



Fachgespräch Nachhaltige Software

Green Software Engineering - Modelle und Perspektiven

Prof. Dr. Stefan Naumann
28. November 2014, Berlin



Agenda

- **Was ist Green Software Engineering?**
- Messung des Energieverbrauchs von Software
- Ausblicke und Forschungsansätze





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

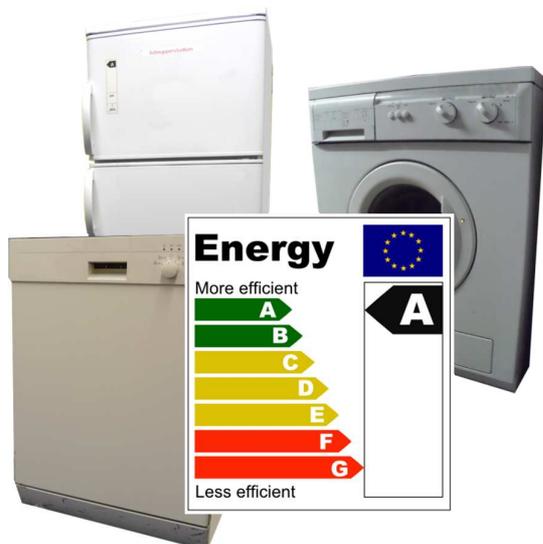
Niklaus Wirth, “A Plea for Lean Software”, Computer 28, 1995

Windows version	Processor	Memory	Hard disk
Windows 95 ^[4]	25 MHz	4 MB	~50 MB
Windows 98 ^[5]	66 MHz	16 MB	~200 MB
Windows 2000 ^[6]	133 MHz	32 MB	650 MB
Windows XP ^[7] (2001)	233 MHz	64 MB	1.5 GB
Windows Vista ^[8] (2007)	800 MHz	512 MB	15 GB
Windows 7 ^[9] (2009)	1 GHz	1 GB	16 GB
Windows 8 ^[10] (2012)	1 GHz	1 GB	16 GB

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



Es gibt (noch) kein Label für Software



Wij werken klimaatneutraal  Provider



ecological hosting.com
HOSTED BY 100% WIND ENERGY
THIS SITE IS POWERED BY GREEN HOSTING
Green IT™
Natürlich grün
Homepage mit 100% Ökostrom
co2 neutrale website protagonist
CO2 neutrale Website powered by Host Europe
Green Hosting Powered by Rochen
This site is hosted + Green www.greengeeks.com
CO-FREIE WEBSITE! STRATO
Website 100% CO2-neutral powered by Host Europe
goGreen 100% ÖKOSTROM



THIS SITE IS ECO-FRIENDLY
GREEN POWER umweltfreundliches webhosting
100% Carbon Neutral Go Green With Us! Eco-Friendly Cloud Hosting
WEBSITE is powered by 100% green energy
HOSTED BY 100% GREEN ENERGY!
THIS SITE IS ECO-FRIENDLY
CO2 freie Webseite: Klick für mehr Infos
GREEN SERVERS
ENERGY EFFICIENT
THE GREEN FAN



naturemade star!!
Wir setzen auf Grünen Strom
Wir beziehen 100% Ökostrom

Stromanbieter



PROUD TO REDUCE OUR CARBON FOOTPRINT
b-e-f.org
POWERED BY 100% WIND ENERGY
PARTNER Supplied by Community Energy
Carbonfree
Carbonfund.org



100% ÖKOSTROM
We support Wind Power by Pentafold
SOLAR POWER ARE YOU? Solar powered website
HOSTED BY 100% WIND ENERGY

Offsetting



Climate Neutral Group 

„Öko-Test“ – warum nicht auch für Software?



Statt Chicken-Nuggets mal den Energieverbrauch von Textverarbeitungen testen?

Quelle: oekotest.de, Bildmontage: Stefan Naumann



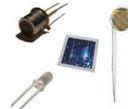
Relevanz nachhaltiger Software

- 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>



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





Was ist nachhaltige Softwareentwicklung?

Grüne und nachhaltige Softwareentwicklung bedeutet,

- ... grüne und nachhaltige Software
- ... mit einem grünen und nachhaltigen Softwareentwicklungsprozess zu entwickeln und
- ... dabei die positiven und negativen Wirkungen des Softwareprodukts auf die Nachhaltige Entwicklung
- ... kontinuierlich zu bewerten, zu dokumentieren und für die weitere Optimierung des Softwareprodukts heranzuziehen.

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



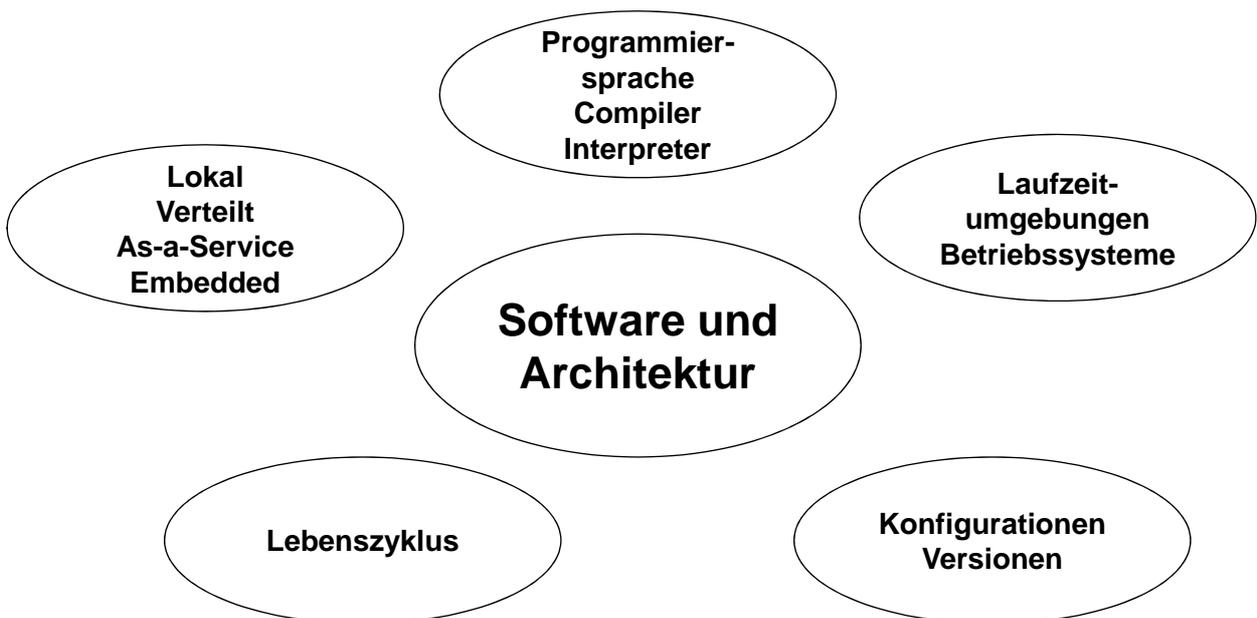
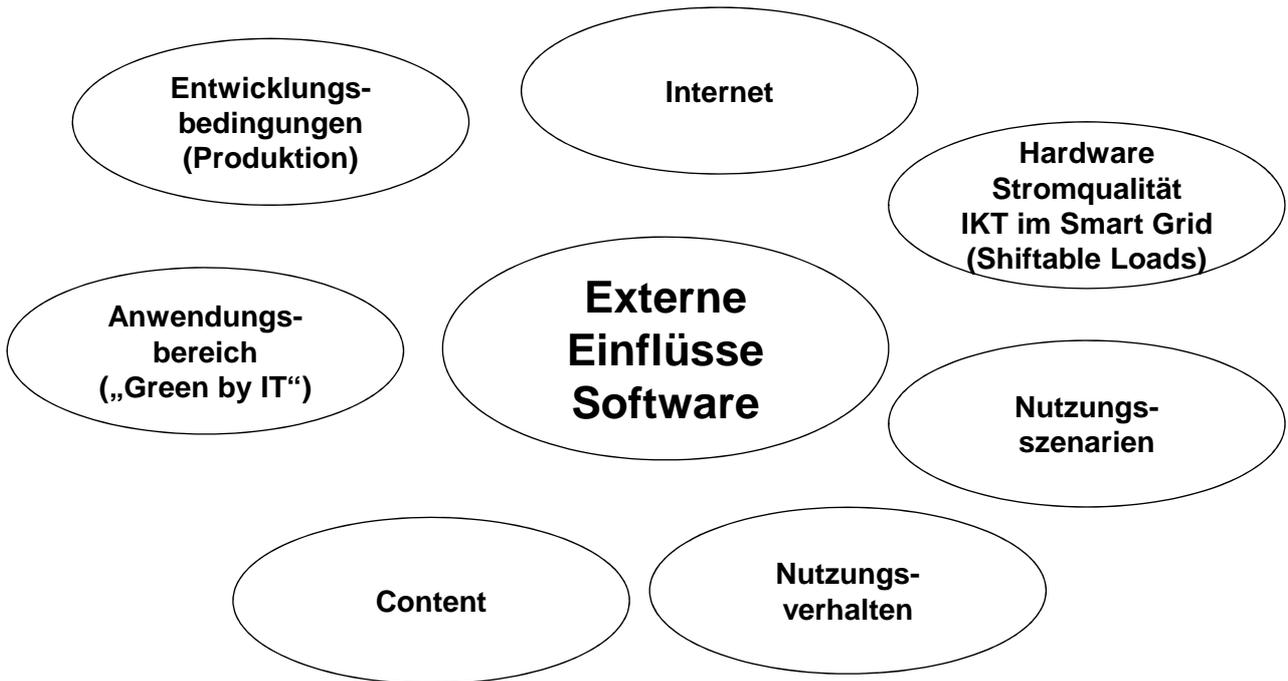


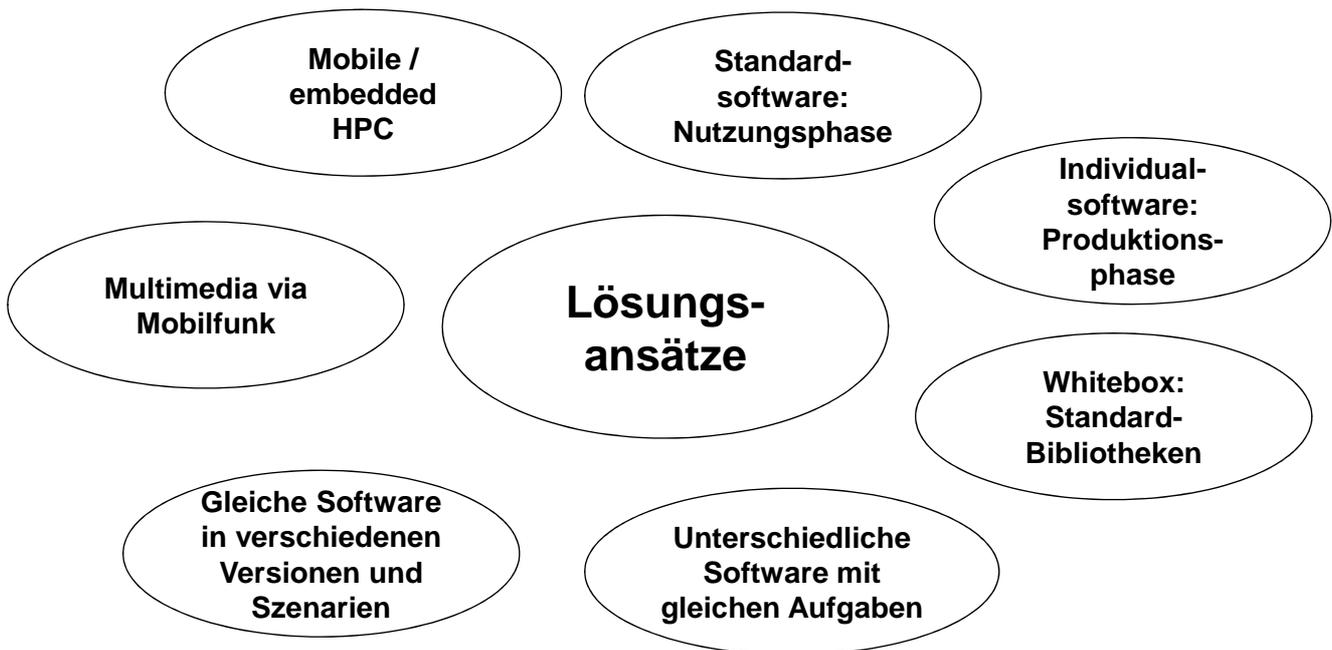
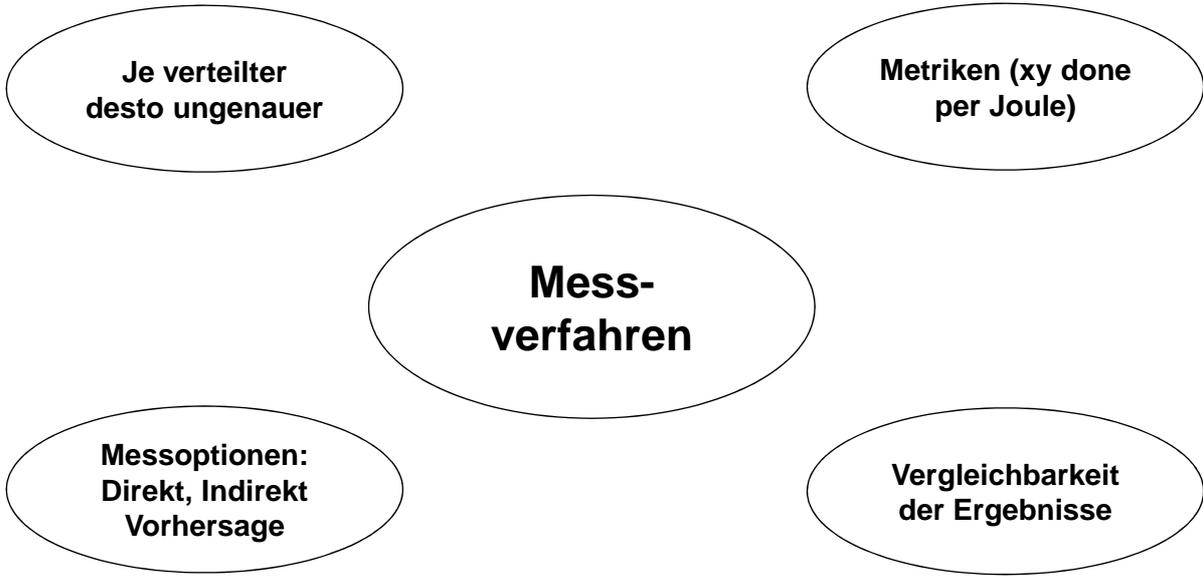
	Entwicklung	Nutzung	End of Life
Effekte dritter Ordnung	- ... - Veränderungen in Softwareentwicklungsmethoden - Veränderungen in Organisationen - Wandel der Lebensstile	- ... - Rebound-Effekte - Veränderungen in Geschäftsprozessen	- ... - Nachfrage nach neuer Software
Effekte zweiter Ordnung	- ... - Global verteilte Entwicklung - Telearbeit - Höhere Motivation	- ... - Smart grids - Smart metering - Smart buildings - Smart logistics - Dematerialisierung	- ... - Medienbrüche
Effekte erster Ordnung	- ... - Weg zur Arbeit - Arbeitsbedingungen - Dienstreisen - Energie für IKT - Heizung, Kühlung und Ventilation - Beleuchtung	- ... - Barrierefreiheit - Hardware-Anforderungen - Software-induzierter Ressourcenverbrauch - Software-induzierter Energieverbrauch	- ... - Backup-Volumen - Langzeitspeicherung (rechtliche Anforderungen) - Datenkonvertierung (zukünftige Nutzung) - ... - Handbücher - Datenträger - Verpackung
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);">Entwicklung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);">Vertrieb/ Verteilung</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);">Nutzung</div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);">Deaktivierung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg);">Entsorgung/ Recycling</div> </div>

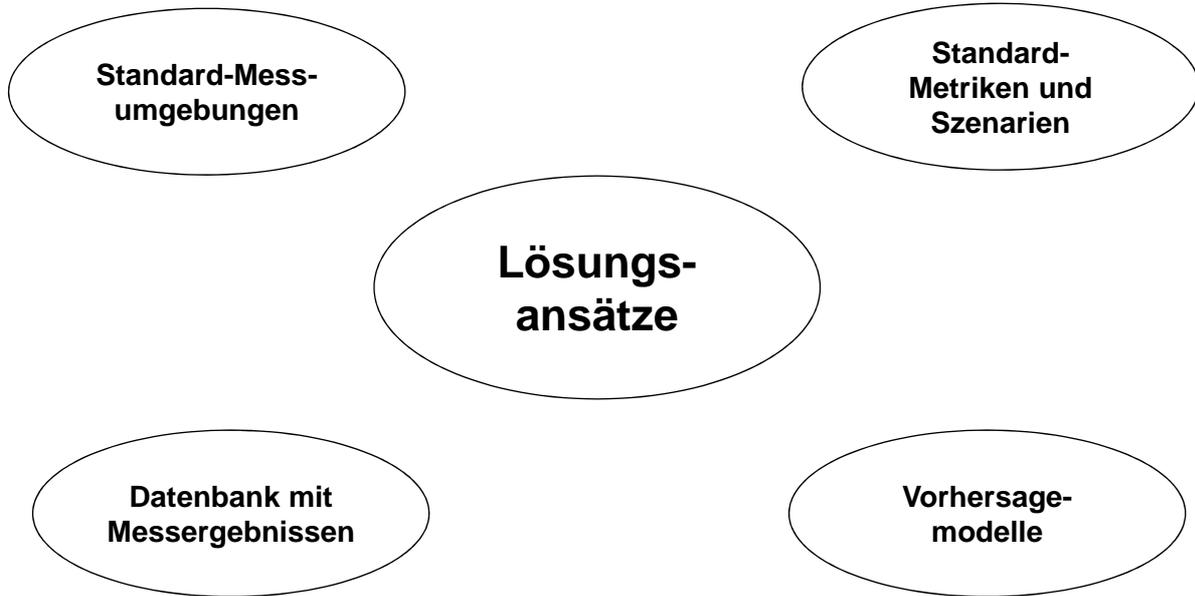


Agenda

- Was ist Green Software Engineering?
- **Messung des Energieverbrauchs von Software**
- Ausblicke und Forschungsansätze

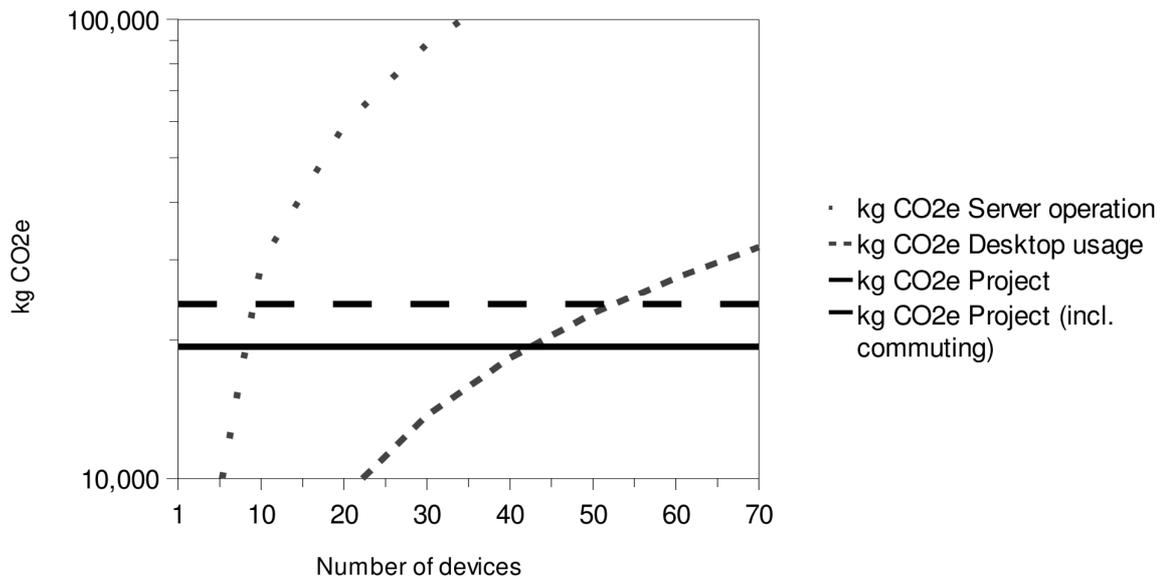






Beispielmessungen

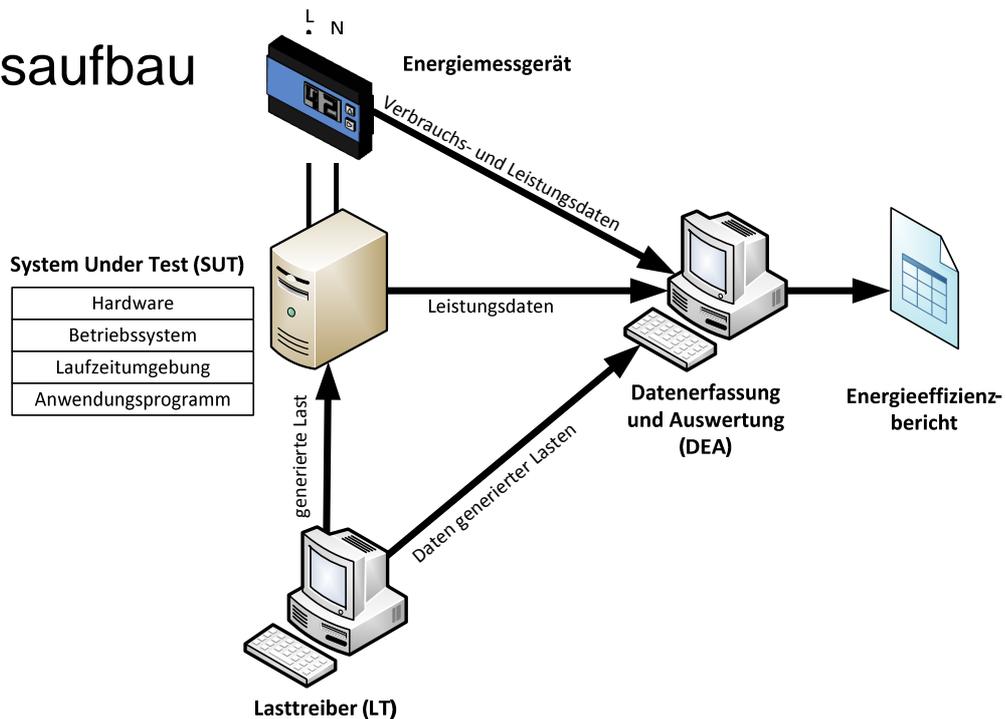




Kern, Eva; Dick, Markus; Naumann, Stefan; Hiller, Tim: Impacts of software and its engineering on the carbon footprint of ICT. In: Environmental Impact Assessment Review, Abstract and excerpt available online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2014.07.003>, available since: 19 August 2014, in Press, ISSN 0195-9255



Messaufbau





Measurement Overview Measurement Details System Under Test Details

System Under Test Details

GreenSoft
Green Software Engineering

Application: Firefox 3.6.22

Compiler / Interpreter: -/-

Runtime Environment: 32 Bit Subsystem

Operating System: Windows 7, 64 Bit, Build 7601

Hardware:

- Intel Core i3 CPU 540 @3.07GHz (4 Cores)
- Asrock H55M-LE Rev. 1.03
- 4 GB RAM, 3.68GB usable
- Intel H55 Express Chipset
- Intel HD Graphics
- Realtek RTL 8111DL Gigabit Ethernet NIC PCI-E
- HDD Seagate 465 GB
- Cooler Master 600W Silent Pro Gold power supply

Import: Power Readings Performance Readings Task Log

Test Series

Label	Begin	End
01	16.09.2011 12:00:03	16.09.2011 12:08:55
02	16.09.2011 12:10:11	16.09.2011 12:19:02
03	16.09.2011 12:20:11	16.09.2011 12:29:03
04	16.09.2011 12:30:11	16.09.2011 12:39:02
05	16.09.2011 12:50:11	16.09.2011 12:59:03
06	16.09.2011 13:00:11	16.09.2011 13:09:02
07	16.09.2011 13:40:11	16.09.2011 13:49:01
08	16.09.2011 13:50:11	16.09.2011 13:59:01

Close Delete

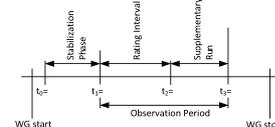
Delete All Power Readings Delete All Performance Readings Delete All Task Log Items



Significance Report



Simultaneous Users: 1
Measurement Phases:



Joomla 1.5.23 No Cache vs. Cache

Compares different configurations of the Web CMS Joomla. One configuration does not use the hard disk cache to store HTML fragments of web sites for retransmission in subsequent requests, whereas the other uses such a hard disk cache.

Systems Under Test

- Application: joomla 1.5.23 (without hard disk cache for HTML fragments) Hardware: CPU: 2 Intel Xeon Dualcore CPU 2.40 GHz RAM: 2GB Board: Supermicro P4BP8-G2/P4DPE-G2 BIOS: Rev 1.2b CD-ROM: ATAPI CD-ROM: Pioneer DVD-ROM ATAPI Model DVD 1068-1022

Compiler/Interpreter: PHP 5.3.2-1Ubuntu4.9

Runtime Environment: Apache 2.2.14

Operating System: Ubuntu SMP 10.04 LTS (Linux 2.6.32-32-generic-pae)

Test Series	Duration	Energy
01	00:10:00	33,833 Wh
02	00:10:00	34,204 Wh
03	00:10:00	33,966 Wh

30	00:10:00	33,910 Wh
Average:	00:10:00	33,937 Wh
Standard Deviation:	00:00:00	0,163 Wh

Type of Perf.	Average Perf.	Std.Dev. Perf.	Max Perf.
CPU% Idle	49,298	25,455	100,000
CPU% Total	50,702	25,455	100,000

- Application: joomla 1.5.23 (with hard disk cache for HTML fragments) Hardware: CPU: 4 li RAM: 2C Board: S BIOS: Re CD-ROM ROM ATAPI Model DVD 1068-1022

Compiler/Interpreter: PHP 5.3.2-1Ubuntu4.9

Runtime Environment: Apache 2.2.14

Operating System: Ubuntu SMP 10.04 LTS (Linux 2.6.32-32-generic-pae)

Significance Test (T-Test)

Null Hypothesis: The mean energy consumption induced by SUT 1 and SUT 2 is equal
Alternative Hypothesis: The mean energy consumption induced by SUT 1 and SUT 2 is not equal

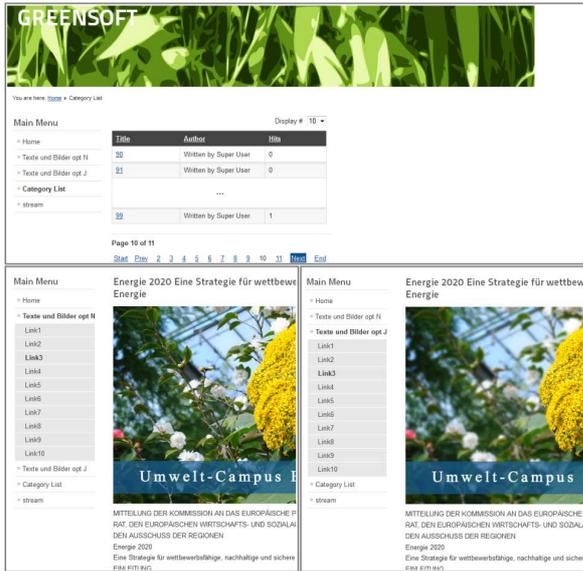
Alpha: 0,010

P-Value: 0,0000000000000000

Interpretation: The mean energy consumption induced by SUT 1 and SUT 2 is not equal



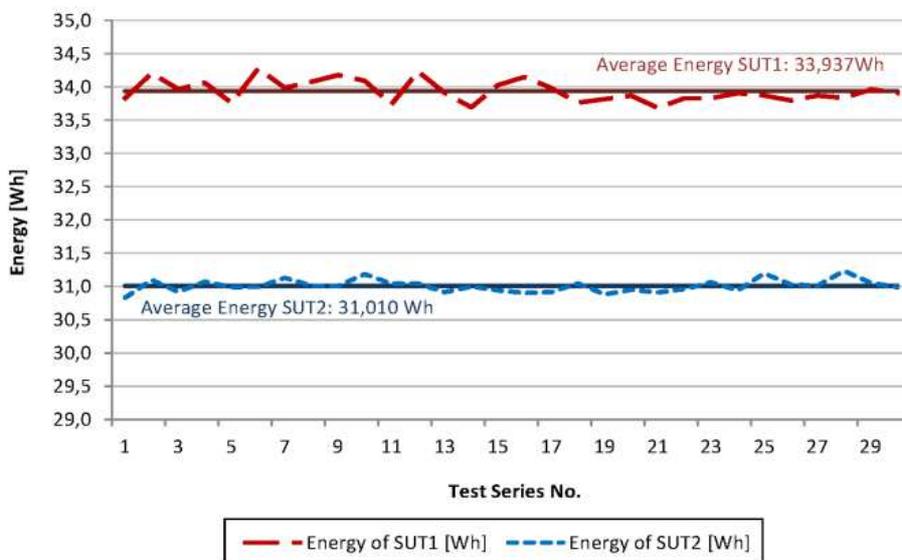
Messung eines CMS: Aufbau der Test-Website



- Inhalt
 - Text von EU-Dokumenten
 - Eigene Fotos und Grafiken
- Navigationsbereich:
 - 10 Artikel ohne optimierte Bilder
 - 10 Artikel mit optimierten Bildern
 - Liste von 100 generischen Artikeln



Optimierung eines Content-Management-Systems



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



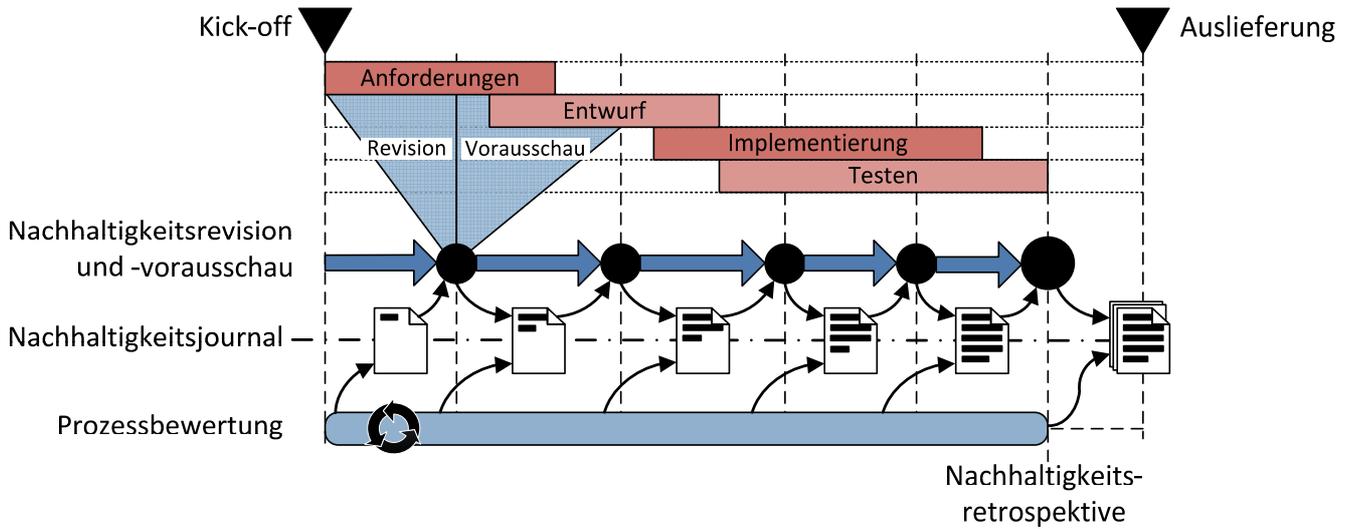
Betrachtung der Energieeffizienz während der Software-Entwicklung



Integration in den Entwicklungsprozess

The screenshot shows the Jenkins web interface. On the left is a navigation sidebar with options like 'Back to Dashboard', 'Status', 'Changes', 'Workspace', 'Build Now', 'Delete Project', 'Configure', and 'Greensoft TestNG Results'. The main area is titled 'Project Sorter' and includes sections for 'Greensoft TestNG Results', 'Workspace', 'Recent Changes', and 'Latest Test Result (no failures)'. Below these are 'Permalinks' for various build numbers. On the right, there are two charts: 'TestNG Results Trend' and 'Energy Efficiency Trend'. The TestNG chart shows a high count of passed tests (blue) and very few failed (red) or skipped (grey) tests. The Energy Efficiency chart shows 'Ustst/WorKDone per Joule' for each build, with a notable dip for build #27.

Build #	Timestamp
#39	Apr 19, 2013 2:43:12 PM
#38	Apr 19, 2013 2:38:40 PM
#37	Apr 19, 2013 2:22:27 PM
#36	Apr 19, 2013 2:09:05 PM
#35	Apr 19, 2013 2:03:20 PM
#34	Apr 19, 2013 1:58:47 PM
#33	Apr 19, 2013 1:54:13 PM
#32	Apr 19, 2013 1:49:37 PM
#31	Apr 19, 2013 1:45:03 PM
#30	Apr 19, 2013 1:40:23 PM
#29	Apr 19, 2013 1:35:46 PM
#28	Apr 19, 2013 1:31:07 PM
#27	Apr 19, 2013 1:25:47 PM
#26	Apr 19, 2013 1:21:00 PM
#25	Apr 19, 2013 1:15:47 PM
#21	Feb 25, 2013 5:10:23 PM
#20	Feb 25, 2013 5:03:08 PM



Agenda

- Was ist Green Software Engineering?
- Messung des Energieverbrauchs von Software
- **Ausblicke und Forschungsansätze**



Stromherkunft transparent machen

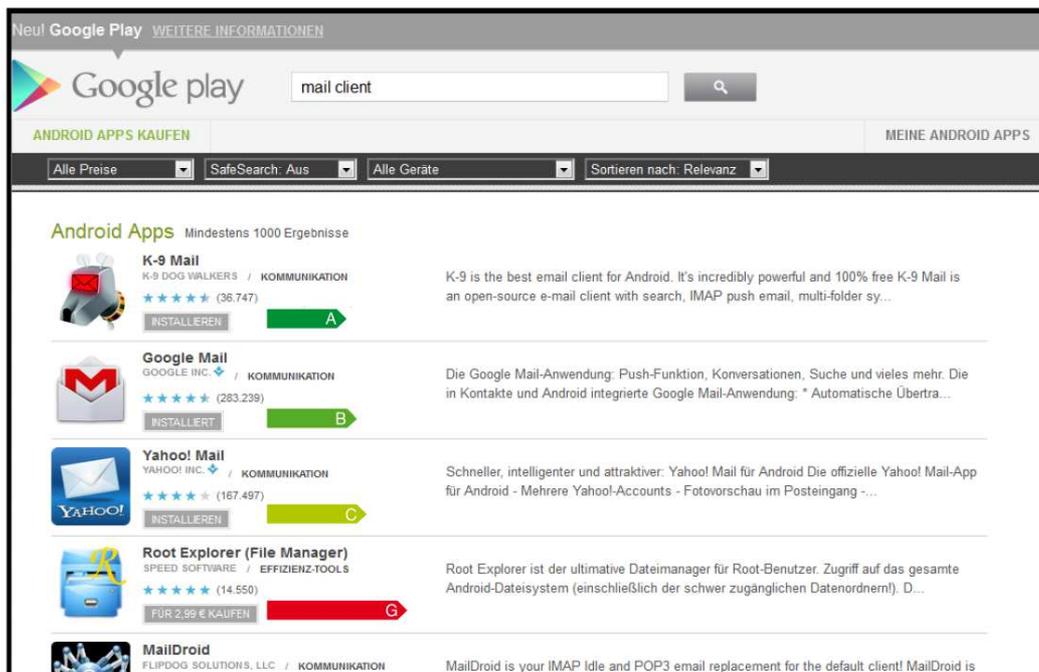


Green Power Indicator (Firefox-Add-on)

Sind Websites mit Ökostrom gehostet?

- | | | | |
|--|---------------|--|--------------------|
| | GPI aktiv | | Qualitätsklasse A |
| | GPI inaktiv | | Qualitätsklasse B |
| | Fehler | | Qualitätsklasse C |
| | HTTPS Abfrage | | Qualität unbekannt |

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



Claas Wike: Energieverbrauchermittlung von Android-Applikationen, Open4Innovation2012



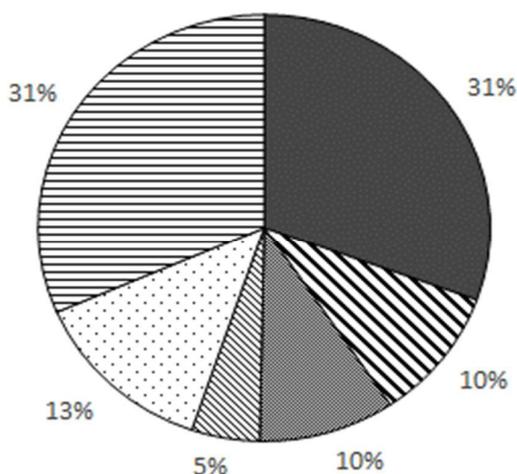
Nutzerbefragung zur Zertifizierung

Methode	Befragung durch Onlinefragebogen
Grundgesamtheit	Internetnutzer in Deutschland (und angrenzende Nachbarländer)
Stichprobe	n = 486
Davon vollständige Fragebögen	308
Erhebungszeitraum	3. April bis 1. Mai 2013



Nutzerbefragung Ergebnisse

Labelart zur Kennzeichnung nachhaltiger Websites

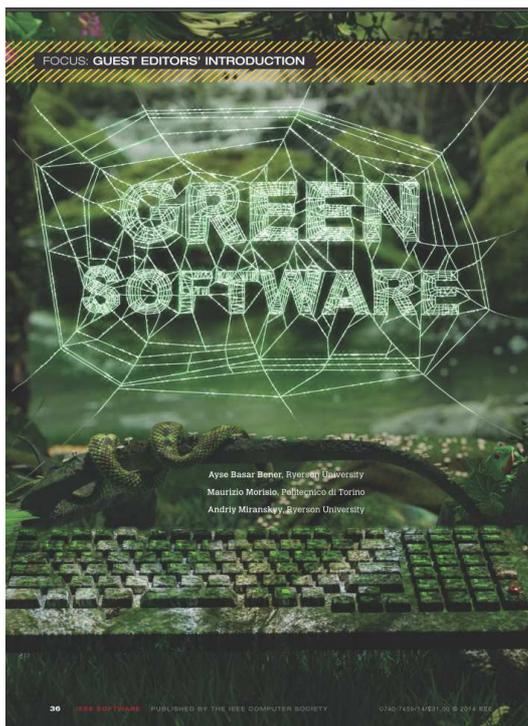


- In Form einer „Ampel“ (Energieeffizienzklasse) (31%)
- ▣ Blauer Engel mit Angabe des Vergabegrundes (10%)
- ▣ Neutrales Label ohne Abstufungen (durch Zertifizierungsstelle) (10%)
- ▣ Angabe des durchschnittlich verursachten CO2-Ausstoßes (5%)
- ▣ Angabe des durchschnittlich verursachten Energieverbrauchs (13%)
- ▣ andere Kennzeichnung statt Label (31%)



Workshops: Bewegung in der Forschung

- Energy Aware Software-Engineering and Development (EASED)
- Requirements Engineering for Sustainable Systems (Re4SuSy)
- Green and Sustainable Software (GREENS)
- Software Engineering Aspects of Green Computing (SEGC)
- Green In Software Engineering & Green By Software Engineering
- Sustainability in Software Product Lines
- Green in Software Engineering

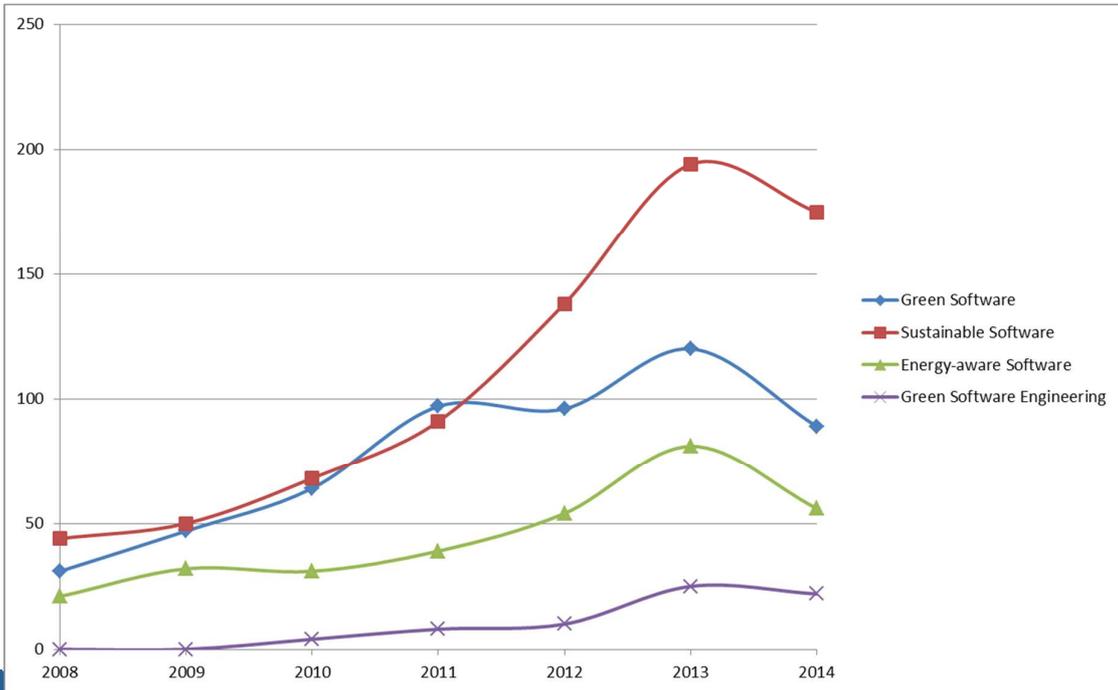


IEEE Software May / Juni 2014
Focus: Green Software
mit 7 einschlägigen Beiträgen





Einschlägige Veröffentlichungen seit 2008



„Green Code Challenge“ – läuft gerade!

dive 48h into ecodesign software

GREEN CODE LAB CHALLENGE

From the 27th to the 29th november 2013

In more than 10 cities in real time in France and Europe

GREEN CODE LAB CHALLENGE – 1ST EDITION

Welcome on the Green Code Lab Challenge website!

- Home
- Concept
- 48h Program
- News
- Conferences

Quelle: <http://greencodelab-challenge.org/index.php/en/>



Forschungsansätze

- *Was ist energieeffiziente Software?*
 - Wir benötigen reproduzierbare Maße, Metriken und Nutzungsszenarien
 - Wir benötigen energieeffiziente Software-Architekturen
 - Welche Rolle spielt Suffizienz?
- *Wie können wir energieeffiziente Software produzieren?*
 - Wir brauchen Vorgehensmodelle, die „grüne“ Ideen enthalten
- *Wir können wir energieeffiziente Software befördern?*
 - Kundenanforderungen, Entwicklungsumgebungen, Normen, Zertifikate, Lehre, Forschungsmittel ...



Danke für die Aufmerksamkeit!



Feel free to contact our research group:

Stefan Naumann

s.naumann@umwelt-campus.de
Trier University of Applied Sciences
Environmental Campus Birkenfeld
Institute for Software Systems
Germany

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research

Ref.-No. 17N1209

greensoft@umwelt-campus.de

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

