

UNI HAMBURG

# Produktzyklus

---

## Seminar Green IT

**Bernd Themann**

**19.03.2012**

Seminararbeit im Seminar Green IT im Wintersemester 2011/12 an der Uni Hamburg, betreut von Timo Minartz. Thema ist der Produktlebenszyklus von IT-Hardware in Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit. Dabei werden sowohl energetische als auch materielle Aspekte beleuchtet.

# Inhalt

Einleitung.....	2
Produktion.....	3
Verwendung.....	6
Entsorgung.....	9
Fazit .....	11
Abbildungsverzeichnis.....	12
Literaturverzeichnis.....	12

## Einleitung

Zwei große Trends beeinflussen die Green IT besonders. Zum einen sind dies die immer kürzer werdende Nutzungsdauer der IT-Produkte und zum anderen die zunehmende Globalisierung. Obwohl zweites kein reines IT-Phänomen ist, bringt es für die IT-Sparte die gleichen Schwierigkeiten und Probleme mit sich. Hierzu gehören unter anderem verzweigte und undurchsichtige Subunternehmer-Strukturen, sowie eigenständige Gesetzgebungen und Standards vieler beteiligter Länder. Der zunehmende Preisverfall zwingt große Hardwarehersteller einen immer härteren Preiskampf zu führen, welcher in vielen Fällen auf Kosten der Umwelt ausgefochten wird. Produzenten die billigere Arbeitskräfte als ihre Konkurrenz beschäftigen und weniger Acht auf Umweltstandards geben, sind zwangsläufig dazu in der Lage ihre Produkte zu einem niedrigeren Preis anzubieten.

Der Stromverbrauch und der damit einhergehende CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der während der Nutzung von PCs und Servern entsteht, sind stark im Fokus des öffentlichen Interesses und deren Einsparung teilweise als synonym für Green IT benutzt wird. Wie das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie jedoch errechnet hat, werden für die Produktion von einem PC rund 3.000 kWh Strom verbraucht. Dies entspricht im privaten Bereich dem 2-3fachen<sup>1</sup> der Energie, welche durchschnittlich in Deutschland während der eigentlichen Nutzung verbraucht wird. Trotz steigendem Durchschnittsverbrauch pro Tag kann der negative Effekt durch die verkürzte Nutzungsdauer nicht ausgeglichen werden<sup>2</sup>. Große Hersteller wie beispielsweise Apple<sup>3</sup> beginnen damit Hardwareneuerscheinungen am Softwarezyklus zu orientieren, was ein Indiz für eine weitere Verkürzung ist. Entsprechend wichtig ist es, in die Energiebilanz neben der Nutzung, auch die während der Produktion und Entsorgung anfallenden Energieverbräuche mit einzubeziehen.

Während vor wenigen Jahrzehnten IT-Produkte noch Raritäten waren, haben sie sich in den letzten Jahrzehnten zur Massenware entwickelt. Analysten des Marktforschungsinstitutes Gartner schätzten 2010 die Anzahl von weltweit in Betrieb befindlichen PCs auf 1,5 Milliarden und prognostizieren einen Anstieg auf 2,3 Milliarden bis zum Jahr 2015.<sup>4</sup> Kombiniert mit der hohen Anzahl und Menge an Materialien, die in den Systemen verarbeitet werden, ergibt sich für die Produktion ein enormer, zu deckender, Rohstoffbedarf. Entgegengesetzt müssen diese Materialien am Ende des Produktlebenszyklus auch wieder entsorgt bzw. recycelt werden.

Sowohl der Rohstoff-, als auch der Energieverbrauch sollten bei der Thematik „Green IT“ (Green IT im engeren Sinne) immer beachtet werden. Deshalb werden in dieser Ausarbeitung die beiden Punkte für die einzelnen Stationen im Lebenszyklus eines PCs genauer beleuchtet.

---

<sup>1</sup> Bei einer drei jährigen Nutzung von 5 Std täglich und einem Verbrauch von 150W entspricht dies 821,25 kWh

<sup>2</sup> (Czajka, 2011)

<sup>3</sup> (Olma, 2011)

<sup>4</sup> (Gartner, 2011)

## Produktion

Die Produktion eines Computers ist ein besonders energie- und ressourcenverschlingender Prozess. Ein gewöhnlicher PC besteht zu einem Anteil von 50% aus Metall, 23% Kunststoff, 15% Glas und die restlichen 12% machen die Elektronik aus.<sup>5</sup> Gerade die Metall- und Glasverarbeitende Industrie ist für ihren hohen Energieverbrauch bekannt und so lassen sich die vom Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie errechneten 3.000kWh Herstellungsenergie nachvollziehen.<sup>6</sup>

Zudem werden während der Produktion rund 1.500 Liter Wasser, 240kg fossile Brennstoffe und 22kg sonstige chemische Produkte<sup>7</sup> verbraucht. Zu diesen übrigen Chemikalien können bis zu 700 unterschiedliche Stoffe gehören, welche aufgrund unterschiedlicher elektrischer Eigenschaften wichtige Bestandteile in der Elektronik sind.

Durch die hohe Anzahl an produzierten PCs (ca. 10 pro Sekunde<sup>8</sup>) entsteht ein enormer zu deckender Rohstoffbedarf. Ein Großteil dieser Rohstoffe wird in Süd-Amerika und Süd-Afrika (Kongo) gewonnen und wirkt sich dort negativ auf die Menschen und Umwelt aus. Die Arbeiter sind lebensgefährlichen Arbeitsbedingungen ausgesetzt und werden unfreiwillig in Rohstoffkriege verwickelt. Die Anzahl an Gefallenen in diesen Kriegen innerhalb der letzten zehn Jahre wird von der UNO auf 5 Mio. Menschen beziffert.<sup>9</sup> In was-

serarmen  
Regionen

lassen sich  
durch den

hohen Verbrauch während der Herstellung Auswirkungen auf die Wasserversorgung der umliegenden Landwirtschaft feststellen.

Rohstoffe  
aus Südamerika, Afrika, etc.

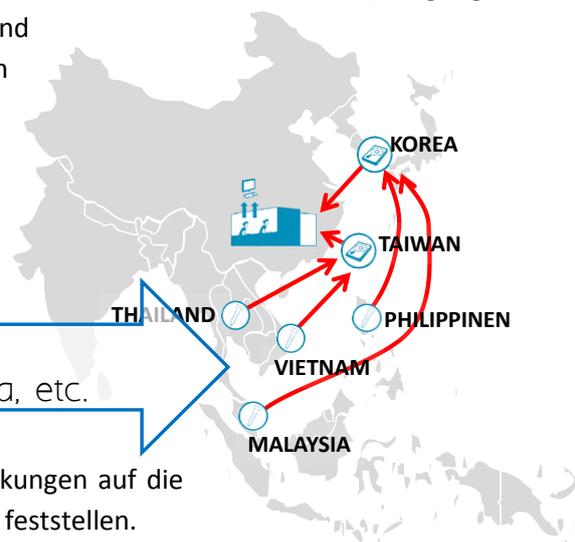


Abbildung 1

Zahlreiche der verwendeten Stoffe sind toxisch und bereiten deshalb gerade bei der Entsorgung große Probleme. Um Abhilfe zu schaffen, wurde 2003 die RoHS (engl.: Restriction of (the use of certain) hazardous substances) verabschiedet. Durch diese Richtlinie wird der Import von Elektro- und Elektronikgeräten welche eingetragene Giftstoffe enthalten verboten (näheres hierzu siehe Infokasten). Umweltschädliche Stoffe die während des Produktionsvorganges anfallen und in vielen Fällen durch Klärwasser in die Umwelt gelangen, werden von der Richtlinie jedoch nicht erfasst. Greenpeace konnte in einer Untersuchung erhöhte Schadstoffkonzentrationen in der Nähe der Produktionsstätten nachweisen. Untersucht wurden Produktionsstätten für die Chip und Platinen Herstellung, sowie die von Kontraktfertigern.<sup>10</sup> Unter den nachgewiesenen Stoffen im Abwasser waren sowohl bekannte Schadstoffe, die zum Teil auch von der Richtlinie erfasst werden, als auch unbekannte Stoffe, dessen Auswirkungen nicht näher bekannt und erforscht sind. Hieraus lässt sich schließen, dass die Richtlinie zwar ein erster großer Schritt war, jedoch nicht umfassend

<sup>5</sup> (Siegel, 07)

<sup>6</sup> (Prehl)

<sup>7</sup> (Schaerer, 2007)

<sup>8</sup> (Gartner, 2011): *Anzahl Verkäufe hochgerechnet auf das Jahr, geteilt durch Sekunden pro Jahr*

<sup>9</sup> (PC Global)

<sup>10</sup> (Brigden, 2007)

genug gefasst ist, um Schadstoffemissionen während der Fertigung gänzlich auszuschließen. Hierzu müssten alle Stoffe, die während der Fertigung verwendet werden gleichermaßen berücksichtigt werden.



## RoHS

### *EG-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten*

Die RoHS (engl.: Restriction of (the use of certain) hazardous substances) wurde am 27. Januar 2003 verabschiedet und trat in Deutschland am 16. März 2005 mit dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz in Kraft. Ziel dieser Richtlinie ist die Vermeidung von entsorgungspromblematischen Stoffen aus Elektro- und Elektronikgeräten. Zu diesen Stoffen gehört unter anderem Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom und weitere. Diese Stoffe sind dafür bekannt, dass sie zum einen toxisch wirken können und zum anderen nur schwer abbaubar sind. (Wikipedia, 2011)

Durch die hohe Anzahl an verwendeten Bauteilen in IT-Produkten, ist die IT-Branche wie kaum eine andere Industrie von einer unüberschaubaren Lieferkette geprägt. Während die Rohstoffe zu einem großen Anteil aus Südamerika und Afrika stammen, werden die meisten Bauteile in Südostasien von so genannten „Kontraktfertigern“ produziert und unter dem Namen bekannter westlicher Marken auf den heimischen Märkten vertrieben. Für dieses Vorgehen lassen sich zwei offensichtliche Gründe finden. Zum einen sind die Lohnkosten in Drittländern deutlich niedriger und zum anderen können durch die dort, im Vergleich zu den europäischen, niedrigeren Umwelt- und Sicherheitsstandards kostengünstigere Fertigungsstätten betrieben werden. Den Kontraktfertigern vorgelagert sind Komponentenfertiger, welche wiederum von einzelnen Bauteilelieferanten beliefert werden. Die Subunternehmerstrukturen können sehr verzweigt und über unterschiedlichen Ländern verteilt sein. Entsprechend schwierig ist es für den Gesetzgeber, aber auch für den Vertreiber selber, die Lieferkette zu überwachen, zumal teilweise Zulieferer als Betriebsgeheimnis gewahrt werden.

Die Folgen sind, neben vielen anderen, die Ausbeutung von Arbeitskräften, die bereits genannten Umweltverschmutzungen in der Nähe der Produktionsstätten und die Nutzung „unsauberer“ Energiequellen.

Nach dem Motto „es gibt immer ein Land in dem Arbeiter billiger sind“ lässt sich in vielen Teilen der Welt Arbeitsmigration beobachten. Der Film „Blue Elephants“ (zu finden auf YouTube) arbeitet beispielsweise dieses Thema auf und zeigt das Leben und die Arbeit indonesischer Arbeitsmigranten in Malaysia. Obwohl das Lohnkostenniveau in Malaysia deutlich unter dem europäischer Länder liegt, lohnt es sich für die dort ansässigen Firmen Arbeiter aus Indonesien zu beschäftigen. Ganze Agenturen haben sich darauf spezialisiert diese Arbeiter zu werben, ins Land zu holen und den Transport zu den Firmen und wieder zurück zu organisieren. Untergebracht werden die Arbeiter oft unter katastrophalen Bedingungen. In dem Film wird unter anderem gezeigt, unter welchen Umständen die Arbeitermigranten in den „Malaysia Highs“ leben. Es handelt sich dabei um einen Hochhauskomplex, welcher vorher rund 10.000 Menschen Unterkunft geboten hat, jedoch für die heimische Bewohner wegen Einsturzgefahr geschlossen wurde. Auch während der Arbeit selber sind die Arbeits- und Sicherheitsbedingungen oft nicht angemessen. So wurde unter anderem von der Kampagne makeIT-

Fair aufgedeckt, dass bei der iPhone-Produktion die Arbeiter unbezahlten zu Überstunden gezwungen, sowie von ihren Vorgesetzten psychisch unter Druck gesetzt wurden. Außerdem mussten sie sich giftigen Chemikalien und Dämpfen aussetzen.<sup>11</sup> Die Zustände, über die berichtet wurde, stellen in dieser Branche leider keinen Einzelfall dar.<sup>12</sup>

Ein weiteres Problem aus Sicht der Green IT ist die Höhe und der Ort an dem die Energiekosten anfallen. Wie bereits zuvor erwähnt, wird für die Produktion (zumindest im privaten Bereich) mehr Energie benötigt, als insgesamt für den Betrieb der IT-Hardware. Dies bedeutet aus EU-Sicht, dass die meiste Energie mit Energiemixen außerhalb dieser gedeckt wird. Bei der Energieherstellung in China beispielsweise fallen 33% mehr CO<sub>2</sub> pro kWh an, als in Deutschland.<sup>13</sup> Im privaten Bereich entspräche dies bei einer Nutzungsdauer von 3 Jahren (Durchschnitt in Deutschland liegt bei 2-3 Jahren) und täglichem Konsum von 8 Std. bei einem Stromverbrauch von 150 W dem 2,2-fachen Energieverbrauch<sup>14</sup> und dem dreifachen CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Ländern, in denen der PC hergestellt wurde. China beispielsweise plant, trotz der Ereignisse in Fukushima den Ausbau der Kernenergie. Obwohl die Kernenergie im Vergleich zu anderen Energiequellen eine niedrige CO<sub>2</sub>-Emission aufweist, bereiten die Überreste der Brennstäbe bei der Entsorgung große Probleme. Entsprechend sollte von dieser Art der Energiegewinnung abgesehen werden.

Die Rechnung zeigt aber auch, wie wichtig im privaten Bereich, trotz steigendem Gesamtenergieverbrauch, eine möglichst lange Nutzungsdauer und das Einsparen von Energie während der Produktion sind. Im geschäftlichen Bereich verhält es sich durch die höhere Nutzungszeit genau umgekehrt. Dort fallen vor allem Energieeinsparungen während des Betriebes ins Gewicht. Näheres dazu im folgenden Abschnitt, der Verwendung.

---

<sup>11</sup> (Against, 2011)

<sup>12</sup> Weitere Berichte: (WEED, 2008) (Weed, 2007) (CEREAL, 2007)

<sup>13</sup> (Umweltbundesamt, 2011) (Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland, 2012) (Ritter, 2010) – *Es wurden gleiche CO<sub>2</sub>-Ausstöße je Kraftwerkstyp in China und Deutschland unterstellt*

<sup>14</sup>  $3.000 \text{ kWh} / (3 * 365 \text{ Tage} * 8 \text{ Std.} * 150 \text{ W}) = 1.314 \text{ kWh} = 2,28$

## Verwendung

Da während der Verwendung nur indirekt durch die Stromproduktion Rohstoffverbräuche anfallen, beschäftigt sich dieser Abschnitt hauptsächlich mit dem Energieverbrauch und entsprechenden Einsparmöglichkeiten.

Der EU-Energy Star ist eine im Jahr 2003 eingeführte Produktkennzeichnung für besonders energie-

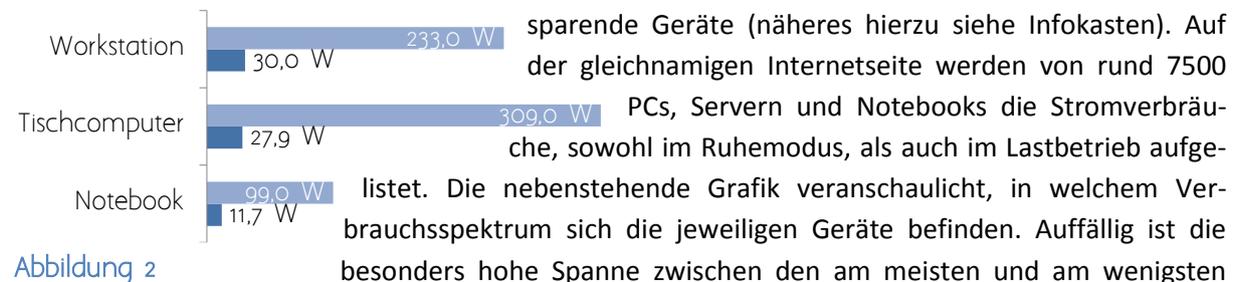


Abbildung 2

sparende Geräte (näheres hierzu siehe Infokasten). Auf der gleichnamigen Internetseite werden von rund 7500 PCs, Servern und Notebooks die Stromverbräuche, sowohl im Ruhemodus, als auch im Lastbetrieb aufgelistet. Die nebenstehende Grafik veranschaulicht, in welchem Verbrauchsspektrum sich die jeweiligen Geräte befinden. Auffällig ist die besonders hohe Spanne zwischen den am meisten und am wenigsten verbrauchenden Geräten. Obwohl prinzipiell der Grundsatz gilt, je mehr Rechenleistung benötigt wird, desto mehr Energie wird auch verbraucht, setzen viele Hersteller bereits auf ausgefallene Energiesparmaßnahmen und arbeiten aktiv an der Erhöhung der Energieeffizienz der einzelnen Komponenten. Beispielhaft sei die Turbo Boost Technologie bei Prozessoren genannt, welche die Leistung des Prozessors dynamisch an die jeweiligen Anforderungen anpasst, oder die Wirkungsgraderhöhung der Netzteile. Aktuelle Netzteile weisen einen Wirkungsgrad von 90 Prozent auf und somit werden nur noch 10% der Energie anhand von Abwärme und sonstigen Schmutzeffekten verbraucht. Die restlichen 90% werden der Hardware zur Verfügung gestellt. Somit wird dem Grundsatz widersprochen, denn ein PC, der mit so einem Netzteil ausgerüstet ist, ist in der Lage die gleiche Rechenleistung bei weniger Energieverbrauch bzw. -verlust zu erbringen.



### Energy Star

#### *Kennzeichnung für stromsparende Bürogeräte*

Der Energy Star war ursprünglich eine US-amerikanische Kennzeichnung für energiesparende Geräte, Baustoffe und Gebäude. Er definiert für die jeweiligen Geräte energetische Grenzwerte, welche diese einhalten müssen, um sich mit diesem Gütesiegel schmücken zu dürfen. Im Jahr 2003 wurde durch eine EU-Verordnung der EU-Energy Star eingeführt, welcher den gleichen Zweck erfüllen sollte wie sein amerikanisches Pendant. Jeder Gerätehersteller, dessen Geräte die Grenzwerte einhalten darf seinen Geräten mit dem Energy Star versehen. Es finden keine Kontrollen statt. (Wikipedia, 2011)

Aus diesem Grund ist die Forschung in entsprechende Energiesparmaßnahmen von großer Bedeutung. Der EU-Energy Star war 2003 einer der ersten Ansätze die Hersteller für Energie effiziente Bauweisen zu gewinnen. Da jedoch rund 70%<sup>15</sup> der auf dem Markt befindlichen Geräte die gestellten Anforderungen bereits erfüllten, war und ist der Ansporn dieses Gütesiegel für die eigenen Geräte zu erlangen, relativ gering. Zudem erfolgt keinerlei Kontrolle, sodass die Produzenten durch Spielräume

<sup>15</sup> (Wikipedia, 2011)

in den Messungen ein Schlupfloch geboten bekommen, welches die Produktkennzeichnung dennoch ermöglicht.

Das Nachfolgende Rechenbeispiel soll die Verbrauchsunterschiede im privaten und im geschäftlichen Betrieb verdeutlichen. Bei dem PC wurde von einem durchschnittlichen Energieverbrauch von 80W und einer Nutzung von 5 Std pro Tag ausgegangen. Für den Server (beispielsweise ein Webserver oder Fileserver) wurde hingegen von einer Leistung von 300W im Betrieb ausgegangen. Der Mehrverbrauch resultiert in vielen Fällen aus der Verwendung von mehreren CPUs, redundanten Netzteilen und mehreren (schnelleren) Festplatten. Der Server sollte in diesem Beispiel 24h pro Tag zur Verfügung stehen. Der Strompreis und der CO<sub>2</sub> Ausstoß entsprechen dem durchschnittlichen deutschen Energiemix bzw. Energiepreis.

### Rechenbeispiel PC

---

Durchschnittsverbrauch	80 W = <b>0,08 kW</b>
Nutzungsdauer pro Jahr	365 Tage x 5 Std = <b>1.460 Std</b>
Stromverbrauch pro Jahr	0,08 kW x 1.460 Std = <b>116,8 kWh</b>
Stromkosten	116,8 kWh x 0,25€/kWh = <b>29,2€</b>
CO <sub>2</sub> Emission	116,8 kWh x 563 g/kWh = <b>65,76 kg/Jahr</b>

### Rechenbeispiel Server

---

Durchschnittsverbrauch	300 W = <b>0,3 kW</b>
Nutzungsdauer pro Jahr	365 Tage x 24 Std = <b>8.760 Std</b>
Stromverbrauch pro Jahr	0,3 kW x 8.760 Std = <b>2.628 kWh</b>
Stromkosten	2.628 kWh x 0,25€/kWh = <b>657 €</b>
CO <sub>2</sub> Emission	2.628 kWh x 563 g/kWh = <b>1.4 t/Jahr</b>

An diesem Rechenbeispiel lässt sich sehr schön erkennen, wie bedeutend Energiesparmaßnahmen im Serverbereich sind. Die längere Nutzungszeit pro Tag und die höhere Leistungsaufnahme sind dafür verantwortlich, dass in dem Beispiel der Server pro Jahr das 22,5 fache an Energie verbraucht als der PC. Da der Server immer zur Verfügung steht, ist die einzige Möglichkeit um den Verbrauch zu reduzieren, stromsparendere Hardware einzusetzen bzw. durch Virtualisieren an der Hardware allgemein zu sparen.<sup>16</sup>

Bei dem PC bzw. Client lässt sich zusätzlich an der Nutzungsdauer pro Tag sparen. Aus dem PC Energy Report 2009 geht beispielsweise hervor, dass 50% der Angestellten in der USA ihren PC über Nacht bzw. über das Wochenende nicht herunterfahren und dass dadurch alleine 20 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> mehr produziert werden. Als Gründe wurde genannt, dass andere Personen den PC noch benutzen (22%), der PC sich alleine herunterfährt (16%), es zu lange dauert (18%), sie es vergessen (8%), oder um Updates nachts zu ermöglichen (7%).<sup>17</sup> Dieser unnötige Energieverbrauch ließe sich mit Einsatz einer geeigneten Power Management Software vermeiden. Die Software überwacht die Clients, führt automatisch Updates inklusive Energiesparplänen durch und fährt die PCs nach vorgegeben Regeln automatisch herunter. Eine weitere Möglichkeit wäre der Einsatz von ThinClients, diese benötigen

---

<sup>16</sup> *Obwohl der Energieverbrauch der Kühlung in Rechenzentren eine große Rolle spielt, wurde dieser hier nicht weiter betrachtet*

<sup>17</sup> (Karayi, 2009)

allgemein im Betrieb deutlich weniger Energie und müssen, da diese selber nur ein minimales Betriebssystem besitzen, kaum bis gar nicht aktualisiert werden. In dem Report wurde zusätzlich berechnet, dass sich durch diese Einsparmaßnahmen bei einem Unternehmen mit 10.000 Clients 285.000 € an Energiekosten einsparen ließen. Somit wäre dies auch aus wirtschaftlicher Sicht eine lohnende Maßnahme.

Im privaten Bereich wird durch den häufigen Gerätewechsel und die relativ kurze Nutzungsdauer von 2 bis 3 Jahren durchschnittlich sehr viel Energie vergeudet. Wie bereits zuvor erwähnt wird für die Herstellung eines PCs rund 3.000kWh benötigt, während durchschnittlich durch den Betrieb rund 1.500 kWh verbraucht werden. In Deutschland besitzen von den 36,52 Mio Haushalten rund 80,8% einen PC. Dies entspricht einer Gesamtanzahl von 29,51 Mio. Würden jetzt alle Computer anstatt 3 Jahren, 4 Jahre benutzt werden, könnten 2,44 Mio Computer und somit insgesamt 7,23 gWh eingespart werden. Dies entspricht 2% unseres jährlichen Energiebedarfs bzw. einer Menge von 4.000 Tonnen CO<sub>2</sub>.

### Rechenbeispiel Nutzungsdauerverlängerung

Haushalte in Deutschland	36,521 Mio
Haushalte mit Computer	$80,8\% \times 36,521 \text{ Mio} = 29,51 \text{ Mio}$
Neukäufe pro Jahr	
- 3 Jahre Nutzungsdauer	$1/3 \times 29,51 \text{ Mio} = 9,84 \text{ Mio}$
- 4 Jahre Nutzungsdauer	$1/4 \times 29,51 \text{ Mio} = 7,40 \text{ Mio}$
Differenz Neukäufe	2,44 Mio
Energiebedarf Herstellung	$2,44 \text{ Mio} \times 3.000\text{kWh} =$ $7\,230\,000 \text{ kWh} = 7,23 \text{ gWh}$

Ähnliche Ergebnisse lassen sich durch Vermeidung von Zweitgeräten erzielen. Viele Haushalte besitzen längst neben dem eigentlichen PC bzw. Notebook, zusätzliche Netbooks oder Tablet PCs. Deren Gesamtenergiebilanz liegt zwar unter der des PCs und den Notebooks, jedoch sind diese Geräte wegen ihrer Beschränkten Einsatzmöglichkeit (aktuell) kein Substitut. Eine weitere Schwäche dieser Geräte ist die oft mangelnde Aufrüstmöglichkeit.

Nichts desto trotz wird diese Entwicklung einen Fortschritt für die Umwelt bedeuten, denn diese Geräte lassen sich dank steigender Internetbandbreiten als eine Art ThinClient verwenden. Einige Firmen haben sich bereits darauf spezialisiert für diese Tablets Client-Server basierte Lösungen anzubieten mit denen diese Geräte eine echte Alternative zum stationären PC werden. Die Firma onLive ermöglicht es beispielsweise, auf iOS und Android basierten Tablets gehostete Windows Systeme inklusiver vollwertiger Office Suite zu benutzen oder sogar Playstation Spiele auf den entsprechenden Geräten zu spielen. Die physischen Endgeräte werden von den Nutzern nicht mehr benötigt und die Leistung im Rechenzentrum kann dynamisch verteilt und je nach Auslastung angepasst werden.

## Entsorgung

Durch die relativ kurze Nutzungsdauer von PCs und deren großen Verbreitung entstand allein in Deutschland 2006 Abfall von 314.898 Tonnen. Dies entspricht circa 8,5 kg Elektroschrott pro Haushalt und Jahr.<sup>18</sup> In den elektronischen Bauteilen werden unzählige seltene Rohstoffe aufgrund ihrer elektrischen Eigenschaften verbaut. Teilweise geht von diesen Stoffen (Brom, Cadmium, Quecksilber beispielsweise) eine Umweltgefährdung aus und deshalb müssen diese Stoffe aus dem Elektroschrott separiert und gesondert entsorgt werden. Die Menge an derartigen Abfall ist in den letzten Jahrzehnten rapide angestiegen, sodass sich die Politik gezwungen sah dieser Entwicklung entgegenzuwirken um so eine vorschriftsgemäße Entsorgung sicherzustellen. Aus diesem Grund wurde die EG Richtlinie 2002/96/EG (näheres siehe Infokasten) beschlossen, welche die Hersteller für die Weiterverarbeitung des Elektroschrotts in die Pflicht nehmen sollte.



### WEEE

#### *EG-Richtlinie 2002/96/EG zur Reduzierung des Elektronikschrotts aus nicht mehr benutzten Elektro- und Elektronikgeräten*

Die „Waste Electrical and Electronic Equipment“ (WEEE)-Richtlinie der EU trat im Januar 2003 mit dem ElektroG-Gesetz in Deutschland in Kraft und sollte die Hersteller der Elektronikgeräte für die Entsorgung dieser in die Verantwortung nehmen. Dies sollte dazu beitragen, dass gefährliche und schwer entsorgbare Stoffe in den Elektrogeräten vermieden oder zumindest deren Konzentration verringert werden. Durch vorgegebene Recyclingquoten werden die Hersteller dazu gezwungen einzelne Komponenten wiederzuverwenden. (IZM)

Dieses Gesetz hat erfreulicher Weise seine Wirkung gezeigt und so ist die Verwertungsquote mit 95,3% der Geräte in Deutschland und der gesamten EU relativ hoch. Verwertung bedeutet in diesem Fall, dass der entstandene Elektroschrott gesammelt, getrennt und dann entsprechend entsorgt bzw. wiederverwendet wird. Der Anteil an recycelten Materialien lag 2006 bei 77,8%. Wie zuvor erwähnt ist die Nutzungsdauer der Geräte für deren Energiebilanz und für die Menge an entstehendem Abfall entscheidend. Ein Weg um diese

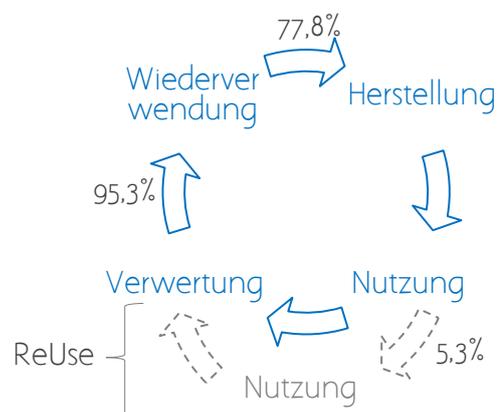


Abbildung 3<sup>17</sup>

Zeit zu erhöhen ist der Weg des ReUses. In diesem Fall wird die Hardware nachdem sie für ihren ursprünglichen Einsatzzweck nicht mehr ausreichend ist an einem anderen Einsatzort ggfs. durch Weiterveräußerung eingesetzt. Ein Highend-Fileserver könnte zum Beispiel nach seinem dortigen Einsatz an anderer Stelle, an der die Geschwindigkeit vielleicht nicht von hoher Bedeutung ist, als Backupserver weiterverwendet werden. Im kommerziellen Bereich wird dieses Vorgehen bereits gelebt. Nur im privaten Bereich werden die Altgeräte, oft aus persönlichen Gründen, oder weil der monetäre Gegenwert zu stark gesunken ist, nach ihrer Nutzung nicht abgegeben bzw. weiterveräußert. Hierdurch wird der ReUse-Kreislauf unterbrochen, da die Geräte in

<sup>18</sup> (Umweltbundesamt, 2008)

den privaten Haushalten gelagert werden und oft erst entsorgt werden, wenn es für einen erneuten Gebrauch zu spät ist. Aus diesem Grund liegt die Quote an wiederverwendeter Hardware in Deutschland bei nur knapp 5,3%.

Analog zur Produktion von Elektrogeräten kann es für die Hersteller rentabel sein, die Entsorgung in Drittländer auszulagern. Da in diesen Ländern jedoch oft unter katastrophalen Bedingungen und unter Lebensgefahr der Abfall von der Entsorgungsindustrie lebenden Bevölkerung entsorgt wird, wurde versucht mit dem Basler Übereinkommen diese Praxis zu unterbinden. Für alle EU-Staaten wurde dieses Übereinkommen verbindlich, jedoch weigert sich die USA bis heute dieses Übereinkommen zu ratifizieren. Dabei exportieren die Vereinigten Staaten von Amerika rund 80% ihres Elektroschrotts.<sup>19</sup>



## Basler Übereinkommen

### *über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbindungen gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung*

Das Basler Übereinkommen vom 22. März 1989 wurde durch die EU-Abfallverbringungsordnung für alle EU-Mitgliedsstaaten verbindlich. Das Gesetz bzw. Übereinkommen soll das internationale Abfallmanagement regeln und verbietet unter anderem den Export von Elektroschrott in Drittländer. Die Teilnehmerländer werden dazu verpflichtet die vorschriftsmäßige Entsorgung der Abfälle durch die Hersteller zu überwachen und zu kontrollieren. (Eidgenossenschaft, 2011)

Einige Hersteller und Entsorgungsfirmen aus den ansonsten 170 Staaten, die dieser Vereinbarung beigetreten sind, nutzen Schlupflöcher um dennoch von dem lukrativen Müllexport zu profitieren. Dabei wird der Elektroschrott als Altgeräte zur Entwicklungshilfe an Verwerter in den Drittländern verkauft und somit, da es sich offiziell nicht um Elektroschrott handelt, das Basler Übereinkommen übergangen.<sup>20</sup>



Abbildung 4

Dort angekommen wird der Müll von Verwertern getrennt und aufbereitet. Das Prinzip dabei ist relativ simple: die Verwerter sammeln den Müll an einer Stelle und gewähren den dort lebenden Einwohnern Zutritt. Diese extrahieren mit einfachsten Mittel die Rohstoffe und verkaufen diese dann wieder an die Verwerter. Das nebenstehende Bild zeigt beispielsweise, wie Kinder versuchen durch das Verbrennen von Styropor, das Feuer mit dem sie die Isolierung der Kabel verbrennen wollen zu verstärken. Die bei dieser Verbrennung entstehenden giftigen Gase werden in Kauf genommen. Diese stellen nicht nur für die direkt an der Müllverwertung beteiligten Arbeiter eine Gefahr dar, sondern gelangen auch in das Trinkwasser und betreffen somit das gesamte Ökosystem – spätestens durch Lebensmittellieferungen gelangen die Giftstoffe dann auch wieder zurück zu dem wahren Verursacher!

<sup>19</sup> (Schade, 2003)

<sup>20</sup> (Arndt Lotte & Bormann, 2007)

## Fazit

Möchte sich ein Verbraucher mit einem guten grünen Gewissen eine neue Hardware zulegen, sollte dieser im ersten Moment innehalten und überlegen, ob es wirklich neue Geräte sein müssen, oder ob die alten Geräte wieder aufgerüstet werden könnten. Denn wie bereits gezeigt, können durch eine längere Nutzung der Altgeräte enorme Energiesparpotentiale freigesetzt werden.

Soll es dennoch ein Neugerät sein, steht der Käufer vor dem Problem, welchem Hersteller er in Punkto Umweltbewusstsein vertrauen kann. Die lange Lieferkette macht es nicht nur für Regierungen schwierig die Hersteller zu überwachen, sondern vor allem für den Endkunden. Um dennoch schnell einen geeigneten Hersteller zu finden und diesen für seine Umweltbemühungen durch einen Kauf zu belohnen bietet sich der „guide to greener electronics“ der Organisation Greenpeace an. In diesem Ranking werden die bekanntesten IT-Hardwarehersteller in den Kategorien Energieverbrauch, grüne Produkte und nachhaltige Handlungen bewertet und entsprechend gerankt. Zu jedem Hersteller steht auf der Seite ein Report zum Download

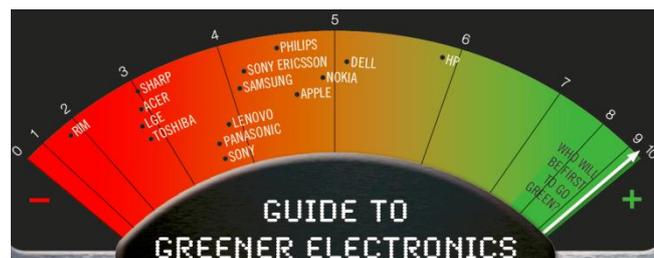


Abbildung 5

bereit, in dem die Einzelbewertungen in den jeweiligen Kategorien genauer aufgelistet werden. Das Ranking wird ungefähr im vierteljährigen Modus aktualisiert und gibt daher einen recht aktuellen Einblick. Sollte der Verbraucher nun zwischen zwei oder mehreren gleichartigen Geräten unentschieden sein, bietet es sich an dem höher gepunkteten Hersteller den Zuschlag zu geben. Des Weiteren sollte nach der Übergangszeit das alte Gerät möglichst schnell auf den Markt gebracht werden und kein tristes Dasein in der Schublade fristen. Der Gebrauchtwarenmarkt in Deutschland und indirekt damit einhergehend die ReUse-Quote sind sehr niedrig, obwohl dieser Weg deutlich umweltfreundlicher im Vergleich zur Verschrottung und der Verwertung wäre. In den letzten Jahren beispielsweise konnte ein Trend zu Netbooks beobachtet werden. Der Verkauf dieser Geräte wuchs innerhalb eines Jahres um 71%<sup>21</sup> (im Jahr 2010 - mittlerweile geht der Trend zu Tablet-PCs) an, dabei sind diese Geräte leistungsschwach und hätten von der Verbrauchern für den gleichen Preis durch kleine, teilweise leistungstärkere, gebrauchte Business Notebooks ausgetauscht werden können.

In Vorbereitung dieser Ausarbeitung fiel auf, dass Green IT in vielen Fällen auf das Einsparen von CO<sub>2</sub> reduziert wird und in zahlreichen Berichten die ganzheitliche Betrachtungsweise fehlte. Ähnlich wie bei der Computerherstellung, müssen bei alternativen Energiequellen immer die Gesamtbilanz inklusive Herstellungs- und Entsorgungskosten zur Bewertung herangezogen werden. Ein neuer stromsparender Computer wird sehr lange laufen müssen, um einen positiven Effekt in der Gesamtbilanz erzeugen zu können und deshalb möchte ich dazu anhalten jeden aus diesen Beweggründen angeregten Kauf zu überdecken und die Kaufsumme lieber zu spenden – der ökologischste PC ist derjenige, der nie gebaut wurde!<sup>22</sup>

<sup>21</sup> (Kabodt, 2010)

<sup>22</sup> *es sei denn durch diesen PC werden sonst nicht freigewordenen Energiesparpotentiale (Bsp. Effizientere Produktionssteuerung,...) ermöglicht und somit dessen Energiebilanz ausgeglichen*

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: angelehnt an die Grafik aus (Zulieferkette eines PCs, pcglobal.org) .....	3
Abbildung 2: selbst erstellt; Datenbasis EU Energystar, Stand 2011 .....	6
Abbildung 3: selbst erstellt; Datenquelle (Umweltbundesamt, 2008).....	9
Abbildung 4: entnommen aus (greenpeace, Where does e-Waste end up?, 2009).....	10
Abbildung 5: entnommen und bearbeitet aus (greenpeace, Guide to Greener Electronics, 2001) .....	11

## Literaturverzeichnis

- Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland. (09. 03 2012). Abgerufen am 15. 03 2012 von CO<sub>2</sub> Emissionen vergleichen: <http://www.co2-emissionen-vergleichen.de/Stromerzeugung/CO2-Vergleich-Stromerzeugung.html>
- Against, S. &. (24. 09 2011). *iSlave behind the iPhone Foxconn Workers in Central China*. Abgerufen am 2012. 01 04 von makeitfair.org: <http://makeitfair.org/en/the-facts/reports/islave-behind-the-iphone>
- Arndt Lotte, & Bormann, S. (08 2007). *Unsichtbare Kosten- Ungleiche Verteilung ökologischer Risiken in der globalen Computerindustrie*. Abgerufen am 05. 03 2012 von pcglobal.org: [http://pcglobal.org/files/WEED\\_UnsichtbareKosten\\_klein\\_2007.pdf](http://pcglobal.org/files/WEED_UnsichtbareKosten_klein_2007.pdf)
- Brigden, K. L. (Februar 2007). *Greenpeace*. Abgerufen am 08. 01 2012 von Cutting Edge Contamination - A Study of Environmental Pollution during the manufacture of Electronic Products: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2007/2/cutting-edge-contamination-a.pdf>
- CEREAL. (2007). *Electronics Multinationals and Labour Rights in Mexico*. Abgerufen am 19. 03 2012 von pcglobal.org: [http://pcglobal.org/files/Electronics%20multinationals%20and%20Labour%20Rights%20in%20Mexico\\_Cereal.pdf](http://pcglobal.org/files/Electronics%20multinationals%20and%20Labour%20Rights%20in%20Mexico_Cereal.pdf)
- Czajka, S. (2011). *Deutsches Statistisches Bundesamt*. Abgerufen am 2012. 01 03 von destatis.de: [http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/Informationsgesellschaft/InternetnutzungHaushalte\\_\\_82011,property=file.pdf](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/Informationsgesellschaft/InternetnutzungHaushalte__82011,property=file.pdf)
- Eidgenossenschaft, S. (09. 11 2011). *Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung*. Abgerufen am 04. 01 2012 von Schweizerische Eidgenossenschaft: [http://www.admin.ch/ch/d/sr/0\\_814\\_05/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/0_814_05/index.html)
- Gartner. (25. 03 2011). *Gartner*. Abgerufen am 04. 01 2012 von <http://www.gartner.com/id=1602818>
- Gartner. (13. 06 2011). *Gartner Says Worldwide PC Shipments Increased 2.3 Percent in Second Quarter of 2011*. Abgerufen am 2012. 01 04 von <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1744216>

- global, p. (kein Datum). *Zulieferkette eines PCs*. Abgerufen am 04. 01 2012 von pcglobal.org:  
[http://pcglobal.org/files/Grafik\\_Zulieferkette%20PC.pdf](http://pcglobal.org/files/Grafik_Zulieferkette%20PC.pdf)
- greenpeace. (11 2001). *Guide to Greener Electronics*. Abgerufen am 04. 01 2012 von greenpeace.org:  
<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/cool-it/Guide-to-Greener-Electronics/>
- greenpeace. (02 2009). *Where does e-Waste end up?* Abgerufen am 04. 01 2012 von greenpeace.org:  
<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem/where-does-e-waste-end-up>
- IZM, F. (kein Datum). *Design für WEEE/RoHS/EuP Zuverlässige bleifreie Systeme*. Abgerufen am 04. 01 2012 von Fraunhofer IZM: <http://ak-bleifrei.izm.fhg.de/servlet/is/444/>
- Kabodt, F. (26. 05 2010). *Netbooks*. Abgerufen am 12. 03 2012 von areamobile.de:  
<http://www.areamobile.de/news/15420-netbooks-verkaufszahlen-steigen-um-71-prozent>
- Karayi, S. (2009). *PC Energy Report 2009*. Abgerufen am 2012. 01 04 von 1E:  
[http://www.1e.com/EnergyCampaign/downloads/PC\\_EnergyReport2009-UK.pdf](http://www.1e.com/EnergyCampaign/downloads/PC_EnergyReport2009-UK.pdf)
- Olma, A. (30. 06 2011). *Die vierte Auflage*. Abgerufen am 04. 01 2012 von iphoneblog.de:  
<http://www.iphoneblog.de/2010/07/30/m-games-kolumne-august-2010/>
- PC Global. (kein Datum). Abgerufen am 2012. 01 04 von  
[http://pcglobal.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=3&Itemid=36](http://pcglobal.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=3&Itemid=36)
- Prehl, S. (kein Datum). *Utopia.de*. Abgerufen am 2011. 12 14 von  
<http://www.utopia.de/ratgeber/green-it-mein-oeorrechter-rechner-zur-cebit-neue-pcs-computer-apple-fijitsu?all>
- Ritter, D. K. (04 2010). *Energiemarkt China*. Abgerufen am 2012. 01 04 von EITEP - Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH:  
[http://www.eitep.de/de/pdf/press\\_energiemarkt\\_china.pdf](http://www.eitep.de/de/pdf/press_energiemarkt_china.pdf)
- Schade, J. (2003). *US-Unilateralismus als Problem von internationaler Politik und Global Governance (INEF-Report 70)*. Duisburg.
- Schaerer, T. (22. 06 2007). *Elektronik Kompendium*. Abgerufen am 04. 01 2012 von  
<http://www.elektronik-kompendium.de/public/schaerer/eschrott.htm>
- Siegel, A. R. (2000. 06 07). *Oekobilanz eines PCs*. Von <http://hossa.frank-siegel.de/studium/oekobilanz/oekobilanz.ppt> abgerufen
- Umweltbundesamt. (05. 09 2008). *Elektro- und Elektronikgeräte in Deutschland: Daten 2006 zu Erfassung, Wiederverwendung und Behandlung*. Abgerufen am 05. 01 2012 von Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadPrint.do?ident=15675>

Umweltbundesamt. (03 2011). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2009 und erste Schätzung 2010*. Abgerufen am 01. 04 2012 von Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf>

Weed. (2007). *High-Tech Sweatshops in China. Arbeitsrechte im internationalen Standortwettbewerb*. Abgerufen am 19. 03 2012 von pcglobal.org: [http://pcglobal.org/files/WEED\\_hightech-sweatshops\\_2007.pdf](http://pcglobal.org/files/WEED_hightech-sweatshops_2007.pdf)

WEED, S. u. (2008). *The Dark Side of Cyberspace. Studie über die Arbeitsbedingungen bei Zulieferunternehmen von Fujitsu Siemens Computers, Dell und Lenovo*. Abgerufen am 19. 03 2012 von pcglobal.org: [http://pcglobal.org/files/WEED-SACOM-DarkSideOfCyberspace\\_2008.pdf](http://pcglobal.org/files/WEED-SACOM-DarkSideOfCyberspace_2008.pdf)

Wikipedia. (07. 12 2011). *Energy Star*. Abgerufen am 04. 01 2012 von Wikipedia: [http://de.wikipedia.org/wiki/Energy\\_Star](http://de.wikipedia.org/wiki/Energy_Star)

Wikipedia. (05. 12 2011). *Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)*. Abgerufen am 04. 01 2012 von <http://de.wikipedia.org/wiki/RoHS>