

Forschungsbericht BWPLUS

Forschungsblatt ENRICH

-

Energie, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz in IT und Rechenzentren

von

Universität Stuttgart, HLRS – Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart, Prof. Dr. Michael Resch,
Marcel Brodbeck M.Sc., Dr.-Ing. Martin Rose, Inna Wöckener, Diana Wang, Dr. Cosima-Maria Weyers

Universität Stuttgart IER – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Prof. Dr.
Peter Radgen, Nicola Schuckert, Dirk Turek, Felix Dörpmund

DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH, Stutt-
gart: Dr. Wilfried Konrad, Frank Dratsdrummer, Dr. Dirk Scheer

Universität Ulm UUlM, Lutz Schubert

Förderkennzeichen: BWND21101-04

Laufzeit: 01.04.2021 – 31.03.2023

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre
Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

April 2023

1 Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Eines der Themen des Projektes ENRICH umfasste die Untersuchung der Auswirkungen der Trendbereiche in der Digitalisierung auf den Energie- und Ressourcenverbrauch. Hier konnte festgestellt werden, dass es in einigen Fällen zu einer Reduzierung des Verbrauchs kommt, wie zum Beispiel beim Car Sharing/Carpooling, bei der elektronischen Patientenakte oder digitalen Bibliotheken. Dagegen gab es in den Trendbereichen Home-Office, Online Shopping oder Kryptowährungen eine Steigerung oder die Auswirkungen auf den Verbrauch waren unklar. Exemplarisch wurden dabei nachfolgend die drei Trendbereiche Home-Office, Streaming und die elektronische Patientenakte auf ihre Nachhaltigkeit näher untersucht. Im Bereich Home-Office ist enormes Einsparpotential (5,79 KP CO₂e/Person und Tag) vorhanden, was stark von den genauen Umständen und Maßnahmen abhängt. Der Streamingkonsum wird in Zukunft noch weiter ansteigen und bestehende Entwicklungen im Bereich der Energieeffizienz von Rechenzentren sowie der Technologie in Endgeräten und Datenübertragung spielen eine wichtige Rolle in der Begrenzung des Energiehunger der Streamingbranche. Die Emissionen der analogen Patientenakte werden in Baden-Württemberg auf ca. 630 Tonnen geschätzt, wohingegen die digitale Version auf nur ca. 30 Tonnen kommt. Die Einsparungen durch eine Umstellung wären demnach hoch. Weitere Einsparungen wäre durch den Wegfall analoger Arztbesuche oder durch die Optimierung von Untersuchungen möglich. Der Einsatz von KI in den Anwendungsfeldern Smart Home, Verkehr und Landwirtschaft wurde ebenfalls untersucht, Szenarien beschrieben und auf ihre Nachhaltigkeit geprüft. Generell lässt sich festhalten, dass in diesen drei Szenarien KI zu einer Energie- und Ressourcenverbrauchsreduktion beitragen und sich damit positiv auf die Umweltbilanz auswirken kann. Jedoch kann es auch zu negativen Auswirkungen kommen, was z.B. den Energieverbrauch wiederum erhöht. Das Potenzial zur Effizienzsteigerung bei Anwendungen zeigt sich außerdem durch die dynamische Regelung der Leistungsbegrenzung oder durch eine Codeoptimierung. Durch Portierung einer Anwendung auf GPU wurde der Energieverbrauch dieser Anwendung um bis zu 70 % reduziert.

Ferner wurde im Projekt ENRICH auch eine theoretische Darstellung der Lieferkette einer SSD sowie ein Leitfaden für das Vorgehen sowie der wichtigsten Gesetze und Richtlinien bei der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung erstellt. Möglichkeiten und Hindernisse bei der Weiterverwendung und Entsorgung von Hardwarekomponenten eines Höchstleistungsrechners konnten ebenfalls identifiziert werden.

Des Weiteren wurden verschiedene Office-Umgebungen auf ihre Nachhaltigkeit überprüft. Die Ergebnisse sind dabei deutlich weniger eindeutig als erwartet – primär zeigt sich, dass prinzipiell bei einer Beschaffung das Alter der PC-Umgebung zu berücksichtigen ist. Zukünftige Umgebungen sollten einer Home-Office Ausstattung gerecht werden und durch die Verwendung von Laptops kann für einen geringeren CO₂-Wert gesorgt werden. Meetings per Zoom/Conferencing-Tools sind auf ein Minimum zu beschränken und finden idealerweise ohne Video statt (oder mit geringer Qualität) – in den meisten Fällen ist das Telefon eine bessere Option. Daten sollten idealerweise auf dem Rechner vorgehalten werden und im Büro abgeglichen werden. Durch einen Experten-Workshop und zwei Fokusgruppen wurde dann speziell analysiert, ob Home-Office einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Es zeigte sich, dass es insbesondere für die Bereiche Mobilität und Gebäudeenergie positive Einflüsse gibt. Zum anderen wurde aber auch die Wirkung von verhaltensbezogenen Reboundeffekten diskutiert, etwa Verschiebungen im Modal Split zulasten des öffentlichen Verkehrs oder der Aufbau von IT-Doppelstrukturen. In den Fokusgruppen mit Beschäftigten wurden die Bedingungen und Barrieren einer energie- und ressourceneffizienten Nutzung der Home-Office-IT analysiert. Dabei wurde die tiefgreifende Ambivalenz der Einstellungen der Teilnehmenden deutlich, die sich zwischen Akzeptanz und Handlungsbereitschaft sowie Relativierung und Ablehnung bewegen. Ein weiterer Bereich, der näher untersucht wurde, war das Thema Videostreaming. Der Workshop dazu hat ergeben, dass die Zuwachsraten des durch Videostreaming verursachten Datenverkehrs im Internet in den nächsten Jahren weiter ansteigen werden. Dabei könnte der dafür notwendige Mehrbedarf an Energie und Ressourcen für Rechenzentren, Datenübertragungsnetze und Endgeräte sowie damit einhergehende Auswirkungen auf Klima und Umwelt zunehmend zum Problem werden. Vor diesem Hintergrund empfehlen die Ex-

pert*innen die Videostreaming-Anbieter als auch Rechenzentrums-Betreiber sowie Fest- und Mobilfunknetz-Betreiber und Hardware-Hersteller zu verpflichten, zu den Klima- und Umweltwirkungen ihrer Angebote durchgehende Transparenz in Form von jährlichen Nachhaltigkeitsberichten zu ermöglichen.

Überdies konnten Daten zur digitalen Infrastruktur in Baden-Württemberg in den Bereichen der bestehenden Schwerindustrien, der Anzahl von Mobilfunktürmen sowie der Anzahl von Rechenzentren gesammelt und aufgearbeitet werden. Ein Indikatorenset bestehend aus 12 Indikatoren zur Bewertung von Digitalisierungsmaßnahmen wurde ebenfalls entwickelt. Mithilfe der Indikatoren kann der Einfluss einzelner Digitalisierungsmaßnahmen auf Soziales, Ökologisches und Ökonomisches bewertet werden.

2 Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Die Untersuchungen innerhalb von ENRICH haben gezeigt, dass die Digitalisierung einen Einfluss auf den Energie- und Ressourcenverbrauch hat. Zum Beispiel muss bei der Nutzung von Video-Streaming und Home-Office auf die Energieeffizienz sowie den Klimaschutz geachtet werden, da sich beides negativ auf den Verbrauch auswirkt. Die Analyse davon erschließt der IT-bezogenen Technikfolgenabschätzung neue Perspektiven und Themenbereiche. Dies gilt insbesondere für das Home-Office, das ohne die modernen IuK-Technologien im mittlerweile erreichten Ausmaß nicht möglich wäre. Es hat sich auch gezeigt, dass in bisherigen Analysen die IT-Ausstattung in Bezug auf den Umwelteffekt von Home-Office entweder nur teilweise oder gar nicht miteinbezogen wurde. Auch der Wechsel von Büro zu Heimarbeit blieb dabei meistens unberücksichtigt oder es wurde sich nur auf Verhaltensregeln fokussiert, wie z.B. den Computer abends auszuschalten. Durch unsere Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses von Home-Office auf ihre Energie- und Ressourceneffizienz und der Erstellung von Beschaffungsempfehlungen für Unternehmen, leistet das Projekt einen originären Beitrag zu diesem Themengebiet. Der aktuelle Stand zur digitalen Infrastruktur wurde zudem visualisiert und kann für Forschende eingesehen werden. Das gleiche gilt für das erstellte Informationsmaterial, womit Maßnahmen geplant und umgesetzt werden können.

Da der Anteil an KI-Systemen auf dem Markt stetig wächst, weswegen eine Untersuchung auf ihre Energieeffizienz sinnvoll wäre. Des Weiteren wurden im Projekt die Möglichkeiten von KI-Systemen aufgezeigt und was sie hinsichtlich der Energie- und Ressourcenverbräuche bieten. Dabei wurde auch auf die Hemmnisse eingegangen, zu denen es weiterer Forschung Bedarf. Ein weiterer Fortschritt im Projekt war die Entwicklung und Herstellung der nachhaltigeren, besser recycelbaren Hardwarekomponenten mit längeren Weiternutzungs- und Austauschmöglichkeiten. Zudem wurde mit der Forschung eine Grundlage für weitere Arbeiten mit den Herstellern an der Lieferkette einer SSD sowie weiteren kleineren Computernetzteilen geschaffen.

Ein weiteres Projektergebnis betrifft die Erkenntnisse aus dem zeitlichen Verlauf der Leistungsaufnahme einer Anwendung. Diese kann Hinweise auf ineffiziente Programmteile oder Anwendungen geben und die Messung der Leistungsaufnahme erlaubt es diese auf ihre Energieeffizienz zu bewerten. Daher wurde von uns der Zusammenhang zwischen der aufgenommen elektrischen Leistung und der rechnerischen Lastverteilung untersucht. Die genauere Relation zwischen der Lastaufnahme und weiteren Performance Metriken sowie die Effizienzsteigerung durch Portierung auf GPUs sollte noch weiter analysiert werden.

3 Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Praktisch verwertbar sind vor allem die Ergebnisse aus der quantitativen Auswertung der drei Trendbereiche Digitalisierung. Die angewandte Methode zur Auswertung kann übertragen werden, indem die Variablen angepasst werden. Des Weiteren kann die Zusammenfassung zur Orientierung bei den Beschaffungen und der Entsorgung von Computern sowie Groß-, Hoch-, Höchstleistungsrechner verwendet werden (siehe Kapitel 3.1 im Schlussbericht). Es ist geplant die Zusammenfassung auf der HLRS-Website der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Die Leistungsmessungen können benutzt werden, um besonders energieintensive Anwendungen zu identifizieren, die dann optimiert werden

können. Ebenfalls können sie eingesetzt werden, um Energie als Ressource wie die Rechenzeit zu vergeben. Die Nutzenden hätte dann eine Motivation die Energieeffizienz zu steigern. Der Nutzen der durchgeführten Studien liegt einerseits in den im Projekt erarbeiteten Handlungsoptionen und -empfehlungen an politische und wirtschaftliche Akteure, wie Videostreaming in den Bereichen Streaming-Angebote und Nutzungskontexte sowie Technologie und Infrastruktur unter den Gesichtspunkten Energie- und Ressourceneffizienz verbessert werden kann. Andererseits haben die Home-Office-Untersuchungen zur Weiterentwicklung des (empirischen) Wissens zu den Einflussfaktoren von dessen Klimarelevanz (insb. Berufsverkehr, Gebäudeenergie, IT) beigetragen sowie zu einer Konzeptionierung des Zusammenhangs von Home-Office-IT und Klimaschutz als wechselseitige Verflechtung hybrider Arbeitsmodelle und gesellschaftlicher Teilbereiche mit Praktiken und Einstellungen von Beschäftigten geführt. Auch lassen sich Beschaffungs- und Verhaltensregeln ableiten, die für eine nachhaltigere Ausstattung der Büroumgebung sinnvoll sind. Im Rahmen der Arbeit haben bereits mehrere teilnehmende Unternehmen Konsequenzen für Folgebeschaffungen gezogen. Die Projektergebnisse können zudem in die bereits vorhandene Visualisierung des Landes Baden-Württemberg integriert werden. Die Übersicht über die Breitbandabdeckung verschafft einen zuverlässigen Überblick über die aktuelle Situation im Bundesland, sodass diese zur Entscheidungsfindung genutzt werden kann.

4 Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Es wurde eine Zusammenfassung (siehe Kapitel 3.1 im Schlussbericht) für die Beschaffung von Computern und Groß-, Hoch-, Höchstleistungsrechner erstellt, die für den öffentlichen Dienst sowie auch für Großunternehmen und KMUs zur Verfügung gestellt werden kann. Das vorhandene Wissen kann zudem genutzt und übertragen werden, um anderen Produkte in einer Lieferkette darzustellen.

Die erarbeiteten Ergebnisse zum Thema Home-Office werden zeitnah auf der Homepage der Dialogik gGmbH veröffentlicht. Drei Berichte können dort bereits eingesehen werden. Zudem werden die Ergebnisse für die an den Workshops beteiligten Expert*innen zugänglich gemacht und damit an eine große Bandbreite politischer und wissenschaftlicher Akteure aus der Arbeits-, Sozial-, Organisations-, Computer-, Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung sowie Bundes- und Landesministerien und -behörden, Universitäten und Forschungseinrichtungen, Verbänden sowie zivilgesellschaftlichen Organisationen übermittelt.

Als Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer wird es im Rahmen von *Arbeitspaket 5 – Digitaler Atlas BW* eine eigenständige Veröffentlichung der Visualisierungen als App oder als Integration in andere bereits vorhandene Anwendungen geben. Die identifizierten Szenarien aus *AP1 – Megatrends in der Digitalisierung und zukünftige Entwicklung* können zudem mit Bewertungsmethoden aus *AP6* evaluiert werden. Das erstellte Infomaterial (*AP6 – Bewertung, Öffentliche Verwaltung als First Mover, Kommunikation und Wissensvermittlung*) soll ebenfalls veröffentlicht werden.

Teilweise lassen sich einige Ergebnisse weniger in einen anderen Bereich übertragen, da diese stark an IT-Nutzung im Büroumfeld gebunden sind. Dennoch lassen sich die Methoden auch für die Abschätzung von anderen Umfeldern anwenden, wie z.B. für Heimwerkerstätten oder Krankenhäuser etc. Um die Aufmerksamkeit für den CO₂-Verbrauch weiter zu steigern sind entsprechende Publikationen, die sich nicht allein auf Büroumgebungen beschränken, geplant.