

# Buzz Word „Green-IT“? Ein Überblick

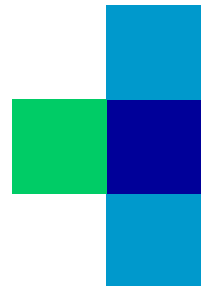


der Traum von einer umweltfreundlichen Informationstechnik oder das Erwachen eines Mauerblümchens ... .

**KIS-RIS-PACS und  
10. DICOM Treffen  
Mainz, 4./5. Juli 2008**

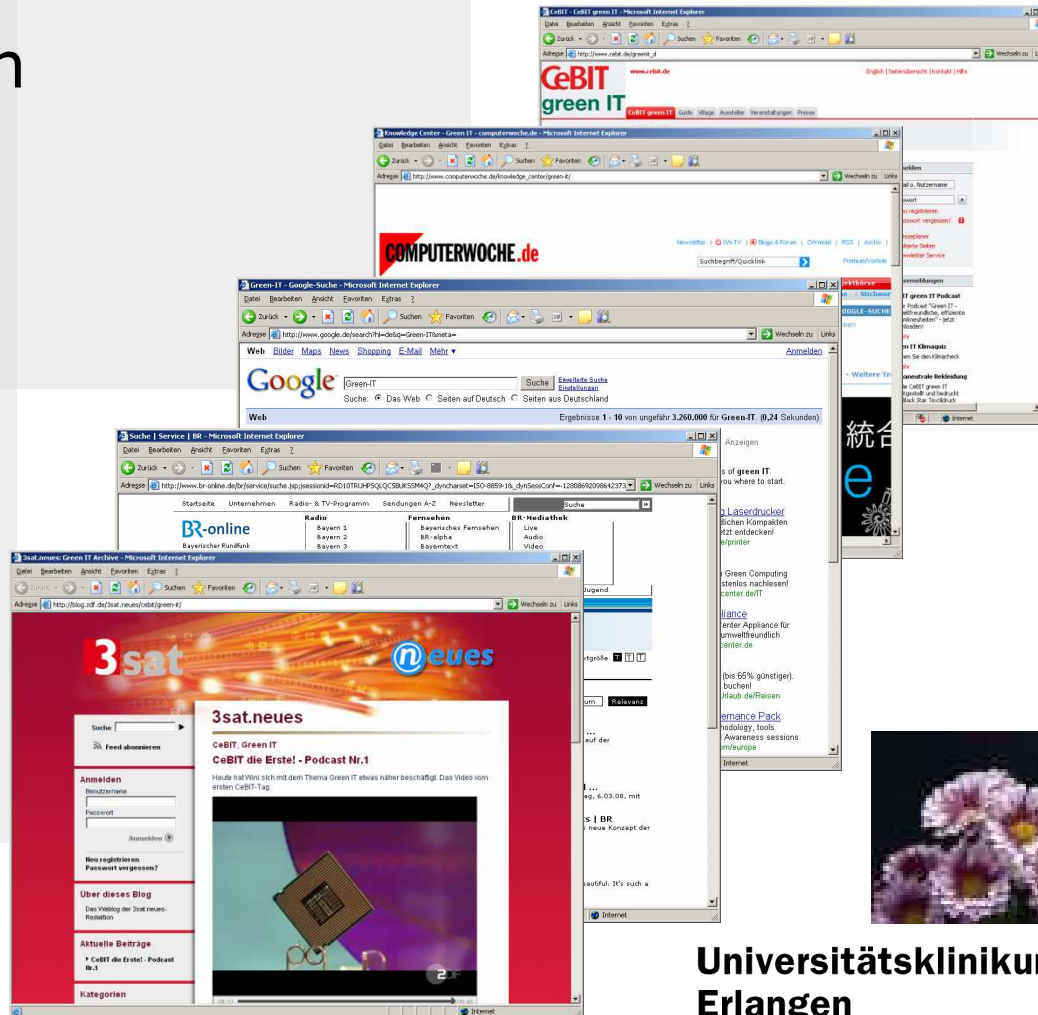
**Dr. Stefan Bücken  
Dr. Thomas Kauer**

**Universitätsklinikum  
Erlangen**



# „Green-IT“ - Everywhere

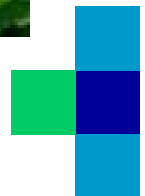
- Fachzeitschriften
- Medien
- Messen
- Kollegen



Universitätsklinikum  
Erlangen

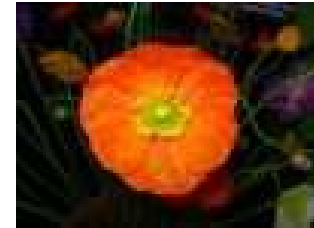
# Buzz-Words Everywhere

- Thermal Design Power (TDP)
- SpeedStep and Powernow
- Advanced Configuration and Power Interface (ACPI)
- SPECpower/EPA „Server Energy Measurement Protocol“
- Abwärmeproblematik
- Ökobilanzen
- Product Life Cycle
- Ökostrom/Alternative Energie
- CO2-Neutralität
- ...



# Green-IT: Warum sollen wir uns als Universitätsklinikum überhaupt hiermit beschäftigen?

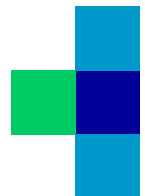
## ■ Motivation im medizinischen Rechenzentrum: **Leistung und Verfügbarkeit**



- Die Server müssen Leistungsstark und schnell sein!
- Die Server müssen stabil und zuverlässig laufen!
- Die Server müssen Lastspitzen jederzeit auffangen können!
- Redundanzen sind „die Versicherung“ des IT-Betriebes!
- Die Systeme brauchen Test-, Zert- und Produktivumgebungen!
- Die Benutzer brauchen die Rechenleistung „im Moment“ der Nutzung!
- Der Service der Hersteller ist wichtiger als der Stromverbrauch!

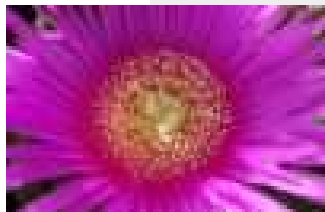
## ■ Zukünftig zusätzlich: **Energie- und Umwelteffizienz**

- Steigende Energiekosten und sinkenden Einnahmen (DRG-System)!
- Rechnerauswahl anhand von Ökobilanzaspekten (Image/gesellschaftliche Verantwortung)!



# Die betriebswirtschaftliche Sicht: „Total Cost of Ownership!“

- Energieeffizienz der Rechner und „Peripherie“
- Klimatechnik/-führung der Rechnerräume
- Rechnerdichte im Rechnerraum (Stellfläche)
- Absicherungskosten (USV/Stromaggregate)
- Einkaufspreis für Energie
- Einkaufspreis der Rechner/Ggf. Entsorgungskosten

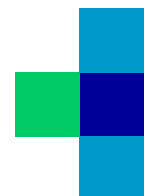


# EcoTopTen - Öko-Institut

| Zur Orientierung: Jährlicher Energieverbrauch (kWh/Jahr) und jährliche Stromkosten (Euro/Jahr) <sup>7</sup> |                                    |                   |                    |                   |                     |                    |
|---|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
|   | Einsteiger oder Gelegenheitsnutzer |                   | Multimedia         |                   | Gamer               |                    |
|   | PC                                 | Notebook          | PC                 | Notebook          | PC                  | Notebook           |
| Gerät mit der von EcoTopTen empfohlenen Ausstattung   | 88 kWh<br>17 Euro                  | 22 kWh<br>4 Euro  | 88 kWh<br>17 Euro  | 29 kWh<br>6 Euro  | 234 kWh<br>46 Euro  | 51 kWh<br>10 Euro  |
| Zum Vergleich: sehr ineffizientes Gerät   | 183 kWh<br>36 Euro                 | 63 kWh<br>12 Euro | 256 kWh<br>50 Euro | 93 kWh<br>18 Euro | 767 kWh<br>151 Euro | 166 kWh<br>33 Euro |

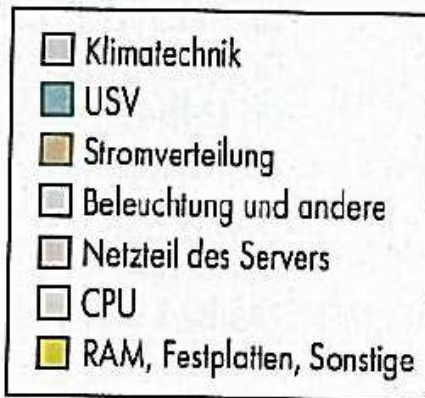
Stand der Tabelle: Februar 2007  
 Quelle: [www.ecotopen.de/prod\\_computer\\_prod.php/02.07.2008](http://www.ecotopen.de/prod_computer_prod.php/02.07.2008)

Universitätsklinikum  
Erlangen

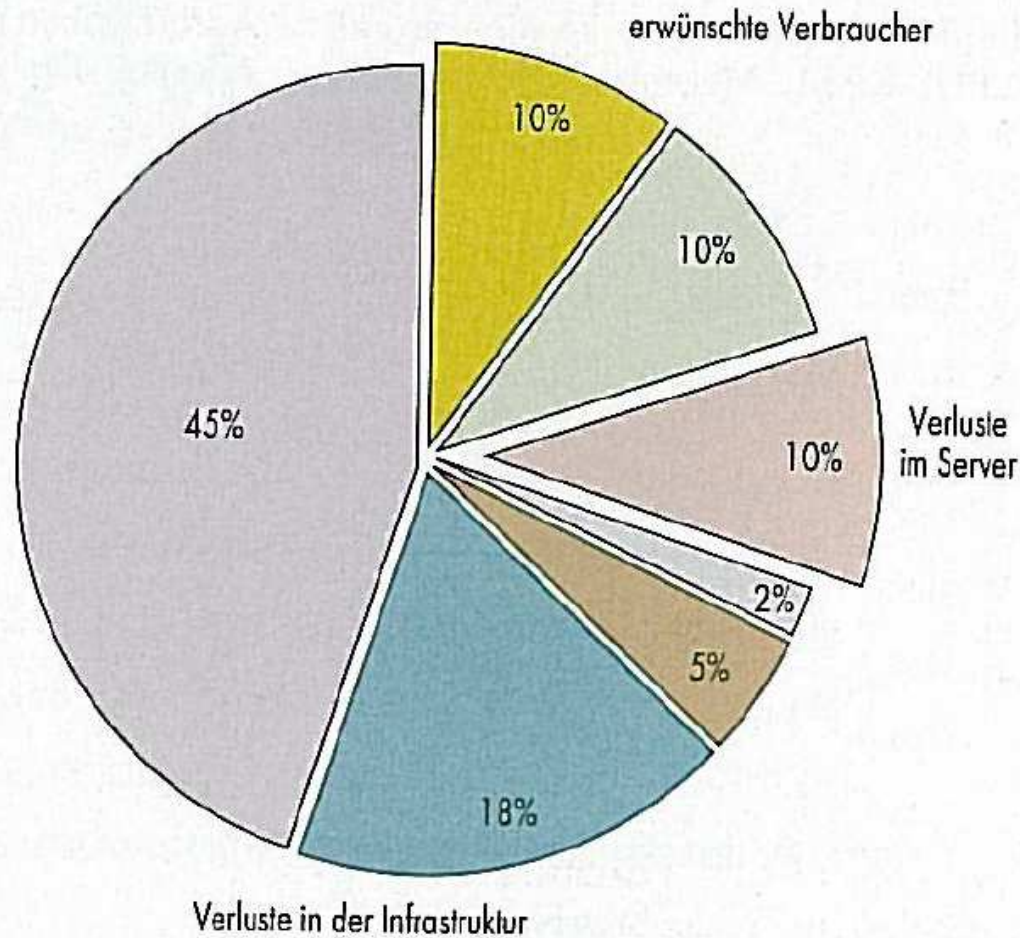


# Energieverbrauchsanteile Serverbetrieb

**Nicht nur in der Infrastruktur, auch im Server geht ein großer Teil des eingespeisten Stroms verloren (Abb. 2).**

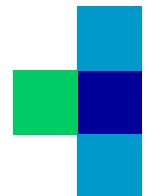


Verbraucher und Verschwender



Quelle: Puppe, iX 1/2007

Universitätsklinikum  
Erlangen

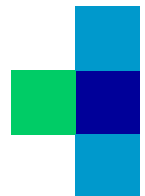


# Die volkswirtschaftliche Sicht: Product life cycle/ IT Ökobilanz

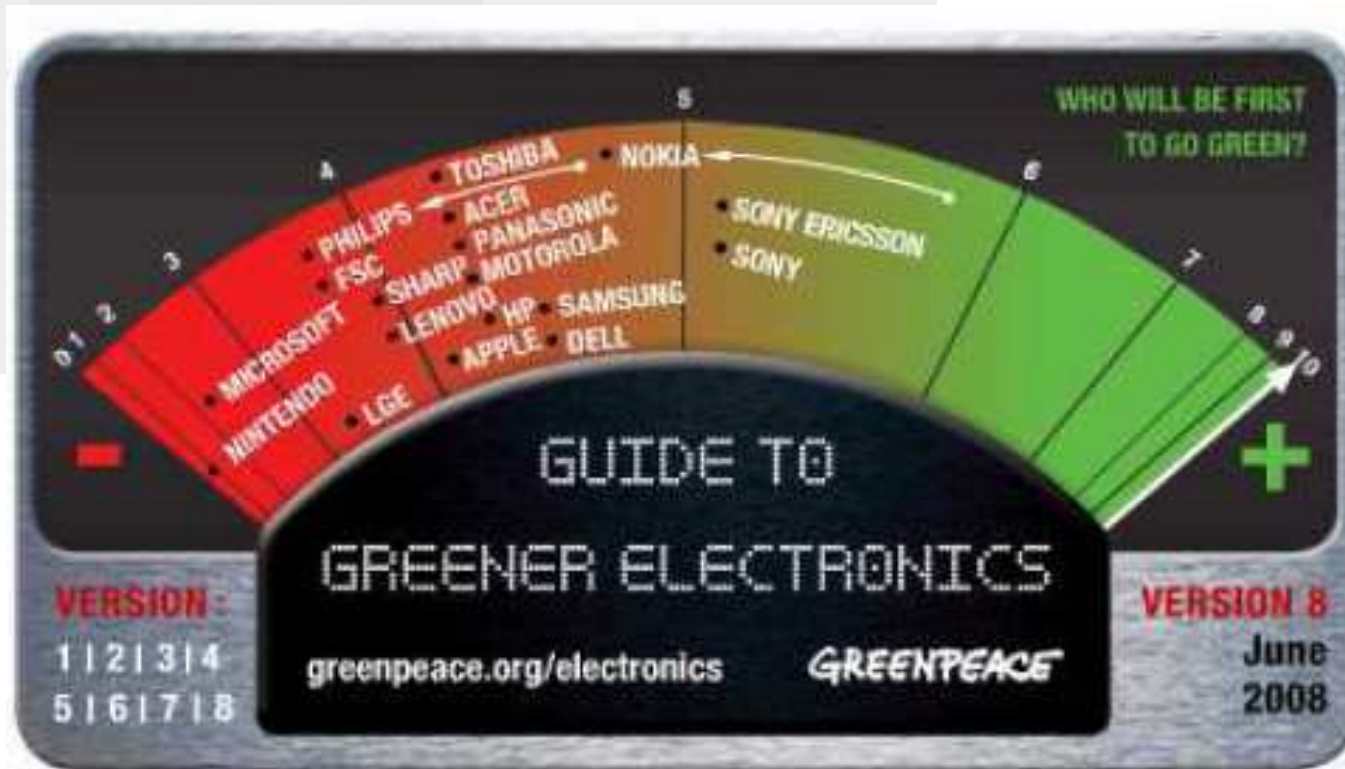
- Produktion: Materialien, Energieverbrauch, Logistik
- **Nutzungsphase: *Energieverbrauch***
- Entsorgung: Logistik, Schadstoffmanagement, Recycling
- Stromart (Öko, Konventionell)



Universitätsklinikum  
Erlangen

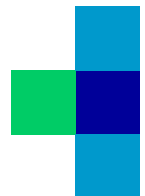


# Greenpeace - Guide to Green Electronics (PC-Notebooks-Kommunikationstechnik)



Quelle:  
[www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/how-the-companies-line-up/02.07.2008#](http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/how-the-companies-line-up/02.07.2008#)

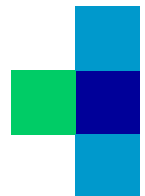
Universitätsklinikum  
Erlangen



# Betriebswirtschaft versus Volkswirtschaft

- OPTIMAL: ENERGIEEFFIZIENT und UMWELTGERECHT!

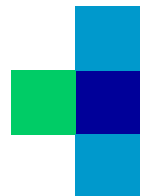
Energieeinsparung „na klar“, aber was ist uns unser Image und unser gesellschaftliches Gewissen wert?



# Was tun?

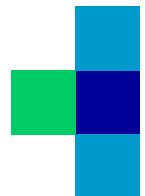
## ■ An die „eigene Nase“ packen:

- Haben wir jemals Life-Cycle-Aspekte bei der Hardwareauswahl berücksichtigt?
- Wie sieht es eigentlich mit dem Stromverbrauch bei uns aus?
- Ist das Nutzungskonzept der Rechnerräume energieoptimiert?
- Haben wir bereits Tools, die eine Stromverbrauchsüberwachung ermöglichen?
- Wie wollen wir mit der gewachsenen IT-Hardware-Landschaft bei uns umgehen?
- Unterstützen uns unsere HW-Lieferanten im Rahmen der gültigen Wartungsverträge mit Energieoptimierungstipps?
- Wo können wir jetzt reagieren, wo müssen wir mittel oder langfristig planen?



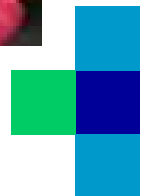
# Handlungsalternativen

- „Aufräumen“ & „Auslasten“
- Konsolidieren: Blade Center Architektur/Virtualisierung
- Terminalserver-Technologie
- Lastverteiler
- Strommanagement
- Bewusster Einkauf von Servern mit „guter“ Ökobilanz
- Optimierte Klimaführung in den Rechnerräumen
- Ausnutzung von Stromsparoptionen der Hardware/neue Technik
- Aktives Energie-Monitoring und -Controlling
- Optimierte Hardwarekonfiguration pro Softwaresystem
- Verträge mit „Energieeffizienzparametern“?
- ...



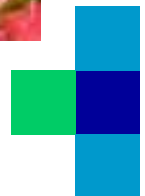
# Wie kaufe ich mir Green-IT?

- Welche „Energieeffizienz-Strategie“ (kurzfristig/mittelfristig) wähle ich?
- Welche Alternativen in der Klimaführung habe ich?
- Welche Alternativen in der Stromversorgung gibt es?
- Gibt es Gütesiegel bezüglich der Ökobilanz von Rechnersystemen?
- Welche Benchmarks zur Energieeffizienz von Servern gibt es?
- Wie ist die Abweichung zwischen den Parametern aus den Systemdatenblätter und der Realität?
- Welche Informationen benötigen wir von unseren Hardwarelieferanten?
- Welche Vertragsklauseln müssen wir aufnehmen, welche Anforderungen an unsere Lieferanten stellen?
- Was steckt hinter den vielen Consulting und Technikangeboten auf dem Markt?
- Brauchen wir bzw. lohnt sich ein Berater?
- Kann ich den Vorteil der angestrebten Strategie belegen ... ?



# Wie betreibe ich Green-IT?

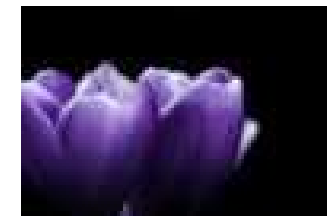
- Welche Software-Tools/Hardware müssen wir haben, um den Strom- bzw. Energieverbrauch sinnvoll überwachen und steuern zu können?
- Welchen Aufwand müssen wir betreiben, um eine valide Datenbasis aufzubauen und ein Berichtswesen einzuführen?
- Welche Wechselwirkungen bei Konsolidierung und Virtualisierung muss ich beachten?
- Wie gehe ich geschickt mit Lastspitzen usw. um?



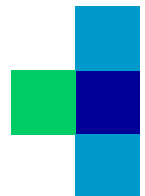
# Das Medizinisches Zentrum für Informations- und Kommunikationstechnik (MIK)

## ■ Zentraler IT-Dienstleister des Universitätsklinikums Erlangen

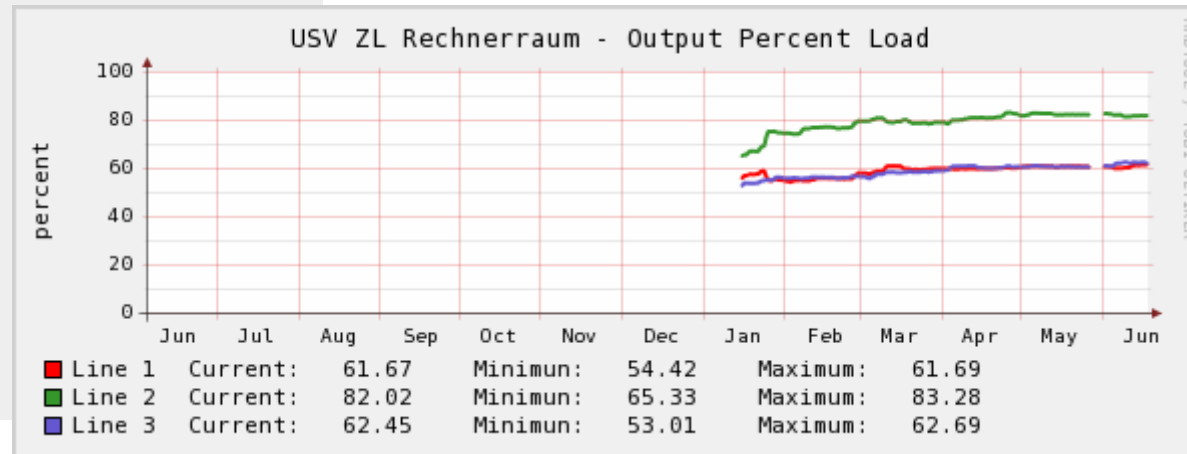
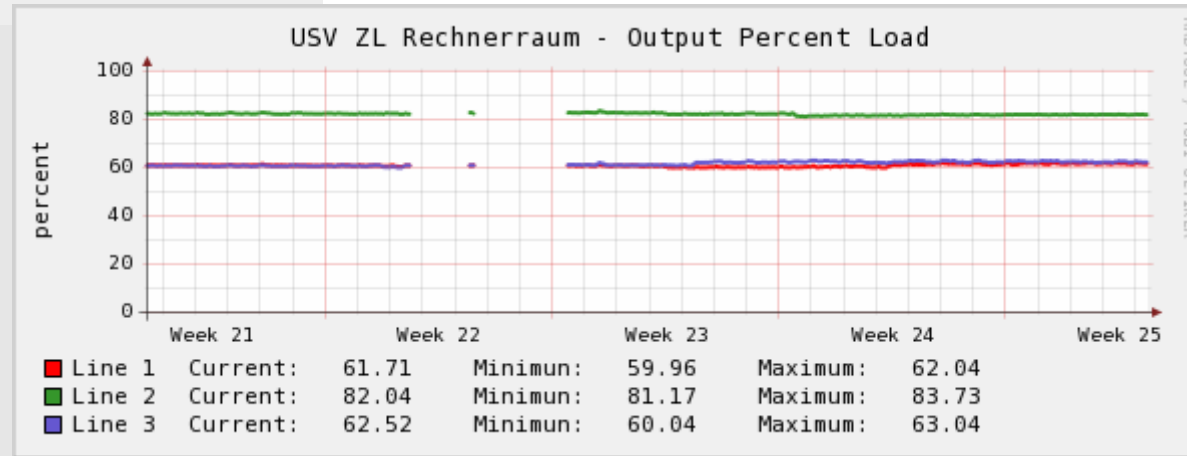
- Rechnerräume mit 114 qm bzw. 48 qm Stellfläche
- USV-Anlagen mit 120 bzw. 80 kVA Kapazität
- Klima-Anlage entsprechend USV Leistung
- Derzeit 236 Server im zentralen Management
- SAN-Infrastruktur
- Weitere Rechnerräume in Planung



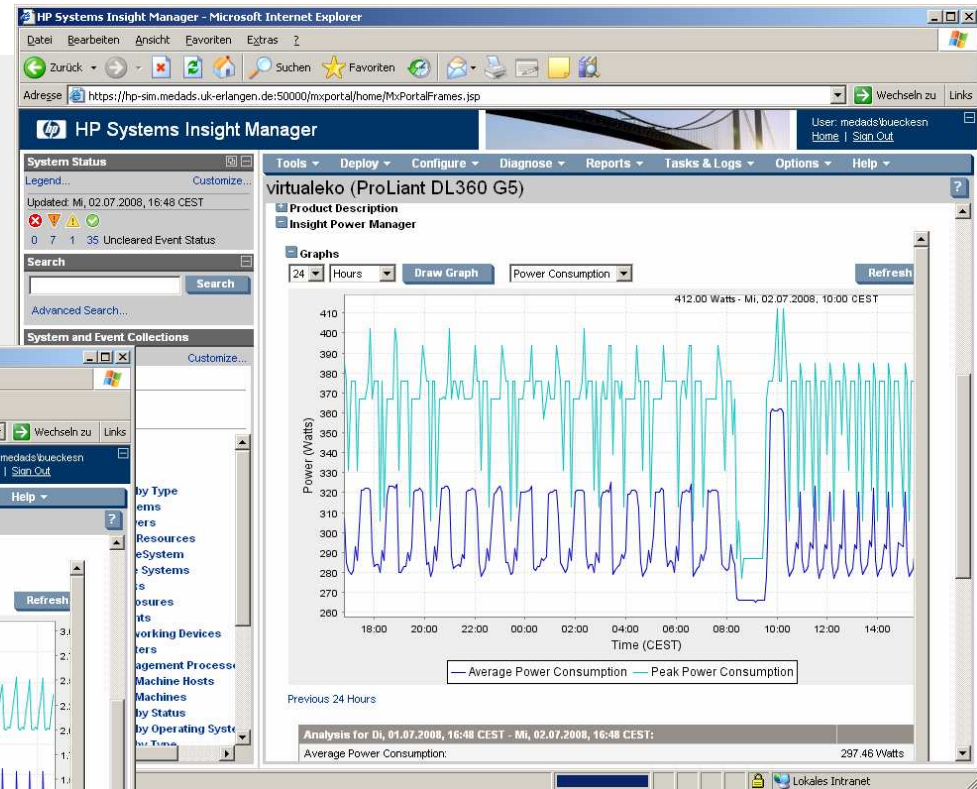
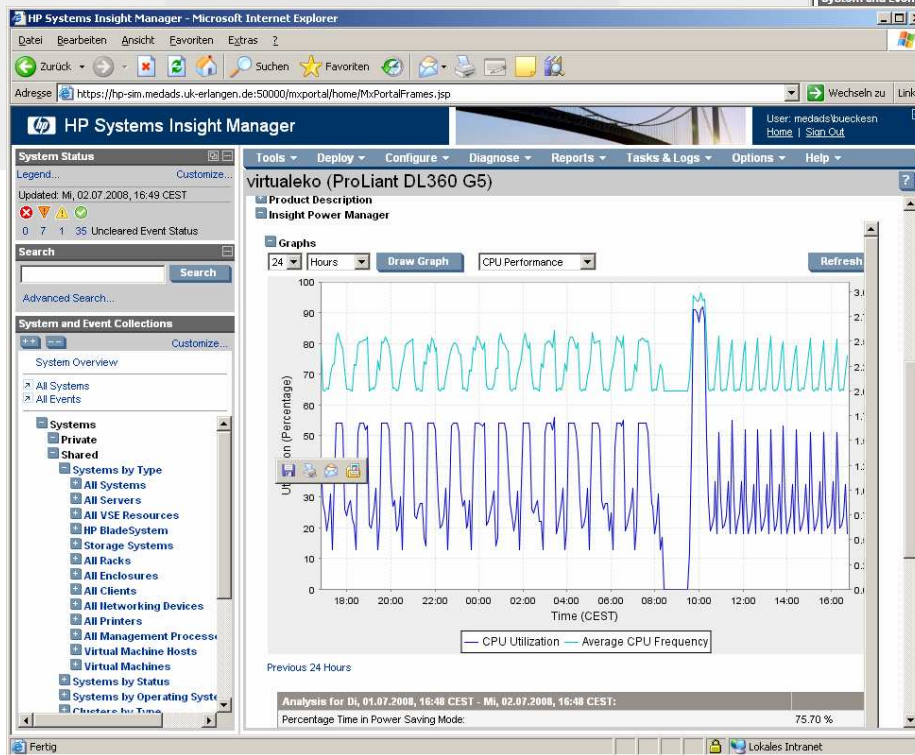
**Universitätsklinikum  
Erlangen**



# Energieverbrauchsüberwachung Rechnerraum



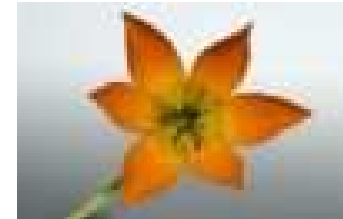
# Aktives Strom- und Leistungsmonitoring



# Die Moral von der Geschichte, ganz so einfach ist es nicht ...

## ■ Kleine bis Mittlere IT-Provider:

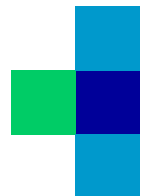
- Wo möglich auf Gütesiegel achten ...
- Wo möglich „Umwelt-Programme“ bei der Auswahl berücksichtigen
- Gemeinsam und kooperativ Verhandlungspotential nutzen ...



## ■ Große IT-Provider:

- Hersteller in Bezug auf Energieeffizienz und Ökobilanz wissen lassen, dass es ein Auswahlkriterium ist ...
- Den Anpassungsdruck auf die Hersteller hoch halten.

... das Mauerblümchen zum Blühen bringen! Es nutzt dem Geldbeutel und der Umwelt ... .

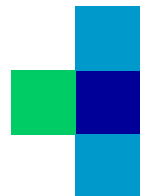




Vielen Dank für  
Ihre  
Aufmerksamkeit!

Herzlichen Dank auch an die Mitarbeiter, die sich aktiv in die Vorbereitung dieses Vortrages eingebracht haben, insbesondere Herrn U. Bauer, Herrn M. Löhr und Herrn R. Oppelt.

Universitätsklinikum  
Erlangen



# Gütezeichen c't 4/2008

Know-how | Energie sparen: PC-Kennzeichnung

Christof Windeck

## Spar-Kennung

Kennzeichnungen und Richtlinien für sparsame Rechner

Im Regal beim PC-Händler stehen Stromschlaudem und Energie-Krausener nebeneinander. Noch fehlen verbindliche Hinweise, welches Gerät wie viel Leistung aufnimmt – aber immerhin gibt es erste Ansätze.

Von außen sieht man es einem Rechner nicht an, wie viel Strom er im Betrieb oder im Standbymodus verbraucht. Auch der Blick auf Typenschild des Herstellers hilft nicht viel weiter, weil sich Computer sehr dynamisch verhalten. Absolute Angaben der Leistungsaufnahme für praktisch relevante Nutzungsszenarien findet man nur bei sehr wenigen Geräten. Immerhin gibt es aber mittlerweile einige Richtlinien und Kennzeichen, die große Anhaltswerte zum Energieverbrauch liefern. Und eine internationale Arbeitsgruppe erarbeitet bereits ein Energieeffizienz-Güteschild.

Größe Vollleistung hat die ursprünglich von der US-Umweltbehörde EPA erarbeitete, aber international und von der EU anerkannte Energy-Star-Richtlinie gefunden (alle Werbungen finden Sie unter dem Softlink). Ältere Energy-Star-Versionen begrenzten die Leistungsaufnahme von Desktop-Rechnern, Notebooks und Peripheriegeräten. Seit dem Standby-Modus sind liefern deshalb für den gewöhnlichen Betrieb keine stromeffiziente Aussage. Die seit Juli 2007 geltende Energy-

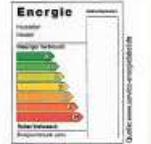
Star-4.0-Spezifikation schließt nun endlich auch genaue Maximumwerte zumindest für den Leerlaufbetrieb von PCs und Notebooks ein. Aus Sicht der PC-Hersteller versteht sich, für Käufer aber verwirrend sind die unterschiedlichen Energy-Star-Güteschilder. Den niedrigsten Grenzwert von 50 Watt im Leerlaufbetrieb (auch On-Hold genannt) müssen nur PCs der Klasse A halten, die einem Einzelkomponentenprozessoren sowie einem Intel- oder AMD-Atom-Processor (On-Board-Grafik) enthalten. Dieser Grenzwert ist mit aktuellen Komponenten locker zu schaffen, auch mit Dual-Core-Prozessoren einige wenige Geräte kommen bereits unter 40 Watt.

Sobald der Hersteller einen Dual-Core-Prozessor und mindestens 1 GByte RAM einbaut, darf ein Rechner laut Energy Star bereits 65 Watt im Leerlauf stand-by kommen, noch eine Grafikkarte mit wenigstens 128 MByte lokalem Speicher hinzu, sind sogar 95 Watt erlaubt. Das übersteigt heute nur noch Klopfschreibmaschinen mit dem veralteten Betriebssystem 4 als Hauptprozessor, 3D-Gaming-Modellen oder Worksta-

tions. Für Letztere gibt Energy Star 4.0 übrigens eine spezielle, nicht-kompatible Güteschilderformal vor.

Als weitere Komponente fordert die Energy-Star-Richtlinie das Computer mit sparsamen Voreinstellungen ausgeliefert werden müssen. Im BIOS-Setup müssen also die Hochleistungsparameter freigeschaltet sein, der PC-Hersteller muss die zu deren Nutzung nötigen Treiber installieren und die Energieverwaltung des Betriebssystems passend konfigurieren – was bei Desktop-Rechnern mit Windows XP beispielsweise nicht immer der Fall ist. Da Nutzer sich sich nach 15 Minuten Nichtbenutzung abschalten, der gesamte Rechner nach 30 Minuten in den Schlafmodus umschalten. Die aktuelle Energy-Star-Fassung 4.0 stellt die PC-Hersteller nicht vor unlösbarer Aufgaben. Immerhin schreibt sie ausgedrückt, dass das Hermetik der 80 Plus-Spezifikation erfüllt, solche Kennzeichen müssen ab einer sekundären Belastung in Höhe von 20 Prozent ihrer nominalen Ausgangsleistung, mindestens 80 Prozent Wirkungsgrad erreichen, im Klartext: Hat das Neutraltonschicht genau 100 Prozent Wirkungsgrad, so darf die angeschlossene Hardware höchstens 80 Watt schlucken, um die Energy-Star-4.0-Zertifizierung „A“ noch zu schaffen. Im Netzwerk sind 80 Prozent Effizienz wären es 3 Watt weniger.

Die Wirkung von Richtlinien wie Energy Star beruht weniger darauf, dass jedes einzelne Gerät so sparsam wie möglich arbeitet, sondern dass die PC-Hersteller überhaupt über Effizienz nachdenken müssen und quasi der PC-Richtlinienverbrauch



Energy Star: Version 4.0 liefert zuerst den einzigen leicht verständlichen Hinweis auf den PC-Energiebedarf.



Nachzulegen: Der Blaue Engel setzt Energy Star 4.0 wohl erst ab 2009 voraus, zurecht gibt hier noch die alte Norm.



EU Eco Label: Die grüne Blume zeigt zertifizierte Produkte, auch hier reicht noch der alte „Energy Star“.

Ziel: Ein Energieeffizienztikett für PCs – ähnlich wie für Elektroautos, Spielmaschinen oder Kühlschränke.

108

c't 2008, Heft 4

Know-how | Energie sparen: PC-Kennzeichnung

bei gleicher Grundkonfiguration häufiger mit stark unterschiedlicher Hardware-Ausstattung verkauft und auch eher auf- oder umgerüstet. Ein zu knapp dimensioniertes Netzteil würde dabei stören. Doch die aktive Klimatisierungsdiabete und steigende Energiepreise haben nun viel mehr potenzielle PC-Käufer für das Thema Effizienz und Leistungsabnahme sensibilisiert als zuvor. Das lässt hoffen, dass der Einzelhandel mit ähnlichen Fragen konfrontiert wird und schließlich auch energetische Sparsamkeit als Verkaufsargument entdecks.

Doch bisher fehlt leider eine klare Kategorisierung und Kennzeichnung der Energieeffizienz von Computern. Wissenschaftler wäre so etwas wie das Energieverbrauchstikett, das bereits auf Kühlschränken oder Spielkonsolen steht. Doch Effizienz ist bei elektronischen Geräten etwas anderes als Sparsamkeit, denn eigentlich geht es hier um eine bezogene Größe, die die Leistungsleistung in verschiedenen Betriebsmodi setzt. Während jedoch bei Kühlschränken und Geschirrspülmaschine die typische Nutzung auf der Hand liegt, ist das bei einem PC nicht so klar: Lädt das Gerät und um die Uhr, ruht während der typischen Bürozeiten oder bleibt es und zu der Bearbeitung der Arbeitsaufträge?

Wie ist der Computer auszustatten? Steckt eine für aktuelle 3D-Spiele geeignete Grafikkarte drin oder geht es um einen Büro-PC mit OnBoard-Grafik? Um ein aussagefähiges, aber auch leicht verständliches Effizienztikett auf Computer geben zu können, müssen zunächst

Ausstattungs- und Leistungsdaten der Geräte sowie typische Nutzungsparameter definiert werden. Diese sollten außerdem international gültig sein, denn die in unterschiedlichen Ländern verlaufenden PCs, Notebooks und Server sind einander viel ähnlicher als etwa die dort verkauften Waschmaschinen oder Elektrogeräte. Ihre weltweit einheitliche Bezeichnung führt bei Computern zum kontinentalen Preisverfall durch Rationalisierungsfaktoren. Regional unterschiedliche Normen für die PC-Energieeffizienz können einordnen. Mehr von der internationalen Produktentwicklung abgeleitet oder dazu führen, dass sparsame Geräte deutlich teurer werden als Stromschlaudem. Das würde dazu führen, dass die Industrie weniger investiert.

Ein international anerkannter PC-Energieeffizienztikett ist bereits in Arbeit: Die Task Group 3 des Technical Committee der International Computer Manufacturers Association (TC3-TC3) arbeitet an einer Richtlinie, die in die Anfang 2009 erwartete sogenannte TCO-Spezifikation des Energy Star 4.0 einfließen soll. Die Eco-Arbeitsgruppe will zunächst Produktkategorien in Bezug auf Performance und Ausstattungs definieren und dann bestimmte Nutzungsprofile. Die Firma Futuremark steuert den BAPCO EcoLabel, der als Benchmark für die Energieeffizienz von Notebooks ansetzt. Dazu gehören – wie übrigens auch beim BAPCO EcoLabel, der die Akkulaufzeiten von Notebooks ansetzt – auch Phasen hoher CPU-Belastung auch Notebooks, genau wie im richtigen PC-Leben. Ein Messgerät verneint während des EcoMark-Durchlaufs den Energiebedarf

| Modell     | Kategorie | Leistungsaufnahme   | Maximale Leistungsaufnahme (Watt) |
|------------|-----------|---|-----------------------------------|
| Desktop PC | A         | Leichter als ein Liter Energie in den Standby             | 50 Watt                           |
|            | B         | Mehr als ein Liter Energie in den Standby                 | 65 Watt                           |
|            | C         | Mehr als ein Liter Energie in den Standby                 | 95 Watt                           |
| Notebook   | A         | Geräte, die nicht mehr Energie in den Standby verbrauchen | 10 Watt                           |
|            | B         | Geräte, die nicht mehr Energie in den Standby verbrauchen | 22 Watt                           |

Die Tabelle zeigt die Energieeffizienz von PCs. Die Spalten sind: Modell, Kategorie, Leistungsaufnahme, Maximale Leistungsaufnahme (Watt).

des Rechners. Die Eco-Arbeitsgruppe will auch Anforderungen an die Fähigkeiten und die Genauigkeit der Energieeffizienztikett spezifizieren – siehe dazu auch Seite 206.

### Fernwirkung

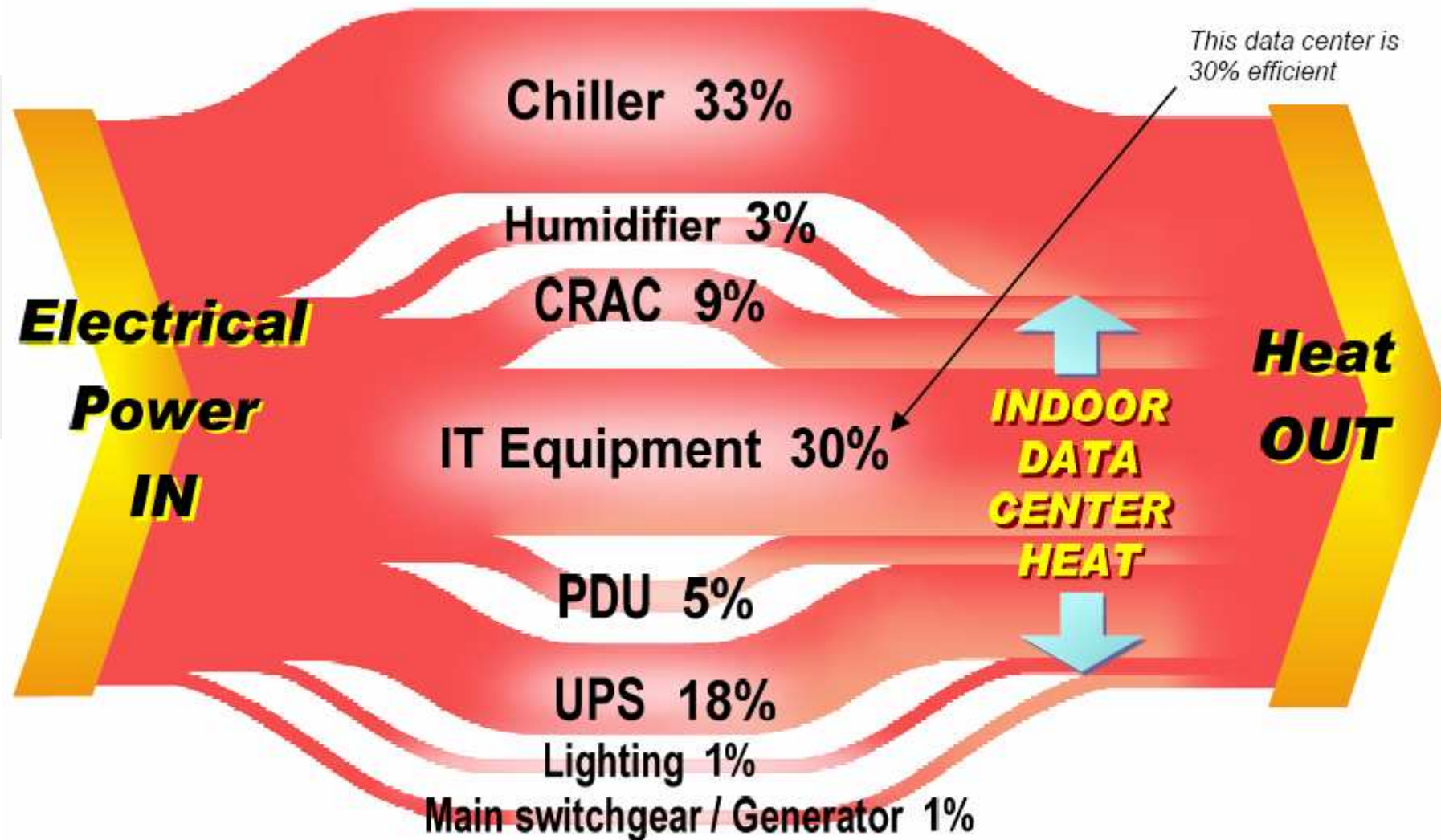
Die Energy-Star-Richtlinien für PCs sind international anerkannt und fließen in weitere Güteschilder und Spezifikationen ein, darunter Blue Angel (RAL-UZ 78), European Eco-Label, TCO, Nordic Swan (Skandinavien) oder das US-amerikanische Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPPEAT), eine Vorstufe für die Beschaffung von IT-Geräten durch große Firmen oder Behörden. Über solche Beschaffungsvorgänge werden die Energieeffizienztikett als Energieeffizienztikett im zentralen. Damit schließen Großfirmen und öffentliche Einrichtungen den Kauf von Geräten aus, die nicht den Richtlinien entsprechen. Das hat zwar auf den Heimcomputermarkt nur indirekten Einfluss, doch noch immer stellen professionell genutzte Geräte die Mehrheit aller verkauften PCs

Bei der Ausarbeitung und Umsetzung von Umweltschutzrichtlinien kommen die Hersteller oft nicht ganz so schnell wie bei der technischen Entwicklung und Vermarktung ihrer Produkte. Das ist nicht ganz so schlimm, denn für das dringend benötigte PC-Energieeffizienztikett, das auch Laien verständliche Daten für präzisere Nutzungsfälle sowie eine nachvollziehbare Klassifizierung der Geräte hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Ausstattung liefert. (GW)

Seit dem 01.01.2008

109

# Energiefluss im Rechenzentrum



Quelle: APC Electrical Efficiency Modeling of Data Centers, White Paper 113

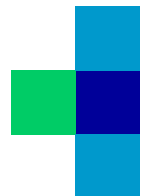


# Stoffe in der PC-Produktion

| <b>Verbrauch von fossilen Stoffen, Chemikalien und Wasser in der Produktion eines PCs</b> |                                    |                            |                       |
|---|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Komponente</b>   | <b>fossile Brennstoffe (in kg)</b> | <b>Chemikalien (in kg)</b> | <b>Wasser (in kg)</b> |
| Halbleiter  | 94                                 | 7,1                        | 310                   |
| Platinen  | 14                                 | 14                         | 780                   |
| Bildröhre   | 9,5                                | 0,49                       | 450                   |
| Elektronik und Chemikalien<br>(ausgenommen Wafer)   | 64                                 | NI                         | NI                    |
| Silizium-Wafer  | 17                                 | NI                         | NI                    |
| Sonstiges (Rechner)   | 21                                 | NI                         | NI                    |
| Sonstiges (Monitor)   | 22                                 | NI                         | NI                    |
| Komponentenherstellung  | NI                                 | NI                         | NI                    |
| Montage   | NI                                 | NI                         | NI                    |
| <b>gesamt</b>   | <b>240</b>                         | <b>22</b>                  | <b>1500</b>           |
| NI = Nicht mit in die Analyse einbezogen  |                                    |                            |                       |

Quelle: Williams, 2003 [1]

Quelle: Hiebel et al. iX 8/2007



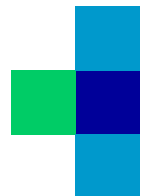
# Emissionen in der PC-Produktion

## Emissionen bei der Herstellung eines PCs mit Monitor

| Emissionen                               | bei 1 PC | bei 2 Millionen PC       |
|--|----------|--------------------------|
| Kohlenwasserstoffe                       | 0,01 kg  | 20 t                     |
| Kohlenmonoxid                            | 0,02 kg  | 40 t                     |
| Staub                                    | 0,01 kg  | 20 t                     |
| Stickoxide                               | 1,25 kg  | 2500 t                   |
| Schwefeldioxid                           | 2,14 kg  | 4280 t                   |
| Kohlendioxid                             | 1850 kg  | 3 700 000 t              |
| dadurch bis zum Grenzwert belastete Luft |          | 1 Million m <sup>3</sup> |
| Abfall                                   | 60 kg    | 120 000 t                |

Quelle: Radtke/Siegel, 2000 [11]

Quelle: Hiebel et al. iX 8/2007

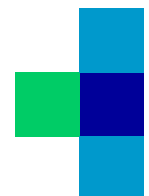


# Materialproduktion PC-Hersteller

| <b>Inhaltsstoffe und zugeordneter Energieverbrauch in der Materialproduktion für PCs</b> |  |                        |                        |                            |
|--|--|------------------------|------------------------|----------------------------|
| Material   | Energieintensität des Materials (in MJ/kg) | Hauptverwendungszwecke | enthalten Menge (in g) | Energiegehalt (MJ/Einheit) |
| Stahl  | 59   | Gehäuse                | 6050                   | 360                        |
| Kupfer   | 94   | Kabel, Platinen        | 670                    | 63                         |
| Aluminium  | 214  | HD, Platinen           | 440                    | 94                         |
| Kunststoff   | 84   | Gehäuse, CD-ROM        | 650                    | 55                         |
| Epoxyd   | 140  | Platinen               | 1040                   | 150                        |
| Zinn   | 230  | Lötmittel              | 47                     | 11                         |
| Blei   | 54   | Lötmittel              | 27                     | 1,5                        |
| Nickel   | 340  | HD                     | 18                     | 6,2                        |
| Silber   | 1570                                       | Platinen               | 1,4                    | 2,3                        |
| Gold   | 84 000                                     | Platinen               | 0,36                   | 30                         |
| Zwischensumme  | —  | —                      | 8944                   | 770                        |
| andere   | —  | —                      | 96                     | —                          |
| gesamt   | —  | —                      | 9040                   | 770                        |

MJ = Megajoule, entspricht 0,2778 kWh

Quelle: Williams, 2003 [1]



# Material-/Energieverbrauch Mikrochips

| <b>Material- und Energieverbrauch in der Mikrochip-Herstellung</b>             |                         |  |  |
|--|-------------------------|--|--|
| Material   | Menge pro Speicher-Chip | Verbrauch für alle Chips in einem Computer | jährlicher Verbrauch der Halbleiter-Industrie weltweit |
| Silizium-Wafer   | 0,25 g                  | 25 g                                       | 4400 t   |
| Dotiersubstanzen<br>(Indium, Phosphor, Gallium,<br>Arsen, Stickstoff etc.)     | 0,016 g                 | 2 g  | 280 t  |
| Fotolithografie  | 22 g                    | 2,2 kg                                     | 390 000 t  |
| Ätzmittel  | 0,37 g                  | 37 g                                       | 6600 t   |
| Säuren und Basen   | 50 g                    | 4,9 kg                                     | 890 000 t  |
| Chemikalien gesamt   | 72 g                    | 7,1 kg                                     | 1,3 Mio. t   |
| Elementare Gase<br>(N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , He, Ar) | 700 g                   | 69 kg                                      | 12 Mio. t  |
| Strom  | 2,9 kWh                 | 281 kWh                                    | 52 Mrd. kWh  |
| Wasser   | 32 l                    | 310 l                                      | 570 Mrd. l   |

Quelle: Williams, 2003 [1]

Quelle: Hiebel et al. iX 8/2007

