

Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich

D4.1 – Quantifizierung der Szenarien

ENDBERICHT

VerfasserInnen: Martin Baumann
Lukas Egler
Günter Pauritsch
Michael Rohrer

Auftraggeber: Klima- und Energiefonds

Datum: Wien, Februar 2022

IMPRESSUM

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Mariahilfer Straße 136, A-1150 Wien,
T. +43 (1) 586 15 24, Fax DW 340, office@energyagency.at | www.energyagency.at

Für den Inhalt verantwortlich: DI Franz Angerer | Gesamtleitung: Dr. Martin Baumann
| Lektorat: Bao-An Phan Quoc | Layout: Michael Rohrer |

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency | Verlagsort und Herstellungsort: Wien
Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet. Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Die Österreichische Energieagentur hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

Kurzfassung

In der vorliegenden Analyse werden die Potenziale für eine Reduktion von Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) durch Digitalisierungsanwendungen in Österreich im Jahr 2040 untersucht. Dazu wurden drei Szenarien (Min, Mid und Max) im Vergleich zu einem Referenzszenario betrachtet. Im Max-Szenario können bis zu 28,4 TWh an Energie im Vergleich zum Referenzszenario eingespart werden. Im Mid-Szenario betragen die möglichen Einsparungen 19,4 TWh, und im Min-Szenario 11,1 TWh. Im Referenzszenario, welches als Basis für die Berechnungen der Digitalisierungseffekte dient, wird bereits eine weitreichende Unabhängigkeit von Öl, Kohle und Erdgas (Dekarbonisierung) bis zum Jahr 2040 berücksichtigt:

- Die Strom- und die Fernwärmeversorgung erfolgt zu 100 % auf Basis erneuerbarer Energieträger.
- Die Wärmeversorgung der Haushalte und des Dienstleistungssektors ist frei von fossilen Brennstoffen.
- Die Industrie stößt um 85 % weniger THG-Emissionen als im Jahr 2005 aus.
- Der Straßenverkehr ist nahezu vollständig elektrifiziert (80 % bei Pkws, 60 % bei Lkws).

Im Referenzszenario beträgt der Endenergieverbrauch im Jahr 2040 ca. 292 TWh. Somit können durch Digitalisierungsanwendungen ca. 4 % bis 10 % an Energieverbrauch im Jahr 2040 eingespart werden. Durch verstärkte Nutzung der Informations- und Kommunikations-Infrastruktur (IKT-Infrastruktur), Rechenzentren und Telekommunikations-Infrastruktur können allerdings zusätzlich bis zu 2,3 TWh an Energieverbrauch verursacht werden (dies ist in der möglichen Einsparung nicht enthalten).

Die Einsparmöglichkeiten für Treibhausgasemissionen sind ebenfalls signifikant. Die maximalen Netto-Einspareffekte betragen 2,3 Mio. t CO₂-Äquivalent. Im Mid-Szenario betragen die möglichen Einsparungen 1,2 Mio. t CO₂-Äquivalent und im Min-Szenario (exkl. Zuchtoptimierung in der Rinderhaltung) 0,4 Mio. t CO₂-Äquivalent. Die THG-Emissionen im Referenzszenario betragen im Jahr 2040 ca. 23,3 Mio. t CO₂-Äquivalent. Somit können von 2 % bis 10 % der THG-Emissionen im Jahr 2040 im Vergleich zum Referenzszenario durch Digitalisierungsanwendungen eingespart werden.

Acht Anwendungen machen ca. 80 % der Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen für Energieeinsparung und 70 % der Reduktion von THG-Emissionen aus. Ein Fokus von Forschung, Technologie und Innovation (FTI)-politischen Maßnahmen auf diese Anwendungen scheint auf Basis dieser quantitativen Analyse als empfehlenswert. Eine Übersicht der einzelnen Effekte wird in Abbildung 2 und Abbildung 3 gegeben. Diese werden in den nachfolgenden Kapiteln je Sektor beschrieben. Detaillierte Analysen zu den einzelnen Anwendungen sind im Bericht D3.1 „Kurzpapier Szenarien“ enthalten. Empfehlungen zu FTI-politischen Maßnahmen werden im Bericht D5.2 beschrieben.

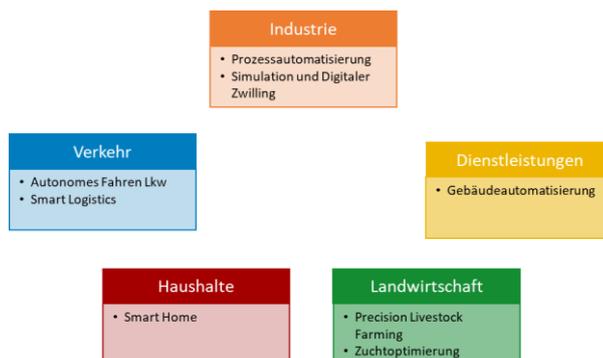


Abbildung 1: Empfohlene zu priorisierende Digitalisierungsanwendungen

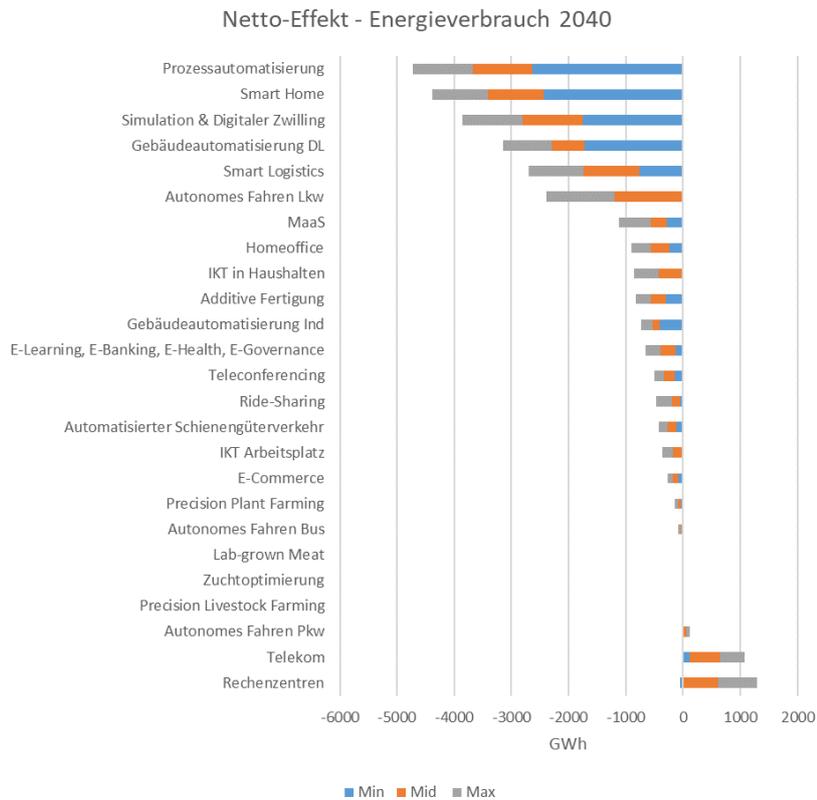


Abbildung 2: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – Energieverbrauch 2040; Quelle: Berechnungen Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA)

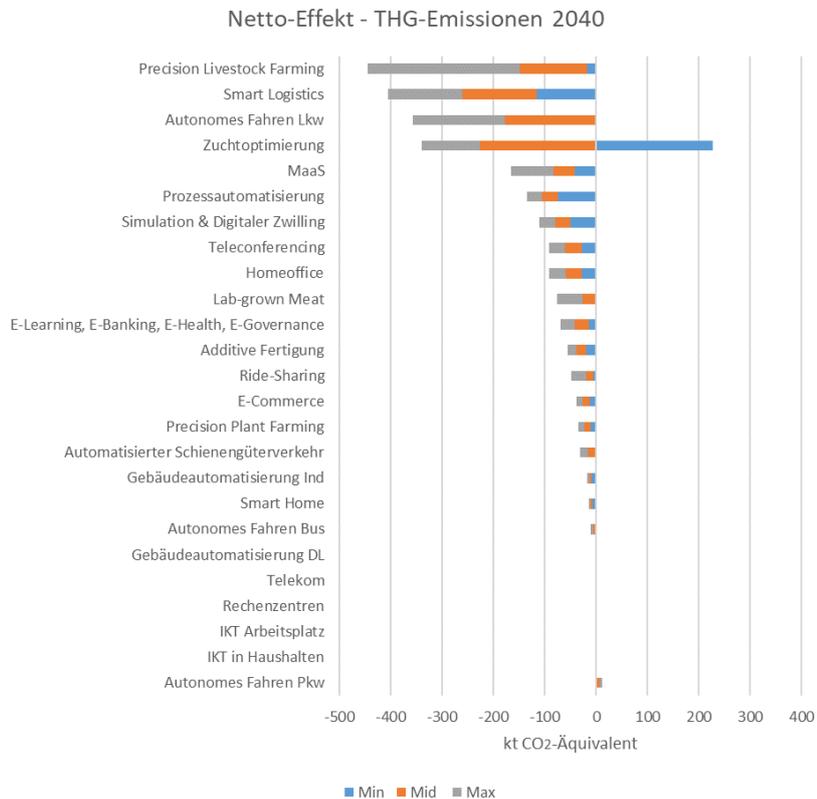


Abbildung 3: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – THG-Emissionen 2040; Quelle: Berechnungen AEA

Abstract

In the present analysis, the potential for reducing energy consumption and GHG emissions through digitization applications in Austria in 2040 is examined in three scenarios (min, mid and max) compared to a reference scenario. Digitization applications can save up to 28.4 TWh of energy in Austria in 2040 (max-scenario). In the mid-scenario, the possible savings are 19.4 TWh, in the min-scenario 11.1 TWh. In the reference scenario, which is the basis for the calculation of the digitization effects, comprehensive independence from oil, coal and natural gas (decarbonization) up to the year 2040 is already taken into account:

- The electricity and district heating supply is 100% renewable.
- The heat supply for households and in the service sector is free of fossil fuels.
- Industry emits 85% fewer GHG emissions than in 2005.
- Traffic is almost completely electrified (80% for cars, 60% for trucks).

In the reference scenario, the final energy consumption in 2040 is around 292 TWh. Thus, around 4% to 10% of energy consumption can be saved in 2040 through digitization applications. However, increased use of the information and communication technology (ICT) infrastructure, data centers and telecommunications infrastructure can result in up to 2.3 TWh of additional energy consumption.

The savings opportunities for greenhouse gas emissions are also significant. The maximum net saving effects are 2.3 million t CO₂ equivalent. In the mid-scenario, possible savings are 1.2 million t CO₂ equivalent and in the min-scenario (excluding breeding optimization) 0.4 million t CO₂ equivalent. GHG emissions in the reference scenario amount to approx. 23.3 million t CO₂ equivalent in 2040. Thus, from 2% to 10% of GHG emissions in 2040 can be saved compared to the reference scenario through digitization applications.

Eight applications account for approximately 80% of the net effects of digitization applications on energy savings and 70% of GHG emissions reductions. A focus of research, technology and innovation (RTI) policy measures on these applications appears to be advisable based on this quantitative analysis. The recommendation on RTI policy will be elaborated in the D5.2 report.

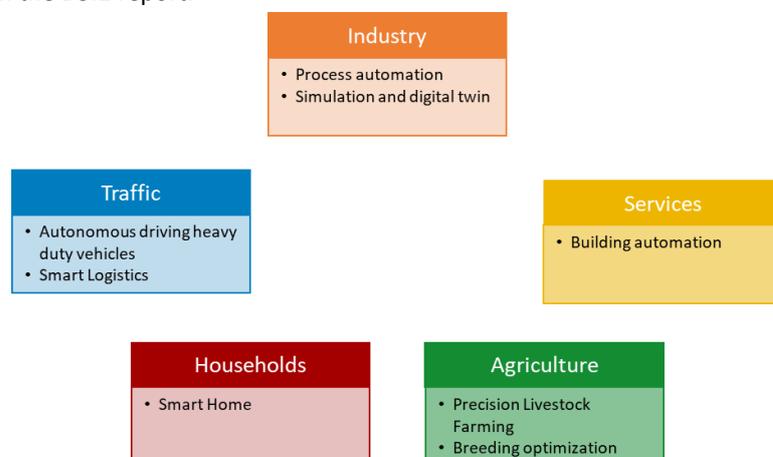


Abbildung 4 (Figure 4): Recommended digitization applications to prioritize

Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich

An overview of the individual effects is given in Abbildung 2 (Figure 2) and Abbildung 3 (Figure 3). The effects for each sector are described in the following chapters. Detailed analyses of the individual applications are in Deliverable D3.1 "Kurzpapier Szenarien" (Short Paper Scenarios).

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	9
2	METHODIK	10
3	ERGEBNISSE	11
3.1	Effekte der Digitalisierung in der Industrie	11
3.2	Effekte der Digitalisierung im Verkehr	12
3.3	Effekte der Digitalisierung für Haushalte	13
3.4	Effekte der Digitalisierung im Dienstleistungssektor	14
3.5	Effekte der Digitalisierung in der Landwirtschaft	15
4	REFERENZSZENARIO	16
5	ZUSAMMENFASSUNG	18
6	LITERATURVERZEICHNIS	21
7	ABKÜRZUNGEN	23
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	25
9	TABELLENVERZEICHNIS	27

1 Einleitung

In diesem Bericht werden die zuvor entwickelten Szenarien quantifiziert und somit die möglichen absoluten Einsparungen für Energieverbrauch und THG-Emissionen ermittelt.¹ Hierfür wird in einem ersten Schritt auf die Netto-Effekte (inklusive Rebounds) zurückgegriffen, welche in dem Bericht D3.1 – dem Kurzpapier Szenarien – dargestellt sind. Diese werden mit den Energieverbräuchen und THG-Emissionen je Sub-Sektor bzw. Anwendung multipliziert, welche im Referenzszenario ermittelt wurden.

Ein Überblick über die Ergebnisse der Effekte der Digitalisierung sind in Kapitel 2 je Sektor dargestellt. Die Unterkapitel beinhalten nochmals eine Beschreibung der einzelnen untersuchten Digitalisierungsanwendungen. Für weitere Details wird auf den Bericht D3.1 – Kurzpapier Szenarien – verwiesen, in dem die einzelnen Anwendungen genau untersucht und dargestellt wurden.

Das Referenzszenario wird in Kapitel 4 zusammengefasst. In diesem Kapitel werden vor allem ausgewählte Annahmen für die Projektion des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen bis zum Jahr 2040 beschrieben.

In Kapitel 5 erfolgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Quantifizierung.

Über das Projekt

In der 3. Ausschreibung des Programms „Energy Transition 2050“ wurde vom Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung (KLIEN) eine F&E-Dienstleistung zum Thema „Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich“ finanziert, siehe FFG (2020). Den Zuschlag für diese Ausschreibung hat ein gemeinsamer Projektantrag der Österreichischen Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA) und des Fachverbandes der Elektro- und Elektronikindustrie bekommen. Dieses Projekt wurde am 15. Februar 2021 gestartet. Die Laufzeit des Projekts beträgt zwölf Monate.

Dieses Projekt hat zum Ziel, die möglichen Auswirkungen der fortschreitenden Digitalisierung auf Endenergieverbrauch² und Treibhausgasemissionen in Österreich bis zum Jahr 2040 zu quantifizieren. Dazu werden die Reduktionspotenziale von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit verschiedenen Digitalisierungstechnologien und -anwendungen sowie die damit verbundenen Rebound-Effekte analysiert. Diese Analyse beruht auf qualitativen und quantifizierten Szenarien, welche die ganzheitlichen und sektorübergreifenden Auswirkungen von verschiedenen Digitalisierungsansätzen beschreiben.

Ein weiteres Projektziel ist die Erarbeitung von Empfehlungen zu FTI-politischen Maßnahmen, die die mit der Digitalisierung verbundenen Technologien und Anwendungen „Made in Austria“ unterstützen sollen. Sowohl die Erarbeitung der Szenarien als auch die Entwicklung von Empfehlungen für FTI-politische Maßnahmen finden in engem Austausch mit Stakeholdern aus den Bereichen der Forschung, Technologie, Industrie und der IKT-Anwendung im gewerblichen und privaten Bereich statt.

¹ In diesem Deliverable werden somit die Ergebnisse der Tasks 4.1, 4.2 und 4.3 des Projektes dargestellt.

² Der Endenergieverbrauch ist der Energieverbrauch der Endnutzer in den Sektoren Haushalte, Industrie, Verkehr, Dienstleistungen und Landwirtschaft. Er beinhaltet unter anderem elektrische Energie und Fernwärme. Zu beachten ist, dass zum Beispiel Wärme und Strom, die in Gasheizkraftwerken für die Fernwärmeversorgung und den Strommarkt erzeugt werden, im energetischen Endverbrauch als Fernwärme oder elektrische Energie (ohne die Transport- und Umwandlungsverluste) enthalten sind.

2 Methodik

Die Methodik ist detailliert in Bericht D3.1 beschrieben. Grundsätzlich werden zwei verschiedene Ansätze für die IKT und Digitalisierungsanwendungen verwendet, um herauszufinden, um wie viel Energieverbrauch und THG-Emissionen durch IKT und Digitalisierungsanwendungen in Österreich im Jahr 2040 vermindert werden können. Für beide Ansätze werden drei Szenarien (Min, Mid, Max) im Vergleich zu einem Referenzszenario betrachtet.

Der IKT-bedingte Energieverbrauch wird auf Geräteebene von 2010–2025 für Österreich auf Grundlage einer deutschen Studie berechnet und anschließend bis 2040 mittels Trendfortschreibung in einem der Szenarien berücksichtigt. Parallel dazu werden relevante Studienergebnisse oder statistische Daten abgeleitet und in die Zukunft projiziert. Dies dient einerseits der Validierung und andererseits der Erstellung einer weiteren Trendfortschreibung (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Methode IKT-bedingter Energieverbrauch 2040

Die Potenziale bzw. Brutto-Effekte der Digitalisierung werden anhand der Möglichkeiten für eine Reduktion des Energieverbrauchs oder der Treibhausgasemissionen und anhand möglicher zusätzlicher Marktdurchdringungen bis 2040 für die einzelnen Digitalisierungsanwendungen berechnet. Hiervon werden direkte Rebounds abgezogen, um die Netto-Effekte zu ermitteln. Die Annahmen für die Reduktionspotenziale, die Marktdurchdringung und Rebound-Effekte beruhen auf Literaturrecherchen, Aussagen von Stakeholdern, Fermi-Ableitungen oder Expertenschätzungen. Die Annahmen sind detailliert in Bericht D3.1 beschrieben.

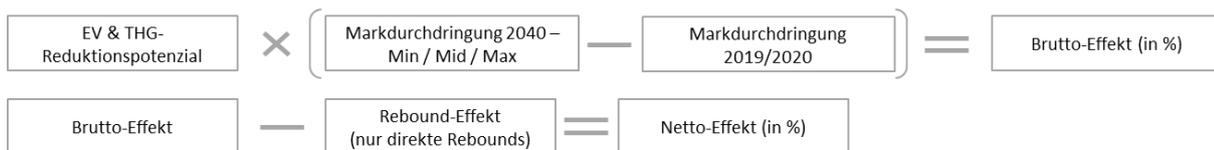


Abbildung 6: Methode für die Ermittlung der Potenziale der Digitalisierung bis 2040

Abschließend werden die Netto-Effekte (in %) sowohl von IKT als auch Digitalisierungsanwendungen auf relevante Energieverbräuche oder Treibhausgasemissionen bezogen, welche in einem Referenzszenario bis 2040 errechnet werden. Dies erlaubt die Berechnung von Netto-Effekten in GWh oder t CO₂-Äquivalent für jede der betrachteten Informations- und Kommunikationstechnologien und digitalen Anwendungen. Mit den so ermittelten Ergebnissen können die Potenziale für eine Reduktion des Energieverbrauchs oder der THG-Emissionen der unterschiedlichen Anwendungen miteinander verglichen werden.



Abbildung 7: Methode für die Berechnung der absoluten Netto-Effekte

3 Ergebnisse

3.1 Effekte der Digitalisierung in der Industrie

Die Bandbreite der Einschätzungen in der Literatur für mögliche Energieeinsparungen durch digitale Technologien im Industriesektor bzw. durch Industrie 4.0 ist groß. Meist wird in der Literatur von Einsparmöglichkeiten im Bereich von 20 % bis 30 % des Energieverbrauchs ausgegangen. Die vorliegende Analyse betrachtet dies getrennt für die einzelnen Anwendungen und kommt gesamt zu niedrigeren Energieeffizienzeffekten.

Bei der **Automatisierung** von Prozessen werden digitale Technologien zur Bedienung und Steuerung von Produktionsprozessen genutzt, um manuelle Eingriffe über die gesamte Produktion hinweg zu minimieren sowie Produktivität und Energieverbrauch der komplexen Systeme zu optimieren. In der Digitalisierung von **Motorsystemen** (Motoren-, Pumpen-, Ventilator-, Kälte- und Druckluftsysteme) werden Daten erfasst und verarbeitet, um die Effizienz dieser Systeme zu verbessern. Auch **Industrieroboter** sind zunehmend vernetzt und hinsichtlich ihrer Energieeffizienz optimiert.

Digitale Zwillinge simulieren physische Produkte und Prozesse im digitalen Raum über den gesamten Produktionszyklus hinweg (Design, Prototyping, Produktion), um physische Iterationen zu minimieren und Prozesse zu optimieren. Digitale Zwillinge können durch Simulation die Produktqualität erhöhen und Produktionsprozesse verbessern oder Produktionsprozesse schneller und optimiert gestalten. Dies kann zu einer Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz führen.

In der **additiven Fertigung** (bzw. im 3-D-Druck) werden eine Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren verwendet. Die additive Fertigung eignet sich für die Herstellung von Anschauungs- und Funktionsprototypen (Rapid Prototyping), Endprodukten (Rapid Manufacturing) – vor allem von Einzelteilen – sowie von Werkzeugen und Formen (Rapid Tooling) (FEEI 2021). Der Effekt auf Energieverbrauch und THG-Emissionen bei additiven Verfahren hängt grundsätzlich von der Produktart/-anzahl ab.

Für **Gebäudeautomatisierung** werden digitale Technologien zur Überwachung, Analyse, Steuerung, Automatisierung und Optimierung von Gebäudeleittechniksystemen wie Heizung, Lüftung, Klimaanlage und Beleuchtung genutzt.

Die **Netto-Effekte dieser Digitalisierungsanwendungen** auf Energieverbrauch und THG-Emissionen für das Jahr 2040 sind in Abbildung 8 dargestellt. Sowohl Prozessautomatisierung als auch Simulation & digitaler Zwilling können zu hohen Energie- und THG-Einsparungen im Jahr 2040 führen.

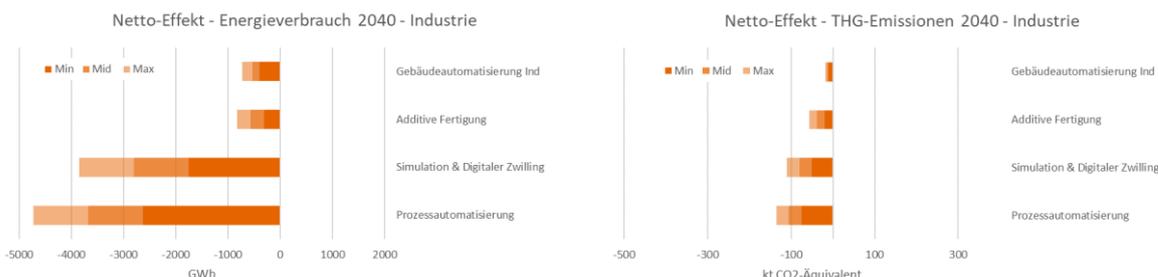


Abbildung 8: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Industrie; Quelle: Berechnungen AEA

3.2 Effekte der Digitalisierung im Verkehr

Im Verkehrssektor werden Autos, Lastwagen, Züge und deren unterstützende Infrastruktur durch digitale Anwendungen intelligenter und vernetzter, dies kann die Sicherheit und Effizienz verbessern. Die drei Haupttrends der Digitalisierung in der Mobilität sind laut IEA (2017): Konnektivität, Shared Mobility und Automatisierung. Insgesamt schätzt die IEA (2019b), dass digitale Technologien die Energieeffizienz sowohl des Personen- als auch des Güterverkehrs um ca. 20 % bis 25 % verbessern können. Die vorliegende Analyse betrachtet dies getrennt für die einzelnen Anwendungen und kommt gesamt zu niedrigeren Energieeffizienzeffekten.

Autonome Fahrtechnologien zielen darauf ab, die Sicherheit und den Fahrkomfort durch fortschrittliche Sensorik und automatisierte Entscheidungsfindung zu erhöhen. In der vorliegenden Studie wird autonomes Fahren entsprechend Stufe 4 (vollautomatisiertes Fahren – autonom in definierten Anwendungsfällen) und Stufe 5 (fahrerloses Fahren – vollständig autonom vom Start bis zum Ziel) analysiert.

Mobility-as-a-Service (MaaS) ermöglicht die Integration von und den Zugang zu verschiedenen Verkehrsmitteln sowie Dienstleistungen, z. B. wie öffentliche Verkehrsmittel, Mitfahrgelegenheiten, Carsharing, Bikesharing, Rollershaaring, Taxi, Autovermietung, Ridehailing. Ein Ziel von MaaS-Anwendungen ist es, den Umstieg von Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel zu erleichtern.

Ridesharing erlaubt, einen Teil der Autoreisekosten einzusparen, und reduziert den Energieverbrauch und die THG-Emissionen des Autoverkehrs durch erhöhte Fahrzeugbelegung.

Smart Logistics bedeutet die Optimierung der Logistikprozesse durch den umfassenden Einsatz von IKT und digitalisierten Anwendungen. Das Ziel von Smart Logistics ist die durchgängige Vernetzung des Informations- und Materialflusses, um Logistikprozesse effizienter planen, steuern und anpassen zu können.

Die **automatisierte Betriebsführung im Zugverkehr** und **automatisierte Kupplung** führen zu einer Erhöhung der Kapazität auf existierenden Güterverkehrsstrecken. Bei der automatisierten Betriebsführung erfolgt eine Real-time-Erfassung und -Verarbeitung von Zugdaten. Dadurch können Beschleunigungs- und Bremsvorgänge sowie Blockabstände optimiert werden. Durch automatisierte Kupplung können Züge schneller gekoppelt werden. Die dadurch erzielte Zeitersparnis erhöht die Kapazität der existierenden Güterverkehrsstrecken.

Die **Netto-Effekte dieser Digitalisierungsanwendungen** auf Energieverbrauch und THG-Emissionen für das Jahr 2040 sind in Abbildung 9 dargestellt. Sowohl Smart Logistics als auch autonomes Fahren von Lkws können zu hohen Energie- und THG-Einsparungen im Jahr 2040 führen.

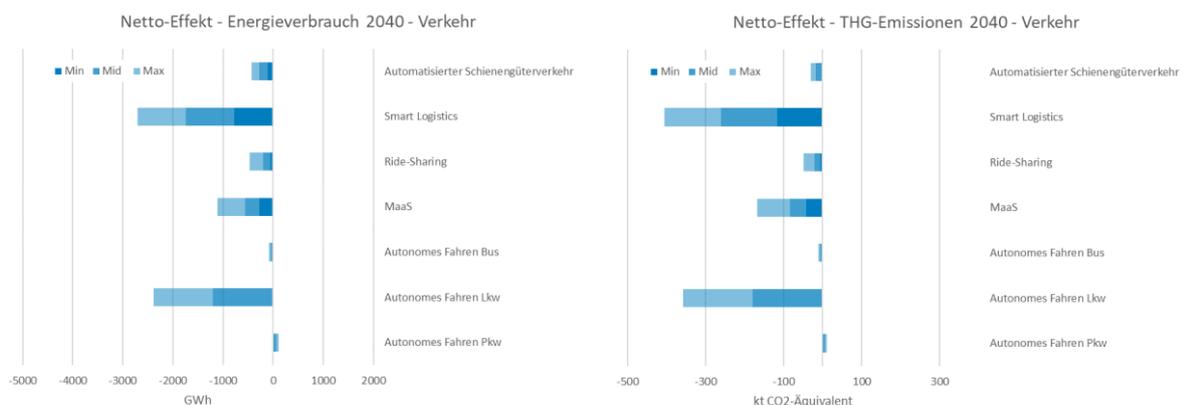


Abbildung 9: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Verkehr; Quelle: Berechnungen AEA

3.3 Effekte der Digitalisierung für Haushalte

Im Haushaltssektor liegt der Fokus der Analyse auf den möglichen Energieeinsparungen in der Raumwärme und bei elektrischen Geräten durch Digitalisierungsanwendungen. Weiters wird der mögliche zukünftige Stromverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien betrachtet. Laut IEA (2019b) sind in Wohngebäuden durch Digitalisierung Energieeinsparungen von bis zu 30 % möglich.

Im **Smart Home** können vernetzte und intelligente Verbraucher (und Erzeuger) die Energieeffizienz, den Komfort und die Sicherheit durch Optimierung und Automatisierung von Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Beschattung steigern. Die IEA (2019a) beschreibt, dass in Wohngebäuden durch die Digitalisierung einer Reihe von Anwendungen Energie eingespart werden kann (siehe Tabelle 1). Die Reduktionen im Energieverbrauch können durch separaten oder kombinierten Einsatz der genannten Anwendungen erzielt werden. Die kumulierten Energieeffizienzeffekte durch das Kombinieren relevanter Anwendungen können Einsparungen von bis zu 30 % bewirken. In der vorliegenden Studie wird diese Annahme allerdings, aufgrund Experteneinschätzung, reduziert und stattdessen mit maximal 20 % gerechnet.

Tabelle 1: Möglichkeiten für Reduktionen durch digitale Anwendungen im Haushaltsbereich; Quelle: (IEA 2019a), (IEA 2019b)

Technologien	Vorteile	Reduktionsbereich in Haushalten
Smart Thermostats	Ferngesteuerte Kontrolle von Heizen und Kühlen	5 % – 20 % des Heiz-/Kühlenergieverbrauchs
Smart Plugs	Reduziert die Ruheleistung von Geräten	1 % – 5 % des Energieverbrauchs
Smart Zoning	Bestimmung der Temperatur für Räume und Zonen	10 % des Heiz/Kühlenergieverbrauchs
Smart Lighting	Kontrolle der Beleuchtung durch Anwesenheit	1 % – 10 % des Energieverbrauchs
Smart Fensterkontrolle	Kontrollierter Lichteinfall	10 % – 20 % des Heiz-/Kühlenergieverbrauchs
Energiemonitoringsystem	Informationen, Empfehlungen und Erinnerungen bzgl. Energieverbrauch	4 % – 7 % des gesamten Energieverbrauchs
Smart Energiemanagementsystem	Kontrolle des Energieverbrauchs und Optimierung auf Basis des Verhaltens	8 % – 20 % des gesamten Energieverbrauchs
Smart Home	Kombination von Smart-Home-Technologien	< 30 % des gesamten Energieverbrauchs

Informations- und Kommunikationstechnologien in Haushalten wie Computer, Fernsehgeräte, Telekommunikationsgeräte etc. verbrauchten im Jahr 2020 ca. 1,8 TWh an Strom in Österreich, dies entspricht 10 % des Stromverbrauchs von privaten Haushalten (Statistik Austria 2021). Die mögliche zukünftige Entwicklung wurde in dieser Analyse im Detail betrachtet.

Die **Netto-Effekte dieser Digitalisierungsanwendungen** auf Energieverbrauch und THG-Emissionen für das Jahr 2040 sind in Abbildung 10 dargestellt. Smart Homes können zu hohen Energieeinsparungen im Jahr 2040 führen. Die Netto-Effekte für den Energieverbrauch sind hoch, da mit geringen Sanierungseffekten gerechnet wurde. Für THG-Emissionen sind die Effekte niedrig, da im Modell im Jahr 2040 mit einer nahezu vollständigen Unabhängigkeit von Öl, Kohle und Erdgas in der Wärme- und Stromversorgung gerechnet wird.



Abbildung 10: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Haushalte; Quelle: Berechnungen AEA

3.4 Effekte der Digitalisierung im Dienstleistungssektor

Der Dienstleistungssektor umfasst eigenständige Dienstleistungsunternehmen (inklusive Handelsunternehmen) sowie staatliche oder öffentliche Einrichtungen. Das breite Spektrum an Dienstleistungen spiegelt sich auch in der hohen Anzahl an digitalen Anwendungen wider, welche in diesem Sektor analysiert werden.

Gebäudeautomatisierung nutzt digitale Technologien zur Überwachung, Analyse, Steuerung, Automatisierung und Optimierung von Gebäudeleittechniksystemen für Heizung, Lüftung, Klimaanlage und Beleuchtung.

Digitale Technologien ermöglichen es Angestellten, im **Homeoffice** zu arbeiten und dadurch Arbeitswege einzusparen. Durch **Tele-Conferencing** können Dienstreisen mit Pkw und Flugzeug reduziert werden.

Durch **E-Commerce** kommt es zu Verkehrsverlagerungen und zu Veränderungen in der Lagerhallennutzung, der Logistikwege sowie beim Einsatz von Verpackungsmaterialien. In der vorliegenden Studie werden Untersuchungsergebnisse für die Verkehrsverlagerungen herangezogen.

E-Learning, E-Banking, E-Health, E-Governance werden hier gemeinsam dargestellt, da der Haupteinflussfaktor dieser digitalen Anwendungen auf den Energieverbrauch in der möglichen Verkehrsreduktion liegt.

IKT am Arbeitsplatz wie Computer, Netzwerke, Präsentationstechnik etc. verbrauchen im Jahr 2020 ca. 1,0 TWh an Strom in Österreich (AEA 2021), dies entspricht 7 % des Stromverbrauchs im Dienstleistungssektor (Statistik Austria 2021). Die mögliche zukünftige Entwicklung wurde in dieser Analyse im Detail betrachtet.

Rechenzentren und Telekommunikations-Infrastruktur sind die notwendige Backbone-Infrastruktur für die meisten Digitalisierungsanwendungen. Durch zunehmende Digitalisierung nimmt die Datenmenge weiter zu. Mögliche Auswirkungen für Rechenzentren und Telekommunikation werden separat untersucht.

Die **Netto-Effekte dieser Digitalisierungsanwendungen** auf Energieverbrauch und THG-Emissionen für das Jahr 2040 sind in Abbildung 11 dargestellt. Gebäudeautomatisierung im Dienstleistungssektor kann zu hohen Energieeinsparungen im Jahr 2040 führen. Bei Rechenzentren und Telekommunikation muss mit zunehmendem Energieverbrauch gerechnet werden.

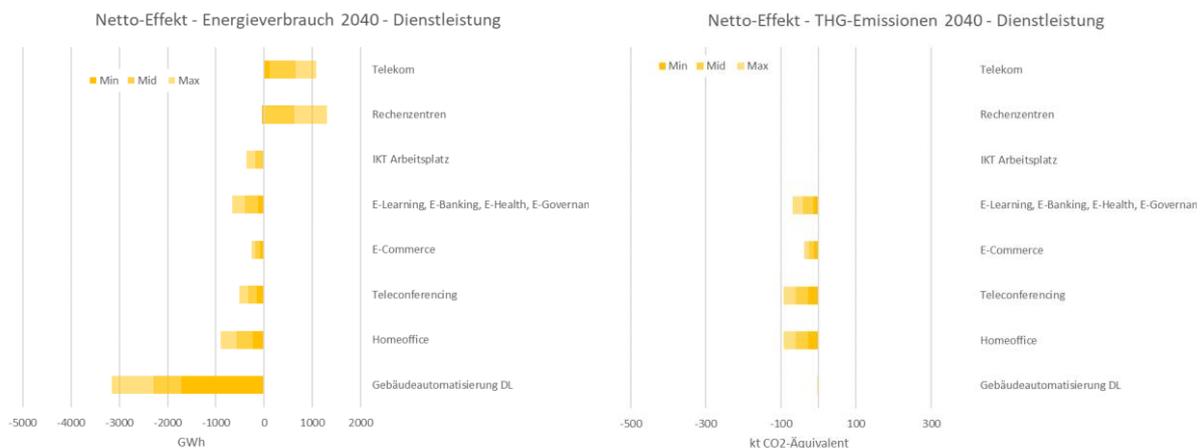


Abbildung 11: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Haushalte; Quelle: Berechnungen AEA

3.5 Effekte der Digitalisierung in der Landwirtschaft

„Was mit der Einführung von Dampfmaschinen und dem Umstieg von Zugtieren auf Traktoren begann (Landwirtschaft 1.0), hat über die Einführung von Dreipunkthydraulik und Zapfwelle (Landwirtschaft 2.0) und den Einsatz von Elektronik, Steuerungen und GPS-Lenkssystemen (Landwirtschaft 3.0) dazu geführt, dass wir durch die Vernetzung von Maschinen und Daten seit ein paar Jahren im Zeitalter von Landwirtschaft 4.0 und Smart Farming angekommen sind.“ (BLW 2020)

Precision Plant Farming bezieht sich meist auf IKT-Anwendungen zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität und zu Einsparungen von Ressourcen. Der Kern dieser Konzepte ist die Möglichkeit, den Zustand von Pflanzen zu überwachen (z. B. mithilfe von Feuchtigkeitssensoren in Böden), gesammelte Daten zu analysieren und landwirtschaftliche Betriebsmittel nach den Bedürfnissen von Pflanzen mit höherer Präzision als bisher anzupassen (z. B. Dünger) (Bieser 2020).

Precision Livestock Farming zielt darauf ab, die Tierhaltung automatisch zu überwachen, zu modellieren und zu steuern (Tullo 2019). Beispielsweise können Daten zu Körpertemperatur und Bewegung von Milchkühen verwendet werden, um den Gesundheitszustand einzelner Kühe zu analysieren und die Fütterung anzupassen (Präzisionsfütterung). Dadurch kann die Emission von Methan aus der enterischen Fermentation reduziert werden. Solche Daten können auch verwendet werden, um Tierkrankheiten (z. B. Lahmheit, Mastitis) zu erkennen oder das Fruchtbarkeitsmanagement zu optimieren (Bieser 2020).

Zuchtoptimierung, welche die natürliche Variation der Methan-Emissionen von Rindern ausnutzt, kann zusätzliche Potenziale für THG-Reduktionen in der Viehhaltung kostengünstig und dauerhaft heben. Mit den aktuellen Zuchtzielen kann in Zukunft mit einer Steigerung der Methan-Produktion gerechnet werden. Durch selektive Züchtung mit dem Ziel einer Senkung der Methan-Intensität ist eine Reduktion möglich.

Lab-grown Meat und die In-vitro-Fleischherstellung durch die Kultivierung von Zellen steckt noch in den Anfängen. Auf Basis der Literaturrecherche erscheint die Produktion von Lab-grown Meat nur für ein Hochpreissegment für das Jahr 2040 als realistisch.

Die **Netto-Effekte dieser Digitalisierungsanwendungen** auf Energieverbrauch und THG-Emissionen für das Jahr 2040 sind in Abbildung 12 dargestellt. Precision Livestock Farming und Zuchtoptimierung können zu hohen THG-Einsparungen im Jahr 2040 führen.

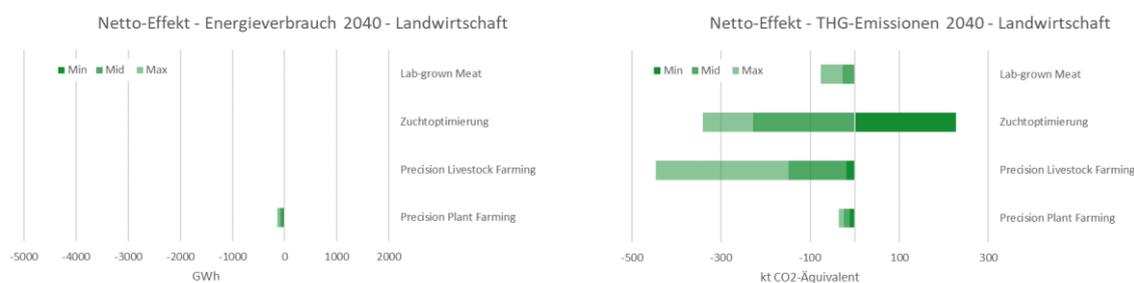


Abbildung 12: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Landwirtschaft; Quelle: Berechnungen AEA

4 Referenzszenario

Im Referenzszenario, welches die Basis für die Berechnungen der Digitalisierungseffekte ist, werden bereits weitreichende Dekarbonisierungseffekte bis zum Jahr 2040 berücksichtigt:

- Die Strom- und die Fernwärmeversorgung erfolgt zu 100 % auf Basis erneuerbarer Energieträger.
- Die Industrie stößt um 85 % weniger THG-Emissionen als im Jahr 2005 aus. Der Energiebedarf der Industrie wächst jedoch durch erhöhte Produktion.
- Der Straßenverkehr ist nahezu vollständig elektrifiziert (z. B. 80 % bei Pkws, 60 % bei Lkws). Die Verkehrsleistung wird für die einzelnen Verkehrsmodi separat modelliert. Im Pkw-Verkehr nimmt diese zum Beispiel von 2019 bis 2040 um 24 % ab und im Lkw-Verkehr um 11 % zu.
- Die Wärmeversorgung der Haushalte ist frei von fossilen Brennstoffen. Eine Sanierungsrate von ca. 1,5 % ist für Haushalte – ähnlich der langfristigen Renovierungsstrategie (OIB 2020a) – berücksichtigt. Allerdings kommt es in Folge von Bevölkerungswachstum und erhöhter Wohnfläche pro Person zu einer Steigerung der Wohnfläche um 22 %.
- Die Wärmeversorgung im Dienstleistungssektor ist frei von fossilen Brennstoffen. Der Dienstleistungssektor wächst bis 2040 um ca. 40 %, was zu einem erhöhten Energieverbrauch führt.
- Der Energieverbrauch des Landwirtschaftssektors reduziert sich im Referenzszenario vor allem durch eine Elektrifizierung der Arbeitsmaschinen um ca. 15 %.

Eine Übersicht der Ergebnisse des Referenzszenarios für den Energieverbrauch ist in Abbildung 13 und für die THG-Emissionen in Abbildung 14 dargestellt. Der Energieverbrauch im Jahr 2040 beträgt laut Referenzszenario 292 TWh und die THG-Emissionen betragen 23,3 Mio. t CO₂-Äquivalent.

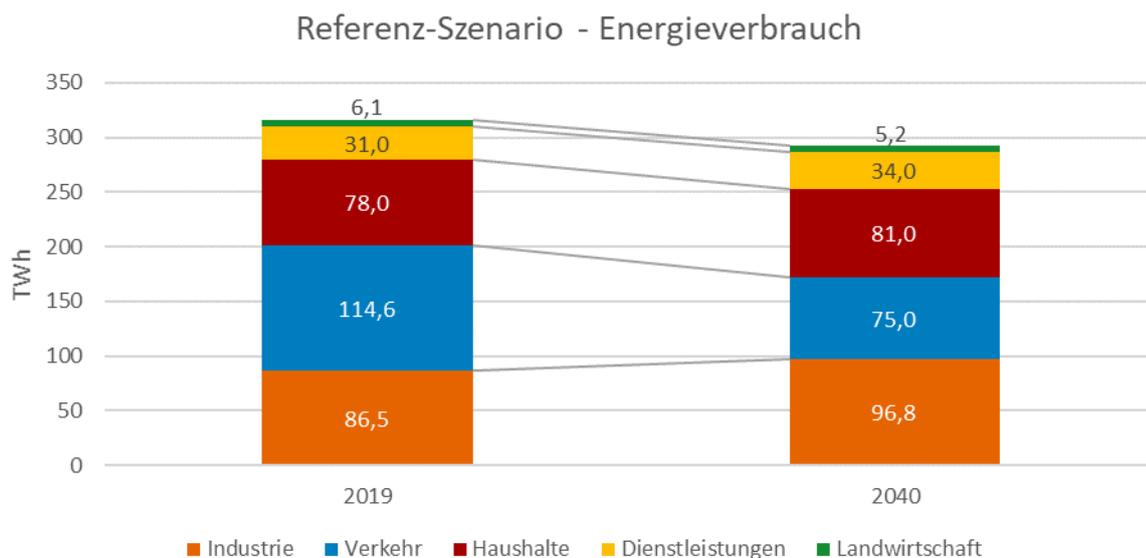


Abbildung 13: Ergebnisse Referenzszenario – Energieverbrauch im Jahr 2019 und 2040; Quelle: Berechnungen AEA

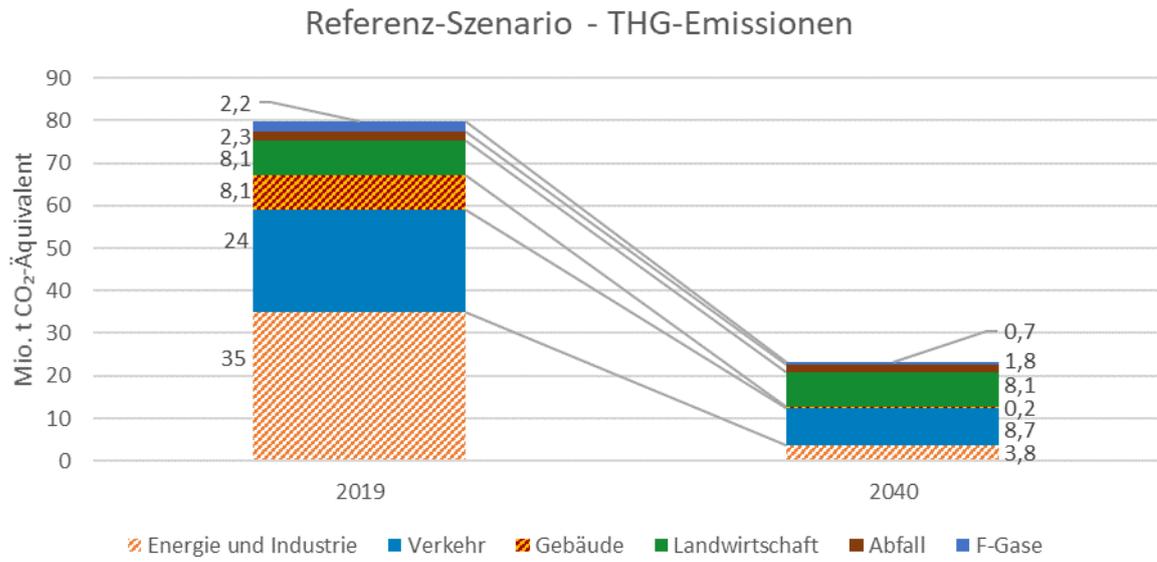


Abbildung 14: Ergebnisse Referenzszenario – THG-Emissionen im Jahr 2019 und 2040; Quelle: Berechnungen AEA

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Analyse werden die Potenziale für eine Reduktion von Energieverbrauch und THG-Emissionen durch Digitalisierungsanwendungen in Österreich im Jahr 2040 untersucht. Dazu wurden drei Szenarien (Min, Mid und Max) im Vergleich zu einem Referenzszenario betrachtet. Im Max-Szenario können bis zu 28,4 TWh an Energie im Vergleich zum Referenzszenario eingespart werden. Im Mid-Szenario betragen die möglichen Einsparungen 19,4 TWh, und im Min-Szenario 11,1 TWh. Im Referenzszenario, welches als Basis für die Berechnungen der Digitalisierungseffekte dient, wird bereits eine weitreichende Dekarbonisierung, also die Unabhängigkeit von Öl, Kohle und Erdgas, bis zum Jahr 2040 berücksichtigt:

- Die Strom- und die Fernwärmeversorgung erfolgt zu 100 % auf Basis erneuerbarer Energieträger.
- Die Wärmeversorgung der Haushalte und des Dienstleistungssektors ist frei von fossilen Brennstoffen.
- Die Industrie stößt um 85 % weniger THG-Emissionen als im Jahr 2005 aus.
- Der Straßenverkehr ist nahezu vollständig elektrifiziert (80 % bei Pkws, 60 % bei Lkws).

Im Referenzszenario beträgt der Endenergieverbrauch im Jahr 2040 ca. 292 TWh. Somit können durch Digitalisierungsanwendungen ca. 4 % bis 10 % an Energieverbrauch im Jahr 2040 eingespart werden. Durch verstärkte Nutzung der IKT-Infrastruktur, Rechenzentren und Telekommunikations-Infrastruktur können allerdings zusätzlich bis zu 2,3 TWh an Energieverbrauch verursacht werden.³

Die Einsparmöglichkeiten für Treibhausgasemissionen sind ebenfalls signifikant. Die maximalen Netto-Einspareffekte betragen 2,3 Mio. t CO₂-Äquivalent. Im Mid-Szenario betragen die möglichen Einsparungen 1,2 Mio. t CO₂-Äquivalent und im Min-Szenario (exkl. Zuchtoptimierung in der Rinderhaltung) 0,4 Mio. t CO₂-Äquivalent. Die THG-Emissionen im Referenzszenario betragen im Jahr 2040 ca. 23,3 Mio. t CO₂-Äquivalent. Somit können von 2 % bis 10 % der THG-Emissionen im Jahr 2040 durch Digitalisierungsanwendungen im Vergleich zum Referenzszenario eingespart werden.⁴

Acht Anwendungen machen ca. 80 % der Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen für Energieeinsparung und 70 % der Reduktion von THG-Emissionen aus. Ein Fokus von FTI-politischen Maßnahmen auf diese Anwendungen scheint auf Basis dieser quantitativen Analyse als empfehlenswert.

Industrie	Verkehr	Haushalte	Dienstleistungen	Landwirtschaft
<ul style="list-style-type: none"> • Prozessautomatisierung • Simulation und Digitaler Zwilling 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomes Fahren Lkw • Smart Logistics 	<ul style="list-style-type: none"> • Smart Home 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeautomatisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Precision Livestock Farming • Zuchtoptimierung

Abbildung 15: Empfohlene zu priorisierende Digitalisierungsanwendungen

Eine Übersicht der einzelnen Effekte wird in Abbildung 16 und Abbildung 17 gegeben. Diese wurden in den vorhergehenden Kapiteln je Sektor beschrieben. Detaillierte Analysen zu den einzelnen Anwendungen sind im Bericht D3.1 „Kurzpapier Szenarien“.

³ Telekom-Unternehmen geben gerne einen Faktor an, welcher zeigen soll, wie stark die IKT-Infrastruktur zu THG-Reduktionen beiträgt. Die Ziele mancher Unternehmen für den „GHG Enablement Factor“ im Jahr 2020, 2025, 2030 liegen oft bei 10:1. In unserer Studie würde sich ein „EV Enablement Factor“ von bis zu 15:1 für das Jahr 2040 errechnen.

⁴ Die Spanne der Einschätzungen der Effekte der Digitalisierung auf Energieverbrauch und THG-Emissionen ist relativ breit. Die Global e-Sustainability Initiative (GeSI 2015) geht davon aus, dass 20 % der jährlichen THG-Emissionen im Jahr 2030 eingespart werden können. Malmodin und Bergmark (Malmodin 2015) fanden, dass IKT-Anwendungen zwischen 8 % und 15 % der weltweiten THG-Emissionen im Jahr 2030 einsparen können.

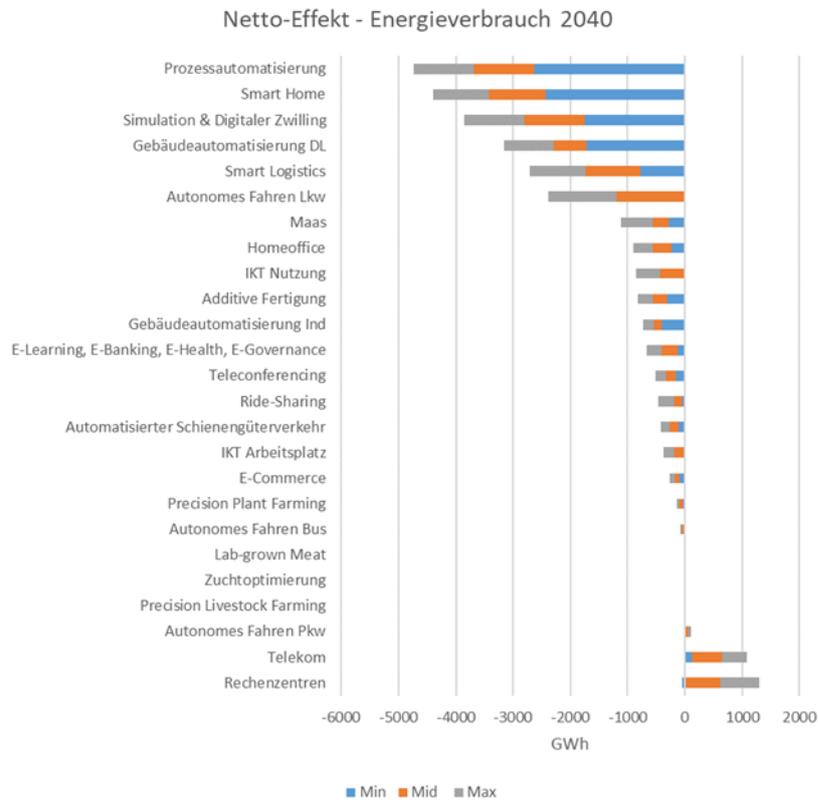


Abbildung 16: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – Energieverbrauch 2040; Quelle: Berechnungen AEA

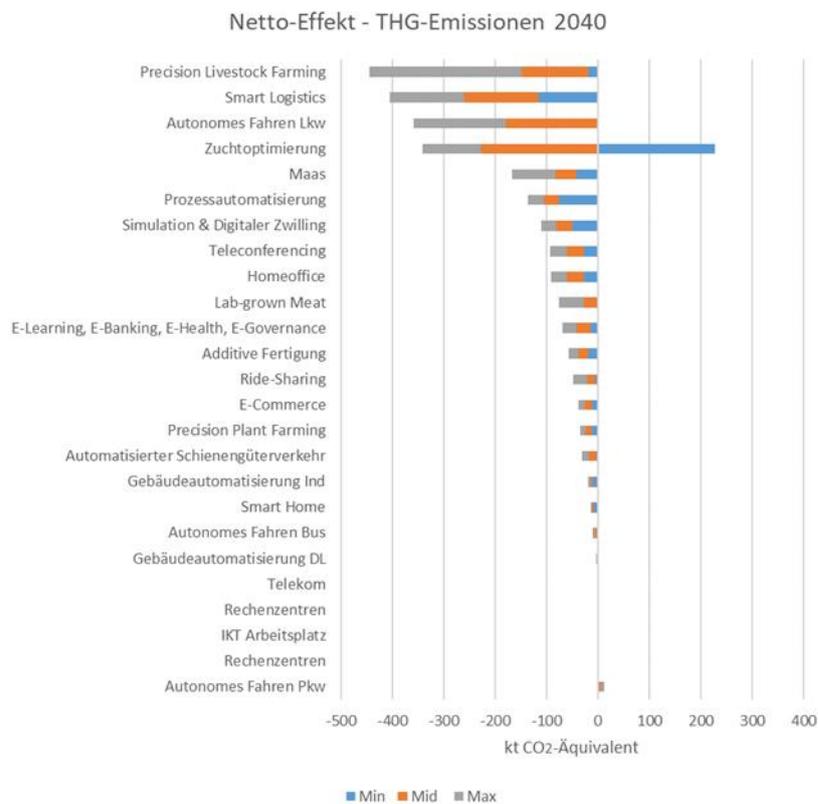


Abbildung 17: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – THG-Emissionen 2040; Quelle: Berechnungen AEA

6 Literaturverzeichnis

- AEA, Baumann M., Pauritsch G., Rohrer M. *IKT-Stromverbrauch in Österreich im Jahr 2019/2020*. Deliverable, Wien: Österreichische Energieagentur (AEA), 2021.
- Bieser, J., Salieri B., Hirschler R., Hilty L.M. *Next generation mobile networks - Problem or opportunity for climate protection?* Zürich: University of Zurich, 2020.
- BLW. „Einen Blick in die Zukunft werfen.“ 12. 06 2020. https://www.innovationfarm.at/wp-content/uploads/06_20_BLW_Einen_Blick_in_die_Zukunft_werfen.pdf (Zugriff am 04. 01 2022).
- FEEI, Harrasko-Kochmann S., Sabbatini G., Sommer R., Winkelmayr P. *Digitalisierungstechnologien in Österreich mit Einfluss auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen - Darstellung der Technologielandschaft*. Wien: FEEI - Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie, 2021.
- FFG. „Leifaden Energy Transition 2050 - 3. Ausschreibung.“ 06 2020. https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/200624_Energy_Transition_2050_Leifaden_2020_BF_v1.0_final.pdf (Zugriff am 06 2020).
- GeSI. *#SMARTer2030 - ICT Solutions for 21st Century Challenges*. Brussels: Global e-Sustainability Initiative (GeSI), 2015.
- IEA. *Digitalisation opportunities for energy efficiency*. Präsentation, Pretoria: International Energy Agency, SEA - Pretoria, 15 October 2019 (Lane K., Bennich P.), 2019a.
- IEA. *Digitalization & Energy*. Paris: International Energy Agency, 2017.
- IEA. *Energy Efficiency 2019*. International Energy Agency, 2019b.
- Malmmodin, J., Bergmark, P. *Exploring the effect of ICT solutions on GHG emissions in 2030*. Copenhagen, Denmark: Proceedings of EnviroInfo and ICT for Sustainability, 2015.
- OIB. *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz - Langfristige Renovierungsstrategie*. Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik, 2020a.
- Statistik Austria. *Nutzenergieanalyse für Österreich 1993-2020*. Wien: Statistik Austria, 2021.
- Tullo, E., Finzi, A., Guarina, M. „Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy.“ *Science of the Total Environment*, 2019: 2751-2760.

7 Abkürzungen

a	Jahr
AEA	Österreichische Energieagentur
AP	Arbeitspaket
BEEV	Brutto-Endenergieverbrauch
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BRP	Bruttoregionalprodukt
CO₂	Kohlendioxid
CH₄	Methan
EEff	Energieeffizienz
EEV	Endenergieverbrauch
EV	Energieverbrauch
GHG	Greenhouse gas
GWh	Gigawattstunden
FEEI	Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie
FFG	Forschungsförderungsgesellschaft
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
ICT	Information- and communication technology
IEA	Internationale Energie Agentur
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	Internet of Things
KLIEN	Klima- und Energiefonds
KI	Künstliche Intelligenz
kt	Kilotonnen
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
Maas	Mobility-as-a-Service
Mio	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd	Milliarden
MWh	Megawattstunden
NEA	Nutzenergieanalyse
Pkw	Personenkraftwagen
SSP	Shared Socioeconomic Pathway
THG	Treibhausgasemissionen
TWh	Terawattstunden
WP	Workpackage

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Empfohlene zu priorisierende Digitalisierungsanwendungen.....	3
Abbildung 2: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – Energieverbrauch 2040; Quelle: Berechnungen Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA)	4
Abbildung 3: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – THG-Emissionen 2040; Quelle: Berechnungen AEA.....	4
Abbildung 4 (Figure 4): Recommended digitization applications to prioritize	5
Abbildung 5: Methode IKT-bedingter Energieverbrauch 2040	10
Abbildung 6: Methode für die Ermittlung der Potenziale der Digitalisierung bis 2040	10
Abbildung 7: Methode für die Berechnung der absoluten Netto-Effekte	10
Abbildung 8: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Industrie; Quelle: Berechnungen AEA.....	11
Abbildung 9: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Verkehr; Quelle: Berechnungen AEA.....	12
Abbildung 10: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Haushalte; Quelle: Berechnungen AEA.....	13
Abbildung 11: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Haushalte; Quelle: Berechnungen AEA.....	14
Abbildung 12: Netto-Effekte: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2040 – Landwirtschaft; Quelle: Berechnungen AEA.....	15
Abbildung 13: Ergebnisse Referenzszenario – Energieverbrauch im Jahr 2019 und 2040; Quelle: Berechnungen AEA.....	16
Abbildung 14: Ergebnisse Referenzszenario – THG-Emissionen im Jahr 2019 und 2040; Quelle: Berechnungen AEA.....	17
Abbildung 15: Empfohlene zu priorisierende Digitalisierungsanwendungen.....	18
Abbildung 16: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – Energieverbrauch 2040; Quelle: Berechnungen AEA.....	19
Abbildung 17: Netto-Effekte von Digitalisierungsanwendungen – THG-Emissionen 2040; Quelle: Berechnungen AEA.....	19

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Möglichkeiten für Reduktionen durch digitale Anwendungen im Haushaltsbereich; Quelle:
(IEA 2019a), (IEA 2019b) 13

ÜBER DIE ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR – AUSTRIAN ENERGY AGENCY (AEA)

Die Österreichische Energieagentur liefert Antworten für die klimaneutrale Zukunft: Ziel ist es, unser Leben und Wirtschaften so auszurichten, dass kein Einfluss mehr auf unser Klima gegeben ist. Neue Technologien, Effizienz sowie die Nutzung von natürlichen Ressourcen wie Sonne, Wasser, Wind und Wald stehen im Mittelpunkt der Lösungen. Dadurch wird für uns und unsere Kinder das Leben in einer intakten Umwelt gesichert und die ökologische Vielfalt erhalten, ohne dabei von Kohle, Öl, Erdgas oder Atomkraft abhängig zu sein. Das ist die missionzero der Österreichischen Energieagentur.

Mehr als 85 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus vielfältigen Fachrichtungen beraten auf wissenschaftlicher Basis Politik, Wirtschaft, Verwaltung sowie internationale Organisationen. Sie unterstützen diese beim Umbau des Energiesystems sowie bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Bewältigung der Klimakrise.

Die Österreichische Energieagentur setzt zudem im Auftrag des Bundes die Klimaschutzinitiative klima**aktiv** um.

Der Bund, alle Bundesländer, bedeutende Unternehmen der Energiewirtschaft und der Transportbranche, Interessenverbände sowie wissenschaftliche Organisationen sind Mitglieder dieser Agentur. Weitere Informationen für Interessenten unter www.energyagency.at.

