

Klimaschutzrisiko Digitalisierung

Zusammenfassung

Im politischen und gesellschaftlichen Diskurs werden die zwei Megatrends Digitalisierung und Klimawandel zwar immer öfter gemeinsam diskutiert, negative Effekte werden aber eher ausgespart. Die Digitalisierung bietet auf den ersten Blick vielfältige Chancen für den Klimaschutz, z. B. durch die energie- und ressourceneffizientere Gestaltung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Prozesse. Allerdings verbrauchen der Aufbau und Betrieb digitaler Infrastrukturen erhebliche Mengen Energie und Rohstoffe und tragen somit zur Klima- und Umweltbelastung bei. Außerdem werden oft indirekte Umwelteffekte durch Rebound-Effekte, wie z. B. gesteigerte Produktion nach digitaler Optimierung wenig beachtet. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von IKT-Infrastrukturen, Gebäuden oder Produktionsprozessen zeigen Wirkung, aber die Digitalisierung entkoppelt Wirtschaftswachstum nicht vom Energieverbrauch.

Überblick zum Thema

Die Digitalisierung aller Lebensbereiche wird bisher meist unter wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten diskutiert. Während sie vielfältige Chancen bietet, Prozesse neu und in Bezug auf Energie- und Ressourcenverbrauch effizienter zu gestalten, hat die Digitalisierung selbst einen erheblichen Fußabdruck in Bezug auf Energie und Ressourcenverbrauch und damit eklatante ökologische Auswirkungen.

Als Chance der Digitalisierung zum Klimaschutz beizutragen, wird beispielsweise die vernetzte Mobilität gesehen, von der sich eine energieeinsparende Optimierung der Verkehrsflüsse erhofft wird (siehe Thema [Offene Mobilitätsplattformen](#)). Smart-City- und Smart-Home-Systeme oder neue Abrechnungsmodelle mittels Smart Meter sollen zur Energieverbrauchsreduktionen beitragen. Neue Geschäftsmodelle, Produkte und die Optimierung von internen Prozessen können zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs führen, beispielsweise in der Industrie ([Industrie 4.0](#)), der Energie- und Wasserwirtschaft oder im Bauwesen ([Häuser 3D-Druck](#)). Digitale Technologien können auch eingesetzt werden, die Energieeffizienz in der Industrie zu verbessern. Eine deutsche Studie zeigt hier insgesamt große, nicht ausgeschöpfte Potenziale hinsichtlich der Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden oder Produktionsstätten durch digitale Technologien auf. Diese werden von Unternehmen nur zögerlich eingesetzt (Bertschek et al. 2020). Smarte Landwirtschaft soll Dünger und andere Ressourcen effizienter einsetzen (siehe Thema [Agrarrobotik](#)). Digitalisierung kann die Kreislaufwirtschaft unterstützen oder manche physische Produkte ersetzen (Dematerialisierung), Industrie 4.0 kann die Ressourceneffizienz steigern, Produktionsverfahren dezentralisieren und zurück nach Europa holen (Reshoring). E-Commerce, Telearbeit und Videokonferenzen

Klimaschutz und zunehmende Digitalisierung, ein Widerspruch?

Digitale Chancen für den Klimaschutz

Ungenutzte Potentiale zur Verbesserung der Energieeffizienz

	sollen zu weniger Emissionen vor allem durch Verkehrsreduktion führen. Auch im Gesundheitswesen können Emissionen durch Telemedizin eingespart werden, allerdings müssen hier kontext-spezifische Rebound-Effekte genau abgewogen werden (Purohit et al. 2021).
<i>Digitalisierung: erhebliche direkte Umwelt- und Klimabelastung in Herstellung und Betrieb von IKT</i>	Gleichzeitig produziert der IKT-Sektor inzwischen beträchtliche Mengen an Treibhausgasemissionen. Während der Sektor 2007 noch für weniger als 2 % der weltweiten Emissionen verantwortlich war, könnten es, ohne Gegenmaßnahmen, bis 2040 ca. 14 % sein und damit halb so viel wie die Emissionen des gesamten Transportsektors (Belkhir/Elmeligi 2018). IKT sind momentan für 8-10 % des europäischen Stromverbrauchs und für bis zu 4 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. ¹ Allgemein wird ein Umstieg auf erneuerbare Energieträger als Weg gesehen, die Klimawirkung des IKT-Sektors stark zu senken. ²
	Die Emissionen des Sektors und deren Umweltauswirkungen stammen aber nur teilweise aus dem Energieverbrauch, der bei Bau und Betrieb von Endgeräten, Daten- und Rechenzentren sowie Kommunikationsnetzen anfällt. Außerdem tragen alle Materialien, die bei der Herstellung von IKT-Geräten und Infrastrukturen verwendet werden, sowie deren Abfallentsorgung zusätzlich zu den Treibhausgasemissionen, und anderen Umweltschädigungen der IKT-Industrie bei (siehe Thema Elektroschrott).
<i>Exponentiell steigender Datenverkehr erhöht Strombedarf</i>	Schon heute existieren weltweit mehrere Milliarden Endgeräte wie Smartphones und Laptops, Tendenz steigend. Die Gesamtheit der Smartphones hat inzwischen einen größeren Anteil am Fußabdruck als die der Desktop-Computer, Laptops und sogar Bildschirme. Insgesamt machen aber Rechen- und Datenzentren ca. 45 % des weltweiten IKT-Fußabdrucks aus. Energieeffizienzmaßnahmen bei Endgeräten zeigen in einigen Ländern erste Wirkung in der Begrenzung der Zunahme des Gesamtstromverbrauchs. Diese Entwicklung gilt allerdings nicht für Daten- und Rechenzentren, wo der absolute Stromverbrauch weiter steigt (dena 2017). Jede einzelne E-Mail oder Googleabfrage führt zur Emission von Treibhausgasen. ³ Die Erhöhung des Stromverbrauchs wird durch das anhaltende exponentielle Wachstum des weltweiten Datenverkehrs befeuert, der vor allem durch die mobile Kommunikation, also wiederum durch Smartphones, angetrieben wird (Belkhir/Elmeligi 2018) – hier zum Beispiel durch vermehrtes Streamen von Medien (Marks et al. 2020). Einige Anbieter steigen vermehrt auf die Verwendung erneuerbarer Energien um. ⁴ Die zunehmende Digitalisierung und die damit verbundene Notwendigkeit, immer mehr Daten zu erfassen, zu übertragen und zu verarbeiten, treibt die Entwicklung hin zu mehr Cloud- und Edge-Computing (siehe Thema Cloud-Computing) und verstärkt damit den Stromverbrauch noch weiter (Montevecchi 2020). Eine verlässliche Abschätzung des Anstiegs des Energiebedarfs der IT-Infra-

¹ ictfootprint.eu/en/about/ict-carbon-footprint/ict-carbon-footprint.

² exponentialroadmap.org/wp-content/uploads/2020/03/ExponentialRoadmap_1.5.1_216x279_08_AW_Download_Singles_Small.pdf.

³ janavirgin.com/CO2/CO2GLE_about.html.

⁴ clickclean.org/austria/de/.

struktur bis 2030 ist schwierig. Für Deutschland wird ein Anstieg um 70 % bis 320 % des Verbrauchswertes von 2010 geschätzt (Grünwald/Caviezel 2022).

Exponentiell wachsender Datenverkehr wird durch die explosionsartige Zunahme von IoT-Geräten oder Industrie-4.0-Anwendungen (siehe die Themen [Netz bewegter Dinge](#), [Industrie 4.0](#), [Grüne IKT](#)) noch beschleunigt werden. Digitale Innovationen wie Blockchain und hier insbesondere Kryptowährungen wie Bitcoin haben beispielsweise beachtliche Fußabdrücke durch die benötigte enorme Rechenleistung, die oft große Serverfarmen stemmen (Stoll et al. 2019). Hier gibt es erste Entwicklungen hin zu rechenleistungsärmeren Blockchains (Zhang/Chan 2020) oder auch hin zum Betrieb von Schürfservern mit Ökostrom. In Bezug auf IoT wird in absehbarer Zeit mit viel energiesparenderen Sensoren und Aktoren gerechnet.

*Streaming, IoT,
Industry 4.0, Blockchain
und andere digitale
Innovationen
beschleunigen diesen
Trend*

Neben diesen direkten Umweltauswirkungen gibt es indirekte als Folge von IKT-induzierten Veränderungen von Konsum- und Produktionsmustern auch in anderen Bereichen als IKT (Bieser/Hilty 2018). Es wurde beispielsweise gezeigt, dass Rebound-Effekte einen erheblichen Teil der Energie- und Emissionseinsparungen aus Suffizienzmaßnahmen aufzehren können und dass solche Maßnahmen einen sehr begrenzten Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch und die Emissionen zu haben scheinen (Sorrell et al. 2020). Energieeffiziente Geräte werden dann zum Beispiel viel mehr genutzt. Ein anderes Beispiel ist die digitale Optimierung von industriellen Prozessen. Diese führt oft entweder zu erhöhtem Energieverbrauch oder zu erhöhter Produktion und damit mehr Konsum. Eine solche Beschleunigung ist in den meisten Fällen mit negativen Umweltfolgen verbunden (Townsend/Coroama 2018).

*Indirekte
Umweltbelastung durch
Rebound-Effekte*

In Ausnahmefällen könnte die Beschleunigung wirtschaftlicher Prozesse mehr Nachhaltigkeit durch IKT ermöglichen: (1) wenn der Prozess die Produktion und Akzeptanz eines umweltfreundlichen Produkts (Cleantech) antreibt, unter Umständen z. B. von Solarpanelen, oder (2) wenn der Prozess, der beschleunigt wird, spezifisch für die Kreislaufwirtschaft ist, wie z. B. Recycling, Wartung/Reparatur und Teilen/Wiederverwendung, z. B. Car-Sharing, Ride-Sharing und Tool-Sharing in der [Sharing Economy](#) (Townsend/Coroama 2018).

*Ausnahmen Cleantech
und Sharing economy*

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

Der gesellschaftliche und politische Diskurs um die weitgreifende Digitalisierung wird vor allem von realem und erwartetem Nutzen dominiert. Als assoziierte Risiken werden meist nur Fragen zur Cybersecurity und Privatsphäre diskutiert. Klimawandel steht zwar inzwischen auch im Zentrum des politischen Diskurses, die systemischen Effekte des Wirkens von Digitalisierung auf Treibhausgasemissionen, wie z. B. Rebound-Effekte, werden aber zu wenig berücksichtigt und, wenn überhaupt, eher isoliert von der Digitalisierungsdebatte diskutiert.

*Umweltrisiken der
Digitalisierung bisher
im Abseits*

**Gesamtenergie-
verbrauch
steigt durch IKT**

Der enorme Energie- und Ressourcenverbrauch der wachsenden IKT-Infrastrukturen mit den einhergehenden Umwelt- und Klimabelastungen steht hier bisher eher im Abseits.⁵ Es besteht daher das Risiko, dass diese Zusammenhänge im politischen Diskurs übersehen oder falsch gewichtet werden.

Während der Energiebedarf von IKT zwar durch Energieeffizienzmaßnahmen und sektorale Veränderungen gesenkt wird, erhöht sich der Gesamtenergieverbrauch aufgrund des wachsenden IKT-Sektors, Rebound-Effekten und Wirtschaftswachstum. Die Digitalisierung entkoppelt Wirtschaftswachstum nicht vom Energieverbrauch (Lange et al. 2020). Energieeinsparungen ließen sich durch ein breites Spektrum von regulatorischen Maßnahmen beschleunigen. Diese reichen von gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz bestimmter Komponenten bis zur Verpflichtung von Rechenzentren zur Erbringung von Netzdienstleistungen (Grünwald/Caviezel 2022). Auch technologische und soziale Innovationen könnten zu einer nachhaltigeren Nutzung von IKT beitragen (siehe [Grüne IKT](#)).

Vorschlag weiteres Vorgehen

Um die politisch-gesellschaftlichen Diskurse zu Klimawandel und Digitalisierung enger zu verknüpfen und umfassend zu informieren, könnte eine Metaanalyse von vorausschauenden Studien inklusive einer partizipativen Technikfolgenabschätzung Chancen und Risiken der Digitalisierung in Bezug auf Klima- und Umweltauswirkungen für Österreich kartieren. Daraus können dann konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Zitierte Literatur

- Belkhir, L. und Elmeligi, A., 2018, Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations, *Journal of Cleaner Production* 177, 448-463.
- Bertschek, I. et al., 2020, *Schwerpunktstudie Digitalisierung und Energieeffizienz – Erkenntnisse aus Forschung und Praxis*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), [bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/schwerpunktstudie-digitalisierung-energieeffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=12](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/schwerpunktstudie-digitalisierung-energieeffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=12).
- Bieser, J. C. T. und Hilty, L. M., 2018, Assessing Indirect Environmental Effects of Information and Communication Technology (ICT): A Systematic Literature Review, *10(8)*, 2662 [mdpi.com/2071-1050/10/8/2662](https://doi.org/10.3390/10082662).
- dena, 2017, *dena-METASTUDIE: Analyse der mit erhöhtem IT-Einsatz verbundenen Energieverbräuche infolge der zunehmenden Digitalisierung. Status Quo und Prognosen*: Deutsche Energie Agentur [dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9232_dena-Metastudie_Analyse_IT-Einsatz_Energieverbraeuche_Digitalisierung.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9232_dena-Metastudie_Analyse_IT-Einsatz_Energieverbraeuche_Digitalisierung.pdf).
- Grünwald, R. und Caviezel, C., 2022, *Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur. Endbericht zum TA-Projekt, TAB-Arbeitsbericht 198* publikationen.bibliothek.kit.edu/1000151164.

⁵ [umweltbundesamt.at/ueberblick/chance-digitalisierung/digitalisierung-ihre-nachteile](https://www.umweltbundesamt.at/ueberblick/chance-digitalisierung/digitalisierung-ihre-nachteile).

- Lange, S., Pohl, J. und Santarius, T., 2020, Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand?, *Ecological Economics* 176, 106760.
- Marks, L. U., Clark, J., Livingston, J., Oleksijczuk, D. und Hilderbrand, L., 2020, Streaming Media's Environmental Impact, *Media+Environment* 2(1), 17242.
- Montevecchi, F. et al., 2020, *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Final Study Report.*, Brussels: European Commission.
digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/energy-efficient-cloud-computing-technologies-and-policies-eco-friendly-cloud-market.
- Purohit, A., Smith, J. und Hibble, A., 2021, Does telemedicine reduce the carbon footprint of healthcare? A systematic review, *Future healthcare journal* 8(1), e85-e91, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33791483.
- Sorrell, S., Gatersleben, B. und Druckman, A., 2020, The limits of energy sufficiency: A review of the evidence for rebound effects and negative spillovers from behavioural change, *Energy Research & Social Science* 64, 101439 [sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620300165](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620300165).
- Stoll, C., Klaaßen, L. und Gallersdörfer, U., 2019, The Carbon Footprint of Bitcoin, *Joule* 3(7), 1647-1661
[sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119302557](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119302557).
- Townsend, J. H. und Coroama, V. C., 2018, Digital Acceleration of Sustainability Transition: The Paradox of Push Impacts, 10(8), 2816
[mdpi.com/2071-1050/10/8/2816](https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2816).
- Zhang, R. und Chan, W. K., 2020, Evaluation of Energy Consumption in Block-Chains with Proof of Work and Proof of Stake, *Journal of Physics: Conference Series* 1584, 012023
[dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1584/1/012023](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1584/1/012023).