

Digitale Genügsamkeit

Nachhaltigkeit in und mit der ICT

In der ICT ist die Nachhaltigkeit schon länger ein Thema. Man reduziert den Energiebedarf von Rechnern und Rechenzentren durch Optimierungen der Elektronik und der Kühlung. Bei Smartphones und Tablets wird der Stromverbrauch hauptsächlich wegen der geringen Batteriekapazität gesenkt. Zudem gibt es Bereiche ausserhalb der ICT, in denen die digitalen Technologien eingesetzt werden können, um Energie und Rohstoffe einzusparen: Videokonferenzen statt Übersee Flüge und elektronische statt Printmedien sind bereits Realität. Das Potenzial ist aber noch nicht ausgeschöpft.

Radomír Novotný

Der Nachhaltigkeitsgedanke geht zurück auf Hans Carl von Carlowitz, der 1713 in seiner «Anweisung zur wilden Baum-Zucht» dafür plädierte, in Wäldern nur so viele Bäume zu fällen, wie in der gleichen Zeit nachwachsen können. Das FSC-Label zeugt davon, dass dieses Kriterium im Forstwesen immer noch gilt. Man betrachtet Wälder heute aber nicht nur als Holzlieferanten, sondern auch als «Systeme», die die Luft reinigen, Erdbeben verhindern, die biologische Vielfalt erhalten und als Erholungsgebiete genutzt werden. Diese Funktionen ergänzen heute das ursprüngliche Nachhaltigkeitskonzept.

Die Standard-Definition für Nachhaltigkeit der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundlandt-Bericht 1987) lautet: «Dauerhafte (nachhaltige) Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.» Beim Definieren der Nachhaltigkeit in einem spezifischen Gebiet ist es nötig, explizit festzuhalten, auf welche konkreten Funktionen eines Systems und auf welche Zeiträume sie sich beziehen soll.

Mögliche Rollen der ICT

Im Kontext der Nachhaltigkeit können Informations- und Kommunikationstechnologien verschiedene Rollen spielen, für die es diverse, teils überlappende Bezeichnungen gibt. Eine Bezeichnung, die man häufig in diesem

Kontext antrifft, ist Green IT. Sie steht für eine IT, die möglichst energieeffizient ist und einen geringen Materialeinsatz erfordert. Dieser Ausdruck wurde durch den Gartner Report 2007 bekannt. Er bezieht sich hauptsächlich auf die Erhöhung der Nachhaltigkeit innerhalb der IT.

Eine Anfang 2015 lancierte Initiative des Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, ist der Green IT gewidmet. Sie befasst sich mit der Entwicklung, der Herstellung und dem Einsatz der ICT, bei denen die Umweltauswirkungen stets mitberücksichtigt werden. An der durch die IEEE Communications Society geführten Initiative sind 16 weitere IEEE-Gesellschaften sowie Vertreter

von zahlreichen Unternehmen wie Bell Labs/Alcatel-Lucent (nun Nokia), British Telecom, Ericsson Research und diversen Universitäten beteiligt. Die Initiative hat sich zum Ziel gesetzt, das entsprechende Bewusstsein zu schärfen und Informationen mittels Publikationen, Konferenzen und Workshops anzubieten. Auch an Green-IT-Normen wird beim IEEE gearbeitet.

Zur Steigerung der Nachhaltigkeit kann die IT auch in anderen Gebieten eingesetzt werden, beispielsweise für die Analyse der Umwelt: Mit ihr lassen sich komplexe Wechselwirkungen besser verstehen und ein nachhaltigeres Handeln fördern. Dieser Bereich wird als Environmental Informatics bezeichnet.

Bei der interdisziplinären Computational Sustainability geht es darum, durch die Modellierung und Optimierung Entscheidungshilfen für einen nachhaltigeren Einsatz natürlicher Ressourcen anbieten zu können.

Bei der Sustainable Human Computer Interaction steht meist die Absicht im Fokus, die Lebensdauer von Geräten zu verlängern und nachhaltigeres Verhalten zu fördern. Qualitativ hochwertige Produkte wie Design-Klassiker, die die Bedürfnisse der Nutzer lange zufriedenstellen, leisten hier einen wichtigen Beitrag.

Schliesslich gibt es die ICT for Sustainability, die durch Modellierung und Simulation Energie- und Materialflüsse reduziert, beispielsweise in der Produktion,



Richtig eingesetzt können elektronische Medien einen Beitrag zur Steigerung der Nachhaltigkeit leisten.



Lorenz Hilty ist seit 2014 Delegierter für Nachhaltigkeit an der Universität Zürich.

in der Logistik und in der Nutzung von Produkten.

Die Nachhaltigkeit wird mit diesen Ansätzen sowohl in der ICT selbst – durch höhere Energieeffizienz und die Substituierung seltener oder toxischer Materialien – als auch mittels ICT in anderen Bereichen realisiert, beispielsweise durch die Optimierung des Energie- oder Materialverbrauchs in Produktionsprozessen.

Ein dreistufiges Beurteilungsmodell

Um die Nachhaltigkeit der ICT steigern zu können, müssen zunächst ihre Auswirkungen auf die Umwelt untersucht werden. Dazu wird manchmal ein Modell eingesetzt, das Auswirkungen erster, zweiter und dritter Ordnung erfasst. Diese Klassifizierung wurde 2001 in einem OECD-Report eingeführt. Zur ersten Ordnung gehören direkte Umwelteinflüsse der Produktion, der Nutzung und der Entsorgung von ICT-Produkten.

Zur zweiten Ordnung gehören indirekte Umwelteinflüsse, die durch Veränderungen von Produktionsprozessen, Produkten und Systemverteilungen verursacht werden. Ein Beispiel sind Folgeerscheinungen: Wird ein Laser-Drucker statt einer Schreibmaschine im Büro eingesetzt, steigt der Papierverbrauch. Die Obsoleszenz ist hier auch ein wichtiges Thema: Neue Produkte oder Betriebssysteme können Inkompatibilitäten verursachen, die zum Ausrangieren noch funktionsfähiger Geräte führen. Auch erwünschte Auswirkungen gehören dazu:

Substitutionseffekte wie Energie- und Materialeinsparungen durch «Dematerialisation» und Optimierungseffekte wie gezielter Einsatz der Beleuchtung und Heizung in Smart Homes.

Die dritte Ordnung bezieht sich auf indirekte Umwelteinflüsse, die durch veränderte Lebensstile und Wertvorstellungen entstehen. Auch hier gibt es sowohl negative Auswirkungen wie Rebound-Effekte und neue Risiken als auch positive wie der Übergang zu einer nachhaltigeren Produktion und Nutzung.

Dieses Modell hat aber seine Tücken. Beispielsweise trennt es Auswirkungen in Stufen (Mikro/Makro), die eigentlich zusammenhängen. Zudem kann ein Optimierungseffekt an sich nicht grundsätzlich als «nachhaltig» betrachtet werden, denn mit Rebound-Effekten muss gerechnet werden.

Das neue LES-Modell

Um die Schwächen des beschriebenen Modells zu umgehen, wurde das LES-Modell entwickelt. LES steht für:

- **Life-cycle Impact** – Betrachtungen der Energie und Materialien von ICT-Produkten über die gesamte Lebensdauer, d.h. unter Berücksichtigung aller Prozesse von der Rohstoffextraktion über die Herstellung bis zur Entsorgung. Beispielsweise ist die Umweltbelastung eines Desktop-Rechners rund fünfmal so hoch wie die eines Laptops; die Umweltbelastung eines Laptops ist wiederum drei- bis viermal höher als die eines Tablets.
 - **Enabling Impact** – für Produktion und Nutzung, beispielsweise Prozessoptimierung und Mediensubstituierung, d.h. Ersatz eines konventionellen durch ein digitales Medium, z.B. Tablet statt Papier. Dies wird auch Dematerialisation genannt, obwohl es eher der Ersatz eines Materials durch ein anderes ist.
 - **Structural Impact** – Beispielsweise Einsatz der ICT bei Umweltanalysen, die zu Einstellungs- und Verhaltensänderungen führen.
- Das LES-Modell versucht, rein beschreibend zu sein und Wertungen zu vermeiden. Zudem sieht es die Optimierung als Bestandteil der Substituierung. Das Modell ist offen und lässt sich erweitern, da es nicht versucht, die Effekte der ICT umfassend zu kategorisieren.

Energieverbrauch von ICT

Ein zentraler Aspekt des erwähnten Life-cycle Impacts ist der Energiever-

brauch während der Nutzung. Im Vergleich zu anderen Technologien nimmt die ICT bezüglich Energieeffizienzsteigerung einen klaren Spitzenplatz ein. Die Effizienzsteigerungen bei der Beleuchtung lagen in den letzten 200 Jahren – von der Kerze und dem Gaslicht bis zur LED – bei 3,2% pro Jahr. Bei der ICT liegt die Steigerung der Rechenoperationen pro kWh jährlich bei 36 bis 39%. Es ist diese Effizienzsteigerung, die die Bedeutung der heutigen ICT begründet. Wenn die Effizienzsteigerung seit Anfang des Rechnens mit Halbleitern nur halb so gross gewesen wäre, würde der Schweizer Stromverbrauch bei der aktuellen Rechenleistung die globale Stromproduktion übersteigen.

Der Stromverbrauch wurde seit den 1990er-Jahren in diversen Bereichen reduziert, primär durch technologische Entwicklungen bei den CPUs und den Speichern (Miniaturisierung usw.). Man stellte ausserdem fest, dass die Stromversorgungen von Rechnern in Büros und für Unterhaltungszwecke oft überdimensioniert und ineffizient waren. Überraschend war auch die Erkenntnis, dass andere Bürogeräte wie Kopierer und Drucker ebenso viel Energie brauchten wie die eigentlichen Rechner. Der Standby-Verbrauch war hier besonders relevant.

Bei Rechenzentren machte man deutliche Fortschritte bei der Kühlung, u.a. durch die Nutzung der Abwärme, aber auch bei der Energietransformation und der Versorgungssicherheit (USV). Zudem hat auch die Virtualisierung von Servern, d.h. das Betreiben mehrerer Server auf einer Hardware, zu markanten Einsparungen geführt. Die Effizienzsteigerungen wurden aber in vielen Fällen durch erhöhten Rechenbedarf mehr als kompensiert (Rebound).

Als Ausdruck der Nachhaltigkeit wird für Rechenzentren oft die Power Usage Effectiveness (PUE) angegeben. Dabei wird der Jahres-Gesamtverbrauch eines Rechenzentrums durch den Jahresverbrauch der eigentlichen IT-Infrastruktur geteilt. Damit lassen sich zwar Verbesserungen bei der Infrastruktur quantifizieren, aber der Ansatz setzt voraus, dass zwischenzeitlich die IT-Systeme nicht ausgetauscht oder ausgebaut werden. Zudem wird nicht berücksichtigt, wie die IT in dieser Zeit genutzt wurde.

Eine Schwierigkeit bei der Ermittlung von Energieverbrauchsdaten ist der Umstand, dass man selten weiss, wie intensiv

ICT-Geräte eingesetzt werden, ob Stromspar-Modi durch die Nutzer deaktiviert wurden und ob die Geräte ausgeschaltet werden. Die Stromverbrauchsschätzungen bei der ICT sind mit grossen Unsicherheiten behaftet. Zuverlässiger sind Trendaussagen, denn sie lassen sich aus Verkaufstatistiken ableiten.

Software im Fokus

Da Software-Produkte den Einsatz von Energie und Materialflüssen mitbestimmen, wird ihnen nun vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei kann untersucht werden, welchen Stromverbrauch das Ausführen einer Anwendung verursacht, wie stark die Anwendung die Hardware auslastet, ob sie den Stand-by-Modus verunmöglicht und inwiefern die Software eine bestimmte Hardware obsolet macht. Hohe Update-Zyklen erschweren natürlich solche Untersuchungen.

Zentral bei der Entwicklung von «nachhaltiger» Software ist, dass man sich bereits in der Konzeptphase Gedanken zur Nachhaltigkeit macht. Wichtig ist auch die Überwachung des Softwareverhaltens im Einsatz, damit aus unerwünschten oder unberücksichtigten Faktoren Schlüsse für künftige Updates gezogen werden können.

Stromverbrauch des Internets

Der Trend zu energieeffizienten tragbaren Geräten wie Tablets führt lokal zu deutlichen energetischen Einsparungen. Dabei wird oft übersehen, dass man für ihre Nutzung meist auf das Internet angewiesen ist und die Umweltbelastung dadurch sozusagen auslagert.

Diverse Studien untersuchten den Energieverbrauch des Internets. Dafür gibt es zwei Methoden: Top-down und Bottom-up. Die erste basiert auf zwei Schätzungen: einer Schätzung des Gesamtverbrauchs des Internets (oder einer Region) und einer Schätzung des Internet-Traffics einer spezifischen Region.

Beim Bottom-up-Verfahren ermittelt man den Gesamtverbrauch, indem man die im Netzwerk verwendeten Geräte mit den Verbrauchsangaben der Hersteller kombiniert. In Fallstudien werden auch Messungen des Energieverbrauchs und der Datenraten berücksichtigt.

Die ersten Top-down-Studien wurden 2003 (Gupta) und 2004 (Kooomey) veröffentlicht. Obwohl diese Studien auf demselben Inventar und denselben Internet-Nutzungsdaten basieren, unterscheiden

sich ihre Ergebnisse deutlich, da unterschiedliche Annahmen bezüglich der berücksichtigten Geräte (LAN Switches, Hubs, Server, Datenspeicherung) getroffen wurden. Die Gupta-Studie kommt beim US-Netzwerk auf 6,05 TWh/a, die Kooomey-Studie auf 23,65 TWh/a. Das Endresultat bei Kooomey, das auch die Kühlung und Ventilation berücksichtigt, beträgt 47 TWh/a.

Bei den Bottom-up-Studien geht es meist darum, die Energieintensität pro Datenmenge, d.h. kWh/GB, zu ermitteln, oft in einem lokalen Rahmen. Vergleicht man diese Studien mit den Top-down-Studien, divergieren die Ergebnisse stark: von 136 kWh/GB (Kooomey, 2004) bis 6,4 Wh/GB (Baliga, 2011). Dies hat verschiedene Gründe: Einerseits wurden die Studien in unterschiedlichen Jahren durchgeführt, d.h. mit unterschiedlich effizienten Technologien, andererseits wurden nicht die gleichen Systeme und Systemkomponenten – Datenzentren, Kundeninfrastruktur mit Access-Netzwerk und Hilfssystemen wie Kühlung und Sicherheitsausrüstungen – berücksichtigt. Trifft man also auf Verbrauchsangaben des Internets ohne Hinweis auf Studie (Umfang, Methodik) und Jahresangabe (Energieeffizienz der Hardware), lässt sich nicht abschätzen, ob die Daten die aktuelle Situation repräsentieren.

Rebound-Effekte

Vor einem Jahrzehnt hat eine Studie des Institute for Prospective Technological Studies der Europäischen Kommission untersucht, welche positiven und negativen Umweltauswirkungen die «Informatisierung» der Gesellschaft hat. An der Studie war auch Lorenz Hilty, seit 2010 Professor für Informatik und Nachhaltigkeit an der Universität Zürich, beteiligt. Gemäss Hilty kann sich die ICT je nach Einsatz positiv oder negativ auswirken: Wird sie zur Effizienzsteigerung von Logistiklösungen eingesetzt, erhöht sich der Transportbedarf, denn der schnellere und billigere Transport stimuliert die Nachfrage. Wird die ICT hingegen für die Dematerialisierung der Güter eingesetzt, sinkt der Transportbedarf. Dieses Beispiel zeigt, dass die ICT an sich weder gut noch schlecht ist, sondern dass ihr Einsatz ausschlaggebend ist.

Da sich die ICT vielseitig einsetzen lässt, kennt man Rebound-Effekte in verschiedenen Bereichen: bezüglich Energie, Materialien, Zeit, Information. Grundsätzlich gibt es drei Arten von Rebound-

Effekten: erstens die direkten, bei denen eine Erhöhung der Energieeffizienz zu einem Verbrauchsanstieg führt, da die Energie bzw. Information preisgünstiger wird und zusätzliche Systeme angeschafft werden. Neue, effizientere und leistungsfähigere Produkte verdrängen ältere vom Markt, die ihre Aufgabe eigentlich noch gut erfüllen. Die Nutzer arbeiten dann mit hochgezüchteten Rechnern, die die meiste Zeit damit verbringen, auf Eingaben zu warten.

Zweitens gibt es die indirekten Effekte, bei denen durch die preisgünstigere Nutzung Geld zur Verfügung steht, das nun für andere Güter verwendet wird und die Wirtschaft und somit den Energieverbrauch ankurbelt.

Der dritte Effekt betrifft die Gesamtwirtschaft. Die durch Effizienzsteigerungen veränderte Nutzung von Technologien kann strukturelle Veränderungen in der Produktion und bei der Nutzung verursachen. Diese Art des Rebound-Effekts scheint im Fall der ICT noch nicht in Studien untersucht worden zu sein. Möglicherweise gehört der Einsatz der ICT in der Finanzwelt in diese Kategorie, denn das durch die ICT ermöglichte Hochfrequenz-Trading ist in der Lage, die ökonomischen Gewinne, die mit der ICT gemacht werden, schnell zu «vernichten» und riesige Verluste entstehen zu lassen.

Technologien alleine genügen nicht

Bei Studien zur ICT für Nachhaltigkeit setzt sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass Technologien alleine nicht in der Lage sind, die Nachhaltigkeit zwingend zu steigern, denn der Rebound-Effekt lauert stets vor der Tür. Lorenz Hilty plädiert deshalb dafür, jede Effizienzstrategie mit einer Suffizienzstrategie zu begleiten. Ohne Verhaltensänderungen bei den Nutzern ist es wahrscheinlich, dass Effizienzsteigerungen zu einem Mehrkonsum führen, der die Nachhaltigkeitsabsicht untergräbt.

Links

- ict4s.org
- greenict.ieee.org

Literatur

- Lorenz M. Hilty, Bernard Aebischer (Hrsg.), ICT Innovations for Sustainability, Springer, 2015.

Autor

Radomir Novotný ist Chefredaktor Electrosuisse beim Bulletin SEV/VSE.

Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
radomir.novotny@electrosuisse.ch