

WIE WIRD EIN COMPUTER GRÜN? INTELLIGENTE IT-INNOVATIONEN IN SCHULEN

HOW TO MAKE COMPUTERS GREEN? RESSOURCE-EFFICIENT INNOVATIONS IN SCHOOLS

JENS CLAUSEN, KLAUS FICHTER, RALPH HINTEMANN

Der Energieverbrauch durch Computer und andere IT-Geräte ist in den vergangenen Jahren auf über zehn Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland gestiegen. Am Beispiel von Schulen wird gezeigt, dass es durch die gezielte Nutzung ressourceneffizienter IT-Innovationen möglich ist, den absoluten Energie- und Materialverbrauch zu senken - trotz zunehmender IT-Nutzung.

Over the past few years the energy consumed by computers and other IT equipment has risen to more than ten per cent of all electricity consumption in Germany. Using the example of schools, the article shows how the targeted use of resource-efficient IT innovations is able to lower the consumption of energy and materials in absolute terms – despite the overall increase in IT applications.



Kleiner, leiser, weniger Energieverbrauch: Kompaktcomputer sind eine der Lösungen, mit denen Schulen in Computerklassen sehr viel besser fahren könnten. Smaller, higher energy efficiency, less sound: investing in nettops is one option for schools to be better off all-round.

Der Energieverbrauch durch Computer, Internet und andere Formen der Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnik ist in den vergangenen Jahren rasant gestiegen und macht derzeit schon über zehn Prozent des gesamten deutschen Stromverbrauchs aus. Einerseits werden Computer, Handys usw. immer kleiner und energieeffizienter. Andererseits werden sie ebenso wie die Nutzung von Internet und Telekommunikationsdiensten immer billiger und daher verstärkt genutzt. Die Menge an Geräten und Nutzungen nimmt derzeit schneller zu, als die Energie- und Materialeffizienz steigt. In der Energie- und Nachhaltigkeitsforschung wird dieses Phänomen „Bumerangeffekt“ genannt. Am Beispiel von Schulen soll gezeigt werden, dass es durch die gezielte Optimierung gesamter Nutzungssysteme und der Anwendung ressourceneffizienter IT-Innovationen möglich ist, den absoluten Energie- und Materialverbrauch zu senken - trotz zunehmender IT-Nutzung. Bei der Entwicklung von Umsetzungsstrategien helfen Erkenntnisse der Innovations- und Diffusionsforschung.

The energy consumption resulting from the use of computers, the internet and other forms of modern information and communications technology has risen enormously over recent years and now already accounts for more than one tenth of Germany's total consumption of electricity. On the one hand, computers, mobile phones, etc., are becoming increasingly more compact and energy efficient. By the same token, though, they are getting cheaper – and so their use is therefore becoming more widespread. The same is true for using internet and telecommunication services. The number of devices and uses is currently rising faster than corresponding developments in energy and materials efficiency. Research on energy and sustainability refers to this phenomenon as a “rebound effect”. Based on the example of schools, the following article shows how a targeted optimisation of entire use systems and the application of resource-efficient IT innovations can lead to savings in power consumption and materials in absolute terms – despite the overall

In vielen Schulen sehen die Computerarbeitsplätze etwas trostlos aus. Große Desktopcomputer stehen auf den Arbeitstischen neben alten Röhrenmonitoren. Wenn dann noch Tastaturen, Mäuse sowie der eine oder andere Drucker dazu kommen, ist für Arbeitsmaterialien kein Platz mehr. Solche Arbeitsräume haben eine Reihe von sehr konkreten Nachteilen:

- ▷ Die Geräte sind so groß, dass für pädagogische Arbeitsmaterialien der Platz fehlt;
- ▷ Die Lüfter der Computer verbreiten ein konstantes und störendes Brummen von bis zu 50 Dezibel;
- ▷ Die Geräte verbrauchen viel Energie und heizen den Raum stark auf, was gerade bei schlecht zu lüftenden Räumen lästig ist;
- ▷ Die Einzelplatzinstallationen der Software, die auf jedem Computer einzeln installiert sein muss, machen viel Arbeit, wenn z.B. eine neue Programmversion auf 20 oder 30 Computern aufgespielt werden muss.

Der Gedanke, im Computerraum durch neue Geräte Platz und Ruhe zu schaffen, ist naheliegend. Ein niedrigerer Energieverbrauch nützt der Umwelt und der Kommune, die meist die Energierechnung zahlt. In manchen Kommunen wird aber bei Energieeinsparungen auch die Schule profitieren, z.B. über eine Fünfzig-zu-fünfzig-Regelung. Trotzdem werden moderne Computerlösungen wie Kompaktcomputer, aber auch Konzepte des „Thin Client & Server Based Computing“ bislang kaum eingesetzt. Dabei könnten diese die Computerräume nutzerfreundlicher, einfacher in der Administration und deutlich ressourceneffizienter machen.

Kompaktcomputer und Thin-Client-Lösungen

Von der Öffentlichkeit weitgehend unbemerkt wird seit einiger Zeit ein neuer Computertyp im Fachhandel und in Internetshops angeboten. Den Kompaktcomputern liegt ein einfaches Konstruktionsprinzip zugrunde: Notebookteile werden zu einem Computer ohne Tastatur und Monitor kombiniert, der dementsprechend meist recht klein ist. Der geringere Stromverbrauch der Notebook-Prozessoren macht auch kleinere Lüfter möglich, was die Geräuschentwicklung reduziert. Durch Kompaktcomputer kann im Computerraum die Raumsituation verbessert werden, der Geräuschpegel und auch der Energieverbrauch sinken. Gegenüber einem handelsüblichen Desktop-PC, dessen Stromverbrauch seit Jahren unverändert bei ca. 80 Watt liegt, ist der Verbrauch der Kompaktcomputer mit 15 bis 35 Watt deutlich geringer.

Als „Thin Client“ werden Endgeräte eines Netzwerkes bezeichnet, deren funktionale Ausstattung auf die Ein- und Ausgabe beschränkt ist. Das Thin Client-Konzept bedeutet, dass ein Endgerät seine Daten komplett von einem Server bezieht. Es hat keine Datenspeichermedien und startet sein Betriebssystem entweder via Flash-Card oder über das Netzwerk, auf dem dann auch alle Anwendungsprogramme liegen. Thin Clients gibt es entweder als taschenbuchgroße Geräte oder komplett integriert in TFT-Monitore.

Der Thin Client enthält nur wenige elektronische Komponenten, benötigt einschließlich Serveranteil nur ca. 20 Watt Leistung und enthält keinen Lüfter, ist also völlig geräuschlos. Moderne Thin Client-Arbeitsplätze sind nach dem Anschalten in 30 Sekunden betriebsbereit.

Zusätzlich zu den Vorteilen in den Kategorien Platz, Energie und Geräusche ermöglicht eine Thin Client-Lösung aber noch einen weiteren, im Schulbetrieb wichtigen Vorteil: Die Anwendungssoftware muss nur noch auf dem Server installiert werden. Wird also aus dem Kollegium eine neue Anwendung gewünscht, reicht das Aufspielen auf den Server und die neue Anwendung steht an allen angeschlossenen

increase in IT applications. The results of innovation and diffusion research can contribute towards the development of implementation strategies.

The computer rooms in many schools leave a lot to be desired. Large desktop computers and old fashioned CRT displays clutter up the work stations. The obligatory keyboard and mouse, together with the odd printer or two, leave no room for any other work aids or materials. Workrooms like this have a number of concrete disadvantages:

- ▷ the hardware takes up so much space that nothing is left for teaching materials or even writing pads;
- ▷ the computer fans produce a constant distracting whir – up to as much as 50 decibels;
- ▷ the equipment consumes a lot of energy and heats up the room, which can be particularly disagreeable in poorly ventilated areas;
- ▷ when new software is needed, installation must be carried out at every single workplace – a tedious task when some 20 or 30 computers are involved.

No wonder, then, that thoughts are turning towards new and more compact devices to create more space and quiet. Add to this the fact that lower electricity consumption is good for the environment, not to mention the local authority which usually has to foot the electricity bills. Some school authorities even pass on some of the savings to the school, e.g. on a fifty-fifty sharing basis. But in spite of all this, efforts to implement modern IT solutions incorporating compact computers and concepts like “Thin Client & Server Based Computing” remain few and far between, even though this would result in school computer rooms becoming much more user friendly, easier to administrate, and significantly more resource efficient.

Compact computers and thin client solutions

For some time now it has been possible to purchase a new type of computer from retailers and internet shops. The new compact computers, so-called nettops, are based on a simple design principle. Electronic components originally designed for notebooks are combined in very small desktop computers. The low energy consumption of the notebook components translates into smaller cooling fans, which in turn reduces noise levels. Compact computers therefore take up less space, lower noise levels and reduce electricity consumption. Compared with standard desktop PCs, whose electricity consumption has remained virtually unchanged over the years at approx. 80 Watts, compact computers get by on 15 to 35 Watts, a significant reduction.

The term “Thin Client” refers to devices which are restricted to input and output functions for use by the end users of a network. The thin client concept means that an end device uses data supplied completely from a server. It has no medium for data storage and the operating system is started either by flash-card or via the network, which is where the user programmes are stored. Thin Clients are offered either in pocket-book size or are completely integrated in TFT displays.

The thin client incorporates very few electronic components, gets by on just 20 Watts including server share and – needing no fan – is totally noiseless. Modern thin client devices can be operational just 30 seconds after being switched on.

In addition to their advantages with regard to space, energy and noise level, thin-client solutions entail a further advantage of particular interest to schools: The user software only has to be installed

Arbeitsplätzen zur Verfügung. Das gleiche gilt für Aktualisierungen, die nur noch einmal durchgeführt werden müssen. Zudem haben Thin Clients ein eingebettetes Betriebssystem, das speziell auf das Gerät zugeschnitten ist. Eine Softwarewartung ist hier unnötig, das Gerät kann grundsätzlich nicht abstürzen.

Potenziale intelligenter IT-Innovationen in Schulen

Im Jahr 2006 teilten sich in Deutschland elf Schülerinnen und Schüler einen Computer, insgesamt waren 1.075.000 Computerarbeitsplätze in den Schulen vorhanden. Steigt diese Zahl nur auf den in der Pisa-Studie 2003 ermittelten OECD-Durchschnittswert von 6,7, so bedeutet dies knapp 800.000 Computerarbeitsplätze zusätzlich. Steigt der Spitzenwert auf ca. fünf Schüler pro Computer, so sind knapp 1,2 Millionen Geräte zusätzlich erforderlich. Die in 2008 vorhandenen 1.378.000 Schulcomputer verbrauchten nach Berechnungen des Borderstep Instituts insgesamt 135 GWh (Gigawattstunden) an Strom und hatten bei einem durchschnittlichen Gewicht von 10 kg pro PC und 3 kg für Notebooks eine Gesamtmasse von 12.500 Tonnen.

Vor diesem Hintergrund lassen sich zwei unterschiedliche Szenarien für die zukünftige Ausstattung von Schulen in Deutschland entwerfen. Beide gehen davon aus, dass eine höhere Zahl von Computerarbeitsplätzen mit Blick auf den Erwerb von IT-Kompetenzen sinnvoll und mit Blick auf den internationalen Qualifikationswettbewerb notwendig ist. Dabei wird in beiden Szenarien eine Anhebung auf das künftig zu erwartende OECD-Durchschnittsniveau von ca. fünf Schüler pro Computer bis 2012 unterstellt. Dies wären 2.267.000 Computerarbeitsplätze.

In Szenario 1 („business as usual“) wird davon ausgegangen, dass Schulen in den kommenden Jahren weitgehend unverändert im Wesentlichen mit Desktop-PCs mit nur leicht sinkendem Verbrauch sowie ca. 15 Prozent Notebooks ausgestattet werden. Die Neuanschaffung von zusätzlichen Computerarbeitsplätzen würde dazu führen, dass im Jahr 2012 dann 16.000 Tonnen Computer installiert wären, die 178 GWh Strom für den Betrieb benötigten, womit eine Klimabelastung von 107.000 Tonnen CO₂ verbunden wäre.

Würden aber, wie in Szenario 2 angenommen, die neu angeschafften PCs selbst leichter (durchschnittlich nur noch 6 kg im Jahr 2012) und effizienter (durchschnittlich nur noch 60 Watt im Jahr 2012) und gleichzeitig der Bestand an Notebooks auf 22 Prozent, der an Thin Clients auf 12 Prozent und der an Kompaktcomputern auf 7 Prozent ausgebaut, so beliefe sich der Stromverbrauch 2012 auf rund 112 GWh und die Gesamtmasse auf dann nur noch ca. 9.700 Tonnen. Und dies trotz eines von knapp 1,4 Millionen auf knapp 2,3 Millionen Geräte anwachsenden Bestandes. Da Kompaktcomputer oder Thin Client-Lösungen nicht teurer sind als PCs, stehen der Umsetzung dieses Effizienz-Szenarios also weder technische noch finanzielle Gründe entgegen.

Die Überwindung von Barrieren

Neue Computerlösungen wie Kompaktcomputer und Thin Clients bieten Schülern, Lehrern, IT-Verantwortlichen sowie den Schulen und Kommunen viele Vorteile und sind in der Anschaffung nicht teurer als klassische Desktop-PCs. Warum werden diese aber dann bisher kaum eingesetzt? Kompaktcomputer sind erst neu auf dem Markt. Offensiver werden sie erst seit 2008 angeboten, d.h. sie hatten quasi noch keine Chance, in größerer Zahl angewendet zu werden. Anders ist dies bei Thin Client & Server Based Computing. Die Technologie

once – on the server. So if members of the teaching staff want to implement a new programme, it simply has to be installed on the server and the new application is available to all the connected work stations. The same, of course, is true for updates, which also only have to be installed at one point. Furthermore, thin clients incorporate their own dedicated operating system. This dispenses with the need for software maintenance and the device cannot crash or get hung up.

Potential intelligent IT innovations in schools

In 2006 there was one computer for every eleven German school-children and a total of 1,075,000 computer work stations in schools around the country. If this number were only to improve to match the 6.7 average for OECD countries recorded in the Pisa Report 2003, this would entail almost 800,000 additional computer work stations. A further improvement to five pupils per computer would require an additional 1.2 million devices. According to calculations carried out by the Borderstep Institute, the 1,378,000 school computers in use in 2008 consumed a total of 135 GWh (gigawatt hours) of electricity: at an average weight of 10 kg per PC and 3 kg for notebooks they tipped the scale at 12,500 tons.

In front of this backdrop it is possible to picture two different scenarios for the way German schools are equipped in future. Both are based on the assumption that it is desirable to increase the number of computer work stations and train IT skill sets in order to keep pace with international competition. Further, both scenarios foresee an increase in future average OECD levels to approx. five pupils per computer by 2012, i.e. a total of 2,267,000 computer work stations.

Scenario 1 (business as usual) foresees that in the coming years most schools will continue to be equipped mainly with desktop PCs having only slightly less electricity consumption and supplemented with about 15 per cent notebooks. The procurement of additional computer stations would result in 16,000 tons of computer hardware by 2012, total electricity consumption of 178 GWh for their operation, entailing an environmental burden of 107.000 tons of CO₂.

If, though, as assumed for Scenario 2, the new PCs needed would be of lighter weight (on average only 6 kg by 2012) and more efficient (consuming an average of only 60 Watts by 2012), and as a parallel development the share of notebooks would rise to 22 per cent, thin clients to 12 per cent, and compact computers to 7 per cent, then electricity consumption could be reduced to 112 GWh and the total weight of hardware to about 9.700 tons. And this in spite of an increase in the number of computer work stations from the current 1.4 million to approx 2.3 million devices. As compact computers or thin-client solutions fulfil the same task and are no more expensive than desktop PCs, there are neither technical nor financial obstacles in the way of achieving this more efficient scenario.

Overcoming the barriers

Modern computer solutions like compact computer and thin clients offer pupils, teachers, IT administrators as well as schools and the education authorities many real advantages and are no more expensive than classical desktop PCs. Why, then, has their introduction in schools been so slow to materialise? Compact computers have only been available for a relatively short time and their marketing didn't really get under way until 2008, so it is hardly surprising that they have not yet appeared in larger numbers. This is

ist seit ungefähr zehn Jahren am Markt verfügbar. Dass sich technisch und funktional überlegene Lösungen nicht ohne weiteres verbreiten und die Akteure gewissen Pfadabhängigkeiten und Lock-in-Effekten unterliegen, ist in der Innovations- und Diffusionsforschung ein bekanntes Phänomen und wird mit spezifischen Barrieren erklärt, für deren Überwindung Diffusionsnetzwerke, Meinungsführer und sogenannte „Change Agents“ eine zentrale Rolle spielen. Mit Blick auf den Einsatz von Thin Client & Server Based Computing in Schulen lassen sich vier zentrale Barrieren identifizieren:

- ▷ Die meisten IT-Verantwortlichen in den Schulen sind mit serverbasierten Computerlösungen nicht vertraut und bei der Einführung auf die Unterstützung externer EDV-Experten (Systemhäuser) angewiesen;
- ▷ Bislang gibt es viel zu wenige Systemhäuser mit Kompetenzen bei serverbasierten Lösungen. Sie können also Schulen und kleine Organisationen auch nicht zuverlässig beraten und ausstatten;
- ▷ Die Hersteller von TC&SBC-Lösungen engagieren sich zu wenig in der Information und Qualifizierung von Handel und Systemhäusern;
- ▷ Die aktuell angebotene Lernsoftware für Schulen, insbesondere für Grundschulen, ist noch nicht durchgängig terminalfähig, d.h. sie „läuft“ mit Thin Clients nicht richtig.

Auf Basis der vorgestellten Potenzialanalyse und unter Hinzuziehung von Erkenntnissen der Diffusionsforschung betreut und evaluiert das Borderstep Institut derzeit Pilot- und Demonstrationsprojekte, die auf den Aufbau von Diffusionsnetzwerken für ressourceneffiziente und nutzerfreundliche Computerlösungen in Schulen und anderen Einrichtungen abzielen. Sie werden durch das Bundesumweltministerium, das Umweltbundesamt sowie den energcity Fonds proKlima Hannover gefördert. Dabei spielt sowohl die gezielte Zusammenarbeit mit Meinungsführern auf Seiten der Schulen als auch die Einbindung und Qualifizierung von Systemhäusern eine zentrale Rolle. Letztere übernehmen in ihrer Vermittlungsfunktion zwischen Hersteller und Anwender eine wichtige Aufgabe als „Change Agents“.

Fazit

Ein Computer wird dadurch „grüner“, dass er bei gleicher oder besserer Funktionalität kleiner, energiesparender und schadstoffärmer ist. Damit allein wäre ökologisch aber nicht viel gewonnen. Solange Effizienzgewinne durch den Bumerangeffekt überkompensiert werden, steigt der Umweltverbrauch trotzdem. Diesem Effekt lässt sich nur begegnen, wenn gesamte (Computer-) Nutzungssysteme optimiert und durch IT-Innovationen ressourceneffizienter gestaltet werden. Bei der Implementierung helfen Erkenntnisse der Innovations- und Diffusionsforschung.

not the case, though, for thin clients and server-based computing. The technology has been readily available for ten years or so. That there is resistance to technically and functionally superior solutions and that the actors are subject to certain path dependencies and lock-in effects is a phenomenon well known to innovation and diffusion research and explained with specific barriers. Overcoming these barriers involves the participation of diffusion networks, opinion leaders and so-called change agents. Four such crucial barriers can be identified with regard to the implementation of thin client and server based computing in schools:

- ▷ Most of those responsible for IT in schools are not familiar with server-based computer solutions and subsequently dependant on external EDP experts (system vendors) for support;
- ▷ There are far too few system vendors with experience of server-based solutions. They are subsequently unable to offer support and advice to schools and similar small organisations;
- ▷ The producers of TC & SBC solutions do not provide sufficient information and training to retailers and system vendors;
- ▷ The available educational software for schools, especially elementary schools, is not yet universally compatible, i.e. it does not “run” properly on thin clients.

Using results of diffusion research and on the basis of the potential analysis described in the foregoing, the Borderstep Institute is currently accompanying and evaluating pilot and demonstration projects which aim at creating diffusion networks for resource-efficient and user-friendly computer solutions in schools and other institutions. Funding is being provided by the German Environment Ministry and the Hanover based climate fund “proKlima”. Main objectives are to foster collaboration with opinion leaders in the school sector as well as to involve and train system vendors. In their

capacity as mediators between producer and user, the latter play a particularly important role as change agents.

Conclusion

A computer becomes “greener” when it is made to be smaller, more energy-efficient and contains lower amounts of polluting substances, and at one and the same time maintains or even improves on the performance of earlier versions. However, this alone hardly equates to an ecological sensation. In a scenario where efficiency gains are overcompensated by the rebound effect, the strain on the environment will inevitably grow. This effect can only be countermanded via optimisation of entire (computer-) use systems and by making them more resource-efficient via IT innovations. The results of innovation and diffusion research can contribute towards achieving this.

Die Autoren The authors



Dr. Jens Clausen, Diplomingenieur für Maschinenbau, leitet als Senior Researcher das Borderstep Büro Hannover und ist Gründungsmitglied des Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management (CENTOS). Im Mittelpunkt seiner Forschungsarbeit stehen Fragen der Gründungs- und Innovationsforschung, nachhaltige Zukunftsmärkte, Nachhaltigkeitskommunikation und Corporate Social Responsibility.

Dr. Jens Clausen is senior researcher and head of Borderstep's Hanover office. He is a founder member of the Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management (CENTOS). His research activities focus on issues surrounding business start-ups and innovation, sustainable future markets, sustainability communication and corporate social responsibility.



Dr. Ralph Hintemann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Innovationsmanagement und Eco-Entrepreneurship am Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften. Im Rahmen des Drittmittelvorhabens „NordWest 2050“ ist er für die Entwicklung innovationstheoretischer Grundlagen sowie für die Untersuchung von Unternehmens- und Innovationsstrategien der Klimaanpassung verantwortlich.

Dr. Ralph Hintemann is a research assistant in the field of Innovation Management and Eco-Entrepreneurship in the Department of Economics and Law. Within the context of the externally funded project “NordWest 2050”, he is responsible for the development of principles of innovation as well as for research on corporate and innovation strategy with regard to climate change.

PD Dr. Klaus Fichter (siehe Seite 19) - PD Dr. Klaus Fichter (see page 19)