



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
Main Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2014

---

## **Green IT – Eine Einführung**

Hilty, Lorenz

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich  
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-102595>  
Journal Article  
Published Version

Originally published at:  
Hilty, Lorenz (2014). Green IT – Eine Einführung. Readme: Das Bulletin der Alumni Wirtschaftsinformatik Universität Zürich, 14(32):3-5.

# Green IT - eine Einführung

Lorenz M. Hilty

**Green IT ist eine Reaktion auf den wachsenden Anteil der IT am Energieverbrauch. Aber warum genau nimmt dieser eigentlich zu? Und was gilt es über die Energieeffizienz hinaus für einen nachhaltigen Einsatz von IT zu beachten?**

## Energieverbrauchs-Paradoxon der IT

Der Ausdruck "Green IT" wurde 2007 durch einen Gartner-Report geprägt, der vor den Folgen einer weiteren Zunahme des Energieverbrauchs durch IT warnte. Der vielbeachtete Report schätzte die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch Herstellung und Betrieb von IT-Geräten und zugehörigen Infrastrukturen weltweit verursacht wurden, auf 2% der Gesamtemissionen, vergleichbar etwa mit dem Flugverkehr. Durch "grüne" IT will man dem weiteren Wachstum des Energieverbrauchs begegnen, insbesondere in Rechenzentren. Zugleich versucht man, IT für Energieeinsparungen in anderen Bereichen zu nutzen, etwa indem man Dienstreisen durch virtuelle Meetings ersetzt oder Prozesse durch eine intelligente Steuerung optimiert ("Green by IT"). Gegenüber solchen Substitutions- und Optimierungseffekten wird der Energieaufwand für die IT selbst oft vernachlässigbar. [1, 2]

Bestrebungen, die Energieeffizienz der IT selbst zu verbessern, sind indessen nicht neu. Zählt man die Anzahl der Rechenoperationen, die man mit einer Kilowattstunde elektrischer Energie ausführen kann, so kommt man für den ersten elektronischen Computer (ENIAC) noch auf ein knappes Tausend, für die ersten PC-Prozessoren in den 1980ern auf Milliarden und für die heute in Laptops eingesetzten Prozessoren auf

Billiarden (10<sup>15</sup>) und mehr. Die Energieeffizienz des Rechnens hat sich seit 1946 alle 1,57 Jahre verdoppelt. Es gibt keine andere Technologie, die vergleichbare Fortschritte in der Energieeffizienz vorweisen könnte. [3]

Deshalb erscheint es auf den ersten Blick paradox, dass der Energieverbrauch der IT insgesamt zunimmt. Im Jahr 2007 wurde die Marke von 100 kWh pro Kopf und Jahr weltweit überschritten, inzwischen sind es 130-140 kWh (und mindestens das Doppelte, berücksichtigt man auch den Aufwand für die Herstellung und Entsorgung der Geräte). Die Ursache für dieses Paradox ist bekannt: Die Nachfrage nach IT-Leistung wächst noch schneller als die Energieeffizienz. Bevor man in unüberlegte "grüne" Massnahmen investiert, sollte man die Ursachen dieses Nachfragewachstums verstehen. Genau genommen spielen hier drei Mechanismen zusammen:

1. Zunehmende Leistungsfähigkeit der Geräte: Die simple Tatsache, dass IT-Geräte immer schneller rechnen, führt dazu, dass Nutzer im gleichen Zeitraum mehr Rechenarbeit "konsumieren" können. Die Rechenoperationen werden also in kürzerer Zeit abgearbeitet, die dafür benötigte Energie wird schneller verbraucht. Allein schon aus diesem Grund muss die steigende Energieeffizienz nicht zu einem geringeren Bedarf an elektrischer Leistung (Energie pro Zeit) führen.



**Prof. Dr. Lorenz Hilty** leitet die Forschungsgruppe Informatik und Nachhaltigkeit des Instituts für Informatik an der Universität Zürich seit ihrer Gründung im Jahr 2009. Ziel der Gruppe ist es, durch Informatik zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Seit Herbst 2014 ist Lorenz Hilty ausserdem Delegierter der Universitätsleitung für Nachhaltigkeit.

### Kontaktadresse:

Prof. Dr. Lorenz Hilty  
Informatics and Sustainability Research Group  
Institut für Informatik  
Universität Zürich  
Binzmühlestrasse 14  
CH-8050 Zürich  
Tel: +41 44 635 6724  
E-Mail: hilty@ifi.uzh.ch

2. Anzahl der Geräte: Immer mehr Menschen nutzen immer mehr IT-Geräte. Heute dominieren die mobilen Geräte (Laptops, Tablets, Smartphones) dieses Wachstum, was aus energetischer Sicht günstig ist. Mobile Geräte sind extrem sparsam, weil ihr Energieverbrauch durch die Energiedichte des Akkus limitiert ist. Betrachtet man allerdings den gesamten Lebenszyklus (Produktion, Nutzung, Entsorgung), ist das Bild nicht mehr nur positiv. Zwei Trends, die schrumpfende Lebensdauer und die steigende Anzahl an Geräten pro Person, führen zusammen dazu, dass Geräte in höherer Frequenz produziert werden. Der Energieaufwand für die Produktion und Entsorgung (abgesehen von anderen Umweltbelastungen) gleicht den Effekt der sparsameren Nutzung wieder ungefähr aus. Als Faustregel gilt, dass mobile

Geräte den grössten Teil ihrer Umweltbelastung schon verursacht haben, wenn man sie in Betrieb nimmt. Für stationäre Geräte im Dauerbetrieb (Server, Netzwerkkomponenten) gilt die umgekehrte Faustregel. Hier ist die Nutzungsphase entscheidend, weil die Geräte in ihrem technischen Leben einige Zehntausend Stunden in Betrieb sind, und weil der Abtransport der Abwärme oft zusätzliche Energie für Kühlung erfordert.

3. Zunehmender Datenverkehr: Neben der Verarbeitung kostet auch die Übertragung von Daten im Internet Energie. Auch hier ist ein dramatischer Fortschritt in der Energieeffizienz zu beobachten: Während um das Jahr 2000 noch Schätzungen von über hundert Kilowattstunden pro Gigabyte kursierten, wissen wir heute aus eigenen Untersuchungen, dass ein Wert von 0.05-0.10 kWh/GB realistisch ist (ohne mobilen Internetzugang, der mehr Energie kosten kann) [4]. Die Entfernung spielt dabei praktisch keine Rolle, weil die meiste Energie pro Dateneinheit in den Zugangsnetzen und beim Endbenutzer verbraucht wird. Jedes Jahr wird das Internet 20-30% energieeffizienter. Zugleich werden die Datenströme laut der aktuellen Prognose von Cisco weiterhin um 23% pro Jahr anschwellen, so dass der Gesamtenergieverbrauch des Internet etwa konstant bleiben könnte.

Was bedeutet das für Green IT? Was ist zu beachten, wenn man heute einen Beitrag leisten will, um die Umweltbelastung durch IT zu reduzieren?

### **Energieeffizienz ohne Rebound-Effekt**

Wie unsere Analyse gezeigt hat, tendiert der Markt dazu, Fortschritte in der Energieeffizienz durch einen Anstieg der Nachfrage zu kompensieren. Dieser Effekt ist aus anderen Bereichen als Rebound-Effekt bekannt und tritt immer dann ein, wenn steigende Effizienz die Nachfrage anregt.

Deshalb ist Vorsicht geboten bei Mass-

nahmen zur Energieeffizienz, die gleichzeitig die Leistung steigern. Mehr Leistung bedeutet mehr Arbeit pro Zeiteinheit, also auch Beschleunigung des Energieverbrauchs, und führt unter dem Strich nicht zu absoluten Energieeinsparungen.

Nachhaltig wirken jedoch Effizienzmassnahmen, die aus Sicht des Kunden keine nennenswerte Wirkung haben. Hierzu zählt z.B. die Effizienz der Energiebereitstellungskette. Grob gerechnet kommt von der Primärenergie, die in einem Stück Kohle oder Uran enthalten ist, nach Stromerzeugung, -transport, vielfacher Umwandlung und dem Abzug eines Overheads für die jeweiligen Infrastrukturen nur rund 1% in einem Siliziumchip an. Jede Verbesserung der Effizienz in dieser Kette spart unmittelbar Energie. Deshalb ist es erfreulich, dass in Rechenzentren in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht wurden, den PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) zu verbessern. Dieser ist das Verhältnis der elektrischen Leistung, die ein Rechenzentrum bezieht, dividiert durch die Leistung, die bei der IT ankommt, und wäre im Idealfall 1.0. Er liegt typischerweise zwischen 1,2 und 3,0.

Ebenso wurden bei der Reduktion des Standby-Verbrauchs Fortschritte erzielt, heute ist Netzwerk-Standby ein wichtiges Feld.

Aber auch Effizienzmassnahmen, die die Leistung steigern, sind sinnvoll, wenn sie mit "physischen Budgetrestriktionen" kombiniert werden. Das Management kann beispielsweise die Anschlussleistung des gesamten IT-Geräteparks in kW, die jährlich verbrauchte Energie in kWh oder den für IT benötigten Platz in m<sup>2</sup> begrenzen. Ein solcher "Cap" kann sogar von Jahr zu Jahr um einige Prozent reduziert werden. Solche Budgetrestriktionen verhindern keineswegs, dass die IT-Leistung wachsen kann. Sie sorgen nur dafür, dass das Wachstum innerhalb der Grenzen des Effizienzfortschritts bleibt.

### **Die Lebenszyklen der Geräte bedenken**

Die Nutzung von IT-Geräten und der damit verbundene Stromverbrauch beschreibt nur einen Teil der Umweltbelastung, die ein Gerät von der Wiege bis zur Bahre, also von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Entsorgung, verursacht. Betrachtet man alle wichtigen Kategorien von Umweltbelastungen, kann sich das Verhältnis der drei Phasen Produktion, Nutzung und Entsorgung (end of life) unterschiedlich darstellen.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis einer umfassenden Ökobilanz für fünf Geräte: Zwei Desktop-PCs (davon der erste mit CRT-Monitor), zwei verschiedene Laptops und ein Tablet. Von links nach rechts sind die Umweltbelastungen für vier Wirkungskategorien relativ zum alten PC (100%) aufgeführt: Treibhauspotenzial (GWP), Eutrophierung (FEP), Süsswasser-Ökotoxizität (FETP) und Abbau metallischer Ressourcen (MDP). Aus diesen lassen sich aggregierte Indikatoren ableiten, wie Ökosystem-Diversität (ED), menschliche Gesundheit (HH), Ressourcenverfügbarkeit (Res) oder die totale Umweltbelastung (Total). Alle Zahlen sind auf eine Stunde Nutzung normiert. Die unterschiedliche Lebensdauer der Geräte ist dabei schon berücksichtigt, nicht jedoch die Anzahl von Geräten pro Person. Es ist zu sehen, dass die Entwicklung zu mobilen Geräten die Belastung pro Stunde Nutzung in allen Bereichen reduziert und dass die Produktionsphase relativ an Bedeutung gewinnt. Trinkwasser-Ökotoxizität ist der einzige Indikator, in dem die Entsorgungsphase eine relevante Rolle spielt. Dies liegt daran, dass die toxischen Bestandteile im Elektronikabfall früher oder später die Gewässer verunreinigen, wenn nicht strengste Entsorgungsstandards eingehalten werden. Letzteres ist in den meisten Teilen der Welt heute noch nicht der Fall.

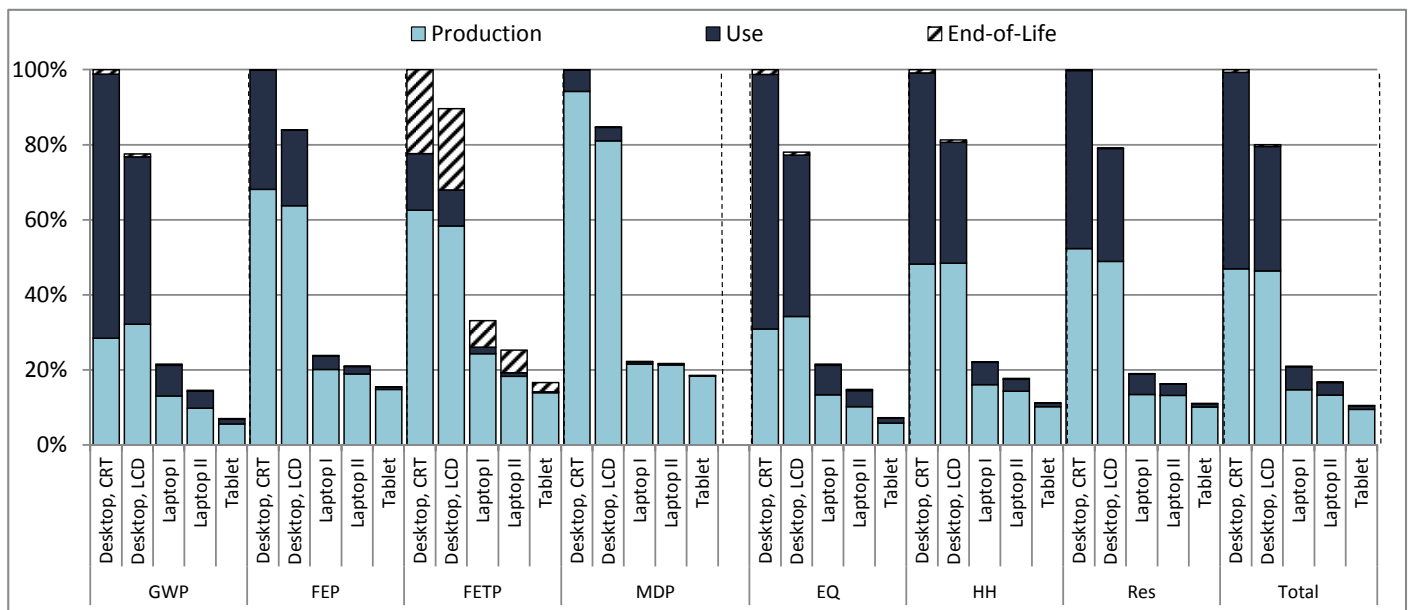


Abbildung 1. Quelle: [5], S. 256

In den meisten praktischen Fällen müssen diese Details der Lebenszyklusanalyse nicht bekannt sein. Als grober Indikator kann die Masse der Hardware in kg dienen, die pro Jahr eingekauft bzw. entsorgt wird, also der Massenfluss.

### Fazit und Ausblick

So betrachtet, lässt sich die in einem Unternehmen oder Privathaushalt durch IT ausgelöste Umweltbelastung grob

durch zwei physikalisch beschreibbare Flüsse charakterisieren: einen Massenfluss (neue IT-Hardware zu Elektroschrott) und einen Energiefluss (elektrischer Strom zu Abwärme). Die Kunst der Green IT besteht darin, trotz steigender Anforderungen beide Flüsse zu verlangsamen. Der technische Fortschritt macht dies möglich – die grösste Herausforderung ist die organisatorische Umsetzung. Zahlreiche Anregungen und Massnahmen sind auf der Website der Fach-

gruppe Green IT der Schweizer Informatik Gesellschaft zu finden (<http://greenit.s-i.ch>). Die Hochschule Luzern bietet ausserdem einen berufsbegleitenden Weiterbildungskurs Green IT an, der mit einem Certificate of Advances Studies (CAS) abgeschlossen werden kann.

### Literatur

- [1] Hilty, L.M., Aebischer, B. (eds.) ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 310, Springer, Switzerland (2015)
- [2] Coroama, V.C., Moberg, Å., Hilty, L.M.: Dematerialization through electronic media? In: [1], pp. 405–421
- [3] Aebischer, B., Hilty, L.M.: The energy demand of ICT: a historical perspective and current methodological challenges. In: [1], pp. 71–103
- [4] Schien, D., Coroama, V.C., Hilty, L.M., Preist, C.: The energy intensity of the Internet: edge and core networks. In: [1], pp. 157–170
- [5] Hischer, R., Wäger, P.A.: The transition from desktop computers to tablets: a model for increasing resource efficiency? In: [1], pp. 243–256