

Optionen und Maßnahmen



UniNETZ –
Universitäten und nachhaltige
Entwicklungsziele

Österreichs Handlungsoptionen
zur Umsetzung
der UN-Agenda 2030
für eine lebenswerte Zukunft.

Klimazielfördernde und klimafreundliche Digitalisierung

13_08

Target 13.2

Autor_innen:

Elmenreich, Wilfried (*Universität Klagenfurt*);

Allmer, Thomas (*Universität Innsbruck*);

Kirchner, Mathias (*Universität für Bodenkultur Wien*);

Spittler, Nathalie (*Universität für Bodenkultur Wien*)

Reviewerin:

Kromp-Kolb, Helga (*Universität für Bodenkultur Wien*)

Inhalt

3	13_08.1. Ziele der Option
3	13_08.2. Hintergrund der Option
5	13_08.3. Optionenbeschreibung
5	13_08.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
7	13_08.3.2 Erwartete Wirkungsweise
7	13_08.3.3 Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen
7	13_08.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit
8	13_08.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann und Interaktionen mit anderen Optionen und SDGs
8	13_08.3.6 Bezug zu aktuellen Ereignissen
8	13_08.3.7 Offene Fragestellungen
9	Literatur

13_08.1. Ziele der Option

Ziel dieser Option ist, aufzuzeigen, wie Digitalisierung maßgeblich zum Klimaschutz, also zur wirksamen Reduktion von Treibhausgasen, beitragen kann. Dies wird möglich, wenn eine alle digitalen Systeme umfassende, zielgerichtete Nutzung und Förderung der Möglichkeiten der Digitalisierung (*Industrie 4.0*) konsequent im Einklang mit und im Dienst einer klima- und umweltgerechten Lebens- und Produktionsweise (neuer Kernbereich *Umweltschutz 4.0*) steht. Nur so kann Digitalisierung (Internet der Dinge, *Smart Grids*, Automatisierung usw.) helfen, Ressourcenbedürfnisse wirklich tiefgreifend zu senken. Diese Option baut auf den Ergebnissen des Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) (Kirchengast et al., 2019) auf, mit dem Fokus auf die Möglichkeiten der Digitalisierung zur Erreichung der Ziele des SDG 13.

13_08.2. Hintergrund der Option

Die Hoffnung, dass die Digitalisierung einen maßgeblichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann, ergibt sich

- i. aus den vielen *smarten* Geräten, die nur mehr einen sehr oder extrem geringen Energiebedarf für spezifische Anwendungen benötigen;
- ii. aus dem Beitrag der Digitalisierung und Automatisierung zur Prozessoptimierung (Stichworte: *Internet of Things*, *Industrie 4.0*);
- iii. aufgrund des Beitrages von digitaler Technologie für ein dezentrales erneuerbares Gebäude-, Energie- und Mobilitätssystem (Stichworte: intelligente Netze/ Häuser/Städte/Verkehrssysteme; automatisiertes Fahren, *Teleworking*, *Sharing-Plattformen*, *E-Commerce*), sowie;
- iv. aus den Möglichkeiten der Präzisionslandwirtschaft, Ressourcen und damit auch THG-Emissionen (z. B. Lachgasemissionen) einzusparen.

Es handelt sich somit, vergleichbar mit Elektrizitätsnetz, um eine Basistechnologie, die alle Sektoren erfassen wird.

Es darf aber nicht übersehen werden, dass Digitalisierung auch das Potential für enorm gesteigerten Ressourcen- und Energieverbrauch in sich birgt, nicht zuletzt indem neue Bequemlichkeiten geschaffen werden, die innerhalb der planetaren Grenzen nicht auf die globale Bevölkerung skalierbar sind. Es genügt also nicht, Produktionen und Dienstleistungen durch Digitalisierung effizienter zu machen, sie müssen auch grundlegend hinsichtlich ihrer Kompatibilität mit den nachhaltigen Entwicklungszielen hinterfragt werden.

Digitalisierung führt auch zu Verlust von Resilienz, da alle digitalisierten Systeme letzten Endes von Strom abhängig sind, und Stromnetze derzeit und in absehbarer Zukunft alles andere als gesicherte Stabilität aufweisen. Gelegentliche beinahe-*Black-outs*, wie jene in Europa im Jahr 2021, werden rasch wieder vergessen. Aber dieser Aspekt darf bei der weiteren Entwicklung der Digitalisierung nicht außer Acht gelassen werden, denn nicht alle elektrischen und elektronischen Systeme sind kurzfristig durch manuelle oder mechanische ersetzbar – man denke nur etwa an Melkmaschinen bei Hochleistungskühen in Massentierhaltungsbetrieben.

Schließlich muss Digitalisierung auch als soziales System verstanden werden und nicht auf technisch-ökonomische Aspekte reduziert werden (Kostyk & Herkert, 2012). Technologische Neuerungen ziehen soziale

Veränderungen nach sich, die zwar oft schwer vorhersehbar sind, dennoch aber in den Blick genommen werden müssen. Dies gilt ganz besonders für die Digitalisierung, weil sie das Potential hat, sowohl die physische als auch die psychische Integrität des Individuums im Guten wie im Bösen zu betreffen, und die gesellschaftlichen Strukturen, einschließlich z. B. der Funktionsfähigkeit der Demokratie und des Bildungssystems völlig umzugestalten.

Dies alles im Blick haltend, soll für die Zwecke dieser Option im Fokus einer klimazielfördernden Digitalisierungswende, ganz im Sinne eines systemischen Zuganges, bei dem die Befriedigung von mit Nachhaltigkeit verträglichen Funktionalitäten, wie angenehme Raumwärme und Zugang zu Personen, Gütern und Arbeit, im Vordergrund steht (Köppl et al., 2016; Schleicher & Steininger, 2018), nun die Maximierung der Funktionalität (bzw. Anwendungen) je Rechenleistung (~Energiebedarf) stehen (Waldrop, 2016). Das ist eine Trendwende weg vom Moore'schen Gesetz, bei welchem es darum ging, die Rechenleistung je Computerchip zu maximieren (Moore, 1965).

Der derzeitige Stand der Wissenschaft gesteht Digitalisierung enormes Potenzial zu, um Klimaschutzmaßnahmen zu unterstützen (Kirchner, 2018; WBGU, 2019). Es gibt aber auch fast einhelligen Konsens darüber, dass klimazielfördernde Digitalisierung kein Selbstläufer und Heilsbringer ist. Nebeneffekte und Aspekte, die auch bei Einsatz der Digitalisierung im Sinne des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden müssen, sind u. a.:

- die Energie- und Ressourcenaufwendung entlang des gesamten Lebenszyklus der IT-Infrastruktur (Horner, Shehabi & Azevedo, 2016), besonders die ökologischen und sozialen Folgen des Rohstoffabbaus (Küblböck, 2015) und des *E-Waste* (Baldé, Forti, Gray, Kuehr & Stegmann, 2017; Tsydenova & Bengtsson, 2011), und es somit zu keiner Externalisierung der ökologischen und sozialen Folgen insbesondere auf den globalen Süden kommt (Lessenich, 2016; Wissen & Brand, 2017);
- der z. T. starke *Rebound*-Effekt, da es durch die Effizienzgewinne zu erhöhter Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen kommen kann (Santarius, 2014; Sorrell, 2009);
- umfangreiche gesellschaftliche und institutionelle Effekte (virtuelle Dienstleistungen beeinflussen z. B. Zeit- und Raumverfügbarkeit; Bedarf nach neuen Produkten);
- psychologische Verhaltensaspekte von Nutzer_innen digitaler Technologie, z. B. Smart-Meter (Schultz, Estrada, Schmitt, Sokoloski & Silva-Send, 2015);
- Standardisierung und Datenschutz für die IKT-Infrastruktur (Mo et al., 2012), der Privatsphäre als wichtiges Menschenrecht betrachtet, aber auch um die Akzeptanz in der Bevölkerung herzustellen (Kollmann & Moser, 2016).

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass auch wissenschaftlich fundiert argumentiert werden kann, dass Digitalisierung zwingend mit erhöhtem Ressourcenverbrauch einhergeht, und Erleichterungen oder Effizienzsteigerungen praktisch ausschließlich bei Produktionen und Dienstleistungen schafft, die an und für sich nicht in Einklang mit einer nachhaltigen Entwicklung stehen (Paech, 2011). Folgt man dieser Argumentation, müsste bei den folgenden Maßnahmen sorgfältig geprüft werden, inwieweit dies auch auf diese zutrifft.

13_08.3. Optionenbeschreibung

13_08.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

Um die Potenziale der Digitalisierung für Klimaschutz zu nutzen und klimafeindliche Entwicklungen der Digitalisierung einzudämmen, werden begleitende Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen benötigt. Dazu zählen steuerliche Instrumente, wie die Einführung eines CO₂-Preises (siehe Ref-NEKP und Option 13.01 zur sozial-ökologischen Steuerreform) oder eine Erhöhung von Energiesteuern, um den *Rebound*-Effekt zu dämpfen. Zudem sollten geförderte Pilotprojekte gesamtheitlich betrachtet werden (z. B. Lebenszyklus-Betrachtung, *E-Waste*) und soziale Aspekte miteinbeziehen. Da Digitalisierung große Auswirkungen auf den Gebäude-, Energie- und Mobilitätsbereich haben wird, finden sich spezifische Rahmenmaßnahmen im Ref-NEKP auf Seite 49, Informationen, wie man Digitalisierung als Hebel nutzen kann, ab Seite 59 und ergänzende Maßnahmen ab Seite 120.

Beispielhafte Maßnahmen zur Nutzbarmachung der Digitalisierung für den Klimaschutz wären:

Maßnahme 1: Zwingend vorgeschriebene Systembetrachtung vor Genehmigung oder Förderung von Digitalisierungsvorhaben (Produkte und Dienstleistungen), die jedenfalls umfassen muss

- die Energie- und Ressourcenaufwendung entlang des gesamten Lebenszyklus der IT-Infrastruktur (Horner et al., 2016);
- die ökologischen und sozialen Folgen des E-Waste (Baldé et al., 2017; Tsydenova & Bengtsson, 2011) und des Rohstoffabbaus (Küblböck, 2015) auch in Hinblick auf Externalisierung der ökologischen und sozialen Folgen in Ländern des globalen Südens;
- eine umfassende Folgenabschätzung einschließlich Ressourcenverbrauch entlang der gesamten Kette in Österreich;
- Resilienzüberlegungen;
- einen Vergleich mit nicht-digitalisierten Lösungen.

Maßnahme 2: Ausrichtung der Entwicklungsarbeiten auf eine Maximierung der Funktionalität (bzw. Anwendungen) je Rechenleistung (~Energiebedarf); transparente Darstellung dieses Parameters und seiner Ermittlung.

Maßnahme 3: Bei der Digitalisierung als Hebel im Bereich Gebäude muss sichergestellt sein, dass die Automatisierung mit Benutzergewohnheiten kompatibel ist, dass sie durch erneuerbare Energien angetrieben wird und dass Monitoring stattfindet, das es gestattet, mindestens einmal pro Jahr Bilanz über die Wirksamkeit der Digitalisierung zu ziehen und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen. Diese Berichte müssen den Nutzer_innen und für Forschungs- und behördliche Zwecke (anonymisiert) zur Verfügung stehen, um allgemeingültige Schlüsse ziehen zu können, auf denen weiterführende Verordnungen oder Gesetze erlassen werden und Entwicklungsarbeiten basieren können.

Maßnahme 4: Digitalisierung als Hebel im Bereich Verkehr und Mobilität muss sich an den Zielen der Reduktion des Individualverkehrs (z. B. Plattformen für gemeinsame Fahrten, Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs durch verbesserte Realzeit-Fahrplaninformationen), der Reduktion der Anzahl der Individualfahrzeuge (z. B. durch geeignete Logistik für LKW-, Car-, Bike

oder Rollersharing), des flüssigeren Verkehrs (z. B. Ampelschaltungen, zeitliche Abstimmung bei Modalsplit) und des emissionsärmeren Verkehrs orientieren. Neue Entwicklungen, wie fahrerloses Fahren, müssen ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Maßnahme 1 klar darlegen, bevor Betriebs- oder Benutzungsgenehmigungen erteilt werden.

Maßnahme 5: Als Bedingung für Förderungen von Digitalisierungsprojekten, soll gelten, dass Lösungen quelloffen publiziert werden müssen und dass auch darüber hinaus sichergestellt ist, dass keine unfreiwillige Bindung an einzelne Lieferunternehmen oder Provider entsteht.

Für Details zu diesen und weiteren Maßnahmen sei hier auf den Ref-NEKP (Kapitel 4.1.3) verwiesen.

a. Beispielhafte Ausgestaltungen einer klimafreundlichen Digitalisierung

Folgende Beispiele dienen zur Veranschaulichung, was einzelne Maßnahmen zur klimafreundlichen Digitalisierung sein können: Automatisiertes Fahren nur für *Zero-Emission*-Fahrzeuge und im öffentlichen Verkehr; Designvorschriften für *Smart-Meter* bzw. der Verwendung und Zugänglichmachung der damit erhobenen Daten, die nachweislich helfen, Energieverbrauch zu reduzieren und zugleich die Privatsphäre zu schützen (Monacchi, Elmenreich, D'Alessandro & Tonello, 2013). Investitionsentscheidungen in intelligente Stromnetze sollen auf Integration erneuerbarer Energien fokussieren. Gezielte Gestaltung der Digitalisierung verhindert *Rebound*-Effekte.

Im Bereich der Automatisierung besteht ein Potential für automatische Beschattung und Belüftung in Gebäuden, welche im Sommer aktiv gekühlt werden.

b. Beschreibung von potenziellen Konflikten und Systemwiderständen sowie Barrieren

Einige der vorgeschlagenen Möglichkeiten verbessern zwar die Ökobilanz, bedeuten aber nicht notwendigerweise einen Komfortgewinn für die Anwender_innen. Unter gewissen Umständen werden Automatisierungen nicht als Unterstützung, sondern als Kontrollverlust empfunden. Diese Aspekte sind jeweils im Vorfeld einer Umsetzung abzufragen und gegebenenfalls bereits in der Konzeptionsphase zum Beispiel durch Informationskampagnen oder durch ein Systemdesign, welches den Benutzer_innen gewisse Kontroll- und Einstellmöglichkeiten bietet, **entgegenzuwirken**.

c. Beschreibung des Transformationspotentials

Die Möglichkeiten, die die Automatisierung und Digitalisierung für den Energie-, Verkehrs- und Mobilitätsbereich sowie auch für die Arbeitswelt bringen, haben zwar ein großes Transformationspotential, zeigen unter Beachtung der wahrscheinlichen Verhaltensänderungen allerdings nur punktuell einen positiven Beitrag zur Lösung der Klimakrise. Um umfassendere Beiträge zu erreichen, sind geeignete ergänzende Maßnahmen, wie in dieser Option dargestellt, notwendig, um einerseits im Sinne von (gesamtgesellschaftlich erwünschten) *Push*-Maßnahmen die Nutzung fossiler Energie deutlich zu reduzieren oder zu vermeiden (z. B. verpflichtender nichtfossiler Antrieb automatisierter Fahrzeuge).

d. Umsetzungsanforderung

Die technischen Voraussetzungen für die Umsetzung der Option sind bereits weitgehend vorhanden. So sind z. B. *Smart Meter* bereits in vielen Einzelhaushalten ausgerollt oder eine Installation zur Umstellung ist zumindest geplant. Neu gebaute oder renovierte Gebäude beinhalten oft ein Gebäudeautomatisierungssystem, welches eine Automatisierung ermöglicht. Daher

sind, vor allem auf der Hardwareseite nur geringe bzw. mit vertretbarem Aufwand umsetzbare Systemveränderungen notwendig. Grundlegende Systemveränderungen ergeben sich aber auf der Softwareseite, da hier notwendige Automatisierungen und Vernetzungen erst zu schaffen sind. Diese Umsetzung kann durch Förderung von Lösungen auf Projektbasis beschleunigt werden. Erfolgt dies unter der Bedingung, dass Lösungen quelloffen publiziert werden müssen, ermöglicht dies wiederum die Verbesserung und Wiederverwendung der Einzellösungen.

13_08.3.2. Erwartete Wirkungsweise

Durch eine explizit klimafreundlich gestaltete Digitalisierung, die soziale Aspekte berücksichtigt, können nicht nur Effizienzziele im Energie- und Industriesektor, sondern auch andere Ziele wie beispielsweise im Mobilitäts- und Gebäudebereich erreicht werden und dabei klimafreundliche Entwicklung ermöglicht werden.

13_08.3.3. Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen Optionen

Klimaschutz und Digitalisierung laufen bisher weitgehend nebeneinander her – in der Gesellschaft, in politischen Programmen, in der Bildung, Forschung und Entwicklung. Digitalisierung wird seit etwa einem Jahrzehnt politisch und medial propagiert und gefördert, bisher jedoch in erste Linie technologiegetrieben: Die Entwicklung folgt eher dem *Lösung-sucht-Problem-Muster* als dem *Problem-sucht-Lösung-Ansatz*. Daher geht die Entwicklung in vielen Fällen auch in eine nicht nachhaltige Richtung. So wurden z. B. in den letzten Jahren jeweils über 10 Millionen Drohnen für zivile Zwecke an Händler_innen geliefert (Statista, 2021) – Geräte, die in den allerseltensten Fällen eine Notwendigkeit darstellen. Selbst im Gebäudebereich, wo Energieeinsparungen durch Digitalisierung propagiert werden, fehlt meist die systemische Betrachtung, die Menschen und deren Bedürfnisse und Gewohnheiten einbezieht. Daher kommt man allmählich wieder von übermäßiger Digitalisierung ab.

13_08.3.4. Zeithorizont der Wirksamkeit

Kurzfristig

Eine Zugänglichkeit von Energieverbrauchsdaten über ein niederschwellig und einfach zu verwendendes Portal würde bereits kurzfristig eine Verbesserung des Energiebewusstseins ermöglichen. Eine zusätzlich installierte Schnittstelle für den Datenzugriff würde auch die Umsetzung von darauf basierenden Softwarelösungen befeuern.

Mittelfristig

Weitergehende Umsetzungen können mittelfristig am besten durch Projektförderungen umgesetzt werden, welche zur Bedingung haben, dass (1) Lösungen zu einer Klimazielfördernde/Klimafreundliche Digitalisierung beitragen, (2) eine Bewertung in Bezug auf Effektivität versus *Overhead/Rebound-Effekt* positiv ausfällt, und (3) die im Rahmen der Förderung erarbeiteten Konzepte inklusive der darin entstandenen Software unter einer quelloffenen Lizenz veröffentlicht werden. Dies verbessert den Wissensaustausch, reduziert den Aufwand für Folgeprojekte und motiviert weitere Umsetzungen.

Langfristig

Basierend auf den Ergebnissen der umgesetzten Projekte ergibt sich langfristig ein Markt für Hardware- und Softwarelösungen, die

einerseits den Wirtschaftsstandort fördern und andererseits durch stärkere Integration eine verbesserte Klimazielförderung erreichen.

Beispiel: Ein Gebäude, welches in der kurzfristigen Stufe eine geringfügige Energiereduktion durch Echtzeitfeedback an die Nutzer_innen erreicht. In der mittelfristigen Stufe wird im Rahmen eines Projekts eine Abschaltsteuerung von Beleuchtung und Bürohardware umgesetzt. In der langfristigen Stufe werden existierende und neu errichtete Gebäude mit einer automatischen Beschattungs- und Belüftungsautomatik ausgerüstet, welche die Verwendung einer stromfressenden Klimaanlage unnötig macht.

13_08.3.5. Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann und Interaktionen mit anderen Optionen und SDGs

Keine andere Option beschäftigt sich mit Digitalisierung aus der Klimaperspektive und daher können die umfassenden Ziele, die mit dieser Option verfolgt werden, nicht durch eine andere Option erreicht werden. Allerdings sind einige der hier vorgeschlagenen Maßnahmen zum Teil schon in anderen Optionen adressiert (z. B. Ökosoziale Steuerreform, siehe Gesamtliste *UniNEtZ*-Optionen – hier sind mögliche Querverbindungen gekennzeichnet).

Durch die enge Verknüpfung der Digitalisierung mit anderen Bereichen, wie Verkehr und Energie, gibt es sowohl Zielkonflikte als auch Synergien mit anderen Optionen. Die Ökosoziale Steuerreform (Option 13.01) hat beispielsweise eine positive Wirkung in Bezug auf klimafreundliche Digitalisierung, da durch sie fossile Ressourcen teurer werden und nicht für eine Digitalisierung verwendet werden. Das Ziel, *Rebound*-Effekte durch klimafreundliche Digitalisierung (siehe dazu Option 13_04) zu vermeiden, kann sich positiv auf die Effizienzbestrebungen in Option 7_02 auswirken.

An dieser Stelle sei nochmals auf den Ref-NEKP (Kirchengast et al., 2019) verwiesen, in dem die klimazielfördernde Digitalisierung im Gesamtkontext behandelt wird und weitere Optionen und Maßnahmen aufgezeigt werden.

13_08.3.6. Bezug zu aktuellen Ereignissen

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) haben in den vergangenen Jahrzehnten eine zunehmend stärkere Rolle in unserer Gesellschaft eingenommen. Es fehlen allerdings Erfahrungen mit einem bewussten und breiten Einsatz von Digitalisierung im Rahmen von Klima- und Umweltschutz. Bisherige Effekte in anderen Bereichen, wie zum Beispiel der Digitalisierung der Kommunikationsinfrastruktur oder von gerade in der COVID-Krise stark eingesetzten Möglichkeiten zu *Telelearning* und Online-Meetings, zeigen ein großes Potential für Klima- und Umweltschutz auf, sofern es gelingt, Effizienzverbesserungen nicht wieder durch Mehrnutzung (*Rebound*) zu verlieren.

Andererseits haben die beiden beinahe-*Black-outs* im Jahr 2021 die Aufmerksamkeit wieder auf das grundlegende Problem mangelnder Resilienz digitalisierter Systeme gelenkt, ohne jedoch spürbare Konsequenzen nach sich zu ziehen.

13_08.3.7. Offene Fragestellungen

Die Förderung technischer Innovation und deren Umsetzung in Pilotprojekten ist Voraussetzung für die Etablierung neuer digitaler und Automatisierungstechnologien. Es fehlt bis jetzt aber eine intensivere Auseinandersetzung mit möglichen unerwünschten Nebeneffekten der Digitalisierung auf Kli-

maschutz und Nachhaltigkeit, Akzeptanz der Bevölkerung sowie Sicherheitsaspekte (*Cyber Security*). Die von Nico Paech aufgeworfene grundsätzliche Frage nach Leistbarkeit von Digitalisierung in einer der nachhaltigen Entwicklung verpflichteten Welt bedarf weiterer Analysen. Daraus ergibt sich ein breiter Forschungsbedarf in diesem Feld.

Literatur

- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. & Stegmann, P. (2017). *The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources*. Bonn/Geneva/Vienna: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). <http://ewaste-monitor.info/> [26.8.2019]
- Horner, N. C., Shehabi, A. & Azevedo, I. L. (2016). Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology. *Environmental Research Letters*, 11(10), 103001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/103001>
- Kirchengast, G., Kromp-Kolb, H., Steininger, K., Stagl, S., Kirchner, M., Ambach, C. et al. (2019). *Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) - Gesamtband*. Verlag der ÖAW. <https://ccca.ac.at/refnekp> [23.4.2020]
- Kirchner, M. (2018). Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf Umwelt und Energieverbrauch. *WIFO-Monatsberichte*, 91(12), 899–908.
- Kollmann, A. & Moser, S. (2016). *Smart Metering im Kontext von Smart Grids*. NACHHALTIG-wirtschaften Nr. 6/2014. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/e2050_pdf/reports/enderbericht_201406_smart_metering_im_kontext_von_smart_grids.pdf [27.8.2019]
- Köpl, A., Kettner-Marx, C., Schleicher, S., Hofer, C., Köberl, K., Schneider, J. et al. (2016). *Modelling Low Energy and Low Carbon Transformations. The ClimTrans2050 Research Plan*. Nr. 2016/192/S/WIFO project no: 6814. Wien. <https://ideas.repec.org/b/wfo/wstudy/58890.html> [27.8.2019]
- Kostyk, T. & Herkert, J. (2012). Societal implications of the emerging smart grid. *Communications of the ACM*, 55(11), 34. <https://doi.org/10.1145/2366316.2366328>
- Küblböck, K. (2015). Internationale Rohstoffpolitik: vom Rohstoffimperialismus zur globalen Ressourcenfairness? (Österreichische Entwicklungspolitik 2015). In ÖFSE (Hrsg.), *Rohstoffe und Entwicklung*. Wien: Österreichische Forschungsstiftung für Internationale Entwicklung (ÖFSE). https://www.oefse.at/fileadmin/content/Downloads/Publikationen/Oepol/Artikel2015/Teil1_01_Resource_Governance_kkue.pdf [27.8.2019]
- Lessenich, S. (2016). »Weil wir es uns leisten können«. Wie und warum wir über die Verhältnisse anderer leben. *Blätter für deutsche und internationale Politik*, 61(11), 91–102.
- Mo, Y., Kim, T. H. J., Brancik, K., Dickinson, D., Lee, H., Perrig, A. et al. (2012). Cyber-Physical Security of a Smart Grid Infrastructure. *Proceedings of the IEEE*, 100(1), 195–209. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2161428>
- Monacchi, A., Elmenreich, W., D'Alessandro, S. & Tonello, A. M. (2013). Strategies for domestic energy conservation in Carinthia and Friuli-Venezia Giulia. *IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (S. 4791–4796). Wien: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IECON.2013.6699910>
- Moore, G. E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, 38(8), 114–117.
- Paech, N. (2011). *Nachhaltiges Wirtschaften jenseits von Innovationsorientierung und Wachstum. Eine unternehmensbezogene Transformationstheorie. 2. erweiterte und bearbeitete Auflage*. Marburg: metropolis.
- Santarius, T. (2014). Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation Rebound Effects: Blind Spots in the Socio-Ecological Transition of Industrial Societies. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 23(2), 109–117. <https://doi.org/10.14512/gaia.23.2.8>
- Schleicher, S. & Steininger, K. W. (2018). *Dekarbonisierung und Carbon Management für Österreich - Diskussionsbeiträge für Strategien*. Wissenschaftlicher Bericht Nr. 79–2018. Graz: Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz. <https://wegcwww.uni-graz.at/publ/wegcreports/2018/WCV-WissBer-Nr79-SSchleicherKSteininger-Nov2018.pdf> [27.8.2019]
- Schultz, P. W., Estrada, M., Schmitt, J., Sokoloski, R. & Silva-Send, N. (2015). Using in-home displays to provide smart meter feedback about household electricity consumption: A randomized control trial comparing kilowatts, cost, and social norms. *Energy*, 90, 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.06.130>
- Sorrell, S. (2009). Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy*, 37(4), 1456–1469. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.003>
- Statista. (2021). Anzahl der an Händler verkauften zivilen Drohnen weltweit in den Jahren 2017 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/985932/umfrage/anzahl-der-an-haendler-verkauften-drohnen-weltweit/> [19.10.2021]
- Tsydenova, O. & Bengtsson, M. (2011). Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste Management*, 31(1), 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.08.014>
- Waldrop, M. M. (2016). The chips are down for Moore's law. *Nature News*, 530(7589), 144. <https://doi.org/10.1038/530144a>
- WBGU. (2019). *Unsere gemeinsame digitale Zukunft*. Berlin: WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/WBGU_HGD2019_Z.pdf [27.8.2019]
- Wissen, M. & Brand, U. (2017). Unsere schöne imperiale Lebensweise. Wie das westliche Konsummodell den Planeten ruiniert. *Blätter für deutsche und internationale Politik*, 62(5), 75–82.