



# Management von CO<sub>2</sub>e-Emissionen in hybriden IT- Umgebungen

Vorschriften, methodische Ansätze &  
Handlungsempfehlungen

# Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	3
1 Einleitung	4
2 Problemstellung, Anforderungen & Ziel	4
3 Begriffserklärung Scopes	5
4 Bestandsaufnahme an Vorschriften und Grundlagen	6
<b>Normen, Standards und Gesetze</b>	<b>6</b>
Gebäudeenergiegesetz (GEG)	7
EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED)	7
Energieeffizienzgesetz (EnEfG)	7
Ökodesign-Richtlinie	8
European Code of Conduct for Data Centres (EU DC CoC)	8
ISO 50001	9
DIN EN 50600-2-2 (VDE 0801-600-2-2)	9
DIN EN 50600-4-8 (VDE 0801-600-4-8)	9
DIN CLC/TS 50600-5-1 (VDE V 0801-600-5-1)	10
<b>Grundlagen der Emissionsberechnung</b>	<b>10</b>
Quellen zur Ermittlung des CO <sub>2</sub> e-Emissionsfaktors	11
Marktbasierte vs. standortbasierte Emissionen elektrischer Energie	12
Standards von Hyperscalern und Infrastrukturherstellern	12
Nützliche Publikationen	12
Lebenszyklusanalyse	13
Product Attribute to Impact Algorithm (PAIA)	14
5 Methodische Ansätze & Technische Verfahren	14
<b>Was ist bei der Ermittlung und dem Veröffentlichen von PUE-Werten unbedingt zu beachten?</b>	<b>15</b>
<b>Wie kann ich den Stromverbrauch messen und reduzieren?</b>	<b>16</b>
6 Handlungsempfehlungen	16
7 Fazit & Ausblick	17

# Abkürzungsverzeichnis

<b>GWP</b>	Global Warming Potential
<b>PCF</b>	Product Carbon Footprint
<b>PEF</b>	Product Environmental Footprint
<b>GHG</b>	Treibhausgas (Greenhouse Gas)
<b>LCA</b>	Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment)
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	CO <sub>2</sub> -Äquivalent
<b>IKT</b>	Informations- und Kommunikationstechnik (Information and Communication Technology, ICT)

# 1 Einleitung

Die IT ist generell gesehen ein großer Treiber von CO<sub>2</sub>-Emissionen. In der Herstellung der einzelnen Komponenten werden viele Ressourcen verbraucht, aber auch der Energiebedarf im Betrieb stellt einen wesentlichen Faktor dar. Studien<sup>1</sup> zeigen, dass Rechenzentren für ca. ein Drittel der weltweiten IKT-Emissionen verantwortlich sind. Um Vorgaben einer Reduktion oder Optimierung umsetzen zu können, muss der aktuelle Stand mit einheitlichen Messverfahren ermittelt werden. In einem hybriden IT-Betrieb verteilt sich der Ressourcenbedarf auf Komponenten (Server, Netzwerk, Kühlung etc.) im eigenen Rechenzentrum und Services, die von externen Dienstleistern gestellt werden. Der Bereich, in dem eine Einflussnahme möglich ist, variiert somit. Im eigenen Rechenzentrum kann man durch die Auswahl der Komponenten, Energieträger und Umgebungsbedingungen selbst optimieren – wie berechnet sich aber dadurch ein vergleichbarer Wert? Dienstleister weisen inzwischen sehr detailliert ihren Fußabdruck aus – schwieriger wird es aber, diese Daten mit den Werten aus dem eigenen Bedarf in Verbindung zu setzen.

In diesem Leitfaden werden daher die Grundlagen für die Erfassung der Daten vorgestellt, bereits bekannte Normen und Gesetze aufgezeigt und Handlungsempfehlungen gegeben. Das gesamte Thema ist sehr komplex, daher kann das Ziel dieses Papiers nur eine grundlegende Einführung in die Thematik sein und erste Ansätze vermitteln.

Hinweis: Die in dieser Übersicht aufgeführten Links für Websites wurden letztmalig im November 2023 überprüft.

## 2 Problemstellung, Anforderungen & Ziel

Innerhalb der Europäischen Union, aber auch auf nationaler Ebene, bestehen festgelegte Vorgaben für eine effiziente und nachhaltige Energienutzung sowie für CO<sub>2</sub>e-Emissionen. Im Hinblick auf die weltweiten Klimaziele ist abzusehen, dass in den kommenden Jahren weitere Vorgaben und Gesetze in Kraft treten, die vor allem auf Unternehmen große Auswirkungen haben werden. Somit stehen Unternehmen vor der Herausforderung, diese Vorhaben umzusetzen und dies mit Blick auf langfristige Implikationen. Zuerst müssen umfängliche Messungen entsprechend der jeweiligen Vorgabe durchgeführt werden. Jedoch besteht in der hybriden IT bisher noch keine einheitliche Methode zur Messung und daher keine Vergleichbarkeit. Mittlerweile bieten zwar die Hyperscaler einen solchen Messungsservice für Treibhausgas-

<sup>1</sup> Vgl. exemplarisch: Charlotte Freitag et al., [The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations](#) (Patterns 2021).

Emissionen an, decken damit aber nur einen Teil der Firmen-IT ab. Unternehmen sollten diese Thematik daher selbst frühzeitig und zielgerichtet angehen.

Dieser Beitrag dient als Leitfaden für Unternehmen zur Umsetzung der durch die gesetzlichen Vorgaben geforderten Reduktion des ökologischen Fußabdrucks sowie nachhaltigen Gestaltung von Rechenzentren. Es wird Hilfestellung für einen Umgang mit Unschärfe von Metriken gegeben und aufgezeigt, dass diese Thematik hochkomplex ist und keine voreiligen Entscheidungen auf Basis von bestimmten Modellen getroffen werden sollten.

Zusammenfassend soll der Leitfaden als eine Darstellung von Lösungswegen zur nachhaltigeren Gestaltung des ökologischen Fußabdrucks, vor allem des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks, dienen.

## 3 Begriffserklärung Scopes

Der Begriff der Scope 1, 2 und 3 Emissionen entstammt dem Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), einem bedeutenden, international anerkannten Standard zur Berechnung von Treibhausgasemissionen. Scope 1, 2 und 3 beziehen sich jeweils auf unterschiedliche Quellen der Treibhausgasemissionen im CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, die durch die Aktivitäten von Unternehmen direkt und in der Wertschöpfungskette entstehen.

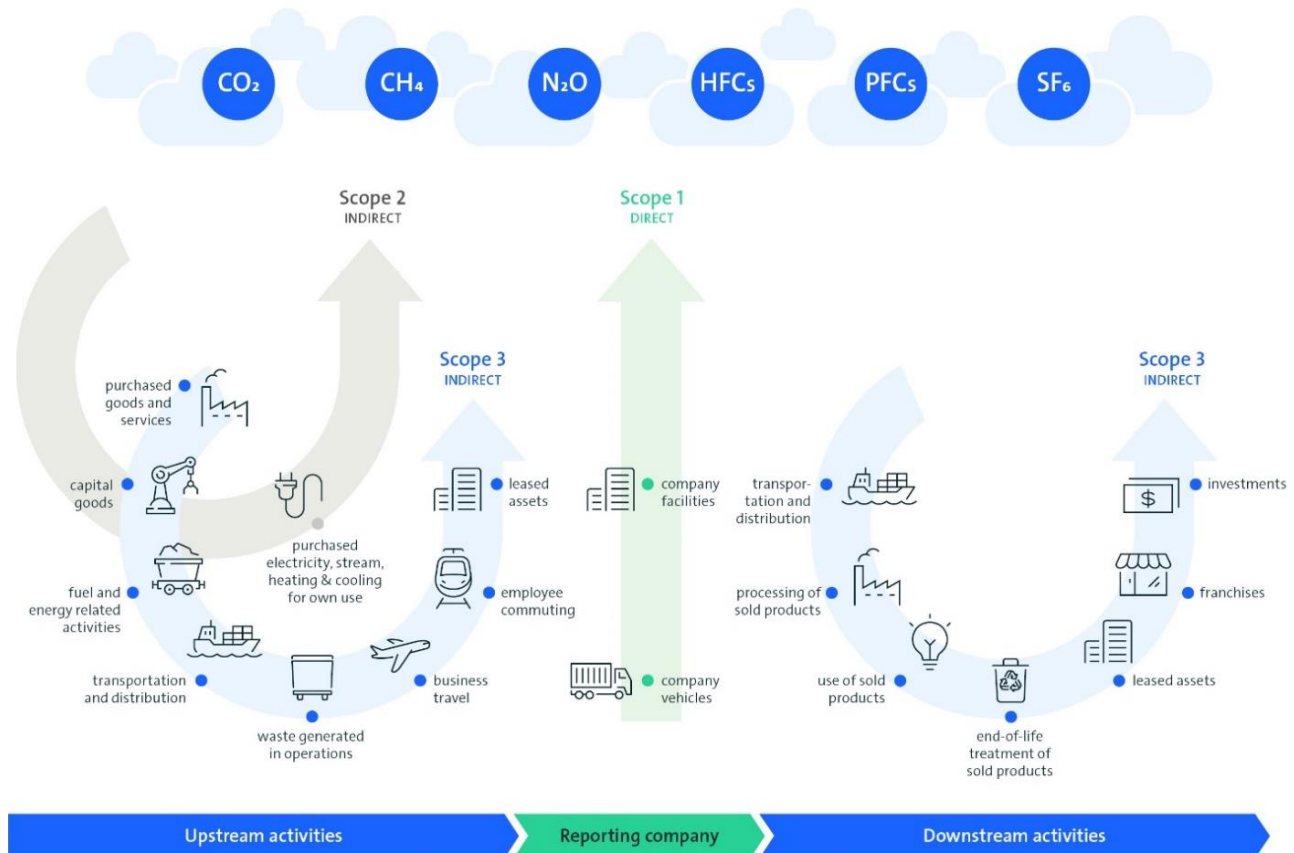
**Scope 1** umfasst alle direkten Treibhausgas-Emissionen, wie direkt in Unternehmensimmobilien verbrauchte Primärenergieträger (Erdgas, Heizöl, Benzin, Diesel etc.). Hinzu kommen die Emissionen aus Kältemittel-Leckagen und Fahrzeugen mit Verbrennermotor im Fuhrpark.

**Scope 2** umfasst die indirekten Treibhausgas-Emissionen, die aus der Erzeugung der beschafften Energie resultieren. Die CO<sub>2</sub>e-Emissionen entstehen durch verbrauchte Sekundärenergieträger wie Strom, Fernwärme, Dampf oder Kühlungsenergie in Gebäuden sowie in Elektrofahrzeugen.

**Scope 3** umfasst sonstige indirekte Treibhausgas-Emissionen, die schwerpunktmäßig mit der Unternehmenstätigkeit verbunden sind. Die Scope 3 Emissionen werden in 15 Kategorien aufgeteilt und jeweils in einen vor- und nachgelagerten Bereich eingeordnet. Dies ermöglicht eine übersichtliche und einheitliche Darstellung. Zu den CO<sub>2</sub>e-Emissionen in Scope 3 zählt unter anderem der Verbrauch von Energie in vermieteten Wirtschaftsgütern (z. B. Immobilien, Fahrzeuge), weiter der Bezug von Waren und Dienstleistungen, die Müllentsorgung, Wasser und Abwasser, Geschäftsreisen und das Pendeln der Mitarbeitenden.

Die folgende Abbildung auf Seite 6 veranschaulicht die GHG Scopes und die Emissionen in der gesamten Wertschöpfungskette.

## Überblick über die GHG Protocol Scopes und die Emissionen in der gesamten Wertschöpfungskette



Quelle: Eigene Darstellung nach Green House Gas Protocol, [Corporate Value Chain \(Scope 3\) Accounting and Reporting Standard](#), Seite 5.

## 4 Bestandsaufnahme an Vorschriften und Grundlagen

### Normen, Standards und Gesetze

Innerhalb der Europäischen Union (EU) gibt es festgelegte Vorgaben und Standards in Bezug auf Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>e-Emissionen, die Rechenzentrums- und IT-Betreiber betreffen. Die konkreten Parameter und deren Werte variieren je nach Gesetzgebung und Richtlinie. Nachfolgend einige der gängigsten Kriterien, die in Bezug auf Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>e-Emissionen für Rechenzentren und IT-Betreiber relevant sind.

## Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das [Gebäudeenergiegesetz \(GEG\)](#) enthält Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, die Erstellung und die Verwendung von Energieausweisen sowie an den Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden. Mit dem GEG wurden die frühere Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zusammengeführt.

- **Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):** Der U-Wert gibt an, wie viel Wärme durch die Gebäudehülle verloren geht. Je niedriger der U-Wert, desto besser die Wärmedämmung. Die genauen Anforderungen variieren je nach Bauteil, z. B. für Dächer, Außenwände oder Fenster. Zum Beispiel kann der maximale U-Wert für Dachflächen 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) betragen.
- **Luftdichtigkeit:** Das Gesetz enthält Anforderungen an die Luftdichtigkeit von Gebäuden, um unkontrollierten Wärmeverlust zu verhindern. Dies wird in der Regel mit Hilfe der Luftwechselrate (n<sub>50</sub>-Wert) gemessen. Die Luftwechselrate (n<sub>50</sub>-Wert) muss den vorgegebenen Grenzwerten entsprechen, beispielsweise ≤ 3,0 1/h bei Bestandsgebäuden.

## EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED)

Im Rahmen der [EU-Energieeffizienzrichtlinie \(EED\)](#) wurde eine verbindliche Maßnahme etabliert, welche spezifische Energieeffizienzziele für Rechenzentren vorschreibt. Diese Ziele sind darauf ausgerichtet, den Energieverbrauch sowie die CO<sub>2</sub>e-Emissionen innerhalb von Rechenzentren nachhaltig zu verringern.

- **Energieaudit:** Das Energieaudit umfasst eine umfassende Bewertung des Energieverbrauchs und der Energieeffizienz eines Rechenzentrums. Es werden beispielsweise der Gesamtenergieverbrauch, die Energieverteilung, die Kühlungseffizienz und andere relevante Kennzahlen erfasst.
- Ein Energieaudit muss mindestens alle vier Jahre durchgeführt werden. Unternehmen müssen Maßnahmen ergreifen, die sich innerhalb von fünf Jahren amortisieren, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

## Energieeffizienzgesetz (EnEfG)

Das [Energieeffizienzgesetz \(EnEfG\)](#) ist die nationale Umsetzung der EED. Das EnEfG wurde im September 2023 durch den Bundestag verabschiedet. Die Vorgaben gelten ab einer Nennanschlussleistung von 300 kW:

- **Abwärmenutzung**  
Neugebaute Rechenzentren müssen ab 2026 einen Anteil an wiederverwendeter Energie von mind. 10 Prozent aufweisen. Bis 2028 steigt diese Vorgabe auf 20 Prozent. Ausnahme: Wenn der Betreiber eines in der »Umgebung befindlichen Wärmenetzes« ein Angebot nicht innerhalb von sechs Monaten annimmt, obwohl die notwendige Infrastruktur zur Bereitstellung der Wärme (Wärmeübergabestation) bereitgehalten wird, muss diese Vorgabe nicht eingehalten werden.

### ■ PUE

PUE steht für »Power Usage Effectiveness« und ist eine Messzahl für die Energieeffizienz von Rechenzentren. Sie gibt an, wie viel des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums tatsächlich für die IT-Systeme verwendet wird. Ein niedriger PUE-Wert zeigt eine bessere Energieeffizienz an, wobei ein idealer Wert gegen 1,0 tendiert. Rechenzentren streben nach einem niedrigen PUE-Wert, um den Energieverbrauch zu optimieren und umweltfreundlicher zu sein.

- **Bestandsrechenzentren** müssen ab 2027 eine Energieverbrauchseffektivität (PUE) kleiner oder gleich 1,5 und ab 2030 von 1,3 erreichen. Neue Rechenzentren müssen ab 2026 eine PUE von 1,2 erreichen (zwei Jahre nach Inbetriebnahme).
- **Rechenzentren** müssen ihren Stromverbrauch ab 2024 zu 50 Prozent und ab 2027 zu 100 Prozent durch Strom aus erneuerbaren Energien decken. Die in der EED angeregten Berichtspflichten sind hier bereits im Detail definiert. Zudem müssen Rechenzentren ab 2025 ein Energie- oder Umweltmanagementsystem einrichten. Für größere (1 MW) und öffentliche RZ (300 KW) besteht die Pflicht zur Validierung oder Zertifizierung des Systems.

## Ökodesign-Richtlinie

Die [Ökodesign-Richtlinie](#) der EU enthält Anforderungen an die Energieeffizienz von Produkten, die in Rechenzentren verwendet werden, wie beispielsweise Server, Speichersysteme und Klimatisierungssysteme. Die Richtlinie zielt darauf ab, energieeffiziente Produkte zu fördern und den Energieverbrauch in Rechenzentren zu reduzieren.

**Beispiel:** Energieverbrauch pro Serviceeinheit: Der Energieverbrauch pro Serviceeinheit misst den Energieverbrauch eines Rechenzentrums in Bezug auf die erbrachte IT-Dienstleistung.

Die in der Ökodesign-Richtlinie der EU enthaltene Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates legt Ökodesign-Anforderungen für Server und Datenspeicherprodukte fest. Diese Anforderungen umfassen Kriterien wie Energieeffizienz, Standby-Verbrauch und Umweltauswirkungen. Die Richtlinie zielt darauf ab, den Energieverbrauch dieser Produkte zu senken und ihre Umweltauswirkungen zu reduzieren. Die Änderung der Verordnung (EU) Nr. 617/2013 der Kommission unterstützt diese Ziele durch die Festlegung detaillierter technischer Vorgaben und Leistungsstandards für Server und Datenspeicher, um deren Effizienz zu erhöhen und ihre Nachhaltigkeit zu verbessern.

## European Code of Conduct for Data Centres (EU DC CoC)

Dieser freiwillige Verhaltenskodex bietet Leitlinien und Best Practices zur Verbesserung der Energieeffizienz in Rechenzentren. Durch die Anwendung des Verhaltenskodex können Rechenzentren ihren Energieverbrauch senken und ihre Umweltauswirkungen verringern.



Darüber hinaus gibt es folgende DIN-Normen, die die Teilbereiche Stromversorgung, Stromverteilung, Energiemanagement und CO<sub>2</sub>e-Einsparung in der Informationstechnik betreffen.

### **ISO 50001**

Diese internationale Norm legt Anforderungen an ein Energiemanagementsystem fest. Rechenzentren können diese Norm anwenden, um ihre Energieeffizienz zu verbessern und ihren CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck zu reduzieren.

### **DIN EN 50600-2-2 (VDE 0801-600-2-2)**

#### **Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren – Teil 2-2: Stromversorgung und Stromverteilung**

Um den Stromverbrauch im Rechenzentrum zu messen und so Einsparpotenzial aufzudecken, bietet die Norm im Abschnitt *Befähigung zur Energieeffizienz und Leistungsverteilung* drei sogenannte Granularitätsniveaus, die sich jeweils im Umfang der Messungen unterscheiden – also darin, wie viele Messpunkte es gibt und wie genau der Stromverbrauch einzelner Stromkreise, Subsysteme und Komponenten analysiert wird.

- Granularitätsniveau 1 mit wenigen Messpunkten  
(z. B. lediglich ein Stromzähler des Energieversorgers an der Zugangsleitung)
- Granularitätsniveau 2 mit Messungen an einzelnen Teilsystemen
- Granularitätsniveau 3 mit detaillierten Messungen auch auf Komponentenebene

Die Bewertung und Identifizierung von Einsparpotenzial nimmt von Kategorie 1 nach 3 zu.

Das gewählte Granularitätsniveau (d. h. die Anzahl und Platzierung der Messpunkte) hat direkten Einfluss auf die wählbare Kategorie der Kennzahl zur eingesetzten Energie (also den PUE-Wert). Ein geringes Granularitätsniveau hat eine »ungenauere« PUE-Kategorie zur Folge.

### **DIN EN 50600-4-8 (VDE 0801-600-4-8)**

#### **Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren – Teil 4-8: Effektivität der Vermeidung von CO<sub>2</sub>e-Emissionen**

Diese Norm spezifiziert die so genannte Carbon Usage Effectiveness, die das Verhältnis der CO<sub>2</sub>e-Emissionen des Rechenzentrums in kg und dem Energieverbrauch der IT-Ausstattung (per annum) in kWh wiedergibt.

## DIN CLC/TS 50600-5-1 (VDE V 0801-600-5-1)

### Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren – Teil 5-1: Reifegradmodell für Energiemanagement und Umweltverträglichkeit

Diese Technische Spezifikation legt ein fünfstufiges Modell fest, mit dem ein Rechenzentrum seinen Reifegrad bezüglich des Energiemanagements und seiner Umweltverträglichkeit (Nachhaltigkeit) überprüfen und dokumentieren kann. Es werden folgende Bereiche adressiert: RZ-Management (Management- und Betriebsinformationen), Infrastruktur (Gebäude, Stromversorgung und Stromverteilung, Regelung der Umgebungsbedingungen) und Informationstechnik (Software, Datenverarbeitung, Speicherung, Netzwerk). Für jeden der fünf Reifegrade steht eine Reihe von Praktiken zur Verfügung, die je nach gewählter Technologie der betreffenden Infrastruktur zu erfüllen sind. Diese Praktiken sind inhaltlich mit dem sogenannten Assessment Framework der EU-Taxonomie abgestimmt, das auf Basis der Best Practices des European Code of Conduct for Data Centres bzw. CLC/TR 50600-99-1 entwickelt wurde.

## Grundlagen der Emissionsberechnung

Die Herausforderung besteht darin, eine Methodik zu finden oder zu entwickeln und aus den vorhandenen Messwerten brauchbare Informationen zu gewinnen, um einerseits den aktuellen Zustand bewerten und andererseits den Einfluss jeglicher Maßnahmen abschätzen zu können.

Für eine ganzheitliche Analyse muss neben der reinen Energienutzung auch der gesamte Lebenszyklus von IT-Komponenten berücksichtigt werden, um daraus gezielte Maßnahmen abzuleiten.

Die Anwendung einer Lebenszyklusanalyse (LCA) auf Rechenzentren stellt im Kontext der Nachhaltigkeit eine besondere Herausforderung dar. Dies liegt daran, dass Komponenten, die in Rechenzentren eingesetzt werden, einen komplexen Lebenszyklus durchlaufen, der von der Herstellung der Hardware bis zur Entsorgung reicht. Der intensive Energieverbrauch während des Betriebs von IT und Kühlsystemen trägt zunehmend zu Umweltauswirkungen bei. Die schnelle technologische Weiterentwicklung erfordert regelmäßige Aktualisierungen der LCA, um neue Daten und Erkenntnisse zu berücksichtigen. Bei der Analyse muss eine breite Palette von Umweltaspekten einbezogen werden, einschließlich Energieverbrauch, Treibhausgas-Emissionen, Ressourcennutzung und mehr. Es ist notwendig, Abwägungen zwischen Energieeffizienz, Leistung und Kosten zu treffen, was eine komplexe Entscheidungsfindung erfordert. Externe Faktoren wie der Energiemix und gesetzliche Vorgaben beeinflussen die Umweltauswirkungen zusätzlich. Um genaue Analysen durchzuführen, ist sowohl spezifisches Fachwissen über die Branche als auch umfangreiche Datenerhebung unerlässlich.

Für die Ermittlung freigesetzter CO<sub>2</sub>e-Emissionen gibt es Umrechnungsfaktoren, sogenannte Emissionsfaktoren. Diese ermöglichen z. B. die Berechnung der durch den Verbrauch einer kWh elektrischen Stroms im Jahr 2022 im jeweiligen Land verursachten CO<sub>2</sub>e-Emissionen auf Basis des durchschnittlichen Strommixes im

öffentlichen Netz. Andere Emissionsfaktoren dienen beispielsweise der Berechnung der Emissionen pro Liter verbrauchten Diesels, Kühlmittels oder kWh Fernwärme.

## Quellen zur Ermittlung des CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktors

Um den jeweiligen CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktor zu ermitteln, gibt es in Deutschland, der EU und international offizielle Quellen, die aktuelle Daten und Informationen bereitstellen. Hier sind einige wichtige Quellen:

**Umweltbundesamt (UBA) Deutschland:** Das Umweltbundesamt ist die zentrale Umweltbehörde in Deutschland. Es stellt umfangreiche Informationen zu Umweltthemen bereit, einschließlich aktueller CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktoren. Auf der Website des UBA können Sie auf die Datenbank [»Emissionsfaktoren«](#) zugreifen, die detaillierte Informationen zu den Emissionsfaktoren verschiedener Quellen und Sektoren enthält.

**Europäische Umweltagentur (EEA):** Die Europäische Umweltagentur ist eine Agentur der Europäischen Union, die Umweltdaten, Indikatoren und Berichte zur Verfügung stellt. Die EEA veröffentlicht regelmäßig Berichte zu den CO<sub>2</sub>e-Emissionen in Europa und bietet Daten zu den Emissionsfaktoren in verschiedenen Ländern und Sektoren. Berichte zu CO<sub>2</sub>e-Emissionsdaten finden sich [hier](#).

Nationale Emissionsberichterstattung (NEC) und Nationale Inventarberichte (NIR): Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind verpflichtet, jährliche Berichte über ihre Treibhausgasemissionen gemäß den Vorgaben des Klimarahmenübereinkommens der Vereinten Nationen (UNFCCC) und der Europäischen Union einzureichen. Diese Berichte, bekannt als Nationale Emissionsberichterstattung (NEC) und Nationale Inventarberichte (NIR), enthalten detaillierte Informationen zu den Emissionen und Emissionsfaktoren.

Die nationalen Berichte werden von den Mitgliedstaaten erstellt und können über die [Websites](#) der jeweiligen nationalen Umweltbehörden oder des Umweltministeriums abgerufen werden.

International hat sich die Datenbank der International Energy Agency (IEA) zur Berechnung von CO<sub>2</sub>e-Emissionen etabliert. Die IEA stellt [länderbasierte durchschnittliche Emissionsfaktoren](#) zur Verfügung:

Es ist ratsam, offizielle Quellen zu nutzen, um den aktuellen CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktor zu ermitteln, da sie auf wissenschaftlichen Daten und Forschungen basieren und regelmäßig aktualisiert werden. Es ist wichtig zu beachten, dass die CO<sub>2</sub>e-Emissionsfaktoren je nach Quelle und Sektor variieren können.

Einen ersten Eindruck vermittelt die [ElectricityMap](#): Durch individuelle Erzeugung oder Bezug erneuerbarer Energien ist es möglich, die Emissionen pro kWh gegenüber dem nationalen Strommix weiter zu senken.

## Marktbasierte vs. standortbasierte Emissionen elektrischer Energie

Das Treibhausgas-Protokoll (GHG) unterscheidet bei der Bilanzierung von Scope 2 Emissionen den sogenannten »location-based« sowie »market-based« Ansatz.

Unternehmen haben demnach die Wahl, ihre Emissionen auf Basis des Mixes im jeweiligen Stromnetz (»location-based«) oder ihres individuellen Strommixes, z. B. durch den Einkauf von Grünstrom oder Abschluss sogenannter Power Purchase Agreements (PPA), zu berichten (»market-based«).

Intern ist es sinnvoll, die Emissionen durch elektrische Energie nach beiden Methoden zu erheben und zu senken.

## Standards von Hyperscalern und Infrastrukturherstellern

Hyperscaler haben erkannt, dass CO<sub>2</sub>e-Emissionen ein wichtiges Kriterium für die Wahl des Anbieters darstellen und richten sich typischerweise nach den gängigen Standards, welche hier im Dokument bereits beschrieben wurden (Scope 1-3, Greenhouse Gas (GHG) Protocol Standards). Es können aber Unterschiede bestehen, welche Scopes erfasst werden und wie diese gemessen werden. Die genaue Methodik wird im Detail in Veröffentlichungen der Hyperscaler beschrieben.

Ihren Kunden stellen die Hyperscaler und Infrastrukturhersteller Tools, Dashboards, Grafiken, Reports und/oder Exportmöglichkeiten zur Verfügung, welche es den Kunden erlauben, die durch ihre Nutzung entstandenen CO<sub>2</sub>e-Emissionen zu erfassen und für ihr ESG Reporting zu nutzen. Hier erfolgt typischerweise eine Aufteilung nach Cloud Service und Region.

## Nützliche Publikationen

[»Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit«<sup>2</sup>](#)

Diese Veröffentlichung betont, dass Rechenzentren einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch und an den Treibhausgasemissionen haben und deshalb ein großes Potenzial zur Einsparung von Ressourcen und Energie besteht. Es werden verschiedene Aspekte der Ressourceneffizienz in Rechenzentren behandelt, darunter die Auswahl energieeffizienter Hardware, die Optimierung der Kühlung, die Virtualisierung von Servern und die Nutzung erneuerbarer Energien.

Die Publikation gibt außerdem Empfehlungen für Betreiber von Rechenzentren, wie sie ihre Ressourceneffizienz verbessern können, zum Beispiel durch die Durchführung von Energieaudits, die Implementierung von Monitoring- und Steuerungssystemen und die Schulung des Personals.

<sup>2</sup> Vgl.: Björn Schödwell und Prof. Dr. Rüdiger Zarnekow, [Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit](#), herausgegeben vom Umweltbundesamt (2018).

Insgesamt liefert die Publikation einen Überblick über die Herausforderungen und Möglichkeiten zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Rechenzentren und gibt praxisnahe Empfehlungen für Betreiber.

### »Green Cloud Computing – Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing«<sup>3</sup>

Im Rahmen dieser Erhebung wurde die Methodik zur Bewertung von Rechenzentren mit Effizienzkennzahlen (KPI4DCE – Key Performance Indicators for Data Centre Efficiency) weiterentwickelt. Die KPI4DCE-Methodik ist ein Ansatz zur Bewertung und Messung der Energieeffizienz von Rechenzentren. Die Methodik wurde entwickelt, um Betreibern von Rechenzentren eine strukturierte Vorgehensweise zur Bewertung und Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Einrichtungen zu bieten.

Die KPI4DCE-Methodik basiert auf einer Reihe von Schlüsselkennzahlen, die den Energieverbrauch und die Effizienz eines Rechenzentrums quantifizieren. Diese Kennzahlen umfassen unter anderem folgende Werte:

- Power Usage Effectiveness (PUE)
- Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE)
- Energy Reuse Effectiveness (ERE).

Die Methodik umfasst auch einen Bewertungsprozess, bei dem Daten über den Energieverbrauch und die Infrastruktur des Rechenzentrums erfasst und analysiert werden. Anhand der ermittelten Kennzahlen können die Betreiber die Effizienz ihres Rechenzentrums bewerten, Engpässe identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ergreifen.

Die KPI4DCE-Methodik bietet Betreibern von Rechenzentren eine wissenschaftliche Methode, um die Energieeffizienz ihrer Einrichtungen zu messen, zu vergleichen und zu optimieren. Durch die Anwendung dieser Methodik können Rechenzentren ihre Betriebskosten senken, ihren ökologischen Fußabdruck reduzieren und einen nachhaltigeren Betrieb sicherstellen.

## Lebenszyklusanalyse

Für die Durchführung einer Lebenszyklusanalyse gibt es u. a. einen in der Norm DIN EN ISO 14040 beschriebenen Ansatz. Gemäß DIN EN ISO 14040:2006, Abschnitt 3.2, ist die Lebenszyklusanalyse (LCA) eine systematische Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, eines Prozesses oder einer Aktivität über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Dies umfasst die Phasen von der Rohstoffgewinnung über Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung. LCA berücksichtigt verschiedene Umweltaspekte wie Ressourcennutzung, Energieverbrauch, Emissionen und Umweltbelastungen. Das Ziel ist es, eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Minimierung von Umweltauswirkungen zu schaffen und die Nachhaltigkeit zu fördern.

<sup>3</sup> Vgl.: Jens Gröger und Ran Liu, [Green Cloud Computing](#), herausgegeben vom Umweltbundesamt (2021).

## Product Attribute to Impact Algorithm (PAIA)

Ein anderer, optimierter («streamlined LCA») Ansatz zur Durchführung einer Lebenszyklusanalyse wurde vom MIT Materials System Laboratory in Zusammenarbeit mit der Arizona State University und der University of California in Berkeley entwickelt und firmiert unter dem Namen PAIA (Product Attribute to Impact Algorithm).

Die PAIA-Methodologie schätzt den CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck von Produktklassen wie Notebooks, Desktops, Monitoren, Servern, Storage und Netzwerkkomponenten, indem sie wichtige Produktmerkmale und jährlichen Energieverbrauch berücksichtigt.

PAIA erfüllt die Anforderungen von IEC/TR 62921 und verwendet Daten von teilnehmenden Unternehmen sowie sekundäre Emissionsfaktoren von Drittanbietern wie Ecoinvent. Es ermöglicht eine Schätzung des CO<sub>2</sub>e-Fußabdrucks auf Komponentenebene unter Berücksichtigung der Standardabweichung (Ungenauigkeit).

PAIA unterscheidet sich von einer umfassenden LCA in Bezug auf die analysierten Umweltauswirkungen. Es ermittelt hauptsächlich die CO<sub>2</sub>e-Auswirkungen, ausgedrückt als Treibhausgasemissionen in CO<sub>2</sub>e-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e), während eine vollständige LCA zusätzliche Umweltaspekte wie Landnutzung, Wasserverbrauch und Versauerung berücksichtigt.

Die Ergebnisse des PAIA-Verfahrens basieren auf Hardware-Eigenschaften und spiegeln Abweichungen in der Produktion nicht genau wider. Ein CO-Fußabdruck kann als eine einzige Zahl ausgedrückt werden, wie beispielsweise die CO<sub>2</sub>e-Emissionen für das Produkt Latitude 5510 mit einem Durchschnitt von 348 kg CO<sub>2</sub>e und einer Standardabweichung von 67 kg CO<sub>2</sub>e. Diese Zahl wird als »Products Carbon Footprint« (PCF) bezeichnet.

# 5 Methodische Ansätze & Technische Verfahren

Unabhängig von der gewählten Formel müssen zunächst Daten vorhanden sein, um jegliche Berechnungen durchführen zu können, wie die Anzahl und Typen der Server sowie der Strommix.

Für die Berechnung der indirekten CO<sub>2</sub>e Äquivalente im Scope 2 müssen die Verbrauchsdaten der Systeme erfasst werden. Sollte eine Verteilung der CO<sub>2</sub>e Äquivalente auf die eigentlichen »Verursacher« gewünscht oder sogar nötig sein, so müssen passende Nutzungsdaten erfasst werden.

### PUE-Wert – Handlungsempfehlungen

Die Normenreihe DIN EN 50600-4-X (VDE 0801-600-4-X) stellt verschiedene genormte Leistungskennzahlen (KPIs) für die Energie- und Ressourceneffizienz von

Rechenzentren zur Verfügung. Keine dieser KPIs ist für sich allein betrachtet geeignet, die Ressourceneffizienz abschließend zu beschreiben.

Der PUE-Wert ist die älteste und bekannteste Größe, die seitens der RZ-Betreiber in diesem Kontext gerne kommuniziert (und beworben) wird. Ursprünglich vom Industriekonsortium The Green Grid (etwas unpräzise und daher mit etlichem »Spielraum« interpretierbar) spezifiziert und später als ISO/IEC 30134-2 bzw. EN 50600-4-2 von formal anerkannten Normungsorganisationen präzisiert, setzt der PUE-Wert den gesamten Energieverbrauch eines Rechenzentrums in kWh ins Verhältnis zu der Energie, die die IT-Anlagen benötigen. Somit ist der PUE-Wert per Definition stets größer als 1: der Zähler in der Formel erfasst IT-Anlagen plus die Infrastruktur (Kühlung etc.), die zum Betrieb des RZ benötigt werden.

Je mehr ein gegebener PUE-Wert sich der theoretischen Grenze von 1 nähert, desto größer ist der Anteil an der gesamten vom RZ benötigten Energie, die für den Zweck des RZ - den Betrieb der IT-Anlagen - verwendet wird. Waren bis vor einigen Jahren noch PUE-Werte von 2 oder größer üblich, haben die intensiven Systemoptimierungen dazu geführt, dass mittlerweile PUE-Werte von 1,3 und kleiner als Stand der Technik angesehen werden - je nach RZ-Design, eingesetzter Kühltechnologie und Lage des RZ sind sogar schon Werte von kleiner als 1,1 realisierbar.

## Was ist bei der Ermittlung und dem Veröffentlichen von PUE-Werten unbedingt zu beachten?

1. Der PUE-Wert ist keine »Momentaufnahme«, sondern betrachtet die eingesetzte Energie über einen kontinuierlichen Zeitraum von 12 Monaten, um die Auswirkungen der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen auf die Kühlanlagen zu berücksichtigen.  
  
ANMERKUNG: Für bestimmte Zwecke definiert die Norm sogenannte PUE-Derivate, z. B. den iPUE-Wert zur Angabe unterjähriger Zeiträume.
2. Die PUE-Normen definieren drei Genauigkeitsklassen für den PUE-Wert, die mit Indizes von 1 (»grob«) bis 3 (»fein«) präzisiert werden müssen. Bei einem PUE-Wert der Kategorie 1 wird die Energie am Ausgang der USV ermittelt, während bei Kategorie 3 am Eingang der IT-Geräte gemessen wird.
3. Bei der Ermittlung der Energie wird nicht nur der Elektrizitätsverbrauch erfasst, sondern auch andere Energieträger (gasförmige und flüssige Brennstoffe sowie Kühlflüssigkeiten), die in kWh umgerechnet werden müssen, wie in DIN EN 50600-4-2 (VDE 0801-600-4-2) angegeben.
4. Die in DIN EN 50600-4-2 (VDE 0801-600-4-2) genannten Anforderungen bezüglich der Genauigkeit der verwendeten Messgeräte sowie der Berichterstattung des PUE-Wertes müssen beachtet werden.
5. DIN EN 50600-4-2 (VDE 0801-600-4-2) sowie das zugehörige Beiblatt 1 enthalten eine Fülle verschiedener, praktisch relevanter Beispiele für die konkrete, normkonforme PUE-Ermittlung.

## Wie kann ich den Stromverbrauch messen und reduzieren?

Die Messung des Stromverbrauchs in Rechenzentren wird in DIN EN 50600-2-2 (VDE 0801-600-2-2), Abschnitt 8, hinsichtlich der benötigten Messpunkte beschrieben. Bei Neubauten und Renovierungen sollte grundsätzlich die für die Messwerterfassung nach Granularitätsniveau 3 dieser Norm benötigte Infrastruktur vorgesehen werden, um präzise PUE-Werte der Kategorie 3 nach DIN EN 50600-4-2 (VDE 0801-600-4-2) ermitteln zu können.

Das Reifegradmodell für Rechenzentren nach DIN CLC/TS 50600-5-1 (VDE 0801-600-5-1) bietet dem RZ-Betreiber klare Anforderungen und Empfehlungen zur Verbesserung seines Energiemanagements (absolute Minimierung des Energieverbrauchs) und seiner Nachhaltigkeit.

# 6 Handlungsempfehlungen

Um das durch aktuelle und zukünftige Gesetze, Standards und Normen bedingte Ziel – die Reduktion des Energieverbrauchs sowie die nachhaltige Gestaltung des verbleibenden Verbrauchs – zu erreichen, muss ein umfänglicher Umgestaltungsprozess schleunigst beginnen. Folglich sollte sich ein Unternehmen frühzeitig mit der eigenen IT-Strategie, vor allem in Bezug auf den Aspekt von Cloud- und Rechenzentren detailliert auseinandersetzen. Hierbei müssen die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Soziales, Ökonomie) einen Teil des grundlegenden Fundamentes darstellen und stets in (IT-)Entscheidungen berücksichtigt werden.

Dieser Beitrag hat aufgezeigt, dass hierfür eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Nachhaltigkeitsaspekte eines Unternehmens unverzichtbar ist. Der CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck hybrider IT stellt zwar einen wichtigen Hebel für die Nachhaltigkeitsbilanz dar, ist aber nicht isoliert zu betrachten. Neben Energieeffizienz gilt es weitere wichtige KPI mit zu berücksichtigen, wie beispielsweise die Ressourcennutzung und -wiederverwertung, Emissionen über den gesamten Lebenszyklus und soziale Nachhaltigkeit in der Lieferkette. Somit müssen Unternehmen bei diversen Aspekten des gesamten Unternehmens an einer ganzheitlichen Effizienz arbeiten.

Um eine Strategie und ein Management zu etablieren, bedarf es eines umfassenden Messungs- und Kontrollsystems jeglicher Nachhaltigkeitsaspekte. Hierbei ist die Schwierigkeit fehlende Informationen in Teilbereichen zu beschaffen, aber auch eine Einheitlichkeit bei Daten von beispielsweise Sensoren oder Lieferantenauskünften zu etablieren und weitere Granularität in relevanten Bereichen zu schaffen. Viele Unternehmen setzen bereits Software-Lösungen zum Management ihrer CO<sub>2</sub>e-Emissionen ein. Auf diese Weise gelingt die Integration der hybriden IT in die Dekarbonisierungs-Roadmap des Unternehmens ebenso wie zukünftiges Management, Auditierung und die Simulation von Maßnahmen.



Da dieser Beitrag sich auf die Betrachtung von CO<sub>2</sub>e-Emissionen fokussiert, werden im Folgenden konkrete Handlungsempfehlungen für ein Management dieses Aspektes ausgesprochen.

Im ersten Schritt müssen die Emissionen der hybriden IT in Scope 1, 2 und 3 gemessen und abgeschätzt werden. Im Bereich der Scope 3-Emissionen unterstützen PCF-Informationen der Hersteller sowie die Werkzeuge der Hyperscaler. Scope 1 und 2 Emissionen lassen sich mit hinreichender Genauigkeit berechnen, bezüglich der Ermittlung von Scope 3 Emissionen fehlen bisher noch Transparenz und herstellerübergreifende Standards. Herstellereigene LCA-Angaben beinhalten oftmals noch Ungenauigkeiten von mehr als 30 Prozent. Auch bei den Hyperscalern gibt es erhebliche Unterschiede bei Methodik und Umfang der Messungen, welche zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit bei direkter Gegenüberstellung führen.

Außerdem ist zu beachten, dass bei größeren Beschaffungen und Architektur-entscheidungen immer eine CO<sub>2</sub>e-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus, d. h. 5–8 Jahre bei Hardware bzw. 15–20 Jahre bei Rechenzentren aufgestellt werden sollte.

Letztlich sollte diese Betrachtung jedoch nicht nur die IT-Komponenten, sondern unbedingt auch das gesamte Rechenzentrum mit einbeziehen. Um den Bezug zum Management und der Strategie herzustellen, empfiehlt es sich, den/die Nachhaltigkeitsbeauftragte(n) frühzeitig zu involvieren.

## 7 Fazit & Ausblick

Bereits jetzt trägt IKT – je nach Studie – zwischen 2 Prozent und 4 Prozent zu den weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Fortschreitende Digitalisierung und weltweites Bevölkerungswachstum führen weiterhin zu einem starken Anstieg der Nutzung von IKT-Produkten und -Dienstleistungen.

Angesichts der Notwendigkeit, die weltweiten Treibhausgasemissionen massiv zu senken, trägt der IKT-Sektor eine doppelte Verantwortung: Mittels Digitalisierung Emissionen in anderen Bereichen zu vermeiden (»Handabdruck«) und dabei gleichzeitig den eigenen Fußabdruck zu reduzieren. Dabei ist absehbar, dass der Fokus auf IKT – sowohl was ihren Hand- als auch Fußabdruck angeht – in den kommenden Jahren weiter zunimmt. Aktuelle Entwicklungen in der Gesetzgebung, wie zum Beispiel das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) spiegeln dies bereits wider. Die anstehende Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) sieht allgemein ab 2024/25 eine weitreichende Ausweitung der Berichtspflichten bzgl. Nachhaltigkeit vor. Es empfiehlt sich, dass Unternehmen Nachhaltigkeit als zentrales Fundament in Ihrer IT-Strategie etablieren. Da Rechenzentren gut ein Drittel der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen von IKT verursachen, sollten Messungen und Management zeitnah realisiert werden.

Bitkom vertritt mehr als 2.200 Mitgliedsunternehmen aus der digitalen Wirtschaft. Sie generieren in Deutschland gut 200 Milliarden Euro Umsatz mit digitalen Technologien und Lösungen und beschäftigen mehr als 2 Millionen Menschen. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig, kreieren Content, bieten Plattformen an oder sind in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 82 Prozent der im Bitkom engagierten Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, weitere 8 Prozent kommen aus dem restlichen Europa und 7 Prozent aus den USA. 3 Prozent stammen aus anderen Regionen der Welt. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem leistungsfähigen und souveränen Digitalstandort zu machen.

#### Herausgeber

Bitkom e.V.  
Albrechtstr. 10 | 10117 Berlin

#### Ansprechpartnerin

Janine Welsch | Referentin für Telekommunikationspolitik  
T 030 27576-234 | j.welsch@bitkom.org

#### Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK Hybride IT

#### Autorinnen und Autoren

Thore Bahr, SUSE Software Solutions GmbH | Bettina Bassermann, SUSE Software Solutions GmbH | Martin Beuse, Hewlett-Packard GmbH | Thomas Kopton, VMware Global Inc., Arne Lehfeldt, Dell GmbH | Martin Schauder, NTT Germany AG & Co. KG, Luzie Trottmann, Hewlett-Packard GmbH | Thomas H. Wegmann, VDE e. V.

#### Titelbild

© toa555 – stock.adobe.com

#### Copyright

Bitkom 2023

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom oder den jeweiligen Rechteinhabern.