

# Die grüne Cloud – Gestaltungsansätze zur ökologischen Optimierung

Jens Gröger, Öko-Institut e.V.  
Future Publish 2018  
Berlin, 25. Januar 2018

Foto (cc)  
[Tom Raftery](#)

# Trafo 3.0 – Gestaltungsmodell für sozialökologische Transformationsprozesse in der Praxis: Entwicklung und Erprobung in drei Anwendungsfeldern

**Projektförderung:**  
Bundesministerium für Bildung und  
Forschung

**Projektdurchführung:**  
Öko-Institut e.V.

**Projektleitung:**  
Carl-Otto Gensch  
c.gensch@oeko.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Sozial-ökologische  
Forschung  
BMBF

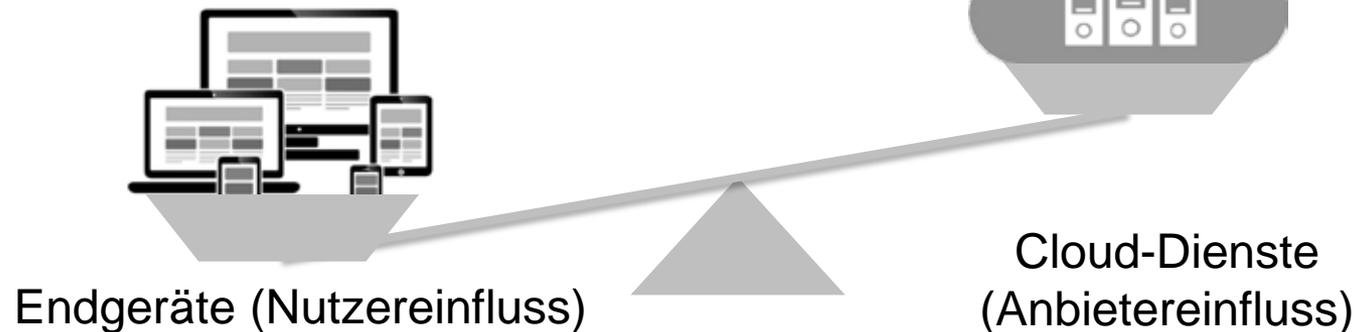


# Digitales Publizieren und Lesen: Ökologisch sinnvolle Entmaterialisierung oder Verlagerung der Bürde?

## Hypothese:

Bei der Frage E-Book vs. Print-Book geht es nicht mehr nur um den materiellen Vergleich von E-Reader mit Papier-Erzeugnissen, sondern zunehmend um die Unterschiede zwischen Offline und Online.

„Gewichtsverlagerung“ bei den anteiligen Umwelteinflüssen von nutzerseitigen Einflüssen (Herstellung und Nutzung von Endgeräten) hin zu vermehrt anbieterseitigen Faktoren (Konzeption und Betrieb von Rechenzentren)



## Wirkende „Kräfte“ Online E-Books

- On-Demand Streaming von Inhalten
- Dauerkonnektivität
- Synchronisation für Zugriff von mehreren Geräten
- Erhebung/Auswertung von Nutzerdaten
- Aufwändige Inhalte/Funktionen (z.B. Annotationen, Kollaboration mittels „Social Books“)
- Schnelle Lade-/Zugriffszeiten
- Zugriff von kleinen, energieeffizienten und multifunktionalen Endgeräten



# Agenda

**1** Umwelteffekte von Rechenzentren

**2** Optimierungsansätze

**3** Anforderungen des Blauen Engels

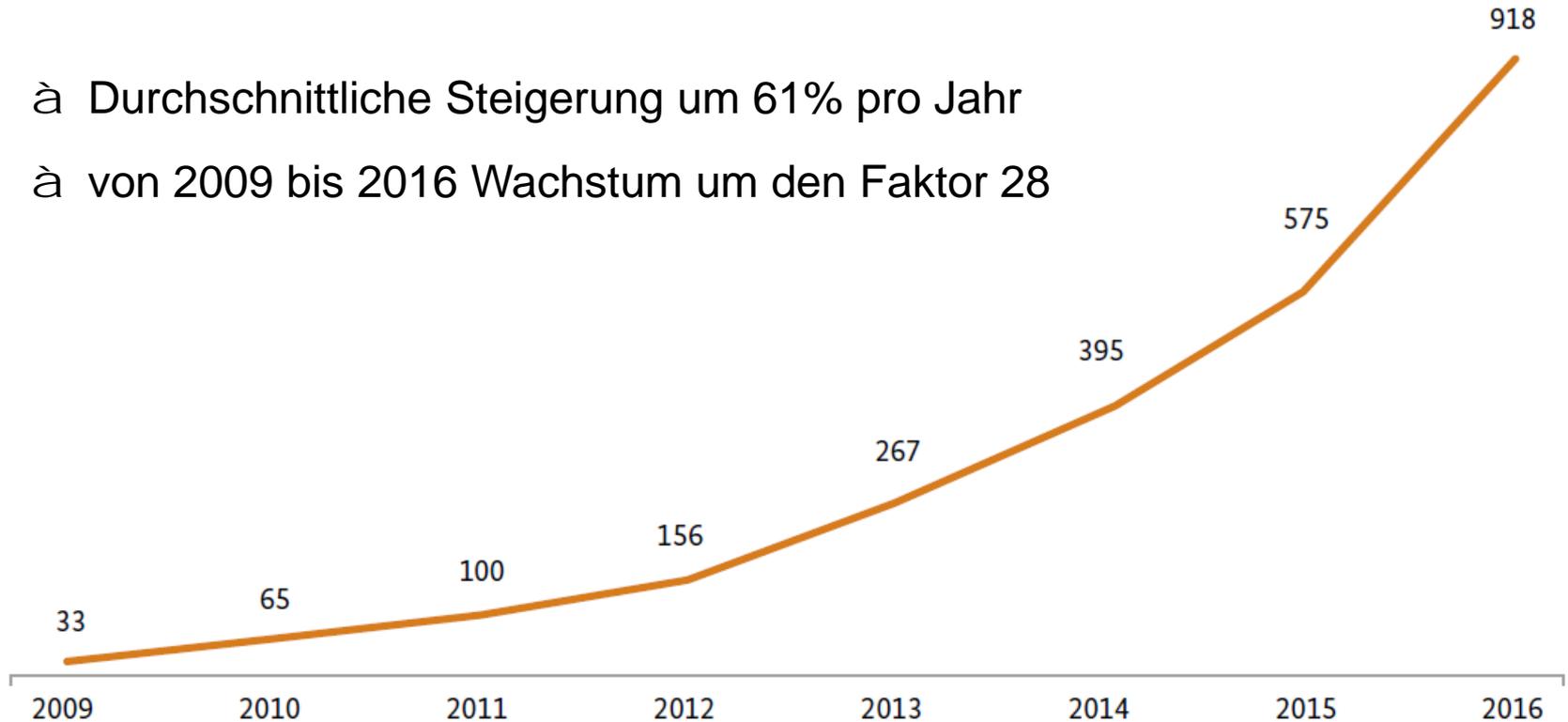
**4** Handlungsmöglichkeiten für Verlage



# Datenvolumen im Mobilfunk in Deutschland

Datenvolumen im Mobilfunk  
in Mio. GB

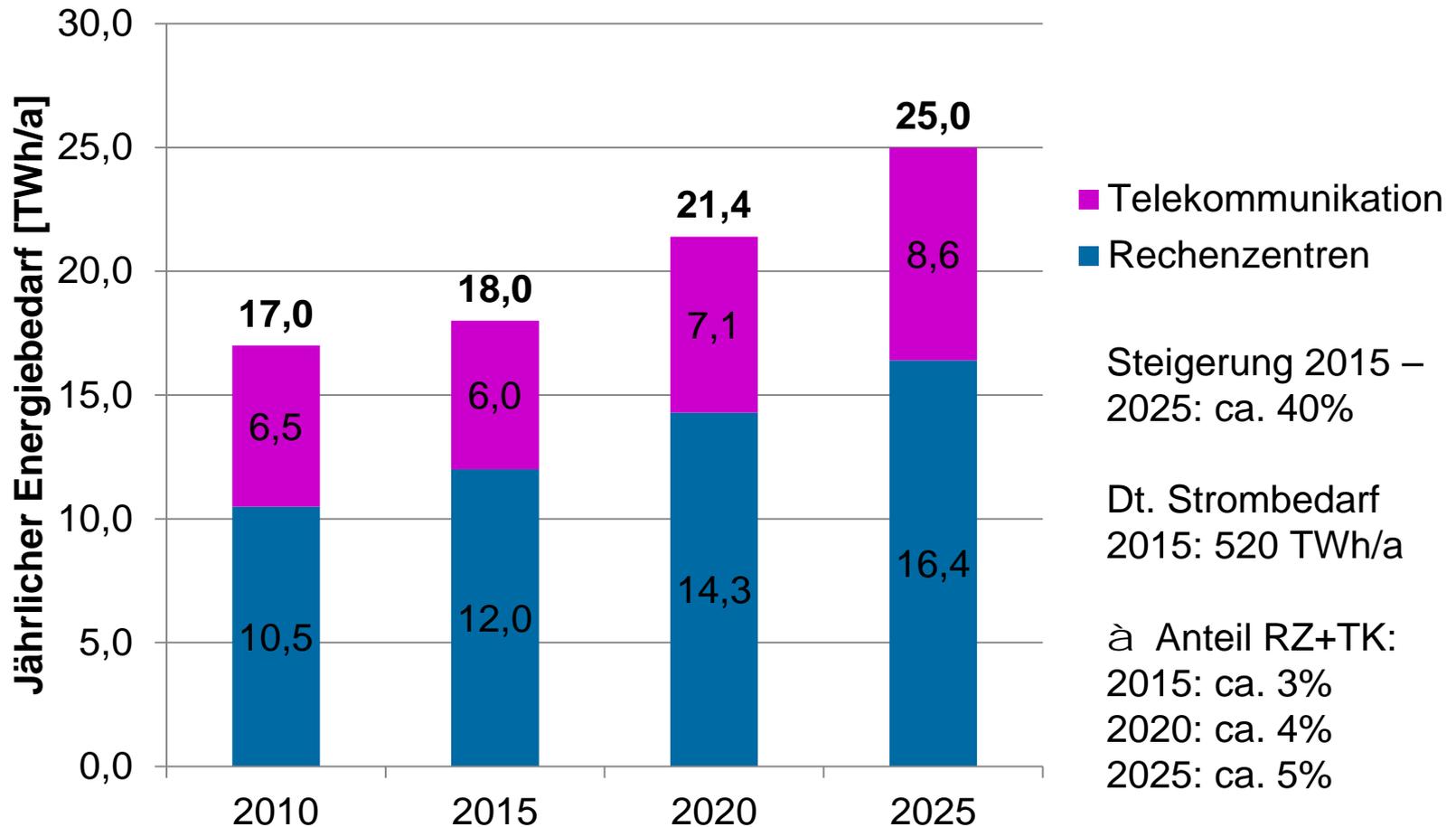
- à Durchschnittliche Steigerung um 61% pro Jahr
- à von 2009 bis 2016 Wachstum um den Faktor 28



Quelle: Bundesnetzagentur (Hrsg.): Jahresbericht 2016 - Märkte im digitalen Wandel, 2017



# Trends zum Strombedarf von Rechenzentren und Telekommunikation in Deutschland

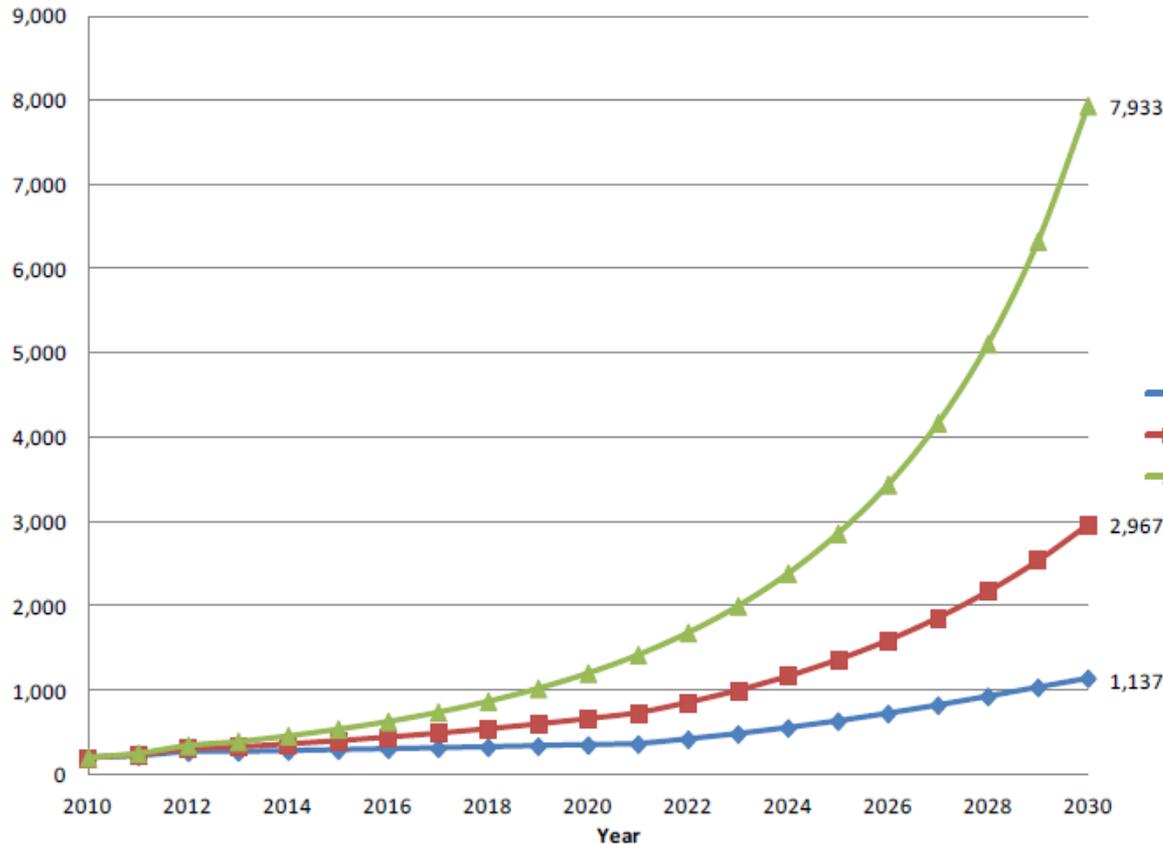


Quelle: BMWI, IZM, Borderstep: Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland, 2015



# Trends zum Strombedarf von Rechenzentren weltweit

Electricity usage (TWh) of Data Centers 2010-2030



Prognose:  
Weltweiter Strombedarf  
2030: 28.000 TWh/a

Anteil Rechenzentren am Strombedarf 2030:  
Worst: 28%  
Expected: 11%  
Best: 4%

Quelle: Andrae, A., Edler, T.: On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030; Challenges 2015

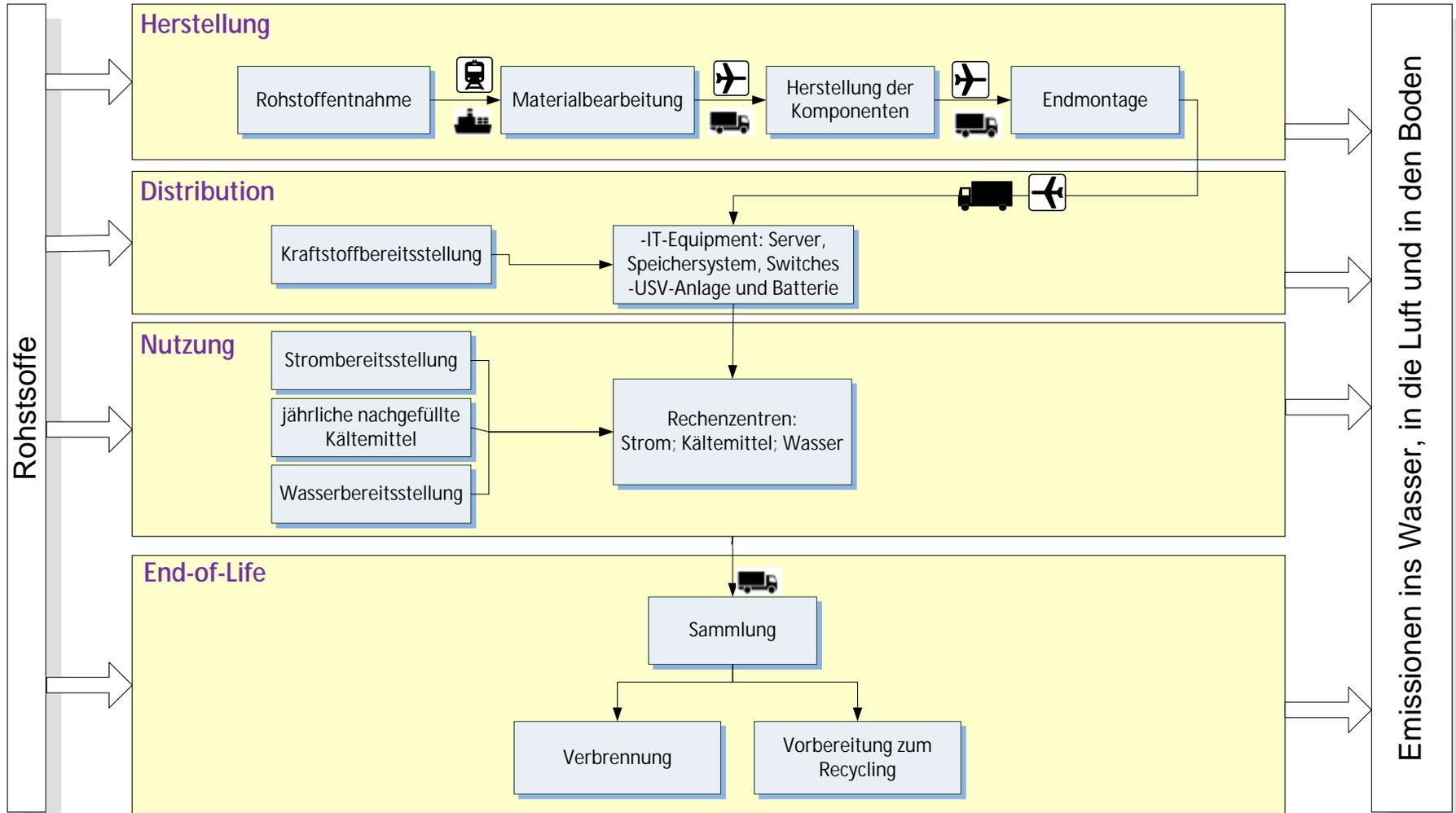


## Zwischenfazit

- Sehr starker Anstieg an übertragenen **Datenmengen** und Datenverarbeitung in zentralen Rechenzentren
- **Energiebedarf** von Rechenzentren und Telekommunikationsnetzen ist in der Vergangenheit stark gestiegen
- Trends zeigen, dass der Energiebedarf für Datenübertragung und Rechenzentren weiter exponentiell ansteigen wird und zukünftig einen erheblichen Anteil am **Gesamtstromverbrauch** ausmachen wird
- Zunehmender Energieverbrauch ist jedoch nur *eine* der Umweltwirkungen von Rechenzentren und Telekommunikationsnetzen. → Zusätzlich: **Ressourcenverbrauch**



# Ökobilanz eines Rechenzentrums



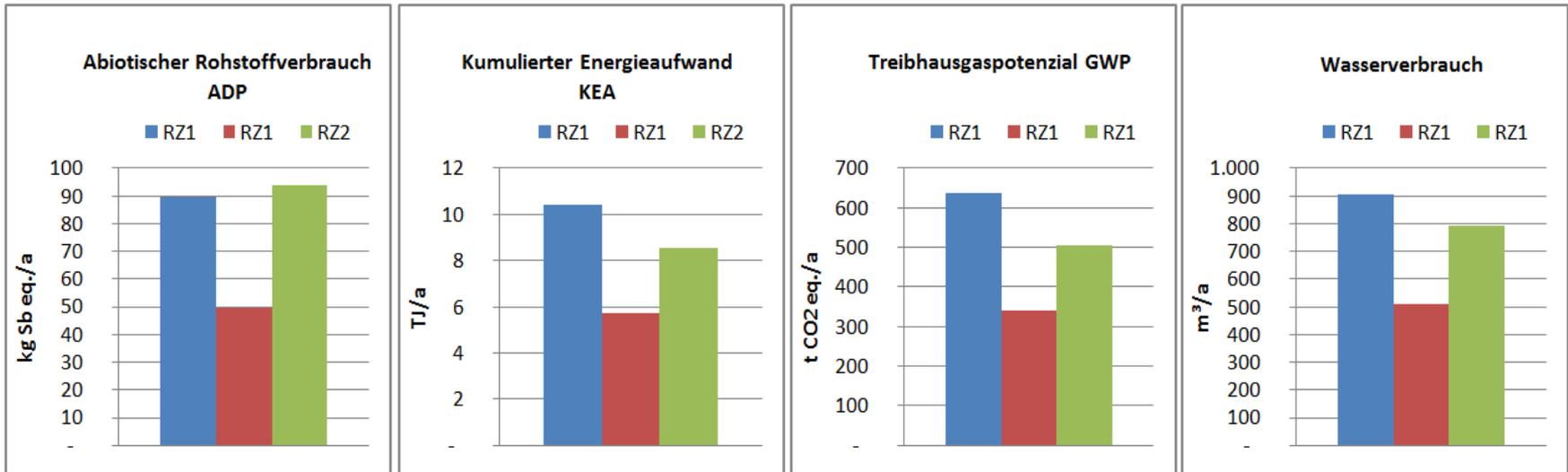
# Beschreibung von Umweltwirkungen in der Ökobilanz

- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
  - gesamter Verbrauch an energetischen Ressourcen (nicht-erneuerbaren + erneuerbaren)
  - Einheit: Megajoule pro Jahr [MJ/a]
- Treibhausgaspotenzial (THG):
  - Einheit: Kilogramm Kohlendioxid Äquivalente pro Jahr [kg CO<sub>2</sub>.eq./a]
- Abiotischer Rohstoffverbrauch (ADP):
  - Einheit: kg Antimon Äquivalente pro Jahr [kg Sb.eq./a]
- Wasserverbrauch:
  - Einheit: Liter pro Jahr [l/a]



# Umweltwirkungen von Rechenzentren

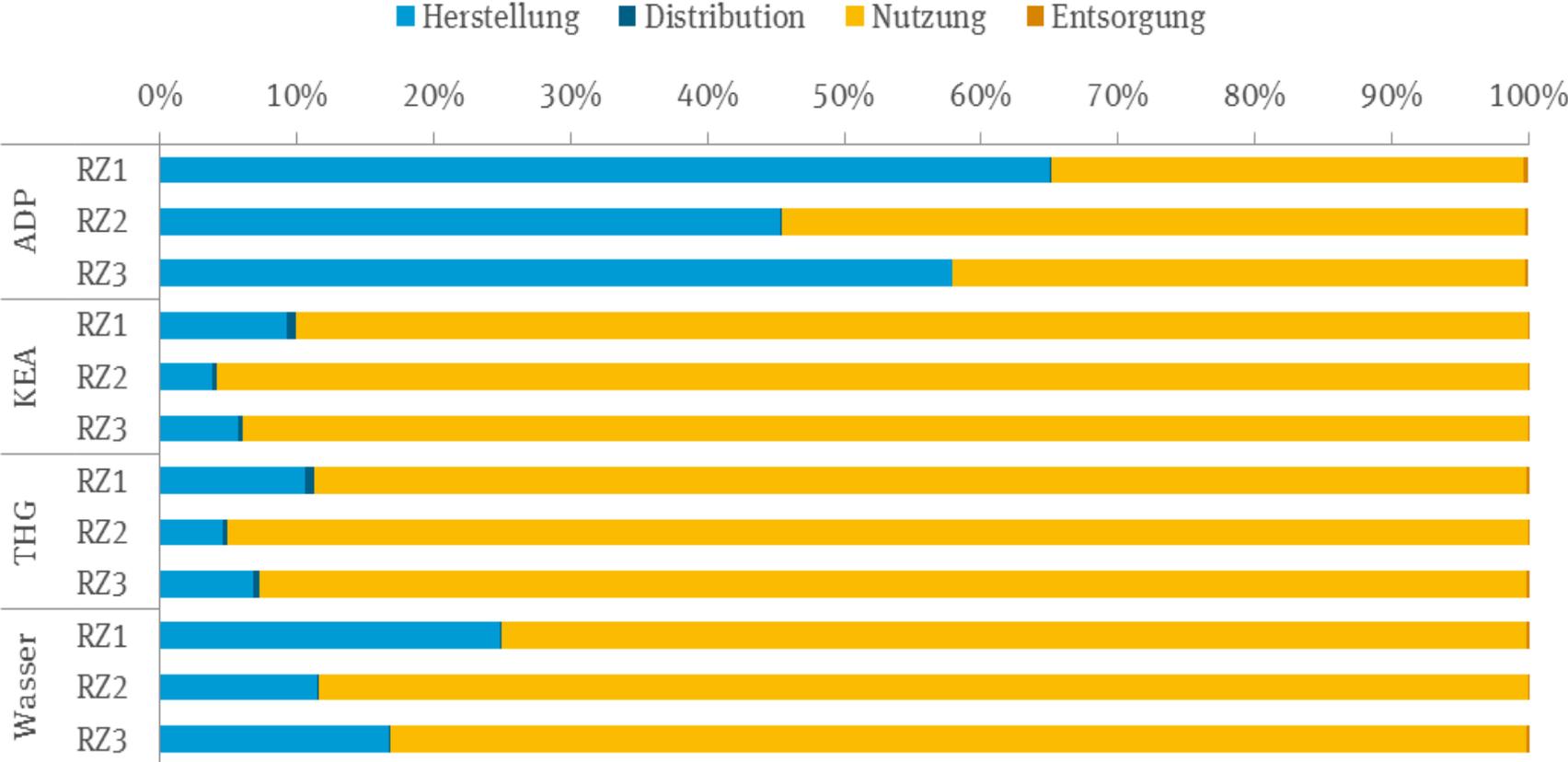
- Exemplarische Ergebnisse des Forschungsprojektes KPI4DCE
  - Bewertung von Rechenzentren mit Methoden der Ökobilanzierung
  - Ableitung von Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren



Quelle: Schödwell, Liu, Gröger, Wilkens et al.: KPI4DCE: Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit, Umweltbundesamt 2018



# Verteilung der Umweltwirkungen von Rechenzentren nach Lebenszyklusphasen



Quelle: Schödwel, Liu, Gröger, Wilkens et al.: KPI4DCE: Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit, Umweltbundesamt 2018



## Zwischenfazit

- Zusätzlich zum Energiebedarf ist insbesondere auch der **Ressourcenbedarf** von Rechenzentren für die Umweltwirkungen relevant
- Verteilung der Umweltwirkungen über die **Lebenszyklusphasen** eines Rechenzentrums:
  - Ressourcenbedarf (ADP) für die **Herstellung** von Hardware (45 – 65%) und zum **Betrieb** des Rechenzentrums (35 – 55%) liegen in etwa gleichauf
  - Energiebedarf (KEA) und Treibhausgasemissionen (GWP) resultieren ganz überwiegend aus dem **Betrieb** von Hardware und Gebäudetechnik
  - Die Umweltwirkungen von **Distribution und Entsorgung** sind (bei den untersuchten Wirkungskategorien) untergeordnet



# Agenda

**1** Umwelteffekte von Rechenzentren

**2** Optimierungsansätze

**3** Anforderungen des Blauen Engels

**4** Handlungsmöglichkeiten für Verlage



# Optimierungsansätze

- **Konsistenz**
  - Einsatz umweltfreundlicher Technologien
    - z.B. zertifizierter Ökostrom, natürliche Kältemittel, Schadstoffreduktion in IKT
  
- **Effizienz**
  - Erbringung der gleichen Dienstleistung oder Abdeckung des gleichen Bedürfnisses durch reduzierten Einsatz von Energie oder Ressourcen
    - z.B. energieeffiziente Server, höhere Wirkungsgrade der Kälteanlagen, geringere Leerlaufverluste Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), höhere Auslastung der Hardware, längere Nutzung der Hardware (Ressourceneinsparung)
  
- **Suffizienz**
  - Bewusste Reduktion von Leistung oder Produktmengen zur Einsparung von Energie und Ressourcen
    - z.B. weniger Kühlung = höhere Raumtemperaturen, Datensparsamkeit, De-Duplizierung, geringere Verfügbarkeit = weniger Redundanzen



# Agenda

**1** Umwelteffekte von Rechenzentren

**2** Optimierungsansätze

**3** Anforderungen des Blauen Engels

**4** Handlungsmöglichkeiten für Verlage



## Blauer Engel „Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb“

- Zeicheninhaber: Bundesumweltministerium (BMUB)
- Kriterienentwicklung: Umweltbundesamt
- Beschlussgremium: Jury Umweltzeichen
- Gültigkeit: 2015 – 2018 (Überarbeitung: 2018)
- Anwendung des Umweltzeichens RAL-UZ 161
  - für die Dienstleistung Rechenzentrumsbetrieb
  - Zeichennutzung ist an ein konkretes Rechenzentrum mit festem Standort gebunden
  - Zeichenvergabe erfolgt prozessorientiert, d.h. die Anforderungen werden regelmäßig überprüft
- Zusatznutzen des Umweltzeichens
  - Definition von Benchmarks, die ein energieeffizientes Rechenzentrum kennzeichnen
  - Energie und Kosteneinsparung für den Anwender



# Mindestanforderungen des Blauen Engels

1. Mindestanforderungen für Rechenzentrums-Hardware



2. Mindestanforderungen für Gebäudetechnik



3. Installation von Messtechnik



4. Energiemanagement und Energieeffizienzbericht



# 1. Mindestanforderungen an Rechenzentrums-Hardware

- **Energieeffizienz der Server**
  - SPECpower ( $\Sigma \text{ssj\_ops} / \Sigma \text{power}$ )  $\geq 5.000$  ssj\_ops/W
- **Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)**
  - Mindestwirkungsgrade (90 .. 93%)  $\hat{=}$  abhängig vom Lastzustand
- **Energieeffiziente Netzteile**
  - EG-Verordnung Nr. 278/2009 oder Energieeffizienzstandard 80 PLUS GOLD
- **Intelligente Power Distribution Units (PDUs)**
  - Verlustleistung  $\leq 0,5$  W pro vorhandenen Stromausgang



## 2. Mindestanforderungen an Gebäudetechnik

- **Kälteanlagen**

- Neuanlagen: Verwendung halogenfreier (natürlicher) Kältemittel
- Bestand: Verwendung chlorfreier Kältemittel

- **Energieeffizienz des Kühlsystems**

- Jahresarbeitszahl (JAZ): Verhältnis von abgeführter Wärmemenge zur dazu eingesetzten elektrischen Arbeit ( $JAZ = Q_{th,RZ,a} / Q_{el,KS,a}$ )
- Neuanlagen:  $JAZ > 7$
- Bestand:  $JAZ > 3,5 \dots 7$  → abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme

- **Energieeffizienz der Gebäudetechnik**

- Energy Usage Effectiveness (EUE): Verhältnis des gesamten Energieverbrauchs des RZ zum Energieverbrauch der IT-Technik ( $EUE = Q_{el,RZ} / Q_{el,IT}$ )
- Neue Rechenzentren:  $EUE \leq 1,4$
- Bestand:  $EUE \leq 1,4 \dots 1,8$  → abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme

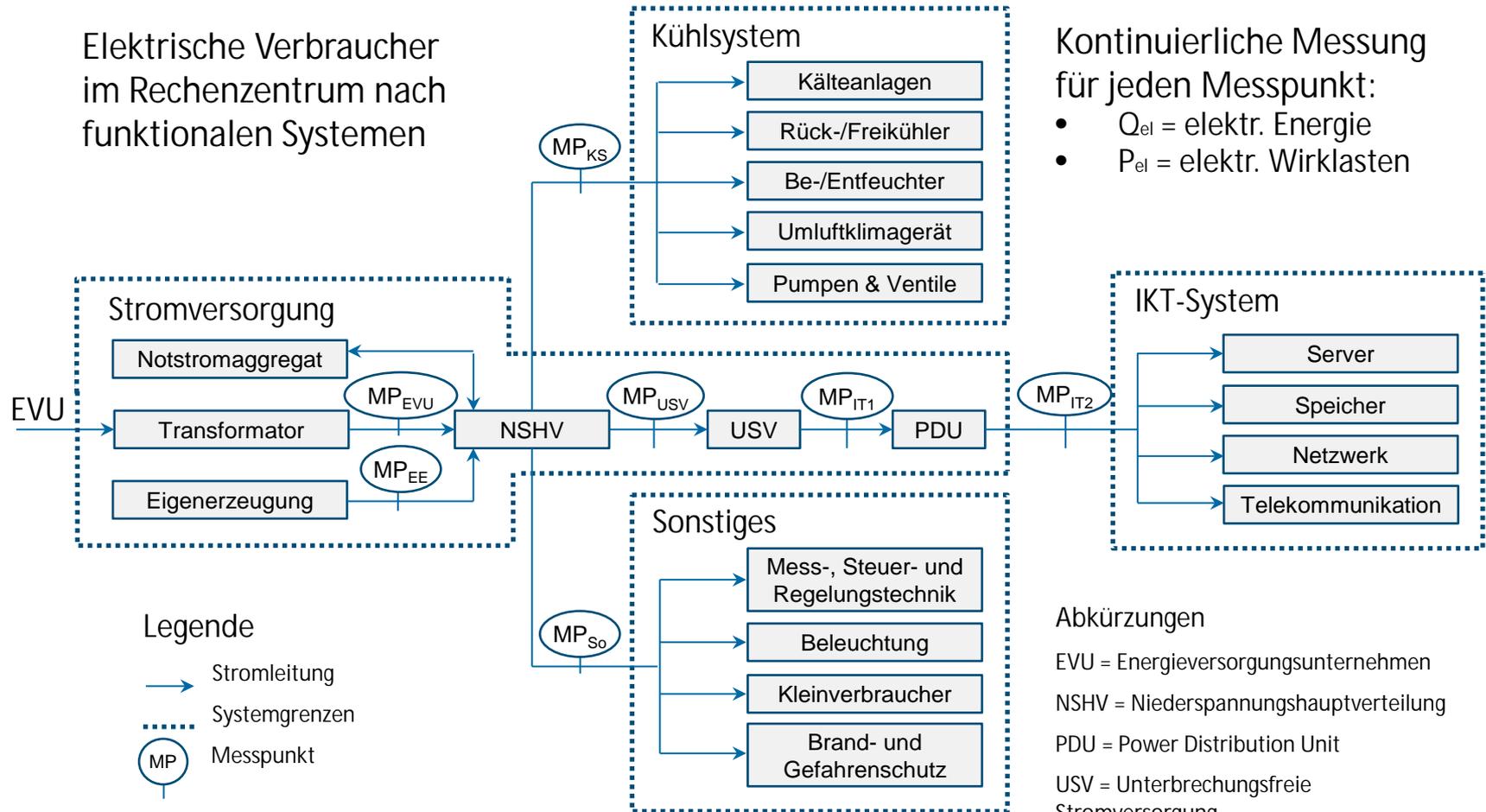
- **Energiebeschaffung**

- Überwiegende Nutzung von erneuerbaren Energien (Ökostrom > 50%)



### 3. Installation von Messtechnik

Elektrische Verbraucher im Rechenzentrum nach funktionalen Systemen



Kontinuierliche Messung für jeden Messpunkt:

- $Q_{el}$  = elektr. Energie
- $P_{el}$  = elektr. Wirklasten

Abkürzungen

- EVU = Energieversorgungsunternehmen
- NSHV = Niederspannungshauptverteilung
- PDU = Power Distribution Unit
- USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung



## 4. Energiemanagement und Energieeffizienzbericht

- Für den RZ-Betrieb muss ein Energiemanagement in Anlehnung an DIN EN ISO 50001 oder EMAS III durchgeführt werden
- Das **Energiemanagementsystem** beinhaltet
  - Schriftlich fixierte Energiestrategie
  - Benennung von Zuständigkeiten
  - Bereichsübergreifende Energiesparmaßnahmen
  - Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
  - Definierte Effizienzsteigerungsziele und deren Überprüfung
- **Energieeffizienzbericht** muss alle 12 Monate vorgelegt werden
  - Dokumentation der Umsetzung der Energiestrategie
  - Energy Usage Effectiveness (EUE)
  - Jahresarbeitszahl Kühlturbine (JAZ)
  - Messwerte Energieverbrauch und elektrische Leistungen
  - Mittlere Auslastung CPUs, RAM, Storage



# Agenda

**1** Umwelteffekte von Rechenzentren

**2** Optimierungsansätze

**3** Anforderungen des Blauen Engels

**4** Handlungsmöglichkeiten für Verlage



# Handlungsmöglichkeiten für Verlage

- Suffizienz: Übertragung, Sammlung und Auswertung von Daten nur dort, wo erkennbarer Zusatznutzen, Offline-Fähigkeit des Angebots
- Effizienz: Verbesserte Software (Komprimierung, Zugriffsintervalle, effiziente Werkzeuge zur Auswertung von Big Data)
- Auswahl von Dienstleistern, die effiziente und ressourcenschonende Rechenzentren betreiben
  - Bezug von Ökostrom
  - Einhaltung von Benchmarks (PUE bzw. EUE für RZ gesamt, Einzelkennzahlen für Server, Netzwerk, Storage und Klimatisierung)
  - Zertifizierung durch unabhängige Umweltzeichen (Blauer Engel)
  - Transparenz, Berichterstattung und kontinuierliche Verbesserung
- è Genau wie im Printbereich (z.B. FSC-Papier, chlorfreie Bleiche, schwermetallfreie Druckfarben) können auch beim elektronischen Publizieren Umweltbelastungen reduziert werden



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Jens Gröger

Öko-Institut e.V. - Büro Berlin

Bereich Produkte & Stoffströme

Tel.: 030 – 40 50 85 – 378

[j.groeger@oeko.de](mailto:j.groeger@oeko.de)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Sozial-ökologische  
Forschung  
BMBF



# Wichtige Performance-Kennzahlen

## Energy Usage Effectiveness (EUE)

- Die Energy Usage Effectiveness (EUE) als Maß für die Energieeffizienz eines Rechenzentrums wird als Verhältnis des innerhalb eines Jahres gemessenen Strombedarfs des gesamten Rechenzentrums ( $Q_{el,EVU,a} + Q_{el,EE,a}$  [ $kWh_{el}/a$ ]) zu dem Strombedarf der Informationstechnik ( $Q_{el,IT,a}$  [ $kWh_{el}/a$ ]) über einen Zeitraum von zwölf Monaten berechnet.

## Jahresarbeitszahl Kühlsystem (JAZ)

- Erläuterung: Die Jahresarbeitszahl des Kühlsystems (JAZ) stellt das Verhältnis der innerhalb eines Jahres (12 Monate) vom Kühlsystem aus dem Rechenzentrum abzuführende Wärmemenge  $Q_{th,RZ,a}$  [ $kWh_{th}/a$ ] zur dazu eingesetzten elektrischen Arbeit des gesamten Kühlsystems  $Q_{el,Kühlsystem,a}$  [ $kWh_{el}/a$ ] dar.



# Installation von Messtechnik: Messpunkte

- **MP<sub>RZ</sub>: Messpunkt Gesamtenergie Rechenzentrum:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit zur Versorgung des gesamten Rechenzentrums
- **MP<sub>EE</sub>: Messpunkt Eigenerzeugung:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit des selbst erzeugten Stroms (sofern vorhanden)
- **MP<sub>KS</sub>: Messpunkt Kühlsystem:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit des Kühlsystems (Kälteanlagen, Rück-/ Freikühler, Be-/ Entfeuchter, Umluftklimageräte, Pumpen und Ventile)
- **MP<sub>USV</sub>: Messpunkt USV:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit am Eingang der unterbrechungsfreien Stromversorgung
- **MP<sub>IT1</sub>: Messpunkt Informationstechnik 1:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit am Ausgang der unterbrechungsfreien Stromversorgung
- **MP<sub>IT2</sub>: Messpunkt Informationstechnik 2:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit zur Versorgung des IKT-Systems
- **MP<sub>SO</sub>: Messpunkt Sonstige Energieverbraucher:** elektrische Leistung und elektrische Arbeit der sonstigen Energieverbraucher (z.B. Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Beleuchtung, Kleinverbraucher, Brand- und Gefahrenschutzeinrichtungen)

