

Kriterienkatalogs und unter Einbeziehung von ExpertInnen und PraktikerInnen ist der Blaue Engel für Software entstanden.

Das erste Umweltzeichen für Software-Produkte

Das übergreifende Ziel des neuen *Blauen Engels für ressourcen- und energieeffiziente Software-Produkte*⁴ ist es, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Nutzungsdauer der IKT insgesamt zu erhöhen. Mit dem Umweltzeichen für Software wird ein erster Schritt gemacht, Mindestanforderungen an Software zu stellen und den Energieverbrauch und die Hardware-Inanspruchnahme zu messen.

Mit der ersten Version des Umweltzeichens liegen Anforderungen für lokale Anwendungs-Software vor, also für Software, deren Rechen- und Speicherleistung auf dem Endgerät des Anwenders stattfinden. Die Beschränkung auf lokale Software ist notwendig, denn der Stand und die Nutzung von Cloud-Diensten ist nicht aus, um Anforderungen für Software zu stellen. Unser Anspruch ist es, nur Software zu empfehlen, die bestimmte Kriterien für den Blauen Engel zu empfehlen.

Der Geltungsbereich des bestehenden Blauen Engels soll möglichst bald um Client-Server-Anwendungen und Applikationen für Smartphones/Tablets erweitert werden. Bei diesen Produktgruppen wird die Rechen- und Speicherleistung auf entfernten Servern und Speicherprodukten in Rechenzentren erbracht. Hierfür ist weitere Forschung notwendig, denn die Herausforderung besteht darin, die Umweltbelastung in der verteilten digitalen Infrastruktur (Rechenzentrum und Netze) zu ermitteln und eine Methode zu deren Bewertung zu entwickeln.

erschienen in der Fiff-Kommunikation,
herausgegeben von Fiff e.V. - ISSN 0938-3476
www.fiff.de

Übrigens ...

Der Blaue Engel ist ein freiwilliges Instrument. Er kann seine positive Wirkung auf die Umwelt nur erzielen, wenn ausreichend viele Unternehmen ihre Produkte zertifizieren lassen. Die Unternehmen sind besonders dann motiviert, den Zertifizierungsprozess zu durchlaufen, wenn sich dadurch ein Wettbewerbsvorteil ergibt und wenn insbesondere bei der Ausschreibung von Software für die öffentliche Verwaltung verlangt wird, dass die Kriterien des Blauen Engels eingehalten werden.⁵

Beschafferinnen und Beschaffer haben es in der Hand, dass sich Software mit dem Blauen Engel erfolgreich im Markt platzieren kann.

- 1 www.fiff.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekodesign/oekodesign-richtlinie
- 2 UBA 2018: Abschlussbericht: Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik; www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-12-12_texte_105-2018_ressourceneffiziente-software_0.pdf
- 3 Kriterienkatalog im Anhang 1 des Abschlussberichts, siehe Endnote 2
- 4 www.blauer-engel.de/de/produktwelt/elektrogeraete/ressourcen-und-energieeffiziente-softwareprodukte
- 5 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-umweltfreundlichen-oeffentlichen-21>



Eva Kern

Aufmerksamkeit schaffen für Immaterielles

Zusammenhang zwischen Software-Produkten und nachhaltiger Entwicklung

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in unserem täglichen Leben? Begleitet uns nahezu immer und überall! „Digitalisierung“, „Internet der Dinge“, „immer online“, „Digital Natives“, „Big Data“ sind Stichworte, die die Innovationen der letzten Jahre beschreiben. Insgesamt ist die IKT aus der heutigen (westlichen) Gesellschaft kaum mehr wegzudenken. Diese Entwicklungen erfordern jedoch viel Energie. Auch wenn die Geräte selbst immer energieeffizienter werden, steigt der durch den Einsatz von IKT-Produkten verursachte Gesamtenergieverbrauch weltweit an. Da dieser enorme Energiebedarf vielen jedoch nicht bewusst ist, braucht es Konzepte, um die Wissenslücke zu schließen.

Umweltwirkungen immaterieller Produkte

Dass Hardware-Produkte Energie und Ressourcen verbrauchen und das Auswirkungen auf die Umwelt hat, ist weitestgehend bekannt und, wenn nicht, dann leicht(er) nachvollziehbar als sich Wirkungen von „unsichtbaren“ Produkten vorzustellen: Die Idee, Software bei der Untersuchung der Beeinflussung der Umwelt durch IKT einzubeziehen, scheint dennoch vernünftig: Erst Software bringt Hardware dazu, Ressourcen zu verbrauchen. In welcher Höhe der Verbrauch der Endgeräte, Netzwerke und Rechenzentren liegt, ist u. a. abhängig von den jeweiligen Software-Eigenschaften. So wie die Hardware Software braucht, um das Ausführen von Aufgaben zu ermöglichen



Abbildung 1: Software-Messlabor am Umwelt-Campus Birkenfeld, Institut für Softwaresysteme, eigenes Foto

chen, benötigt die immaterielle Software die materielle Hardware, um existieren zu können.

Das Thema so genannter *grüner* bzw. *nachhaltiger Software* ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der Forschung gerückt. Nach wie vor sind viele Fragen einer umweltfreundlichen bzw. nachhaltigen Software-Entwicklung noch ungeklärt. Forschungsergebnisse zeigen jedoch: Wird auf verschiedenen Software-Produkten mit gleicher Funktionalität das gleiche Nutzungsszenario durchgeführt, führt es zu unterschiedlichen Verläufen der resultierenden Energieverbräuche. Es macht deutlich, dass Software-Lösungen einen Unterschied in der Energieeffizienz vorweisen und die darunter liegende Hardware verschieden stark beanspruchen. Je nach Ressourcenhunger der Software-Produkte kann das im schlimmsten Fall dazu führen, dass vermeintlich veraltete Hardware ausgemustert und durch neue, ggf. schnellere Hardware ersetzt wird. In diesem Fall sprechen wir von Software-Obsoleszenz, die im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung möglichst verhindert werden sollte.

Dieses Thema ist insbesondere auch wichtig, um die weltweiten Mengen an Elektroschrott zu reduzieren: So informiert der AK Rohstoffe von PowerShift e. V., gemeinsam mit NABU und anderen NGOs, in seiner kürzlich erschienenen Broschüre, dass die Pro-Kopf-Menge von Elektroschrott in Deutschland bei 22,8 kg liegt, für die EU bei 16,6 kg und global bei 6,1 kg. Global betrachtet mündet allein dieser Aspekt, neben den Klimafolgen, in Menschenrechtsverletzungen und Entwicklungsproblemen.

Gleiche Funktionalität, unterschiedliche Produkte, verschiedene Energieverläufe

Dass sich die Energieverbräuche von verschiedenen Software-Produkten, die ein gleiches Nutzungsszenario durchführen, unterscheiden, zeigten Messungen verschiedener Fallbeispiele. Um den Energieverbrauch von Software zu messen, ließen wir unterschiedliche Software-Produkte die gleiche Aufgaben ausführen und erfassten das Verhalten des zu testenden Systems (*System Under Test*, kurz *SUT*) auf der Hardware-Ebene in ei-

ner standardisierten Testumgebung: Dazu wird das zu untersuchende Software-Produkt, je nach Produkt, auf einem Desktop-Computer oder einem Server (SUT) installiert. Ein Lastgenerator führt dann die im Nutzungsszenario definierten Aufgaben aus. Die Versorgung des Systems, auf dem das Software-Produkt installiert wird, wird durch einen Leistungsmesser erfasst. Das SUT selbst sammelt die Daten über die Nutzung seiner Hardware-Kapazitäten. Alle Daten werden in einem zentralen Datenspeicher aggregiert und dann analysiert.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, zeichnen wir mehrere Messungen auf: für die Basislinie den Verbrauch des Betriebssystems, den Verbrauch des Betriebssystems plus des Software-Produkts im Leerlauf und ein Standardnutzungsszenario. Dieses muss für jede Software-Produktgruppe (bspw. Textverarbeitung oder Content-Management-System) so konzipiert werden, dass es auf verschiedenen Software-Produkten gleiche Aufgaben ausführen kann. In den Ergebnissen zeigt sich, dass unterschiedliche Energieverbräuche vorliegen.

Ziel der Messungen war und ist, festzustellen, ob es Unterschiede in den Verbräuchen gibt. Diese Vermutung konnte bestätigt werden. Generelle vergleichende Aussagen, welche Software-Produkte per se *umweltfreundlicher* sind, lassen sich (noch) nicht treffen. Auch die Ursache für die resultierenden Unterschiede in den Messergebnissen bedarf weiterer Untersuchungen.

Wissen & Anwendung: (bisher) Fehlanzeige

Studien zeigen, dass sich Viele des Zusammenhangs zwischen Digitalisierung im Allgemeinen und Umwelt kaum bewusst sind. Im Fall von Software sind das Bewusstsein und das Wissen sogar noch schlechter als in Hardware-Kontexten. Die Durchsicht der vorhandenen Forschung in diesem Zusammenhang führte zu der Schlussfolgerung, dass zwar ein grundsätzliches Wissen über Green IT bei den befragten ProgrammiererInnen, Studierenden, PraktikerInnen, EinkäuferInnen, LieferantInnen und ManagerInnen gegeben ist. Doch selbst wenn sie über eine ge-

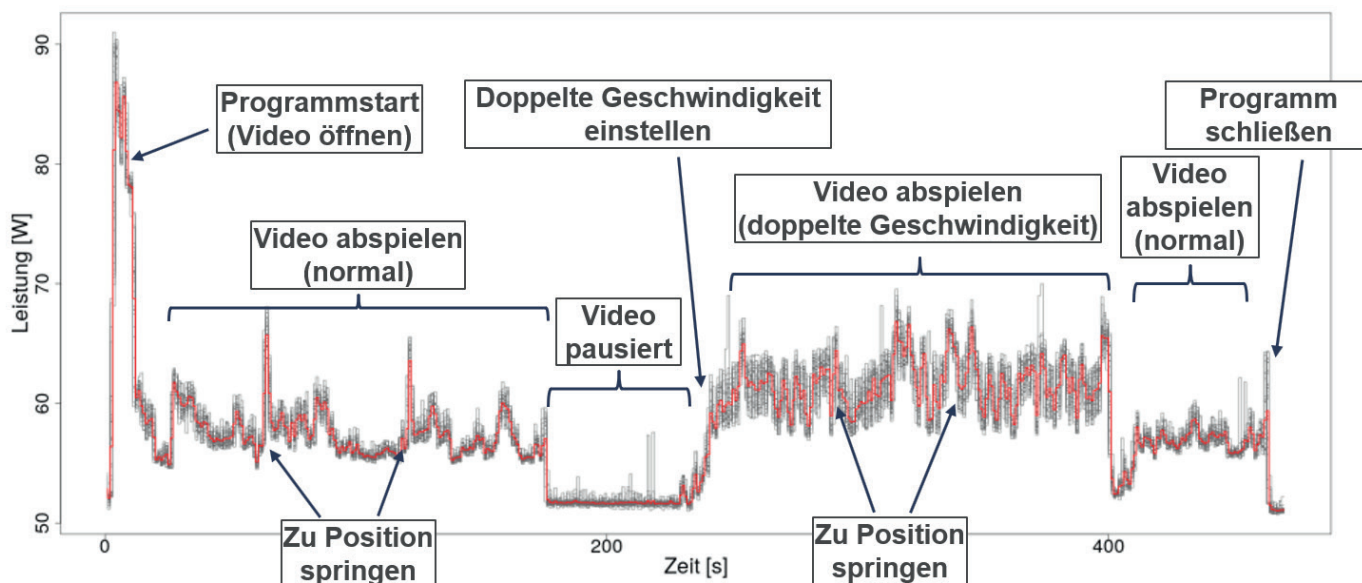


Abb. 2: Exemplarischer Energiebedarf Mediaplayer bei Anwendung des Nutzungsszenarios (eigene Abbildung)

wisse Kenntnis verfügen, wissen sie nicht, wie sie dies in ihre tägliche Routine integrieren können. Bei Software-NutzerInnen zeigt sich ein ähnliches Bild: Auch wenn viele Umweltzeichen grundsätzlich bekannt sind, wird der Bezug zu Software-Produkten oft nicht gesehen. Danach gefragt, geben NutzerInnen aber an, dass sie eine Umweltkennzeichnung von Software beim Auswahlprozess einbeziehen würden. Insbesondere dann, wenn eine Produktauswahl verschiedener Anbieter gleicher Funktionalität der Produkte besteht.

Bewusstsein schaffen: Informationen bereitstellen

Ein Ziel unserer Forschungsaktivitäten ist es daher, Wissen über die Auswirkungen von IKT, im Speziellen von Software, auf die Umwelt und eine nachhaltige Entwicklung bei den unterschiedlichen AkteurlInnen im Software-Bereich zu schaffen. Wenn Informationen vorhanden sind und so ein breiteres Wissen existieren kann, kann es im nächsten Schritt auch in den jeweiligen Kontexten umgesetzt werden. Ideen dazu, wie die Wissensverbreitung aussehen kann und für welche Zielgruppen welcher Weg sinnvoll erscheint, stellen wir im Folgenden vor. Übergeordnetes Ziel: Transparenz, Interesse und Verständnis für das Thema fördern.

Transfer der Forschungsergebnisse in die Gesellschaft unterstützen

Schon seit vielen Jahrzehnten bieten Umweltzeichen eine Orientierung bei der Auswahl von nachhaltigen Produkten. Bereits seit 1978 zeichnet der Blaue Engel besonders umweltschonende Produkte und Dienstleistungen aus. Ein Umweltzeichen für Software-Produkte, dem standardisierten Kriterien zugrunde liegen, gab es bisher nicht. Das änderte sich Anfang des Jahres mit Einführung des *Blauen Engel für ressourcen- und energieeffiziente Software-Produkte*. Näheres zu diesem Label und den zugrunde liegenden Kriterien findet sich im Artikel von Marina Köhn in diesem Heft. Die Vergabekriterien für den Blauen Engel basie-

ren auf einem Kriterienkatalog für nachhaltige Software-Produkte: <http://green-software-engineering.de/kriterienkatalog>. Der Blaue Engel zeichnet Produkte aus, deren Hersteller Informationen über die Energie- und Ressourceneffizienz bereitstellen, also eine Transparenz fördern.

Mit dem Konsumentenlabel kann es gelingen, die Ergebnisse der Forschungsprojekte zu Umweltwirkungen von Software in die breite Gesellschaft zu tragen. Der Blaue Engel ist ein erster Schritt der Wissensverbreitung. Generell kann es gelingen, über den Austausch von Wissen aus Forschung und Praxis die Lücke zwischen Wissenschaft und Gesellschaft bzw. industrieller Praxis zu schließen, was die Informationen über nachhaltige Software betrifft. Trotzdem gilt es weiterhin offene Forschungsfragen zu bearbeiten.

Umweltzeichen können Informationen bereitstellen. Noch wichtiger scheint es, das dem Zeichen zugrunde liegende Wissen zu verbreiten und dabei stets kritisch zu reflektieren und weiter zu entwickeln, um insbesondere auch die Grenzen von Kennzeichnungen im Blick zu behalten. Das heißt, sich nicht blind auf eine Auszeichnung zu verlassen.

Blauer Engel als Entscheidungshilfe – auch in großem Umfang

Mit dem Blauen Engel werden u. a. die individuellen Software-NutzerInnen angesprochen, die vor der Auswahl von geeigneten Software-Produkten stehen. Eine weitere Gruppe, die bei der Verbreitung und Etablierung der Kriterien für energie- und ressourceneffiziente Software-Produkte hilfreich sein könnte, besteht aus öffentlichen Verwaltungen und professionellen EinkäuferInnen. Hier liegt die Beschaffung in der Verantwortung einer überschaubaren Anzahl von Personen, die für den Einkauf großer Mengen von Software-Produkten zuständig sind. Sie haben daher potenziell einen erheblichen Einfluss auf die resultierenden Umweltauswirkungen dieser Produkte während ihres

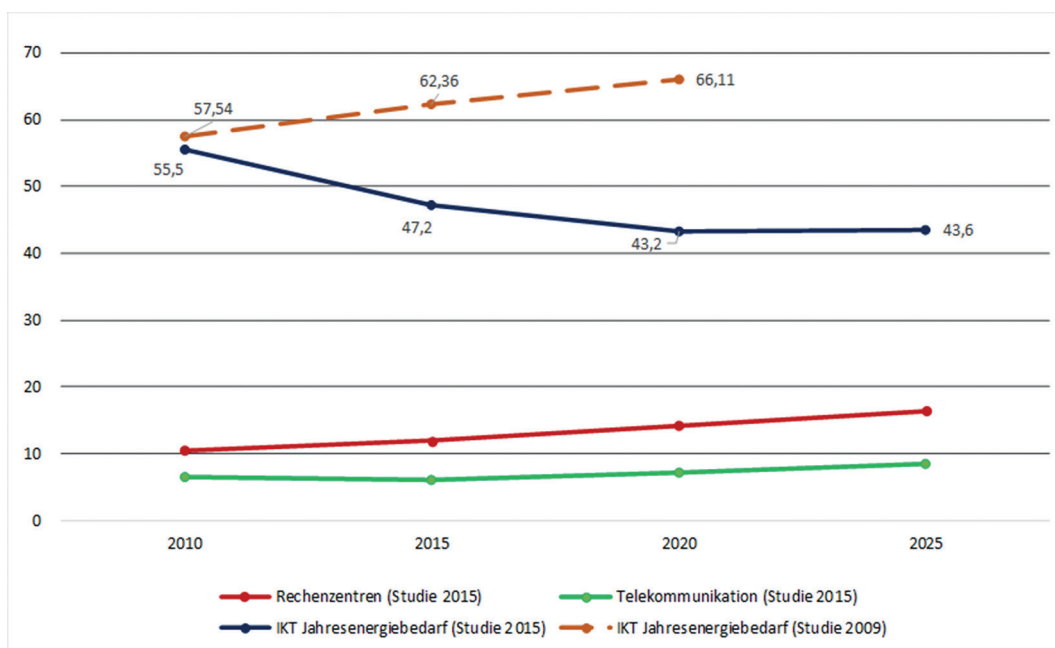


Abbildung 3: Stromverbrauch durch Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in Deutschland (Datenquellen: Fraunhofer IZM/ISI (2009), Fraunhofer IZM / Borderstep Institut (2015))

Einsatzes in Unternehmen und Organisationen. Häufig folgen sie dabei Beschaffungsrichtlinien. Die vorgeschlagenen Nachhaltigkeitskriterien für Software-Produkte sollten Eingang in die Beschaffungsrichtlinien finden. Auf diese Weise können die stärker regulierten Beschaffungsprozesse ein Beispiel und Vorbild für private Beschaffungsprozesse sein. Während die Richtlinien in größere Beschaffungskontexte integriert werden, können sie optimiert und so für den privaten Markt gestaltet werden. Gleichzeitig würden eine höhere Nachfrage nach einem Umweltzeichen für Software und eine Nachfrage für umweltfreundlichere Software-Produkte geschaffen werden.

Dass Regularien den Energieverbrauch positiv beeinflussen können, zeigt u. a. die Einführung der *Europäischen Ökodesign-Richtlinie* sowie das *Europäische Energielabel* – beide beziehen sich jedoch bisher nur auf Hardware-Produkte. Auch steigende *Green-IT*-Maßnahmen scheinen eine Wirkung zu haben, betrachtet man die Entwicklung und Prognosen des Jahresenergiebedarfs der IKT in Studien von 2009 und 2015. Für die kommenden Jahre ist jedoch von einem erneuten Anstieg des Bedarfs auszugehen. Insbesondere für Rechenzentren und Telekommunikation steigen die Verbräuche, beispielsweise durch die wachsende Nutzung mobiler Geräte.

Verantwortung der Unternehmen

Nicht nur Unternehmen und Organisationen, die Software-Produkte beschaffen, sind aufgefordert, die Auswirkungen der Software-Nutzung in ihre Produktentscheidungen einzubeziehen. Der Blaue Engel soll vor allem auch in Software-Unternehmen selbst eine Debatte über umweltverträgliche Software auslösen. Ziel ist es, dass die vorgeschlagenen Kriterien in der Entwicklung berücksichtigt werden und Software-Produkte so entwickelt werden, dass sie die Vergaberichtlinien des Umweltzeichens erfüllen können.

Gemeinsam mit EntwicklerInnen und WissenschaftlerInnen sollten zudem Leitlinien für Software-Entwicklung geschaffen und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Kontinuierliche Überprüfung des Energieverbrauchs eines Software-Produktes bzw. einzelner Quellcode-Segmente schon während des Entwicklungsprozesses ist ein Ansatz, um die Relevanz der Kenntnisse

über resultierende Ressourcenverbräuche weiter zu betonen und sichtbar zu machen. Dafür wurden bereits erste Ideen und Konzepte entwickelt, um beispielsweise die Energiemessungen über Methoden der *Continuous Integration* in den Software-Entwicklungsprozess einzubeziehen. So können durch zunehmendes Erfahrungswissen langfristig Empfehlungen zur Verbesserung von Software-Produkten entwickelt werden.

Ideen des Labels als Grundlage für Bildungskonzepte

Um die Auswirkungen der Software-Entwicklung und -Nutzung nicht nur in Entwicklungs- und Beschaffungsprozessen zu thematisieren, sondern ein allgemeineres Wissen über diese Thematik zu haben, sollten die Informationen zudem in Lehrkonzepte unterschiedlicher Bereiche einfließen. Hier sind sowohl informelle als auch institutionelle Bildung gefragt.

Weiterbildungen für NutzerInnen

Zur weiteren Ansprache der Gruppe der NutzerInnen, über den Entscheidungsprozess für (neue) Produkte hinaus, sollte mit Umweltverbänden zusammengearbeitet werden, die die ExpertInnen für die Information der VerbraucherInnen über Umweltfragen sind. Befragungen von NutzerInnen aus den vergangenen Jahren zeigen, dass es an Wissen über die Umweltauswirkungen von Software mangelt. Im Hinblick auf Informationsaktivitäten zu Umweltthemen sind insbesondere Umweltverbände aktiv und für die Gesellschaft eine Informationsquelle, die das Vertrauen der Verbraucher genießt. Die Umweltverbände sind daher aufgefordert, über Umweltfragen von Software zu informieren. Sie sind sehr erfahren darin, komplexe Themen verständlich in die Gesellschaft zu bringen. Um einen entsprechenden Informations- und Bildungsprozess in Gang zu setzen, bedarf es hier adäquater Lehrmaterialien. Besonderes Interesse könnte der Erklärung der Konsequenzen des Nutzungsverhaltens bei der Nutzung von IKT-Geräten gelten. Ziel ist es, Potenziale aufzuzeigen, wie IKT-Geräte und darauf laufende Software umweltschonender genutzt werden können. Dies könnte mit kleinen Schritten wie dem Ausschalten der Hintergrundaktivitäten von Software beginnen.



Eva Kern

Eva Kern studierte Medieninformatik an der Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, bevor sie für ihr Promotionsstudium an die Fakultät Nachhaltigkeit der Leuphana Universität Lüneburg wechselte. Ihre Doktorarbeit schrieb sie über Umweltwirkungen von Software. Als Post Doc entwickelte sie am Umwelt-Campus im Auftrag des Umweltbundesamts die Umweltkennzeichnung *Blauer Engel für Energie- und Ressourceneffiziente Softwareprodukte* mit, die Anfang 2020 veröffentlicht wurde. Heute arbeitet sie als *Eine Welt-Promotorin* mit dem Schwerpunkten Klima + Flucht und Junges Engagement bei *JANUN Lüneburg e. V.* Daneben lehrt sie seit mehreren Jahren im Bereich Projektmanagement und transdisziplinäre Projekte und beschäftigt sich immer wieder in unterschiedlichen Zusammenhängen mit dem Themenfeld *Digitalisierung & Nachhaltigkeit*.

Die grundlegenden Überlegungen hinter den Vergabekriterien für den Blauen Engel für Software-Produkte sowie der umfangreichere Kriterienkatalog für nachhaltige Software-Produkte, auf dem die Vergabekriterien basieren, können als Ausgangspunkt für Lehrkonzepte in der Informatik-Ausbildung dienen. Software-EntwicklerInnen als diejenigen, die die sich ändernden Anforderungen in der Software-Entwicklung voranbringen und umsetzen, sollten sich mit Umweltwirkungen von Software-Produkten auseinandersetzen. Wird der Aspekt bereits in der Ausbildung thematisiert, kann er in den Alltag der Software-Entwicklung einfließen.

Studierende sollen dazu befähigt werden, umweltverträgliche und ressourceneffiziente Software zu gestalten und insgesamt zu verstehen, welche Umwelt- und Nachhaltigkeitseffekte Software hat und welche Wechselwirkungen es gibt. Ein weiteres Ziel ist die Verankerung des Lehrplans und der Module in vorhandene Studiengänge der Informatik.

Teil der Schulbildung

Durch die zunehmende Bedeutung digitaler Lösungen ist Informatik ein wichtiger Teil der Schulausbildung. Schon frühzeitig sollte bei SchülerInnen ein Grundverständnis für diese Technologien geschaffen werden, die ihnen in ihrem Alltag begegnen, um insbesondere auch eine entsprechende Medienkompetenz zu ermöglichen. Zum Informatik-Verständnis gehört auch die Auseinandersetzung mit den Auswirkungen der Digitalisierung: auf die Gesellschaft und auf die Umwelt. Die Informatik-Ausbildung sollte daher schon an der Schule auf den Zusammenhang der Digitalisierung und einem Leitbild nachhaltiger Entwicklung eingehen. Darin sind auch Entwicklungsfragen und das Thema Menschenrechte auf internationaler Ebene einzubeziehen, um eine persönliche Mitverantwortung für Mensch und Umwelt bewusst zu machen.

Ansätze für die Forschung: offene Fragestellungen

Wie bereits angesprochen, sind einige Fragen noch offen, um umweltverträgliche Software-Produkte voranzutreiben: Es fehlen bisher Leitlinien und Werkzeuge für die Software-Entwicklung, und es mangelt an einer Betrachtung des Entwicklungsprozesses selbst. Eine erste Idee ist die Berechnung eines *Ökologischen Fußabdrucks* der Software-Entwicklung, sodass auch hier – neben den Energiemessungen – mehr Bewusstsein zur Verringerung der durch IKT verursachten Auswirkungen auf die Umwelt führen kann.

Der Blaue Engel bezieht sich bisher auf Anwendungs-Software mit Benutzerschnittstelle. Zur Erweiterung des Geltungsbereiches, beispielsweise um Server-Client-Software-Produkte, bedarf es weiterer Messmethoden. Zudem ist die Frage nach Benchmarks, quantitativen Mindestanforderungen für Software-Produkte, noch offen.

Um eine nachhaltige und umweltschonende Digitalnutzung zu erreichen, kann jede/r etwas beitragen. Die Tatsache, dass durch Messenger- oder E-Mail-Dienste ein Datenaustausch nur möglich ist, weil Milliarden Server ständig in Rechenzentren in Betrieb sind, ist den meisten unbekannt. Durch den daraus resultierenden Stromverbrauch kommt es weltweit zu 800 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Auch der Energiebedarf beim Internet-Streaming ist enorm hoch. Mit der Menge an Strom, der für das Streaming benötigt wird, könnten sämtliche Privathaushalte in Deutschland, Italien und Polen für ein Jahr mit Strom versorgt werden. Eine einzige Google-Suchanfrage löst, laut Angaben von Google, einen Strombedarf von 0,3 Wh aus, was bei 40.000 Suchanfragen pro Sekunde und rund vier Milliarden Menschen für einen erheblichen Stromverbrauch sorgt.

Ein einfacher Tipp zur nachhaltigeren Digitalnutzung besteht beispielsweise aus dem Löschen der E-Mails. Dies legt Festplattenkapazität frei, wodurch CO₂ eingespart werden kann. Außerdem kann jede/r von uns auf umweltfreundliche Produkte umsteigen, die beispielsweise mit einem Umweltsiegel wie dem bereits zuvor erwähnten Blauen Engel ausgezeichnet sind. Auch die Nutzung einer Suchmaschine wie Ecosia bietet zu Google eine Alternative. Ecosia verwendet, nach eigenen Angaben, ihre Gewinne, um Bäume zu pflanzen. Zudem werden ihre Rechner zu 100 % aus erneuerbaren Energien betrieben.

Das sind nur einige Beispiele, wie jede/r selbst durch kleine Änderungen im Nutzungsverhalten etwas beitragen kann zur nachhaltigeren Gestaltung der Informations- und Kommunikationstechniken.

Referenzen

- Für weitere Informationen zu Auswirkungen der IKT mit globaler Perspektive siehe: 12 Argumente für eine Rohstoffwende, herausgegeben von AK Rohstoffe c/o PowerShift e. V. (Mai 2020)
- Für Informationen zum Energieverbrauch durch IKT siehe: Stobbe, L. et al. (2015): Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14.
- Für eine detaillierte Beschreibung der Messmethode siehe: Gröger, J. et al. (2018): Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik Abschlussbericht (Umweltbundesamt, Texte 105/2018)
- Für Ansätze von Energiemessungen während des Software-Entwicklungsprozesses siehe: Drangmeister, Jakob et al. (2013): Greening Software with Continuous Energy Efficiency Measurement. In Workshop Umweltinformatik zwischen Nachhaltigkeit und Wandel, Koblenz 2013, S. 940–951.
- Für weitere Ergebnisse der Studie zu „Umweltwirkungen von Software & ihre Kennzeichnung“ siehe: Kern, E. et al. (2019): Including Software Aspects in Green IT: How to Create Awareness for Green Software Issues in: Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications (Springer International Publishing)
- Für Informationen zu Energieverbräuchen in Rechenzentren und vernetzter Technologien siehe: Hintemann, R. (2019): „Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland steigt weiter an“, online: <https://www.datacenter-insider.de/energiebedarf-der-rechenzentren-in-deutschland-steigt-weiter-an-a-886887>

