



Kann Software nachhaltig?

Prof. Dr. Stefan Naumann

Jahrestagung Öko-Institut, Berlin

Donnerstag, 24. Oktober 2019

Überblick

- Energie- und Ressourcenverbräuche durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
- Green Software and its Engineering
- Green by IT (Ressourcenvorteile in anderen Branchen)
- Perspektiven und Forschungsansätze

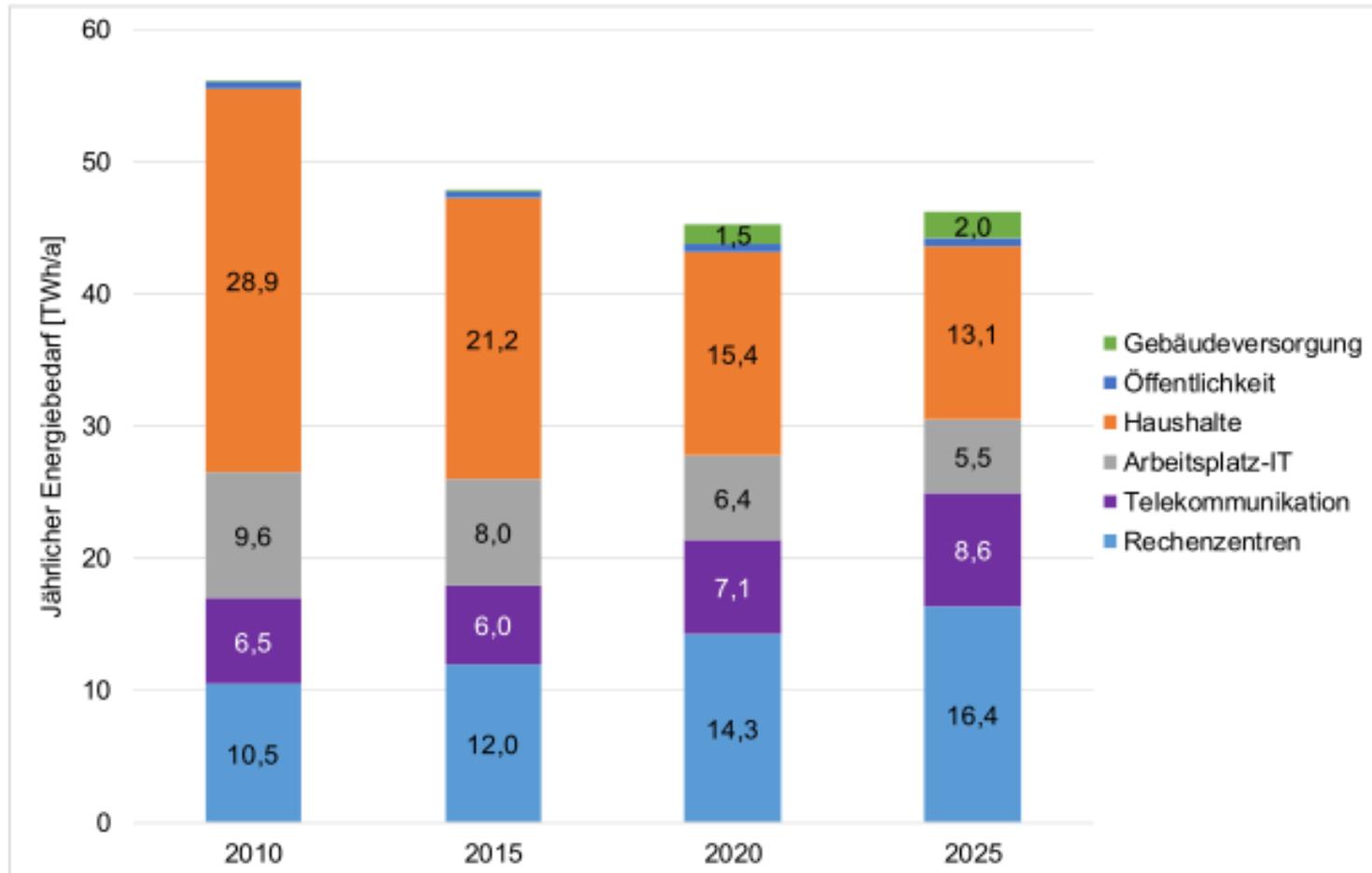


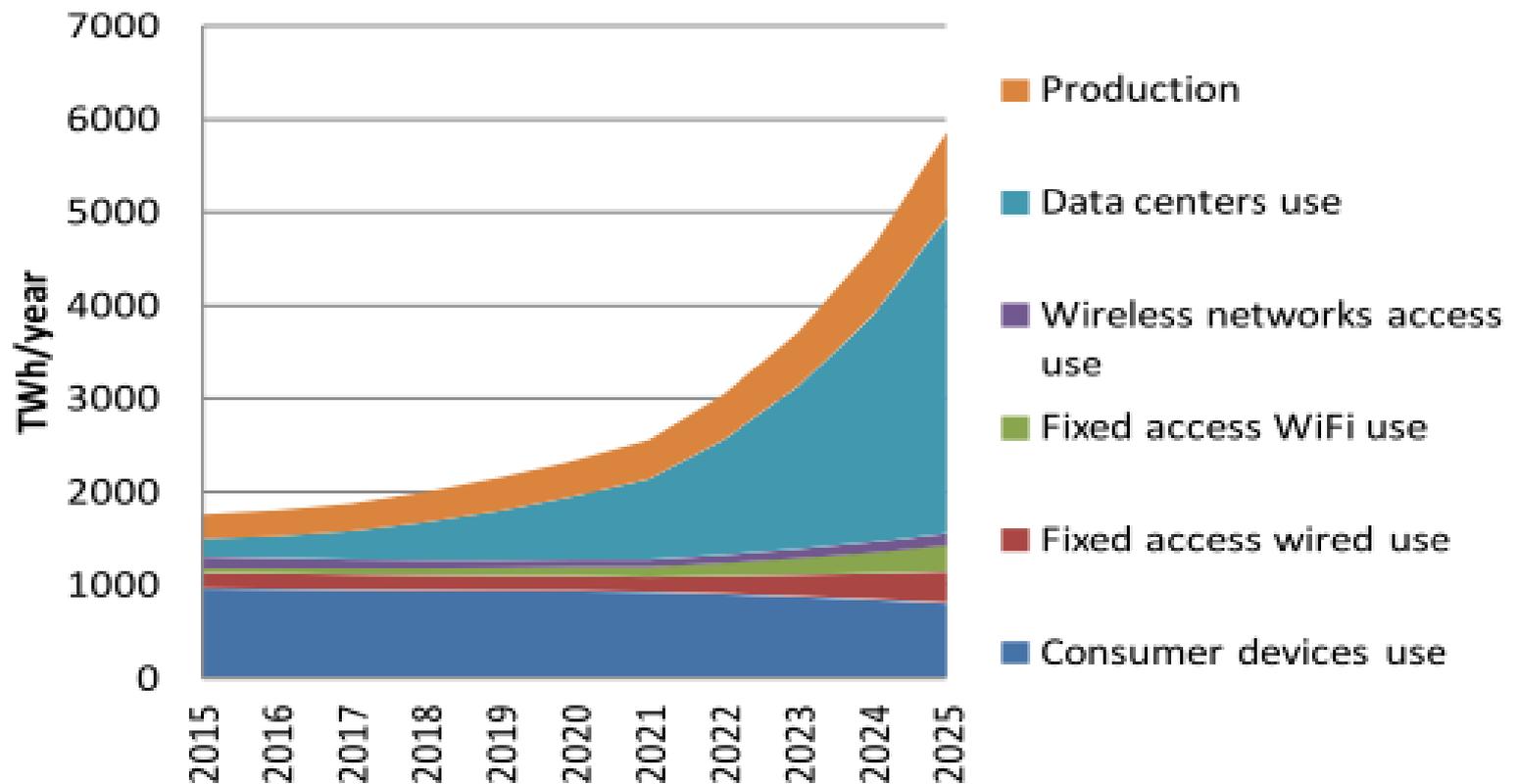
Abbildung 3-3: Elektrischer Jahresenergiebedarf der IKT in Deutschland 2010 – 2025 (Basisprognose)

Datenquelle: Stobbe (2015): Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland



Trend weltweite IKT-Verbräuche (inkl. Prod.)

Expected case scenario



Andrae 2017 Total Consumer Power Consumption Forecast

Weitere exemplarische Verbräuche

- **Google-Abfrage**
4-11 Wh (Schätzungen Dritter)
0,3 Wh (Google-Angabe)
(3 Billionen Suchanfragen im Jahr)
- Spending 10 minutes watching a **high definition video** by streaming on a smartphone is equivalent to using a 2,000W electric oven at full power for 5 minutes (das Smartphone selbst verbraucht etwa nur den 1500 Teil)
(The shift project 2019: Lean ICT: Towards digital sobriety)
- Schätzungen CO₂-Verbrauch durch **Youtube**: wie FfM
(Preist, C., Schien, D., & Shabajee, P. (2019). Evaluating Sustainable Interaction Design of Digital Services: The Case of YouTube.)

Spam Energy Use

	ENERGY USE (MILLION KWH/YEAR)	PERCENTAGE OF ENERGY USE
Harvesting addresses	63	<1%
Creating spam campaigns	0.2	<1%
Zombies sending spam	114	<1%
Non-zombies sending spam	9	<1%
Internet (excluding mail servers) transmitting spam	747	2%
Incoming mail servers processing spam	181	2%
Message storage	148	<1%
Users viewing/deleting spam	17707	52%
Spam filtering	5542	16%
Users searching for false positives	9222	27%
Total emissions from spam	33733	100%

McAfee: The
Carbon Footprint of
Email
Spam Report, 2009

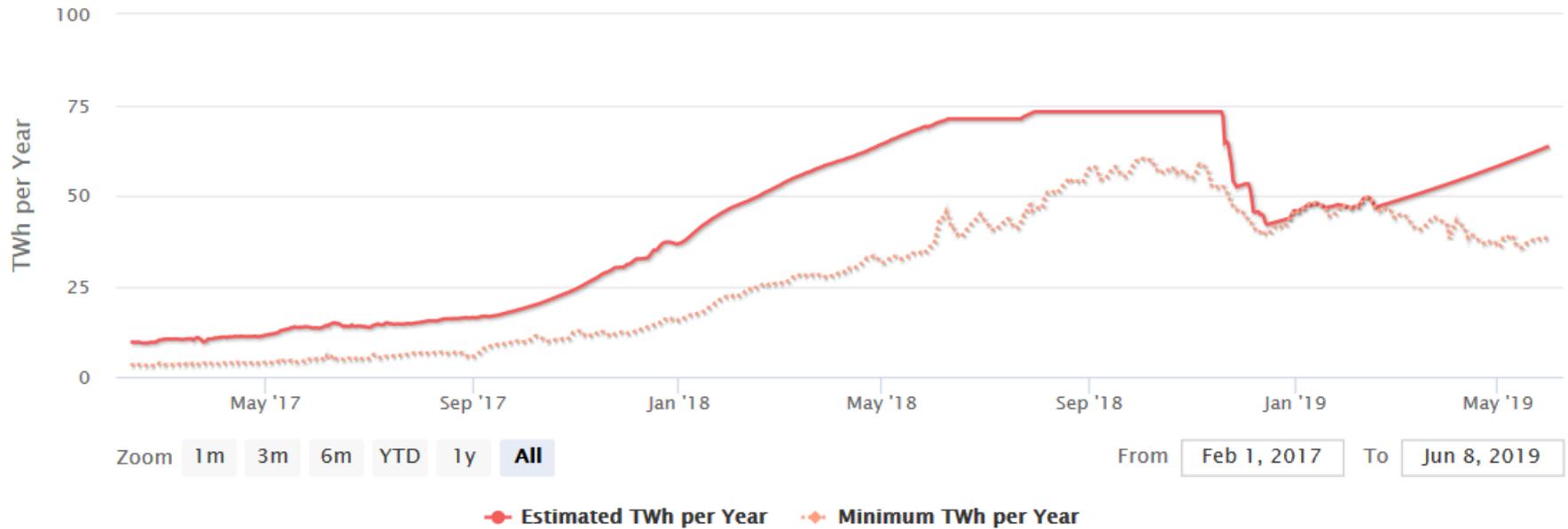


Bitcoin Energy Consumption Index

NEW: Bitcoin Electronic Waste Monitor

Bitcoin Energy Consumption Index Chart

Click and drag in the plot area to zoom in



<https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>



Stromquellen transparent machen



Projekte

Referenzmodell

Kriterienkatalog

Ökoprovider

Veröffentlichungen

Downloads

Kontakt

Search...



Green Power Indicator

Liste Qualitätsklasse A

Liste Qualitätsklasse B

Liste Qualitätsklasse C

Qualitätsklassen

Änderungsanfrage

Providerliste der Qualitätsklasse A

Nähere Informationen zur Stromqualität des Providers erhalten Sie durch Klick auf die jeweilige Ökostrom-Qualität.

Provider Name	Stromanbieter / Energiesorte lt. Provider	Ökostrom-Qualität
Affordable Internet Services Online, Inc.	100 % Solar-Eigenversorgung: http://www.aiso.net/technology	A
Athenaeum Limited	100 % Wind- oder Solarenergie: http://www.ecologicalhosting.com/company/data-centre	A
Atypica	Solar powered: http://www.atypica.com/about-us/	A
Avalon	80 % Naturstrom, 20 % Solareigenproduktion: http://www.avalon-networks.com/oekostromhosting http://www.solarlog-home.de/wilado/	A
Biohost	Naturstrom AG	A
Biomail	Greenpeace Energy	A
Gray Matter Host	100 % Ökostrom durch Solarenergie, keine Zertifikate , https://www.graymatterhost.com/	A
GreenGeeks	100% Wind powered: http://www.greengeeks.ca/going-green/	A
Green Hosting	100% Wind von Makehay , Green-E Logo	A

Source: green-software-engineering.de



Stromquellen transparent machen



- *Green Power Indicator*
(Firefox-Add-on)

Sind Websites
mit Ökostrom
gehostet?

 GPI aktiv
 GPI inaktiv
 Fehler
 HTTPS Abfrage

 Qualitätsklasse A
 Qualitätsklasse B
 Qualitätsklasse C
 Qualität unbekannt

<https://addons.mozilla.org/de/firefox/addon/green-power-indicator-gpi/>

Überblick

- Energie- und Ressourcenverbräuche durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
- **Green Software and its Engineering**
- Green by IT (Ressourcenvorteile in anderen Branchen)
- Perspektiven und Forschungsansätze

Green IT auf Softwareseite

- Letztlich verbraucht zwar Hardware Energie – aber die Software veranlasst sie dazu!
- Greenpeace-Studie: Wäre 2007 überall das Betriebssystem Vista eingesetzt worden, hätten 50% der Rechner ausgetauscht werden müssen.
Ist im Gegensatz dazu die Leistung so viel besser?

http://www.greenpeace.de/themen/chemie/nachrichten/artikel/windows_vista_muell_fuer_die_dritte_welt/, Abruf 08.12.2013

“Software is getting slower more rapidly than hardware becomes faster.”

Niklaus Wirth, “A Plea for Lean Software”, Computer 28, 1995

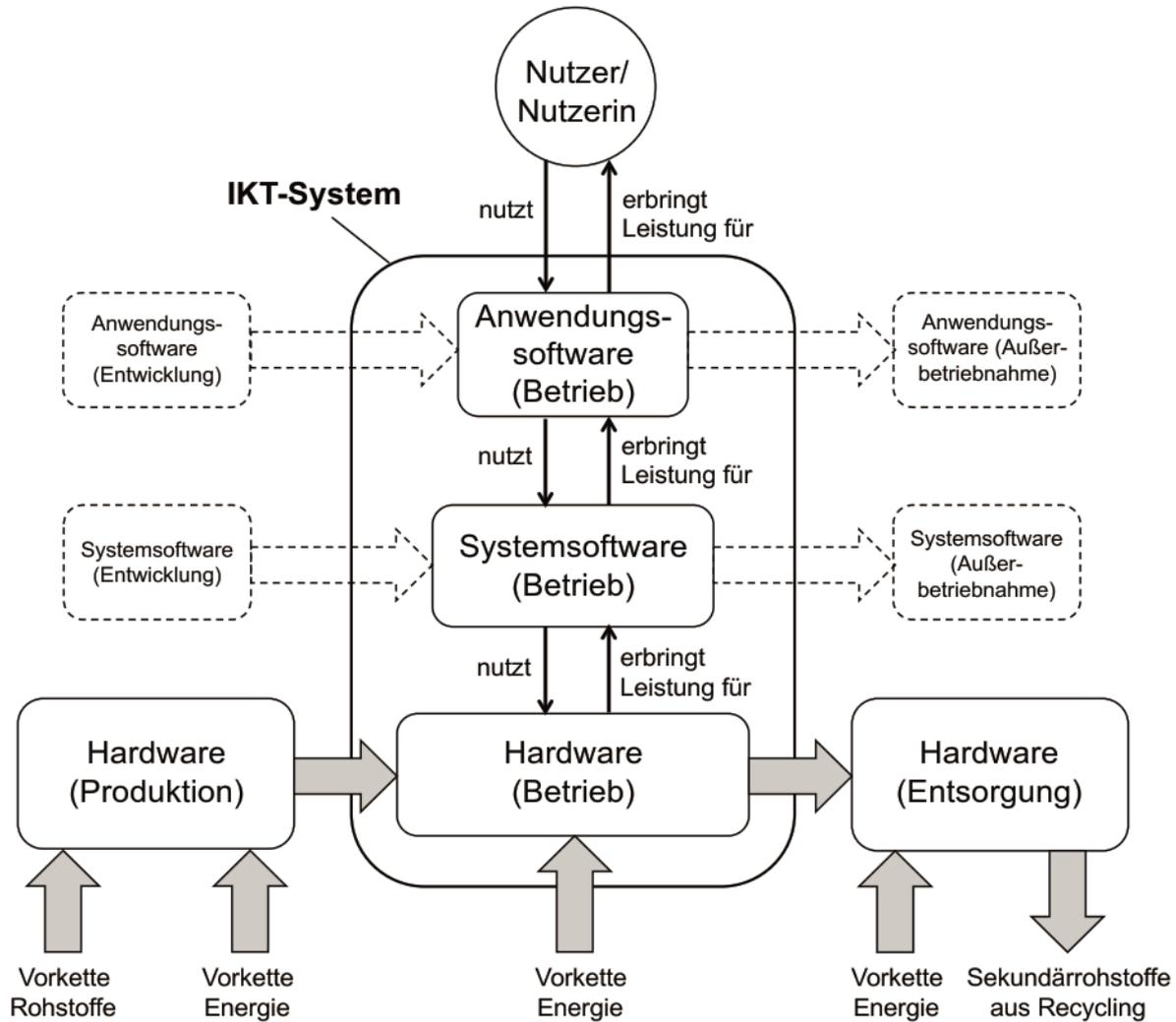
Comparison of **Microsoft Windows** minimum hardware requirements (for x86 versions).

Windows version	Processor	Memory	Hard disk
Windows 95 ^[7]	25 MHz	4 MB	~50 MB
Windows 98 ^[8]	66 MHz	16 MB	~200 MB
Windows 2000 ^[9]	133 MHz	32 MB	650 MB
Windows XP ^[10] (2001)	233 MHz	64 MB	1.5 GB
Windows Vista ^[11] (2007)	800 MHz	512 MB	15 GB
Windows 7 ^[12] (2009)	1 GHz	1 GB	16 GB
Windows 8 ^[13] (2012)	1 GHz	1 GB	16 GB
Windows 10 ^[14] (2015)	1 GHz	1 GB	16 GB

Source:
http://en.wikipedia.org/wiki/Software_bloat



Wirkungen von Software



Quelle: Lorenz Hilty, Universität Zürich, Jahrestagung Wissenschaftsforum GreenIT 2013

Was ist grüne, nachhaltige Software?

Grüne und nachhaltige Software ist Software, deren

- ... direkte und indirekte negative Auswirkungen
- ... auf Menschen, Gesellschaft und Umwelt
- ... über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg minimal sind
- ... und die bestenfalls einen zusätzlichen positiven Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leistet.

*Naumann et al.: The GREENSOFT Model.
Sustainable Computing: Informatics and Systems, Jg. 1, H. 4, 2011, pp. 294-304*

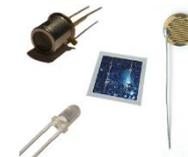
Relevanz nachhaltiger Software

- Energiebewusste Software ist besonders relevant für

- Mobile Systeme (Akkulaufzeit Smartphone etc.)



- Embedded Systems (Sensoren etc.)



- High Performance Computing:
„Predict the climate change, not produce it“



- ... und aus nachhaltiger Perspektive
in allen IKT-Bereichen

Bilder: <https://org.wikipedia.org>, <https://de.wikipedia.org>

Lebenszyklus von Softwareprodukten



Nachhaltigkeitskriterien für Softwareprodukte

Allgemeine
Qualitätskriterien
und -metriken

Unmittelbare
Kriterien und
Metriken

Mittelbare
Kriterien und
Metriken

Vorgehensmodell „Green Software Engineering“

Entwickeln

Administrieren

Anwenden

Beschaffen

Handlungsempfehlungen und Werkzeuge

Für Entwickler

Für
Administratoren

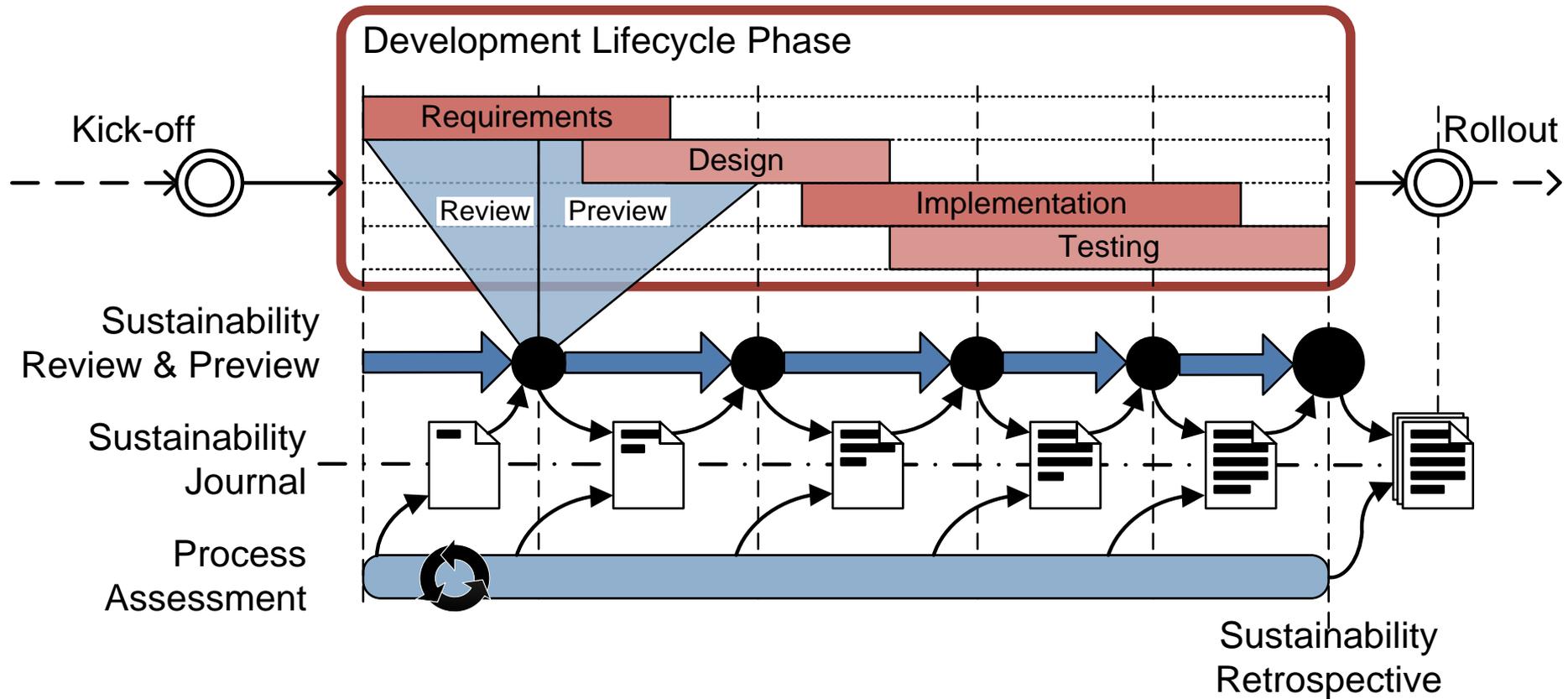
Für
Anwender

Für Beschaffer

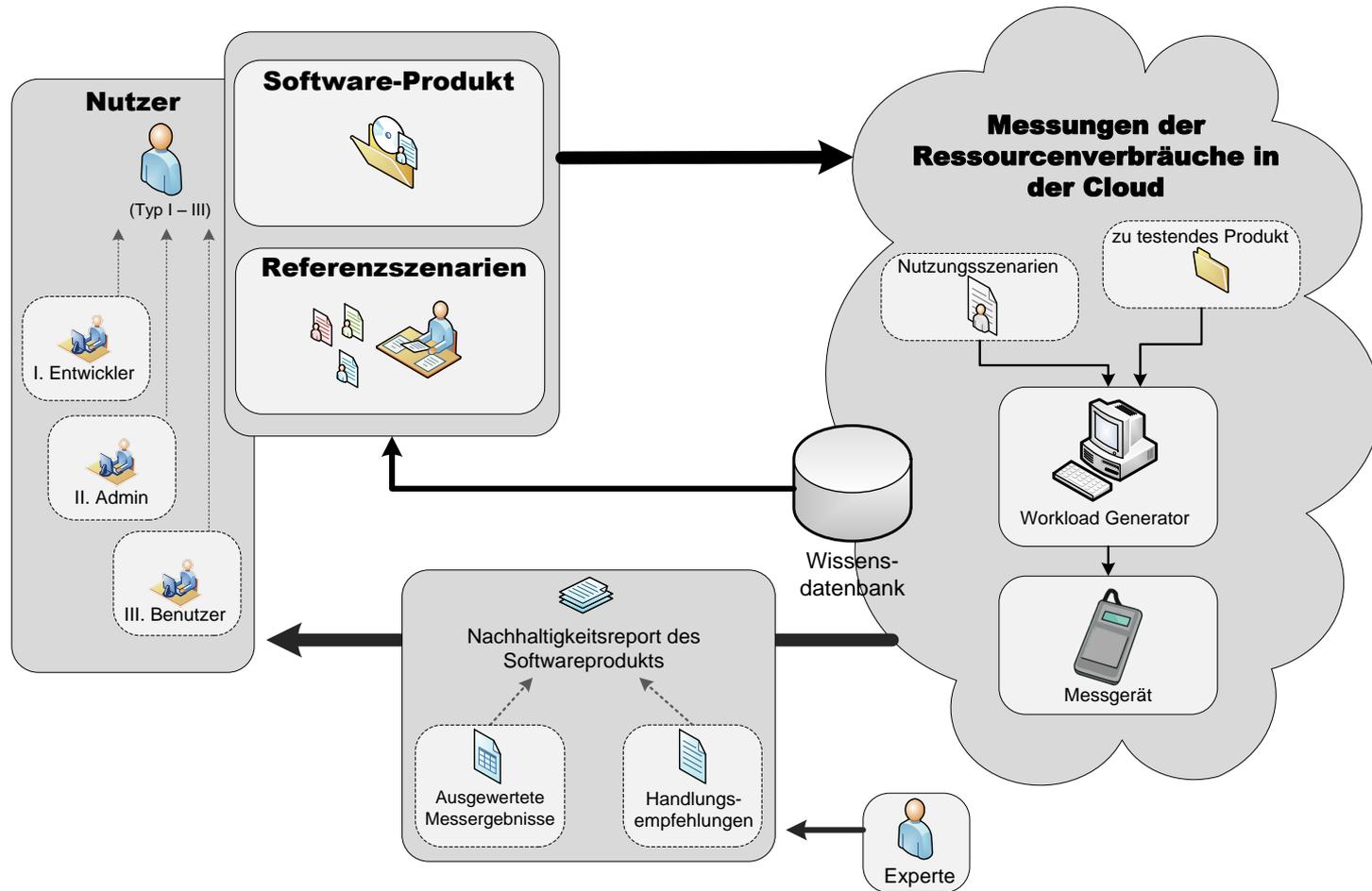
*Naumann et al.: The GREENSOFT Model.
Sustainable Computing: Informatics and
Systems, Jg. 1, H. 4, 2011, pp. 294-304*

	<i>Entwicklung</i>	<i>Nutzung</i>	<i>End of Life</i>
Effekte dritter Ordnung	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Veränderungen in Softwareentwicklungsmethoden - Veränderungen in Organisationen - Wandel der Lebensstile 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Rebound-Effekte - Veränderungen in Geschäftsprozessen 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Nachfrage nach neuer Software
Effekte zweiter Ordnung	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Global verteilte Entwicklung - Telearbeit - Höhere Motivation 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Smart grids - Smart metering - Smart buildings - Smart logistics - Dematerialisierung 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Medienbrüche
Effekte erster Ordnung	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Weg zur Arbeit - Arbeitsbedingungen - Dienstreisen - Energie für IKT - Heizung, Kühlung und Ventilation - Beleuchtung 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Barrierefreiheit - Hardware-Anforderungen - Software-induzierter Ressourcenverbrauch - Software-induzierter Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - Backup-Volumen - Langzeitspeicherung (rechtliche Anforderungen) - Datenkonvertierung (zukünftige Nutzung)
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Entwicklung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Vertrieb/ Verteilung</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Nutzung</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Deaktivierung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Entsorgung/ Recycling</div> </div>

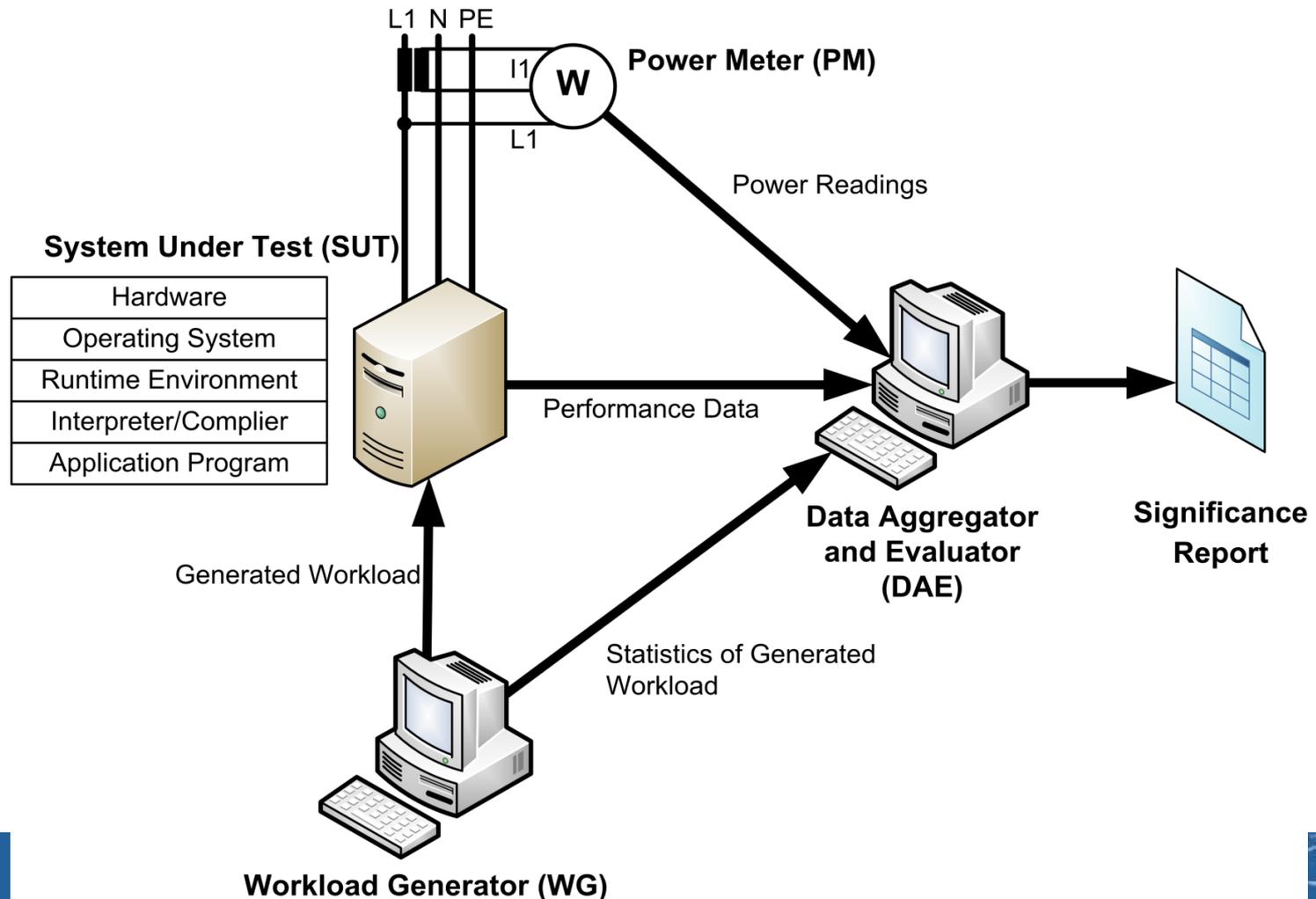
Vorgehensmodell Green Software Engineering



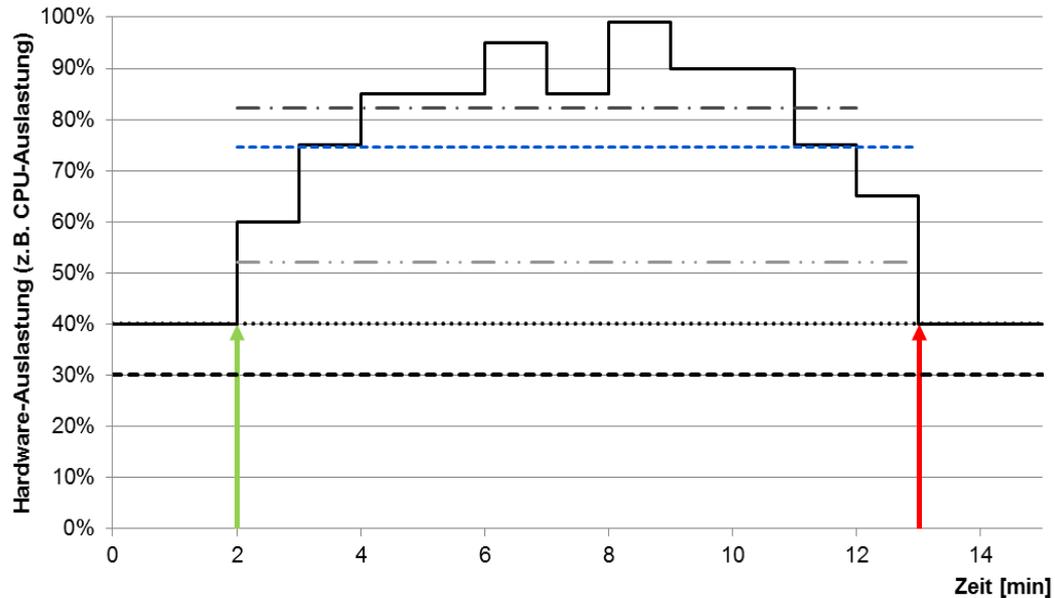
Green Continuous Integration



Ressourcenverbräuche: System under Test

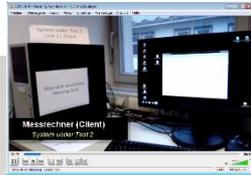
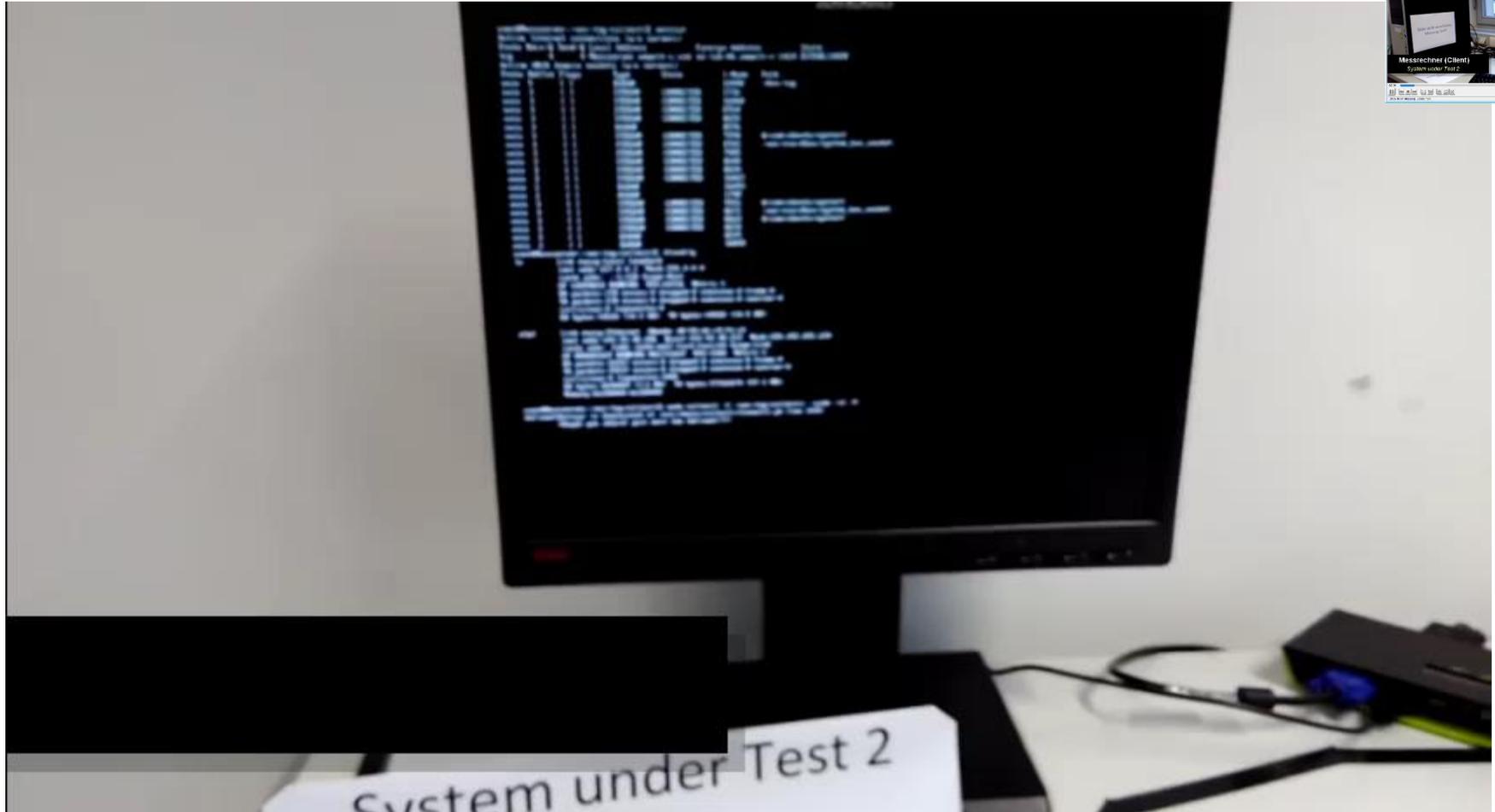


Exemplarischer Software-Messzyklus



- t1: Start der Software-Ausführung des Standardnutzungsszenarios
- t2: Abschluss der Software-Ausführung des Standardnutzungsszenarios
- Grundlastung (GA) des Referenzsystems ohne die zu untersuchende Software
- Hardware-Auslastung im Leerlauf (LA) der untersuchten Software (vgl. Kriterium 1.1.3)
- Gemessene Hardware-Auslastung bei Ausführung des Standardnutzungsszenarios
- · - Brutto-Auslastung (BA) während der Ausführungsdauer (Mittelwert der Messwerte)
- · · Netto-Auslastung (NA) während der Ausführungsdauer ($NA = BA - GA$)
- - - Effektive Auslastung (EA) während der Ausführungsdauer ($EA = NA + af * GA$)

(Quelle: Abschlussbericht zum Projekt „Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik (UFOPLAN-SSD-2015))

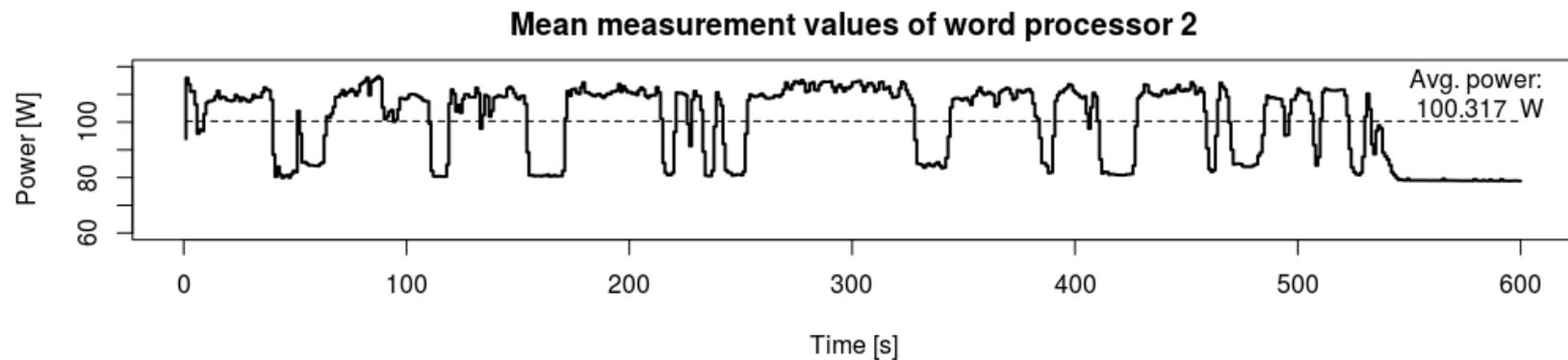
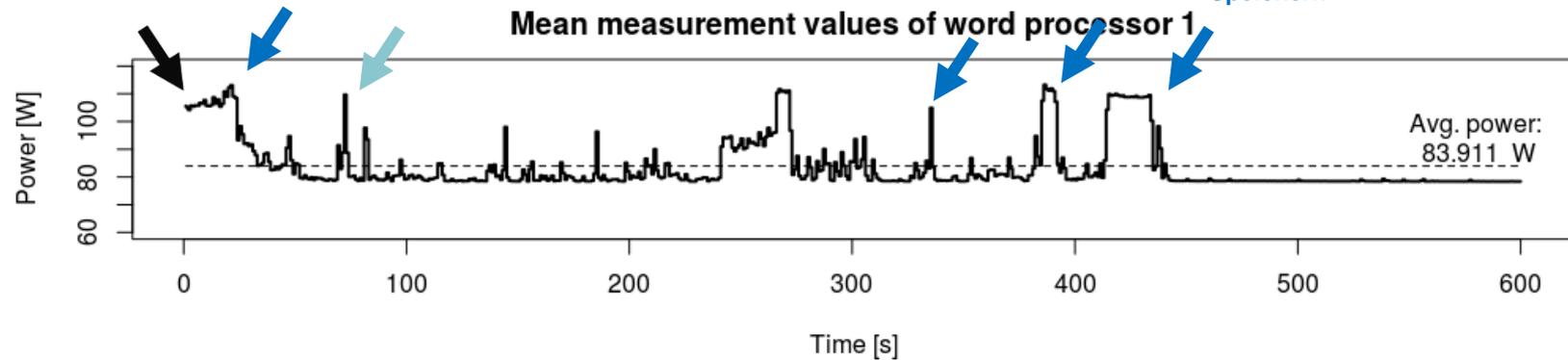


Vergleich zweier Textverarbeitungen

Dokument öffnen
und ändern

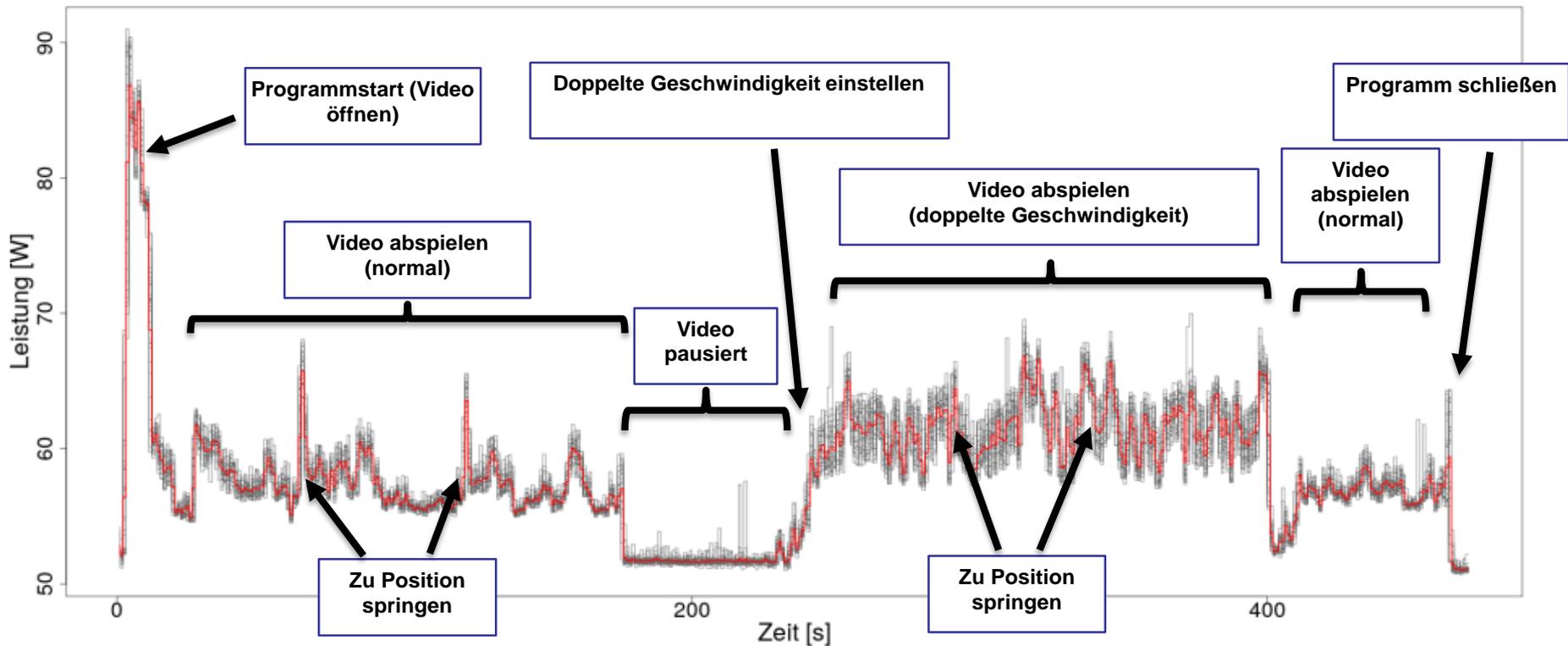
Layout ändern

Speichern

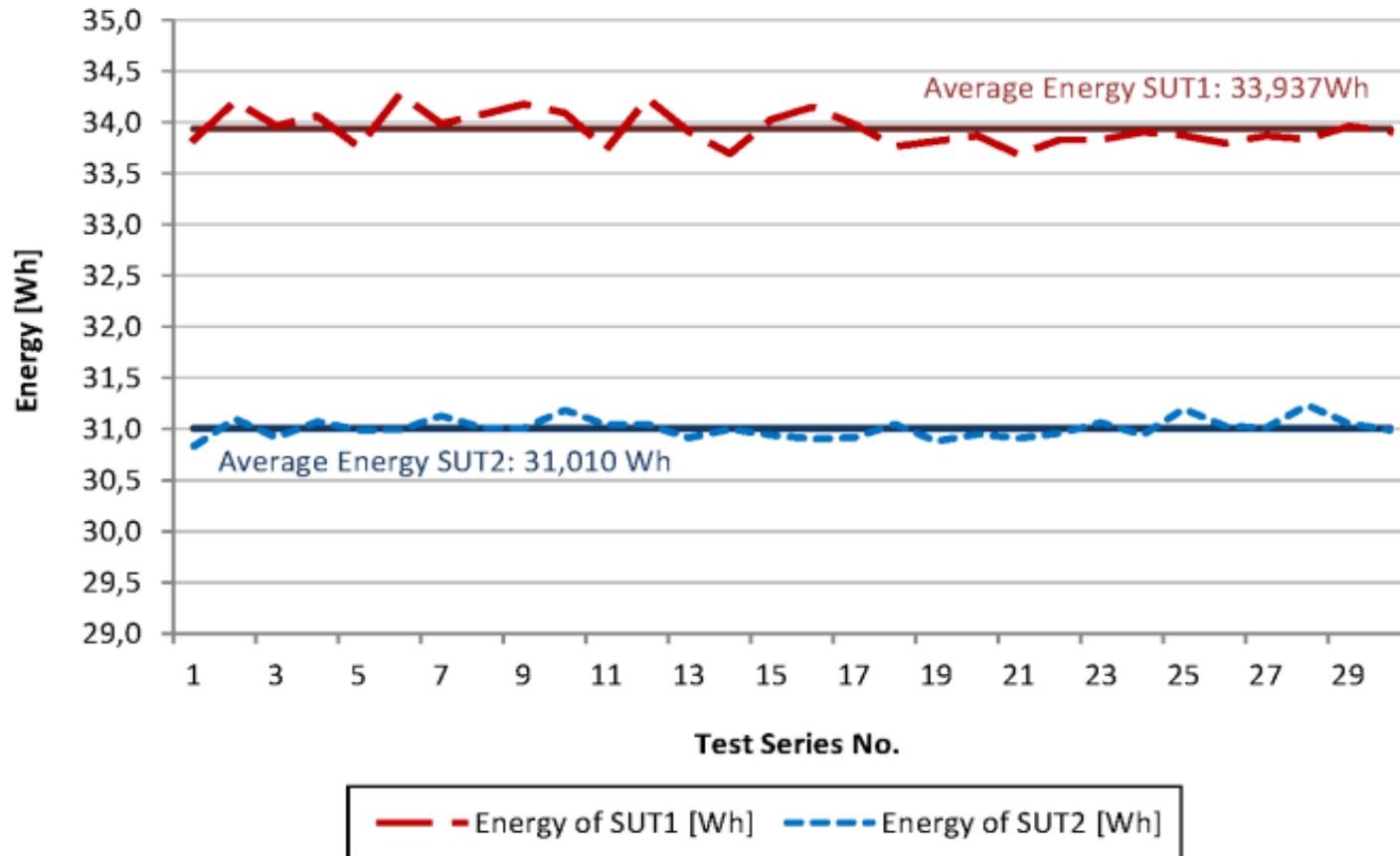


Leistungsaufnahme Mediaplayer

Graph aller Messungen des elektrischen Leistung in "Messrechner (Lian-Li) Windows 10 WMP"



Vergleich von zwei CMS-Konfigurationen



WCMS Joomla! 1.5.23, Apache httpd 2.2.14, PHP 5.3.2, MySQL 5.1, Ubuntu GNU/Linux SMP 10.04 LTS, Kernel 2.6.32-32-generic-pae @ Supermicro P4BP8-G2, 2 x 2,4 GHz Intel Xeon Dual Core, 2 GiB RAM, ca. 60 GB HDD

In Planung: Blauer Engel für Software

1. Ressourceneffizienz

1. Systemvoraussetzungen
2. Hardware-Inanspruchnahme
3. Energieeffizienz

2. Erhöhung der Hardware-Nutzungsdauer

1. Abwärtskompatibilität
2. Plattformunabhängigkeit und Portabilität
3. Hardwaresuffizienz

3. Nutzungsautonomie

1. Transparenz Datenformate und Datenportabilität
2. Transparenz und Interoperabilität der Programme
3. Kontinuität des Softwareproduktes
4. Deinstallierbarkeit
5. Offline-Fähigkeit
6. Qualität der Produktdokumentation



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

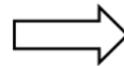
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hardware-Nutzungsdauer: Abwärtskompatibilität



Mindestanforderungen:

- Windows 7
- Microsoft Direct X 11.0

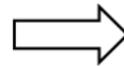


Lauffähigkeit:

Referenzsystem **2010**



Intel HD Graphics 2500



Lauffähigkeit:

Referenzsystem **2013**



Angabe zum Nachweis:
2013

Überblick

- Energie- und Ressourcenverbräuche durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
- Green Software and its Engineering
- Green by IT (Ressourcenvorteile in anderen Branchen)
- Perspektiven und Forschungsansätze

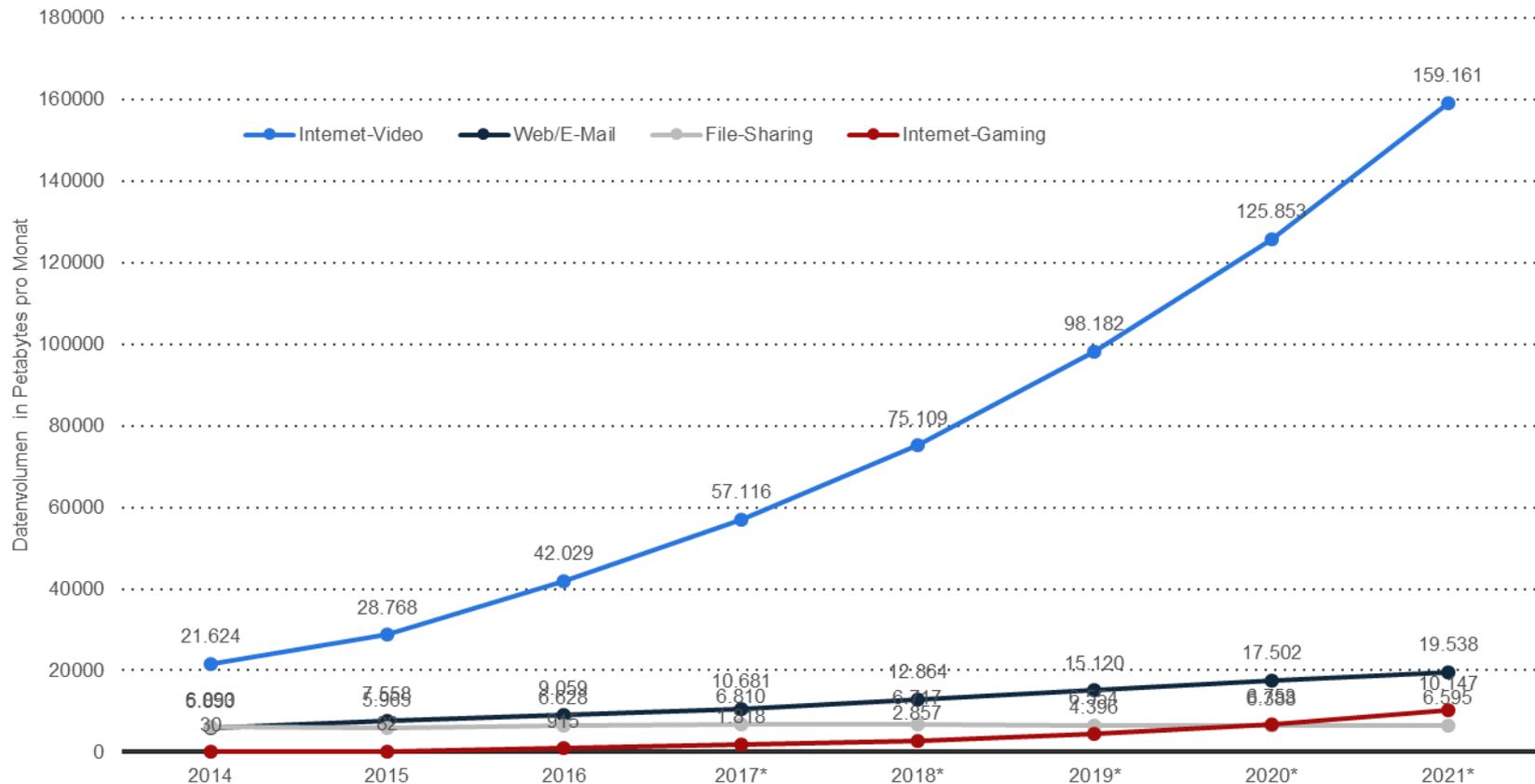
Green **BY** IT

- Effekte auf andere Produkte und Dienstleistungen
 - Dematerialisierung („Bits statt Atome“)
Videokonferenzen, Telearbeit, E-Books, E-Paper, E-Invoice ...
 - Smart Logistics & Smart Automotive
Verkehrsflusssteuerung, Fahrzeugnavigation, Fahrverhalten ...
 - Smart Grid & Smart Metering
Virtuelle Kraftwerke, Intelligente Stromnetze/Stromzähler ...
 - Smart Buildings
Gebäude-Klimamanagement, Lichtsteuerung, Automation ...
 - Sharing Economy - Nutzen statt besitzen: share, reuse, reduce

Überblick

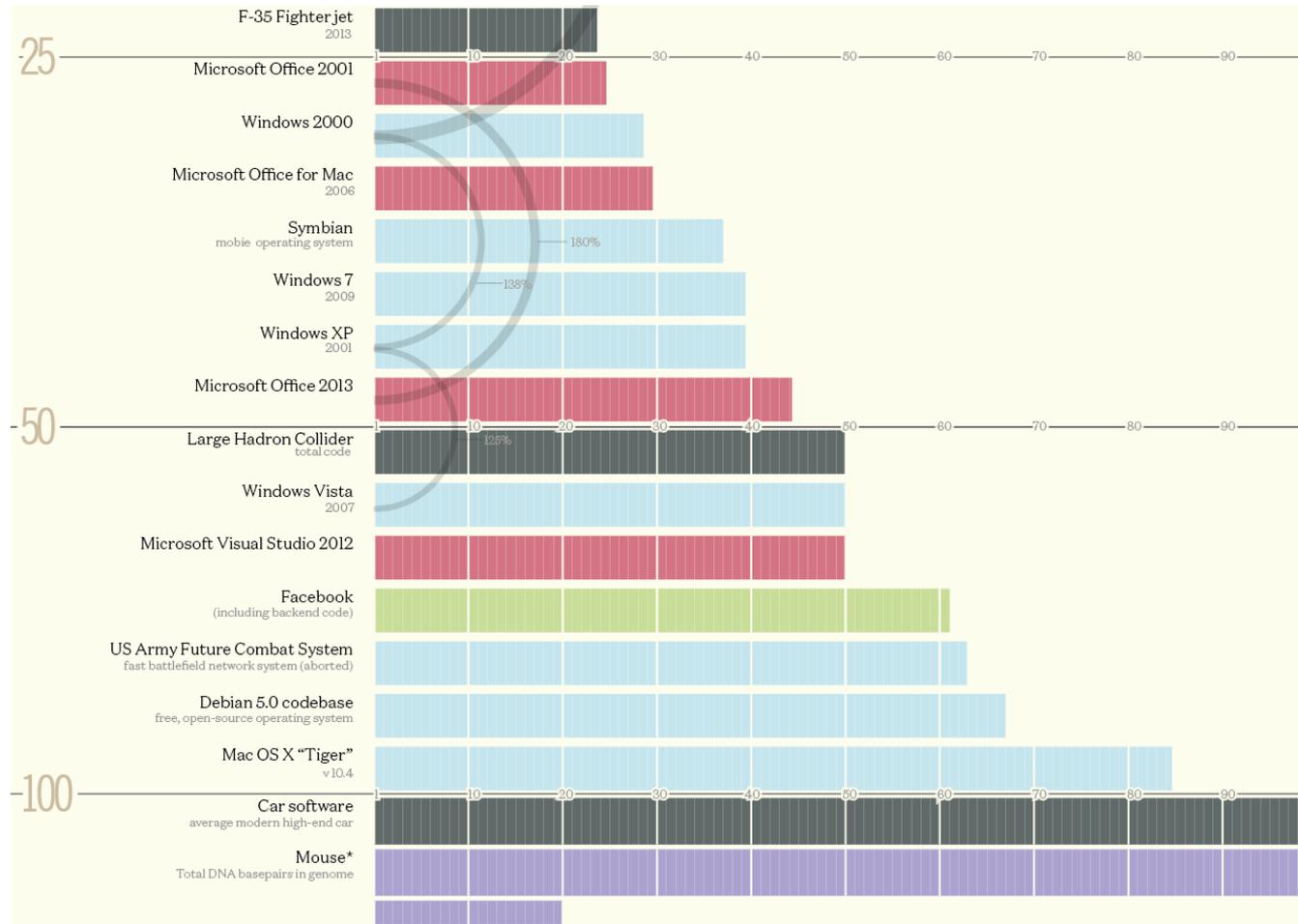
- Energie- und Ressourcenverbräuche durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
- Green Software and its Engineering
- Green by IT (Ressourcenvorteile in anderen Branchen)
- Perspektiven und Forschungsansätze

Prognose des Datenaufkommens im Internet



Cisco Systems. (n.d.). Monatliches Datenvolumen des privaten Internet-Traffics nach Segmenten in den Jahren 2014 bis 2016 sowie eine Prognose bis 2021 (in Petabytes). In *Statista - Das Statistik-Portal*. Zugriff am 3. Mai 2018, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152551/umfrage/prognose-zum-internet-traffic-nach-segment/>

Nicht nur Daten nehmen zu, auch der Code



Quelle:
<http://www.informationisbeautiful.net/visualizations/million-lines-of-code/>

Fazit: Software kann nachhaltig ...

- Anbieter, Entwickler, Hersteller, Nutzer sensibilisieren
 - Kauf, Nutzung, Entsorgung
 - Energy-aware Programming
 - (Unnötige) Verbräuche reduzieren (Spam, Werbung, mobil & hochauflösend ...)
 - Green IT als Standardanforderung: Entwicklung, Beschaffung, Nutzung, mehr Methoden, mehr Werkzeuge
- Nutzungszeit von Software und Hardware verlängern: Effizienz und Suffizienz
- Green by IT systematisch und proaktiv zur Ressourcenreduktion nutzen

Software kann nachhaltig ...

- ... es bleiben zahlreiche Forschungsfragen
 - „Grüne“ Software-Entwicklungsmodelle entwickeln, validieren, etablieren
 - Komplexer Messgegenstand Software-Verbräuche
 - Codemengen, Datenmengen und Datenwege
 - Zusammenspiel Hardware und Software
 - ?? Rebound-Effekte und Suffizienz
 - ?? Internet of Things, Künstliche Intelligenz, Quanteninformatik

- Bilanzielles Ergebnis forschungsseitig offen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



s.naumann@umwelt-campus.de

greensoft@umwelt-campus.de

<http://www.green-software-engineering.de/>

