

Faktenblatt zur Dienstleistung 'Internet Schweiz'

Nachhaltige Materialbewirtschaftung

Wenn wir Produkte oder Dienstleistungen beanspruchen, setzen wir direkt und indirekt Material in Bewegung. So muss z.B. für die Herstellung eines Kugelschreibers mit Hilfe von Energie eine bestimmte Menge Metall, Kunststoff und Farbstoff gewonnen werden. Diese Materialien werden zu einem grossen Teil im Ausland gewonnen und verarbeitet, so dass in der Schweiz konsumierte Produkte und Dienstleistungen sowohl hier wie auch dort Auswirkungen auf die Umwelt haben. Nachhaltige Materialbewirtschaftung hat zum Ziel, Umweltbelastungen und gesellschaftliche Probleme im Zusammenhang mit unserem Materialkonsum zu minimieren.

Das Faktenblatt zur Dienstleistung 'Internet Schweiz' führt den Leser in das Konzept der nachhaltigen Materialbewirtschaftung ein und beschreibt die ökologisch relevanten Material- und Energieflüsse in der Schweiz und im Ausland, die an diese Dienstleistung gekoppelt sind. Mit Hilfe von Lebenswegbetrachtungen und Materialflussdiagrammen werden wichtige Zusammenhänge aufgezeigt und Handlungsfelder zur Verkleinerung der Umweltbelastungen durch Materialkonsum beschrieben. Die Empa erarbeitete das Faktenblatt im Auftrag des BAFU.

1 Internet in der Schweiz

Das Internet ist ein globales Netzwerk, welches aus vielen kleinen Netzwerken aufgebaut ist und sich stetig verändert und weiterentwickelt. Die Dienstleistung 'Internet Schweiz' umfasst viele verschiedene Dienstleistungen, wie zum Beispiel das 'World Wide Web' (www), 'E-Mail', 'Instant Messaging' und 'File Transfer Protocol' (ftp). Andere Kommunikationsmedien wurden an die auf dem 'Internet Protocol' (IP) basierende Technologie angepasst, um Dienstleistungen wie 'Voice over Internet Protocol (VoIP) oder Internet-Fernsehen (IPTV) anzubieten.

Diese Dienstleistungen können von Internet-Anbietern (Provider) über verschiedene Zugangstechnologien bezogen werden. Die heute in der Schweiz am meisten verbreiteten Technologien sind der Zugang über das Telefonkabel (DSL, digital subscriber line), über das Fernsehkabel, direkt über Glasfaserkabel oder über das Mobilfunknetz (UMTS/GSM).

Nutzer des Internets sind Haushalte und Unternehmen verschiedenster Grössen und allen Wirtschaftssektoren. Auch Rechenzentren gehören zu den Internetnutzern.

2 Materialverbrauch

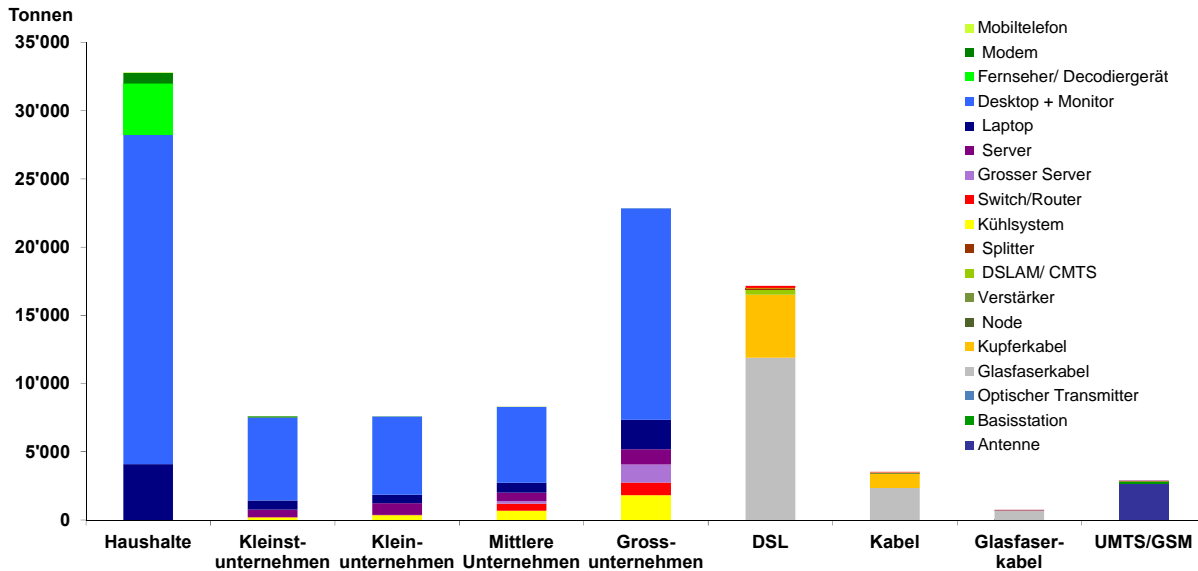
Obwohl es sich beim Internet um 'virtuelle' Dienstleistungen handelt, ist eine umfassende Infrastruktur notwendig. Die Infrastruktur der Dienstleistung 'Internet Schweiz' wird zum einen von den Internet Providern zur Verfügung gestellt. Dies sind z.B. Kabel für den Datentransfer, Antennen für das mobile Internet oder Router um den Datenverkehr an den richtigen Ort zu lenken. Einen anderen wichtigen Teil der Infrastruktur ist im Besitz der Internetnutzer. So verfügen in der Schweiz über 80% der Haushalte über mindestens einen Computer mit Internetzugang. Auch Unternehmen verfügen über Computer, Server (z.B. zum Speichern von Emails, Daten einer Webseite etc.), Router und Switches zum Lenken des Datenverkehrs sowie die für diese Geräte nötigen Kühlsysteme.

Da jedoch ein Computer oder ein Mobiltelefon nicht die gesamte Nutzungszeit für das Internet gebraucht wird, wird nur ein bestimmter Anteil eines jeden Gerätes der Internet-Infrastruktur angerechnet (Allokation). So gehören zurzeit im Schnitt nur rund 10% eines Mobiltelefons zur Internet-Infrastruktur, die restlichen 90% der Nutzungszeit wird es zum Telefonieren gebraucht, was eine andere Infrastruktur beansprucht.

Insgesamt beträgt die Gesamtmasse der Internet-Infrastruktur der Schweiz (alle Zahlen beziehen sich auf 2009) rund 100'000 Tonnen. Haushalte und Grossunternehmen haben bei den Nutzern den grössten Anteil

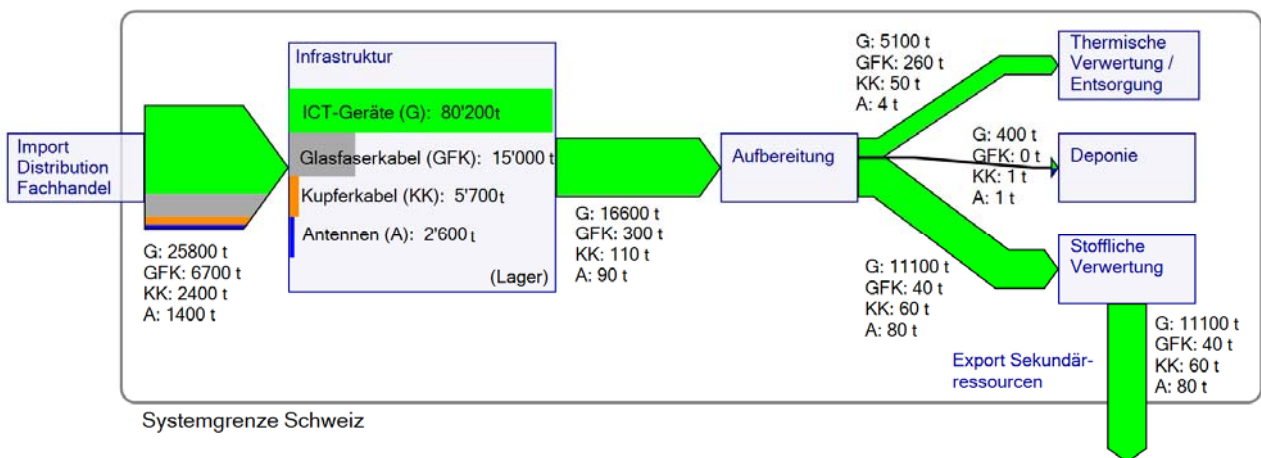
daran. Bei den Providern verfügen die DSL-Provider (z.B. Swisscom, Sunrise), welche über 70% des Schweizer Internet-Marktes abdecken, über die grösste Infrastruktur (Abbildung 1). Die Infrastruktur der Nutzer besteht zum grössten Teil aus Desktop- und Laptop Computern, diejenige der Provider hauptsächlich aus Glasfaser- und Kupferkabel.

Abbildung 1: Materialverbrauch der Internetnutzer und -Provider im Jahr 2009 in Tonnen, aufgeteilt nach Geräten. Wichtig: diese Materiallager sind allozierte Werte und die gesamte sekundäre Infrastruktur für deren Unterbringung ist nicht berücksichtigt.



Um diese Infrastruktur zu erhalten und erweitern werden in der Schweiz pro Jahr über 36'000 Tonnen Geräte, Kabel und Antennen importiert und installiert. Gleichzeitig werden rund 17'000 Tonnen ausgedientes Material entsorgt. Die Internet-Infrastruktur in der Schweiz wächst also stetig an. Aufgrund der kurzen Lebensdauer der Geräte der Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) von nur 2-10 Jahren und der langen Lebensdauer von Kabel (50 Jahre) und Antennen (30 Jahre), sind in der Entsorgung fast nur ICT-Geräte vorzufinden (Abbildung 2).

Abbildung 2: Aufteilung der totalen Massenflüsse 2009 auf die vier Hauptkomponenten der Infrastruktur; ICT-Geräte (G), Glasfaserkabel (GFK), Kupferkabel (KK) und Antennen (A), in Tonnen. Wichtig: diese Materiallager und -flüsse sind allozierte Werte und die gesamte sekundäre Infrastruktur für deren Unterbringung ist nicht berücksichtigt.



Von den rund 17'000 Tonnen Geräte, welche 2009 in die Aufbereitung gelangten, wurden über 66% stofflich verwertet und so wertvolle Ressourcen zurück gewonnen. Dazu gehören Eisen, Aluminium, Kupfer, Edelmetalle, Schwermetalle sowie Glas. Rund 32% der Materialien werden verbrannt. Dies betrifft vor

allem Kunststoffe, die wegen verbotener Flammschutzmittel nicht mehr stofflich verwertet werden können. Die anfallenden Verbrennungsrückstände, weniger als 2%, werden deponiert.

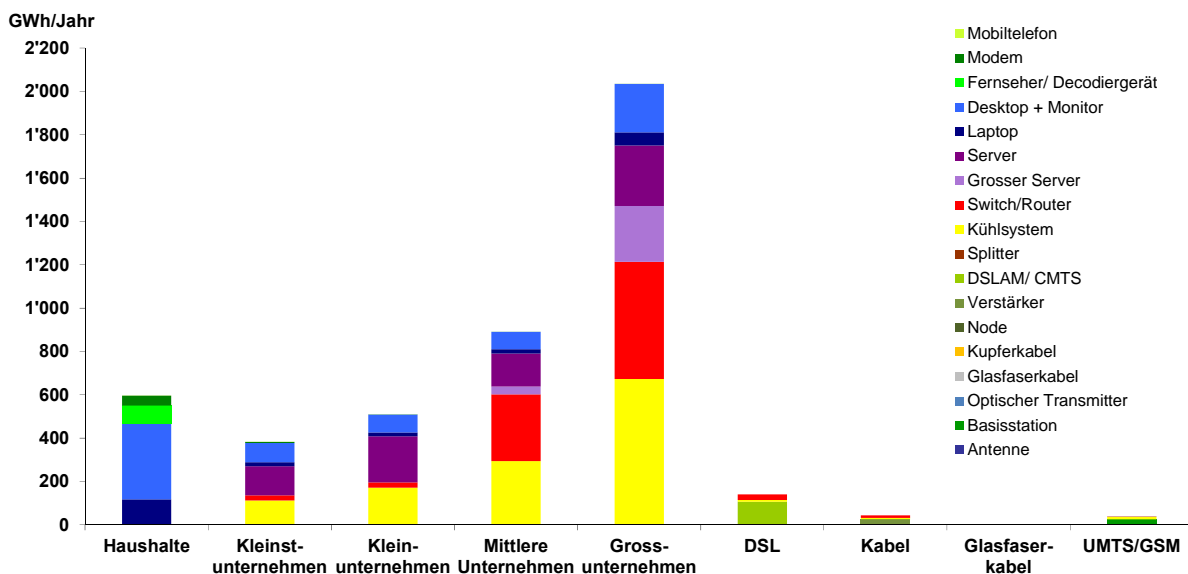
3 Energieverbrauch

Der Betrieb der Internet-Infrastruktur in der Schweiz verursacht einen Energieverbrauch von 4'640 GWh/Jahr (530 MW) was rund 7.8 % des gesamten Elektrizitätskonsums in der Schweiz ausmacht. Gemäss einer Analyse des Schweizer Energieverbrauchs betrug im Jahr 2006 der Anteil des Betriebs von ICT sowie Unterhaltungselektronik rund 5.4% des Schweizer Stromverbrauchs und laut einer deutschen Studie macht der Betrieb von ICT in Deutschland bis zu 9.4% des gesamten Stromverbrauchs aus.

Viel Energie konsumieren diejenigen Geräte, welche während 24 Stunden in Betrieb sind. Dazu gehören bei den Unternehmen hauptsächlich Server, Router und Switches, sowie die dazugehörigen Kühlsysteme. Diese Geräte sind oft in grösseren Rechenzentren zu finden. Der Anteil der Computer am Energieverbrauch ist wesentlich geringer als am Materialverbrauch, da Computer in Unternehmen nur während der Arbeitszeit und auch in Haushalten nur einige Stunden am Tag genutzt werden.

Der Energiekonsum der Internetprovider ist mit total 220 GWh/Jahr rund 20 mal tiefer als derjenige aller Nutzer mit 4'410 GWh/Jahr. Dies kommt einerseits daher, dass die Kabel, welche den grössten Anteil an ihrem Materialaufwand haben, passive Geräte sind, die selber keine Energie verbrauchen und andererseits sie über sehr viel weniger Geräte verfügen als die Internetnutzer. Am meisten Energie verbrauchen die DSLAMS (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). DSLAMs sind Knotenpunkte zwischen den Anschlüssen der Nutzer und dem regionalen Netzwerk der Provider, teilweise sichtbar als graue, rund 1 m hohe Boxen am Strassenrand.

Abbildung 3: Energieverbrauch der Internetnutzer und -provider in GWh/Jahr, aufgeteilt nach Geräten. Wichtig: Diese Energieverbräuche sind allozierte Werte.



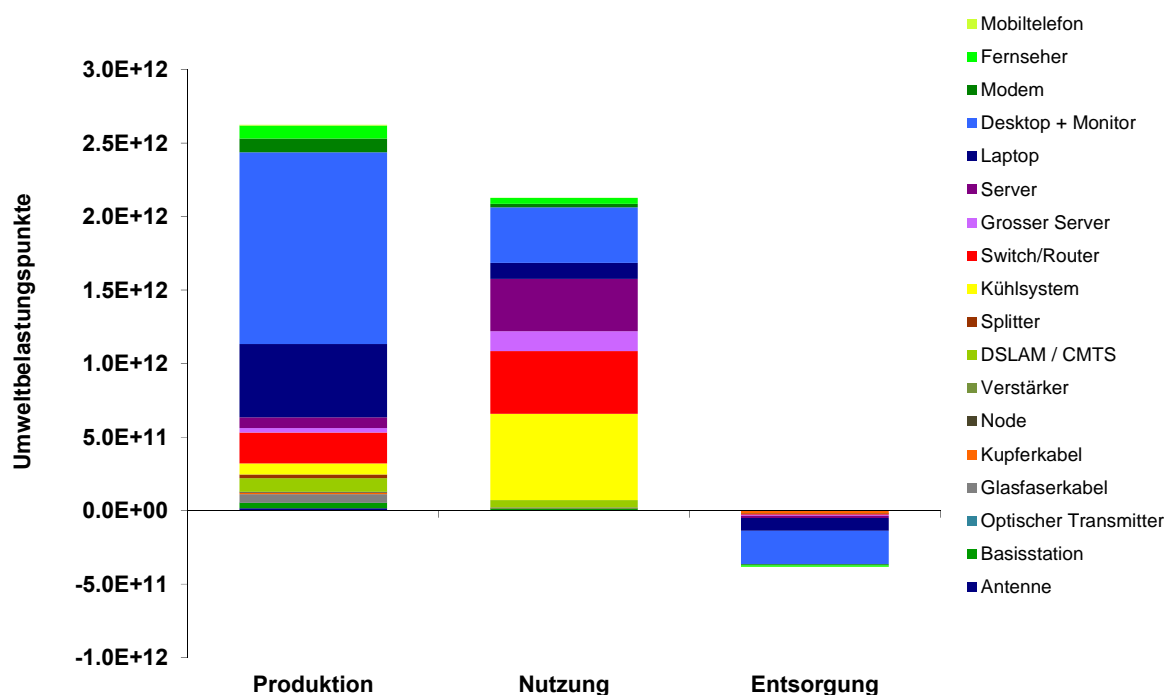
4 Umweltaspekte

Vergleicht man die Umweltbelastungen der Dienstleistung 'Internet Schweiz' während eines Jahres der drei Lebenszyklen 'Produktion', 'Nutzung' und 'Entsorgung', ergibt dies eine rund 1.2-mal grössere Belastung durch die Produktion ($2.6 \cdot 10^{12}$ UB) als durch die Nutzung ($2.1 \cdot 10^{12}$ UB). Während eines Jahres verursacht demnach der Betrieb der gesamten Infrastruktur innerhalb der Schweiz weniger Belastungen wie die Produktion neuer Geräte zur Instandhaltung und Erweiterung der Dienstleistung Internet (Abbildung 4).

Die grössten Belastungen der Umwelt in der **Produktion** sind vor allem auf Emissionen in die Luft und Oberflächengewässer zurückzuführen, welche beim Abbau von Rohstoffen sowie bei der Produktion von Metallen, Kunststoffen sowie komplexeren Bauteilen wie Leiterplatten oder Flachbildschirmen entstehen. Die Produktion aller Desktop-Computer für die gesamte Infrastruktur weist dabei den höchsten Anteil an der Umweltbelastung auf. Die Desktop-Computer sind immer noch die von den meisten Nutzern verwendeten Geräte, um sich mit dem Internet zu verbinden, was sich aufgrund des beträchtlichen Gewichts und der eher kurzen Lebensdauer dieser Geräte stark auf den Lebenszyklus des gesamten Internets auswirkt.

Die Umweltbelastung während der **Nutzung** hängt hauptsächlich vom Strombedarf eines Gerätes ab. Neben den Desktop-Computern sind vor allem Server, Router und Switches und ihre Kühlsysteme wichtig, welche das ganze Jahr während 24h in Betrieb sind. Neben dem Verbrauch spielt die Herkunft des Stroms eine entscheidende Rolle. Zum Beispiel wird die Umwelt, gerechnet in Umweltbelastungspunkten, rund 100-mal stärker belastet, wenn der Strom aus einem Kohlekraftwerk stammt, als wenn er durch Wasserkraft erzeugt wird. Hier wurde der Schweizer Strommix verwendet, der praktisch CO₂-frei ist und daher z.B. im Vergleich zum Europäischen Strommix eine 1.5-mal geringere Umweltbelastung ergibt.

Abbildung 4: Umweltbelastung der drei Lebenszyklen Produktion, Nutzung und Entsorgung der gesamten Dienstleistung ‚Internet Schweiz‘, aufgeteilt nach Geräten, gemessen in Umweltbelastungspunkten.



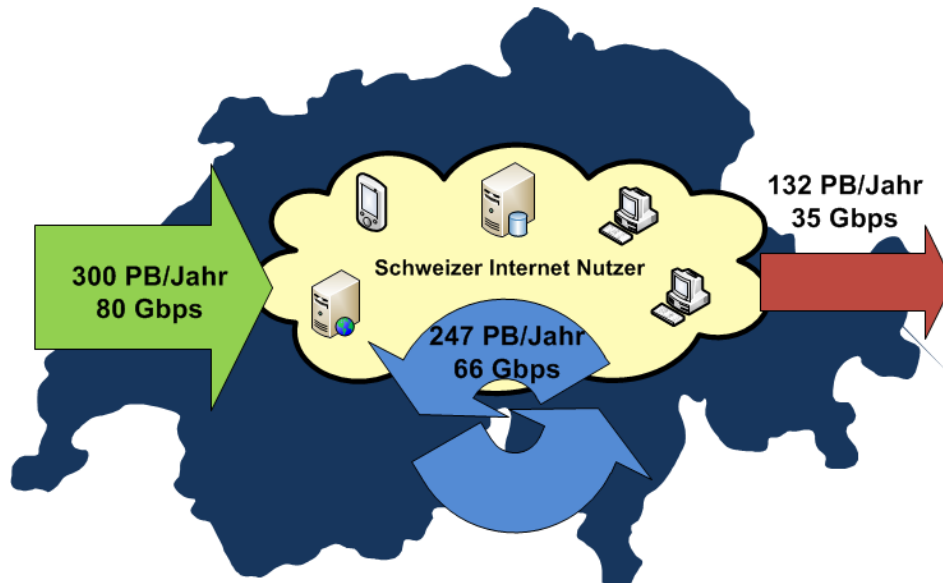
Bei einer fachgerechten **Entsorgung**, werden die Geräte zerlegt, nach Materialien sortiert, Schadstoffe entfernt, und schliesslich die einzelnen Materialien stofflich verwertet oder verbrannt. Die Umweltbelastungen der Entsorgung sind in der obenstehenden Graphik negativ dargestellt, weil die in der stofflichen Verwertung gewonnenen Materialien die Produktion von neuen Materialien ersetzen, und weil bei der Verbrennung der Kunststoffe Energie zurück gewonnen werden kann. Diese Gutschriften überwiegen die bei der Entsorgung entstehenden Umweltbelastungen.

5 Datenimport und -export

Die Daten, welche wir über das Internet konsumieren werden jedoch nicht nur innerhalb der Landesgrenze konsumiert, sondern auch in grossen Mengen importiert und exportiert, wie in Abbildung 5 dargestellt wird. Die Schweiz hatte im Jahr 2010 rund 300 Petabyte (PB, 1 Petabyte = 1 Milliarde Megabyte) importiert. Dies ist rund 1.2-mal so viel wie der interne Datenverkehr von 247 PB/Jahr. Der Export war mit 132 PB/Jahr nur halb so gross wie der Import.

Durch die Datenimporte und -exporte benützen die Schweizer auch Internet-Infrastruktur im Ausland, und ausländische Nutzer die Schweizer Infrastruktur mit.

Abbildung 5: Import, Export und interner Datenverkehr der Schweiz im Jahr 2010 (1 PetaByte (PB) = 10^{15} Bytes \approx 1 500 000 CD-ROM, 1 GigaBit pro Sekunde (Gbps) = 125×10^6 Bytes/sec, 1PB/Jahr \approx 0.3 Gbps).



Durch den Datenimport benützen wir im Ausland rund 20'000 Tonnen Material mit. Die mitbenützte Infrastruktur im Ausland besteht hauptsächlich aus Server, Router und Switches, den dazugehörigen Kühlsystemen sowie auch Computer anderer Nutzer. Im Unterschied zu unseren eigenen Computer teilen wir diese Computer mit Nutzern aus der ganzen Welt. Deshalb macht die im Ausland genutzte Infrastruktur nur 20% des gesamten Materialaufwandes aus, trotz der 1.2-fachen Datenmenge, die wir im Vergleich zum internen Datenfluss in der Schweiz importieren.

Durch den Datenexport benützen ausländische Nutzer rund 8'600 Tonnen Material in der Schweiz mit. Da der Datenimport rund doppelt so hoch wie der Datenexport ist, werden Materialverbräuche und Umweltbelastungen durch den Import nicht durch den Export kompensiert.

6 Mögliche Massnahmen

Die Internetnutzer benötigen rund 3-mal mehr Material, verbrauchen 20-mal mehr Energie und verursachen während der Produktions- und Nutzungsphase 20- bzw. 30-mal mehr Umweltbelastungen als die Internetprovider. Allfällige Massnahmen im Bereich nachhaltiger Materialbewirtschaftung und Energieeffizienz sollten demnach vor allem auf die Nutzer und ihre Geräte abzielen.

So kann z.B. durch eine Substitution von Desktop-Computer durch Laptop-Computer und die Verwendung von ausschliesslich energieeffizienten Geräten bereits eine wesentliche Reduktion der Gesamtmasse der Infrastruktur sowie des Energieverbrauchs erreicht werden. Bei Rechenzentren ist durch den gezielten Einsatz von energieeffizienten Technologien und Systemdesign ein grosses Potential zur Reduktion des Energieverbrauchs vorhanden. Eine längere Lebensdauer der Geräte vermindert dazu die Umweltbelastung durch die Herstellung, da weniger Ersatzgeräte hergestellt werden müssen.

7 Ausblick

Bereits heute ist die Verwendung von immer kleineren und leichteren Geräten für die gleichen Anwendungen ein wichtiger Trend, was in Zukunft zu einer Abnahme der Gesamtmasse der Infrastruktur führen könnte. Zudem werden die Geräte immer energieeffizienter und die Produktion wird umweltfreundlicher, da Richtlinien wie z.B. die RoHS (Restriction of Hazardous Substances) die Verwendung besonders gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten einschränken.

Gleichzeitig werden in Zukunft immer mehr Geräte ans Internet angeschlossen sein. Bereits heute können viele Fernsehgeräte aufs Internet zugreifen, man hört Internet-Radio und steuert die Musikanlage mit dem Smartphone über das hauseigene Wireless Netzwerk. Dieser Trend wird in Zukunft noch verstärkt werden, was zu einer grösseren Anzahl von Geräten führt, welche dem Internet angerechnet werden müssen, und somit auch zu einer Zunahme dessen Material- und Energieverbrauchs. Zudem erschwert die fortlaufende Miniaturisierung und Verteilung, also eine eigentliche 'Verdünnung' der ICT, eine effiziente Sammlung und Entsorgung der Altgeräte. Welcher dieser gegenläufigen Trends langfristig die Oberhand gewinnt, lässt sich gegenwärtig kaum abschätzen.