Endes mehr Transparenz geschaffen werden soll.

Abschließend muss geklärt werden, welche Informationen von PMS überhaupt berücksichtigt werden. Grüning (2002) z.B. definierte ein PMS u.a. als Planungs- und Steuerungskonzept, das monetäre Kennzahlen beinhaltet, die auf allen erfolgs- und leistungsrelevanten Unternehmensebenen mit den Einflussgrößen der langfristig finanziellen Leistungsfähigkeit des Unternehmens komplementiert sind (vgl. Grüning, 2002, S. 3). Allerdings gibt es kaum noch Autoren, die nicht darauf hinweisen, dass die Konzentration auf rein monetäre Kennzahlen nicht ausreicht, um die komplexe Unternehmenswelt darzustellen (z.B. Bourne, Mills, Wilcox, Neely & Platts, 2000; Neely et al., 2005; Gladen, 2011; Kütz, 2006 & 2011). Aus diesem Grund müssen auch nicht-monetäre Kennzahlen von einem PMS berücksichtigt werden.

Zusammenfassend ist ein PMS also ein

- Planungs- und Steuerungskonzept,
- welches sowohl monetäre als auch nicht-monetäre Kennzahlen beinhaltet,
- die zu einem bestimmten Berichtszeitpunkt
- den realen oder geplanten Zustand
- sowie Ursache-Wirkungsbeziehungen
- eines klar definierten Steuerungsobjektes wiedergibt,

- um die Effizienz und Effektivität der Aktivitäten zu messen.

Bevor im nächsten Kapitel nun auf die bereits entwickelten Performance Measurement Systeme eingegangen wird, existieren einige weitere Charakteristika von PMS, die sich speziell auf IT-Organisationen beziehen und damit Erläuterung benötigen.

Zunächst müssen die IT-spezifischen Steuerungsobjekte identifiziert und differenziert werden. Es wurde im vorherigen Kapitel bereits darauf hingewiesen, dass eine saubere und vollständige Abgrenzung des betrachteten Systems außerordentlich wichtig ist um aussagekräftige Kennzahlen und somit ein effektives PMS implementieren zu können. Man kann zwischen fünf allgemeinen Steuerungsobjekten in der IT unterscheiden (vgl. Kütz, 2006, S. 24):

- Die IT-Organisation als Gesamtheit,
- IT-Projekte,
- IT-Systeme,
- IT-Prozesse und
- IT-Services.

Jedes dieser Steuerungsobjekte hat aufgrund der Größe, des Fokus, der Aufgabe und vielen weiteren Aspekten verschiedene Voraussetzungen und stellt den Entwickler eines PMS vor unterschiedliche Herausforderungen.

Weiterhin muss ein PMS auch in Abhängigkeit seines Einsatzgebiets und –zwecks konstruiert werden. Dem Modell des integrierten Informationsmanagements folgend (vgl. Zarnekow, Brenner & Pilgram, 2005) gibt es vier verschiedene „Einsatzorte“ für ein PMS: im Source-Prozess wird die Beschaffung überwacht, im Make-Prozess findet das PMS in der Leistungserstellung der IT-Organisation seinen Einsatz, im Deliver-Prozess wird das Management der Kundenbeziehung gesteuert und im Govern-Prozess soll ein PMS die strategische Ausrichtung des Informationsmanagements entlang der Unternehmensstrategie unterstützen (vgl. Zarnekow et al., 2005, S. 4 ff.). Generell ist jede Kombination von Steuerungsobjekt und „Einsatzort“ denkbar, muss aber stets fallabhängig auf ihre Zweckmäßigkeit hin untersucht werden.

An dieser Stelle muss die besondere Rolle betont werden, die der IT in vielen Organisationen zugesprochen wird, weshalb auch der Einsatz von PMS in der IT besonders sinnvoll und signifikant ist. Die IT wird oftmals als „Enabler“ gesehen – sie begünstigt Innovationen und ermöglicht es den anderen Geschäftsbereichen effizienter zu arbeiten und neue Geschäftsfelder zu erschließen (vgl. Tiemeyer & Bachmann, 2009, S. 45 ff.). Da der Blick auf die IT aber häufig rein kostenbasiert ist (z.B. Total-Cost-of-Ownership: hier werden alle durch IT verursachten Kosten über die gesamte Lebensdauer betrachtet, nicht aber die Leistung, die in dieser Zeit verrichtet wird), kann es sehr schwierig sein den genauen Wert und die Stellung der IT innerhalb einer Organisation zu bestimmen. PMS verhindern eine einseitige, rein kostenbasierte Betrachtungsweise, da sie Transparenz der IT-Leistungsfähigkeit hinsichtlich Effektivität und Effizienz schafft. Die IT soll bei richtiger Anwendung von PMS nicht mehr nur eine „Blackbox“ darstellen, in die Geldmittel hinein- und IT-Leistungen herausfließen. Genau wie bei jeder anderen Abteilung kann die Effizienz und Effektivität von Prozessen und Systemen ermittelt werden und so der Wertbeitrag besser bestimmt werden.

Erhebung, Analyse und Bewertung von PMS

Um die in diesem Kapitel betrachteten PMS sinnvoll und nachvollziehbar vergleichen zu können, müssen objektive und adäquate Bewertungskriterien identifiziert werden. Dabei

bilden nicht nur die Kennzahlen, die ein PMS verwendet, die Bewertungsgrundlage, sondern es wird auch die Struktur des PMS sowie dessen Komplexität in der Handhabung beurteilt. Verschiedene Forscher haben sich bereits intensiv mit solchen Fragestellungen auseinandersetzt (z.B. Hudson, Smart & Bourne, 2001; Erdmann, 2007; Nudurupati, Bititci, Kumar & Chan, 2011). Die entsprechende Literatur dient hierbei als Grundlage für die Auswahl relevanter Kriterien. In Analogie zu einem PMS muss auch hier eine sinnvolle Kombination aus einer ausreichenden Anzahl von Kriterien gefunden werden. Ziel ist es die PMS adäquat beschreiben zu können und gleichzeitig die Übersichtlichkeit mit Hinsicht auf die Gesamtzahl der Kriterien zu gewährleisten. Hierfür gibt es keine Richtwerte, so dass hier der Versuch unternommen wird sich an den Beispielen in der Literatur zu orientieren, um das Bewertungssystem quantitativ nicht unnötig zu vergrößern.

- Die *Prozessorientierung* eines PMS wird von vielen Autoren als überaus bedeutend aufgefasst (vgl. Baumgartner, 2002, S. 20 ff.; Pun & White, 2005, S. 63 ff). Die immer signifikanter werdende Prozessorientierung von Unternehmen sollte sich idealerweise auch in einem PMS widerspiegeln und von ihm unterstützt werden. Dieses Kriterium bewertet die Fähigkeit des betrachteten PMS, um die Prozessorientierung eines Unternehmens zu unterstützen.
- Das Kriterium *zeitliche Ausrichtung* beschreibt die perspektivische Ausrichtung eines PMS (vgl. Erdmann, 2007, S. 165), wobei hier sowohl zukunftsorientierte als auch vergangenheitsorientierte Aspekte in Betracht gezogen werden müssen. Mit der zeitlichen Ausrichtung wird also die Eigenschaft von PMS beurteilt, vergangenheitsbezogene und zukunftsbezogene Aussagen zu den untersuchten Aktivitäten zu liefern.
- *Perspektivendiversität* bewertet ein PMS danach, ob es in der Lage ist, mehrere und differenzierte Perspektiven in ihr System aufzunehmen (vgl. Hudson et al., 2001, S. 1102). Insbesondere die Fähigkeit sowohl monetäre als auch nicht-monetäre (oder sog. „weiche Faktoren“) Perspektiven zu integrieren, wird durch dieses Kriterium beschrieben.
- *Die Strategieausrichtung* gibt an, ob sich das PMS an der Strategie des gesamten Unternehmens und/oder der einzelnen Organisationseinheiten orientiert, bzw. davon abgeleitet wird (vgl. Baumgartner, 2002, S. 20). Dies ist vor allem für den langfristigen Erfolg des PMS im Unternehmen wichtig, da hierdurch gewährleistet wird, dass alle Aktivitäten gebündelt auf dasselbe Ziel hinarbeiten und somit auch das operative Geschäft mit der Strategie verbunden wird.
- *Anwendungssimplizität* bezieht sich auf den Aufwand, mit dem die Mitarbeiter konfrontiert werden, um das PMS anzuwenden (vgl. Erdmann, 2007, S. 165 f.). Mithin ist in diesem Kontext nicht nur das Design und die Implementierung, sondern insbesondere auch der dauerhafte Einsatz des PMS zu beleuchten. Mitarbeiter dürfen mit der Anwendung des PMS nicht überfordert werden. Zudem gehen auch Elemente wie die Schwierigkeit der Datenerhebung und die Einfachheit der Informationsdarstellung in diesen Faktor mit ein.
- Die *Aggregationsfähigkeit* stellt die Fähigkeit eines PMS dar, die gesammelten Informationen in ein Führungssystem zu integrieren (vgl. Baumgartner, 2002, S. 21). Das heißt, es muss für alle Ebenen des Unternehmens möglich sein, auf die benötigten Informationen zuzugreifen. Diese müssen logisch miteinander verknüpft sein und auf aggregierten Unterzielen basieren.

- Dem Gedankengang von Baumgartner (2002) folgend, bewertet das Kriterium *Informatisierung*, ob ein PMS die Eigenschaft besitzt, innerhalb von Informationssystemen eingesetzt, bzw. durch diese abgebildet zu werden. Gemeint sind hier sowohl die Datenerhebung (z.B. durch ein ERP-System) als auch die Aufarbeitung und Verteilung an diejenigen Personen, die die Informationen benötigen.
- Mit *Potentialidentifikation* geht ein Kriterium in das Bewertungssystem ein, welches insbesondere den modernen Ansprüchen eines PMS gerecht werden soll. Ein PMS soll nicht nur eine reine Messfunktion erfüllen, sondern auch Hinweise auf Defizite aufzeigen und somit Verbesserungspotentiale identifizieren.
- Das Kriterium *IKT-Ausrichtung* soll dem Forschungsziel „Entwicklung eines Green IT PMS“ zuträglich sein. Hier muss eine Bewertung erfolgen, inwiefern das untersuchte PMS einen speziellen IKT-Fokus aufweist. PMS mit dem spezifischen Ziel der IKT-Steuerung sind selten, weshalb die Fähigkeit eines PMS auch in der IKT anwendbar zu sein von großer Bedeutung ist.

Jedes der Performance Management Systeme, die in dem folgenden Kapitelabschnitt analysiert werden, können mit Hilfe dieser Kriterien objektiv bewertet und verglichen werden. Der Erfüllungsgrad eines Bewertungskriteriums wird durch ein Kreisdiagramm dargestellt. Angefangen bei einem leeren Kreis (0 Punkte) in Viertelschritten hin zu einem vollen Kreis (4 Punkte) ergeben sich 5 Ausprägungen, die abschließend zu einer Gesamtpunktzahl addiert werden können. Abbildung 7 zeigt eine beispielhafte Bewertung zweier Systeme.

Bewertungskriterium	System X	System Y
Prozessorientierung		
Zeitliche Ausrichtung		
Perspektivendiversität		
Strategieausrichtung		
Anwendungsimplicität		
Aggregationsfähigkeit		
Potentialidentifikation		
IKT-Ausrichtung		
Informatisierung		
Gesamte Punktzahl	20	19

	Nicht erfüllt	(entspr. 0 Punkten)
	Im geringen Maß erfüllt	(entspr. 1 Punkt)
	Teilweise erfüllt	(entspr. 2 Punkten)
	Zum großen Teil erfüllt	(entspr. 3 Punkten)
	Vollständig erfüllt	(entspr. 4 Punkten)

Abbildung 37: Beispielhafte Anwendung des Bewertungssystems

Hinsichtlich der Ziele dieses Forschungsprojektes wiegen allerdings einige der Bewertungskriterien stärker als andere. Um die Gewichtungen der Kriterien zu ermitteln, wurde ein Verfahren verwendet, bei dem jedes der Kriterien den anderen gegenübergestellt

wird und entschieden wird welches der beiden dominiert. Tabelle 20 zeigt diese Gegenüberstellung.

Tabelle 53: Gewichtungsverfahren der Bewertungskriterien

Bewertungskriterium			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe	Prozent
1	Prozessorientierung	1		2	1	2	2	0	1	0	0	8	11%
2	Zeitliche Ausrichtung	2	0		0	1	0	0	0	0	0	1	1%
3	Perspektivendiversität	3	1	2		2	2	1	0	0	0	8	11%
4	Strategieausrichtung	4	0	1	0		0	0	0	0	0	1	1%
5	Anwendungssimplizität	5	0	2	0	2		0	0	0	0	4	6%
6	Aggregationsfähigkeit	6	2	2	1	2	2		1	2	2	14	19%
7	Potentialidentifikation	7	1	2	2	2	2	1		1	1	12	17%
8	IKT-Ausrichtung	8	2	2	2	2	2	0	1		1	12	17%
9	Informatisierung	9	2	2	2	2	2	0	1	1		12	17%
												72	100%

Legende	
0:	Senkrecht dominiert
1:	Beide gleichwertig
2:	Waagrecht dominiert

Konkret bedeutet dies, dass beispielsweise die Prozessorientierung die zeitliche Ausrichtung dominiert und deshalb in der Tabelle eine Null eingetragen wird. Da die Prozessorientierung und die Fähigkeit Perspektivendiversität darzustellen ähnlich wichtig sind, wurde in der Tabelle eine Eins eingetragen. So wurde für jedes Kriterium verfahren. Anschließend wurden die Einträge aufsummiert und mit Hilfe der Gesamtanzahl der Einträge die prozentuale Gewichtung der Kriterien ermittelt. Dieses Verfahren ist selbstverständlich stark subjektiv. Im Umkehrschluss bedeutet es aber, dass es immer auf die Bedürfnisse des Benutzers angepasst werden kann. Tabelle 21 zeigt die vollständige Gewichtung der Kriterien.

Tabelle 54: Gewichtungen der Bewertungskriterien

Bewertungskriterium	Gewichtung
Prozessorientierung	11%
Zeitliche Ausrichtung	1%
Perspektivendiversität	11%
Strategieausrichtung	1%
Anwendungssimplizität	6%
Aggregationsfähigkeit	19%
Potentialidentifikation	17%
IKT-Ausrichtung	17%
Informatisierung	17%

Traditionelle Kennzahlensysteme

Traditionelle Kennzahlensysteme unterscheiden sich von PMS, wie in der Einleitung beschrieben, nicht grundsätzlich in den Bestandteilen, sondern eher in ihren Denkweisen, Methoden und Zielen. Traditionelle Kennzahlensysteme existieren bereits seit über 90 Jahren in Unternehmen und wurden zu einer Zeit entwickelt, in der rein finanzielle Sichtweisen stark ausgeprägt waren. Dies hat sich auch in den Kennzahlensystemen manifestiert, die dadurch eine starke monetäre Ausrichtung erhalten haben. Ihre Aufgabe der finanziellen Überwachung erfüllen sie sehr gut, haben aber in jüngerer Vergangenheit den gestiegenen unternehmerischen und organisatorischen Anforderungen nicht standhalten können. In der Literatur werden sie u.a. als vergangenheitsorientiert und begrenzt flexibel bezeichnet (vgl. Hubig, 2008, S. 110 ff.), sowie auf kurzfristigen Erfolg getrimmt und ohne strategischen Fokus (vgl. Bourne et al., 2000, S. 755). Traditionelle Kennzahlensysteme haben sich bis heute in der Praxis bewährt, werden aber immer mehr von den modernen PMS abgelöst. Dennoch sind diese Systeme durch ihren relevanten langjährigen Einsatz erwähnenswert. Zudem schärfen sie das grundlegende Verständnis moderner PMS. Die folgenden zwei Abschnitte erläutern daher die wichtigsten traditionellen Kennzahlensysteme: das DuPont- und das ZVEI-Kennzahlensystem.

DuPont-Kennzahlensystem

Das DuPont-Kennzahlensystem gilt als „Mutter“ oder „Urform“ der traditionellen Kennzahlensysteme (vgl. Erdmann, 2007, S. 71). Es wurde bereits 1919 für den Chemiekonzern DuPont entwickelt und wird bis heute von vielen Universitäten als Beispiel für klassische Kennzahlensysteme verwendet. Es diente vielen weiteren Kennzahlensystemen als Vorbild und hat ihre Weiterentwicklung maßgeblich beeinflusst.

Das DuPont-System (manchmal auch DuPont-Schema genannt) besitzt eine hierarchische Baumstruktur, an deren Spitze die Kennzahl Return-on-Investment (ROI) steht. Intention ist dabei keine absolute Gewinnkennzahl als Unternehmensziel auszurufen, sondern vielmehr eine relative Größe, die mehr Aussagekraft aufweist. Abbildung 8 zeigt das typische DuPont-Kennzahlensystem.

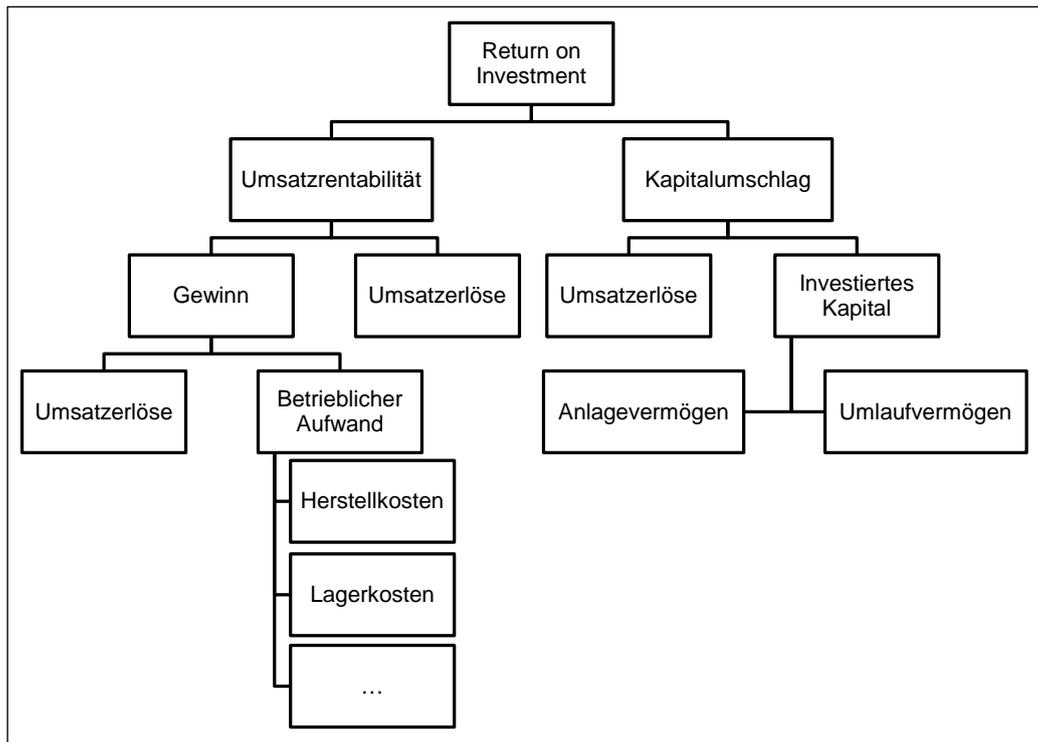


Abbildung 38: Typisches DuPont-Kennzahlensystem (Quelle: Wettstein, 2002, S. 34)

Es fällt auf, dass der ROI als oberste Kennzahl von allen hierarchisch untergeordneten Kennzahlen abhängig ist. Das DuPont-Kennzahlensystem ist ein Rechensystem, das die Verfeinerung bis auf die Ebene einzelner Erfolgsrechnungsposten vornimmt und somit eine sehr hohe Detaillierung erreicht. Durch diese Verfeinerung und rechnerische Aufspaltung der Kennzahlen können die finanziellen Haupteinflussfaktoren identifiziert werden und somit auch spezifische, finanzielle Gründe für den Unternehmenserfolg oder -misserfolg ermittelt werden (vgl. Wettstein, 2002, S. 34). So werden Möglichkeiten geschaffen, die es Unternehmen oder einzelnen Unternehmensteilen (bei gleichem Aufbau des DuPont-Kennzahlensystems) erlauben, genaue (finanzielle) Vergleiche untereinander anzustellen (vgl. Erdmann, 2007, S. 72). Durch die Aufspaltung in viele, voneinander abhängigen Unterkennzahlen können zusätzlich Defizite aufgezeigt werden. Der Grund hierfür liegt vor allem an der ermöglichten detaillierten Betrachtung einzelner Organisationsteile. Dem Management liegen dann ausführliche Zahlen zu Kosten, Erlös, Rentabilität, etc. vor. Basierend auf diesen Zahlen können Organisationsteile betrachtet oder verglichen werden und somit sichtbar gemacht werden, an welchen Stellen der Organisation Defizite vorherrschen. Das DuPont-Kennzahlensystem soll aktiv zur Verbesserung des ROI beitragen (vgl. Gladen, 2011, S. 84) und wird in der Praxis vor allem aufgrund der einfachen Übersicht von Ursache- und Wirkungszusammenhängen geschätzt. Zudem zeichnet sich das DuPont-Schema durch eine formale Geschlossenheit aus, die eine transparente und konsistente Kennzahlenanalyse ermöglicht (vgl. Wettstein, 2002, S. 35).

Die Nachteile des DuPont-Schemas und seiner Derivate wurden zum Teil schon in der Einleitung dieses Kapitel erwähnt. Es wird eine rein finanzielle Perspektive eingenommen und nicht-monetäre oder weiche Faktoren nicht in Betracht gezogen. Auch die u.a. daraus entstehende kurzfristige Orientierung wird oft als zentrales Defizit genannt. Außerdem „[...] ist der ROI als Zielsetzung unterhalb der Unternehmensebene nur für divisionale Organisationsteile (Profit-Center, Investment Center) geeignet“ (Gladen, 2011, S. 88) und vernachlässigt durch die reine ROI-Betrachtung das Liquiditätsziel. Abbildung 9 zeigt die Bewertung des DuPont-Kennzahlensystems mit Hilfe der eingangs vorgestellten Kriterien.

Bewertungskriterium	DuPont
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	15
Gewichtete Gesamtpunktzahl	1,77

Abbildung 39: Bewertung des DuPont-Systems

Das DuPont-System ist übersichtlich und besitzt eine hohe Anwendungssimplizität. Durch den hohen Detaillierungsgrad können Verbesserungspotentiale (teilweise) identifiziert werden und auch die Aggregationsfähigkeit ist ebenfalls teilweise gegeben. Des Weiteren ist es potenziell möglich das DuPont-System in ein Informationssystem zu integrieren. Allerdings ist das DuPont-System stark vergangenheitsorientiert. Weitere Perspektiven als die finanziellen werden nicht integriert und insbesondere die mangelhafte Prozessorientierung, sowie die (verständlicherweise) nicht vorhandene IKT-Ausrichtung sind schwerwiegende Defizite des DuPont-Kennzahlensystems.

ZVEI-Kennzahlensystem

Das ZVEI-Kennzahlensystem hat seinen Ursprung eindeutig im DuPont-Schema und kann als eine direkte Weiterentwicklung dessen aufgefasst werden. Es wurde 1970 in Deutschland vom Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) entwickelt und sollte als branchenneutrales Kennzahlensystem fungieren (vgl. Gladen, 2011, S. 90). Das ZVEI-Kennzahlensystem stellt einen Hybrid aus einem Ordnungssystem und einem Rechensystem dar, wobei das Ordnungssystem das Wachstum eines Unternehmens und das Rechensystem die Struktur des Unternehmens analysieren soll (vgl. Brecht, 2004, S. 156). Abbildung 10 zeigt die Wachstums- und Strukturanalyse.

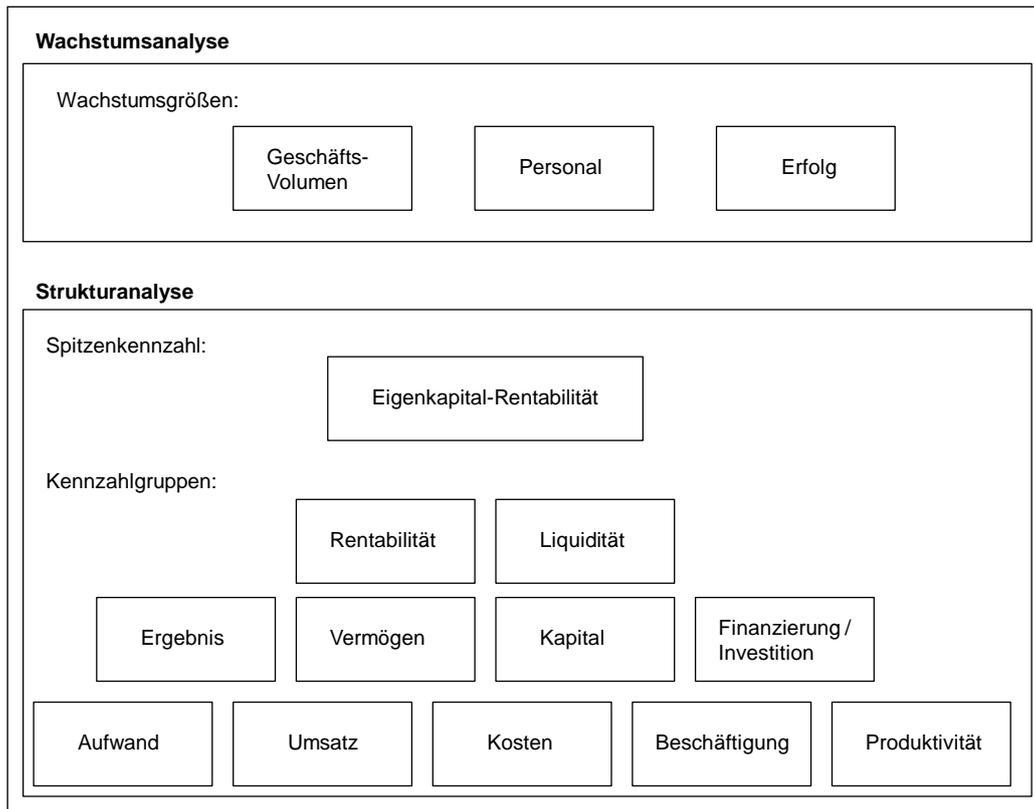


Abbildung 40: ZVEI-Kennzahlensystem (Quelle: Erdmann, 2007, S. 73)

Die Strukturanalyse folgt der gleichen Baumstruktur wie das DuPont-Kennzahlensystem, implementiert jedoch im Gegensatz dazu die Eigenkapital-Rentabilität als Spitzenkennzahl. Die Strukturanalyse bewertet die Risikobelastung bzgl. des eingesetzten Kapitals und stellt ähnlich wie das DuPont-Kennzahlensystem ein Rentabilitätssystem dar (vgl. Gladen, 2011, S. 90).

Die Wachstumsanalyse wird durch die drei Wachstumsgrößen Geschäftsvolumen, Personal und Erfolg repräsentiert, welche wiederum durch insgesamt neun Kennzahlen spezifiziert werden. Diese Kennzahlen sind Veränderungszahlen, die jeweils einen Vergleich mit der Vorperiode anstellen und so das Wachstum des Unternehmens analysieren sollen (vgl. Erdmann, 2007, S. 73).

Laut Aussage der Entwickler hat das ZVEI-Kennzahlensystem drei eindeutige Vorteile (ZVEI, 2011):

1. Die Beschaffung der Daten ist sehr einfach, da alle Daten aus der Bilanz und der Gewinn- und Verlustrechnung stammen.
2. Die Struktur und der Aufbau des Systems sind einfach und übersichtlich.
3. Handhabung und Umsetzung sind einfach zu bewerkstelligen.

Gladen (2011) fügt dem noch hinzu, dass das ZVEI-Kennzahlensystem differenzierte Analysen, z.B. von der Personalsituation, zulässt, was mit Hilfe des DuPont-Kennzahlensystems nicht möglich ist.

Demgegenüber stehen einige Nachteile, allen voran der enorme Umfang des Systems. Insgesamt werden über 80 Kennzahlen und rund 120 Hilfsgrößen in diesem Rechensystem verwendet. Dies führt zu einer gewissen Unübersichtlichkeit, durch welche Fehler provoziert werden können. Zudem konzentriert sich das ZVEI-Kennzahlensystem primär auf monetäre

Kennzahlen und lässt hierdurch nicht-finanzielle Perspektiven vermissen (vgl. Brecht, 2004, S. 162). Das ZVEI-Kennzahlensystem weist ähnlich wie das DuPont-Schema einen sehr vergangenheitsorientierten Charakter auf, hat keinen Bezug zu Funktionsbereichen und ist dementsprechend nur bedingt geeignet Unternehmen in der heutigen, dynamischen und volatilen Geschäftsumwelt zu unterstützen (vgl. Erdmann, 2007, S. 74).

Abbildung 11 zeigt die abschließende Bewertung anhand des Bewertungssystems. Auffällig sind hier die vielen Gemeinsamkeiten mit dem DuPont-Kennzahlensystem.

Bewertungskriterium	ZVEI
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	17
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,00

Abbildung 41: Bewertung des ZVEI-Kennzahlensystems

Die Bewertungen sind denen des DuPont-Systems sehr ähnlich. Durch die starke finanzielle Ausrichtung ist eine Prozessorientierung nur bedingt gegeben. Das Gleiche gilt für die zeitliche Ausrichtung und die Wahl der Perspektiven. Die Vorteile des ZVEI-Kennzahlensystems sind dessen hohe Anwendungssimplizität (trotz der Vielzahl an Kennzahlen) sowie die Möglichkeit durch Festlegen von Zielen Verbesserungspotentiale aufzudecken. Auch ist die potentielle Möglichkeit gegeben, das System in ein IT-System zu integrieren. Die Aggregationsfähigkeit ist ähnlich wie beim DuPont-System gegeben, jedoch nicht sehr stark ausgeprägt.

Die beiden vorgestellten Kennzahlensysteme sind sehr gute Beispiele für traditionelle Kennzahlensysteme, da sie die Stärken und Schwächen dieser Systeme gut und anschaulich aufzeigen. Traditionelle Kennzahlensysteme sind in der Regel einfach strukturiert, übersichtlich und einfach zu handhaben. Außerdem ist die Datenbeschaffung leicht zu bewerkstelligen, da benötigte Kennwerte oftmals der Bilanz oder Gewinn- und -Verlustrechnung entnommen werden können. Traditionelle Kennzahlensysteme sind in der

Lage (finanzielles) Verbesserungspotential aufzudecken und so durch lokale Anreize zur Verbesserung des gesamten Unternehmens beizutragen.

Allerdings sind traditionelle Kennzahlensysteme sehr stark finanziell geprägt und bieten häufig keinen Platz für „weiche“ und/oder nicht-monetäre Faktoren. Auch die daraus resultierende Vergangenheitsorientierung ist in der heutigen Zeit nur bedingt brauchbar. Sie gelten als lokal optimierend, fördern lediglich individuelles Lernen und geben nur individuelle Leistungsanreize (vgl. Schreyer, 2007, S. 43).

Moderne Performance Measurement Systeme

Die sogenannten modernen PMS haben in den vergangenen 30 Jahren durch verschiedene Ansätze versucht die Schwächen der traditionellen Kennzahlensysteme zu beseitigen. Wie im Laufe dieses Kapitels gezeigt wird, sind vor allem ausgewogene Vorgehensweisen sehr beliebt, welche versuchen die finanzielle Sicht mit anderen Sichtweisen/Perspektiven zu ergänzen. Auch die erwähnte Vergangenheitsorientierung und die Loslösung davon haben sehr viel Aufmerksamkeit erhalten. Bourne et al. (2000) fassen die Gründe für die Entwicklung von traditionellen Kennzahlensystemen hin zu modernen PMS sehr gut zusammen, indem sie noch einmal die Schwächen traditioneller Kennzahlensysteme aufzählen (vgl. Bourne et al., 2000, S. 755):

1. Sie regen zu kurzzeitigem Denken an,
2. es fehlt am strategischem Fokus,
3. lokale Optimierung wird bevorzugt,
4. die Reduzierung von Varianzen wird kontinuierlicher Verbesserung vorgezogen und
5. sie haben einen zu starken internen Fokus.

Nun wurde eine Vielzahl von PMS konzipiert, die den Ansprüchen von modernen Unternehmen gerecht werden sollen. Eine vollständige Aufzählung, Analyse und Bewertung dieser Systeme kann dieses Kapitel jedoch nicht leisten. Schreyer (2007) nennt dies sogar eine „in der Realität nicht zu lösende Aufgabe“ (S. 44), weswegen hier nur die einflussreichsten und populärsten PMS Betrachtung finden sollen. Bevor die einzelnen PMS diskutiert werden, muss allerdings noch auf die Gemeinsamkeiten der meisten modernen PMS eingegangen werden.

Eine der Gemeinsamkeiten moderner PMS ist der strategische Fokus und die Korrelation zwischen Kennzahl und PMS (vgl. Braz, Scavarda & Martins, 2011, S. 752). Das heißt, das PMS muss mit Hilfe der Kennzahlen, die es verwendet, die Strategie und die strategische Ausrichtung des Unternehmens bzw. der Organisation widerspiegeln. Eine Ausrichtung von PMS an der Strategie wird als zentraler Erfolgsfaktor angesehen (z.B. Kaplan & Norton, 1996a, S. 6; Neely et al., 2005, S. 1243).

Schreyer argumentiert, dass moderne PMS ihren Aufgaben nachkommen, indem sie den „[...] verwendeten Kennzahlen durch die Einordnung in ein System eine Struktur verleihen, sie in relevante Kategorien gruppieren und zueinander in Ursache-Wirkungs-Beziehungen setzen“ (Schreyer, 2007, S. 44). Vor allem das Herstellen dieser bereits erwähnten Ursache-Wirkungs-Beziehungen ist äußerst wichtig, da sie das Verständnis für die tatsächlichen Zusammenhänge innerhalb eines Unternehmens erhöhen.

Die meisten modernen PMS haben noch einen breiteren, nicht ausschließlich finanziellen Ansatz gemein (vgl. Nudurupati et al., 2011, S. 280; Wettstein, 2002, S. 37) und verfolgen das Ziel, eine ausgewogene Sicht auf das Unternehmen zu schaffen. Dies hat den Hintergrund, dass Unternehmensziele nicht nur auf eine einzige, finanzielle Kennzahl wie den ROI

beschränkt sind, sondern auch die weichen Faktoren als Teile des Unternehmenserfolges integriert werden müssen (z.B. Kunden- oder Mitarbeiterzufriedenheit). Von der Vergangenheitsorientierung als Resultat der finanziellen Fokussierung soll ebenfalls abgewichen werden. Das bedeutet, dass moderne Ansätze ein Unternehmen zukunftsorientiert aufstellen möchten, damit es der dynamischen und volatilen Unternehmensumwelt gewachsen ist (vgl. Braz et al., 2011, S. 752).

Performance Pyramide

Die Performance Pyramide ist einer der ersten ausgewogenen Ansätze, die auf dem Weg zu modernen PMS hervorgegangen ist. Entwickelt von Lynch und Cross (1988 & 1991) ist die Performance Pyramide auch unter dem Akronym SMART (Strategic Measurement Analysis & Reporting Technique) bekannt geworden. Die Performance Pyramide ist ein hierarchisch aufgebautes PMS, mit den drei verschiedenen Anwendungsebenen Unternehmensführung, mittleres Management und operative Ebene. Abbildung 12 zeigt den typischen Aufbau nach Lynch und Cross.

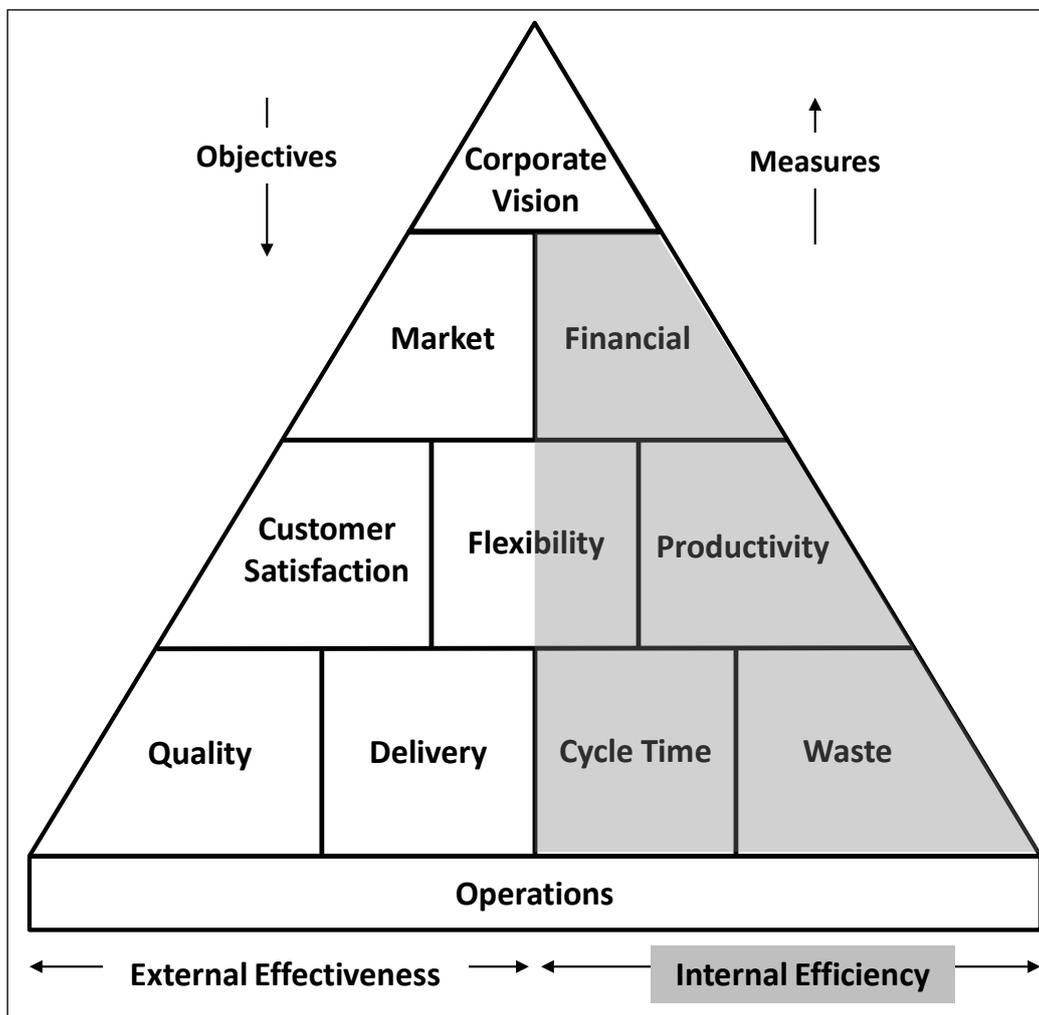


Abbildung 42: Performance Pyramide (Quelle: Lynch & Cross, 1991)

Es werden zwei unterschiedliche Sichten deutlich, die mit Hilfe von entsprechenden Kennzahlen ausgedrückt werden. Erstens die externe Effektivität (in Abbildung 12 weiß hinterlegt) und zweitens die interne Effizienz (in Abbildung 12 grau hinterlegt). Die zuvor erwähnten Anwendungsebenen bilden die drei zentralen Stufen der Pyramide, wobei alle im Unternehmen durchgeführten Aktivitäten als Fundament der Pyramide dienen und die

Unternehmensvision die Spitze darstellt. Durch die Aufteilung in drei Ebenen mit unterschiedlichen Dimensionen ergeben sich auch verschiedene Aufgabengebiete und Zuständigkeitsbereiche. Die Performance Pyramide bietet einerseits einen Top-Down-Ansatz, in dem die ebenenspezifischen Ziele von der Unternehmensvision heruntergebrochen werden können. Andererseits stellt die mögliche Komprimierung der Kennzahlen von der untersten zur obersten Ebene einen Bottom-Up-Ansatz dar (vgl. Erdmann, 2007, S. 136).

Bei einem Top-Down-Ansatz werden ausgehend von der Unternehmensvision Strategien abgeleitet. Darauf aufbauend weist das Management auf dieser Ebene den einzelnen Geschäftseinheiten ihre Rolle im Unternehmen zu und führt die unternehmensweite Ressourcenallokation durch (vgl. Pun & White, 2005, S. 55).

Basierend auf der entwickelten Vision und den ausgerufenen Zielen bricht die Unternehmensleitung in der zweiten Ebene die Gesamtziele auf einzelne, für jede Geschäftseinheit spezifische Markt- und Finanzziele herunter (vgl. Schreyer, 2007, S. 46). Wie in Abbildung 12 zu erkennen ist, werden hierfür Markt- und Finanzkennzahlen verwendet, welche die Unternehmensleitung in ihren Entscheidungen unterstützen sollen.

Das mittlere Management hat nun die Aufgabe Kennzahlen für die Geschäftseinheiten zu entwickeln und diese mit den formulierten Markt- und Finanzziele zu koppeln, so dass eine Überprüfung der gesetzten Ziele ermöglicht wird (vgl. Grüning, 2002, S. 36). Dafür werden sowohl Finanzkennzahlen als auch operative Aspekte in die Überlegungen aufgenommen. Die Kennzahlen, die verwendet werden, bilden die drei Dimensionen Kundenzufriedenheit (Erfüllung von Kundenerwartungen), Flexibilität (Reaktions- und Anpassungsfähigkeit des Geschäftsbereiches) und Produktivität (Effizienz des Ressourceneinsatzes) ab. Diese Kennzahlen haben einen direkten Einfluss auf die beiden Dimensionen (Markt und Finanzen) der oberen Ebene.

Die vierte Ebene (Abteilungen oder Arbeitsplätze) bricht diese drei Kennzahldimensionen auf weitere vier Dimensionen herunter: Qualität, (rechtzeitige) Lieferung, Durchlaufzeit und Ausschuss. Ziel ist es, die Performance dieser vier Gruppen mit Hilfe von operativen Kennzahlen zu messen. Diese Kennzahlen sollen wiederum einen Einfluss auf die Kennzahlen der darüber liegenden Ebene haben. An dieser Stelle wird auch die Aufteilung in externe Effektivität und interne Effizienz deutlicher. Qualität und Lieferung sind extern orientierte Bereiche, die auf die externe übergeordnete Dimension Kundenzufriedenheit und in einem gewissen Maß auch auf die Flexibilität Einfluss nehmen. Dasselbe gilt für Durchlaufzeit und Ausschuss in Bezug auf Produktivität und teilweise auch für die Flexibilität. Durch diese logischen Zusammenhänge schafft es die Performance Pyramide, Ursache-Wirkungsbeziehungen aufzubauen (vgl. Erdmann, 2007, S. 137), welche essentiell sind, um die Zusammenhänge innerhalb des Unternehmens zu verstehen und wiederzugeben. Allerdings gibt es auch Autoren, die der Performance Pyramide die Eignung zur Herstellung solcher Beziehungen mit der Begründung absprechen, dass die hierarchische Verknüpfung der Kennzahlen nicht ausreichend gegeben ist (vgl. Schreyer, 2007, S. 48).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Performance Pyramide bereits einige Vorteile gegenüber traditionellen Kennzahlensystemen besitzt. Sie hilft dem Unternehmen eine Verbindung zwischen Strategie und dem operationellen Tagesgeschäft herzustellen (vgl. Hudson et al., 2001, S. 1102) und gilt als stark benutzerzentriert (vgl. Pun & White, 2005, S. 55). Durch Anwendung der Performance Pyramide wird einem Unternehmen eine Idee und eine Richtung, wie diese Idee umzusetzen ist, vermittelt (vgl. Folan & Browne, 2005, S. 666). Schreyer (2007) weist allerdings darauf hin, dass die Autoren der Performance Pyramide

noch nicht gezeigt haben, dass sich die Performance Pyramide auch in der Praxis durchgesetzt hat (vgl. Schreyer, 2007, S. 48).

Die Nachteile, die dieses PMS mit sich bringt, verhindern einen flächendeckenden Einsatz. So wird beispielsweise die Markt- und Prozessorientierung als mangelhaft bezeichnet, da die Performance Pyramide der Komplexität der Geschäfts- und Unternehmensumwelt nicht gerecht werden kann (vgl. Baumgartner, 2002, S. 23). Hudson et al. (2001) sehen das Hauptproblem in der geringen Detailliertheit, der Form der Kennzahlen selbst und den fehlenden Prozessen zur Findung der Kennzahlen, welche von den Autoren nicht beschrieben werden. Schreyer (2007) argumentiert, dass durch die Einbindung von nur zwei Stakeholdergruppen in dieses PMS auch nur eine „[...] lückenhafte Abdeckung der für den langfristigen Unternehmenserfolg wichtigen Aspekte“ (Schreyer, 2007, S. 48) möglich sei. Abbildung 13 zeigt die abschließende Bewertung mit Hilfe des Bewertungssystems.

Bewertungskriterium	Performance Pyramide
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	20
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,21

Abbildung 43: Bewertung der Performance Pyramide

Die Fähigkeit Verbesserungspotential aufzuzeigen wurde als zum großen Teil erfüllt bewertet, da Zielvereinbarungen vorgesehen sind und so Defizite leicht sichtbar zu machen sind. Die Strategieausrichtung ist vollständig gegeben, werden die Kennzahlen doch von der Strategie abgeleitet. Allerdings ist es eher schwierig die Performance Pyramide ohne viel Aufwand in Informationssysteme zu integrieren und auch die IKT-Ausrichtung ist noch ausbaufähig.

Results & Determinants Matrix

Die Results & Determinants Matrix (R&DM) stellt einen weiteren frühen, ausgewogenen Ansatz eines modernen PMS dar. Die R&DM wurde von Fitzgerald, Johnson, Brignall & Vos (1991) für den Dienstleistungssektor auf der Grundlage einer Studie mit 11

Dienstleistungsunternehmen in Großbritannien entwickelt. Dieser Ansatz ist zwar in der Praxis nicht (mehr) sehr weit verbreitet, hatte aber großen Einfluss auf die Entwicklung von PMS.

Die namensgebenden Ergebnisse (Results) und Treiber (Determinants) stecken hierbei den Rahmen der Performancemessung ab, da davon ausgegangen wurde, dass sich der Unternehmenserfolg grob mit Hilfe dieser beiden Kategorien abbilden lässt (vgl. Folan & Browne, 2005, S. 665). Ergebnisse und Treiber werden wiederum in weitere „dimensions of performance“ aufgeteilt, wobei Treiber in die Gruppen Service-Qualität, Flexibilität, Auslastung und Innovationskraft und die Ergebnisse in Wettbewerbsfähigkeit und finanzielle Ergebnisse untergliedert werden. Tabelle 22 zeigt die ursprüngliche R&DM von Fitzgerald et al. (1991).

Tabelle 55: Ergebnisse-Treiber-Matrix (Quelle: Wettstein, 2002, S. 39)

	Dimensions of performance	Types of measures
Results	Competitiveness	Relative market share and position
		Sales growth
		Measures of the customer base
	Financial	Profitability
		Liquidity
		Capital structure
		Market ratios
	Determinants	Service quality
Responsiveness		
Esthetics / appearance		
Cleanliness / tidiness		
Comfort		
Friendliness		
Communication		
Courtesy		
Access		
Availability		
Security		
Flexibility		Volume flexibility
		Delivery speed flexibility
		Specification flexibility
Resource utilization		Productivity
		Efficiency
Innovation		Performance on the innovation process
		Performance of individual innovations

Die rechte Spalte in obiger Darstellung beinhaltet die Kennzahlen, die vorgeschlagen wurden, um die verschiedenen Gruppen zu erfassen.

Die Handhabung der R&DM ist sehr einfach, da dieser Ansatz viele Dinge, wie z.B. Gruppen und Kennzahlen, vorgibt und es kaum Eigeninitiative von Seiten des Anwenders benötigt. Ein Unternehmen muss also theoretisch nur die angegebenen Kennzahlen mit konkreten Werten ergänzen und soll so einen Überblick über die Performance des Steuerungsobjektes erhalten. Die Aufteilung in insgesamt sechs Gruppen sollte der Erkenntnis gerecht werden, dass der Unternehmenserfolg (wie bereits mehrfach erwähnt) weit über die reine finanzielle Sicht hinausgeht (vgl. Brignall & Ballantine, 1996, S. 8). Auch die Ausrichtung an der Unternehmensstrategie gilt durch den Einsatz von monetären und nicht-monetären Kennzahlen als gewährleistet (vgl. Schreyer, 2007, S.49).

Allerdings muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass zwar eine Vielzahl von Sichten eingearbeitet, die Sicht der Kunden und der Mitarbeiter jedoch nicht berücksichtigt wurden. Zusätzlich wird bei der R&DM bereits betont, dass es die Unterstützung und den Einsatz des gesamten involvierten Managementteams benötigt und nicht nur einige wenige Mitarbeiter (vgl. Pun & White, 2005, S. 56). Obwohl ein logischer Zusammenhang zwischen monetären und nicht-monetären Kennzahlen schwierig scheint, sehen Fitzgerald et al. durch ihren Ansatz eine Möglichkeit die Ursache-Wirkungsbeziehung greifbar zu machen (vgl. Wettstein, 2002, S. 40). Die Ergebnisse stellen sogenannte nachlaufende Indikatoren dar, die von den vorauslaufenden Indikatoren, den Treibern, beeinflusst werden (vgl. Neely, 2002, S. 147). Hudson et al. (2001) sehen in der angemessenen Detaillierung der Kennzahlen, sowie in der Hilfestellung bei der Entwicklung des endgültigen Systems einen Vorteil gegenüber anderen Ansätzen, wie z.B. der Performance Pyramide (vgl. Hudson et al., 2001, S. 1104). Abbildung 14 fasst die Ergebnisse im bekannten Bewertungsschema zusammen.

Bewertungskriterium	R&DM
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungsimplicität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	21
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,26

Abbildung 44: Bewertung der R&DM

Die Prozessorientierung der R&DM ist nicht sehr stark ausgeprägt, weswegen sie hier auch nur mit einem Punkt bewertet wurde. Die zeitliche Ausrichtung ist trotz der nach- und vorlaufenden Indikatoren auch nur teilweise erfüllt. Des Weiteren stellt die starre Anordnung der Perspektiven einen Nachteil dar. Als zusätzliche Nachteile müssen die mangelnde IKT-Ausrichtung sowie die aufwendige Informatisierung genannt werden. Die Vorteile der R&DM liegen u.a. in der starken Strategieausrichtung und in der durch die vorgegebenen Kennzahlen hohen Anwendungssimplizität. Auch die Aggregationsfähigkeit ist bereits stark durch Kennzahlen in allen Unternehmensebenen ausgeprägt. Mit derselben Argumentation wie bei der Performance Pyramide kann von einer hohen Fähigkeit zur Potentialidentifikation gesprochen werden.

Balanced Scorecard

Die von Kaplan und Norton (1992) entwickelte Balanced Scorecard (BSC) ist der wahrscheinlich bekannteste Ansatz zur Leistungsmessung. Die BSC hat das Gebiet des Performance Measurements maßgeblich beeinflusst, wobei viele andere Ansätze unmittelbar auf der BSC und deren Überlegungen basieren.

Die BSC war einer der ersten vollständigen PMS-Ansätze, der sich von der reinen finanziellen Perspektive, die Ende der achtziger Jahre dominierend war, losgelöst hat und einen ausgeglichenen (balanced) Ansatz etabliert hat (vgl. Bititci, Garengo, Dörfler & Nudurupati, 2011, S. 4 ff.). Kaplan und Norton formulierten die Idee, dass der Unternehmenserfolg nicht nur vom finanziellen Erfolg abhängig ist. Vielmehr sind, um eine gewisse Ausgeglichenheit zu erreichen, neben der dominierenden Shareholderperspektive (oder Finanzperspektive) mit Sicht auf das Unternehmen noch die Kundenperspektive (Sicht des Kunden), die interne Prozessperspektive (Sicht des Managements) sowie eine Perspektive Lernen und Entwicklung (Sicht der Mitarbeiter) notwendig (vgl. Kaplan & Norton, 1992, S. 71). Diese Perspektiven sollten in Interaktion miteinander stehen und ausgehend von der Unternehmensvision und -strategie mit Hilfe von Kennzahlen den Unternehmenserfolg gewährleisten. Abbildung 15 zeigt die BSC wie Kaplan und Norton sie vorschlugen.

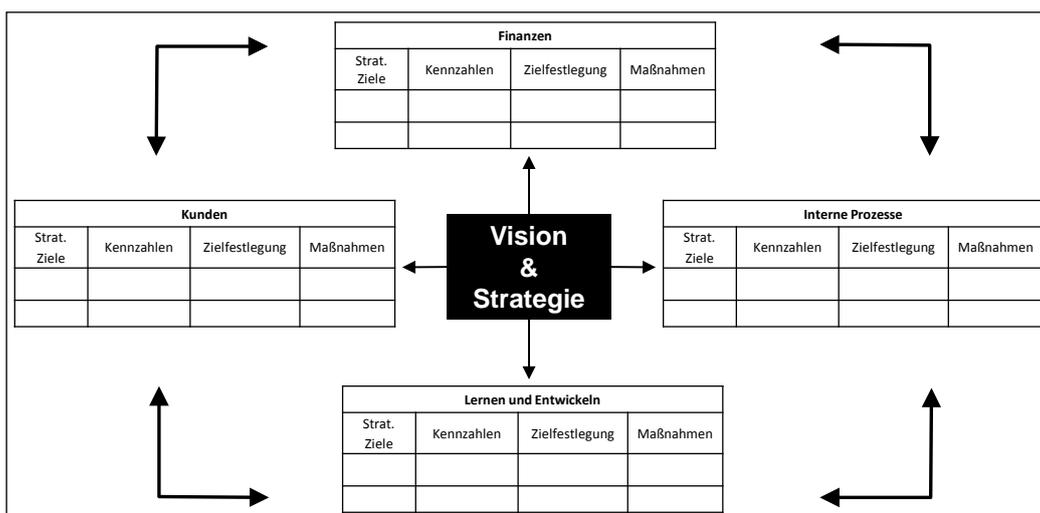


Abbildung 45: Balanced Scorecard nach Kaplan und Norton (Quelle: Kaplan & Norton, 1996, S. 54)

Aus dieser Darstellung der BSC ist die tabellarische Aufteilung in Kennzahlen, Ziele, Zielwerte und Maßnahmen ersichtlich, welche für die Perspektiven entwickelt werden müssen. Jede der Perspektiven hat hierbei unterschiedliche, individuelle Zielsetzungen, die zusammen den langfristigen Unternehmenserfolg sichern sollen. Die Kundenperspektive soll den Fokus auf

die Erfüllung der Wünsche von Bestandskunden und die Akquise neuer Kunden richten. Die interne Prozessperspektive soll dafür sorgen, dass die internen Prozesse effektiv und effizient ablaufen, um dem Kunden die vereinbarten Produkte und/oder Dienstleistungen rechtzeitig und in der geforderten Qualität zu liefern. Mit der Perspektive Lernen und Entwicklung werden Aspekte wie Mitarbeitermotivation, die Entwicklung von Fähigkeiten und die Abstimmung von individuellen und Unternehmenszielen einbezogen (vgl. Kaplan & Norton, 1996a, S. 4 ff.). Dieser Ansatz beschriftet einen neuen Weg im Performance Measurement, wobei die Autoren es so ausdrückten: „The scorecard puts strategy and vision, not control, at the center. It establishes goals but assumes that people will adopt whatever behaviors and take whatever actions are necessary to arrive at these goals“ (Kaplan & Norton, 1992, S. 79). Die von Kaplan und Norton vorgeschlagenen Perspektiven stellen keine festen Vorgaben dar, sondern sind vielmehr frei wählbar. Es wird zudem ausdrücklich empfohlen die Perspektiven für den eigenen, spezifischen Fall anzupassen.

Der Einsatz der BSC sollte im Idealfall durch Implementierung von zusätzlichen Prozessen unterstützt werden. Diese sind nicht zwangsläufig notwendig um eine BSC einzuführen (und sind auch oftmals schon auf unterschiedlicher Art und Weise in einer Organisation vorhanden), dennoch tragen diese Prozesse dazu bei, die Erfolgswahrscheinlichkeit einer Implementierung zu erhöhen. Konkret identifizieren die Autoren der BSC vier Prozesse, die es ermöglichen sollen, die langfristigen, strategischen Ziele mit kurzfristigen, operativen Maßnahmen und Zielen zu verbinden (vgl. Kaplan & Norton, 2007, S. 152 ff.). Der erste Prozess ist als „translating the vision“ bezeichnet und soll dabei helfen die Vision in konkrete Ziele und Aktivitäten zu übersetzen, damit alle Mitarbeiter diese nachvollziehen und danach handeln können. „Communicating and linking“ verfolgt das Ziel, die Strategie und ihre Inhalte in der gesamten Organisation zu verbreiten. Zusätzlich werden die strategischen Ziele mit konkreten operativen Zielen der einzelnen Abteilungen verbunden. Besonderer Wert wird hier erstmals auf die Loslösung von rein finanziellen Indikatoren als Zielerreichungsmessung gelegt. Unter „business planning“ ist ein Prozess für die Ressourcenallokation zu verstehen. Hierbei ermöglicht die ganzheitliche Betrachtung von Geschäfts- und Finanzziele die Vermeidung von Ressourcenkonflikten. Zuletzt stellt „feedback and learning“ dem Unternehmen Werkzeuge für strategisches Lernen zur Seite. Dadurch wird die Weiterentwicklung der Mitarbeiter durch kontinuierliches Lernen gefördert. Die BSC gibt also einen Rahmen vor, in dem zunächst die Vision und Strategie erarbeitet und die Ziele und Vorgaben dann systematisch bis auf die operative Ebene heruntergebrochen werden. So stehen alle Ziele miteinander in Verbindung und es entstehen Wechselwirkungen zwischen den Kennzahlen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass jeder Mitarbeiter versteht, auf welche Ziele er hinarbeitet und wie seine Leistung gemessen und bewertet wird.

Der Entwicklungsprozess einer BSC wird oft in vier Phasen aufgeteilt und im Rahmen eines Projekts bearbeitet (vgl. Kütz, 2002, S. 72 ff.). Abbildung 16 zeigt die vier Phasen sowie einen von Kütz (2002) übernommenen Zeitrahmen für die Phasen.

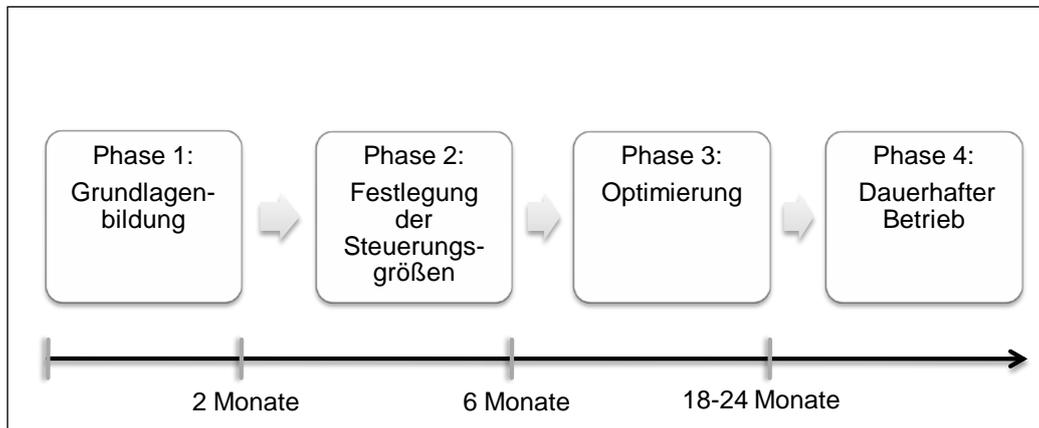


Abbildung 46: Vier Phasen der BSC Implementierung (Kütz, 2002, S. 73)

Die erste Phase ist geprägt von Überlegungen über die grundsätzliche Ausrichtung der BSC, d.h. Vision und Strategie werden festgelegt, langfristige Ziele werden spezifiziert und die organisationale Ausrichtung zur Erreichung dieser Ziele wird definiert. Die Wahl der Perspektiven muss individuell auf die Organisation abgestimmt werden und hängt direkt von der Vision und der Strategie ab.

In der zweiten Phase wird die strategische Orientierung konkretisiert. Auf Grundlage der gewählten Perspektiven werden Kennzahlen und Indikatoren bestimmt, welche die jeweilige Perspektive adäquat repräsentieren. Anschließend werden gemeinsam mit den Kennzahlenverantwortlichen konkrete Zielsetzungen für einzelne Kennzahlen vereinbart werden (vgl. Kaplan & Norton, 2004, S. 9 ff.). Daraufhin werden Aktionen und Maßnahmen identifiziert, die dazu beitragen sollen die Zielwerte zu erreichen. Die Maßnahmen selbst werden ebenfalls mit Kennzahlen zur Überprüfung versehen, um so schließlich zur Einhaltung der Ziele der gesamten Organisation beizutragen (vgl. Friedag & Schmidt, 2002, S. 15 ff.).

In der Optimierungsphase wird die BSC bereits in der Praxis verwendet. Ziel ist es, die Kennzahlen und Zielwerte auf ihre Einsatztauglichkeit zu prüfen und gegebenenfalls zu modifizieren. Diese Feedbackfunktion ist äußerst wichtig, um den langfristigen Erfolg einer BSC zu sichern. Die Zielwerte sollten realistisch sein und die implementierten Kennzahlen müssen auch tatsächlich die Fähigkeit besitzen, die Einhaltung der Ziele zu überprüfen.

In der abschließenden vierten Phase wird die BSC dauerhaft eingesetzt, wobei empfohlen wird, in periodischen Abständen (z.B. ein Jahr) die BSC, ihre Strategien und Ziele, Kennzahlen und Kennzahlenzielwerte kritisch auf Aktualität und Nutzen hin zu überprüfen.

Die BSC als PMS bietet Organisationen erstmals einen vollständig ausgewogenen und ganzheitlichen Ansatz zur Leistungsmessung, wobei Vision und Strategie klar im Mittelpunkt stehen. Es wird zwar darauf hingewiesen, dass einige wichtige Sichten, wie z.B. die Lieferantensicht, nicht berücksichtigt werden (vgl. Schreyer, 2007, S. 52), allerdings weisen die Autoren auch ausdrücklich darauf hin, ihren vorgeschlagenen Perspektiven nicht blind zu folgen. Die BSC stellt Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen operativen und strategischen Kennzahlen her und ermöglicht es somit, alle Bereiche auf ein gemeinsames Ziel auszurichten (vgl. Kaplan & Norton, 2004, S. 37 ff.). Die BSC bezieht harte sowie weiche Faktoren ein und es können nachlaufende und vorlaufende Ergebnisgrößen verwendet werden. Zudem wird eine Trennung von externer Sicht auf das Unternehmen (z.B. Kundenperspektive) und interner Sicht (z.B. interne Prozessperspektive) (vgl. Erdmann, 2007, S. 142) angestrebt. Der Einsatz der BSC ermöglicht die Identifikation von Verbesserungspotentialen innerhalb der gesamten Organisation. Die BSC lässt sich als

Werkzeug in bestehende Managementsysteme einfügen, entfaltet aber die beste Wirkung, wenn sie zusammen mit den oben genannten Prozessen als Managementsystem implementiert werden. Die Autoren formulieren: „Think of the Balanced Scorecard as the dials and indicators in an airplane cockpit“ (Kaplan & Norton, 1992, S. 71). Abbildung 17 zeigt die abschließende Bewertung der BSC.

Bewertungskriterium	BSC
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	31
Gewichtete Gesamtpunktzahl	3,37

Abbildung 47: Bewertung der BSC

Wie an der Bewertung zu erkennen ist, nähert sich die BSC schon bereits einem „idealen“ PMS. Die Prozessorientierung ist voll ausgeprägt, da die Perspektive „interne Prozesse“ direkt darauf abzielt. Die zeitliche Ausrichtung ist bei richtiger Wahl der Kennzahl ebenso vollständig erfüllt und durch die vier Perspektiven (aber auch durch die Anpassungsfähigkeit) wird auf eine differenzierte Sicht des Unternehmens geachtet. Dadurch, dass die BSC in allen Unternehmensebenen eingesetzt wird, wurde die Aggregationsfähigkeit als vollständig erfüllt bewertet. In Kombination mit den verschiedenen Perspektiven und der Prozessorientierung wird auch die Potentialidentifikation als vollständig erfüllt angesehen. Allerdings ist eine Implementierung einer BSC sehr aufwendig und zeitintensiv. Dennoch wurden zwei Punkte vergeben, da bereits sehr viel Literatur und Hilfestellungen erhältlich sind. Eine IKT-Ausrichtung ist bei den gegebenen Perspektiven nur teilweise erfüllt und die Informatisierung mit einigem Aufwand möglich.

Cambridge Performance Measurement Process

Der Cambridge Performance Measurement Process (CPMP) ist ein ganzheitlicher PMS-Ansatz, der eine komplette Methodik für ein PMS vorgibt. Entwickelt von Neely, Mills, Platts, Gregory & Richards (1996) handelt es sich hierbei um einen der ersten Ansätze, bei dem die

vollständige Entwicklung des PMS beschrieben und eine Verwendung von Performancemaßen integriert wird.

Eingeteilt in drei Hauptphasen sollen vom Design bis zur Verwendung alle notwendigen Schritte erklärt und die Einhaltung aller Erfolgsfaktoren sichergestellt werden. Abbildung 18 zeigt den typischen Ablauf einer PMS-Entwicklung und Implementierung nach Neely et al. (1996).

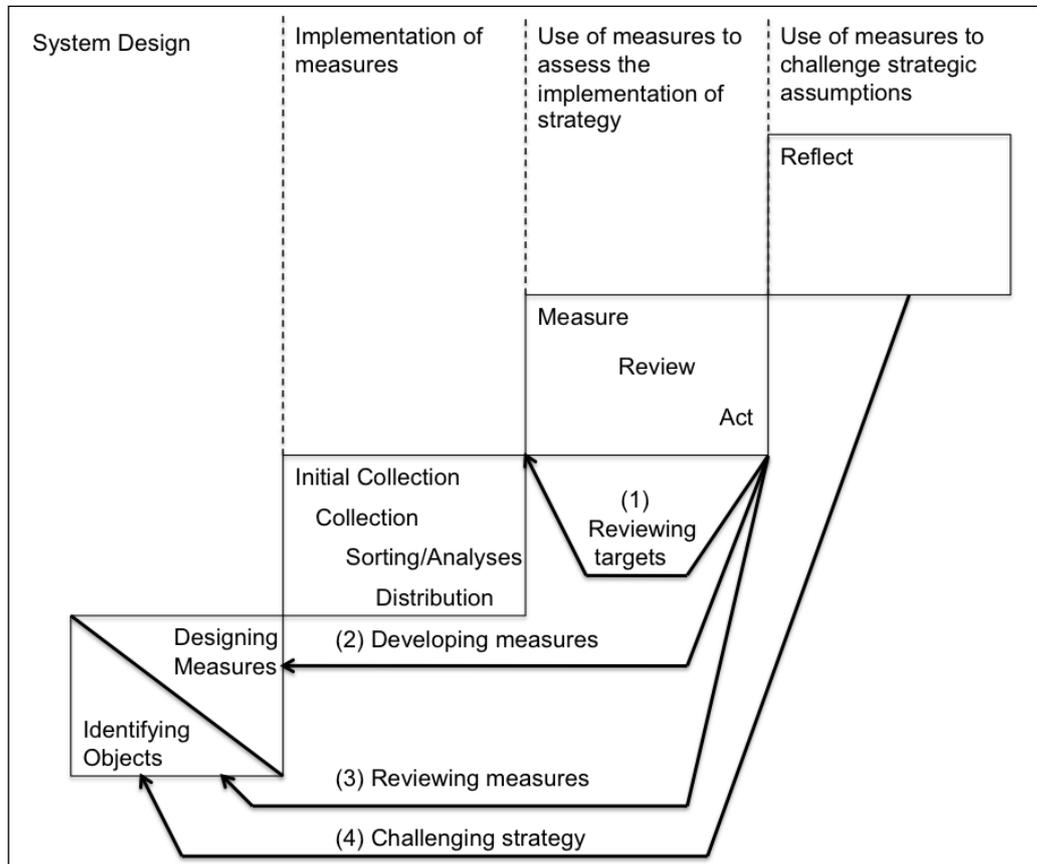


Abbildung 48: Aufbau des CPMP (Quelle: Pun & White, 2005, S. 59)

Nach der ursprünglichen Veröffentlichung wurden noch vier weitere Prozesse [Abbildung 18 nummeriert von (1) bis (4)] hinzugefügt. Diese „updating processes“ wurden nachträglich ergänzt, „[...] to update the performance measurement system over time“ (Bourne et al., 2000, S. 759).

Das Design des PMS steht konsequenterweise zu Beginn in der ersten Phase. Hierbei werden zum einen die Steuerungsobjekte identifiziert und zum anderen die Kennzahlen identifiziert und entwickelt (vgl. Pun & White, 2005, S. 59). Bourne et al. (2000) weisen darauf hin, dass der CPMP zu diesem Zeitpunkt nur einer von zwei Ansätzen war, der Wert darauf legte, die Kennzahlen so subjektiv zu kreieren, dass sie strategieunterstützend wirken (vgl. Bourne et al., 2000, S. 757). Im Gegensatz steht hierzu z.B. die R&DM, bei der die Kennzahlen vorgegeben werden.

Der Designphase logisch folgend wird in der zweiten Phase das PMS im Unternehmen implementiert, wobei der Übergang als fließend beschrieben wird. Diese Phase wird in der Literatur beschrieben als „[...] the phase in which systems and procedures are put in place to collect and process the data that enable the measurements to be made regularly“ (Pun & White, 2005, S. 59). D.h., es gibt keine klare Trennung zwischen den Phasen. Im Gegenteil: die Phasen können sich überlappen, da z.B. einige Kennzahlen eine längere

Implementierungsphase nach sich ziehen als andere (vgl. Taticchi & Balachandran, 2008, S. 145). Diese Phase gleicht also quasi einem Testlauf, bei dem Kennzahlen geprüft und gegebenenfalls wieder verworfen werden bis ein System entwickelt wurde, das den Ansprüchen des Unternehmens gerecht wird.

Angewendet wird das PMS ab Beginn der dritten Hauptphase, welche wiederum in zwei Unterphasen aufgeteilt ist. In der ersten Unterphase werden die Kennzahlen von der Strategie abgeleitet, wobei hier die Hauptaufgabe darin besteht, den Implementierungserfolg der Strategie zu messen (vgl. Bourne et al., 2000, S. 758). Anschließend sollen die gesammelten Informationen und Feedbacks der Kennzahlen dazu verwendet werden, die getroffenen Annahmen und die Gültigkeit der Strategie herauszufordern, zu überprüfen und gegebenenfalls Änderungen einzuleiten (vgl. Pun & White, 2005, S. 59). Es kann also zu Rückkopplungen kommen, die bis in die erste Phase reichen, bei der Kennzahlen und/oder Annahmen identifiziert werden und die das ursprüngliche Design maßgeblich beeinflussen.

Die Entwickler des CPMP sahen die Entwicklung, Einführung und Implementierung als einen kognitiven Prozess, was zur Folge hat, dass dies ein sehr konzeptioneller Ansatz ist (vgl. Taticchi & Balachandran, 2008, S. 145). Der CPMP bietet dem Anwender also sehr viel Freiraum um ein eigenes, auf das Unternehmen zugeschnittene PMS zu entwickeln, anstatt einen starren Rahmen mit zu verwendenden Kennzahlen vorzugeben. Viele Eigenschaften dieses PMS hängen dadurch davon ab, wie erfolgreich die Arbeit des PMS-Teams ist, das ein PMS mit Hilfe des CPMP für ein Unternehmen entwickeln will. Die Bewertung, welche in Abbildung 19 zu sehen ist, muss dementsprechend als subjektiv eingestuft werden, da eine exakte und detaillierte Bewertung sehr stark vom konkreten Fall abhängt.

Bewertungskriterium	CPMP
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	19
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,02

Abbildung 49: Bewertung des CPMP

Die Bewertung des CPMP ist aufgrund des großen Spielraums der einer Organisation gegeben wird sehr durchschnittlich ausgefallen. So hängen die meisten Eigenschaften wie Prozessorientierung, Aggregationsfähigkeit oder Informatisierung sehr stark von der letztlichen Ausprägung des CPMP ab. Die Eigenschaften sind zwar gegeben, können aber nur partiell bewertet werden, weshalb in diesem Fall oftmals mit zwei Punkten bewertet wurde. Die Strategieweiseausrichtung, sowie die differenzierten Perspektiven hingegen sind fest im System verankert. Die beiden Kriterien wurden deshalb auch sehr positiv bewertet. Diese hohe Individualität war auch ausschlaggebend für die negative Bewertung der Anwendungssimplizität, weil beim CPMP das vollständige System von Grund auf von der Organisation selbst gestaltet werden muss.

Consistent Performance Measurement System

Entwickelt von Flapper, Fortuin & Stoop (1996) fokussiert das Consistent Performance Measurement System (CPMS) einen bis zu diesem Zeitpunkt wenig betrachteten Aspekt von Performance Measurement Systemen. Flapper, Stoop und Fortuin erkannten, dass Unternehmen zunehmend Kennzahlen (Performance Indicators, bzw. PIs) und PMS verwendeten, dabei allerdings die Konsistenz außer Acht ließen. Das hieß, dass für unterschiedliche Abteilungen unterschiedliche PIs entwickelt wurden, die oftmals keinen Zusammenhang hatten und deshalb nicht zu einer konsistenten Optimierung führten. Ziel dieses Ansatzes ist es, Relationen zwischen PIs in den Vordergrund zu rücken und dadurch dem Management einen schnellen Überblick darüber zu geben, wie gut die Aufgaben innerhalb des Unternehmens erledigt werden.

Der Entwicklungs- und Implementierungsprozess wird hierbei in drei Hauptschritte unterteilt. Im ersten Schritt werden die benötigten PIs definiert. Aufgrund der Unzufriedenheit der Entwickler mit der bis dato existierenden Klassifizierung von PIs, wurde eine eigens entwickelte Klassifizierung vorgestellt, die PIs in drei intrinsische Dimensionen einteilt: Entscheidungsart (unterschieden in strategisch, taktisch und operational), Verdichtungsgrad (gesamt oder partiell) und Messeinheit (monetär, physikalisch oder dimensionslos) (vgl. Flapper et al., 1996, S. 3). Innerhalb dieser Dimensionen müssen nun PIs definiert werden, wobei wiederum drei verschiedene Typen unterschieden werden: PIs, die eine Bewertung der Leistung des eigenen Unternehmens durch Dritte zulassen; PIs, welche die eigene Leistung durch das Unternehmen selbst bewerten lassen, sowie PIs, welche die Leistung Dritter, die Aktivitäten für das Unternehmen durchführen, bewerten sollen.

Im zweiten Schritt werden Relationen zwischen den einzelnen PIs definiert. Hier unterscheiden Flapper et al. zwischen internen Beziehungen (PIs die im Kontext einer gemeinsamen Funktion verwendet werden) und externen Beziehungen (PIs die im Zusammenhang stehen, aber nicht innerhalb derselben Funktion verwendet werden) (vgl. Flapper et al., 1996, S. 6). Die verantwortlichen Mitarbeiter müssen nun mit Hilfe der eingeführten Klassifizierung Relationen zwischen den PIs identifizieren und definieren, und somit sämtliche PIs mittelbar mit den Unternehmenszielen verbinden. Dadurch entstehen „Parent-PIs“, die von „Children-PIs“ beeinflusst werden, die wiederum ebenfalls „Children-PIs“ aufweisen können. Dadurch ergibt sich eine logische, hierarchische PI-Struktur, die bis zum Unternehmensziel durch Relationen zwischen den PIs geprägt ist.

Der dritte Schritt des CPMS verfolgt die Ausarbeitung der Zielsetzungen für die PIs. Die Autoren weisen ausdrücklich darauf hin, dass ein PMS durch die Wertebereiche, welche die PIs annehmen können und zusätzlich durch die daraus ausgelösten Aktivitäten innerhalb des Unternehmens charakterisiert wird (vgl. Flapper et al., 1996, S. 7). Da häufig ein Top-Down-

Ansatz verwendet wird, werden Zielwerte für die „Parent-PIs“ gesetzt, welche dann auf die Zielwerte der „Children-PIs“ heruntergebrochen werden, wodurch vielfach Wechselwirkungsbeziehungen entstehen. Die verschiedenen PIs beeinflussen sich gegenseitig, sodass auch die Relationen zwischen den PIs sichtbar werden. Der Zielsetzungsprozess wird durch Verhandlungen geprägt, die „Arbeitgeber“ und „Arbeitnehmer“ sowie „Lieferanten“ und „Kunden“ im weiteren Sinne involvieren. Die letztliche Festlegung der Zielwerte wird allerdings von dem verantwortlichen Manager vorgenommen.

Das CPMS ist ein sehr konzeptioneller Ansatz, da hier keine PIs vorgeschlagen werden, sondern nur ein Plan vorgegeben wird. Genau dieser Aspekt wird in der Literatur bemängelt, Hudson et al. (2001) bemerken u.a., dass zwar ein detaillierter Entwicklungs- und Implementierungsprozess vorgegeben wird „[...] but [it] fails to specify a balanced approach for critical dimensions of performance“ (Hudson et al., 2001, S. 1104). Der Ansatz gilt einerseits als sehr flexibel, da er auf viele Gegebenheiten angepasst werden kann. Andererseits auch als ungenau, da er sehr viel Interpretationsspielraum zulässt. Ähnlich wie bei dem CPMP ist das entstehende PMS letzten Endes abhängig davon, wie das PMS-Entwicklerteam den Ansatz von Flapper et al. umsetzt. Die Bewertung, die in Abbildung 20 zu sehen ist, ist deshalb auch ähnlich wie die des CPMP ausgefallen.

Bewertungskriterium	CPMS
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	21
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,37

Abbildung 50: Bewertung des CPMS

Einzig die Aggregationsfähigkeit, sowie die Potentialidentifikation wurden beim CPMS höher bewertet als beim CPMP. Dies hat vor allem die ausgeprägte Verknüpfung zwischen „Parent-PIs“ und „Children-PIs“ als Hintergrund, gewährleistet diese doch letztlich, dass die

Kennzahlen aller Unternehmensebenen miteinander in Wechselwirkung stehen und so auch Defizite klar sichtbar gemacht werden können.

Integrated Performance Measurement System

Der Ansatz des Integrated Performance Measurement System (IPMS) unterscheidet sich signifikant von den bisher betrachteten Ansätzen. Entwickelt von Bititci, Turner & Begemann (1997), besteht der Ansatz aus einem Referenzmodell für IPMS, welches den Performance Management Prozess als geschlossenen Regelkreis ansieht (vgl. Taticchi & Balachandran, 2008, S. 145). Ziel des Regelkreises ist es, anhand der aufgestellten Strategie und durch unternehmensinternes Feedback die Steuerung der Unternehmensperformance zu gewährleisten.

Das ursprüngliche Modell besteht aus vier Ebenen, die in Wechselwirkung zueinander stehen und gleichzeitig hat jede Ebene noch vier Elemente zu berücksichtigen. Abbildung 21 zeigt den Aufbau des Referenzmodells des IPMS nach Bititci & Carrie (1998).

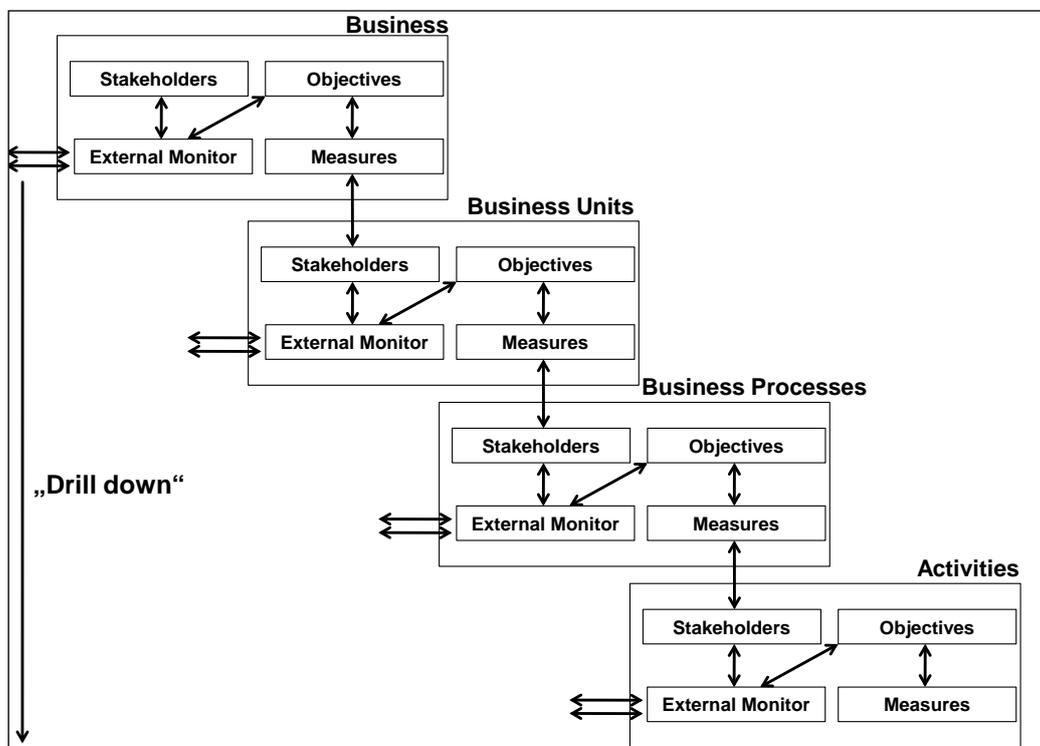


Abbildung 51: Aufbau des Referenzmodells des IPMS (Quelle: Bititci & Carrie, 1998, S. 5)

Der Aufbau folgt einer hierarchischen Struktur, wobei die oberste Ebene die Unternehmensebene darstellt und die unterste Ebene einzelne Aktivitäten repräsentiert, welche im Unternehmen durchgeführt werden.

Das Herzstück des Performance Measurement Prozesses dieses Modells ist laut den Autoren „[...] an information system which enables the closed loop deployment and feedback system“ (Bititci et al., 1997, S. 524). Das beschriebene System ist ein in sich geschlossenes PMS, wobei hier zwei Ziele verfolgt werden: zum einen soll es die Entwicklung und den Einsatz der strategischen und taktischen Unternehmensziele ermöglichen (Deployment); zum anderen soll es einen kontinuierlichen Fluss von Feedbacks geben, um kontinuierlich Verbesserungspotentiale aufzuzeigen (Feedback). Abbildung 22 stellt das IPMS grafisch dar.



Abbildung 52: Gesamtansicht des IPMS (Quelle: Bititci et al., 1997, S. 524)

Dabei soll das PMS vor allem die strategischen Aussichten und Faktoren der externen Geschäftsumwelt sowie interne Strukturen, wie z.B. Organisationsaufbau oder Prozessabläufe, berücksichtigen (vgl. Bititci et al., 1997, S. 525). Aufbauend auf ihren Forschungsergebnissen haben Bititci et al. zwei zentrale Faktoren identifiziert, die für den eigentlichen Aufbau und die Konfiguration des PMS von zentraler Bedeutung sind: die Integrität des Systems (Integrity) sowie der Einsatz des IPMS im Unternehmen (Deployment). Im Gegensatz zum zuvor erwähnten allgemeinen Aufbau bestimmen diese beiden Faktoren die innere Zusammensetzung des IPMS, d.h. mit ihrer Hilfe werden die Kennzahlen und Indikatoren, die im PMS ihren Einsatz finden, entwickelt.

Integrity wird hier als Eigenschaft des PMS verstanden, verschiedene Unternehmensaspekte in Einklang zu bringen (vgl. Bititci et al., 1997, S. 526). Insgesamt wurden fünf Systeme identifiziert, zwischen denen Zusammenhänge bestehen und welche im IPMS miteinander verbunden werden müssen. Das Deployment ist in der Gesamtansicht (vgl. Abbildung 22) grafisch dargestellt und ist als Top-Down-Umsetzung zu verstehen, bei der sichergestellt werden soll, dass die Kennzahlen auf jeder Ebene auch die Ziele und Methoden dieser Ebene widerspiegeln (vgl. Bititci et al., 1997, S. 526). Abbildung 23 zeigt den inneren Aufbau des IPMS mit den Eigenschaften Integrity und Deployment.

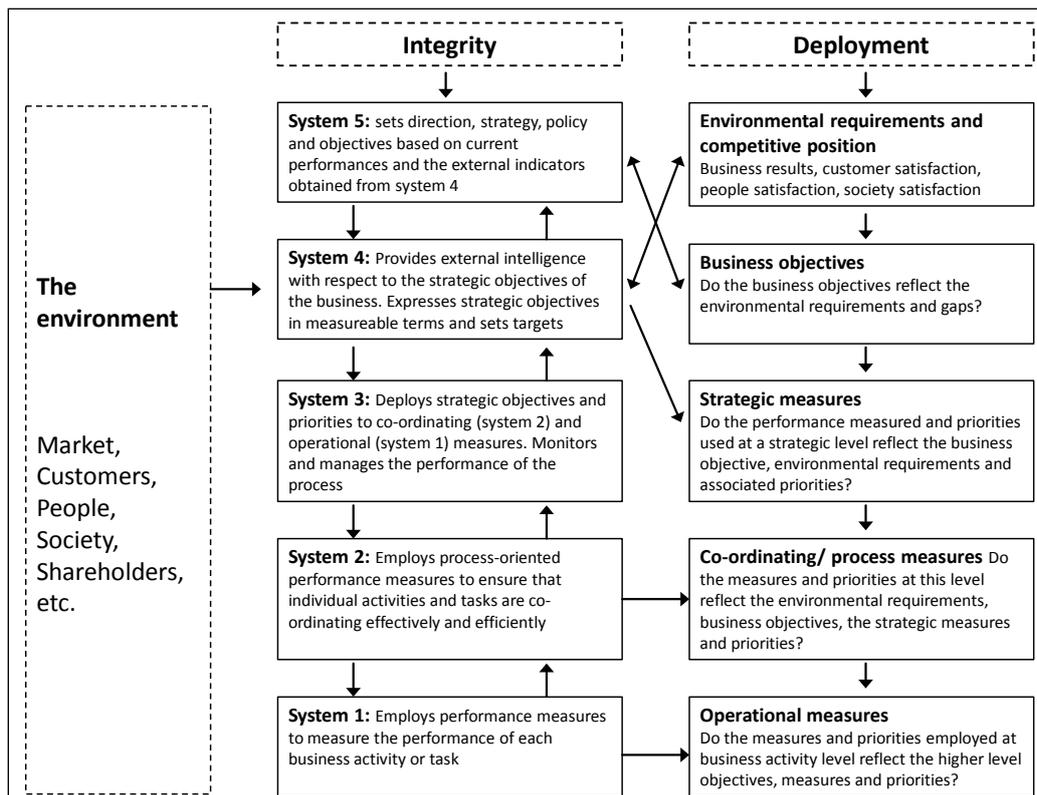


Abbildung 53: Innerer Aufbau des IPMS (Quelle: Pun & White, 2005, S. 61)

In der Darstellung sind Interaktionen zwischen den fünf Systemen untereinander und zwischen den Eigenschaften Integrity und Deployment erkennbar. Auch entscheidungskritische äußere Einflüsse der Umwelt („The Environment“) wurden integriert. Die Aufgaben der jeweiligen Systeme können der Darstellung entnommen werden. System 1 ist beispielsweise für den Einsatz der Kennzahlen zuständig und System 5 gibt die Strategie und Ziele vor, mit denen das gesamte PMS arbeiten soll.

Das IPMS stellt einen komplexen, dafür aber recht vollständigen Ansatz eines PMS dar. Der Ansatz des Referenzmodells geht über das PMS hinaus. Im Grunde gibt es einen groben theoretischen Rahmen vor, in dem sich eine Organisation bewegen soll und welcher durch die Entwicklung eines PMS konkretisiert werden muss. Das PMS ist also die Grundlage für einen ganzheitlichen Denkansatz. Das IPMS berücksichtigt den Einfluss externer Faktoren auf das Unternehmen und betont die Verbindung der unterschiedlichen Kennzahlenebenen. Dadurch können komplexe Ursache-Wirkungsbeziehungen betrachtet und einbezogen werden (vgl. Taticchi & Balachandran, 2008, S. 145). Durch den Fokus auf Aktivitäten ist zudem die Prozessorientierung gegeben. Das IPMS lässt sich gut in bereits bestehende Systeme einfügen, jedoch mangelt es an einem strukturierten Prozess, um bei der Erarbeitung von Zielen und einer zeitlichen Planung der Entwicklung und der Implementierung behilflich zu sein (vgl. Hudson et al., 2001, S. 1104). Die Bewertung des IPMS, die in Abbildung 24 zu sehen ist, fällt dementsprechend sehr positiv aus.

Bewertungskriterium	IPMS
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	27
Gewichtete Gesamtpunktzahl	2,96

Abbildung 54: Bewertung des IPMS

Das IPMS weist einige Schwachstellen auf. Zum einen ist es der sehr hohe Aufwand, der für die Entwicklung und Implementierung notwendig ist. Zum anderen ist das System nur teilweise auf IT ausgerichtet und lässt sich auch nur mit erhöhtem Aufwand in Informationssysteme integrieren.

Dynamic Performance Measurement System

Aufbauend auf dem im vorherigen Teilkapitel beschriebenen IPMS entwickelten Bititci, Turner & Begemann (2000) das Dynamic Performance Measurement System (DPMS). Ähnlich wie beim IPMS wird bei diesem Ansatz versucht, viele neue Ideen zu integrieren. Das DPMS wurde als selbstauditierendes (durch die Einbettung von dynamischen Veränderungsprozessen im Aufbau) PMS geschaffen, das in Konformität zu dem im IPMS geschaffenen Referenzmodell steht (vgl. Taticchi & Balachandran, 2008, S. 146). Vor allem der Einsatz von IT-basierten Management Werkzeugen steht beim DPMS im Vordergrund.

Bititci et al. (2000) fanden bei Untersuchungen von IPMS verwendenden Unternehmen unterschiedliche Anregungen, welche die Entwicklung des DPMS voranbrachten. Durch Befragungen der Unternehmen wurde ersichtlich, dass ein PMS dynamisch sein muss (vgl. Bititci et al., 2000, S. 694). D.h., dass Veränderungen in der Unternehmensumwelt auch Veränderungen innerhalb des PMS nach sich ziehen müssen, allerdings ohne dabei eine Neuentwicklung des gesamten PMS-Konzeptes notwendig zu machen. Bititci et al. (2000) identifizierten verschiedene Barrieren innerhalb von Unternehmen, die unter Umständen die Implementierung eines dynamischen PMS erschweren:

- die mangelhafte Verwendung eines gut strukturierten PMS-Bezugssystems,

Unternehmensführung bei der Entscheidungsfindung. Ein Beispiel hierfür könnte die Festlegung von internen Zielwerten sein (vgl. Bititci et al., 2000, S. 696). Das interne Deployment System ist für die Verteilung von Zielwerten und gewählten Prioritäten an die kritischen Stellen innerhalb des Unternehmens zuständig, die mit Hilfe des Review Systems erarbeitet wurden (vgl. Pun & White, 2005, S. 62). Die Autoren weisen allerdings ausdrücklich darauf hin, dass dieses System nur ein Modell der Wirklichkeit darstellt und es in der Praxis häufig zu unvorhersehbaren Ereignissen kommt, die Veränderungen für das gesamte PMS nach sich ziehen (vgl. Bititci et al., 2000, S. 696). Die Autoren merken zudem an, dass sehr häufig Veränderungen innerhalb einzelner Geschäftsabteilungen hervorgerufen werden (also nicht top-down) und kommen so zu dem Schluss, dass solch ein DPMS nicht nur für das gesamte Unternehmen verwendet werden, sondern für jede Geschäftseinheit und sogar für jeden Geschäftsprozess gelten sollte (vgl. Abbildung 26).

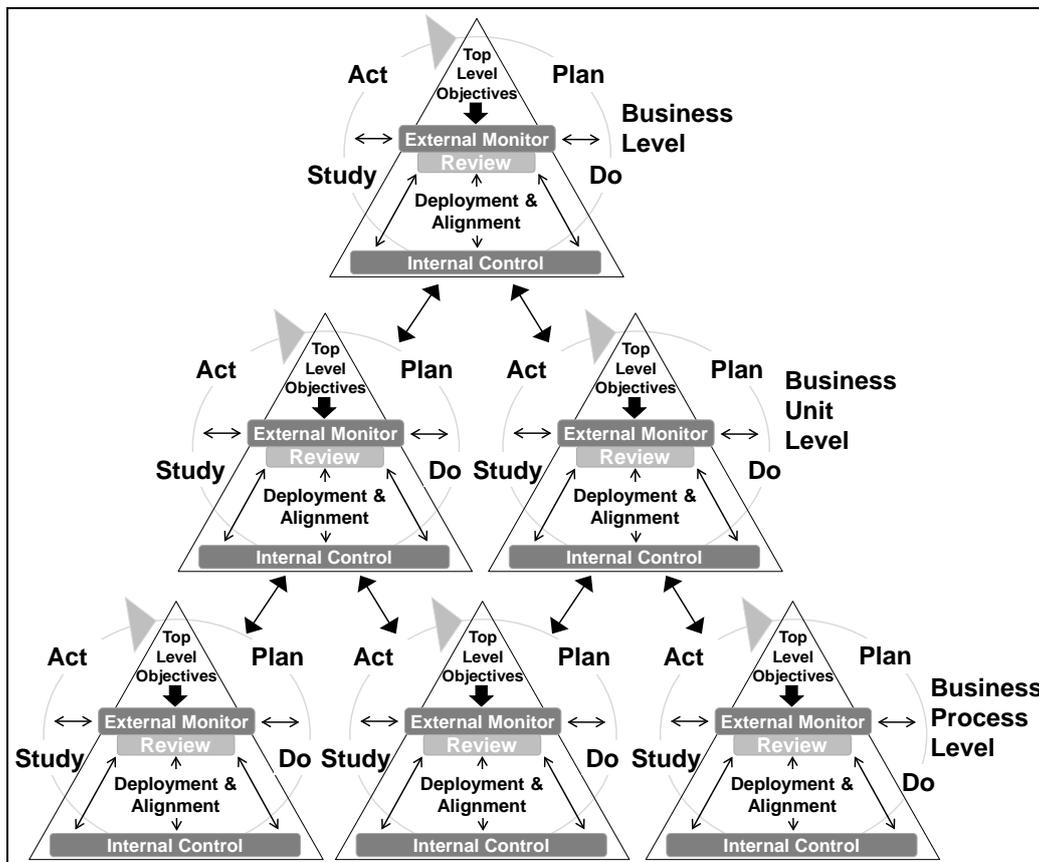


Abbildung 56: Integrierte DPMS (Quelle Bititci et al., 2000, S. 697)

Um zu erreichen, dass die verschiedenen Ebenen nicht losgelöst voneinander agieren und um die Aktivitäten zu bündeln, ist eine IT-Plattform unumgänglich (Bititci et al., 2000, S. 697). Damit diese IT-Plattform ihre Aufgaben adäquat erfüllen kann, wurden wiederum vier Hauptcharakteristika identifiziert:

Die IT-Plattform muss es möglich machen, dass das PMS nicht nur überwacht werden kann, vielmehr muss ein „executive information system“ für die Unternehmensleitung bereitgestellt werden (vgl. Pun & White, 2005, S. 62). Dieses System ermöglicht es der Unternehmensführung Aktivitäten zu überwachen und gegebenenfalls korrigierend einzugreifen. Die IT-Plattform muss nicht nur dazu in der Lage sein, die oben angesprochenen Elemente des DPMS zu integrieren, sondern sie sollte auch gleichzeitig in das existierende Managementsystem des Unternehmens integrierbar sein (vgl. Taticchi &

Balachandran, 2008, S. 146). Letztlich muss die IT-Plattform einfache Performance-Management-Regeln befolgen können, wie beispielsweise im Falle der Über- oder Unterschreitung bestimmter Kennzahlenschwellenwerte ein Alarmsignal an die richtige Stelle zu senden (Bititci et al., 2000, S. 697).

Da das DPMS auf dem durchdachten IPMS basiert und dieses um weitere Funktionalitäten erweitert, stellt es einen ganzheitlichen und zusätzlich dynamischen PMS-Ansatz dar. Das DPMS ist prozessorientiert, ermöglicht eine Einbindung in bereits vorhandene Managementsysteme und besitzt außerdem eine starke IT-Affinität, wobei IT-Systeme hier als Hilfestellung und nicht als Steuerungsobjekt Verwendung finden. Das DPMS beinhaltet selbstverständlich noch Verbesserungspotential (z.B. bei der Kennzahlendefinition, bei der kaum eine Hilfestellung gegeben ist). Wie die Bewertung in Abbildung 27 allerdings zeigt, stellt es eine konsequente Weiterentwicklung des IPMS dar.

Bewertungskriterium	DPMS
Prozessorientierung (11%)	●
Zeitliche Ausrichtung (1%)	●
Perspektivendiversität (11%)	●
Strategieausrichtung (1%)	●
Anwendungssimplizität (6%)	○
Aggregationsfähigkeit (19%)	●
Potentialidentifikation (17%)	◐
IKT-Ausrichtung (17%)	◐
Informatisierung (17%)	●
Absolute Gesamtpunktzahl	30
Gewichtete Gesamtpunktzahl	3,42

Abbildung 57: Bewertung des DPMS

Diese Weiterentwicklung schlägt sich vor allem in der starken IKT-Ausrichtung und dem im Konzept integrierten Verlangen nieder, das DPMS in ein Informationssystem einzubetten. Allerdings ist dies auch mit weiterem Aufwand verbunden, so dass die Anwendungssimplizität mit null Punkten bewertet wurde.

Comparative Business Scorecard

Die Comparative Business Scorecard (CBS) von Kanji (1998) (oft auch Kanji's Business Scorecard oder KBS genannt) ist ein Ansatz, der sehr stark auf der Balanced Scorecard von Kaplan und Norton aufbaut. Die CBS ist Teil von Kanji's Business Excellence Model, in welchem versucht wird, Business Excellence (BE) greifbar zu machen und Erfolgsfaktoren zu

identifizieren (Kanji, 1998; Kanji & Sá, 2002 & 2007). Da das vollständige Modell allerdings weit über ein „reines“ PMS hinausgeht, liegt der Fokus an dieser Stelle auf der CBS.

Die vier erläuterten Perspektiven der BSC von Kaplan und Norton (1992) wurden für die CBS zwar modifiziert, wie Kanji und Sá (2002) aber selber vermerken, ist der Grundgedanke hinter den Perspektiven ein sehr ähnlicher (für einen ausführlichen Vergleich, siehe Kanji & Sá (2002), S. 20 ff.). Die vier Perspektiven der CBS sind Maximierung des Stakeholder Value, Verwirklichung von Prozessexzellenz, Verbesserung des organisationalen Lernens sowie die Befriedigung von Stakeholder-Ansprüchen. Innerhalb jeder Perspektive gibt es verschiedene kritische Erfolgsfaktoren, deren Erfüllung, bzw. Einhaltung den Unternehmenserfolg stark beeinflussen (vgl. Abbildung 28: Aufbau der CBS (Quelle: Kanji & Sá, 2002, S. 20)).

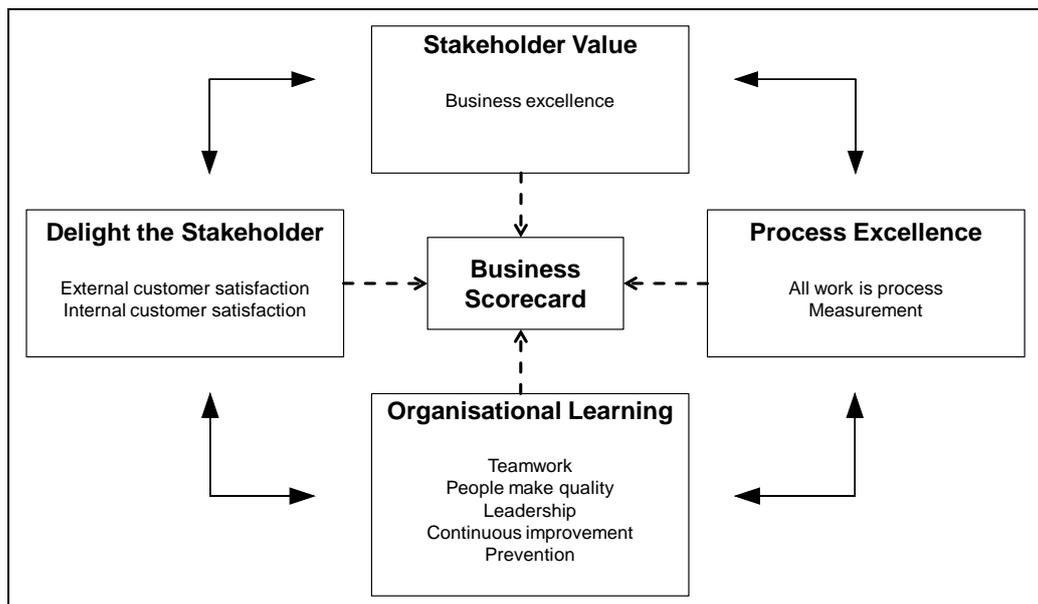


Abbildung 58: Aufbau der CBS (Quelle: Kanji & Sá, 2002, S. 20)

Die Perspektiven wurden bewusst in einem Kreis angeordnet, da Unternehmen „[...] need to ensure that their achievements in these areas feed off each other to form a cycle of continuous improvement“ (Kanji, 1998, S. 634). Durch diese Anordnung soll außerdem die Ausgewogenheit innerhalb des Konzeptes sichergestellt werden. Da jede Perspektive eine andere beeinflusst, muss jeder Perspektive die gleiche Aufmerksamkeit zuteilwerden. Damit soll erreicht werden, dass alle unternehmensinternen Mitarbeiter das Unternehmen in Gänze einsehen können und mehr Transparenz geschaffen wird (vgl. Kanji, 1998, S. 635).

Die Perspektive „Befriedigung von Stakeholder-Ansprüchen“ soll hierbei einen Schritt weiter gehen als die von Kaplan und Norton entwickelte Kundenperspektive. Ziel ist es, nicht nur die Kunden zu berücksichtigen, sondern die Erwartungen und Bedürfnisse aller Stakeholder, die für den Unternehmenserfolg von Bedeutung sind (vgl. Kanji & Sá, 2002, S. 20). Dies spiegelt sich in den zwei Erfolgsfaktoren in Form der Befriedigung der Bedürfnisse von externen und internen Stakeholdern wider.

Fällt die Betrachtung auf die Stakeholder Value Perspektive, lassen sich auch hier Parallelen zur klassischen BSC finden. Diese Perspektive ist vergleichbar mit der Finanzperspektive, jedoch gehen die Autoren auch hier einen Schritt weiter, da hier nicht nur der Shareholder Value (also die Finanzen) betrachtet, sondern wiederum der Stakeholder Value integriert wird (vgl. Kanji & Sá, 2002, S. 22). Der als Business Excellence bezeichnete Erfolgsfaktor

innerhalb der Perspektive wird definiert als die gleichzeitige Befriedigung der Bedürfnisse aller Stakeholder, muss aber vielmehr als streben nach operationeller Exzellenz verstanden werden. Denn dadurch werden im Umkehrschluss die Bedürfnisse aller Stakeholder nach einer erfolgreichen Organisation befriedigt. Die Bestimmung der Business Excellence setzt die Messung anderer Erfolgsfaktoren durch das PMS voraus (vgl. Kanji & Sá, 2007, S. 49).

Das Erreichen von Prozessexzellenz wird sehr stark vom Erfolgsfaktor Business Excellence beeinflusst. In dieser Perspektive wird die starke Prozessorientierung deutlich. Die Autoren erörtern, dass „[...] organizations need to recognize that all work is process“ (Kanji & Sá, 2002, S. 22). Prozessexzellenz kann nur erreicht werden, indem sich das Unternehmen bewusst wird, in welchen Prozessen es sich auszeichnen muss und die gesetzten Ziele durch kontinuierliches Messen der Ergebnisse überprüft.

Die vierte Perspektive des organisationalen Lernens hat vor allem zum Ziel, der Dynamik und Volatilität der modernen Geschäftswelt gerecht zu werden (vgl. Pun & White, 2005, S. 58). Erfolgsfaktoren, wie z.B. Teamwork oder Leadership sollen gewährleisten, dass das Unternehmen eine Philosophie der Veränderung verinnerlicht und so auf ständig wechselnde Kundenwünsche und unternehmerische Erfolgsfaktoren reagieren kann (vgl. Kanji & Sá, 2002, S. 22).

Die eigentliche Entwicklung der spezifischen Scorecard und seiner Kennzahlen verläuft ähnlich wie es der ursprüngliche Entwicklungsprozess der klassischen BSC vorsieht. Kanji hält ebenso wie Kaplan und Norton eine Ausrichtung der Kennzahlen an der Strategie und den Werten der Organisation für sehr wichtig und plädiert für die Mitarbeit der beteiligten Entscheidungsträger (vgl. Kanji, 1998, S. 641). Es wurde ein mathematisches Modell entwickelt, welches die Ursache-Wirkungsbeziehungen für jede Organisation individuell darstellen kann und so aufzeigt, welche Perspektiven sich wie stark (oder schwach) beeinflussen. Darüber hinaus werden Verbesserungspotentiale aufgezeigt (vgl. Kanji & Sá, 2002, S. 26).

Die CBS zeigt auf, wie der durchdachte und weit verbreitete BSC-Ansatz weiter verbessert werden kann. Die CBS gilt ebenfalls als ganzheitlicher Ansatz, der sowohl Hilfestellungen für die Entwicklung des PMS, als auch für die Entwicklung der einzelnen Kennzahlen gibt. Wie in der Bewertung in Abbildung 29 sichtbar wird, besitzt dieser Ansatz wenige Schwachstellen und stellt eine konsequente Weiterentwicklung der BSC dar.

Bewertungskriterium	CBS
Prozessorientierung (11%)	●
Zeitliche Ausrichtung (1%)	●
Perspektivendiversität (11%)	●
Strategieausrichtung (1%)	●
Anwendungsimplicität (6%)	◐
Aggregationsfähigkeit (19%)	●
Potentialidentifikation (17%)	●
IKT-Ausrichtung (17%)	◑
Informatisierung (17%)	◑
Absolute Gesamtpunktzahl	29
Gewichtete Gesamtpunktzahl	3,14

Abbildung 59: Bewertung der CBS

Die Bewertung ist sehr ähnlich wie die der traditionellen BSC, da die grundlegenden Prinzipien hinter beiden Konzepten sehr ähnlich sind. Die Anwendungsimplicität wurde allerdings schlechter benotet, da die Literatur zur Unterstützung und die ausführlichen Erfahrungswerte hier nicht gegeben sind. Auch die Informatisierung wurde mit zwei Punkten ein wenig schlechter benotet, sind die Perspektiven doch weitaus schwieriger in bestehende Systeme zu integrieren.

IKT-fokussierende Ansätze

Die dritte und letzte Gruppe von Ansätzen zur Leistungsmessung, die hier betrachtet wird, befasst sich mit Konzepten, die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) als Steuerungsobjekt betrachten. Dieser Bereich des Performance Measurement ist noch nicht weitreichend etabliert, weshalb häufig innerhalb von IKT-Abteilungen und -Organisationen eher allgemeine Ansätze Verwendung finden. Es wird dabei versucht, die Ideen und Strategien des Performance Measurement für die IKT als Steuerungsobjekt zu übernehmen und gegebenenfalls zu modifizieren. Wie bereits erwähnt, hängen Erfolg und Misserfolg oftmals stark von der Anpassungsfähigkeit der Ansätze auf die speziellen Bedürfnisse und Gegebenheiten jeder Organisation ab. Es ist daher konsequent, Ansätze zu entwickeln, die speziell auf IKT-Organisationen und deren Bedürfnisse angepasst sind. Im Folgenden werden Ansätze vorgestellt, die bereits existierende Konzepte integrieren und dabei an die spezifischen Anforderungen der IKT anpassen.

IT Balanced Scorecard

Die IT Balanced Scorecard (IT BSC) ist ein Performance Measurement Konzept, das auf der klassischen BSC von Kaplan und Norton (1992) basiert, weshalb viele Prozesse, Ideen und

Hintergründe sehr ähnlich, bisweilen auch gleich erscheinen. Aus diesem Grund werden hier nur die IT-spezifischen Besonderheiten betrachtet. Prozesse der Implementierung und Schritte, die im Vergleich zur BSC identisch sind, werden hier nicht noch einmal explizit erläutert.

Den wahrscheinlich größten Unterschied zur herkömmlichen BSC macht die Wahl der Perspektiven aus. Wie in Abschnitt 0 beschrieben wurde, ist die Perspektivenwahl sehr wichtig, um das gewünschte Steuerungsobjekt adäquat zu steuern und die Leistung geeignet zu messen. Nun gibt es auch hier eine theoretisch unerschöpfliche Anzahl von Perspektiven, die gewählt werden können, wobei in der Literatur bereits einige Vorschläge unterbreitet wurden (vgl. Van Grembergen & Van Bruggen, 1997; Martisons, Davison & Tse, 1999; Gold, 2003). Es gilt auch hier, dass jede Organisation die Wahl der Perspektiven gründlich abwägen und nicht auf Standardlösungen zurückgreifen sollte, ohne diese auf ihre Tauglichkeit zu prüfen. Nichtsdestotrotz sollen einige in der Literatur genannte Perspektiven vorgestellt werden, da sie typische Anforderungen des IT-Managements widerspiegeln. Abbildung 30 zeigt die vier Perspektiven, die von Van Grembergen (2004) vorgeschlagen werden.

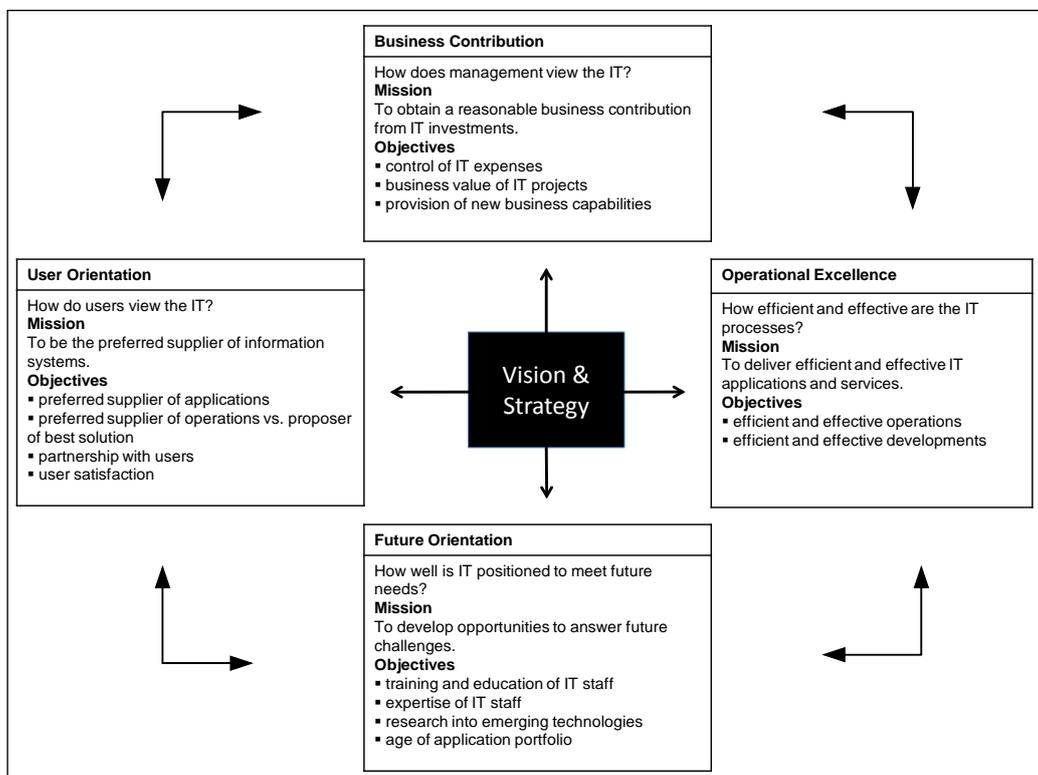


Abbildung 60: Generische IT BSC (Quelle: Van Grembergen, 2004, S. 131)

In der präsentierten Darstellung werden Beschreibung, Mission und Ziele dokumentiert, die Van Grembergen mit seiner Version der IT BSC zu erreichen versucht. Insbesondere die Kombination der Kennzahlen aus „Outcome Measures“ (z.B. Anzahl der „Function Points“ pro Mitarbeiter und Monat) und „Performance Drivers“ (z.B. Anzahl der Fortbildungstage pro Mitarbeiter und Monat) erscheinen dem Autor sehr wichtig (vgl. Van Grembergen, 2004, S. 131). Des Weiteren ist durch die Perspektive „Business Contribution“ gewährleistet, dass die Verbindung von IT und dem operativen Geschäft gegeben ist. Die Ursache-Wirkungsbeziehungen sind ebenfalls gegeben, da die Perspektiven sich gegenseitig beeinflussen: Eine bessere Ausbildung der Mitarbeiter (Future Orientation) führt zu besserer Qualität der Arbeit (Operational Excellence) und dadurch können die Bedürfnisse des

Benutzers besser bedient werden (User Orientation). Schließlich führt dies zu einem höheren Beitrag der Unterstützung zum operativen Geschäft (Business Contribution).

Gold (2003) identifiziert neben der Perspektivenwahl vier weitere Aspekte, die für eine erfolgreiche Verwendung einer IT BSC berücksichtigt werden müssen (vgl. Gold, 2003, S. 1). Zunächst argumentiert er, dass besonders IT Organisationen in einem „politischen“ Umfeld agieren und deshalb noch stärker als andere Abteilungen ihre Entscheidungen begründen müssen. Deshalb ist es besonders wichtig alle relevanten Stakeholder zu sensibilisieren und sie von der Einführung und dem Nutzen einer IT BSC zu überzeugen. Der zweite Aspekt, der daran anknüpft, begründet sich darin, dass Gold (2003) der Meinung ist, dass die IT BSC nur mit der entsprechenden Zustimmung erfolgreich sein kann. Viele Autoren stimmen in diesem Punkt, unabhängig vom Steuerungsobjekt der BSC, überein (vgl. Kaplan & Norton, 1996, 1996a; Neely, 2005; Kütz, 2006). Dieser Aspekt ist von besonderer Wichtigkeit, da IT-Organisationen oftmals gefordert sind ihre Wertschöpfung und den Nutzen ihrer Dienstleistungen explizit darzustellen, sowie Transparenz gegenüber dem Leistungsabnehmer zu schaffen. Durch das Involvieren Dritter soll zudem größere Akzeptanz geschaffen werden.

Gold (2003) betont, dass Kosten immer einen zentralen Platz eingenommen haben und trotz aller Bemühungen um eine ausgewogene Betrachtung weiterhin im Mittelpunkt stehen. Insbesondere IT-Organisationen sollten sich daher bewusst sein, dass sie in der Betrachtung durch Dritte oftmals auf Finanzkennzahlen reduziert werden und auf diese Verzerrung reagieren müssen. Der letzte Erfolgsfaktor, welchen Gold (2003) beschreibt, ist die Verpflichtung zur Veränderung. Vor allem innerhalb der IT unterliegen Ansprüche und Bedürfnisse stetigen Schwankungen. Die Mitarbeiter und damit auch die IT BSC müssen in der Lage sein sich zu verändern, um neuen Voraussetzungen und Herausforderungen erfolgreich gegenüberzutreten zu können.

Die Verwendung der IT BSC weist, wie bereits angemerkt, sehr viele Parallelen zu der Verwendung der klassischen BSC auf. Die Erfolgsfaktoren sind grundsätzlich gleich, jedoch wird bei der IT BSC explizit auf die speziellen Aspekte im IT-Bereich eingegangen, wodurch zusätzliche Erfolgsfaktoren und Charakteristika in Erscheinung treten, die eine IT BSC aufweisen muss. Insbesondere die strategische Ausrichtung an der Unternehmensstrategie (vgl. Van Grembergen & de Has, 2005, S. 3), sowie das Involvieren aller beteiligten Akteure und die transparente Darstellung der Leistung der IT-Organisation (vgl. Kütz, 2006) werden hierbei häufig erwähnt. Die Bewertung ist mit Ausnahme der IKT-Ausrichtung verständlicherweise beinahe identisch mit der Bewertung der BSC. Abbildung 31 zeigt die Bewertung.

Bewertungskriterium	IT BSC
Prozessorientierung (11%)	●
Zeitliche Ausrichtung (1%)	●
Perspektivendiversität (11%)	●
Strategieausrichtung (1%)	●
Anwendungssimplizität (6%)	◐
Aggregationsfähigkeit (19%)	●
Potentialidentifikation (17%)	●
IKT-Ausrichtung (17%)	●
Informatisierung (17%)	◑
Absolute Gesamtpunktzahl	33
Gewichtete Gesamtpunktzahl	3,71

Abbildung 61: Bewertung der IT BSC

Die IT BSC stellt sich nach der Bewertung als das fast ideale PMS dar. Die für das Forschungsprojekt wichtige IKT-Ausrichtung ist vollständig gegeben und auch die Informatisierung ist stark ausgeprägt. Alle weiteren Kriterien haben die identische Anzahl an Punkte erhalten wie auch schon die BSC. Die Anwendungssimplizität ist weiterhin bedingt nachteilig, da der gesamte Entwicklungs- und Implementierungsprozess aufwendig ist.

IT-Kennzahlensystem von Kütz

Das nun vorgestellte Kennzahlensystem wurde von Kütz (2006) entwickelt und zielt konkret auf die Steuerung von IT-Organisationen ab. Obwohl es den Namen Kennzahlensystem trägt, handelt es sich dennoch um einen modernen PMS Ansatz, da die in Kapitel 2 erwähnten Eigenschaften eines modernen PMS gegeben sind. Kütz' Ansatz ist sehr ausführlich und die dahinterstehende Theorie sehr präzise durchdacht und hat daher in dieser Arbeit bereits mehrfach Ausdruck gefunden. Der Ansatz sieht den Manager und das IT-Controlling im Mittelpunkt des IT-Kennzahlensystems. Der Manager muss Entscheidungen treffen, die immer mit einer Unsicherheit belastet sind. Um seine Entscheidungen transparent und nachvollziehbar zu gestalten, sollte ein Kennzahlensystem im Rahmen des IT-Controllings eingesetzt werden.

Kütz sieht dabei die Steuerung in Form eines Regelkreises als unabdingbar. Abbildung 32 zeigt den von Kütz erdachten Regelkreis.

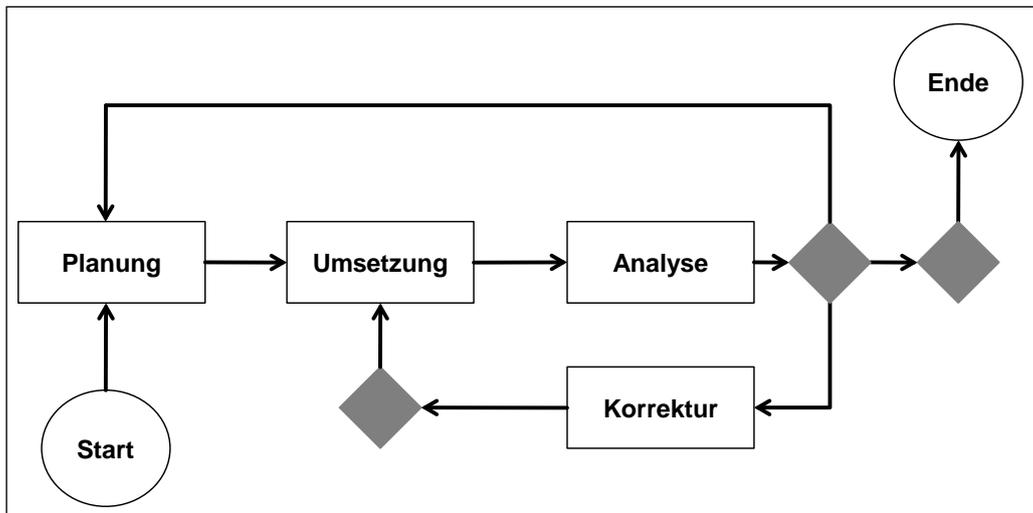


Abbildung 62: Regelkreis der Steuerung (Quelle: Kütz, 2006, S. 12)

Im Rahmen der Planung werden zunächst Strategien, Ziele und Maßnahmen festgelegt. Anschließend folgt die Umsetzung der geplanten Elemente, wobei regelmäßige Analysen durchgeführt werden, um eventuelle Abweichungen zu erkennen. Abhängig vom Umfang der Abweichungen oder Unstimmigkeiten werden Korrekturen einzelner Maßnahmen oder Ziele notwendig. Im schlimmsten Fall muss das Kennzahlensystem umfassend neu geplant werden. Durch diesen Aufbau wird eine sehr detaillierte Analyse der Gegebenheiten innerhalb der IT Organisation erreicht und das Kennzahlensystem dynamisch aufgebaut, da Veränderungen bereits beim Aufbau berücksichtigt werden. Kütz vertritt die Ansicht, dass die Ursache-Wirkungsbeziehungen nicht zwangsläufig von Belang sind, sondern eine exakte Ausrichtung der Kennzahlen auf das definierte Steuerungsobjekt ausreicht (vgl. Kütz, 2006, S. 22).

Die Steuerungsobjekte sind die erste von mehreren inhaltlichen Anforderungen, die Kütz an ein IT-Kennzahlensystem stellt. Diese wurden zuvor vorgestellt: IT-Organisation, IT-Systeme, IT-Projekte, IT-Prozesse und IT-Services. Jedes der Steuerungsobjekte bringt unterschiedliche Voraussetzungen mit sich und stellt Entwickler von Kennzahlensystemen vor spezifische Herausforderungen. Die Gegebenheiten müssen in jedem Fall individuell betrachtet werden, wobei zusätzlich zu den Steuerungsobjekten auch geklärt werden muss, wie und was gesteuert werden soll. Kütz unterscheidet dabei zwischen IT-Demand, IT-Supply und IT-Governance als „Einsatzbereiche“ für ein Kennzahlensystem. Auch hier gilt wieder, dass jeder Einsatzbereich unterschiedliche Voraussetzungen und Herausforderungen mit sich bringt und deshalb jede neue Entwicklung individuell betrachtet werden muss.

Kütz beschreibt spezifische Aufgaben, die von einem IT-Kennzahlensystem erfüllt werden müssen. Er betont, dass das Kennzahlensystem als Modell des Steuerungsobjektes konzipiert werden muss und dementsprechend nicht nur ein gültiges Kennzahlensystem existiert, sondern beliebig viele Systeme als Modell des Steuerungsobjektes vorhanden sein können. IT-Organisationen weisen häufig viele Gemeinsamkeiten auf, jedoch sind die Unterschiede ebenso zahlreich, weshalb Kütz der Meinung ist, dass es das universelle IT-Kennzahlensystem nicht gibt (vgl. Kütz, 2006, S. 33). Zusätzlich muss ein Kennzahlensystem für die Zielformulierung unterstützend sein. Das bedeutet, dass das Kennzahlensystem so aufgebaut sein muss, dass es die Entwickler und die Verantwortlichen für die Kennzahlen dazu antreibt „[...] Ziele sauber und präzise zu quantifizieren“ (Kütz, 2006, S. 34).

Das Kennzahlensystem muss in der Lage sein, den tatsächlichen Zustand (Ist-Zustand) des Steuerungsobjektes wiederzugeben. Es muss regelmäßig auf diese Eigenschaft hin überprüft

werden. Dies hat zur Folge, dass man erstens hierdurch bewerten kann, ob ein Ziel erreicht wurde und dass zweitens Abweichungen so messbar gemacht werden können (nach oben und nach unten). Dieser Ist-Zustand muss möglichst zeitnah ermittelt werden können, um eine adäquate Steuerung zu ermöglichen.

Dieser Aspekt stellt eine weitere Aufgabe von Kennzahlensystemen dar: Der Manager muss auf das Steuerungsobjekt Einfluss nehmen können, weshalb der Entscheidungsfindungsprozess unterstützt werden muss und bestenfalls auch noch dokumentiert wird. Zuletzt sollte in Kennzahlensystemen die Managementkommunikation unterstützt werden, da insbesondere zwischen Manager und zielsetzender Instanz (z.B. Aufsichtsrat) eine adäquate Kommunikation über die Einhaltung der Ziele gewährleistet sein muss. Die anschauliche und kompakte Präsentation der Informationen ist ein weiterer wichtiger Aspekt, da ein Kennzahlensystem in der Lage sein muss, die enthaltenen Informationen verständlich und übersichtlich darzustellen.

Kütz gibt keine spezielle Struktur des Kennzahlensystems vor, sondern gibt vielmehr eine Übersicht über die Arten von Systemen und unterscheidet hierbei zwischen zeitorientierten, sichtenorientierten (z.B. BSC) und hierarchieorientierten Systemen. Kütz empfiehlt zwar, eine Struktur zu wählen, die bereits in anderen Steuerungskonzepten innerhalb des Unternehmens verwendet wird, dennoch wird keine Struktur hervorgehoben. Die Entwickler eines Kennzahlensystems sollen stattdessen Vor- und Nachteile individuell beurteilen.

Es werden zahlreiche Vorlagen (Templates) für mögliche Kennzahlen vorgegeben und auch anhand von ausführlichen Praxisbeispielen gezeigt, wie man Kennzahlensysteme und speziell Kennzahlen selbst entwickeln und einsetzen kann. Tabelle 23 zeigt das Template für Basisgrößen von Prozesskennzahlen.

Tabelle 56: Prozesskennzahlentemplate (Quelle: Kütz, 2006, S. 103)

Unterkategorie	Pflichtkennzahlen	Optionale oder alternative Kennzahlen
Leistungen	Anzahl Durchläufe, Termineinhaltungsgrad	Reaktionszeit, Laufzeit
Verbräuche	Ressourcenverbrauch	Stückkostensatz
Qualitäten	Anzahl Störungen (incidents)	Anzahl Probleme (problems)

Die Bewertung des IT-Kennzahlensystems von Kütz ist schwierig, da sehr viele Freiheiten gewährt werden. Der Aufbau eines Kennzahlensystems und die Motivation und Aufgaben dahinter werden zwar sehr detailliert erklärt, allerdings wird kein konkretes Modell vorgeschlagen, sondern vielmehr mögliche Strukturen erläutert. Einerseits kann dies als positiv empfunden werden, da sich IT-Organisationen unterscheiden und so gewährleistet ist, dass keine Standardlösung verwendet wird. Andererseits ist es oft nicht notwendig einen eigenen neuen Entwicklungsprozess anzustoßen und damit völlig neue Systeme zu entwickeln. Durch die ausführlichen Praxisbeispiele werden mögliche Ansätze und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Allerdings bleiben viele der Eigenschaften des Bewertungskataloges schwierig einzuschätzen, da sie zu stark von der individuellen Prägung des Kennzahlensystems, welches am Schluss konzipiert wird, abhängig sind. Dennoch erfüllt Kütz' Ansatz viele der Bewertungskriterien zufriedenstellend. Abbildung 33 zeigt die Bewertung.

Bewertungskriterium	Kütz
Prozessorientierung (11%)	
Zeitliche Ausrichtung (1%)	
Perspektivendiversität (11%)	
Strategieausrichtung (1%)	
Anwendungssimplizität (6%)	
Aggregationsfähigkeit (19%)	
Potentialidentifikation (17%)	
IKT-Ausrichtung (17%)	
Informatisierung (17%)	
Absolute Gesamtpunktzahl	28
Gewichtete Gesamtpunktzahl	3,22

Abbildung 63: Bewertung des IT-Kennzahlensystems von Kütz

Der große Vorteil des Kennzahlensystems von Kütz liegt eindeutig in der IKT-Ausrichtung. Kütz' System basiert auf vielen Jahren Erfahrung und dies spiegelt sich in der ausführlichen Anleitung und den vielen Kennzahlenvorschlägen wieder. Allerdings macht genau dieser Punkt Kütz' System auch relativ komplex. Die weiteren Kriterien sind (mit einigen kleinen Abstrichen) zum großen Teil erfüllt, basiert das System von Kütz doch teils sehr stark auf der Balanced Scorecard. Ähnlich wie bei dem CPMP, ist der letztendliche Erfolg des Systems wieder sehr stark fallabhängig, was beispielsweise eine volle Punktzahl bei der Aggregationsfähigkeit verhindert.

Weitere PMS-Ansätze

Die Performance Measurement Systeme, welche bis hierher betrachtet wurden, repräsentieren die populärsten und weitestgehend anerkannten Ansätze im Performance Measurement. Diese Tabelle ist dabei nicht als vollständige Auflistung zu verstehen, sondern stellt nur weitere PMS dar, die in der gängigen Literatur Beachtung gefunden haben. Es existiert daneben noch eine Vielzahl weiterer PMS und Derivate. Eine genauere, noch umfassendere Analyse aller Performance Measurement Systeme ist an dieser Stelle nicht zielführend.

Tabelle 24 listet weitere ausgewählte PMS chronologisch auf.

Diese Tabelle ist dabei nicht als vollständige Auflistung zu verstehen, sondern stellt nur weitere PMS dar, die in der gängigen Literatur Beachtung gefunden haben. Es existiert daneben noch eine Vielzahl weiterer PMS und Derivate. Eine genauere, noch umfassendere Analyse aller Performance Measurement Systeme ist an dieser Stelle nicht zielführend.

Tabelle 57: Chronologische Übersicht über weitere PMS-Ansätze (Eigene Darstellung)

Performance Measurement System	Quelle
Data Envelopment Analysis (DEA)	Charles et al. (1987)
The Performance Measurement Matrix	Keegan et al. (1989)
Harman-Ansatz	Beischel und Smith (1991)
Tableau du Bord*	Lebas (1994)
Quantum Performance Measurement	Hronec (1996)
European Business and Excellence Mode	EFQM (1999)
Process performance measurement system	Küng (2001)
The Performance Prism	Neely und Adams (2001)

Gesamtbetrachtung der Bewertungen

Abschließend werden nun die Bewertungen aller Systeme und Ansätze nebeneinander betrachtet. Dies soll einen Überblick über Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme ermöglichen und außerdem noch einmal die Möglichkeit bieten alle PMS im direkten Vergleich zu studieren. Abbildung 34 zeigt diese Gegenüberstellung. Das höchst bewertete System ist demnach die IT BSC, da sie fast alle Kriterien sehr zufriedenstellend erfüllt. Allerdings sind auch das DPMS, die BSC und das Kennzahlensystem von Kütz sehr gut bewertet worden und können durchaus als mögliche Alternativen in Betracht gezogen werden.

Bewertungskriterium	DuPont	ZVEI	PP	R&DM	BSC	CPMP	CPMS	IPMS	DPMS	CBS	IT BSC	Kütz
Prozessorientierung (11%)												
Zeitliche Ausrichtung (1%)												
Perspektivendiversität (11%)												
Strategieausrichtung (1%)												
Anwendungsimplicität (6%)												
Aggregationsfähigkeit (19%)												
Potentialidentifikation (17%)												
IKT-Ausrichtung (17%)												
Informatisierung (17%)												
Absolute Gesamtpunktzahl	15	17	20	21	31	19	21	27	30	29	33	28
Gewichtete Gesamtpunktzahl	1,77	2,00	2,21	2,26	3,37	2,02	2,37	2,96	3,42	3,14	3,71	3,22

Abbildung 64: Übersicht der Gesamtbewertung

State of the Art: Performance Measurement Systeme

Nach diesem Überblick über die populärsten PMS-Ansätze wird in diesem Kapitel geklärt, welche der Ansätze dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. In die Betrachtung wird auch eingehen, welche PMS für die Zukunft gerüstet sind, welche PMS den aktuellen Trends der globalisierten Wirtschaft gerecht werden können und es wird versucht, die Trends im Performance Measurement selbst aufzuzeigen. Diese Betrachtung wird in Form einer Literaturanalyse durchgeführt, die auf wissenschaftlichen Publikationen über Performance Measurement Systeme basiert. Um bewerten zu können, welche PMS den Stand der Technik darstellen, muss man sich zunächst der Evolution der PMS bewusst werden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle eine kurze Übersicht über die Entwicklung von PMS präsentiert. Im Anschluss wird die aktuelle Literatur analysiert, um herauszufinden, welche PMS den aktuellen Anforderungen entsprechen. Abschließend folgt ein Überblick über die Trends und Treiber, die zukünftige PMS beeinflussen werden.

Ebenso wie auch andere Managementtools sind PMS im Laufe der Zeit weiterentwickelt worden. Neue Ansätze wurden konzipiert und lösten existierende Ideen ab. Dabei spiegeln die PMS die gegenwärtigen Anforderungen der jeweiligen Ära wider. Die 50er Jahre waren beispielsweise durch die Anfänge der Globalisierung und einen starken Anstieg der Produktivität geprägt, weshalb Leistungsmessungsinstrumente dieser Zeit einen sehr starken finanziellen Fokus hatten (vgl. Bititci, Garengo, Dörfler & Nudurupati, 2011, S. 4). So wie sich die Ansprüche an Unternehmen in einer globalisierten Wirtschaft verändert haben, so haben sich auch die PMS verändert, um diesen Ansprüchen gerecht zu werden. Aus diesem Grund muss man sich den Herausforderungen von Heute und Morgen bewusst sein, um diejenigen PMS zu identifizieren, die den Stand der Technik repräsentieren.

Abbildung 35 zeigt eine Übersicht über die Evolution von PMS seit Anfang des letzten Jahrhunderts. Zudem zeigt sie die Treiber und Kräfte, welche die Entwicklung der PMS in der jeweiligen Epoche geprägt haben.

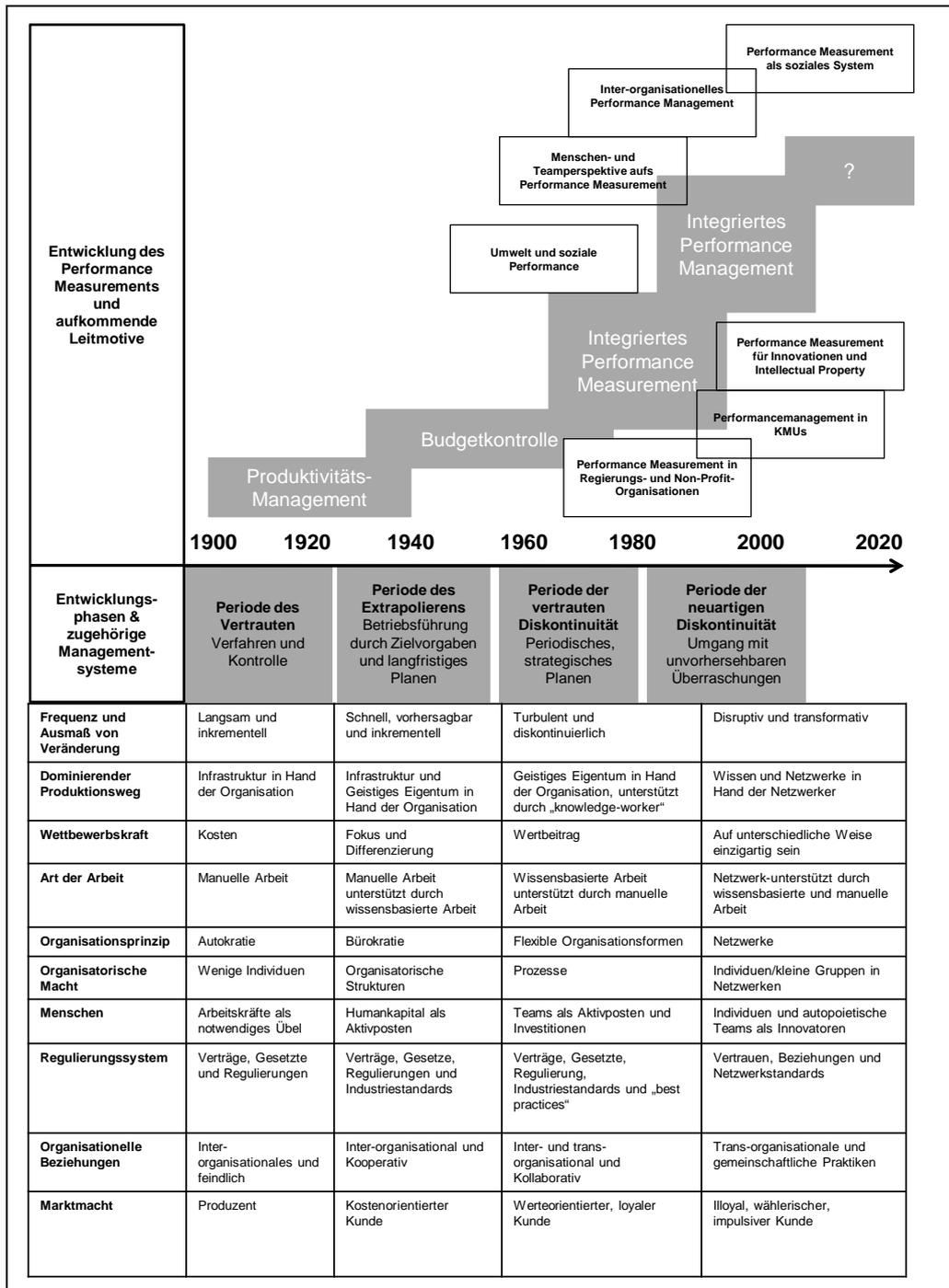


Abbildung 65: Evolution der PMS (Quelle: Bititci et al., 2011, S. 8)

Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass viele unterschiedliche Faktoren einen direkten Einfluss auf Wettbewerbscharakteristika und Produktionsprozesse in der Wirtschaft haben, die indirekt die Anforderungen an PMS innerhalb von Unternehmen beeinflussen. Da hier die PMS identifiziert werden sollen, die den gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik darstellen, wird an dieser Stelle auf aktuelle Trends eingegangen. So sollen die Eigenschaften identifiziert werden, die ein State-of-the-Art-PMS aufweisen sollte (für eine ausführliche Erklärung der Evolution von PMS, siehe Bititci et al., 2011, S. 4 ff.).

Eine der Eigenschaften, die ein modernes und zeitgemäßes PMS haben muss ist Dynamik (vgl. Kennerly & Neely, 2002; Neely 2005; Folan & Browne, 2005; Braz et al., 2011; Nudurupati et al., 2011; Bititci et al., 2011). Ein PMS muss in der Lage sein, sich der volatilen

Geschäftswelt anzupassen und sich zusammen mit dem Unternehmen verändern können. Das bedeutet, Organisationen müssen die Ziele, Perspektiven und Kennzahlen ihres PMS leicht anpassen können, ohne dabei gleich das gesamte System verändern zu müssen. Ein State-of-the-Art-PMS muss also über einen Mechanismus verfügen, mit dem sich Kennzahlen und Ziele auf ihre Aktualität und ihre Relevanz überprüfen und gegebenenfalls ändern lassen (vgl. Nudurupati et al., 2011, S. 282).

Nudurupati et al. (2011) sehen in der immer stärker werdenden Zusammenarbeit von Firmen über Länder- und Unternehmensgrenzen hinweg die Notwendigkeit, PMS auch für Felder wie z.B. „Open Innovation“ nutzbar zu machen (vgl. Nudurupati et al. (2011), S. 281). Man kann also schlussfolgern, dass PMS in der Lage sein sollten, inter-organisationale Arbeit zwischen Unternehmen unterstützen zu können. Unternehmen vernetzen sich zunehmend untereinander, wodurch kooperatives Arbeiten notwendig wird und globale Interdependenzen auftreten.

Folan und Browne (2005) sehen in der steigenden Relevanz von Dienstleistungen und der Entwicklung hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft eine weitere wichtige Anforderung an moderne PMS (vgl. Folan und Browne (2005), S. 671 ff.). Diese Entwicklung wird weitreichenden Einfluss auf die Art und Weise haben, wie Leistung gemessen wird. Vor allem weiche Faktoren und deren Leistungsmessung werden immer mehr in den Vordergrund rücken.

Bititci et al. (2011) betonen, dass die Verlagerung weg von manueller Arbeit hin zu wissensbasierter Arbeit (im Zusammenspiel mit der wachsenden Vernetzung), einen großen Einfluss auf die Entwicklung von PMS haben wird (vgl. Bititci et al., 2011, S. 7). Dies liegt daran, dass sich die Sicht auf Leistung und Leistungsmessung verändern wird und so zwangsläufig auch die Systeme zur Leistungsmessung Veränderungen (vor allem von Perspektiven) durchlaufen werden.

Ein weiterer Aspekt, der die PMS in Zukunft stärker beeinflussen wird, ist Nachhaltigkeit. Nachhaltigkeit spielt in vielen Bereichen von Unternehmen eine immer größere Rolle, kann jedoch bis jetzt schwierig von PMS erfasst werden (vgl. Taticchi, Tonelli & Cagnazzo, 2010, S. 14). Moderne PMS werden sich zunehmend dieser Thematik annehmen müssen. Da die meistens PMS aktuell nur bedingt in der Lage sind, Nachhaltigkeitsanforderungen zu erfüllen, werden neue PMS oder neue Variationen von vorhandenen PMS diese Lücke schließen müssen (vgl. Sebhatu, 2008, S. 2 ff.).

Eine weitere Eigenschaft, die eine hohe Signifikanz für moderne PMS aufweist, ist die Fähigkeit, durch und mit der IT von Organisationen zu arbeiten. Dieser Trend existiert zwar bereits seit einigen Jahren, die Bedeutung der IT nimmt in der Informationsgesellschaft aber weiterhin zu und muss deshalb Berücksichtigung finden. IT kann dabei als Prozessaktiverer für einige der gerade vorgestellten Aspekte moderner PMS verstanden werden – beispielsweise ist ein inter-organisationales Performance Measurement ohne den Einsatz von IT nur sehr schwer denkbar. Außerdem reduziert eine hohe IT-Einbindung den Arbeitsaufwand zum Betrieb eines PMS (bei korrekter Implementierung) und macht die Datenaufarbeitung und Präsentation einfacher und übersichtlicher. Zusätzlich werden PMS auch verstärkt in IT-Organisationen eingesetzt, weshalb die IT nicht nur als technische Grundlage für den Betrieb moderner PMS gesehen werden muss, sondern selbst zum Betrachtungsgegenstand von PMS wird.

Nimmt man zusätzlich zu den gerade vorgestellten Eigenschaften noch die wichtigsten Aspekte aus dem vorherigen Kapitel zur Hand, muss ein State-of-the-Art-PMS folgende Eigenschaften besitzen:

- Prozessorientierung
- Einbindung verschiedener Perspektiven (insbesondere Nachhaltigkeit und weiche Faktoren)
- Strategieausrichtung
- IKT-Ausrichtung
- Zukunftsorientierung
- Informatisierung
- Aufzeigen von Verbesserungspotentialen
- Dynamik
- Ermöglichung inter-organisationaler Tätigkeiten

An dieser Stelle werden die vorgestellten PMS allerdings nicht ein weiteres Mal auf ihre Eignung bzgl. dieser Eigenschaften bewertet. Sie sollen viel mehr als Wegweiser für die Zukunft verstanden werden, sodass ein PMS bereits mit ähnlichen Grundideen konzipiert werden kann. Des Weiteren bedingen sich die Eigenschaften teilweise selbst, d.h. ein PMS, welches die Eigenschaft Strategieausrichtung hat, muss auch zwangsläufig dynamische Eigenschaften haben, da sich eine Strategie ändert und sich so auch das PMS ändern muss. Die Einbindung von Nachhaltigkeit in PMS wird vor allem im folgenden Kapitel forciert, die restlichen Eigenschaften wurden bereits im vorangegangenen Kapitel analysiert. Darüber hinaus müssen sich erst noch genauere Anforderungsprofile für Projekte wie das Green IT Projekt mit Hilfe von praktischen Erkenntnissen herausbilden. Die gerade beschriebenen Eigenschaften stellen zwar den Stand der Technik dar, was allerdings nicht zwangsläufig bedeuten muss, dass sie auch in jedem PMS integriert werden müssen.

Performance Dimensionen

Die Erkenntnis, dass rein finanzielle Kennzahlen nicht mehr ausreichen, um den Unternehmenserfolg adäquat zu beschreiben und zu sichern, übernahmen Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre auch die bis dato starren PMS (vgl. Bititci et al., 2008, S.12). Die Arbeit von Johnson und Kaplan (1987) wird sehr häufig als maßgeblich für den Wandel hin zu multidimensionaler Leistungsmessung betrachtet, da diese Arbeit eben diese Erkenntnis formulierte und so den Grundstein für sehr viele ausgewogenere PMS-Ansätze (u.a. für die BSC) legte. Dieser Wandel wurde bereits mehrfach deutlich und manifestierte sich auch in zahlreichen PMS. Seit her ist die Mehrdimensionalität in allen, als modern bezeichneten PMS Ansätzen zu finden. Doch welche Dimensionen werden überhaupt gemessen? Welche Dimensionen sollten oder müssten ein modernes, auf die Zukunft ausgerichtetes PMS messen? Solche und ähnliche Fragen gilt es in diesem Kapitel zu beantworten. Welche Dimensionen gemessen werden, hat selbstverständlich einen sehr großen Einfluss auf die Ergebnisse, die ein PMS präsentiert und die Entscheidungen, die daraufhin getroffen werden. Mit dem Gedanken der Nachhaltigkeit im Hinterkopf muss auch geklärt werden, ob die derzeitigen Dimensionen ausreichen, um alle relevanten Aspekte des Unternehmenserfolgs zu messen. Wie im vorherigen Kapitel die Eigenschaften von PMS, werden die Dimensionen, die ein PMS durch seine Perspektiven misst von dem Zeitgeist der jeweiligen Zeit stark beeinflusst. In den folgenden Abschnitten wird zunächst die Terminologie der Performance Dimensionen analysiert, um Klarheit bei den Bezeichnungen zu schaffen. Anschließend werden eine Reihe von PMS-Ansätzen vorgestellt, die sich mit Themen der IT, Nachhaltigkeit und Green IT beschäftigen haben. Darauf aufbauend werden Dimensionen identifiziert, die für ein Green IT PMS infrage kommen.

Die Kategorisierung von Kennzahlen in Dimensionen oder Perspektiven kann denkbar schwierig sein, vor allem wenn keine Klarheit über die genaue Definition der Dimensionen herrscht. Ein Beispiel ist von Leong, Snyder & Ward (1990), die Herstellungsprozesse in Fabriken untersuchten und zu dem Schluss kamen, dass die Herstellungsperformance durch die Dimensionen Qualität, Lieferschnelligkeit, Kosten und Flexibilität beschrieben werden kann. Neely et al. (2005) weisen nun zurecht darauf hin, dass diese Aussage zwar einer sinnvollen und hinterlegten Überlegung folgt, aber trotzdem Verwirrung stiftet, da noch immer verschiedene Vorstellungen der Begriffe selbst existieren (vgl. Neely et al., 2005, S.1231). Allein Bedeutung und Ausmaß des Begriffs Qualität ist von Fall zu Fall äußerst unterschiedlich. In Kapitel 3 sind einige weitere Kategorisierungen bereits vorgestellt worden. So nimmt z.B. die BSC die Dimensionen Finanzen, Kunden, Management und Mitarbeiter zur Hilfe, die R&DM von Fitzgerald et al. hingegen arbeitet mit den Dimensionen Konkurrenzfähigkeit, Finanzen, Servicequalität, Flexibilität, Ressourcenauslastung und Innovation. Fast jeder Ansatz sieht andere Dimensionen als sehr wichtig an (wobei oftmals verschiedene Dimensionen, verschiedener Autoren dasselbe messen) und legt sein PMS dahingehend aus, diese Dimensionen zu beschreiben.

Hudson et al. (2001) haben auf Basis einer ausführlichen Literaturanalyse sechs kritische Dimensionen identifiziert, welche laut den Autoren „[...] can be seen to cover all aspects of business [...]“ (Hudson et al., 2001, S. 1101): Finanzen, operationelle Performance repräsentiert durch Zeit, Qualität und Flexibilität, Kundenzufriedenheit und Human Resources. Allerdings weisen sie ausdrücklich darauf hin, dass diese Dimensionen nicht vorgeschrieben werden sollten, sondern als Anreiz für eine ganzheitliche Entwicklung von PMS dienen sollen (vgl. Hudson et al., 2001, S. 1101). Des Weiteren fassten Hudson et al. die Terme in der Literatur zusammen, die einer der sechs Dimensionen entsprachen, aber einer anderen Terminologie folgten. Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse dieser Arbeit.

Tabelle 58: Dimensionen der IT BSC und sinnverwandte Terme (Quelle: Hudson et al., 2001)

Quality	Time	Flexibility	Finance	Customer satisfaction	Human resources
Product performance	Lead time	Manufacturing effectiveness	Cash flow	Market share	Employee relationships
Delivery	Delivery reliability	Resource utilization	Market share	Service	Employee involvement
Reliability	Process throughput time	Volume flexibility	Overhead cost reduction	Image	Workforce
Waste	Process time	New product introduction	Inventory performance	Integration with customers	Employee skills
Dependability	Productivity	Computer systems	Cost control	Competitiveness	Learning
Innovation	Cycle time	Future growth	Sales	Innovation	Labour efficiency
	Delivery speed	Product innovation	Profitability	Delivery reliability	Quality of work life
	Labour efficiency		Efficiency		Resource utilization
	Resource utilisation		Product cost reduction		Productivity

Neely et al. hingegen argumentieren, dass solch eine Einteilung prinzipiell möglich und richtig sei, allerdings betonen sie auch, dass sich alle in Tabelle 25 dargestellten Dimensionen von den beiden fundamentalen Dimensionen Effizienz und Effektivität bei der Befriedigung der Kundenbedürfnisse ableiten (vgl. Neely et al., 2005, S. 1228). Dennoch finden diese sechs

Dimensionen allgemein als elementare Performance Dimensionen weiten Zuspruch und werden in der Form von Hudson et al. (oder einer ähnlichen Terminologie folgend) verwendet (vgl. Pung & White, 2005; Folan & Browne, 2005; Bititci, 2008 & 2011).

Es herrscht demnach große Einigkeit, dass diese sechs Dimensionen sehr gut dazu in der Lage sind, verschiedenste Leistungen einer Organisation zu messen. Mit Hinblick auf das Ziel dieses Forschungsprojektes stellt sich nun die Frage, ob diese Dimensionen auch für die speziellen Bedürfnisse und Herausforderungen einer IT-Organisationen adäquat anwendbar und ausreichend sind. Dies gilt vor allem für Faktoren, wie z.B. Nachhaltigkeit, Innovationsfähigkeit, Social Responsibility und weiterer, die bei einem Green IT Projekt im Fokus der Untersuchung stehen. Zunächst müssen also die Dimensionen oder Perspektiven identifiziert werden, die für den Erfolg des Green-IT-Cockpits ausschlaggebend sind. Wie in den meisten PMS-Ansätzen beschrieben wird, soll eine Abstimmung der Perspektiven mit allen involvierten Parteien gemeinsam getroffen werden. Dieses Dokument soll dabei als Grundlage für diese Entscheidungsfindung dienen und die folgenden Überlegungen sollen als Empfehlungen und Wegweiser verstanden werden.

Das Thema IT Performance Measurement steht jedoch noch in seiner Anfangsentwicklung. Dies wird vor allem im Vergleich zu traditionellen Performance Measurement Ansätzen deutlich. Es existieren zwar bereits einige Vorschläge für Perspektiven/Dimensionen, gleichzeitig herrscht aber noch viel Uneinigkeit über die optimale Wahl und Terminologie. Ein Grund könnte die Vielfalt verschiedener IT-Organisationen innerhalb von Unternehmen sein. Man stelle sich dabei eine IT-Abteilung vor, welche die Kernkompetenz einer Organisation darstellt, verglichen mit einer IT-Abteilung, die lediglich einige unterstützende Funktionen ausübt. Diese beiden Abteilungen werden folglich sehr unterschiedliche Herausforderungen und Zielsetzungen haben. Dementsprechend sollte auch bei der Wahl der Leistungsmessung auf die Unterschiede Rücksicht genommen werden. Um Klarheit zu schaffen, werden nun einige der populärsten Vorschläge von Perspektiven und Dimensionen in der IT vorgestellt. Auf Basis dieser z.T. bereits in der Praxis verwendeten Beispiele und mit den Zielvorstellungen dieses Projektes können anschließend Performance Dimensionen für das Green-IT-Cockpit erarbeitet werden.

Erhebung und Analyse von IT Performance Dimensionen

In diesem Kapitel werden nun einige der Vorschläge und Ansätze verschiedener Autoren näher betrachtet. Dabei wird auffallen, dass das Thema Green IT Performance Measurement als Untergruppe von IT Performance Measurement in der Literatur und Praxis bis vor kurzem eine weniger wichtige Rolle eingenommen hat. Dennoch lassen sich aus den vorhandenen Vorschlägen und Ideen viele signifikante und richtungweisende Rückschlüsse ziehen.

Generische IT BSC

Dieser Ansatz wurde zwar bereits teilweise in Kapitel 0 beschrieben, allerdings stellen diese Perspektiven so etwas wie den Ursprung des IT Performance Measurements dar, weshalb sie hier noch einmal näher betrachtet werden sollen. Die vier Perspektiven sind „user orientation“ (Benutzerausrichtung), „business contribution“ (Unternehmensbeitrag), „operational excellence“ (operative Exzellenz) sowie „future orientation“ (Zukunftsausrichtung). Die Terminologie ist zwar in manchen Fällen ein wenig anders (vgl. Martinsons et al., 1999, S. 75), die Kernaussagen sind aber dennoch die gleichen. Diese vier Perspektiven gehen maßgeblich aus den Werken von Gold (1992 & 1994), Willcocks (1995), Van Grembergen und Van Bruggen (1997) und Martinsons et al. (1999) hervor.

Die Idee hinter der IT BSC war es, den Gegeben- und Besonderheiten einer IT-Organisation gerecht zu werden. Aus verschiedenen Gründen war dafür eine Abwandlung der BSC notwendig (vgl. Martinsons et al., 1999, S. 75). Vor allem auf den Grundgedanken der IT als Lieferant von Dienstleistungen für die gesamte Organisation (und ggf. Kunden außerhalb der Organisation) wird hier sehr viel Wert gelegt. Um eine IT-Organisation ganzheitlich zu erfassen schlagen Van Grembergen und De Has vor, eine Kaskade von IT BSCs zu schaffen, um diese letztlich mit der Unternehmens-BSC zu koppeln. Abbildung 36 zeigt die Aufteilung der IT BSC.

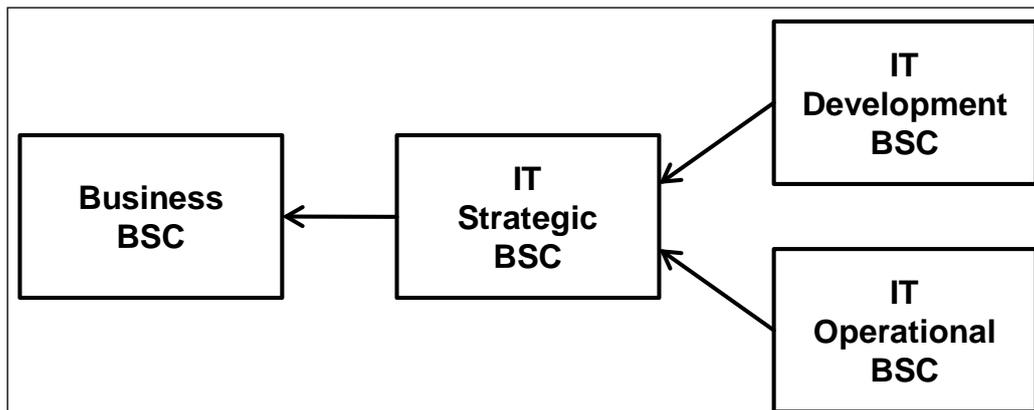


Abbildung 66: Balanced Scorecard Kaskade (Quelle: Van Grembergen & De Has, 2005, S. 14)

Die Autoren betonen, dass dies insbesondere die Ziele von IT und Unternehmen vereinen wird und die IT Governance erleichtern und verbessern soll. So ergeben sich auch andere Dimensionen für die strategische IT BSC, als die oben Genannten. Die operative Exzellenz wird durch die von der BSC bekannten internen Perspektiven ersetzt und die Zukunftsausrichtung muss der Innovationsperspektive weichen. Benutzerausrichtung und Unternehmensbeitrag werden in beiden IT BSCs verwendet, allerdings mit einer leicht unterschiedlichen Ausrichtung. Das heißt also, dass der ganzheitliche Ansatz der generischen IT BSC insgesamt auf sechs verschiedene Dimensionen zurückgreift. Obwohl es bei der operativen Exzellenz und der internen Perspektive, sowie bei der Zukunftsausrichtung und der Innovationsperspektive viele inhaltliche Überschneidungen gibt, rechtfertigt vor allem der Einsatz auf verschiedenen Unternehmensebenen die Differenzierung. Tabelle 26 zeigt ein Beispiel mit allen Dimensionen inklusive der Zielausrichtung der „strategic“ und der „development“ IT BSC nach van Grembergen.

Tabelle 59: Beispiel für Dimensionen und Zielausrichtungen der IT BSC

	Dimension	Zielausrichtung
Strategic IT BSC	Unternehmensbeitrag	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer Unternehmenswert
	Benutzerausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Interne Benutzer • Externe Benutzer (Kunden und Unternehmen)
	Interne Perspektive	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie für den Unternehmensinformationsdienst • Technologie für die Unternehmenswebsite
	Innovationsperspektive	<ul style="list-style-type: none"> • Schulung von IT-Fachpersonal und „business users“ im Umgang mit neuen Ansätzen • F&E von neuen Technologien
Development IT BSC	Unternehmensbeitrag	<ul style="list-style-type: none"> • Neue, bessere und schnellere Entwicklungsprozesse • Entwicklung mit neuen Technologien
	Benutzerausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Benutzerschnittstellen für externe Benutzer
	Operationelle Exzellenz	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Entwicklung • Website Entwicklung • Data-warehouse Entwicklung • Data-mining Entwicklung
	Zukunftsausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Training und Weiterbildung von IT Personal in Bezug auf aufkommende Technologien

Man kann anhand der beiden unterschiedlichen IT BSCs sehen, dass der Grundgedanke hinter den gemeinsamen Dimensionen ähnlich ist, durch die unterschiedliche Unternehmenshierarchie aber in den Ausprägungen verändert wird. Selbstverständlich ist die letztendliche Ausrichtung solch einer IT BSC von der Wahl der dazugehörigen Kennzahlen abhängig. Dennoch kann man Rückschlüsse aus den Perspektiven der IT-Sichten ziehen. Zwar gibt es mit der Innovationsperspektive und der Zukunftsausrichtung jeweils eine Dimension, die zukunftsgerichtet ist, dennoch liegt der Fokus der generischen IT BSC klar an anderer Stelle. Dies wird sehr deutlich, wenn man sich die Ursache-Wirkungsbeziehungen vor Augen führt, die von Van Grembergen und De Has vorgeschlagen wurden.

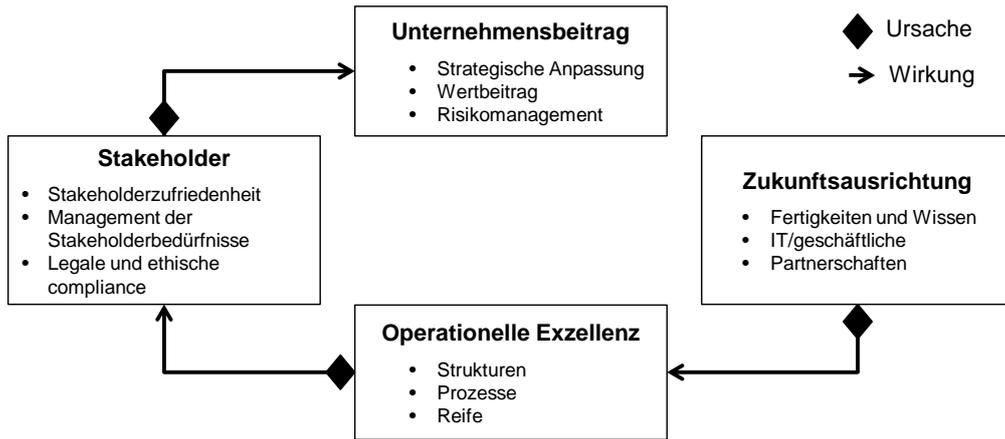


Abbildung 67: Ursache-Wirkungsbeziehungen der IT BSC (Quelle: Van Grembergen & De Has, 2005, S. 3)

Abbildung 37 zeigt den Ergebnishorizont der IT. Das Ziel ist es, den Unternehmensbeitrag zu erhöhen. Das spiegelt sich auch in den von Van Grembergen und De Has beispielhaften Kennzahlen in Tabelle 27 wider.

Tabelle 60: Beispielhafter Inhalt einer IT BSC (Quelle: Van Grembergen & De Has, 2005, S. 2)

Perspektive	Ziele	Kennzahlen
Unternehmensbeitrag	<ul style="list-style-type: none"> Unternehmen/IT Ausrichtung Wertbeitrag Kostenmanagement Risikomanagement Unternehmensweite Synergien 	<ul style="list-style-type: none"> Bewilligung des operationellen IT-Budgets Geschäftseinheitenperformance Erreichung der Ausgaben- und Recoveryziele Ergebnisse des internen Audits „Single System Solutions“
Kunde	<ul style="list-style-type: none"> Kundenzufriedenheit Wettbewerbskosten Entwicklungsperformance Operationelle Performance 	<ul style="list-style-type: none"> Umfragewerte der Geschäftseinheiten Einhaltung der Stückkostenziele Bewertung der Großprojekte Einhaltung der gewünschten Servicelevels
Operationelle Exzellenz	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess Operationeller Prozess Prozessreife Unternehmensarchitektur 	<ul style="list-style-type: none"> „Function points“- Kennzahlen Effektivität des Change Managements Level der IT Prozesse Zustand der Infrastruktureinschätzung
Zukunftsausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> Human Resources Management Mitarbeiterzufriedenheit Wissensmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> Mitarbeiterfluktuation Ergebnisse der Zufriedenheitsumfrage Implementierung der „lessons learned“

Der Unternehmensbeitrag ist die zentrale Perspektive und hat auch die meisten Kennzahlen zu verzeichnen. Die anderen Perspektiven und Kennzahlen haben eher einen unterstützenden Charakter und arbeiten letztlich auf das Ziel hin, den Unternehmenswert zu steigern.

IT BSC nach Schmid-Kleeman

Entwickelt von Schmid-Kleeman (2005) für den Einsatz in einer Bank, ist dieser Ansatz stark an der IT BSC orientiert. Obwohl es noch viele weitere IT BSC Varianten gibt (z.B. Jone, Lingnau, Müller & Müller, 2004 oder Bendl, Gleich & Kraus, 2004), wird an dieser Stelle die IT BSC von Schmid-Kleeman aufgrund ihrer interessanten Dimensionswahl betrachtet.

Schmid-Kleeman schlägt fünf Dimensionen vor (Unternehmensbeitrag, IT-Leistungserstellung, IT-Einsatz, Zukunft und Kunden). In der BSC werden neben dimensionsspezifischen Kernbereichen auch strategische Ziele, kritische Erfolgsfaktoren, Kennzahlen, Zielvorgaben und Maßnahmen zur Umsetzung abgebildet. Abbildung 38 zeigt die IT BSC nach Schmid-Kleeman.

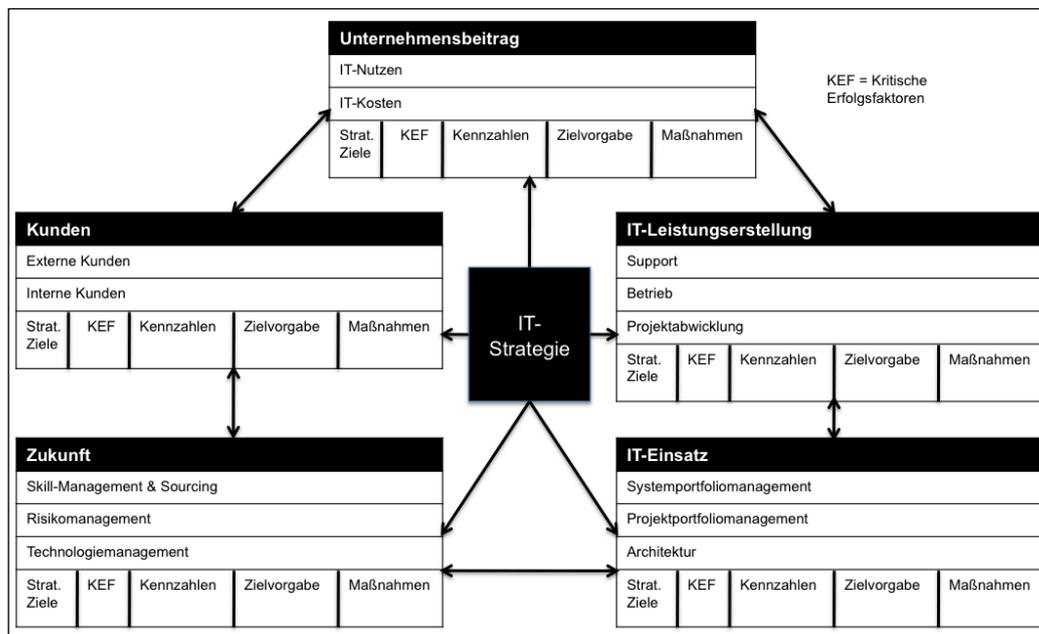


Abbildung 68: IT BSC nach Schmid-Kleeman (Quelle: Schmid-Kleeman, 2005, S. 52)

Mit der IT-Leistungserstellung (angelehnt an die klassische Prozessperspektive) wurde eine outputorientierte Perspektive in die IT BSC aufgenommen. Dies war in der IT BSC von Van Grembergen und de Has zwar auch bedingt der Fall, IT-Leistungserstellung setzt im Gegensatz zu operationeller Exzellenz den Fokus eindeutig auf die Erbringung von Leistung und nicht nur auf ein effizientes Tagesgeschäft. Die IT-Leistungserstellung ist direkt vom IT-Einsatz (angelehnt an die klassische Perspektive Lernen & Entwicklung) abhängig, welcher festlegt, wie IT-Leistungen konkret eingesetzt werden. Die verbleibenden drei Perspektiven Unternehmensbeitrag, Zukunft und Kunden folgen ihren Vorbildern der generischen IT BSC, bzw. der klassischen Balanced Scorecard.

Schmid-Kleeman betont zwar, dass der Inhalt der IT BSC in Teamarbeit erarbeitet und auf die jeweiligen Bedingungen angepasst werden soll, dennoch gibt er den in Tabelle 28 dargestellten, beispielhaften Inhalt vor.

Tabelle 61: Beispielhafter Inhalt der IT BSC nach Schmid-Kleeman (Quelle: Schmid-Kleeman, 2005, S. 53)

Perspektive	Strategische Ziele	Kennzahlen	Vorgabe	Maßnahmen
Unternehmensbeitrag	Optimierung des IT-Nutzens	Nutznachweise von IT-Systemen	> 95%	Qualitative Verbesserung der Nutzenanalysen
	Senkung der IT-Kosten	Einhaltung des IT-Budget	≤ 100%	Kostentransparenz erhöhen, Verursacherprinzip einführen
	Erhöhung der Produktivität	Verrechnete Produktivitätsstunden	> 75%	Reporting vereinfachen, neues Kapazitätsmanagement
Kunden	Akquisition neuer Online-Banking-Kunden	Anzahl neuer Online-Banking-Verträge	> 3000	Entwicklungsfehler in Systemen beseitigen
	Erhöhung der Benutzerzufriedenheit	Benutzerzufriedenheitsindex	> 95%	Anzahl Supportmitarbeiter erhöhen, Schulung ausbauen
IT-Leistungserstellung	Senkung der Problembhebungszeiten	Problembhebungszeit	< 2 Std.	Anzahl Supportmitarbeiter erhöhen, Schulung ausbauen
	Erhöhung der Systemverfügbarkeiten	Verfügbarkeiten	> 98,5%	Monitoring im Rechenzentrum professionalisieren
	Ausbau der Funktionalitäten	Anzahl neuer Funktionalitäten pro Front-End-System	> 20	Zusätzliche Ressourcen in der Entwicklungsabteilung
	Reduktion der Projektabbrüche	Projektabbrüche	< 5	Fokussierung auf strategische Projekte
IT-Einsatz	Erhöhung der System-Standardisierung	Geplante standardisierte Systeme	> 95%	Einsatz von Standard-Hardware und -Software
	Vereinfachung des Projektportfolios	Projektabschlussindex	> 150%	Projektabschlüsse forcieren, unwichtige Projekte verschieben
	Standardisierung der Architektur	Neusysteme, die der Architektur entsprechen	> 98%	IT-Architektur überprüfen und optimieren
Zukunft	Erhöhung der Mitarbeitertreue	Mitarbeiterzufriedenheitsindex	> 92%	Gemeinsame Events, Ausbildung und Schulung verstärken
	Minimierung des Systemausfallrisikos	Systeme mit getesteten Recovery-Konzepten	> 90%	Risikomanagement im IT-Bereich professionalisieren
	Technologie-Follower-Strategie verfolgen	Anzahl Technologie-Evaluationen	< 20	Bankspezifisches Know-how in der IT verstärken

Die wirklich interessanten (weil nicht bankenspezifischen) Punkte sind die beiden Sichten IT-Einsatz und IT-Leistungserstellung, welche auch leicht abgewandelt beispielsweise für

Rechenzentren verwendet werden könnten. Die beiden Sichten forcieren die Verwendung von outputorientierten Kennzahlen und helfen so die Effektivität der IT abzubilden. Wie nun in der Betrachtung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen ersichtlich wird, ist auch die Perspektive Unternehmensbeitrag im Zusammenhang mit den beiden Perspektiven sehr gut für einen ähnlichen Einsatz geeignet. Abbildung 39 zeigt die Ursache-Wirkungskette von Schmid-Kleeman.

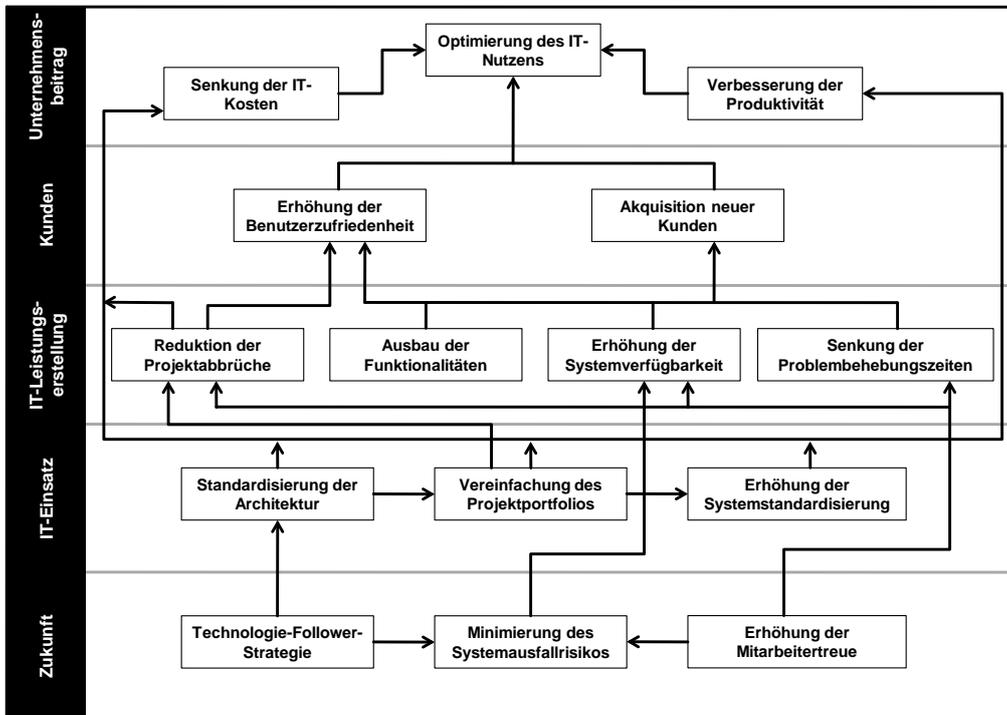


Abbildung 69: Ursache-Wirkungskette der Schmid-Kleeman IT BSC (Quelle: Schmid-Kleeman, 2005, S. 54)

Wie bei der generischen IT BSC ist der Unternehmensbeitrag-, bzw. die Optimierung des IT-Nutzens das oberste Ziel dieser IT BSC. Vor allem die zentrale Rolle der IT-Leistungserstellung ist bei dieser Konfiguration der IT BSC hervorzuheben, die den Unternehmensbeitrag direkt und indirekt beeinflusst. Insbesondere in Kombination mit IT-Einsatz und dem endgültigen Ziel Unternehmensbeitrag hat Schmid-Kleeman es geschafft, eine zielgerichtete IT BSC zu kreieren, bei der der Output im Mittelpunkt steht.

Weitere IT BSC Perspektiven

Wie bereits erwähnt, stellen die betrachteten IT Balanced Scorecards nicht die einzigen IT BSC Ansätze dar und konsequenterweise existieren zudem weitere Vorschläge für mögliche Perspektiven. Diese beiden Beispiele wurden aus mehreren Gründen detaillierter betrachtet. Zunächst ist die generische IT BSC tatsächlich das Vorbild für viele weitere IT BSCs, die oftmals die Perspektiven übernehmen und/oder kleine Veränderungen durchführen. Dennoch bleiben die Grundgedanken dahinter sehr oft die Gleichen. Außerdem ist jede Kombination von Perspektiven möglich, jedoch können nicht alle Ansätze hier betrachtet werden. Die IT BSC nach Schmid-Kleemann wurde insbesondere aufgrund der beiden Perspektiven IT-Leistungserstellung und IT-Einsatz in Kombination mit Unternehmensbeitrag betrachtet. Sie ist ein sehr gutes Beispiel einer Output-orientierten IT BSC, die den Unternehmenserfolg als Gesamtziel hat. Tabelle 29 zeigt weitere Vorschläge von IT BSC Perspektiven und strategischen Zielen.

Tabelle 62: Übersicht über Perspektiven und strategische Ziele weiterer IT BSCs.

Perspektive	Strategische Ziele	Quelle	
Finanzperspektive, Unternehmensbeitragsperspektive	Wertbeitrag der IT zur Unternehmensstrategie	Bendl et al. (2004)	
	Geschäftsbeitrag durch IT-Projekten (ROI)		
	Wirtschaftlichkeitsziele Kosten/Instanz	Tewald (2001)	
	IT-Kosten senken		
	Synergiepotentiale umsetzen	Van Grembergen & Saull (2001)	
	Beitrag zur Unternehmensstrategie		
	Management der IT-Investitionen		
	Shareholdervalue kreieren		
	Kundenperspektive	Budgetdisziplin einhalten	Kaplan & Norton (2006)
		Verringerung der IT-Service Kosten	
		Einfluss auf den Unternehmenserfolg	
		Unternehmens/IT-Ausrichtung	Keyes (2005)
		Value delivery	
		Kostenmanagement OK	
Risikomanagement			
Unternehmensweite Synergien schaffen			
Kundenperspektive	Kundenzufriedenheit steigern	Bendl et al. (2004), Keyes (2005)	
	Effektivität aus Kundensicht verbessern	Tewald (2001)	
	Service Level Performance	Van Grembergen & Saull (2001)	
	Application delivery Performance		
	IT-Business Partnership		
	Basisservices zu konkurrenzfähigen Preisen	Kaplan & Norton (2006), Keyes (2005)	
	Konsistenten, qualitativ hochwertigen Service liefern	Kaplan & Norton (2006)	
	Unterstützung der Geschäftseinheiten durch IT-basierte Analysen		
	Geschäftseinheiten durch innovative IT-Lösungen verbessern		
	Serviceperformance der Entwicklung	Keyes (2005)	
Serviceperformance des operativen Geschäfts			
Infrastrukturreichweite erhöhen			
Prozessperspektive	Prozesseffizienz verbessern	Tewald (2001)	
	Infrastruktur-Qualität erhöhen		
	Applikationsqualität erhöhen		
	Prozesskosten senken		
	Operationelle Exzellenz erreichen	Kaplan & Norton (2006)	
	Erschaffen und Unterstützen von Geschäftseinheitenbeziehungen		
Strategische Unterstützung für das Unternehmen			
Potentialperspektive	Zukünftige Ausrichtung der IT	Bendl et al. (2004)	
	Know-how der IT-Mitarbeiter		
	Reifegrad der IT-Organisation		
	Beziehungen zwischen IT und Kunden		
Innovations- und Wachstumsperspektive	Kompetenz steigern	Tewald (2001)	
	Weiterbildung vorantreiben		
	Mitarbeiterzufriedenheit erhöhen		
	Mitarbeiter-Produktivität verbessern	Kaplan & Norton (2006)	
	Mitarbeiter mit Schlüsselkompetenzen anwerben und halten		
Bereitstellen von IT-Tools und Praktiken für IT-Funktionalität			
Eine unternehmens- und kundenorientierte Kultur fördern			
Sicherheitsperspektive	Vermeidung von Sicherheitsrisiken	Jonen et al. (2004)	
	Sichere Geschäftsprozesse gewährleisten		
Operational Excellence	Process Excellence	Van Grembergen & Saull (2001)	
	Responsiveness		
	Backlog management and aging		
	Security and Safety		
	Development process performance	Keyes (2005)	
	Operational process performance		
Process maturity			
Enterprise architecture management			
Zukunftsperspektive	Service capability improvement	Van Grembergen & Saull (2001)	
	Staff management effectiveness		
	Enterprise architecture evolution		
	Technologiemanagement	Keyes (2005)	
	Human Resources Management		
	Mitarbeiterzufriedenheit		
	Wissensmanagement		
Skills Management & Sourcing	Schmid-Kleemann (2005)		

Es fällt auf, dass eine gewisse Mehrdeutigkeit im Bereich der IT BSC zu beobachten ist. So schlagen Jonen et al. z.B. eine eigene Sicherheitsperspektive vor. Van Grembergen & Saull hingegen schlagen das strategische Ziel „Security and Safety“ vor, zählen sie aber zu der Perspektive Operational Excellence. Auch kann oftmals die Zukunftsperspektive mit der Innovations- und Wachstumsperspektive gleichgesetzt werden, da die genannten strategischen Ziele oftmals identisch sind. Es muss also hier ein weiteres Mal bemerkt werden, wie wichtig die individuelle Anpassung einer IT BSC und eine intensive Auseinandersetzung mit den Perspektiven ist. Dennoch ist eindeutig zu erkennen, dass die klassischen Perspektiven der generischen IT BSC im Großteil der Fälle verwendet werden.

Sustainability und Green IT BSCs

Mit Green IT und Sustainability BSCs (S-BSCs) werden im Allgemeinen Derivate der BSC verstanden, die explizit für Themen der Nachhaltigkeit im Allgemeinen und Nachhaltigkeit in der IT im Speziellen entwickelt werden. Da der Aufbau fast identisch mit dem der BSC, bzw. IT BSC ist, werden sie erst an dieser Stelle erwähnt. Des Weiteren kann man nicht wie bei der BSC (und bedingt bei der IT BSC) von nur einer Sustainability BSC reden, da verschiedene Ansätze existieren. An dieser Stelle werden die wichtigsten Ansätze vorgestellt, um so einen Überblick zu erhalten, welche Eigenschaften, bzw. Perspektiven der S-BSC die verschiedenen Autoren als signifikant ansehen.

Schaltegger und Dyllick (2002) sind das Problem der Messung von Nachhaltigkeit in Form einer BSC sehr konzeptionell angegangen und haben drei grundsätzliche Arten identifiziert, mit denen Nachhaltigkeit in das Performance Measurement integriert werden kann. Der erste Ansatz sieht vor, dass Nachhaltigkeit, repräsentiert durch Umwelt- und Sozialaspekte, in die bereits bekannten vier Perspektiven der BSC integriert wird. Das bedeutet, Nachhaltigkeit würde in Form von strategischen Zielen und spezifischen Kennzahlen Ausdruck in der BSC finden. Dies kann einige Vorteile haben, wie z.B. die automatische Integration der Nachhaltigkeit in die Ursache-Wirkungsbeziehungen der BSC oder die einfache Herangehensweise, da in vielen Fällen bereits eine BSC existiert. Den größten Vorteil solch einer integrierten S-BSC sehen die Autoren aber in der Eingliederung der Nachhaltigkeitsaspekte, „die bereits in das Marktsystem integriert sind“ (Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 56). Das bedeutet, dass die Aspekte des Nachhaltigkeitsmanagements, die bereits Auswirkungen auf eine Organisation und deren Erfolg haben, nun auch ihren Weg in die Leistungsmessung finden. Der größte Nachteil dieser Variante ist eindeutig die starke Aggregation der Nachhaltigkeitskennzahlen. Da nur einige wenige Nachhaltigkeitskennzahlen integriert werden können, müssen diese ein möglichst breites Spektrum abdecken und laufen so Gefahr, zu ungenau zu sein. Generell könnte solch eine Integration zu Problemen mit der Anzahl der Kennzahlen führen. Eine BSC soll nach Kaplan und Norton idealerweise zwischen 16 und 25 Kennzahlen beinhalten. Umfasst die existierende BSC beispielsweise bereits 25 Kennzahlen, wird es sehr schwierig weitere Kennzahlen hinzuzufügen oder Kennzahlen durch Nachhaltigkeitskennzahlen zu ersetzen.

Der zweite grundlegende Ansatz sieht vor, der BSC eine weitere, fünfte Perspektive namens „Nicht-Markt-Perspektive“ zu geben. Diese soll insbesondere gewährleisten, „dass auch diejenigen Umwelt- und Sozialaspekte in die Balanced Scorecard integriert werden, die noch nicht im Marktmechanismus reflektiert sind und dennoch Kernaspekte der erfolgreichen Umsetzung der Strategie darstellen“ (Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 58). Die Autoren sehen diese Perspektive nicht als simple Erweiterung der BSC, sie soll vielmehr den Rahmen bilden, in dem sich die BSC bewegt und die anderen Perspektiven somit einschließen. Abbildung 40 zeigt die Vorstellung von Schaltegger und Dyllick.

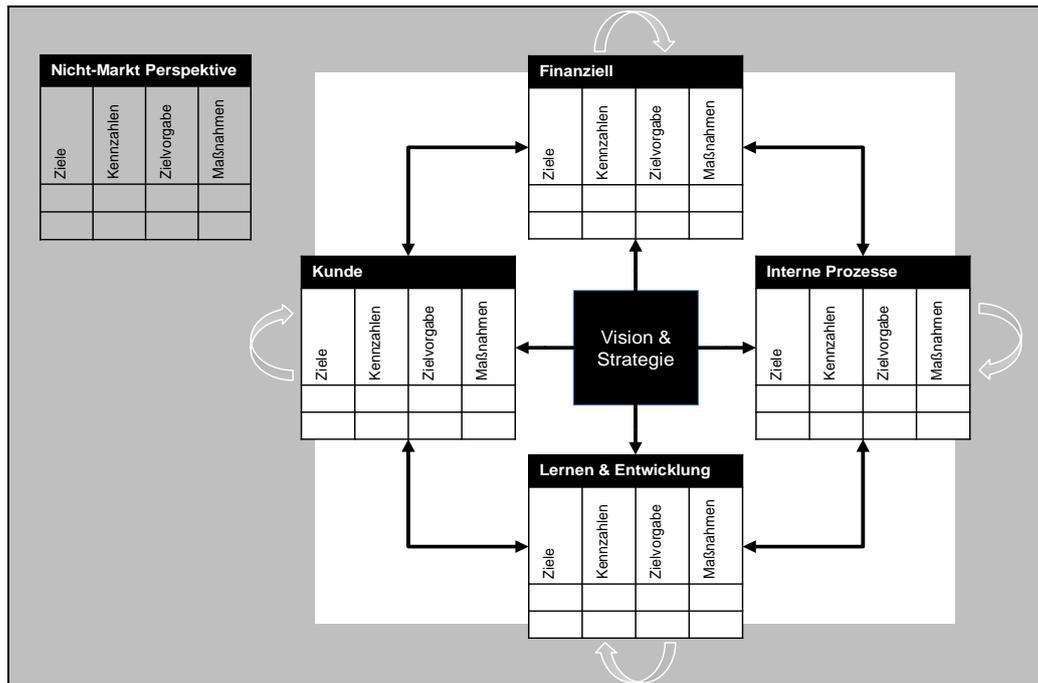


Abbildung 70: Die fünf Perspektiven der erweiterten BSC nach Schaltegger und Dyllick (Quelle: Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 59)

So modifiziert kann eine erweiterte BSC dazu beitragen, Nachhaltigkeitsaspekte in strategische Überlegungen zu integrieren. Durch diese Perspektive wird Nachhaltigkeit betont und bei allen Entscheidungen und Leistungsmessungen berücksichtigt. Es existieren jedoch auch potentielle Nachteile. Durch die Perspektive kann eine Organisation Gefahr laufen, Nachhaltigkeitsaspekte zu stark zu gewichten. Dies kann dazu führen, „dass das Management von Umwelt- und Sozialaspekten im Unternehmen als separate Aufgabe mit Sonderstatus angesehen wird“ (Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 60). Auch die Einflechtung in bestehende Ursache-Wirkungsbeziehungen kann problematisch sein, da die Nachhaltigkeitsperspektive isoliert dasteht.

Der dritte und letzte grundsätzliche Ansatz besteht darin, eine eigenständige S-BSC zu erstellen. Da bereits mit der BSC eine ökonomisch ausgerichtete Leistungsmessung vorhanden ist, stellt man ihr mit der S-BSC ein Leistungsmessungswerkzeug zur Seite, welches auf die ökologische und/oder soziale Nachhaltigkeit ausgerichtet ist. Ähnlich wie bei der Kaskade von IT BSCs könnte man diese beiden Arten von BSCs dann in den strategischen Überlegungen zusammenfassen und hätte so das gesamte Spektrum einer Organisation abgedeckt. Vorteil solch einer zusätzlichen, eigenständigen S-BSC ist, „[...] die Möglichkeit der koordinierten Steuerung aller strategisch relevanten Umwelt- und Sozialaspekte“ (Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 62). Auch die in der zweiten Variante angesprochene Isolierung der Nachhaltigkeit ist nicht mehr so groß, da die S-BSC und ihre Ziele direkt mit der übergeordneten BSC in Wechselwirkung stehen. Als Nachteil solch einer S-BSC wird betont, dass sie sich negativ auf die organisatorische Integration der Nachhaltigkeit in die Linienorganisation auswirkt. Dies ist aber in Hinblick auf dieses Forschungsprojekt eher zu vernachlässigen. Nachdem verschiedene Arten betrachtet wurden, wie sich Nachhaltigkeit in einer BSC ausdrücken kann (Integration in die bestehende BSC, Erweiterung um eine Nachhaltigkeitsperspektive, zusätzliche S-BSC), werden nun konkrete Ausprägung und deren Perspektiven beleuchtet.

Sustainability BSC nach Schaltegger und Dyllick

Schaltegger und Dyllicks Vorschlag ist der einer S-BSC, die nicht nur um eine Perspektive erweitert wurde (die Gesellschaftsperspektive), sondern bei der auch die Standardperspektiven auf Nachhaltigkeit abgestimmt wurden. Tabelle 30 gibt einen Überblick über die Perspektiven, inklusive der von Schaltegger und Dyllick benannten Kernelemente.

Tabelle 63: Perspektiven der S-BSC (Quelle: Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 112 ff.)

Perspektive	Kernelement	Erläuterung
Lernen und Entwicklung	Mitarbeiterkompetenzen zur Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen	Mitarbeiter gezielt durch Schulungen, Bildungsprogramme und außerfachliche Qualifikation fördern, um Kompetenzen für Nachhaltigkeit aufzubauen.
	Technologiekompetenz zur Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen	Informationssysteme werden als signifikante technische Mittel gesehen um Nachhaltigkeit zu verankern. Mitarbeiter benötigen Technologiekompetenz um damit umzugehen.
	Problembewusstsein im Hinblick auf Nachhaltigkeitsfragen	Das Bewusstsein für ökologische und soziale Themen ist ein Grundstein für den erfolgreichen Umgang mit Nachhaltigkeit. Dieses muss aktiv gebildet werden.
	Mitarbeitermotivation zur Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen	Die Motivation wird als zentraler Baustein dafür gesehen, die erlernten Kompetenzen auch in die Tat umzuwandeln.
	Nachhaltigkeitsorientierte Unternehmenskultur	Spiegelt das Fundament des Unternehmens wieder. Nachhaltigkeit sollte in der Kultur verankert werden.
Prozesse	Nachhaltige Produktinnovationen	Neue Produkte müssen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten konzipiert werden. Dies soll für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb gültig sein.
	Ökologische und soziale Prozesseffizienz	Konzentration auf Einkaufs,- Logistik- und Produktionsprozesse Setzt den Fokus in diesen Prozessen auf Nachhaltigkeit zu (z.B. geeignete Lieferantenwahl).
	Nachhaltigkeit in der Nutzungs- und Entsorgungsphase	Letztes Glied in einem Produktlebenszyklus, welches auch durch Nachhaltigkeit geprägt werden sollte (z.B. durch verstärktes Recycling).
Kunden	Aufbau von Image bzw. Reputationspotenzialen	Image und Reputation als Leistungstreiber für Kundentreue, -bindung und -rentabilität.
	Erhöhung der Kundenrentabilität durch Nachhaltigkeitsmargen	Insbesondere durch Differenzierungsstrategien soll versucht werden, höhere Preise durchzusetzen.
	Kundenbindung durch Zusatznutzen im Nachhaltigkeitsbereich	Erhöhung der Kundenbindung durch Anbieten von Zusatznutzen im Nachhaltigkeitsbereich.
	Umsatzerhöhung durch Nachhaltigkeitsangebote	Erweiterung der Produktpalette um nachhaltige Produkte und Services.
Finanzen	Gesteigerter Marktwert durch Nachhaltigkeit	Steigerung des Marktwertes durch immaterielle Vermögenspositionen, welche durch ökologische und soziale Aktivitäten gesteigert werden.
	Ertragswachstum durch Nachhaltigkeit	Insbesondere durch ökologische und soziale Produktinnovationen, die mehr Umsatz und mehr Ertrag bringen sollen.
	Verbesserte Kosteneffizienz durch Nachhaltigkeit	Durch effizientere Prozesse im Lebenszyklus der Produkte Kostensenkungen erreichen.
	Gezieltes Risikomanagement durch Nachhaltigkeit	Nachhaltigkeit wird hier als Mittel gesehen, um Risiken angemessen zu Erkennen und ihnen Vorzubeugen.
Gesellschaft	Nachhaltigkeitsorientiertes Image	Das öffentliche Image als Good Corporate Citizen stärken.
	Legitimierung der Unternehmensstrategie	Durch Kooperationen und Dialoge die Legitimierung der Strategie durch externe Gruppen erreichen.
	Absicherung kritischer Tätigkeiten und Potenziale	Absicherung kritischer Tätigkeiten und Potenziale von Standorten, Produkten und Märkten des Unternehmens.
	Erkennen und Nutzen von Nachhaltigkeitschancen	Chancen müssen rechtzeitig erkannt und ergriffen werden, insbesondere durch Kooperationen mit NGOs und/oder der Politik.

Dieser Vorschlag ist sehr ausführlich und durchdacht und zeigt zudem, wie man eine BSC exzellent auf Nachhaltigkeit ausrichten kann. Außerdem kann eine derartige S-BSC unproblematisch in bereits bestehende BSC Systeme integriert werden, da sie dieselben Perspektiven (zusätzlich der Gesellschaftsperspektive) besitzt. Des Weiteren werden hier sehr viele wichtige Aspekte bedacht, die häufig vernachlässigt werden, wie z.B. die Mitarbeitermotivation oder das Bild in der Öffentlichkeit. Dennoch liegt hier weiterhin ein starker Finanzfokus vor, sodass dieser Vorschlag das gesamte Thema Nachhaltigkeit in einer Organisation abdeckt.

Zusätzlich zu den Perspektiven und Kernelementen zeichnen die Autoren auch eine ideale Ursache-Wirkungskette ihrer S-BSC vor. Diese soll zeigen, dass sich die Perspektiven gegenseitig beeinflussen und deshalb ein optimales Ergebnis nur unter Berücksichtigung aller Perspektiven zu erreichen ist. Abbildung 41 zeigt die Ursache-Wirkungsbeziehungen.

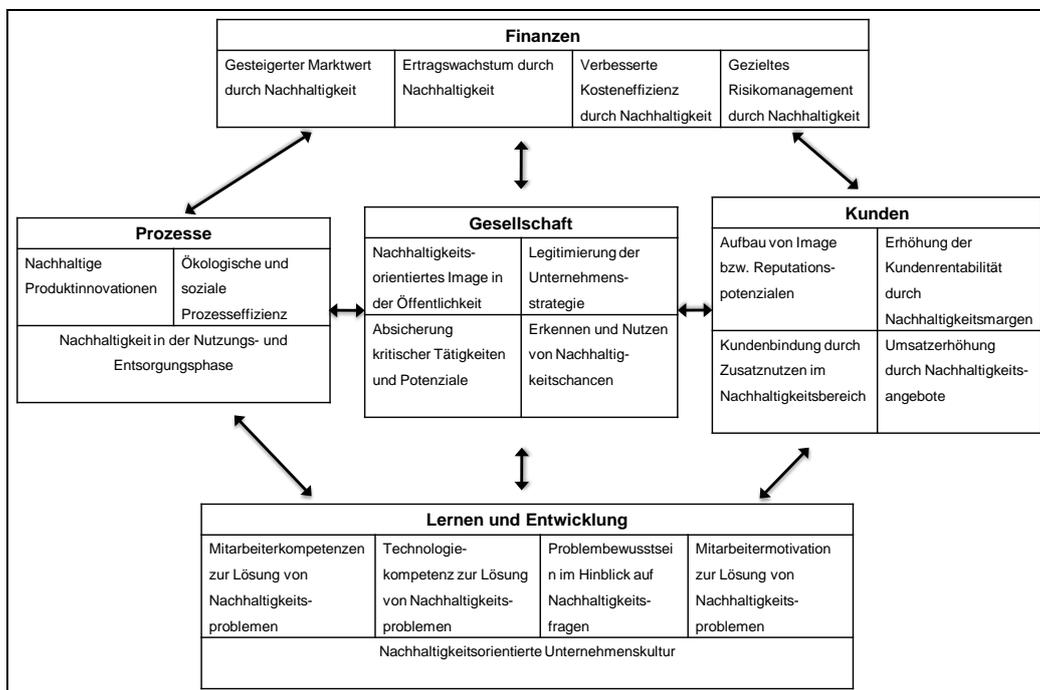


Abbildung 71: Ursache-Wirkungsbeziehungen der S-BSC (Quelle: Schaltegger & Dyllick, 2002, S. 120)

Interessant ist hierbei vor allem, dass die Gesellschaftsperspektive den Mittelpunkt der S-BSC bildet. Alle Perspektiven arbeiten so unmittelbar auf den Erfolg dieser Perspektive hin, dass eine optimale Verankerung von Nachhaltigkeit in einer Organisation gewährleistet werden kann. Obwohl die S-BSC von Schaltegger und Dyllick bereits einen sehr guten und anerkannten Ansatz für eine S-BSC darstellt, sollen noch weitere Vorschläge präsentiert werden, die Nachhaltigkeit auch unter anderen Perspektiven betrachten.

Sustainability BSC für Green IT nach Jain et al.

Der Ansatz von Jain, Benbunan-Finch & Mohan (2010) ist der dritten von den oben betrachteten Kategorien zuzuordnen. Die Autoren entwickelten eine S-BSC speziell um die Leistung, bzw. den Erfolg von Green-IT-Initiativen messen zu können. Da dies dem Ziel dieses Forschungsprojektes entspricht, soll dieser Ansatz hier näher betrachtet werden.

Da Green-IT-Initiativen als (zumindest für die IT-Organisation) als strategisch relevant anerkannt werden, wurde die traditionelle BSC um eine Nachhaltigkeitsperspektive

erweitert und so eine S-BSC geschaffen, die direkten Einfluss auf die Organisations-/Abteilungs-BSC hat. Abbildung 42 zeigt die S-BSC nach dem Vorschlag von Jain et al.

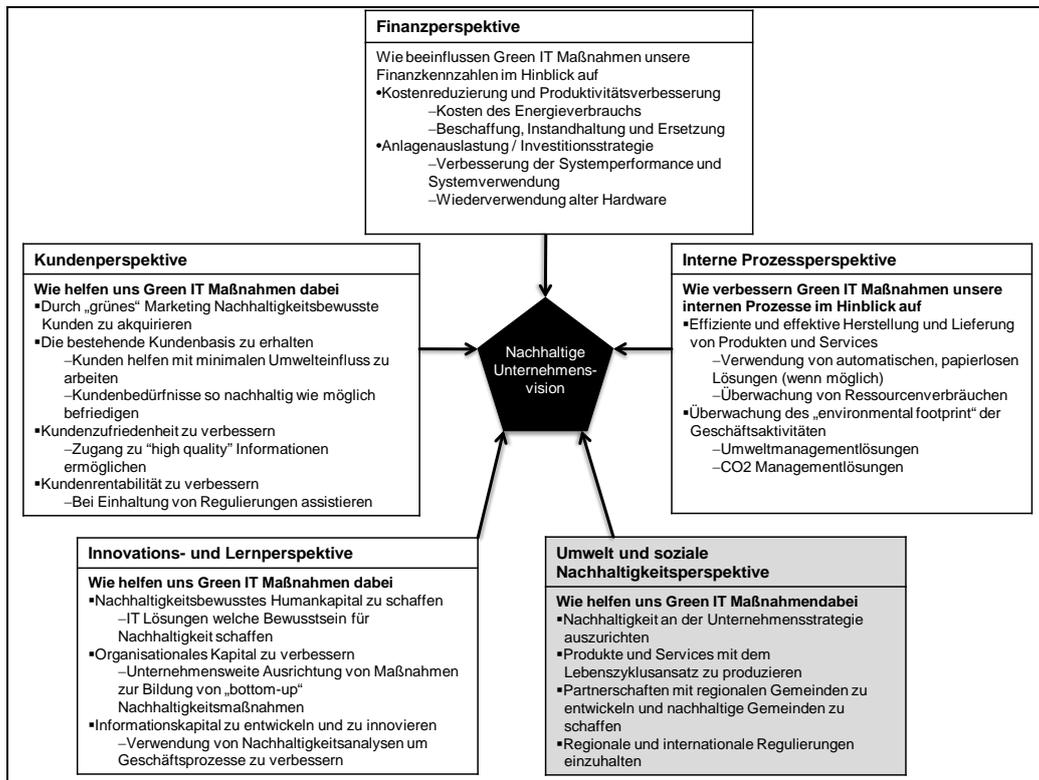


Abbildung 72: Sustainability BSC nach Jain et al. (Quelle: Jain et al., 2010, S. 28)

Um die Gültigkeit ihrer Vorschläge zu untersuchen, haben Jain et al. die S-BSC in mehreren Unternehmen getestet. Dazu haben sie zunächst diejenigen Green IT Initiativen, welche durchgeführt werden sollten, in die drei Kategorien Virtualisierung, Cloud Computing und PC Power Management aufgeteilt. Anschließend untersuchten die Autoren den Inhalt der Green IT Meldungen innerhalb der Unternehmen, um sie so zu einer der fünf Perspektiven zuordnen zu können.

Das Ergebnis war nicht sehr überraschend für die Autoren: die beiden Perspektiven Finanzen und die neue Nachhaltigkeitsperspektive machten zusammen ca. 90% der Meldungen aus (wobei sie ungefähr gleichwertig waren). Das bedeutet, Resultate der Green IT Initiativen, die aus den Abteilungen kamen, hatten zu einer überwältigen Mehrheit finanzielle Auswirkungen oder stärkten die Nachhaltigkeit des Unternehmens. Es stellte sich die Frage, ob eine eigenständige S-BSC hier notwendig war oder ob eine zusätzliche Perspektive in Kombination mit einigen nachhaltig geprägten Finanzkennzahlen in der regulären BSC ausgereicht hätte. Dies hängt natürlich von den Gegebenheiten innerhalb einer Organisation ab, denn die Festlegung anderer Kennzahlen könnte zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen. Abschließend bemerken die Autoren, dass, obwohl die „triple bottom line“ (oder drei Säulen der Nachhaltigkeit) als signifikant in der Erreichung von Nachhaltigkeit angesehen werden kann, sie dennoch oftmals von Organisationen hierarchisch klar unter den Finanzkennzahlen angesiedelt werden. So kann zwar eine gewisse Nachhaltigkeit erreicht werden, allerdings wird sie ganz klar zweitrangig behandelt.

Man kann also sehen, dass selbst die Einführung einer S-BSC speziell für Green IT nicht zwangsläufig die gewünschten Erfolge haben muss. Es kommt bei diesem Beispiel die Frage auf, ob die klare Unausgewogenheit der Perspektiven darauf schließen lässt, dass hier der

Ansatz der eigenständigen S-BSC nicht optimal gewählt worden ist. Dennoch ist dies ein gutes Beispiel für die Abwandlung bereits bekannter Perspektiven – und auch für die zusätzliche Nachhaltigkeitsperspektive und wie diese in ein bestehendes Leistungsmessungssystem integriert werden kann.

Green IT Balanced Scorecard nach Wati und Koo

Der letzte hier detailliert betrachtete BSC Ansatz widmet sich wieder direkt dem Thema Green IT BSC und kann so einige interessante Denkanstöße für das Ziel des Forschungsprojektes geben. Entwickelt von Wati und Koo (2011), sieht der Ansatz die Green IT BSC als „a nomological management tool to systematically align IT strategy with business strategy from environmental sustainability perspective in order to achieve competitive advantage“ (Wati & Koo, 2011, S. 2). Die Green IT BSC hat demnach drei konkrete Ziele: Die Ausrichtung der IT Strategie an der Unternehmensstrategie, das Messen der Technologieperformance durch die Integration einer Nachhaltigkeitssicht sowie die Berücksichtigung von weichen und harte Faktoren bei der Bewertung von Green-IT-Investitionen.

Wati und Koo beziehen sich bei der Entwicklung der Green IT BSC oft auf Kaplan und Norton, weswegen die Prozesse viele Überschneidungen aufweisen. Auch bei der Perspektivenwahl lassen sich die Autoren von bereits verwendeten Ansätzen inspirieren, ändern diese aber auf die Bedürfnisse von Green-IT-Investitionen ab. Tabelle 31 zeigt eine Gegenüberstellung der Perspektiven von Green IT BSC und IT BSC aus Kapitel 5.1.1 um die Unterschiede klarer ersichtlich zu machen.

Tabelle 64: Gegenüberstellung der Perspektiven von Green IT BSC und IT BSC

IT BSC (Van Grembergen)	Green IT BSC (Wati und Koo)
Unternehmensbeitrag Mission: Einen angemessenen Unternehmensbeitrag durch IT Investitionen erzeugen	Finanzperspektive Mission: Bewertung des Unternehmensbeitrages von Green-IT-Maßnahmen aus der Finanzperspektive
Benutzerausrichtung Mission: Der bevorzugte Lieferant für IT-Leistungen sein	Stakeholderperspektive Mission: Quantifizierung der Effizienz und Effektivität von Green IT in der Erfüllung von Stakeholderbedürfnissen
Zukunftsausrichtung Mission: Chancen nutzen um zukünftigen Herausforderungen zu begegnen	Zukunftsausrichtung Mission: Die Umweltaspekte von Technologie zu integrieren um eine nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen
Operative Exzellenz Mission: Effektive und effiziente IT Anwendungen und Services liefern	Prozessperspektive Mission: Die Auslastung von Green IT während des gesamten Lebenszyklus optimieren

Es existieren sehr viele Gemeinsamkeiten, aber auch einige wichtige Differenzen. Insbesondere die Prozessperspektive fällt hierbei auf. Liegt bei der IT BSC der Fokus nur darauf, effiziente und effektive IT-Leistungen zu erstellen (ohne zwangsläufig Rücksicht auf Nachhaltigkeitsaspekte zu nehmen), sieht die Green IT BSC eine Optimierung der Auslastung von Green IT während des gesamten Lebenszyklus vor. Interessant ist hierbei, dass in der Mission nun also nicht die IT-Leistung als oberstes Ziel ausgerufen wird, sondern die optimale und nachhaltige Verwendung der Ressourcen. In jeder der Green IT BSC

Perspektiven sind ähnliche, kleine Veränderungen eingebaut, welche die Sicht auf die IT und die Aufgaben der IT verändern.

Die Prozessperspektive kann in diesem Beispiel derart verstanden werden, dass das Ziel die Herstellung und Bereitstellung von „support for applications in a sustainable fashion“ (Wati & Koo, 2011, S. 5) ist. Die Perspektive der Stakeholder repräsentiert die Evaluation der Green IT durch die Stakeholder selbst. Die Stakeholder nehmen in diesem Ansatz eine zentrale Rolle ein, da sie enormen Druck auf eine Organisation ausüben können, Nachhaltigkeit adäquat zu integrieren. Die beiden letzten Perspektiven, Finanzen und Zukunftsausrichtung, unterscheiden sich in ihren Zielen kaum von der IT BSC. Die Autoren machen außerdem konkrete Vorschläge zu den Zielen und Maßnahmen ihrer Green IT BSC. Diese werden in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 65: Green IT BSC nach Wati und Koo (Quelle: Wati & Koo, 2011)

Perspektive	Fokus	Strategische Ziele	Maßnahmen/Kennzahlen
Prozesse	Optimierung der Green IT Verwendung während des gesamten Lebenszyklus	Reduzierung der Technologiebelastung/ „carbon footprint“ / Treibhausgasemissionen der operativen Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> Umweltverschmutzungsindex Bewertung der Transporteffizienz Emissionsrate Unternehmensreport (z.B. ISO 14001, GRI, EMAS)
		Reduzierung des Strom- und Ressourcenverbrauches der operativen Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> Punktwerte der Managementsystemprojekte Unternehmensreport (z.B. ISO 14001, GRI, EMAS) Durchschnittlicher Verbrauch von Wasser, Materialien, Energie
		Minimierung der umweltbezogenen Risiken	<ul style="list-style-type: none"> Bewertung der Schadstoffe im Müll Technologierisikobewertung Unternehmensreport (z.B. ISO 14001, GRI, EMAS) Umweltverträglichkeitsanalyse
		Einfaches Recycling, Wiederverwendung und Entsorgung von IT am Ende des Lebenszyklus	<ul style="list-style-type: none"> Lebenszyklusanalyse Materialuntersuchung Anteil des E-Schrott Unternehmensreport (z.B. ISO 14001, GRI, EMAS)
Stakeholder	Quantifizierung der Effizienz und Effektivität von Green IT in der Erfüllung von Stakeholderbedürfnissen	Stakeholderzufriedenheit	<ul style="list-style-type: none"> Umfrage über Stakeholderzufriedenheit Anzahl der Stakeholderbeschwerden
		Management der Stakeholderbedürfnisse	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Meetings mit Stakeholdern Anzahl der IT Projekte mit SLAs Level der Kommunikation zwischen CEO, CIO und wichtigen Stakeholdern Kapitalzugang
		Ethische und gesetzliche Vorkehrungen	<ul style="list-style-type: none"> Verfügbarkeit von formellen Umwelttechnologieverfahren Anzahl der IT Umweltauszeichnungen Beleg der Nachhaltigkeitsperformance
Finanzen	Feststellung des Unternehmensbeitrages durch Green IT Implementierungen aus der Finanzperspektive	Erhöhung des Umsatzwachstums durch Green IT Implementierungen	<ul style="list-style-type: none"> Tatsächliche Ausgaben vs. budgetierte Ausgaben Kostenerhöhung vs. Ausgaben Analyse der Umsatzentwicklung
		Reduzierung der Umweltrisikokosten	<ul style="list-style-type: none"> Durchschnitt der Risikokosten
		Unternehmenswert der Green IT Projekte	<ul style="list-style-type: none"> Traditionelle Berechnungswege (z.B. ROI) (Neue) Informationsökonomie Kosten/Nutzen Analyse
		Management der Green IT Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> Investmentrate des Kapitals
Zukunftsrichtung	Integration der Nachhaltigkeitsaspekte von Technologie, um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen	F&E von Green IT	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der neuen Innovationen Anzahl der Patente Anteil des Budgets, das neuer F&E zugeteilt wird
		Grünes Engagement und Motivation innerhalb der Organisation erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> Grüner Mitarbeiterzufriedenheitsindex Anzahl der IT-Umweltzertifikate Verbesserung der internen Prozesse
		Erhöhung des Zugangs zu Wissen über grüne Technologien durch externe Quellen	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Kooperation mit lokalen und/oder internationalen Umweltorganisationen Anzahl der Weiterbildungen mit Bezug zur Verwendung von grüner Technologie

Fast alle der hier angegebenen Ziele und Maßnahmen unterscheiden sich stark von bisher betrachteten Beispielen. Dies ist teilweise dadurch zu erklären, dass die Autoren diese Green IT BSC nicht als eigenständige BSC sehen, sondern sie eher als einen Teil einer übergeordneten Sustainable Business BSC verstehen – ähnlich der IT BSC Kaskade aus Kapitel 5.1.1. Abbildung 37 zeigt die Zusammenhänge der verschiedenen BSCs.

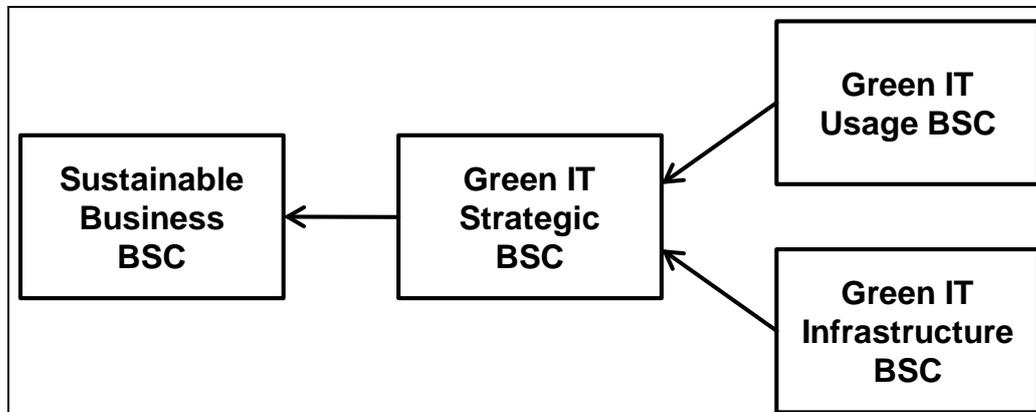


Abbildung 73: Zusammenhänge der verschiedenen Green IT BSCs (Quelle: Wati & Koo, 2011, S. 7)

Die starke Ähnlichkeit zur IT BSC ist hierbei bewusst von den Autoren gewählt worden. Darüber hinaus wird betont, dass die Wahl der Ziele und Maßnahmen die Evaluation von Green IT Investitionen beeinflussen soll, was Maßnahmen wie etwa Risikokosten oder die Minimierung der umweltbezogenen Risiken erklärt. Die Green IT BSC hat allerdings im Gegensatz zu bisher betrachteten Ansätzen nicht die IT-Strategie oder die IT-Mission als Mittelpunkt, sondern eine Nachhaltigkeitsperspektive. D.h., diese Green IT BSC stellt nicht wirklich einen ganzheitlichen Ansatz des Green IT Management dar, sondern erweitert eine bereits vorhandene, übergeordnete Unternehmens- oder IT-BSC um eine Nachhaltigkeitsperspektive. Dementsprechend sind die Ziele und Maßnahmen auch sehr in Richtung Nachhaltigkeit geprägt. Auf einem Kontinuum zwischen totaler Nachhaltigkeit und reinem Profitdenken wären die Ideen und Vorschläge von Wati und Koo weit auf dem Nachhaltigkeitsende anzusiedeln. Einige der Ideen lassen sich aber durchaus für andere Ansätze übernehmen, vor allem die Stakeholder- und Prozessperspektive bieten interessante Denkansätze. Die Stakeholder in den Mittelpunkt zu stellen hat zur Folge, dass Finanzziele (Stakeholder des Unternehmens) und Nachhaltigkeitsziele (Stakeholder der Welt) gleichzeitig erfüllt werden müssen und so die Nachhaltigkeit nicht als zweitrangig eingeschätzt wird. Aus der Prozessperspektive gibt das Ziel „Unternehmenswert der Green IT Projekte“ exakt die Gedankengänge wieder, die in diesem Forschungsprojekt ermittelt werden sollen und bildet so eine geeignete Ausgangsbasis für weitere Überlegungen.

Weitere S-BSC und Green IT BSC Ansätze

Nachdem nun einige Ansätze im Detail erklärt wurden, werden an dieser Stelle noch weitere, weniger prominente Ansätze erläutert. Oftmals handelt es sich dabei um sehr ähnliche Ansätze (fast ausschließlich Ableitungen der BSC), weswegen die Zusammenhänge nicht noch ein weiteres Mal erklärt werden müssen. Vielmehr geht es darum, noch weitere Möglichkeiten aufzuzeigen und Wege zu beschreiben, wie Autoren und/oder Organisationen die Herausforderung der Nachhaltigkeit im Performance Measurement adressiert haben. Ziel ist es, ein noch breiteres Fundament für Entscheidungen bzgl. Dimensionen und Ausprägungen der Dimensionen zu schaffen.

Den Anfang macht eine etwas ältere, aber dennoch sehr umfangreiche und übersichtliche Sammlung von echten Kennzahlen, die von Unternehmen verwendet werden. Epstein und Wisner (2001) haben dafür Unternehmen untersucht und gefragt, welche konkreten Kennzahlen sie verwenden. Dabei sind sie zu dem in Tabelle 14 dargestellten Ergebnis gekommen.

Tabelle 66: Übersicht von Kennzahlen verschiedener S-BSCs

Perspektive		Kennzahlen		
Finanzen	Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten durch Umweltaktivitäten verhindern • Reduzierung der Kosten durch Schulden • € operative Ausgaben • Umsatz grüne Produkte • Umsatz durch Recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • Entsorgungskosten • Energiekosten • Anteil direkter Umweltkosten • € Kapitalinvestment • Anstieg (in %) der proaktiven Ausgaben 	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbezogene € gespart • Strafen • EH&S Kosten (% des Umsatzes) • % Proaktive vs. Reaktive Ausgaben
	Soziales	<ul style="list-style-type: none"> • Philanthropische € gespendet • € Mitarbeiterboni • Reduzierung der Einstellungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • € Angestellten-kompensations-zahlungen • Gerichtsverfahren/-kosten • Umsatz durch sozial positionierte Produkte 	<ul style="list-style-type: none"> • # Angestelltingerichtsverfahren • Trainingsbudgets • Anstieg des Umsatzes durch verbessertes Image
Kunden	Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • € zweckbezogenes Marketing • Funktionale Öko-Effizienz der Produkte (z.B. Energiekosten einer Waschmaschine) 	<ul style="list-style-type: none"> • # grüne Produkte • Kundenretouren • Stakeholder Kommunikation • % wiedergewonnene Produkte nach Gebrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktsicherheit • Unvorteilhafte Berichterstattung • Produktlebenszyklus • # Rückrufe
	Soziales	<ul style="list-style-type: none"> • Kundenwahrnehmung • # Treffen mit Menschen in der Gesellschaft • # Produktrückrufe 	<ul style="list-style-type: none"> • # der unterstützten, zweckbezogenen Events (z.B. Brustkrebs, AIDS) • Kundenzufriedenheit • Demographie der Kunden 	<ul style="list-style-type: none"> • € Unterstützung der Gesellschaft (z.B. Parks, Grünflächen, etc.) • Anfragen des Sozialberichtes
Interne Prozesse	Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • # LCAs ausgeführt • # zertifizierte Lieferanten • # LKW-Kilometer • Energiekonsum • Volumen der Verpackungen • Frischwasserverbrauch • Wasserverschmutzung • Treibhausgasemissionen 	<ul style="list-style-type: none"> • % Material recycled • # Unfälle • % Bürobedarf recycled • % Produktions-stätten zertifiziert • Nicht-Produkt Output • Output von gefährlichen Materialien • Audit/Jahr der Lieferanten 	<ul style="list-style-type: none"> • % Müll der zu einer Mülldeponie gebracht wird • # Audits/Jahr • Interne Auditpunkte • % der wiederaufbereiteten Produkte • Luftverschmutzung • Fahrzeugtankstoffverbrauch
	Soziales	<ul style="list-style-type: none"> • # Mitarbeiterunfälle • Verhaltensänderung auf Grund von operationellen Verhalten • € „minority business purchases“ • Umweltqualität der Fabriken 	<ul style="list-style-type: none"> • # verlorene Arbeitstage • Durchschnittliche Anzahl Wochenarbeitsstunden • # Besucher /Fabrikbesichtigungen • # zertifizierter Lieferanten • Einhaltung internationaler Arbeitsstandards 	<ul style="list-style-type: none"> • # Tage Betriebsstopp • € Garantiezahlungen • # Nicht-Mitarbeiterunfälle • # Lieferantenstörungen • # Projekte bzgl. Erhöhung der Arbeitssicherheit • Zertifizierungen • Anzahl der Überstunden
Lernen und Entwicklung	Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • % Mitarbeiter fortgebildet • Mitglied "grüner" Fonds • # der Mitarbeiter der Anreize an grüne Ziele gekoppelt sind • % der Mitarbeiter die Fahrgemeinschaften nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • # Trainingsstunden • # Mitarbeiter-beschwerden • Unvorteilhafte Berichterstattung • # der Stellen mit Umweltverantwortung • #Shareholderbeschwerden 	<ul style="list-style-type: none"> • Reputation pro Umfrage • # Beschwerden aus der Gesellschaft • # Nichteinhaltung berichtet von Mitarbeitern • Managementaufmerksamkeit ggü. Umweltaspekten
	Soziales	<ul style="list-style-type: none"> • Diversität der Arbeitnehmer • Mitarbeiterfreiwilligen-stunden • Mitarbeiterausbildung € • Einkommensunterschiede zwischen Minoritäten • % der Mitarbeiter die Firmenanteile besitzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversität des Managements. • Durchschnittliche Länge der Beschäftigung • # freie, familienbezogene Tage • Mitarbeiter-zufriedenheit • # Bewerber pro freie Stelle • Mitarbeitergerechtigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • # interner Beförderungen • # unfreiwilliger Kündigungen • € Mitarbeiterboni • \$ "quality of life" Programme • # Mitarbeiter mit Behinderungen • # Mitarbeiterbeschwerden

Es ist erkennbar, dass sehr viele der Kennzahlen potenziell relevant erscheinen und z.T. bis jetzt noch nicht erwähnt worden sind. Insbesondere die Aufteilung der Perspektiven in Umwelt und Soziales schärft den Blick für die Unterschiede der Kennzahlen. Einige der Kennzahlen sind natürlich nicht so relevant wie andere (z.B. Anzahl der Werksbesichtigungen) oder sehr schwer messbar (z.B. unvoreilhaftete Berichterstattungen). Dennoch zeigen einige Kennzahlen, wie z.B. Diversität der Arbeitnehmer, Diversität des Managements, Frischwasserverwendung, Anzahl der Überstunden etc., potentielle neuartige Ansätze.

Ein weiterer Ansatz, der aufgrund seiner Vollständigkeit hier nicht fehlen darf, ist der von Dias-Sardinha, Reijnders & Antunes (2002). Die Autoren haben nicht nur eine S-BSC vorgeschlagen, sondern eine Kaskade von S-BSCs – angefangen bei einer S-BSC für das gesamte Unternehmen bis hin zu einer S-BSC für einzelne Abteilungen. Des Weiteren wurden die Perspektiven abgewandelt und stellen so einen Ansatz dar, der sich nicht strikt an die BSC hält. Zusätzlich haben die Autoren auch noch Hauptkategorien, Ziele und Kennzahlen der einzelnen S-BSCs angegeben. Tabelle 15 zeigt die Vorschläge von Dias-Sardinha et al. (2002).

Tabelle 67: S-BSC Kaskade nach Dias-Sardinha et al., 2002 (Quelle: Dias-Sardinha et al., 2002, S. 61)

Perspektiven	Nachhaltigkeit <i>Was sind Umwelt-, Sozial- und ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit im Fokus des Unternehmens?</i>	Stakeholder <i>Wie kann Nachhaltigkeit berücksichtigt und gemessen werden um Interessen aller Stakeholder zu berücksichtigen?</i>	Prozesse <i>Welche internen und externen Prozesse sollten im Fokus stehen und gemessen werden um Nachhaltigkeit zu erreichen?</i>	Lernen <i>Auf welche Lernaspekte und Innovationsfähigkeiten sollte sich das Unternehmen konzentrieren und messen?</i>
Unternehmensweit (mehrere Geschäftseinheiten) Benutzer: Aufsichtsrat,	Tripple Bottom Line Governance <ul style="list-style-type: none"> • Klare Bekenntnisse zu strategischen Zielen in Bezug auf Nachhaltigkeit • Einhaltung internationaler Tripple Bottom Line Erklärungen Umwelt/Soziales <ul style="list-style-type: none"> • Vorbeugeprinzip • Aufnahmefähigkeitsprinzips • Nullmissionsziel • Höhere Dematerialisierungswerte des Lebenszyklus erreichen • Signifikante Materialsubstitute eingehen • Interne und externe Fairness erreichen Ökonomisches/Finanzen <ul style="list-style-type: none"> • Mehr Externalitäten • Einbeziehen von Umwelt- bzw. sozialen Kosten und Nutzen 	Geschäftsethik/ Menschenrechte <ul style="list-style-type: none"> • Definition von Methoden/ Systemen bzgl. Geschäftsethik • Vermeidung von Bestechung / Korruption • Attraktiver für soziale/ ethische Stakeholder werden Beschäftigungspraktiken <ul style="list-style-type: none"> • Transparenz für konstanten Dialog mit Mitarbeitern schaffen Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Auf Corporate Citizenship achten • Stakeholdermitsprache recht im Entscheidungsprozess gewährleisten 	Management <ul style="list-style-type: none"> • Anwenden von Back-castings bzgl. Unternehmensstrategie • Nachhaltigkeitsberichte erstellen • Implementierung von Nachhaltigkeitsmanagementsystemen Technologien/Tools <ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensweites Tripple Bottom Line Management • Verwendung von erneuerbaren Ressourcen und umweltkompatiblen Technologien • Neue, grüne Produkte/Dienstleistungen 	Synergien <ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensweites, lebenslanges Lernen und Human Resources Management einführen • Förderung der Internalisierung von Nachhaltigkeitswerten Forschung & Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> • Netzwerke erhalten, die interne und externe Synergien von Umwelt- und Sozialaspekten fördern
Geschäftseinheiten Benutzer: Geschäftsleiter etc.	Tripple Bottom Line Governance <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit auf Top Managementebene Umwelt/Soziales <ul style="list-style-type: none"> • Buchhaltungsmethoden bzgl. effizienterer Nutzung von Ressourcen im Produktlebenszyklus • Buchhaltungsmethoden bzgl. sozioökonomischer / umweltbezogener Einflüsse Ökonomisches/Finanzen <ul style="list-style-type: none"> • Interne und externe Externalitäten im Produktlebenszyklus einbeziehen 	Beschäftigungspraktiken <ul style="list-style-type: none"> • Qualität der Mitarbeiterverträge garantieren • Mitarbeitermitbestimmung garantieren Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Mithilfe im lokalen Unternehmensnetzwerk und Problemschlichtung • Gute Beziehungen zu externen Stakeholdern beibehalten 	Management <ul style="list-style-type: none"> • Adäquate Nachhaltigkeitsmanagementsysteme der Geschäftseinheiten gewährleisten • Report je Geschäftseinheit erstellen Technologien/Tools <ul style="list-style-type: none"> • Tripple Bottom Line Management auf Ebene der Geschäftseinheiten • Implementierung sozialer Standards • Anwendung integrierter Prozesse der Performance-evaluierung 	Synergien <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung Motivation/ Ermächtigung • Umweltwissen zwischen Geschäftseinheiten austauschen Forschung & Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> • F&I für Innovationen, inklusive vorbeugender Prinzipien
Abteilung	Tripple Bottom Line Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung von regionalem Umweltdruck/ soziokulturelle, sozio-ökonomische Performance steigern • Identifizierung/ Verbesserung von Innovation pro Abteilung • Überwachung von Externalitäten und in-house Kosten der Maßnahmen 	Kunden/Lieferanten <ul style="list-style-type: none"> • Systeme zur Verbesserung der Kunden- bzw. Lieferantenzufriedenheiten implementieren Arbeitnehmer <ul style="list-style-type: none"> • Implementierung von Gesundheits-, Sicherheits- und Ethiksystemen und Mitarbeiterrepräsentation im Entscheidungsprozess 	Management <ul style="list-style-type: none"> • Integration von Auswirkungsindikatoren in diversen Prozessen • Anwendung von Rücknahmeprovisionen (wenn möglich) 	Synergien <ul style="list-style-type: none"> • Synergien zwischen Abteilungen erhöhen • Implementierung von operationellen Mitarbeiterfortbildungen

Ähnlich dem Vorherigen ist dieser Ansatz etwas älter, bringt aber dennoch viele interessante Punkte hervor. Vor allem die Unterscheidung der Ziele und Maßnahmen auf den verschiedenen Ebenen und deren Zusammenwirken wird exzellent hervorgehoben. Viele der Kennzahlen können heute noch Verwendung in IT Organisationen finden.

Diskussion der IT Performance Dimensionen

Nachdem nun eine ganze Reihe von Performance Dimensionen vorgestellt wurden, gilt es diese zu diskutieren und auf ihre Tauglichkeit für das Forschungsprojekt zu untersuchen. Auffällig ist, dass für IT Performance fast ausschließlich Ansätze existieren die unterschiedlich stark auf der BSC basieren. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Themen wie Green IT oder Nachhaltigkeit. Die BSC und ihre Derivate sind eindeutig das dominierende Element. Als ein Grund muss hier wieder die Simplizität angeführt werden, mit der die ersten Schritte hin zu einer IT BSC gegangen werden können. Das Konzept ist sehr einfach zu verstehen und sehr schnell nachvollziehbar. Des Weiteren ist die Leistungsmessung in Form einer Scorecard in der IT gut umsetzbar. Zudem ist das Konzept flexibel und leicht anpassbar. Dies sind zweifelsfrei Eigenschaften, die in der volatilen IT Umgebung von großer Wichtigkeit sind.

Betrachtet man die Wahl der Dimensionen der diversen IT BSCs oder S-BSCs, so fällt auf, dass ein Großteil der Ansätze sich nicht weit von den ursprünglichen Dimensionen der BSC von Kaplan und Norton entfernt. Oftmals werden nur eine oder zwei Dimensionen abgewandelt, um IT-Aspekte hervorzuheben und die verbliebenen Dimensionen werden beibehalten und inhaltlich leicht abgewandelt. Dies gilt auch für S-BSCs, wobei hier häufig die ursprünglichen vier Dimensionen durch eine weitere Nachhaltigkeitsdimension erweitert werden. Vor allem die Dimensionen „Lernen und Entwicklung“ und „interne Prozesse“ finden fast immer Einzug in IT BSCs, wenn auch teilweise mit leicht veränderter Terminologie (z.B. Innovationsperspektive, Zukunftsperspektive bzw. Operational Excellence). Dies ist nachvollziehbar, ist es doch oftmals die Rolle der IT, interne Prozesse effektiver und effizienter zu gestalten und gleichzeitig innovative Lösungen zu finden. Alle hier näher vorgestellten Ansätze hatten sowohl eine Dimension „Lernen und Entwicklung“ als auch eine Dimension die sich auf interne Prozesse konzentriert. Diese beiden Dimensionen erscheinen essentiell um die Leistungsanforderungen einer modernen IT Organisation widerzuspiegeln.

Auch der Finanzperspektive kommt eine ähnliche Rolle zu, allerdings gibt es hier oftmals eine Abwandlung der ursprünglichen BSC, indem sie als Dimension Unternehmensbeitrag betitelt wird. Auch dies ist ein nachvollziehbarer und konsequenter Schritt. Die IT kann nicht losgelöst von dem gesamten Unternehmen betrachtet werden. Eine Finanzperspektive die sich nur auf die IT Organisation beschränkt, würde nicht annähernd den realen Sachverhalt darstellen. Des Weiteren hat die IT sehr häufig einen unterstützenden Charakter, d.h. die Leistungen der IT dienen dazu Unternehmensleistungen zu ermöglichen bzw. effektiver und effizienter zu gestalten. Sie leisten damit also aktiv einen positiven Beitrag zum Unternehmenserfolg und bilden dies mit der Dimension „Unternehmensbeitrag“ ab. In dieser Dimension sind dann auch oftmals finanzielle Kennzahlen und Maßnahmen enthalten, da eine verbesserte Kosteneffizienz ebenfalls ein positiver Beitrag zum Unternehmenserfolg ist.

Bei der Kundenperspektive ist solch eine einfache Transferierung nicht sofort ersichtlich. Es wird zwar häufig die Kundenperspektive übernommen, aber vor allem die Ansätze, die sich direkt der Green IT widmen, zeigen einen anderen Ansatz durch Erweiterung der Stakeholderperspektive. Durch diese Erweiterung der „Zielgruppe“ soll insbesondere die Nachhaltigkeit gewährleistet werden. Alle Stakeholder zu integrieren bedeutet, dass sich IT Organisationen zu einem gewissen Grad mit Themen wie Ressourceneffizienz, Emissionen,

Umweltverschmutzung, u.ä. auseinandersetzen müssen. Dies war bis vor kurzem (und ist es häufig immer noch nicht) keine Selbstverständlichkeit für IT Organisationen. Außerdem vereint die Stakeholderperspektive Finanzziele mit Nachhaltigkeitszielen und richtet so die IT-Organisation sowohl darauf aus den Unternehmensbeitrag zu steigern, als auch die Nachhaltigkeit zu fördern.

Die IT-Leistungserstellung von Schmid-Kleeman stellte den bis jetzt einzigen, klar outputorientierten Vorschlag einer Perspektive dar. Vor allem die Kombination mit der beliebten Wahl des Unternehmensbeitrags als oberstes Ziel der IT, stellt eine sehr interessante, weil relevante Konfiguration für das Forschungsprojekt dar. Wird noch eine zusätzliche Nachhaltigkeitsperspektive verwendet, kann so gewährleistet werden, dass die IT den Unternehmensbeitrag steigert und dennoch nachhaltig aktiv ist, ohne die eigentliche Hauptaufgabe der IT zu vernachlässigen.

Weniger Konsens, als bei den Perspektiven, gibt es bei der Eingliederung der Nachhaltigkeit in die Leistungsmessung der IT. Wie erwähnt gibt es drei Ansätze dies zu realisieren: Maßnahmen und Kennzahlen auf Nachhaltigkeit abwandeln, eine zusätzliche Nachhaltigkeitsperspektive hinzufügen und ein eigenständiges Nachhaltigkeitsleistungsmessungswerkzeug einführen. Es wurden mehrheitlich die ersten beiden Möglichkeiten gewählt, wobei die beiden Varianten unter sich ungefähr gleich oft angewendet wurden. Die Vor- und Nachteile der Varianten wurden bereits in Kapitel 5.1.4 erläutert.

Zusammenfassend gelangt man zur Erkenntnis, dass ein Green IT PMS in Form einer Green IT BSC etabliert werden sollte. Dies legt zumindest die Recherche nahe, gibt es doch fast ausschließlich Ansätze die auf BSC Derivaten basieren. Insbesondere die Kombination einer outputorientierten und einer nachhaltigen Dimension, die als oberstes Ziel den Unternehmensbeitrag haben, stellen eine vielversprechende Variante dar. Dies gilt trotz der Dominanz der vier Dimensionen Unternehmensbeitrag, Lernen und Entwicklung (oder Zukunft), interne Prozesse (oder operationelle Exzellenz) und Stakeholder, welche am häufigsten gewählt wurden. Interessanterweise entspricht diese Konfiguration genau den Perspektiven, welche die generische IT BSC vorschlägt. Deren Einfluss ist scheinbar sehr groß auf nachfolgende Ansätze gewesen.

Die häufigsten Methoden, Nachhaltigkeitsaspekte einzugliedern, sind entweder durch Abwandlung der Ziele, Kennzahlen und Maßnahmen innerhalb dieser vier Dimensionen oder durch Hinzufügen einer fünften Dimension, namentlich der eigenständigen Nachhaltigkeitsperspektive geschehen. Dies hängt davon ab, wie viel Gewicht auf Nachhaltigkeit gelegt werden soll. Eine Abwandlung innerhalb der Dimensionen spricht für einen stärkeren Nachhaltigkeitsfokus, da Nachhaltigkeit so in jeder Perspektive vertreten ist und nicht untergeordnet werden kann. Dies kann auch für eine zusätzliche Nachhaltigkeitsperspektive zutreffen, wobei man Gefahr läuft, diese zu Gunsten der anderen Perspektiven zu vernachlässigen. Die exakte Integration der Nachhaltigkeit ist erneut ein Aspekt, der in individueller Abstimmung mit sämtlichen involvierten Parteien einer Organisation diskutiert werden muss.

Marktanalyse

Um dieses Arbeitspaket über Performance Measurement Systeme adäquat abzuschließen, wurde an dieser Stelle zusätzlich eine Marktanalyse durchgeführt. Ziel war es herauszufinden, welche Angebote für IT Performance Measurement Lösungen auf dem freien Markt existieren, sowie welche PMS-Konzepte, -Werkzeuge und -Methode in der Praxis die populärsten sind. Dies soll das Gegenstück zu dem bisherigen Teil bilden, der stark theoretisch geprägt war. Um die Marktanalyse durchzuführen, wurden branchenübliche Webseiten und Online-Suchmaschinen zur Recherche verwendet und Begriffe wie „IT Performance Measurement Systeme“, „IT Performance Measurement“, „IT Performance Konzepte“, „IT Kennzahlensysteme“ u.ä. verwendet.

Die Ergebnisse der Marktanalyse können allgemein als durchaus lückenhaft beschrieben werden. Zunächst muss angemerkt werden, dass der Großteil der Ergebnisse zu den Suchbegriffen selbst von theoretischer Natur war. Das heißt, die prominentesten Ergebnisse der Suche handelten davon, wie PMS theoretisch zu konzipieren sind, welche allgemeinen Vor- und Nachteile PMS haben, Definitionen von Performance Measurement generell, etc. Oftmals handelt es sich dabei um wissenschaftliche Beiträge in Fachzeitschriften, Büchern, Magazinen und Konferenzbeiträgen (von denen einige unabhängig von der Marktanalyse einen Beitrag zu diesem Dokument geleistet gaben) und „semi-wissenschaftliche“ Kommentare in diversen Blogs, Webseiten, Foren, etc.

Die wenigen verwertbaren Ergebnisse, die tatsächlich Lösungen für Unternehmen anboten, die in ihrer IT Organisation ein IT PMS etablieren wollten, waren oftmals von einer gewissen Ungenauigkeit geprägt. Das Beispiel in Tabelle 16 von KPMG verdeutlicht diesen Sachverhalt anschaulich.

Tabelle 68: IT Performance Measurement Angebot von KPMG

„IT Governance bezeichnet die Organisation, Steuerung und Kontrolle der IT und der IT-Prozesse eines Unternehmens durch die Unternehmensführung. Sie dient der konsequenten Ausrichtung der IT-Prozesse an der Unternehmensstrategie und steht in enger Verbindung zum ganzheitlichen Corporate Governance-Ansatz.

Hauptziel ist es, die IT-Organisation und deren Architektur und Prozesse bestmöglich zu steuern und zu überwachen. IT Governance ist ein unerlässlicher Bestandteil eines ganzheitlichen Corporate Governance-Ansatzes zur Steuerung und Kontrolle eines Unternehmens.

Anforderungen an die IT Governance sind:

- Strategic Alignment: permanente Ausrichtung der IT an den Unternehmenszielen und -prozessen sowie Unterstützung des Unternehmens bei der Erreichung der Geschäftsziele
- Resources Management: Einsatz der IT-Ressourcen unter verantwortungsvollen und nachhaltigen Gesichtspunkten
- Risk Management: Aufdeckung, Beurteilung und Adressierung von IT-Risiken
- Performance Measurement: Messung der Performance der IT-Prozesse und Services einschließlich eines zeitnahen und eindeutigen Reportings
- Value Delivery: Messung des Wertbeitrags der IT zum Geschäft

Unser Beratungsangebot

KPMG unterstützt Unternehmen dabei, Abläufe innerhalb der IT offen zu legen, sie für die Unternehmensführung nachvollziehbar zu machen sowie die IT auf die Geschäftsziele auszurichten.

Unter Anwendung anerkannter Prozessmodelle wie CobiT und ITIL sowie unter Berücksichtigung von Vorgaben wie beispielsweise Basel II und des Sarbanes-Oxley Act helfen wir unseren Mandanten, die Effizienz ihrer IT zu steigern.“

Diese Aussage lässt keinen Rückschluss darauf zu wie genau KPMG vorgeht oder welches PMS verwendet wird. Allerdings stellte sich während der Recherche heraus, dass fast alle kommerziellen Angebote solch eine ähnliche Ungenauigkeit aufwiesen. Die Aussagekraft der Angebote ist eher fragwürdig und für Unternehmen, welche auf der Suche nach einem IT PMS sind, nicht sehr hilfreich. Es wurden jedoch auch Angebote identifiziert, welche genauer waren und ein wenig mehr Informationen bereitstellten. Eines dieser Angebote war z.B. bei der Unternehmensberatung Horváth & Partners zu finden und ist in Tabelle 17 zu sehen.

Tabelle 69: IT Performance Measurement Angebot von Horváth & Partners

<p>Kennzahlensysteme</p> <p>„Kennzahlensysteme sind maßgebliche Kernbausteine des Performance-Management-Prozesses. Sie sollen die Leistungsebenen im Unternehmen messbar und verbesserbar machen. Durch die Definition von Zielwerten und Controllingmechanismen wird eine kennzahlenbasierte Steuerung möglich: es können Ursachen für Zielabweichungen analysiert und frühzeitig mit geeigneten Gegenmaßnahmen adressiert werden.</p> <p>Bei der Konzeption und Einführung von Kennzahlensystemen sind nach unseren Erfahrungen einige Herausforderungen zu meistern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überwindung der Dominanz finanzieller Kennzahlen: Finanzkennzahlen bilden zwar das Ergebnis der unternehmerischen Aktivitäten am Markt ab, sie sind jedoch selbst nicht Ursache des Erfolgs. • Fokussierung auf das Wesentliche: Aus der Vielzahl der in den meisten Unternehmen vorherrschenden Informationen müssen die relevanten Steuerungsgrößen identifiziert und in aussagefähige Key Performance Indicators (KPIs) überführt werden. • Verknüpfung strategischer und operativer Steuerung: Die KPIs müssen die Zielerreichung in Bezug auf die Unternehmensstrategie messbar machen und die operative Steuerung in Einklang mit den strategischen Zielen gewährleisten. • Standardisierung und Systematisierung: Für die Sicherstellung transparenter und unternehmensweit durchgängiger Informationen sind die Kennzahlendefinitionen zu harmonisieren. Zum Zwecke der zielgerichteten Steuerung müssen die Kennzahlen in ein integriertes System mit Ursache-Wirkungsbeziehungen überführt werden. • Adressatengerechtes Reporting: Die jeweils steuerungsrelevanten KPIs sind die elementaren Bausteine eines adressatengerechten Management Reportings. Zudem erfordert die durchgängige Verknüpfung der KPIs in einem komplexen Umfeld eine integrierte IT-Landschaft. <p>Unsere Erfahrung in der Einführung und Optimierung von Kennzahlensystemen resultiert aus zahlreichen Projekten. Im Rahmen des Horváth & Partners-Ansatzes zur Ableitung von KPIs werden aufsetzend auf dem strategischen Zielsystem Ihres Unternehmens sowie aus den operativen Unternehmensprozessen die steuerungsrelevanten Informationen abgeleitet und in ein ausgewogenes Kennzahlensystem überführt. Gerne unterstützen wir auch Ihr Unternehmen bei der Etablierung einer erfolgreichen kennzahlenbasierten Steuerung.“</p>

Es wird durch diese Anzeige deutlich, dass Horváth & Partners sich mit dem Thema Kennzahlensysteme auseinandergesetzt haben und die wichtigsten Elemente hier aggregiert haben. Dennoch ist auch hier negativ anzumerken, dass die Aussagen ungenau bleiben, vor allem mit Hinblick darauf, welches ausgewogene Kennzahlensystem (oder PMS) eingeführt werden soll.

Die weiteren gefundenen Angebote waren den beiden vorgestellten Angeboten häufig in ihrer Ungenauigkeit sehr ähnlich. Es wurden allerdings konkretere Aussagen über Methodik, Werkzeuge und Systeme gemacht. Im Großteil der Fälle wurde die Balanced Scorecard (vereinzelt auch IT BSC) als Tool beschrieben, welches verwendet wird, um IT Performance Measurement zu implementieren. Zwar stellten die meisten dieser Angebote auch nicht mehr Informationen zur Verfügung, allerdings kann man dadurch auf die Beliebtheit der BSC schließen. Um die Ergebnisse der Marktanalyse zusammenzufassen, gibt Tabelle 18 einen Überblick über die Resultate der Suche.

Tabelle 70: Ergebnisübersicht der Marktanalyse

Quelle	Angebot
A'PARI Consulting GmbH	„Maßnahmen zur Verbesserung der Transparenz und Planungssicherheit (u. a. Kennzahlensysteme)“
BDG GmbH & Co KG	„Wir unterstützen Sie beim individuellen Aufbau Ihres IT-Service-Managements, bei der Einführung von ITIL, oder der Wahl geeigneter IT-Governance Initiativen“
CONNOS GmbH	Aufbau einer BSC zur Unternehmenssteuerung, Umsetzung Strategischer Vorstellungen auf operativer Ebene und Messung der Leistungsfähigkeit von Unternehmen.
Horváth AG	Konzeption und Einführung von Kennzahlensystemen
innocate solutions GmbH	„Konzeption der Kennzahlensysteme und Erstellung des individuellen Berichtswesens: Aus der IT-Strategie und den IT-Zielen Ihres Unternehmens leiten wir die relevanten Kennzahlen ab“
Institut für Prozessoptimierung und Informationstechnologien GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • „Entwicklung und Umsetzung von zielorientierten Mess- und Kennzahlensystemen • Konzeption und Einführung einer Balanced Scorecard • Umsetzung der relevanten Messgrößen bis auf Mitarbeiterebene (im Zielvereinbarungsgespräch bzw. Jahresgespräch)“
itelligence AG	„Wir überprüfen mit Ihnen die heute in Ihrem Unternehmen verwendeten Kennzahlen, optimieren diese in einem auf Ihr Unternehmen ausgerichteten Kennzahlensystem und erarbeiten gemeinsam eine effiziente Bereitstellung / Messung der definierten Kennzahlen.“
KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft	„Performance Measurement: Messung der Performance der IT-Prozesse einschließlich zeitnahen und eindeutigen Reportings“
Maxpert GmbH	„In unseren Seminaren zur Steuerung der IT mit Kennzahlen erlernen Sie das benötigte Wissen, um Ihre IT-Organisation anhand definierter Messgrößen zu führen und zu steuern. Dieser Ausbildungsweg ist aus der Praxis für die Praxis gestaltet. Sie erhalten das Handwerkszeug, um bereits am nächsten Tag mit der Gestaltung Ihres Kennzahlensystems zu beginnen.“
microfin Unternehmensberatung GmbH	„Einführung von Messverfahren und Steuerungsgrößen wie bspw. KPIs oder Balanced Score Cards“
mgm consulting partners GmbH	„IT Performance Measurement durch Balanced Scorecards (BSC)“
PRO DV Consulting GmbH	<p>„Performance Indikatoren: Mit wirkungsvollen KPIs wichtige Steuerungshinweise liefern</p> <ul style="list-style-type: none"> • IT-Steuerung durch Prozess-Kennzahlen • Aufbau eines wirkungsvollen Kennzahlensystems • Der KPI-Report – Aussagekräftiges Monitoren • Erfahrungssicherung“
PricewaterhouseCoopers AG	<p>IT-Governance:</p> <p>„Zur Entwicklung, Einführung und Steuerung der IT-Governance im engeren Sinne muss die Unternehmensleitung mit Entscheidungsrechten, Rollen und Verantwortlichkeiten den organisatorischen Rahmen für die IT schaffen und definieren, welche Aufgaben diese in den folgenden fünf Handlungsfeldern (Domänen) hat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die IT-Strategie muss an die Strategie des Gesamtunternehmens angepasst werden (Strategic Alignment) • Der Wertbeitrag der IT zum Unternehmenserfolg ist zu messen und zu bewerten (Value Delivery) • Risiken sind zu identifizieren und zu managen (Risk Management) • Entscheidungen über einen zielgerichteten und effizienten Einsatz der Ressourcen sind zu treffen (Resource Management) • Der Grad der Umsetzung der ersten vier Domänen ist zu messen und zu beurteilen (Performance Measurement)“
Victor GmbH	<p>IT Kennzahlensysteme:</p> <p>Ein eigenes Vorgehensmodell wurde entwickelt, bei dem vor allem beachtet wird „das Zielsystem des Unternehmens nicht aus den Augen verloren werden, zum anderen muss ein individuelles Kennzahlen- und Reporting-System entstehen, dass in der Praxis einsetzbar ist.“</p>

Die Tabelle 18 verdeutlicht die angesprochene Ungenauigkeit bzw. die fehlende Aussagekraft der meisten Angebote. Oftmals sind PMS oder Kennzahlensysteme nur ein Schlagwort welches genannt, aber nicht weiter ausgeführt wird. Konkrete Kennzahlen werden nie genannt, was aufgrund der Wahrung von Betriebsinterna verständlich ist, allerdings werden auch die Systeme selbst selten benannt.

Da die direkte Marktanalyse sehr ungenaue Ergebnisse lieferte, wurden zusätzlich noch Publikationen in Journalen, Konferenzen, etc. zur Hilfe gezogen, die sich mit der Verbreitung von PMS beschäftigten. Ein Verfahren, welches in der PMS-Literatur mehrfach angewandt wurde, ist es die Anzahl der Zitierungen der Autoren der jeweiligen PMS zu analysieren. Zu diesem Thema gibt es einige, wenige Veröffentlichungen (z.B. Mar & Schluma, 2003; Neely, 2005; Schenker-Wicki & Inauen, 2009) und auch hier zeichnet sich ab, dass die BSC das dominierende Instrument ist. Neely (2005), einer der bekannteren Autoren des Performance Measurements, fand in seiner Studie, dass über 55% der Zitierungen zu dem Thema PMS Kaplan und Nortons Balanced Scorecard zugehörig sind. Des Weiteren betont Neely, dass diese Übermacht der Zitierungen auch konstant ist, d.h. im Untersuchungszeitraum mehr oder weniger gleich dominierend geblieben ist (vgl. Neely, 2005, S. 1268). Die anderen Studien fanden ähnliche Zahlen, wie z.B. einen Anteil an Zitierungen von über 70% (Mar & Schluma, 2003) oder eine schriftliche Befragung von Schenker-Wicki und Inauen, welche herausfand, dass knapp 50% der Schweizer börsennotierten Unternehmen eine Form der Balanced Scorecard verwenden.

Trotz der teilweise lückenhaften Ergebnisse der Marktanalyse lassen sich doch einige Rückschlüsse auf die Verbreitung von PMS ziehen. Zum einen fällt auf, dass vor allem das IT Performance Measurement noch nicht den Status erreicht hat den es in anderen Gebieten mittlerweile einnimmt. Eine vor kurzem erschienene Studie von Deloitte fand dazu heraus, dass nur etwa 25% der befragten Unternehmen regelmäßig und auf technischen, sowie geschäftlichen Indikatoren basierendes Performance Measurement in der IT betreiben (vgl. Deloitte, 2011, S. 17). Zwei Sätze aus dieser Studie fassen die Situation treffend zusammen:

“IT performance reporting through Business metrics is a key factor in reaching IT and Business alignment, as it fosters transparency and communication. However, this best practice is still the exception rather than the rule.” (Deloitte, 2011, S. 17)

Die Balanced Scorecard stellt hierbei das eindeutig dominierende Element dar. Inklusiv ihrer Derivate kommt sie mit großem Abstand am häufigsten zur Verwendung. Potentielle Gründe dafür gibt es viele. Die BSC war das erste ganzheitliche und ausgewogene PMS, das weltweit akzeptiert und verwendet wurde. Außerdem ist die BSC simpel in ihrem Aufbau und sehr flexibel einsetzbar, weshalb sie in vielen verschiedenen Branchen und Einsatzgebieten verwendet wird. Darüber hinaus existiert ein sehr großer Fundus an Fachliteratur über die BSC und ihren Einsatz, sodass Organisationen ihre Fragen und Probleme oftmals selber lösen können.

Der häufigste Werdegang eines PMS in einem Unternehmen scheint auch die Selbstentwicklung, bzw. die Selbstentwicklung mit Unterstützung eines Beratungsunternehmens, zu sein. Dies ist auch voll nachvollziehbar, wurde doch mehrfach darauf hingewiesen, dass ein PMS unbedingt individuell angepasst werden muss. Standardlösungen kommen also nur bedingt infrage und werden auch nur bedingt angeboten, bzw. sind im Grunde nicht existent. Individuallösungen und/oder Lösungen von Beratungsunternehmen sind vorherrschend und werden es voraussichtlich auch noch in den nächsten Jahren bleiben. Dies gilt insbesondere im Bereich der Green IT PMS, die noch in der Anfangsentwicklung steckt und sich erst etablieren muss.

Weitere Ergebnisse

Projektbezogener IT-BSC Ansatz

Im Folgenden werden die für die Konzeption des geschäftsprozessorientierten Management-Cockpits erforderlichen Anpassungen und Erweiterungen der IT-BSC beschrieben. Die Ergebnisse wurden konzeptionell-deduktiv basierend auf der Literaturanalyse abgeleitet. Im Fokus stehen Festlegung spezifischer Performance-Dimensionen, Erschließung zugehöriger Kennzahlen und Identifizierung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen.

Performance-Dimensionen und Kennzahlen

Performance-Dimensionen ermöglichen die multidimensionale Leistungsmessung eines Steuerungsobjektes. Durch Definition geeigneter Dimensionen werden Kennzahlen, Ziele und Maßnahmen kategorisiert, Ursache-Wirkungs-Beziehungen ersichtlich und der Fokus des Performance Measurement Systems festgelegt. Im Hinblick auf die Ziele des Management-Cockpits wurden vier relevante Dimensionen identifiziert. Abbildung 38 zeigt die gewählten Dimensionen, zugehörige Kennzahlen und Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Die *Umweltdimension* bildet den Ressourcenverbrauch der IKT-Infrastruktur ab, wodurch dem entwickelten Performance-Measurement-Ansatz der Charakter einer Green-IT-BSC verliehen wird. Aus Energieverbrauchswerten werden IKT-bedingte indirekte CO₂-Emissionen errechnet. Um erhobene Ressourcenverbräuche sinnvoll auf einzelne Elemente der IKT-Infrastruktur zu allozieren, sind Bestandskennwerte zu den IKT-Komponenten (z.B. Anzahl der Server, Clients etc.) erforderlich. Die *Leistungsdimension* ermöglicht die Beurteilung der Leistung der IKT-Infrastruktur z.B. durch Erfassung von Kapazitäten und Echtzeitwerten zu deren Auslastung. Es werden outputorientierte Kennwerte, wie z.B. Anzahl und Häufigkeit produzierter IT-Services erhoben, um die IT-Prozessleistung zu bewerten. In Verbindung mit Ressourcenverbrauchskennwerten der Umweltdimension wird eine Bewertung der IKT-Ressourceneffizienz, insbesondere der Energieeffizienz abgebildet. Um dem Anspruch eines geschäftsprozessorientierten Managementcockpits gerecht zu werden, enthält die *Geschäftsprozessdimension* spezifische Prozesskennwerte wie z.B. die Anzahl und Häufigkeit von Geschäftsprozessoutputs. Die Verbindung mit Kennwerten der Umwelt- und Leistungsdimension erlaubt die Bewertung des IKT-bedingten Ressourcenverbrauchs für Geschäftsprozesse durch die Bildung von Prozesseffizienz Kennwerten, z.B. IKT-Energieverbrauch pro Geschäftsprozessoutput. In der *Finanzdimension* werden monetäre Auswirkungen von Veränderungen in anderen Dimensionen abgebildet. Hier werden z.B. Kosten für IKT-Ressourcenverbräuche und Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen kombiniert, um Wirtschaftlichkeitsrechnungen für Green-IT-Projekte zu ermöglichen.

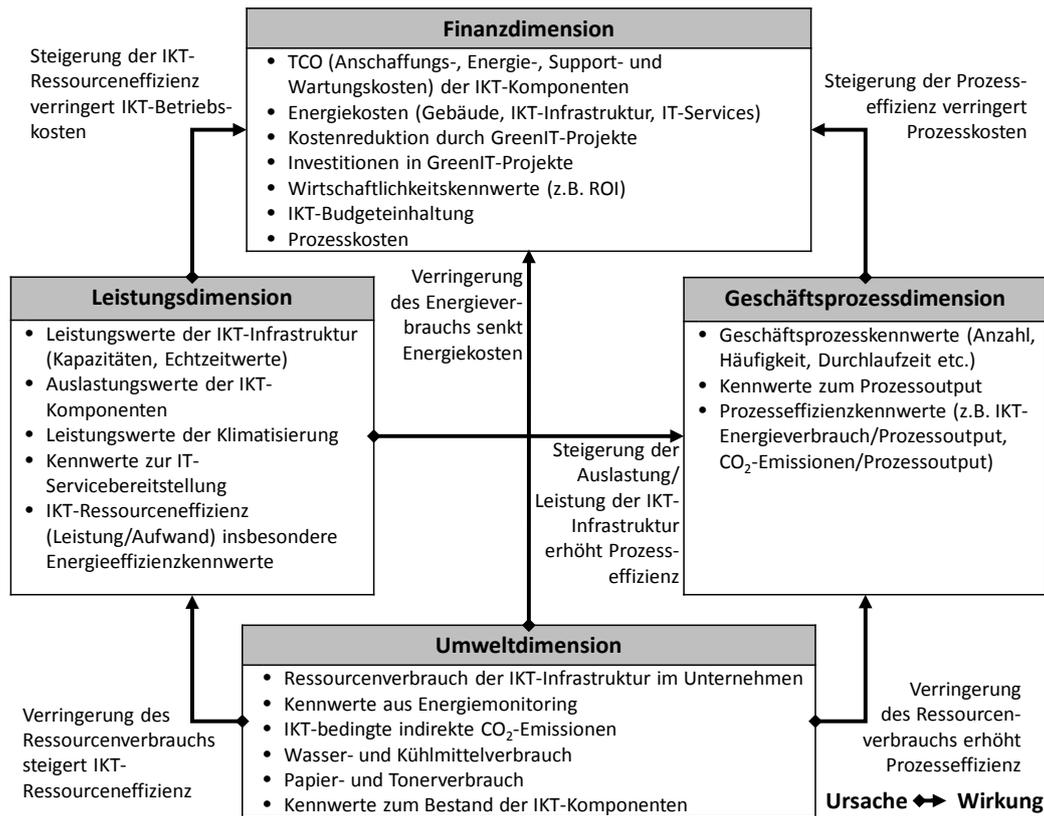


Abbildung 74: Performance-Measurement-Dimensionen und Ursache-Wirkungs-Beziehungen

Ursache-Wirkungs-Beziehungen

Die in Abbildung 38 dargestellten Ursache-Wirkungs-Beziehungen beschreiben die wesentlichen Interdependenzen zwischen den entwickelten Performance-Dimensionen. Die Umweltdimension stellt dabei im Wesentlichen die primäre Ursache-Dimension dar. D.h. Veränderungen der Kennzahlen in der Umweltdimension haben Auswirkungen auf Kennzahlen der weiteren Dimensionen. Wird beispielsweise durch erfolgreich umgesetzte Green-IT-Maßnahmen der Energieverbrauch der IKT (Ursache: Umweltdimension) verringert, wird bei gleichbleibenden Leistungswerten die IKT-Ressourceneffizienz (Wirkung: Leistungsdimension) gesteigert. Zusätzlich führt die ursächliche Energieverbrauchsminderung zu einer Verbesserung der Prozesseffizienz (Wirkung: Geschäftsprozessdimension) und verringerten Energiekosten für den Betrieb der IKT-Infrastruktur (Wirkung: Finanzdimension). Die Finanzdimension gilt als primäre Wirkungsdimension. Veränderungen der Kennzahlen in anderen Dimensionen haben finanzielle Auswirkungen, welche durch die Kennzahlen der Finanzdimension abgebildet werden. Wird beispielsweise die IKT-Energieeffizienz (Ursache: Leistungsdimension) durch entsprechende Maßnahmen gesteigert, können die Kosten für den Betrieb der IKT-Infrastruktur (Wirkung: Finanzdimension) gesenkt werden. Ähnlich verhält es sich bei der Steigerung der Prozesseffizienz (Ursache: Geschäftsprozessdimension), wodurch die Prozesskosten (Wirkung: Finanzdimension) verringert werden können.

Literaturverzeichnis

A'PARI Consulting GmbH: Leistungsportfolio. <http://apari.de/leistungen/leistungsportfolio.html> (Letzte Abfrage: 06.06.2012)

Baumgartner, C. (2002): Umsetzung und Realisierung von Performance Measurement: Kriterien für die Bewertung und Gestaltung, in: Praxis der Wirtschaftsinformatik, HMD 227, Vol. 39, Oktober 2002, S. 17-25.

Bendl, H.; Gleich, R.; Kraus, P. (2004): Wettbewerbsvorteile durch strategieorientierte Steuerung der IT, in: HMD Wirtschaftsinformatik in der Praxis, No. 239, pp. 39- 47.

BDG GmbH & Co KG: IT Service Management (ITSM). <http://www.bdg.de/bdg-beratung/itsm/> (Letzte Abfrage:06.06.2012)

Bititci, U. S.; Turner, T. & Begemann, C. (1997): Integrated Performance Measurement Systems: A Development Guide, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 5, pp. 522-34.

Bititci, U. S. & Carrie, A. S. (1998): Integrated Performance Measurement Systems: Structures and Relationships, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 5, pp. 522-534.

Bititci, U. S.; Carrie, A. S.; McDevitt, L. & Turner, T. (1998a): Integrated Performance Measurement Systems: A Reference Model, in Schonsleben, O. and Buchel, A. (eds), *Organising the Extended Enterprise*. Chapman & Hall Publications, London, UK, pp. 191– 203.

Bititci, U. S.; Turner, T. & Begemann, C. (2000): Dynamics of Performance Measurement Systems, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20, No. 6, pp. 692-704.

Bititci, U. S.; Garengo, P.; Dörfler, V. & Nudurupati, S. (2008): Performance Measurement: Questions for Tomorrow, SIOM Research Paper Series. Retrieved November 27th, 2011 from www.strath.ac.uk/siom/research/researchpapers.

Bititci, U. S.; Garengo, P.; Dörfler, V. & Nudurupati, S. (2011): Performance Measurement: Challenges for Tomorrow, in International Journal of Management Reviews, doi: 10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x.

Bourne, M.; Mills, J.; Wilcox, M.; Neely, A. & Platts, K. (2000): Designing, Implementing and Updating Performance Measurement Systems, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20, No. 7, pp. 754-771.

Braz, R. G. F.; Scavarda, L. F. & Martins, R. A. (2011): Reviewing and Improving Performance Measurement Systems: An Action Research, in: International Journal of Production Economics, Vol. 133, No. 2, pp. 751-760.

Brecht, U. (2004): Controlling für Führungskräfte: Was Entscheider im Unternehmen wissen müssen, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. TH Gabler/GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden, 2004.

Brignall, S. & Ballantine, J. (1996): Performance Measurement in Service Businesses Revisited, in: International Journal of Service Industry Management, Vol. 7, No. 1, 1996, pp. 6-31.

Calder, A. & Watkins, S. (2008): IT Governance – A Manager's Guide to Data Security and ISO 27001/ISO 27002, 4th edition, Kogan Page Limited, Londond, UK, 2008.

CONNOS GmbH: Performance Measurement <http://www.connos.de/cms/index.php/unternehmenssteuerung/performance-measurement-reporting> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

Currle, M. & Horváth, P. (2002): Performance Management für IT Services: Realisierung von Strategien und Steigerung des Unternehmenswertes, Deutscher Universitätsverlag GmbH, Wiesbaden, 2002.

Deloitte. (2011). IT-Business Balance Survey 2011 – Finding Common Ground, retrieved April 8th, 2012, from <http://www.deloitte.com/ITBB>.

Dias-Sardinha, I.; Reijnders, L. & Antunes, P. (2002). From Environmental Performance Evaluation to Eco-Efficiency and Sustainability Balanced Scorecards, in Environmental Quality Management, vol. 12, no. 2, pp. 51-64.

Erdmann, M. K. (2007): Supply Chain Performance Measurement: Operative und strategische Management- und Controllingansätze, 2nd edition, March 2007, Josef Eul Verlag GmbH, Lohmar-Köln, 2007.

Epstein, M. J. & Wisner, P. S. (2001). Using a Balanced Scorecard to Implement Sustainability, in: Environmental Quality Management, vol. 11, no. 2, pp. 1-10.

Eul, M.; Hanssen, S. & Herzwurm, G. (2006): Systematische Leistungsbestimmung der IT: Steuerung durch IT-Performance-Management, in: Controlling, Vol. 18, No. 1, pp. 25-30.

Fitzgerald, L.; Johnson, R.; Brignall, S.; Silvestro, R. & Vos, C. (1991): Performance Measurement in Service Businesses, The Chartered Institute of Management Accountants, London, 1991.

Flapper, S. D. P.; Fortuin, L. & Stoop, P. P. M. (1996): Towards Consistent Performance Management Systems, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, No. 7, pp. 27-37.

Folan, P. & Browne, J. (2005): A Review of Performance Measurement: Towards Performance Management, in: Computers in Industry, Vol. 56, No. 7, pp. 663-680.

Friedag, H. R. & Schmidt, W. (2002): Balanced Scorecard, Haufe Lexware GmbH, Freiburg 2002.

Gladen, W. (2002): Performance Measurement als Methode der Unternehmenssteuerung, in: Praxis der Wirtschaftsinformatik, HMD 227, Vol. 39, October 2002, pp. 5-16.

Gladen, W. (2011): Performance Measurement – Controlling mit Kennzahlen, 5th edition, Gabler Verlag & Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2011.

Gold, C. (1992): Total Quality Management in Information Services – IS Measures: A Balancing Act, Research Note Ernst & Young Center for Information Technology and Strategy, Boston, 1992.

Gold, C. (1994): US Measures — A Balancing Act, Ernst & Young Center for Business Innovation, Boston, 1994.

Gold, R. S. (2003): Building the IT Organization Balanced Scorecard, in: Information Systems Audit and Control Association, Vol. 5.

Grüning, M. (2002): Performance Measurement-Systeme: Messung und Steuerung von Unternehmensleistung, Deutscher Universitätsverlag GmbH, Dresden, 2002.

Horak, C.; Schwarenthorner, F. & Furtmüller, S. (2002): Die Balanced Scorecard in der öffentlichen Verwaltung – Vorgehensweise bei der Einführung unter Berücksichtigung der Besonderheiten in der öffentlichen Verwaltung. Retrieved December 9th, 2011, from www.tvoed.info/horak-verwaltung-bsc.pdf.

Horváth AG: Kennzahlensysteme <http://www.horvath-partners.com/Kennzahlensysteme.813.0.html> (Letzter Aufruf: 06.06.12)

Hubig, L. (2008): Die Universität – Leistungsmessung und –bewertung in einer komplexen Organisation, Josef Eul Verlag GmbH, Lohmar-Köln, 2009.

Hudson, M.; Smart, A. & Bourne, M. (2001): Theory and Practice in SME Performance Measurement Systems, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21, No. 8, 2001, pp. 1096-1115.

innocate solutions GmbH: Controlling -Kosten transparent machen, Wertbeitrag messen. <http://www.innocate.de/services/it-management/controlling.html> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

Institut für Prozeßoptimierung und Informationstechnologien GmbH: Performance Measurement / Kennzahlensysteme. <http://www.ipo-it.de/507.0.html#c1348> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

itelligence AG: Kennzahlen-Beratung. <http://www.itelligence.de/kennzahlenberatung.php> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

Jain, P. R.; Benbunan-Finch, R. & Mohan, K. (2010): Assesing Green IT Initiatives Using the Balanced Scorecard, in: IT Professionals, Vol. 13, No. 1, pp. 26-32.

Johnson, H. T. & Kaplan, R. S. (1987): Relevance Lost – The Rise and Fall of Management Accounting, Harvard Business School Press, Boston, MA.

Jonen, A., Lingnau V., Müller J. & Müller P. (2004): Balanced IT-Decision-Card - Ein Instrument für das Investitionscontrolling von IT-Projekten, in: Wirtschaftsinformatik, Vol. 46, No. 3, pp. 196-203.

Kanji, G. K. (1998): Measurement of Business Excellence, in: Total Quality Management, Vol. 9, No. 7, pp. 633-643.

Kanji, G. K. & Sá, P. M. (2002): Kanji's Business Scorecard, in: Total Quality Management, Vol. 13, No. 1, pp. 13–27.

Kanji, G. K. & Sá, P. M. (2007): Performance Measurement and Business Excellence: The Reinforcing Link for the Public Sector, in: Total Quality Management, Vol. 18, No. 1-2, pp. 49-56.

Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1992): The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance, in: Harvard Business Review, Vol. 70, No. 1, pp. 71-79.

Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1996): Linking the Balanced Scorecard to Strategy, in: California Management Review, Vol. 39, No. 1, pp. 53-79.

Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1996a): Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System, in: Harvard Business Review, Vol. 74, No. 1, pp. 75-85.

Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (2006): Alignment: Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies, Boston, Harvard Business School Press, 2006.

- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (2007): Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System, in: Harvard Business Review, pp.150-161.
- Kennerly, M. & Neely, A. D. (2002). A Framework of the Factors Affecting the Evolution of Performance Measurement Systems, in: International Journals of Operations & Productions Management, vol. 22, no. 11, pp. 1222-1245.
- KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft: IT Governance. <http://www.kpmg.de/WasWirTun/3635.htm> (Letzter Abruf: 06.06.2012)
- Keyes, J. (2005): Aligning IT with Corporate Strategy - Implementing the IT Balanced Scorecard, Boca Raton (FL), Taylor & Francis Group, 2005.
- Krcmar, H. (2005): Informationsmanagement, 4th edition, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.
- Kueng, P.; Meier, A. & Wettstein, T. (2001): Performance Measurement Systems Must Be Engineered, in: Communications of the AIS, Vol. 7, pp. 1-25.
- Kütz, M. (2006): IT-Steuerung mit Kennzahlensystemen, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg 2006.
- Kütz, M. (2011): Kennzahlen in der IT – Werkzeuge für Controlling und Management, 4th edition, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg 2011.
- Leong, G. K. , Snyder, D. L. & Ward, P. T. (1990): 'Research in the Process and Content of Manufacturing Strategy, in: OMEGA International Journal of Management Science, vol. 18, no. 2, pp. 109-122.
- Lynch, R. L. & Cross, K. F. (1988): The SMART Way to Define and Sustain Success, in: National Productivity Review, Vol. 9, Nr. 1, pp. 23–33.
- Lynch, R. L. & Cross, K. F. (1991): Measure up - The Essential Guide to Measuring Business Performance, Blackwell Publishers, Cambridge, MA, 1991.
- Mar, B. & Schluma, G. (2003): Business Performance Measurement – Past, Present and Future, in: Management Decision, vol. 41, no. 8, pp. 680-687.
- Martinsons, M., Davison, R. & Tse, D. (1999): The Balanced Scorecard: A Foundation for the Strategic Management of Information Systems, in: Decision Support Systems, Vol. 25, Nr. 1, pp. 71–88.
- Maxpert GmbH: IT-Steuerung mit Kennzahlen – Prozess- & Methodentrainings <http://www.maxpert.de/de/loesungen/businessorientierung-erhoehen-loesung/174/?back=/de/loesungen/businessorientierung-erhoehen/> (Letzter Abruf:06.06.2012)
- mgm consulting partners GmbH: Post Merger IT-Management. <http://www.mgm-cp.com/sitm/post-merger-it-management> (Letzter Abruf: 06.06.2012)
- microfin Unternehmensberatung GmbH: Corporate Governance for IT - Auf gute Zusammenarbeit! <http://www.microfin.de/kompetenzen/it-management/it-governance/> (Letzter Abruf:06.06.2012)
- Neely, A.D. (1994): Performance Measurement System Design - Third Phase, in: Performance Measurement System Design Workbook.
- Neely, A. D. (2002): Business Performance Measurement: Theory and Practice, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

Neely, A. D. (2005). The Evolution of Performance Measurement Research – Developments In the Last Decade and a Research Agenda for the Next, in: International Journal of Operations & Production Management, vol. 25, no. 12, pp. 1264-1277.

Neely, A. D.; Mills, J. F.; Platts, K. W.; Gregory, M. J. & Richards, A. H. (1996): Performance Measurement System Design: Should Process Based Approaches be Adopted?, in: International Journal of Production Economics, Vol. 46-47, pp. 423-431.

Neely, A.; Gregory, M. & Platts, K. (2005): Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25, No. 12, 2005, pp. 1228-1263.

Nudurupati, S. S.; Bititci, U. S.; Kumar, V. & Chan, F. T. S. (2011): State of the Art Literature Review on Performance Measurement, in: Computers & Industrial Engineering, Vol. 60, pp. 279-290.

Schaltegger, S. & Dyllick, T. (2002): Nachhaltig Managen mit der Balanced Scorecard – Konzept und Fallstudien, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002.

Schenker-Wicki, A. & Inauen, M. (2009): Ausgestaltung und Verwendung von Performance Management Systeme: Eine empirische Untersuchung in der Schweiz, in: Der Schweizer Treuhänder, vol. 83, no. 6-7, pp. 451-455.

Schreyer, M. (2007): Entwicklung und Implementierung von Performance Measurement Systemen, Dissertation Universität Bayreuth.

Schmid-Kleemann, M. (2005): Balanced Scorecard im IT-Controlling - Ein Konzept zur Operationalisierung der IT-Strategie bei Banken, In: Der Schweizer Treuhänder, No. 1-2, pp. 51-56.

Sebhatu, S. P. (2008): Sustainability Performance Measurement for Sustainable Organizations: Beyond Compliance and Reporting. Retrieved December 10th, from www.ep.liu.se/ecp/033/005/ecp0803305.pdf.

Taticchi, P. & Balachandran, K. R. (2008): Forward Performance Measurement and Management Integrated Frameworks, in: International Journal of Accounting and Information Management, Vol. 16, No. 2, pp. 140-154.

Taticchi, P.; Tonelli, F. & Cagnazzo, L. (2010): Performance Measurement and Management: A Literature Review and A Research Agenda, in: Measuring Business Excellence, Vol. 14, No. 1, pp. 4-18.

Tewald, C. (2001): Performance Measurement in der IV mit Hilfe der Balanced Scorecard, in: Information Management & Consulting, Vol. 16, No. 4, pp. 92-97.

Tiemeyer, E. & Bachmann, W. (2009): Handbuch IT-Management – Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis, Carl Hanser Verlag, München, 2009.

PRO DV Consulting GmbH: IT-Controlling 2.0- Seminare. <http://www.prodv-consulting.de/it-management/it-schulung/59-it-controlling-20.html> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

Pun, K. F. & White, A. S. (2005): A Performance Measurement Paradigm for Integrating Strategy Formulation: A Review of Systems and Frameworks, in: International Journal of Management Reviews, Volume 7, No. 1, 2005, pp. 49–71.

PricewaterhouseCoopers AG: IT-Governance-Framework. <http://www.pwc.de/de/strategie-organisation-prozesse-systeme/it-governance-framework.jhtml> (Letzter Abruf: 06.06.2012)

Van Grembergen, W. & Van Bruggen, R. (1997): Measuring and Improving Corporate Information Technology through the Balanced Scorecard Technique, in: Proceedings of the Fourth European Conference on the Evaluation of Information technology, Delft, pp. 163-171.

Van Grembergen, W.; Saull, R. (2001): Aligning Business and Information Technology through the Balanced Scorecard at a Major Canadian Financial Group: its Status Measured with an IT BSC Maturity Model, Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 10.

Van Grembergen, W. (2004). Strategies for Information Technology Governance, Idea Group Publishing, Hershey, PA, USA, 2004.

Van Grembergen, W. & De Has, S. (2005): Measuring and Improving IT Governance Through the Balanced Scorecard, in: Information Systems Audit and Control Journal, Vol. 2. Retrieved December 7th, 2011, from <http://www.isaca.org/Journal/Past-Issues/2005/Volume-2/Pages/Measuring-and-Improving-IT-Governance-Through-the-Balanced-Scorecard.aspx>.

Victor GmbH: IT Kennzahlen. <http://victorgmbh.de/consulting/de/services/kennzahlen.htm> (Letzter Abruf:06.06.2012)

Wati, Y. & Koo, C. (2011): A Presentation of the Green IT Balanced Scorecard from an Environmental Perspective, Proceedings of SIGGreen Workshop , Working Papers on Information Systems, Vol. 11, Nr. 5. Retrieved December, 8th, 2011, from <http://sprouts.aisnet.org/11-5>.

Wettstein, T. (2002): Gesamtheitliches Performance Measurement – Vorgehensmodelle und informationstechnische Ausgestaltung, Doktoratsdissertation an der Universität Freiburg in der Schweiz.

Willcocks, L. P. (1995): Information Management: Evaluation of Information Systems Investments, Chapman & Hall, London, 1994.

Zarnekow, R., Brenner, W. & Pilgram, U. (2005): Integrated Information Management: Applying Successful Industrial Concepts in IT. Berlin: Springer.

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (2011): Download von http://www.zvei.org/de/wirtschaft_recht_maerkte/betriebswirtschaft/zvei_kennzahlensystem/; (Letzter Abruf:07.12.2011)

2.5 Entwicklung und Erprobung des KPI-Frameworks

2.5.1 Entwicklung eines GreenIT KPI-Frameworks

Das GreenIT KPI-Framework wurde in Zusammenarbeit mit den Partnern an der TU-Berlin entwickelt. Hierzu wurden KPI- und Kennzahlenworkshops abgehalten um einen gemeinsamen Konsens zu finden. Die Kennzahlen- und KPIs wurden in einem Modell zusammengefasst, welches als Webseite über die Adresse <http://ikmserver.ikm.tu-berlin.de/kpi/> abrufbar ist. Das Modell wurde mit Hilfe von Microsoft Visio™ entworfen und in eine HTML Seite konvertiert. Durch die detaillierte Verlinkung der Zeichenblätter ist eine Navigation durch das Modell möglich. Für eine maximale Kompatibilität wird die Betrachtung im Microsoft Internet Explorer™ empfohlen. Das KPI-Framework dient als Dokumentation der Inputvariablen, Kennzahlen und Key Performance Indicators des Green-IT Cockpits und enthält Steckbriefe für Kennzahlen und KPIs sowie Ursache-Wirkungszusammenhänge und bildet die Grundlage für eine systematische Kategorisierung und Gliederung der Kennzahlen und KPIs.

Aufbau des Frameworks

Das Modell besitzt vier Abstraktionsebenen, welche die Detaillierung des KPI-Frameworks ermöglichen.

Erste Abstraktionsebene

Die erste Abstraktionsebene beinhaltet die vier zugrundeliegenden Kennzahlendimensionen aus dem oben beschriebenen projektbezogenem IT-BSC – Ansatz (vgl. Abbildung 44). Diese Kennzahlendimensionen sind:

1. Prozesskennzahlen
2. Effizienz- und Verhältniskennzahlen
3. Umweltkennzahlen
4. IT-Bestands- und Performancekennzahlen

Die Dimensionen IT-Bestands- und Performancekennzahlen sowie Umweltkennzahlen haben eher den Charakter von Basisdaten und dienen als Input für Effizienz- und Verhältniskennzahlen, welche durch die Kombination von 3. und 4. erzeugt werden. Umweltkennzahlen sowie Effizienz und Verhältniskennzahlen können zudem in einen Prozessbezug (z.B. Erhebung pro Prozessinstanz oder pro Prozesslaufzeit) gesetzt werden, wodurch Prozesskennzahlen entstehen. Diese Prozesskennzahlen besitzen das höchste Potential um als prozessbezogene KPIs im Cockpit verwendet zu werden. Abbildung 75 zeigt die erste Abstraktionsebene des KPI-Frameworks sowie die geschilderten Zusammenhänge der Kennzahlendimensionen. Die weitere Erläuterung des Aufbaus des KPI-Frameworks erfolgt exemplarisch anhand der Dimension Umweltkennzahlen.

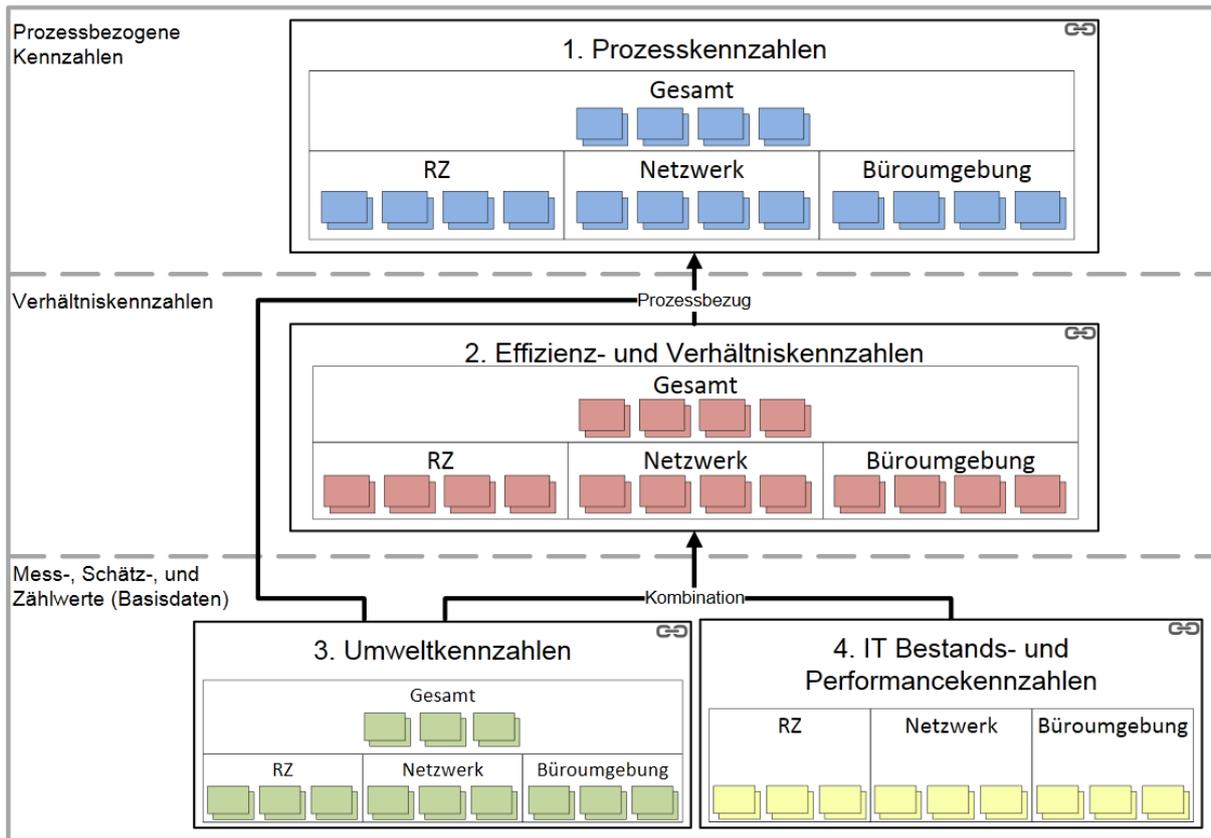


Abbildung 75: Erste Abstraktionsebene des KPI-Frameworks

Zweite Abstraktionsebene

Die zweite Abstraktionsebene ist eine Detaillierung der Kennzahlendimensionen. Hier werden einzelne Kennzahlenfamilien zu den Bereichen Rechenzentrum, Netzwerk, Büroumgebung und unternehmensweite Kennzahlen abgebildet. Wenn es sinnvoll erscheint, werden die Kennzahlenfamilien zu einzelnen Infrastrukturkomponenten zusammengefasst. Innerhalb der zweiten Abstraktionsebene sind bereits grobe Ursache-Wirkungsbeziehungen mit Hilfe von Pfeilen dokumentiert. Abbildung 76 zeigt beispielhaft die zweite Abstraktionsebene des KPI-Frameworks anhand der Kategorie Umweltkennzahlen. Durch einen Klick auf die Kennzahlenfamilien in der zweiten Abstraktionsebene erhält der Anwender Einblick in die dritte Abstraktionsebene, welche im Folgenden anhand der Kennzahlenfamilie „3.1 UKZ RZ-Server“ erläutert wird.

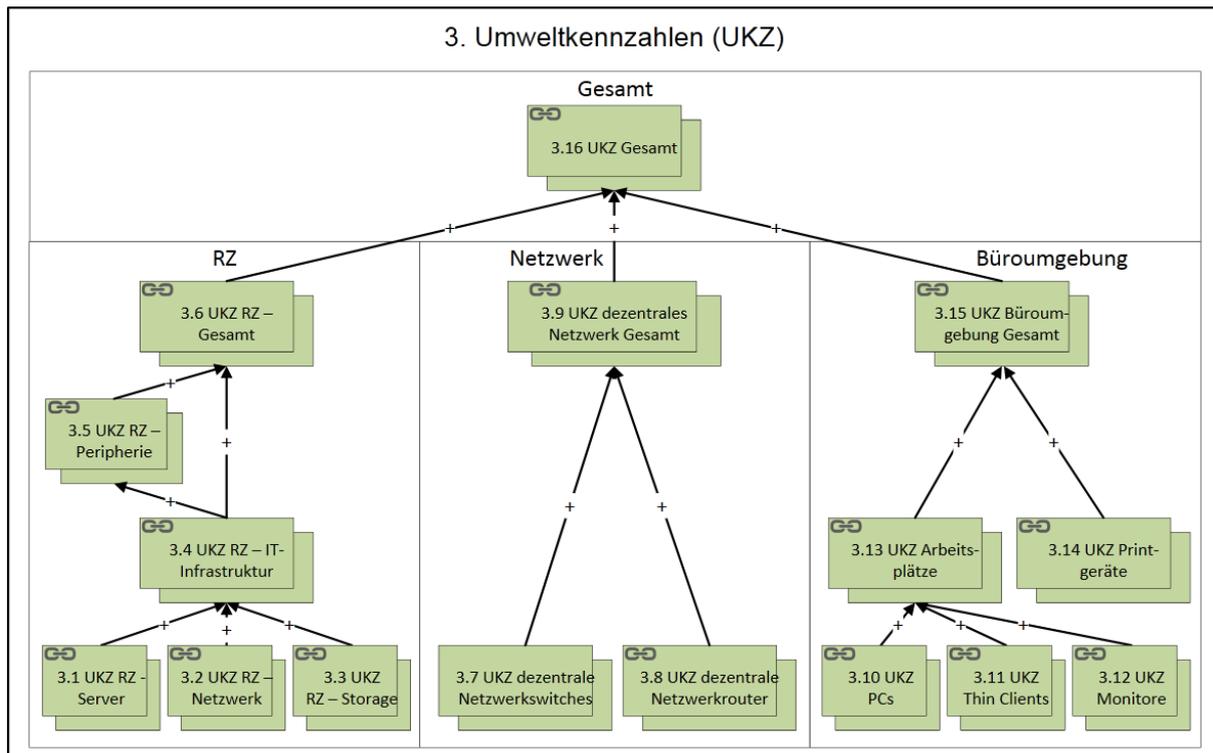


Abbildung 76: Zweite Abstraktionsebene des KPI-Frameworks am Beispiel Umweltkennzahlen

Dritte Abstraktionsebene

Die dritte Abstraktionsebene stellt die in der Kennzahlenfamilie aus der zweiten Ebene enthaltenen Kennzahlen und KPIs zu einer Infrastrukturkomponente dar (vgl. Abbildung 77 für Umweltkennzahlen Server im RZ). In der dritten Abstraktionsebene werden sowohl Energieverbrauchskennzahlen sowie daraus resultierende CO₂-Emissionen und Energiekosten als auch allgemeine Kennzahlen zur jeweiligen Infrastrukturkomponente abgebildet. Die emittierten CO₂-Emissionen und anfallenden Energiekosten der Infrastrukturkomponenten werden dabei aus den Energieverbräuchen und entsprechenden Umrechnungsfaktoren (CEF und Preis) errechnet. Die in dieser Abstraktionsebene des KPI-Frameworks angezeigten Modellelemente enthalten die Bezeichnung und eine Kurzbeschreibung der Kennzahl. Für jede Kennzahl wurden zudem Kennzahlensteckbriefe entwickelt, welche in der vierten Abstraktionsebene dargestellt werden. Die Erläuterung der Kennzahlensteckbriefe erfolgen anhand des Beispiels „3.1.1 EV physische Server“.

3.1 Umweltkennzahlen Server

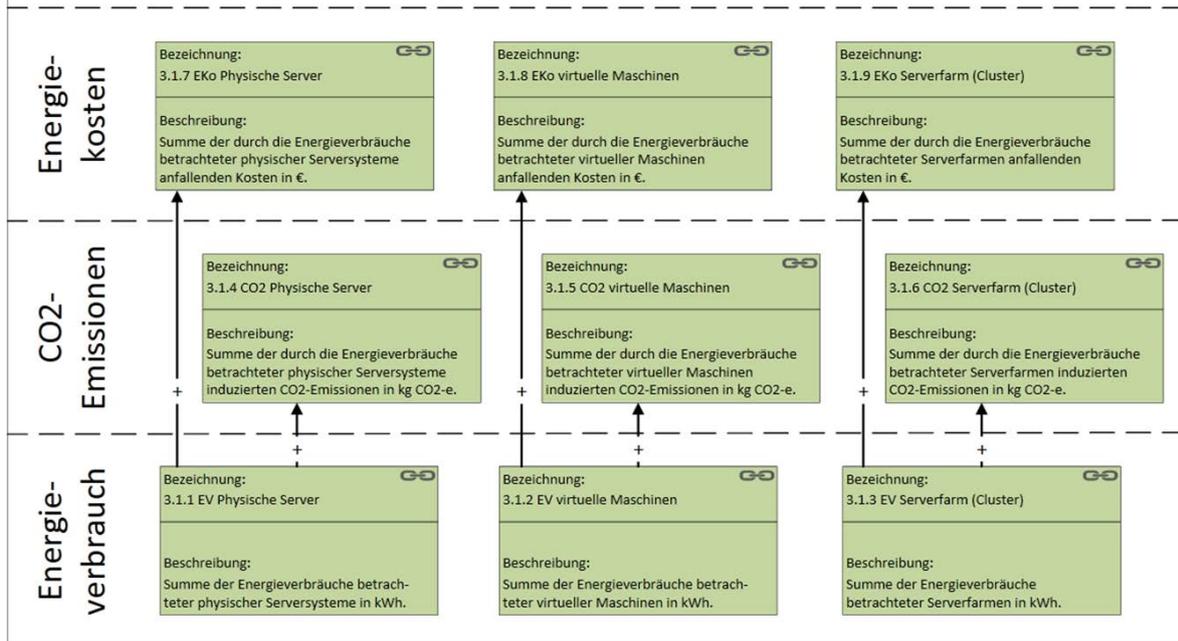


Abbildung 77: Dritte Abstraktionsebene des KPI-Frameworks am Beispiel Umweltkennzahlen für Server

Vierte Abstraktionsebene

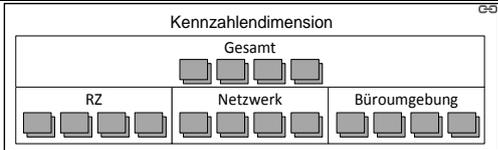
Die vierte Abstraktionsebene stellt die modellierten Kennzahlensteckbriefe dar, welche detaillierte Informationen zu den Kennzahlen, wie z.B. Zielwert, Verantwortlichkeiten, Hinweise zur Datenermittlung und etwaige Berechnungsformeln enthalten. Darüber hinaus wurden die Abhängigkeiten zu anderen Kennzahlen über die in Abbildung 78 ersichtlichen Ursache-Wirkungstabellen in den Kennzahlensteckbriefen dokumentiert. Diese Abhängigkeiten wurden in einer KPI-Auswertungstabelle (vgl. Abschnitt 2.5.2) aufgearbeitet.

Bezeichnung	3.1.1 EV Physische Server												
Kürzel	3.1.1R-EVPS												
Beschreibung	Die Kennzahl erfasst die Summe der Energieverbräuche aller betrachteter physischen Serversysteme im Rechenzentrum und wird in kWh angegeben.												
Zielwert	Min {3.1.1R-EVPS}												
Verantwortlichkeit	RZ-Leiter / RZ-Mitarbeiter												
Datenermittlung	Messung: Es werden die Verbräuche der einzelnen physischen Server, z. B. über entsprechende Schnittstellen und/oder Protokolle (HP ILO, SNMP) bzw. entsprechende Messtechnik (Stromzähler vor Servereingang), im Messintervall T energetisch erfasst. -> Einzelverbräuche werden zu einem Gesamtstromverbrauch aufsummiert.												
Datenaufbereitung	Berechnung: $3.1.1R-EVPS = \sum_i \text{Energieverbrauch des physischen Servers } i \text{ im Messintervall } T \text{ [kWh]}$												
Abhängigkeiten zu anderen Kennzahlen	<table border="1"> <tr> <td>Ursachenkennzahl</td> <td>Wirkung</td> </tr> <tr> <td>4.1.1R-#PS (Anzahl physischer Server)</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Wirkungskennzahl</td> <td>Wirkung</td> </tr> <tr> <td>3.1.4R-CO2PS (CO2 Physische Server)</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>3.1.7R-EkoPS (Energiekosten Physische Server)</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>3.4.1R-EVIKT (Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur)</td> <td>+</td> </tr> </table>	Ursachenkennzahl	Wirkung	4.1.1R-#PS (Anzahl physischer Server)	+	Wirkungskennzahl	Wirkung	3.1.4R-CO2PS (CO2 Physische Server)	+	3.1.7R-EkoPS (Energiekosten Physische Server)	+	3.4.1R-EVIKT (Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur)	+
Ursachenkennzahl	Wirkung												
4.1.1R-#PS (Anzahl physischer Server)	+												
Wirkungskennzahl	Wirkung												
3.1.4R-CO2PS (CO2 Physische Server)	+												
3.1.7R-EkoPS (Energiekosten Physische Server)	+												
3.4.1R-EVIKT (Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur)	+												
Präsentation	Tachometer, Kurve über zeitlichem Verlauf												

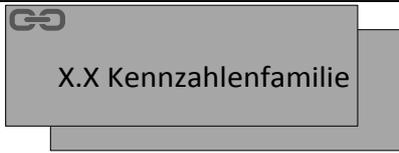
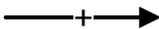
Abbildung 78: Vierte Abstraktionsebene des KPI-Frameworks (Kennzahlensteckbriefe)

Notationen und Modellelemente

Erste Abstraktionsebene

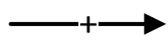
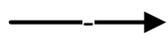
	<p>Kennzahlendimension: Modellelement für eine der vier identifizierten Kennzahlendimensionen. Enthält Verlinkung zur zweiten Abstraktionsebene.</p>
	<p>Beziehungspfeil: stellt den generischen Zusammenhang zwischen den Kennzahlendimensionen dar.</p>

Zweite Abstraktionsebene

	<p>Kennzahlenfamilie: Modellelement für eine Sammlung von Kennzahlen, welche einer Infrastrukturkomponente zugeordnet werden können. Enthält Verlinkung zur dritten Abstraktionsebene.</p>
	<p>Beziehungspfeil mit positivem Zusammenhang: Bedeutet, dass positive Änderungen der Ursache Kennzahlenfamilie auch positive Änderungen bei der Wirkung Kennzahlenfamilie hervorrufen.</p>
	<p>Beziehungspfeil mit negativem Zusammenhang: Bedeutet, dass positive Änderungen der Ursache Kennzahlenfamilie negative Änderungen bei der Wirkung Kennzahlenfamilie hervorrufen.</p>

	Homebutton: Führt zurück in die erste Abstraktionsebene
	Zurückbutton: Führt zurück in die vorherige Abstraktionsebene

Dritte Abstraktionsebene

<p>Bezeichnung: </p> <p>X.X.X Kennzahl</p> <p>Beschreibung:</p> <p>Kurzbeschreibung der Kennzahl</p>	Kennzahl: Modellelement für eine einzelne Kennzahl. Es beinhaltet eine eindeutige Nummer und Bezeichnung für die Kennzahl und eine Kurzbeschreibung. Enthält Verlinkung zur vierten Abstraktionsebene.
	Beziehungspfeil mit positivem Zusammenhang: Bedeutet, dass positive Änderungen der Ursache Kennzahl auch positive Änderungen bei der Wirkung Kennzahl hervorrufen.
	Beziehungspfeil mit negativem Zusammenhang: Bedeutet, dass positive Änderungen der Ursache Kennzahl negative Änderungen bei der Wirkung Kennzahl hervorrufen.
	Homebutton: Führt zurück in die erste Abstraktionsebene
	Zurückbutton: Führt zurück in die vorherige Abstraktionsebene

Vierte Abstraktionsebene

<p>Bezeichnung: 3.1.1 EV Physische Server</p> <p>Kürzel: 3.1.1R-EVPS</p> <p>Beschreibung: Die Kennzahl erfasst die Summe der Energieverbräuche aller betrachteter physischen Serversysteme im Rechenzentrum und wird in kWh angegeben.</p> <p>Zielwert: Min (3.1.1R-EVPS)</p> <p>Verantwortlichkeit: RZ-Leiter / RZ-Mitarbeiter</p> <p>Datenermittlung: Messung: Es werden die Verbräuche der einzelnen physischen Server, z. B. über entsprechende Schnittstellen und/oder Protokolle (WMI, SNMP) bzw. entsprechende Messtechnik (Stromzähler vor Servereingang), im Messintervall T energetisch erfasst. → Einzelverbräuche werden zu einem Gesamtstromverbrauch aufsummiert.</p> <p>Datenaufbereitung: Berechnung: $3.1.1R-EVPS = \text{Energieverbrauch des physischen Servers } \text{ im Messintervall } T \text{ [kWh]}$</p> <p>Abhängigkeiten zu anderen Kennzahlen:</p> <table border="1"> <tr> <td>3.1.1R-EVPS (physische Server)</td> <td>Wirkung</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3.1.1R-EVPS (physische Server)</td> <td>Wirkung</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3.1.1R-EVPS (Energieverbrauch des RZ-Rechenzentrums)</td> <td>Wirkung</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>Präsentation: Tachometer, Kurve über zeitlichem Verlauf</p>	3.1.1R-EVPS (physische Server)	Wirkung	-	3.1.1R-EVPS (physische Server)	Wirkung	-	3.1.1R-EVPS (Energieverbrauch des RZ-Rechenzentrums)	Wirkung	-	Kennzahlensteckbrief: Enthält Detailinformationen (vgl. Tabelle 71) für die zuvor in der dritten Abstraktionsebene ausgewählte Kennzahl.
3.1.1R-EVPS (physische Server)	Wirkung	-								
3.1.1R-EVPS (physische Server)	Wirkung	-								
3.1.1R-EVPS (Energieverbrauch des RZ-Rechenzentrums)	Wirkung	-								
	Homebutton: Führt zurück in die erste Abstraktionsebene									
	Zurückbutton: Führt zurück in die vorherige Abstraktionsebene									

Tabelle 71: Detailinformationen in Steckbriefen

Bezeichnung	Eindeutige Nummer und Bezeichnung der Kennzahl.
Kürzel	Eindeutige Nummer und Kürzel der Kennzahl.
Beschreibung	Kurzbeschreibung und Einheit der Kennzahl.
Zielwert	Falls bekannt steht hier ein Zielwert, welcher für eine Optimierung angestrebt werden soll.

Verantwortlichkeit	Falls bekannt steht hier eine Person oder Rolle im Unternehmen, welche für die Erhebung und Optimierung der Kennzahl verantwortlich ist.
Datenermittlung	Angaben zur Erhebung der Kennzahl. Hier werden z. B. Messmethoden und/oder Inputwerte zur Berechnung der Kennzahl dokumentiert.
Datenaufbereitung	Berechnungsvorschrift oder Erhebungsansatz für die Kennzahl.
Abhängigkeiten zu anderen Kennzahlen	Enthält eine Tabelle, welche Ursachenkennzahlen, Wirkungskennzahlen sowie Wirkungsrichtung der in diesem Steckbrief dokumentierten Kennzahl abbildet. Ursachenkennzahlen sind dabei diejenigen Kennzahlen, welche eine positive oder negative Wirkung auf die dokumentierte Kennzahl haben. Wirkungskennzahlen sind diejenigen Kennzahlen auf die die dokumentierte Kennzahl positive oder negative Wirkung hat.
Präsentation	Mögliche grafische Darstellung(en) der Kennzahl.

2.5.2 KPI-Auswertungstabelle

Die hohe Komplexität des KPI-Frameworks erforderte eine automatisierte Auswertung der Struktur. Die KPIs werden auf Basis darunter liegender Kennzahlen durch spezifische Formeln berechnet. Die Kennzahlen wiederum werden durch die jeweiligen Eingangsgrößen bestimmt. Abbildung 79 verdeutlicht die grundlegende Struktur und hohe Komplexität des KPI-Frameworks.

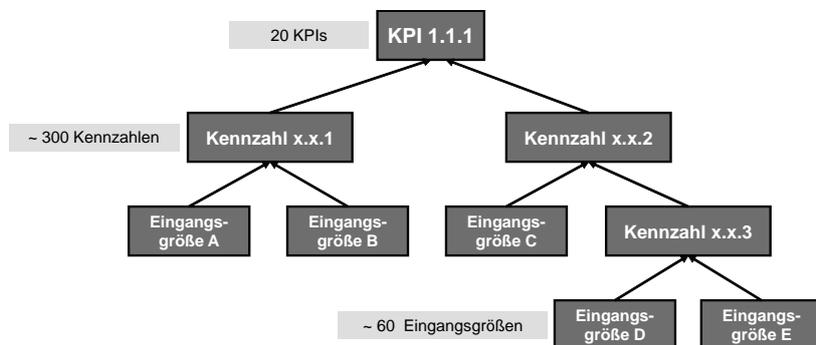


Abbildung 79: Struktur und Komplexität des KPI-Frameworks

Nach Fertigstellung des KPI-Frameworks wurde durch die Praxispartner angeregt, über die Liste der verfügbaren Eingangsgrößen die berechenbaren Kennzahlen und KPIs zu ermitteln. Aus diesem Grund wurde eine KPI-Auswertungstabelle entwickelt, welche diese Aufgabe automatisiert löst und gleichzeitig den entsprechenden Aufwand beziffert. Der Erhebungsaufwand kann sowohl den Initialaufwand als auch den regelmäßigen Messaufwand beschreiben. Für die KPI-Auswertungstabelle muss lediglich eine Liste der Eingangsgrößen mit dem verbundenen Messaufwand vorhanden sein. Somit sind IT-Entscheider und IT-Manager in der Lage auf Grundlage der KPI-Auswertungstabelle die Berechenbarkeit der KPIs zu ermitteln und den Erhebungsaufwand der Kennzahlen zu beziffern. Die Bezifferung des Erhebungsaufwandes der Eingangsgrößen erfolgt über ein Excel-Sheet (vgl. Abbildung 80), welches die Daten automatisch überträgt und auswertet (vgl. Abbildung 81) und die Erhebungsaufwände für jede Kennzahl bzw. KPI aggregiert dargestellt (vgl. Abbildung 82). Durch eine entsprechende Farbcodierung lässt sich leicht

	A	B	C	D	E	F
1	Rechenzentrum - IT					
2	Lfd-Nr.	Gerät	Datenerhebungsgröße	Einheit	Verfügbarkeit (ja/nein/Aufwand)	Datenquelle (Joulex, HP ILO etc.)
3	3	Storage	Strombedarf	kWh	Ja	Referenzmessung
4			IOPS	n	1 Woche	Auslesen von Gerätedaten
5			Blockgröße	Byte	1 Woche	Auslesen von Gerätedaten
6			belegter Storage	GB / TB	1 Tag	HP ILO
7			Lese- /Schreibgeschwindigkeit	MB/s	1 Tag	Auslesen von Gerätedaten
8			Lufteintrittstemperatur	°C oder K	1 Monat	Auslesen von Gerätedaten
9			Luftaustrittstemperatur	°C oder K	1 Monat	Auslesen von Gerätedaten
10			Aktive Nutzungszeit im Betrachtungszeitraum	s / min / h	Ja	Asset Management
11			Leerlaufzeit im Betrachtungszeitraum	s / min / h	1 Tag	Auslesen von Gerätedaten
12			# HDDs	n	1 Stunde	HP ILO
13			Storagekapazität	GB / TB	1 Stunde	HP ILO

Abbildung 81: KPI-Auswertungstabelle - Darstellung der Verfügbarkeit und Aufwände für Eingangsgrößen

Kategorie	Domäne	Bereich	Kürzel	Beschreibung	Erhebungsaufwand	Erhebung Kennzahlen	Erhebung Eingangsgrößen
3 Umweltkennzahlen	Rechenzentrum	3.1 UKZ RZ - Server	3.1.1R-EVPS	Energieverbrauch physischer Server	40	0	40
			3.1.2R-EVVM	Energieverbrauch virtueller Maschinen	0	0	0
			3.1.3R-EVSF	Energieverbrauch Serverfarm (Cluster)	0	0	0
			3.1.4R-CO2PS	CO2 physischer Server	41	40	1
			3.1.5R-CO2VM	CO2 virtueller Maschinen	1	1	0

Abbildung 82: KPI-Auswertungstabelle - Aggregation der Erhebungsaufwände

Kürzel	Beschreibung	Erhebungsaufwand	Erhebung Kennzahlen	Erhebung Eingangsgrößen	1.1	1.1
2.6.1B-CRPEE	Client-Rechenperformance-Energieeffizienz	100008	100008	0	40	40
2.6.2B-CRLEE	Client-Rechenkapazität-Energieeffizienz	8	8	0		
2.6.3B-CStoUEE	Client-Storageauslastung-Energieeffizienz	9	9	0		
2.6.4B-CASUEE	Client-Arbeitsspeicherauslastung-Energieeffizienz	9	9	0		
2.6.5B-CSPEE	Client-Serverperformance-Energieeffizienz	0	0	0		
2.6.6B-ØEVC	Durchschnittsverbrauch Client	16	16	0		
2.6.7B-ØEVMo	Durchschnittsverbrauch Monitor	0	0	0		

Abbildung 83: KPI-Auswertungstabelle - Farbcodierung der Erhebungsaufwände für Kennzahlen und KPIs

2.5.3 Erprobung und Anwendung der KPIs

Das KPI-Framework wurde teilweise in den Prototypen der Praxispartner umgesetzt und erprobt. Axel Springer setzt derzeit eine Client-Probe (vgl. Abbildung 84) ein, welche die IT-Ressourcennutzung und Nutzungsintensität in einem Geschäftsprozess abbildet. Das Umweltbundesamt verfolgt ein Konzept, in dem durch eine Middleware Energieverbrauchs- und Performancedaten geschäftsprozessrelevanter Infrastrukturkomponenten extrahiert werden und in einer Datenbank gespeichert werden. Diese Daten werden schließlich mit Hilfe einer Sharepoint-Lösung visualisiert (vgl. Abbildung 85). Die TU Berlin hat die Praxispartner bei der Erprobung und Anwendung der KPIs in Form von zahlreichen Workshops und Telefonkonferenzen unterstützt.



Abbildung 84: Client-Probe bei Axel Springer

Diese Seite bietet eine Übersicht für die erfassten Durchschnittswerte für den Vorgang "Bestellung". Aktuell werden die Durchschnittswerte eines Monats angezeigt und falls sie um 5% vom Jahresdurchschnitt abweichen, jeweils rot (höher-negativ) oder grün (niedriger-positiv) dargestellt.

Watt/h [1]				Watt/Bestellung [1]			
Indikator	Ziel	Wert	Status	Indikator	Ziel	Wert	Status
Januar	67,47	64,62	●	Januar	61,73	48,42	●
Februar	67,47	64,45	●	Februar	61,73	53,54	●
März	67,47	64,83	●	März	61,73	50,51	●
April	67,47	70,08	▲	April	61,73	62,22	▲
Mai	67,47	75,17	▲	Mai	61,73	68,29	▲
Juni	67,47	81,52	▲	Juni	61,73	112,23	▲
Juli	67,47	84,28	▲	Juli	61,73	80,91	▲
August	67,47	79,81	▲	August	61,73	80,13	▲
September	67,47	71,51	▲	September	61,73	63,48	▲
Oktober	67,47	68,31	▲	Oktober	61,73	54,30	●
November	67,47	59,38	●	November	61,73	48,15	●
Dezember	67,47	60,79	●	Dezember	61,73	88,33	▲

Nach aktuellem Monat angeordnet:

Watt/h [2]				Watt/Bestellung [2]			
Indikator	Ziel	Wert	Status	Indikator	Ziel	Wert	Status
Juni	67,47	81,52	▲	Juni	61,73	112,23	▲
Mai	67,47	75,17	▲	Mai	61,73	68,29	▲
April	67,47	70,08	▲	April	61,73	62,22	▲
März	67,47	64,83	●	März	61,73	50,51	●
Februar	67,47	64,45	●	Februar	61,73	53,54	●
Januar	67,47	64,62	●	Januar	61,73	48,42	●
Dezember	67,47	60,79	●	Dezember	61,73	88,33	▲
November	67,47	59,38	●	November	61,73	48,15	●
Oktober	67,47	68,31	▲	Oktober	61,73	54,30	●
September	67,47	71,51	▲	September	61,73	63,48	▲
August	67,47	79,81	▲	August	61,73	80,13	▲
Juli	67,47	84,28	▲	Juli	61,73	80,91	▲

Abbildung 85: Visualisierung im Sharepoint beim Umweltbundesamt

Im Jahr:			
Watt/h [3]			
Indikator	Ziel	Wert	Status
2013	67,47	71,02	
Indikatordetails [1]			
	Titel Beschreibung Kommentare Wert Ziel Warnung Arbeitsmappe Wertzelle	2013 Durchschnittsmessung über das gesamte Jahr Erstes Jahr der Messung 71,02 67,47 74,58 Vorlage SharePoint.xlsx 'Jahr'!E29	
Watt/Bestellung [3]			
Indikator	Ziel	Wert	Status
2013	61,73	64,98	
Indikatordetails [2]			
	Titel Beschreibung Kommentare Wert Ziel Warnung Arbeitsmappe Wertzelle	2013 Durchschnittsmessung über das gesamte Jahr Erstes Jahr der Messung 64,98 61,73 68,23 Vorlage SharePoint.xlsx 'Jahr'!E31	
Diagramm-Webpart			

Abbildung 86: Visualisierung im Sharepoint beim Umweltbundesamt