Klimaeffekte der Digitalisierung

Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz

bitkom

durchgeführt von

accenture

© nasa / unsplash.com

Agenda

1	Ergebnisübersicht	3
2	Methodik	8
3	Einsparpotenzial digitaler Technologien	13
4	Fußabdruck der digitalen Infrastruktur	35
5	Rebound-Effekte	38
6	Fazit	41
7	Projektverantwortung und Projektteam	43
8	Anhang: Annahmen & Quellen	45

bitkom

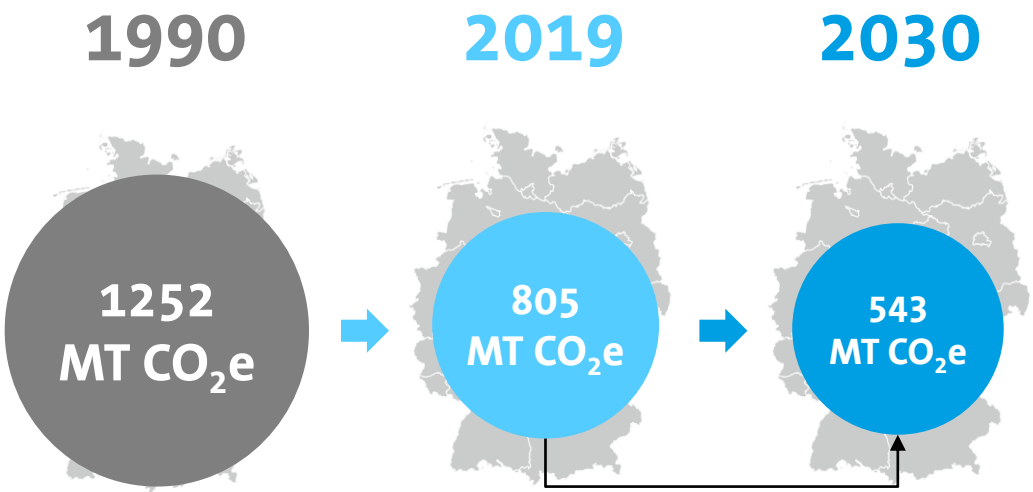
1
Ergebnisübersicht

bitkom

Das ambitionierte Klimaziel für Deutschland

Im Jahr 2030 sollen 55% weniger Emissionen als 1990 ausgestoßen werden

Verursachte und geplante CO_2e-Emissionen* in Deutschland



262 MT CO_2e

Einsparungsziel**

- Ziel der Studie ist es, das Potenzial digitaler Technologien für den Klimaschutz konkret zu benennen und so den Weg zum Klimaziel 2030 zu unterstützen.
- Deutschland trägt als eine führende Industrienation eine besondere Verantwortung für den weltweiten Klimawandel. Die Bundesregierung setzte das Klimaziel, 55% weniger Treibhausgase im Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 auszustoßen.[1]
- In den letzten 30 Jahren hat Deutschland seine Emissionen um 37,5% reduziert, während das BIP in diesem Zeitraum um 150% gewachsen ist.[2 3]
- Um das Klimaziel 2030 zu erreichen, müssen in den nächsten 10 Jahren 262 MT CO_2e reduziert werden. Laut Umweltbundesamt ist dies eine große Herausforderung.[4] Mit ihrem Klimaschutzprogramm entwickelte die Bundesregierung einen ersten Aufschlag mit konkreten Zielen und Maßnahmen auf Sektorebene.[5]
- **Digitale Maßnahmen sind in den Plänen der Bundesregierung bisher weitestgehend unberücksichtigt, obwohl sie einen immensen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.**

Quellen: 1) Bundesregierung 2) BMU 2020b 3) Clean Energy Wire Aug 2020 4) UBA 2020 5) Die Bundesregierung 2019 (Klimaschutzgesetz, Brennstoffemissionshandelsgesetz, Kohleausstieg, Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes im Steuerrecht & umfangreiches Investitionsprogramm)

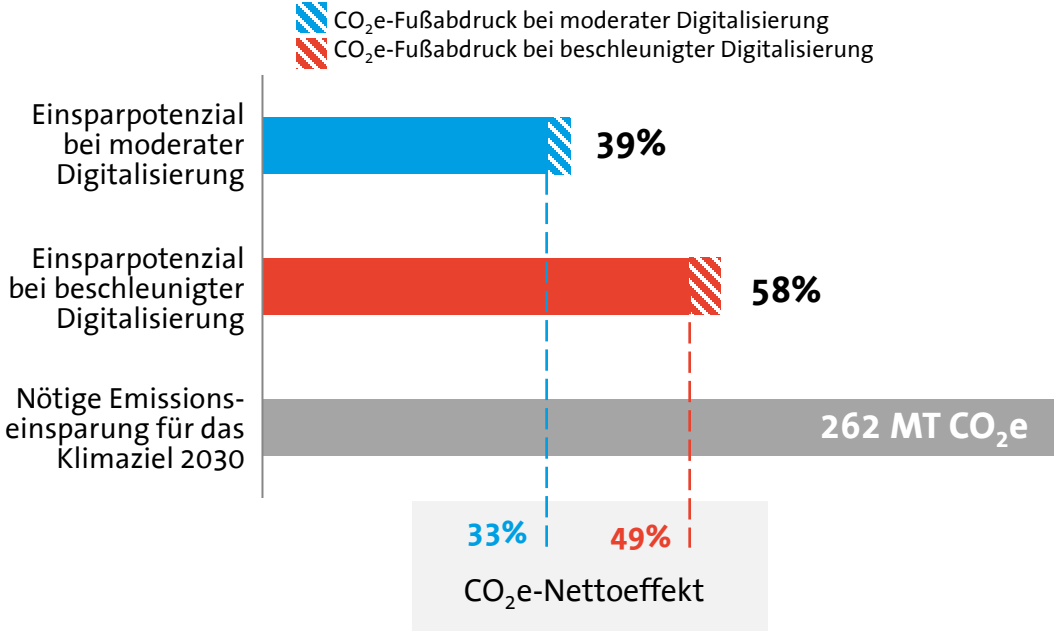
Anmerkung: *CO_2e = Kohlenstoffdioxidäquivalente (Die Treibhausgase werden entsprechend ihrer klimaschädlichen Wirkung in die Berechnungsgröße CO_2 »übersetzt«) ** Die Emissionen im Jahr 2019 wurden nach Fertigstellung der Studie vom Umweltbundesamt auf 810 MT CO_2e korrigiert.

bitkom

Die Digitalisierung ist ein entscheidender Hebel für den Klimaschutz

Digitale Technologien können 58% zum deutschen Klimaziel 2030 beitragen

CO_2e-Einsparpotenzial digitaler Technologien



In dieser Studie werden zwei gegenläufige Klimaeffekte der Digitalisierung untersucht: Das CO_2e-Einsparpotenzial, das mit digitalen Technologien im Jahr 2030 erzielt werden kann und die Emissionen, die im Jahr 2030 durch die digitale Infrastruktur verursacht werden (CO_2e-Fußabdruck).

- **CO_2e-Einsparpotenzial:** Bei beschleunigter Digitalisierung können digitale Technologien 58% zur Erreichung des 2030-Klimaziels beitragen, bei moderater Digitalisierung 39%.
- **CO_2e-Fußabdruck:** Durch die Produktion, Nutzung und Entsorgung verursacht die digitale Infrastruktur im Jahr 2030 etwa 16-22 MT CO_2e.
- **CO_2e-Nettoeffekt**: Das CO_2e-Einsparpotenzial digitaler Technologien abzüglich des CO_2e-Fußabdrucks beträgt 49% bei beschleunigter und 33% bei moderater Digitalisierung der im Jahr 2030 nötigen Emissionseinsparungen.

Effizienzsteigerungen können durch sogenannte Rebound-Effekte gemindert werden, die in Kapitel 5 näher erläutert werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen deutlich, dass die digitale Transformation ein entscheidender Hebel zur Erreichung des deutschen Klimaziels 2030 ist.

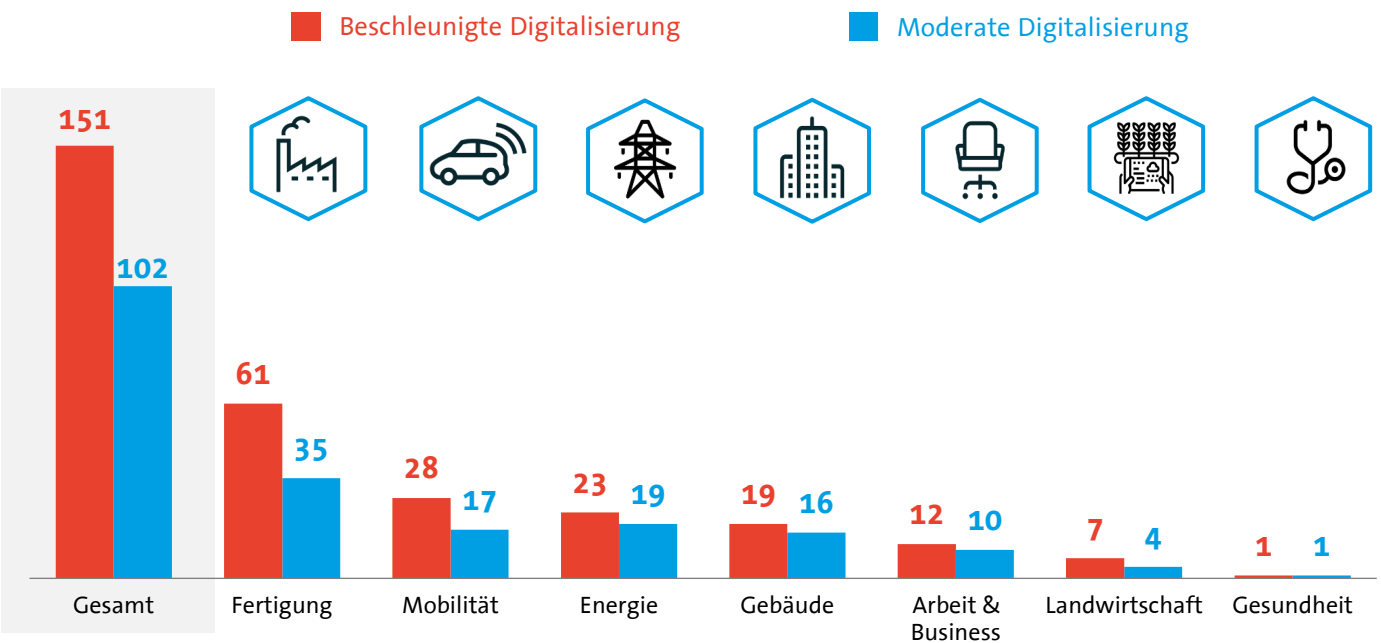
bitkom

Das CO_2e-Einsparpotenzial in 7 Anwendungsbereichen

Digitale Technologien können insgesamt 102-151 MT CO_2e im Jahr 2030 reduzieren

CO_2e-Einsparpotenzial in Millionen Tonnen CO_2e im Jahr 2030 pro Anwendungsbereich

(Alle Zahlen in MT CO_2 e)



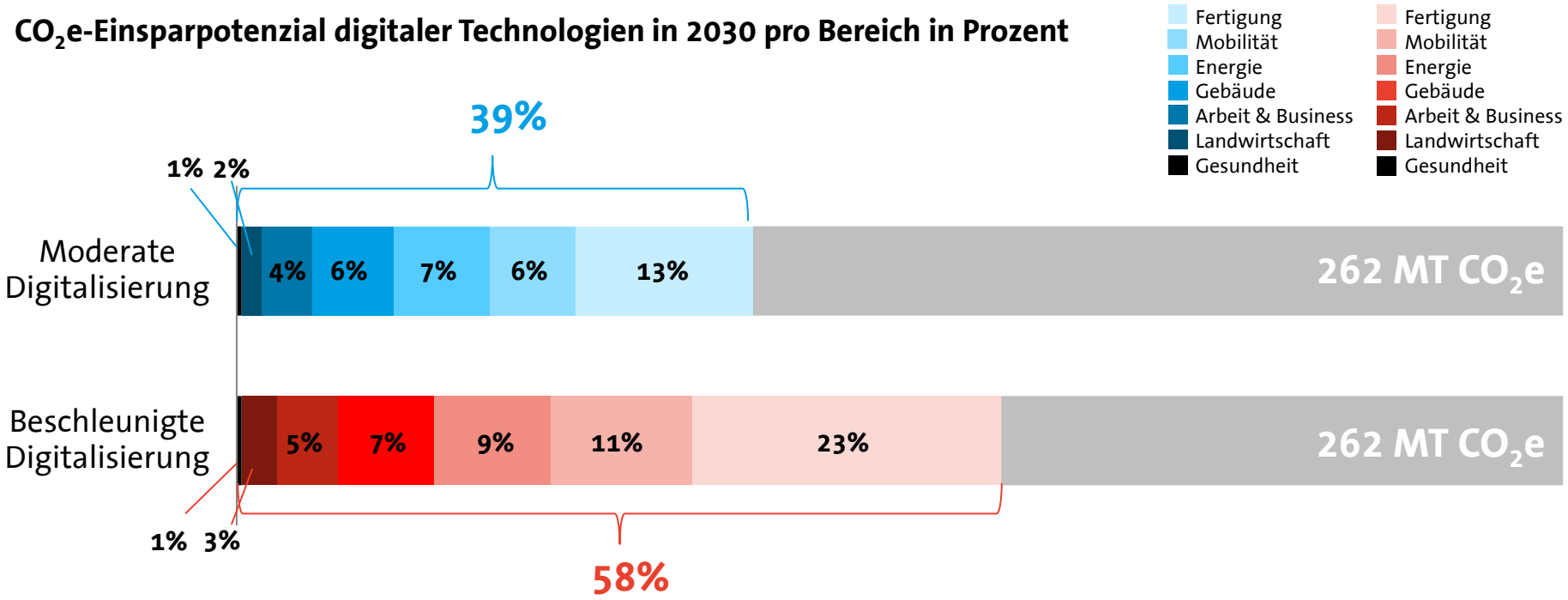
- Die Studie untersucht das CO_2e-Einsparpotenzial digitaler Technologien in den sieben emissionsstärksten Anwendungsbereichen: Fertigung, Mobilität, Energie, Gebäude, Arbeit & Business, Landwirtschaft und Gesundheit.
- In den Anwendungsbereichen wurden die Technologien mit den größten CO_2e-Einsparpotenzialen untersucht.
- Das CO_2e-Einsparpotenzial wurde anhand des Potenzials der einzelnen Technologien und der prognostizierten Marktdurchdringung im Jahr 2030 ermittelt.

bitkom

Der Beitrag der 7 Anwendungsbereiche zum Klimaziel 2030

Die Anwendungsbereichen Fertigung, Mobilität, Energie und Gebäude bieten das größte Potenzial zur Emissionsreduzierung

CO_2e-Einsparpotenzial digitaler Technologien in 2030 pro Bereich in Prozent



bitkom

2
Methodik

bitkom

Fokus und Umfang der Studie

Die Studie untersucht sieben Anwendungsbereiche für digitale Technologien mit den größten CO_2e-Einsparpotenzialen

Die 7 betrachteten Anwendungsbereiche

- **Fokus der Studie:** In dieser Studie werden zwei gegenläufigen Klimaeffekte der Digitalisierung untersucht: Die CO_2e-Einsparung, die digitale Technologien in 7 Anwendungsbereichen erzielen können und die Emissionen, die die digitale Infrastruktur verursacht.
- **Die 7 Anwendungsbereiche**: Berücksichtigt werden Technologien zur Erfassung (z. B. mittels Sensoren), Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Informationen. Digitale Technologien können bestehende Produktions- und Konsummuster in allen Wirtschaftsbereichen so verändern, dass signifikante Effizienzsteigerungen realisiert werden können.[1] Die in den 7 Anwendungsbereichen zusammengefassten digitalen Technologien adressieren mehr als 95% der in Deutschland verursachten CO_2e-Emissionen im Jahr 2019, daher sind hier die größten CO_2e-Einsparpotenziale zu erwarten.[*]
- **Aufbau der Anwendungsbereiche:** Die Anwendungsbereiche umfassen die digitalen Anwendungen mit dem größten CO_2e-Reduktionspotenzial (z. B. Arbeit & Business: Mobiles Arbeiten und Online-Banking). Das Potenzial wird jeweils auf Ebene der relevantesten Wirkungshebel ermittelt (z. B. Mobiles Arbeiten: Telecommuting, Geschäftsreisen und Büroflächenbedarf). Insgesamt umfasst die Studie 14 Anwendungsfälle, die auf 23 Wirkungshebeln basieren.[**]

Quellen: 1) Bieser & Coroamă 2020
Anmerkungen: * 795 MT CO_2e werden insgesamt als Baseline dieser Studie adressiert; **Alle betrachteten Auswirkungen werden in verschiedene Wirkungshebel aufgeteilt, die zusammen die Gesamtauswirkung darstellen. Es gibt keine Überschneidungen zwischen diesen Hebeln.

Definitionen der 7 Anwendungsbereiche

Digitale Technologien können d. Energieeffizienz steigern & d. Ressourceneinsatz reduzieren

Fertigung	**Steigerung der Produktivität in der Fertigung** durch den Einsatz von vernetzten digitalen Technologien und Produktionsmaschinen über den gesamten Entwicklungslebenszyklus.* Fokus der Studie: Die Simulation von physischen Produkten und Prozessen (digitaler Zwilling) sowie die Automatisierung in der Produktion.	**Arbeit & Business**	**Reduzierung der gefahrenen Kilometer und Senkung des Energieverbrauchs in Büroräumen** durch die Nutzung digitaler Kollaborationsplattformen und digitaler Services. Fokus der Studie: Digitale Anwendungen wie mobiles Arbeiten und Online-Banking.**
Mobilität	**Reduzierung der gefahrenen Gesamtkilometer und Effizienzsteigerung je Kilometer** durch intelligente Verkehrssteuerung und Routenoptimierung sowie eine gesteigerte Auslastung des privaten und öffentlichen Verkehrs. Fokus der Studie: Intelligente Verkehrssteuerung und Optimierung, intelligente Logistik und vernetzter Individualverkehr.	**Landwirt-schaft**	**Effizienzsteigerung in der Landwirtschaft** durch die Nutzung digitaler Präzisionssystemen zur Überwachung, Automatisierung und Analyse landwirtschaftlicher Prozesse. Fokus der Studie: Bodenwirtschaft und Nutztierhaltung.
Energie	**Optimierung der Netzeffizienz** durch intelligent gesteuerte Nachfragemuster, Effizienzsteigerung in der Elektrizitätsversorgung und in der Produktion erneuerbarer Energien. Fokus der Studie: Smart Grids und die effiziente Produktion erneuerbarer Energien.	**Gesund-heit**	**Reduzierung der gefahrenen Kilometer und Senkung des Energieverbrauchs von Gesundheitseinrichtungen** durch den Einsatz von Videokonferenzen und digitalen Gesundheitsakten. Fokus der Studie: Telemedizin und Gesundheitsdaten.
Gebäude	**Optimierung des Energieverbrauchs von Gebäuden** durch datenbasierte Überwachung, Harmonisierung und Automatisierung aller energiebezogenen Prozesse (z. B. Heizung, Kühlung und Beleuchtung). Fokus der Studie: Smart Homes und vernetzte Gebäude.		

Anmerkungen: * Der Energieverbrauch, der durch industriell genutzte Gebäude entsteht, wird ausschließlich im Anwendungsbereich Gebäude berücksichtigt. ** Reduzierte Fahrten durch E-Commerce werden hier nicht berücksichtigt, da Rebound-Effekte im Bereich E-Commerce das Einsparpotenzial signifikant reduzieren können.

bitkom

Berechnung des Einsparpotenzials digitaler Technologien

Das Einsparpotenzial wird anhand der Baseline, der Marktdurchdringung und des Reduktionspotenzials der jeweiligen Technologie berechnet

Drei Elemente zur Berechnung des Einsparpotenzials

∫ **Baseline** × ↗ **Markt-durchdringung** × ↓ **Reduktions-potenzial**

Beispielhafte Anwendung für »Smart Homes« ***

∫	×	↗	×	↓
Emissionen, die durch den Primärenergie-verbrauch von Wohngebäuden in 2030 verur-sacht werden		Steigerung der Marktdurch-dringung von Smart Homes in Wohngebäuden von 2020 bis 2030		Anteil des Energie-verbrauchs eines Wohngebäudes, der durch digitale Technologien reduziert werden kann

- **Berechnungslogik des Einsparpotenzials***: Die Berechnung des CO_2e-Einsparpotenzials basiert auf einer Bewertung der Baseline, der Marktdurchdringung und dem Reduktionspotenzial der jeweiligen Technologie, das auf Ebene der Wirkungshebel ermittelt wird.
- **Die drei Elemente:**
  - **Baseline** – die Ausgangsbasis der Emissionen, die durch bestehende Produktions- und Konsum-muster je Wirkungshebel im Jahr 2030 ausgestoßen werden und durch den Einsatz digitaler Technologien adressiert werden können.**
  - **Marktdurchdringung** – die Marktdurchdringung der jeweiligen Technologie je Einheit, z. B. je Wohngebäude, im Jahr 2020 und im Jahr 2030 für das moderate und beschleunigte Szenario.
  - **Reduktionspotenzial** – der Anteil an Emissionen je Einheit, der durch den Einsatz der spezifischen Technologie reduziert werden kann, z. B. Emissionseinsparung je Wohngebäude im Jahr.

Anmerkungen: * Grundlage ist die Methodik der Studie GeSI Smarter 2030, die Accenture 2015 anlässlich der UN-Klimakonferenz in Paris durchgeführt hat (GeSi 2015)
** Einheiten für die Berechnung: Die Baseline wird in Energie (KwH) berechnet und je nach Zusammensetzung des deutschen Energiemix in 2030 (gemäß Prognose des Umweltbundesamts) in Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO_2e) umgerechnet. Die Einheit CO_2e betrachtet, neben der Verringerung der CO_2e-Emissionen, die Reduzierung der Emissionen anderer Gase, die einen ähnlichen Treibhauseffekt haben ***Bei der Darstellung handelt es sich um eine logische Gleichung, keine mathematische Berechnung

bitkom

Vergleich zweier Digitalisierungsszenarien im Jahr 2030

Die Studie berechnet das CO_2e-Einsparpotenzial und den CO_2e-Fußabdruck digitaler Technologien in zwei Szenarien bei unterschiedlich schneller Digitalisierung

- **Die beiden Digitalisierungsszenarien im Jahr 2030:** In der Studie werden zwei Szenarien für die sieben Anwendungsbereiche sowie den Fußabdruck betrachtet, die sich in der Marktdurchdringung unterscheiden.
  - **Moderate Digitalisierung**: Im moderaten Szenario entwickelt sich die Marktdurchdringung digitaler Technologien in Deutschland in den 7 Anwendungsbereichen so wie bisher bzw. wie bis 2030 geplant.*
  - **Beschleunigte Digitalisierung:** Im beschleunigten Szenario orientiert sich die Marktdurchdringung digitaler Technologien an vergleichbaren Ländern, die beim Einsatz einer oder mehrerer Technologien führend sind.**
- **Ziel des Vergleiches** ist, besser zu verstehen, welches CO_2e-Einsparpotenzial in Deutschland realisiert werden kann, wenn jetzt in die digitale Transformation investiert wird.

Beispiel »Vernetzte Gebäude«

Marktdurchdringung 2020: Im Jahr 2020 nutzen etwa 25% der Industrie- und Gewerbegebäude in Deutschland intelligente Gebäudetechnologien wie Smart Meter.

Moderate Digitalisierung: Geht man davon aus, dass sich die Marktdurchdringung weiter so entwickelt wie in den letzten Jahren, werden im Jahr 2030 rund 66% der Industrie- und Gewerbegebäude intelligente Gebäudetechnologien einsetzen.

Beschleunigte Digitalisierung: Wenn Deutschland sich an vergleichbaren führenden Ländern orientiert, wie den USA, könnte eine Marktdurchdringung von 75% im Jahr 2030 erreicht werden.

Anmerkungen: *Realistische Steigerung der Marktdurchdringung 2020 basierend auf a) einem linearen Wachstums (CAGR) oder b) Sekundär-Recherche; **Beschleunigte Steigerung der Marktdurchdringung 2020 unter Annahme eines beschleunigten Wachstums bis 2030 basierend auf a) Sekundär-Recherche oder b) einem Benchmark mit Ländern mit vergleichbaren wirtschaftlichen und politischen Strukturen, die bei einer/mehreren Technologien führend sind.

bitkom

3
Einsparpotenzial digitaler Technologien

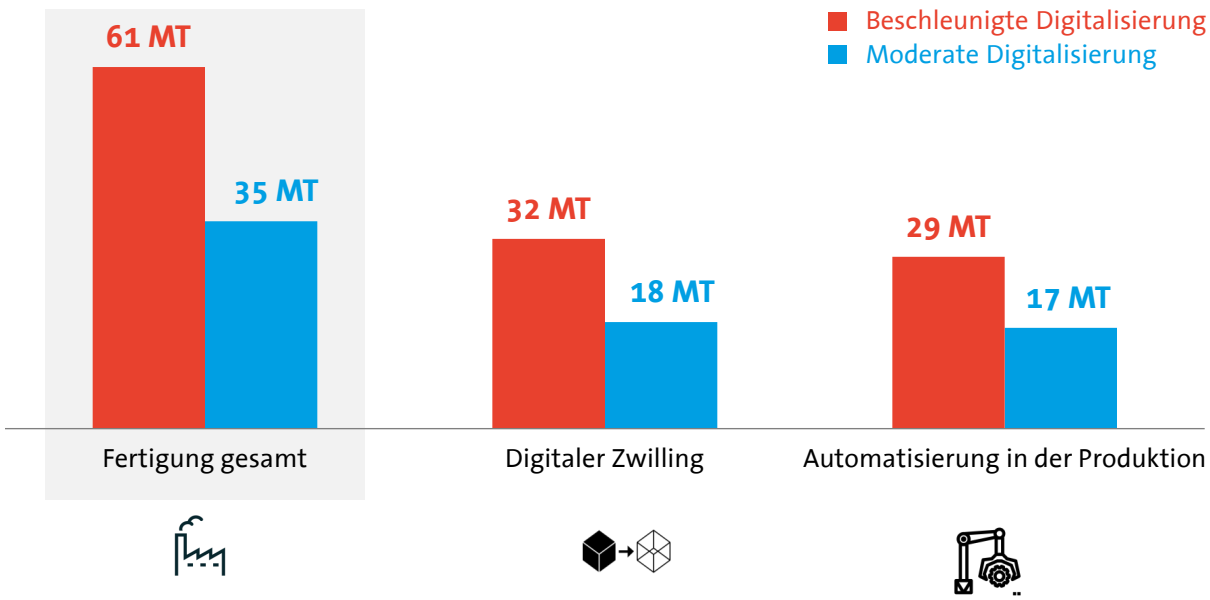
bitkom

Anwendungsbereich industrielle Fertigung

Durch den digitalen Zwilling und die Automatisierung der Produktion können 10-16% der erwarteten Emissionen für industrielle Fertigungsprozesse in 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 in der industriellen Fertigung

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen des Anwendungsbereichs basieren auf dem erwarteten Primärenergieverbrauch industrieller Fertigungsprozesse im Jahr 2030.

Digitaler Zwilling

5-8% der erwarteten Primärenergie-emissionen für Fertigungsprozesse im Jahr 2030 können durch Simulation & Optimierung von physikalischen Produkten/ Prozessen vermieden werden.

Automatisierung in der Produktion

5-8% der erwarteten Primärenergie-emissionen für Fertigungsprozesse im Jahr 2030 können durch die Reduzierung manueller Eingriffe und Optimierung von Prozessen mittels Steuerungssystemen, IT und anderen Technologien vermieden werden.

Quellen: UBA, ACEEE, Detecon, Statista, Accenture Experten.

bitkom

Anwendungsfall Digitaler Zwilling

Der digitale Zwilling verbessert die Produktionsqualität, senkt die Durchlaufzeiten und reduziert den Ressourceneinsatz bei physischen Produkten und Prozessen

Definition

Digitale Zwillinge simulieren physische Produkte und Prozesse im digitalen Raum über den gesamten Produktionszyklus hinweg (Design, Prototyping, Produktion), um physische Iterationen zu minimieren.

Wichtigste Technologien

- Industrielles Internet of Things
- Big Data & Cloud Computing
- Künstliche Intelligenz
- Augmented Reality
- Enterprise Systems

Qualitativer Nutzen[1]

Verbesserte Produktqualität	Niedrigere Produktionsdurchlaufzeiten
Höhere Anlagenverfügbarkeit*	Verbesserter Kundenservice**

Fallstudie: Digitaler Zwilling[2 3 4]

80%

Emissions- und Energie-reduktion in der Fertigung von Medika-menten

Ausgangslage: Ein führendes Pharmaunternehmen nutzt die Technologie des digitalen Zwillings zur Optimierung der dezentralen Fertigung von Medikamenten durch Echtzeitdatenerfassung- und Analysen***.

Technologie: Digitale Zwillinge werden in der Produktion verwendet, um:

a) Abweichungen über alle Fertigungsstufen mittels datenbasierter Analysen zu prognostizieren und zu vermeiden.
b) Simulationen durchzuführen, die die notwenige Modularität und Flexibilität in der Fertigung ermöglichen, um individualisierte Medikamente herzustellen.

Reduktionspotenzial: ca. 80% des Energieverbrauchs sowie der CO_2e-Emissionen können durch den systematischen Einsatz digitaler Zwillinge reduziert werden. Darüber hinaus kann der Wasserverbrauch um 91%, der Einsatz von Chemikalien um 94% und die Abfallmenge um 321 Tonnen pro Jahr reduziert werden.

Quellen: 1) Slcontrols 2020 2) Sanofi A 3) Sanofi B 3) Sanofi C
Anmerkungen: *Optimierte Produkte und Prozesse liefern eine bessere Leistung. **Verbesserter Kundenservice, da Kunden ihre maßgeschneiderten Produkte aus der Ferne anpassen können. *** Mittels eines digitalen Zwillings des gesamten Fertigungsprozesses, der auf Echtzeitdaten, die in der Produktion mittels Sensoren erhoben werden, basiert, können Anpassungen remote und ohne Prozessunterbrechungen vorgenommen werden.

bitkom

Anwendungsfall Automatisierung in der Produktion

Prozessautomatisierung optimiert die Produktionsflexibilität, die Ressourceneffizienz, die Arbeitssicherheit und die Qualität der Prozesse

Definition

In der Automatisierung von Prozessen werden digitale Technologien zur Bedienung und Steuerung von Produktionsprozessen genutzt, um manuelle Eingriffe über den gesamten Produktionszyklus hinweg zu minimieren.

Wichtigste Technologien

- Industrielles Internet of Things
- Big Data & Cloud Computing
- Künstliche Intelligenz
- Robotik
- Integrierte Systemtechnologie für Produktion
- IT Software

Qualitativer Nutzen[1]

Verbesserte Produktqualität	Höhere Produktionsflexibilität*
Höhere Ressourceneffizienz	Gesteigerte Arbeitssicherheit**

Fallstudie: Automatisierung in der Produktion[2]

89%
Automatisierung in der Karosseriefertigung

Ausgangslage: Im Rahmen einer Kooperation eines Automobilherstellers und eines Technologieunternehmens werden Großteile der Herstellung von Elektrofahrzeugen in der Produktion des Automobilherstellers automatisiert.

Technologie: Folgende Prozesse der Herstellung werden automatisiert:

a) Montageprozesse wie das Anbringen der Türdichtung, das Einsetzen eines Glasdaches und die Montage der Hinter- und Vorderachse.
b) Qualitätskontrollen für Aufgaben wie das Anordnen der Türen und die Sortierung der fertigen Teile am Fließband.

Reduktionspotenzial: ca. 89% der Karosseriefertigung und ca. 28% in der Endmontage des Automobilherstellers sind durch die Kooperation automatisiert worden. Auf diese Weise kann die Produktivität durch höhere Prozesseffizienz gesteigert und die Produktqualität signifikant verbessert werden.***

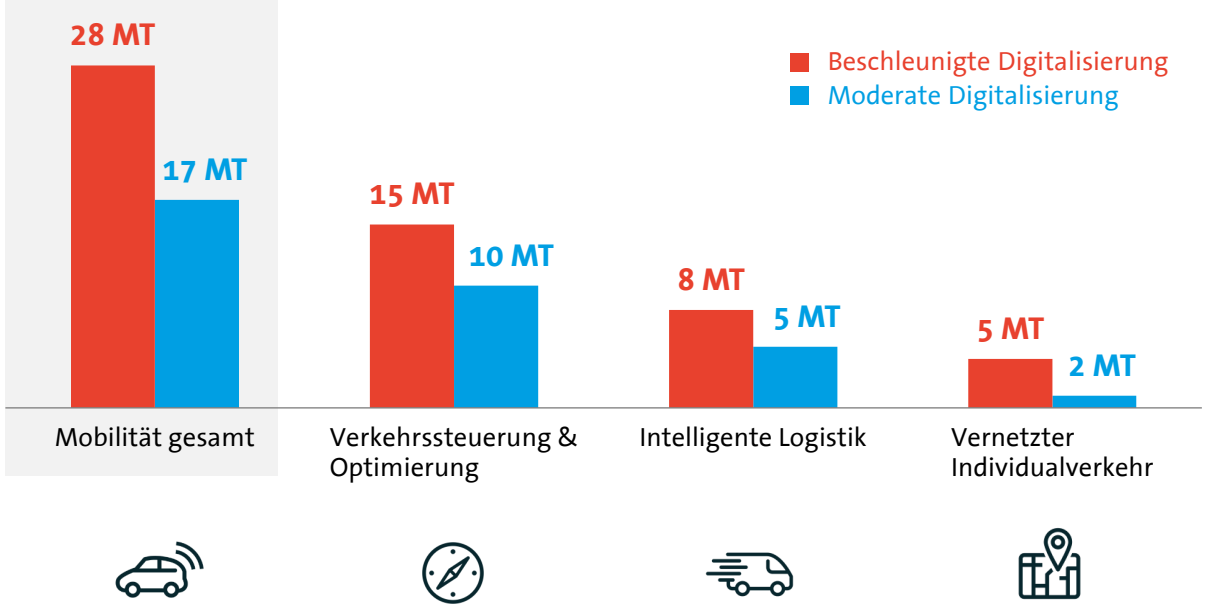
Quellen: 1) Connell-ind 2020 2) Volkswagen 2019
Anmerkungen: * Durch die dauerhafte Verfügbarkeit (24h -7 Tage) erhöht die Automatisierung die Flexibilität der Produktion. ** Herstellern wird es ermöglicht, die risikoreichen und potenziell lebensbedrohlichen Arbeitsvorgänge zu automatisieren. *** Genaue Angaben zu den Energieeinsparungen durch die Automatisierung der Produktion liegen dem Hersteller derzeit noch nicht vor.

Anwendungsbereich Mobilität

Durch intelligente Mobilität und Logistik können 8-13% der erwarteten Mobilitätsemissionen im Jahr 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 in der Mobilität

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen des Anwendungsbereichs basieren auf dem erwarteten Verbrauch von Kraftstoff für private und öffentliche Mobilität sowie für den Güterverkehr.

Verkehrssteuerung & Optimierung

9-14% der erwarteten Verkehrsemissionen durch Individualverkehr können durch Anwendungen für effizientes Fahren und ein digitales öffentliches Verkehrsnetz vermieden werden.

Intelligente Logistik

10-16% der erwarteten Verkehrsemissionen durch Gütertransporte können durch intelligente Logistiklösungen und additive Fertigung vermieden werden.

Vernetzter Individualverkehr

1-3% der erwarteten Verkehrsemissionen durch Individualverkehr können über Ride- und Car-Sharing-Apps vermieden werden.

Quellen: KBA, BMVI, Statista, EEA, Industrieberichte, GeSI 2030 sowie Experten von Accenture und Bitkom.

bitkom

Anwendungsfall Verkehrssteuerung & Optimierung

Digitale Technologien in der Verkehrssteuerung und Optimierung verlängern die Lebensdauer der Fahrzeuge, erhöhen die Verkehrssicherheit und reduzieren die Verkehrsbelastung

Definition

Verkehrssteuerung & Optimierung basiert auf zwei Hebeln:

- **Anwendungen für effizientes Fahren:** GPS Systeme/ IoT Sensoren erfassen verkehrsbezogene Einzeldaten, die in Echtzeit auf einer Plattform integriert werden, um das optimale Fahrverhalten sowie die effizientes Streckenführung im Verhältnis zum aktuellen Verkehrssystem zu modellieren.
- **Digitales öffentliches Verkehrsnetz:** Echtzeitinformationen zum öffentlichen Verkehrsnetz, digitale Fahrscheine, freies WLAN usw., steigern die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs.

Wichtigste Technologien

- Digitale Fahrunterstützung
- GPS/GEO-Standort-basierte Apps
- Intelligente Transportsysteme
- Echtzeit-Informationssammlung und Datenanalyse
- Verkehrsmanagement-Plattform
- Vernetzte intelligente Sensoren
- IT-Systeme & Anwendungen

Qualitativer Nutzen[1,2]

- Verlängerte Lebensdauer der Fahrzeuge
- Erhöhte Verkehrssicherheit
- Reduzierte Kosten
- Geringere Verkehrsbelastung

Fallstudie : Digitales öffentliches Verkehrsnetz[3]

44%
der Fahrten in Oslo finden mit öffent-lichen Verkehrs-mitteln statt

Ausgangslage: Zwei lokale Behörden der Stadt Oslo in Norwegen implementieren ein Digitalisierungskonzept für das öffentliche Verkehrssystem, um der wachsenden Belastung durch Individualverkehr in der Stadt entgegenzuwirken.

Technologie: Die wichtigsten digitalen Anwendungen im öffentlichen Verkehrssystem Oslos sind:

a) Eine digitale Beschilderung mit Echtzeit-Informationen über öffentliche Verkehrsmittel an Haltestellen/ Bahnhöfen.
b) Verfügbarkeit von digitalen Fahrscheinen über eine mobile App in den Fahrzeugen und an Kiosken und Servicepunkten.
c) Einsatz von IoT-Sensoren für eine vorausschauende Wartung durch die permanente Überwachung des Zustands der Fahrzeuge sowie zur Verbesserung des Fahrerlebnisses durch Erfassung von Informationen zu Geschwindigkeit, Licht, Lärm und Verschmutzung.

Reduktionspotenzial: ca. 44% der Fahrten in Oslo finden seit der Einführung des Konzeptes mit öffentlichen Verkehrsmitteln statt, was weit über dem nationalen Durchschnitt von 21% liegt.

Quellen: 1) Medium 2019, 2) National_express_transit 2017, 3) Urbantransport 2018

bitkom

Anwendungsfall Intelligente Logistik

Digitale Technologien in der Logistik verbessern Servicestandards durch individuelle Lösungen, erhöhen die Transparenz in der Lieferkette und reduzieren die Verkehrsbelastung

Definition

Intelligente Logistik basiert auf zwei Hebeln:

- **Routen- und Frachtoptimierung:** Logistiklösungen nutzen intelligente Technologien zur Planung, Steuerung und Verteilung von Warenströmen sowie zur optimalen Routenplanung im Verkehrssystem.
- **Additive Fertigung:** Die Additive Fertigung, auch 3D-Druck, ermöglicht eine bedarfsgerechte und lokale Fertigung von Produkten und verkürzt so globale Lieferketten.

Wichtigste Technologien

- Vernetzte intelligente Sensoren
- Big-Data-Analytik
- Digitale Lagerhäuser
- Flottenmanagement und optimierte Routen
- Verkehrsmanagement-Plattform
- 3D-Druck
- IT-Systeme & Anwendungen

Qualitativer Nutzen[1]

- Verbesserte Servicestandards
- Erhöhte Transparenz
- Schlanke Prozesse
- Geringere Verkehrsbelastung

Fallstudie: Routen- und Frachtoptimierung[2]

18%
der Logistik-kosten wurden durch die Nutzung einer Plattform reduziert

Ausgangslage: Der größte Online-Händler für Haushaltswaren in Nordamerika mit mehr als 60 Millionen aktiven Online-Nutzerinnen und -Nutzern nutzt eine Logistikplattform zur Optimierung seiner Abläufe.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale der Plattform des Online-Händlers sind:

a) Eine automatische Zuteilung von Sendungen und Fahrerinnen und Fahrern basierend auf Leerlaufkapazitäten, Standortnähe, den Fahrfähigkeiten und dem LKW-Typ, zur Reduzierung logistischer Hürden.
b) Optimierung der Gewichts- und Volumenkapazität jedes LKWs zur Vermeidung von Unterauslastung.
c) Planung und Optimierung von Lieferrouten auf Basis von Echtzeitdaten und Verkehrsanalysen, um kürzere Strecken, weniger Verkehr oder geringere Verzögerungen zu gewährleisten.

Reduktionspotenzial: ca. 18% der Logistikkosten können durch die Nutzung der Plattform eingespart werden, wodurch ein effizienteres und transparenteres Transportsystem entsteht.

Quellen: 1) Accenture Experten, 2) LogiNext 2019

Anwendungsfall Vernetzer Individualverkehr

Ride- und Carsharing-Apps führen zu einer verbesserten Verkehrsanbindung, reduzieren die Verkehrsbelastung und optimieren die Fahrzeugwartung

Definition

Der vernetzte Individualverkehr nutzt digitale Technologien, um Fahrzeuge von privaten, öffentlichen und kommerziellen Anbietern als flexibel einsetzbares Transportmittel zur Verfügung zu stellen. Hierbei werden zwei Hebel berücksichtigt:

- **Ride-Sharing:** Mehrere Personen mit dem gleichen Fahrtziel fahren zusammen.
- **Car-Sharing:** Ein Fahrzeug wird von verschiedenen Personen genutzt.

Wichtigste Technologien

- Industrielles Internet of Things
- Smartphone-basierte Carsharing- oder Ride-Sharing-Plattformen
- GPS/GEO-ortungsbasierte Dienste
- Big-Data-Analytik
- RFID- und NFC-Technologien
- IT-Systeme und Anwendungen

Qualitativer Nutzen[1]

Geringere Verkehrsbelastung*	Optimierte Fahrzeugwartung**
Verbesserte Verkehrsanbindung	Erhöhte Preistransparenz

Fallstudie: On-Demand-Ridepooling[2]

50% der gefahrenen Kilometer können reduziert werden

Ausgangslage: Eine Studie eines führenden deutschen Dienstleistungs- und Software Anbieters für Ridepooling Projekte zeigt, dass der Verkehr in Städten durch neue Mobilitätskonzepte drastisch reduziert werden kann.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale der untersuchten Ridepooling Plattform sind:

a) Fahrgäste werden bei ihrer Buchung einem freien Fahrzeug zugewiesen.
b) Der Algorithmus verteilt die Fahrgäste so auf die Fahrzeuge, dass Umwege bei jeder Fahrt auf ein Minimum reduziert werden.
c) Auf Basis von Geo-Informationen werden Fahrten durch statistische Modellierung und maschinelles Lernen visualisiert und prognostiziert.

Reduktionspotenzial: ca. 50% der gefahrenen Kilometer können durch Ridepooling in Ballungsräumen zu Hauptverkehrszeiten reduziert werden. Wenn die Fahrzeugflotten für die entsprechenden Mobilitätsangebote elektrisch betrieben werden, können hierbei bis zu 70% der CO_2e-Emissionen gespart werden.

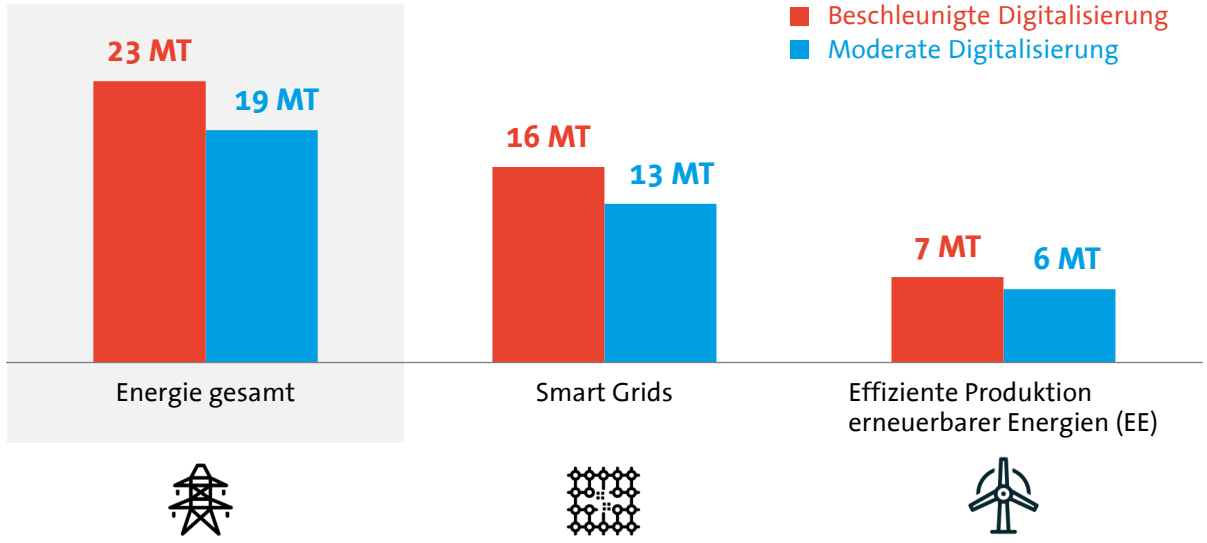
Quellen: 1) Cooney_Conway 2017 , 2) Door2Door Next Generation Ride Pooling
Anmerkung: * Geringere Verkehrsbelastung durch erhöhte Fahrzeugauslastung und somit reduzierter Individualverkehr. ** Optimierte Wartung der digital überwachten Fahrzeuge durch vorausschauende Wartung.

Anwendungsbereich Energie

Durch Smart Grids können 8-10% der erwarteten Elektrizitätsemissionen im Jahr 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 in der Energieproduktion

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen der zwei Anwendungsfälle unterscheiden sich wie folgt:

- Die Emissionen des Anwendungsfalls Smart Grids basieren auf der erwarteten Bruttostromerzeugung im Jahr 2030.*
- Die Emissionen des Anwendungsfalls »effiziente Produktion erneuerbarer Energien« basieren auf den durch den Anteil erneuerbare Energien vermiedenen Emissionen in 2030.**

Smart Grids

8-10% der erwarteten Bruttostromerzeugungsemissionen in 2030 können durch sensorgesteuerte Netze, intelligente Messinfrastruktur u. Verhaltensänderungen reduziert werden.

Effiziente Produktion erneuerbarer Energien

6-7MT CO_2e können durch Effizienzsteigerungen in der Produktion erneuerbarer Energien mithilfe digitaler Technologien in 2030 vermieden werden (Reduktion Ausfallzeiten, Steigerung Auslastung und Produktivität).

Quellen: UBA, Statista, BMU, Innosmart, BMWI, Destatis, AG Energiebilanzen sowie Experten von Accenture und Bitkom.
Anmerkungen: *Zur Projektion der Baseline 2030 wird eine lineare Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien entsprechend des 2030-Regierungsziels berücksichtigt. **Die Berechnungslogik des Anwendungsfall weicht von der Logik der anderen Hebel ab.

bitkom

Anwendungsfall Smart Grids

Smart Grids führen zu einer verbesserten Anlagenauslastung, reduzieren technische Verluste und erhöhen die Nutzungstransparenz

Definition

In Smart Grids fließen Daten und Elektrizität zwischen Nutzern und Erzeugern in beide Richtungen. Dabei überwachen, analysieren und reagieren Smart Grids in Echtzeit auf veränderte Muster auf Nutzer- und Erzeugerseite.

Wichtigste Technologien

- Industrielles Internet of Things
- Big-Data-Analytik
- Vertriebsmanagementsystem
- Demand-Response-Technologien (B2B, B2C)
- Smart Meter
- Energie-Management-Systeme
- IT-Systeme und Anwendungen

Qualitativer Nutzen[1,2]

Verbesserte Netzauslastung*	Erhöhte Netzverfügbarkeit**
Reduzierte technische Verluste	Erhöhte Nutzungstransparenz***

Fallstudie: Smart Grids[3]

20-30%

Reduktion der Netzverluste durch intelligente Netzsteuerung

Ausgangslage: Das Förderprojekt SINTEG (Schaufenster für intelligente Energie – Forschung für das Stromnetz der Zukunft) hat das Ziel intelligente Energienetze zu testen. Hierbei sind etwa 300 Projektpartner in fünf Modellregionen involviert, die Pilotprojekte durchführen. Unter anderem wird die intelligente Steuerung des Netzes erprobt.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale eines beispielhaften Pilotprojektes zum intelligenten Ortsnetz sind:

a) Installation von intelligenter Schalt- und Messtechnik sowie Algorithmen für die automatisierte Steuerung an 18 von 100 Ortsnetzstationen.
b) Einbau einer Kontrolleinheit in der Umspannanlage zur selbständigen Überwachung, Schaltung und Steuerung des Netzbereiches.

Reduktionspotenzial: ca. um 20-30% können Verluste im Netz durch eine stetige Überwachung und datenbasierte Prognose des Netzzustandes reduziert werden. Außerdem können 30-40% der Netzausfallzeiten vermindert werden und die Einspeisekapazität für dezentral erzeugten Strom aus erneuerbaren Energiequellen um rund 17% erhöht werden.

Quellen: 1) Broadbandnow 2018, 2) Circutor, 3) SINTEG, Designetz (Grid4EU)
Anmerkungen: *Eingesetzte Sensoren am Netz ermöglichen vorausschauende Wartung und eine verbesserte Auslastung. **Automatische Wiedereinschaltungen führen zu reduzierten Ausfällen. *** Die Datenerhebung der Produktions- und Konsummuster ermöglicht eine erhöhte Transparenz.

bitkom

Anwendungsfall effiziente Produktion erneuerbarer Energien

Digitale Technologien in der Produktion erneuerbarer Energien führen zu einem optimierten Anlagenmanagement und einer verbesserten Ersatzteilprognose

Definition

Digitale Technologien können den Zustand von Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energien in Echtzeit überwachen und analysieren, um Ausfällen durch vorausschauende Wartung vorzubeugen und die Auslastung der Anlagen zu erhöhen.

Wichtigste Technologien

- Industrielles Internet of Things
- Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz
- Big-Data-Analytik
- Cloud-basiertes Rechnen
- IT-Systeme und Anwendungen

Qualitative benefits[1]

Reduzierter Wartungsaufwand	Optimiertes Anlagenmanagement*
Verbesserte Ersatzteilprognose	Geringes Ausfallrisiko

Fallstudie: Effiziente Produktion erneuerbarer Energien[2]

5-6%
Steigerung der Produktivität durch daten-gesteuertes Anlagen-management

Ausgangslage: Ein deutscher Elektronikhersteller überwacht 10.000 ferngesteuerte Windturbinen, um die Ersatzteilprognose durch frühzeitige Ausfallvorhersage zu erhöhen.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale des Projektes sind:

a) Jede Turbine hat 300 Sensoren, die Daten an ein Ferndiagnosezentrum übertragen.
b) Verwendung digitaler Zwillinge der Turbinen, die auf Basis historischer- und Echtzeitdaten programmiert wurden.
c) Durch 34.000 Big-Data Analysen pro Jahr können Ausfallzeiten vorhergesehen werden und den Lebenszyklus der Windturbine erheblich verlängern.

Reduktionspotenzial: ca. 99% der Schäden am Antriebsstrang können durch sensorbasierte Überwachung vorhergesagt werden. 85% der eingehenden Meldungen können auf Grundlage der bei der Fehleranalyse erhobenen Daten per Fernwartung behoben werden. Insgesamt führt das datengesteuerte Anlagenmanagement zu einer Produktivitätssteigerung von 5-6%.

Quellen: 1) Infopulse 2019, 2) Siemens 2019a, Siemens 2019b
Anmerkung: *Die kontinuierliche Überwachung der Produktion erneuerbarer Energien ermöglicht eine höhere Transparenz zur Leistung der Anlagen im Verhältnis zu den Umweltbedingungen, sodass ein besseres Produktionsmanagement möglich wird.

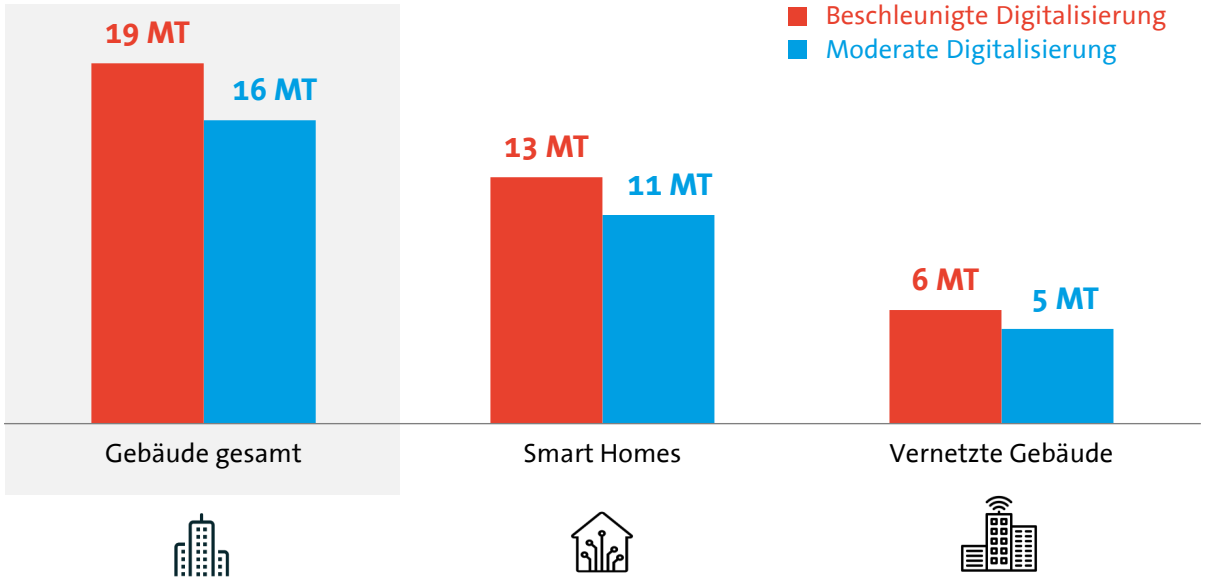
bitkom

Anwendungsbereich Gebäude

Durch Smart Homes und Vernetzte Gebäude können 8-10% der erwarteten Energieemissionen für Gebäude im Jahr 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 bei Gebäuden

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen des Anwendungsbereichs basieren auf dem erwarteten Primärenergieverbrauch von Gebäuden (kommerzielle, öffentliche und Wohngebäude).

Smart Homes

8-9% der erwarteten Primärenergie-emissionen, die im Jahr 2030 durch Wohnhäuser verursacht werden, können durch intelligente Energie-managementtechnologien (z. B. Smart Meter) vermieden werden.

Vernetzte Gebäude

9-12% der erwarteten Primärenergie-emissionen, die durch kommerziell und öffentlich genutzte Gebäude in 2030 verursacht werden, können durch intelligente Energiemanagement-technologien (z. B. intelligente Belüftungs- und Klimaanlagen) vermieden werden.

Quellen: UBA, BMU, UN reports, Recherche von Agenturen wie ACEEE, IEEE, Statista sowie Experten von Accenture und Bitkom.

bitkom

Anwendungsfall Smart Homes

Smart Home Technologien erhöhen die Transparenz des Energieverbrauchs und führen zu höherer Sicherheit und mehr Wohnkomfort

Definition

In Smart Homes werden digitale Technologien für eine Überwachung, Analyse und ein automatisches Management von Geräten und Systemen eingesetzt wie Beleuchtung, Heizung und Klimaanlagen.

Wichtigste Technologien

- Überwachungs-, Erkennungs- und Diagnosetechnologien, z. B. Data Analytics und Cloud Computing, IoT
- Alarmmanagement und Automatisierung
- Energiemanagement, z. B. Smart Meter und Energiesteuerungs-Apps
- Informations- und Kommunikationsplattformen

Qualitativer Nutzen[1]

Erhöhte Transparenz des Energieverbrauchs	Gesteigerte Wohnsicherheit*
Proaktive Wartung	Erhöhter Wohnkomfort

Fallstudie: Smart Homes[2]

10%

des Energieverbrauchs je Haushalt wurden durch Intelligente Thermostate reduziert

Ausgangslage: Die Marktdurchdringung von intelligenten Thermostaten in den USA ist von ca. 7,8 Mio. Haushalten im Jahr 2016 auf ca. 33 Mio. Haushalte im Jahr 2019 deutlich gestiegen. Ein wichtiger Faktor dafür war die Kostenreduzierung von 400$ auf 150-250$.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale der eingesetzten intelligenten Thermostate sind:

a) Automatische Regulierung des HVC-Betriebs basierend auf der Raumauslastung, den Konsum- und Verhaltensmustern im Haushalt sowie den Wetterbedingungen.
b) Verwendung von Programmieralgorithmen zum Heizen/Kühlen der Räume sowie zur Optimierung des Energieverbrauchs.
c) Intelligente Kommunikation mit dem Stromnetz sowie die Automatisierung von Demand-Response-Aktivitäten durch Versorgungsdienstleister.

Reduktionspotenzial: ca. 10% des Energieverbrauchs je Haushalt können durchschnittlich durch die eingesetzten intelligenten Thermostate reduziert werden.

Quellen: 1) Bluespeed 2016, 2) ACEEE 2018
Anmerkung: * Ermöglicht die einfache Integration von Haussicherheitssystemen wie Bewegungsmeldern, Überwachungskameras, automatischen Türschlössern und erhöht so die Sicherheit.

bitkom

Anwendungsfall Vernetzte Gebäude

Vernetzte Gebäude führen zu höherem Komfort der Arbeitsumgebung, niedrigeren Energiekosten und einer verbesserten Gebäudewartung

Definition

Vernetzte Gebäude nutzen digitale Technologien zur Überwachung, Analyse, Steuerung und/oder Automatisierung von Gebäudesystemen wie Heizung, Lüftung, Klimaanlagen, Beleuchtung.

Wichtigste Technologien

- Überwachungs-, Erkennungs- und Diagnosetechnologien, z. B. Data Analytics und Cloud Computing, Internet der Dinge
- Alarmmanagement und Automatisierung
- Energiemanagementtechnologien, z. B. Smart Metering und Steuerungs-Apps
- Informations- und Kommunikationsplattformen

Qualitativer Nutzen[1]

Gesteigerter Komfort der Arbeitsumgebung	Niedrigere Energiekosten
Verbesserte Gebäudeeffizienz*	Erleichterte Wartung

Fallstudie: Vernetze Gebäude[2]

27%

des Energieverbrauchs wurden durch energetische Sanierung und intelligentes Gebäudemanagement reduziert

Ausgangslage: Ein deutscher Konzern, das dänische Amt für Bau und Eigentum sowie eine dänische Universität arbeiteten 2017 an einem Projekt zur energetischen Sanierung. Im Rahmen des Projekts wurden 9,4 Mio. Euro in die Umrüstung von Gebäuden in Roskilde, Dänemark investiert.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale der digitalen Technologien in der Sanierung sind:

a) Einsatz einer energiesparenden Software und eines intelligenten Gebäudemanagementsystems.
b) Nutzung energieeffizienter Systeme wie LED-Leuchten, Lüftungsanlage, wassersparende Armaturen, smarte Fernwärmeleitungen sowie ein dezentrales Fernwärmesystem.
c) Installation einer Photovoltaikanlage auf 6500 m² Flachdach.

Reduktionspotenzial: ca. 27% des Energieverbrauchs der Gebäude (also 0,5 Mio. Euro pro Jahr), konnten laut vorläufiger Analyse reduziert werden.

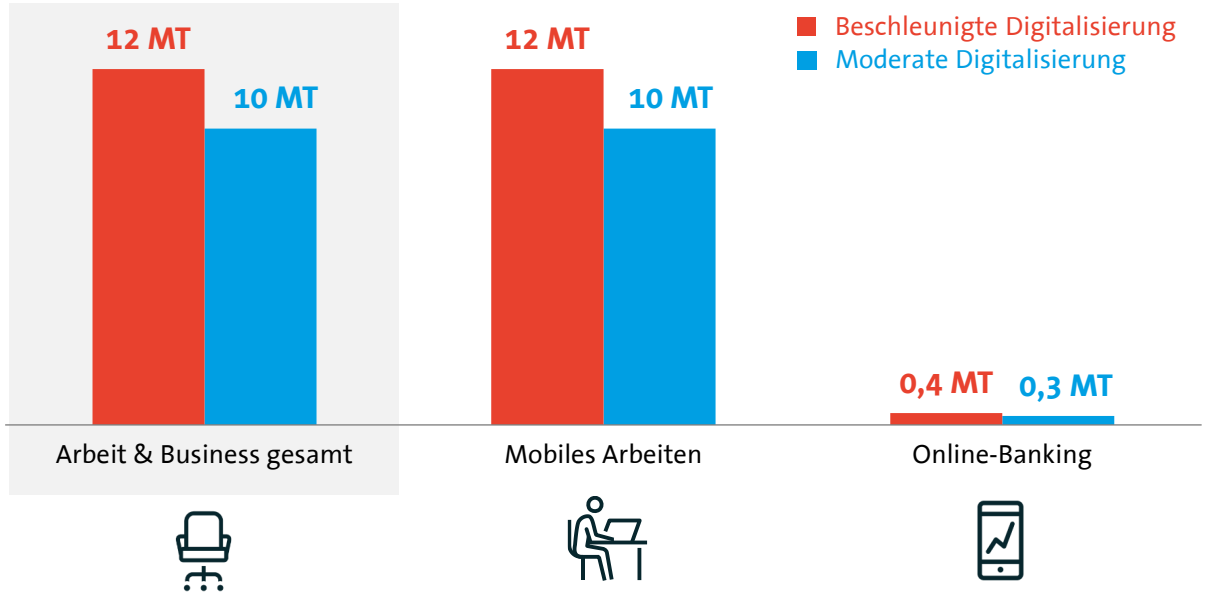
Quellen: 1) TrueOccupancy 2019 , 2) State of Green 2017
Anmerkung: * Sensoren liefern Daten darüber, wie das Gebäude genutzt wird, und ermöglichen den Benutzern die Heizungs- und Beleuchtungsanforderungen anzupassen.

Anwendungsfall Arbeit & Business

Durch mobiles Arbeiten und Online-Banking können 15-17% der Kraftstoff- und Energieemissionen im Jahr 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 bei Arbeit & Business

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen der zwei Anwendungsfälle unterscheiden sich wie folgt:

- Emissionen, die durch Kraftstoffverbrauch bei Arbeitswegen/ Geschäftsreisen* sowie durch den Primärenergieverbrauch von Gebäuden/ Fabriken entstehen
- Emissionen, die durch Kraftstoffverbrauch bei Fahrten zur Bank entstehen

Mobiles Arbeiten

15-17% der Verkehrs- und Primärenergieemissionen im Kontext Arbeit & Business können durch kollaborative Digitallösungen & Cloud-Sharing-Plattformen reduziert werden.

Online-Banking

6-9% der Verkehrsemissionen durch Fahrzeugnutzung im Kontext Banking können durch digitale Bank- und Investmentanwendungen reduziert werden.

Quellen: UBA, BMVI, EPA, Industrie- und Nachrichtenberichte, Statista sowie Experten von Accenture und Bitkom.
Anmerkung: *Es werden Arbeitswege mit dem Auto und Geschäftsreisen mit dem Auto und Flugzeug berücksichtigt.

bitkom

Anwendungsfall Mobiles Arbeiten

Digitale Technologien führen beim mobilen Arbeiten zu flexiblerer Zeitplanung, geringeren operativen Kosten und einer geringeren Verkehrsbelastung

Definition

Mobiles Arbeiten ermöglicht die Arbeit und Zusammenarbeit unabhängig vom Standort, z. B. durch Zugang zu Daten und Plattformen und digitalen Kollaborationsmöglichkeiten.

Wichtigste Technologien

- Cloudbasierte Plattformen (»Platform as a Service«)
- Verbindung und Austausch durch intelligente Geräte
- Telekommunikationsplattformen für Zusammenarbeit
- Videokonferenzen
- Virtuelle Meetings
- Sprachkommunikation über das Internet Protokoll »VoIP«

Qualitativer Nutzen[1]

Flexiblere Zeitplanung	Höhere Mitarbeiterzufriedenheit
Geringere Kosten	Weniger Verkehrsstaus

Fallstudie: Mobiles Arbeiten[2]

20 mio.

Liter Benzin wurden durch die Reduzierung von Fahrten zur Arbeit eingespart

Ausgangslage: Ein Unternehmen aus den USA führte 2012 ein virtuelles Office Programm ein. Zwei Jahre später konnten mehr als 8.000 Mitarbeiter (11% der inländischen Belegschaft) auf Basis des Programms zu 100% mobil arbeiten.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale des virtuellen Office Programms sind:

a) Unterstützung durch ein amerikanisches Technologieunternehmen zur Verbesserung der digitalen Infrastruktur.
b) Zugang für verschiedene Berufsgruppen und geografische Standorte in den USA.
c) Kompatibilität mit den wichtigsten Aufgabenbereichen des Unternehmens wie Kundenbetreuung, technischer Support, Dateneingabe, Qualitätskontrolle und Systementwicklung.

Reduktionspotenzial: ca. 20 Mio. Liter Benzin, bzw. 41.000 Tonnen CO_2e konnten durch die Vermeidung von ca. 92 Millionen Meilen Fahrtwegen aufgrund der mobilen Arbeit eingespart werden. Das virtuelle Büroprogramm erhöhte zudem laut Umfragen die Zufriedenheit am Arbeitsplatz.

Quellen: 1) Workflexibility 2018, 2) ICMR 2019

bitkom

Anwendungsfall Online-Banking

Online-Banking bietet den Nutzerinnen und Nutzern einen erhöhten Bedienkomfort, mehr Flexibilität und eine gesteigerte Transparenz

Definition

Beim Online-Banking können die Nutzerinnen und Nutzer persönliche oder geschäftliche Transaktionen wie Geldtransfers oder Buchhaltung aus der Ferne erledigen.

Wichtigste Technologien

- Online Banking Apps
- Digitale Banking Apps
- Digitale Assistenz und Beratung
- Apps für Vermögensverwaltung und Optimierung
- Investment Plattformen und Finanzmarktübersichten

Qualitativer Nutzen[1,2]

Erhöhter Bedienkomfort	Reduzierter infrastruktureller Aufwand
Erhöhte Zugriffsmöglichkeit	Verbesserte Transparenz

Fallstudie: Online-Banking[3,4]

99%
Steigerung der digitalen Transaktionen in 3 Jahren

Ausgangslage: Bei einer in Großbritannien ansässigen Bank verlagern die Kunden die Nutzung ihrer Bankaktivitäten zunehmend auf digitalen Kanäle. Aufgrund der erhöhten Nachfrage hat die Bank die Digitalisierung ihrer Prozesse vorangetrieben.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale des Projektes sind:

a) Investitionen in Höhe von 20 Mrd. Euro für die digitale Transformation bis 2022 bei einer gleichzeitigen Verringerung um 140 Filialen in Großbritannien.
b) Bereitstellung von maßgeschneiderten Angeboten für Kunden mithilfe von KI und maschinellem Lernen.
c) Kundenservice über Social Media Kanäle wie Facebook.

Reduktionspotenzial: ca. 99% Steigerung der digitalen Transaktionen innerhalb von 3 Jahren sowie die Bearbeitung von über 3.000 eingehenden Social-Media-Anfragen pro Woche.

Quellen: 1) Sourceessay 2017, 2) Teach-ict 2020, 3) Fstech 2019, 4) Fintech_magazine 2020

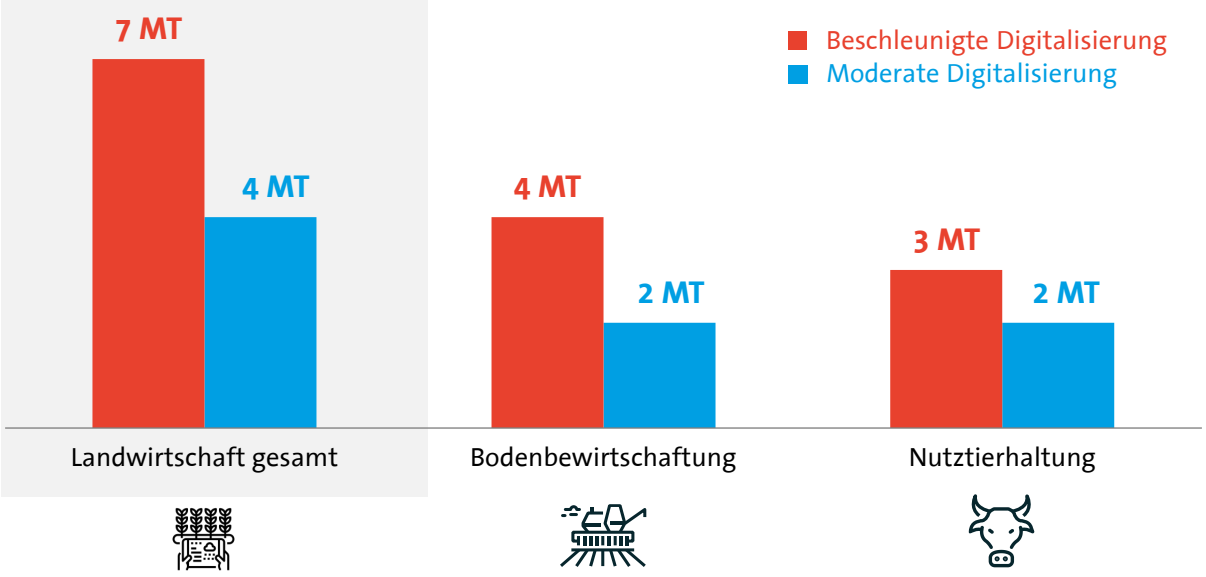
bitkom

Anwendungsbereich Landwirtschaft

Digitale Technologien in der Nutztierhaltung und Bodenbewirtschaftung können 7-12% der erwarteten Landwirtschaftsemissionen im Jahr 2030 vermeiden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 in der Landwirtschaft

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Die Emissionen der beiden Anwendungsfälle unterscheiden sich wie folgt:

- Die Emissionen des Anwendungsfalls Bodenbewirtschaftung basieren auf der erwarteten Düngung und Kalkung von Böden im Jahr 2030.
- Die Emissionen des Anwendungsfalls Nutztierhaltung basieren auf der erwarteten enterischen Fermentation* sowie der Nutzung von Wirtschaftsdünger** im Jahr 2030.

Bodenbewirtschaftung

9-16% der erwarteten Bodenbewirtschaftungsemissionen*** im Jahr 2030 können durch den Einsatz von intelligenten Bodenmanagementsystemen reduziert werden.

Nutztierhaltung

5-9% der erwarteten Nutztierhaltungsemissionen in 2030 können durch den Einsatz von Präzisionsfütterung und Tierüberwachungssystemen reduziert werden.

Quellen: Thuenen, Eurostat, NZARC, NCBI, MDPI, Springer sowie Experten von Accenture und Bitkom.
Anmerkungen: * Verdauungsprozesses von Wiederkäuern, der maßgeblich für die Verursachung des klimawirksamen Spurengases Methan (CH4) verantwortlich ist
Lagerung von Wirtschaftsdüngern (Festmist, Gülle); * Emissionen die durch die Düngung und Kalkung von Böden im Jahr 2030 entstehen

Anwendungsfall Bodenbewirtschaftung

Düngemittel-Applikatoren erhöhen die Transparenz in der Bodenbewirtschaftung, steigern die Ressourceneffizienz und reduzieren die Umweltverschmutzung

Definition

Düngemittel-Applikatoren mit variabler Dosiermenge erfassen und analysieren die Bodenbeschaffenheit und ermöglichen so eine optimierte Düngung und Kalkung.

Wichtigste Technologien

- Online Plattformen und Digitale Anwendungen (Apps)
- Systeme für Präzisionslandwirtschaft
  - Internet of Things, Sensoren und Satelliten
  - Fortgeschrittene Datenanalyse (Advanced Analytics)
  - Drohnen
  - Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen
  - Hyperspektrale Bildgebung

Qualitativer Nutzen[1]

Höhere Transparenz der Bewirtschaftung	Reduzierte Umweltbelastung*
Höhere Ressourceneffizienz	Gesteigerte Erträge

Fallstudie: Bodenbewirtschaftung[2]

$30/ha

Kosten-einsparungen durch den Einsatz von Düngemittel-Applikatoren

Ausgangslage: Ein Konsortium aus staatlichen und privaten Einrichtungen in Australien arbeitet mit 28 Landwirten zusammen, um die Einführung von Düngemittel-Applikatoren zu ermöglichen.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale des Projektes sind:

- Die Böden werden auf Zusammensetzung, Fruchtbarkeit und Feuchtigkeit analysiert, um das Ertragspotenzial zu ermitteln.
- Die Landwirte werden bei der Informationsnutzung unterstützt und geschult, um die optimale Aussaat- und Düngerrate zu definieren.
- Die Flächen werden in Teststreifen eingeteilt, um das Pflanzenwachstum nach der Behandlung zu überwachen.
- Zur Bewertung des Einsatzes der Düngemittel-Applikatoren werden Ertragskarten entwickelt und der wirtschaftliche Nutzen bestimmt.

Reduktionspotenzial: ca. $10-$30 konnten durchschnittlich pro Hektar Boden durch den Einsatz von Düngemittel-Applikatoren im Vergleich zu einer Pauschaldüngung eingespart werden. Abhängig vom Anbausystem, der Risikobereitschaft sowie den Ausrüstungs-möglichkeiten konnten Einsparungen bis $100/ha erzielt werden.

Quellen: 1) Medium 2018 , 2) Environment 2015

Anmerkung: *Geringere Nitratbelastung des Bodens sowie des Grundwassers durch reduzierte Düngemengen

bitkom

Anwendungsfall Nutztierhaltung

Digitale Tierhaltungssysteme verbessern die Überwachung der Viehbestände, fördern die Tiergesundheit und helfen Produktqualität und Erträge zu steigern

Definition

Tierhaltungssysteme überwachen den Zustand der Nutztiere* und erhöhen so die Transparenz über den Gesundheitszustand, das Wohlbefinden und die Fütterungsmuster, sodass Verdauungsprozesse optimiert werden können.

Wichtigste Technologien

- Online Plattformen und Digitale Anwendungen (Apps)
- Systeme für Präzision in der Nutztierhaltung
  - M2M / IoT, Sensoren und Satelliten
  - Fortgeschrittene Datenanalyse (Advanced Analytics)
  - Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen
  - Computer Vision (Bilderkennung)
  - Automatisierungs- und Kontrollsystem

Qualitativer Nutzen[1,2]

Optimierte Versorgung und Gesundheit	Verbesserte Überwachung des Viehbestandes
Höhere Produktqualität	Höhere Erträge

Fallstudie: Nutztierhaltung[3]

53%
des Methans wurden durch Monitoring reduziert

Ausgangslage: Ein britisches Startup entwickelte ein Gerät zur Reduzierung von Methan in der Viehwirtschaft. Das Gerät lässt sich wie ein Halfter bei Rindern anlegen.

Technologie: Die wichtigsten Merkmale des Gerätes zur Methanreduktion sind:

- Nutzung eines GPS-Trackers zur Markierung der Rinderposition.
- Überwachung der Körpertemperatur zur Frühdiagnose von Krankheiten und Verhaltensänderungen.
- Messung der ausgestoßenen Methanemissionen.
- Aufnahme von Methanemissionen über eine Reihe von Lüftern, die von solarbetriebenen Batterien angetrieben werden.

Reduktionspotenzial: ca. 53% der pro Tier ausgestoßenen Methanemissionen konnten durch das Gerät reduziert werden.

Quellen: 1) Economic times 2020, 2) Navfarm, Accenture Experten, 3) Zelp 2020
Anmerkung: * Der Viehbestand umfasst für die Zwecke dieser Analyse Schweine, Rinder, Schafe und Ziegen.

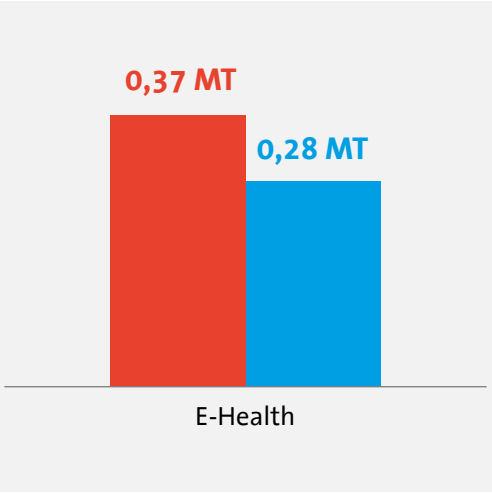
bitkom

Anwendungsbereich Gesundheit

Durch E-Health können 6-8% der erwarteten Verkehrs- und Energieemissionen im Gesundheitsbereich im Jahr 2030 vermieden werden

CO_2e-Einsparpotenzial im Jahr 2030 bei Gesundheit

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2e)



Zusatzanalyse »Digitale Gesundheitsakte«

Zusätzlich zu den berechneten 0,28 - 0,37 MT Einsparpotenzial könnten **ca. 6.000 Tonnen CO_2e** durch die Einführung einer digitalen Gesundheitsakte für alle Patienten in Deutschland eingespart werden.*

Die Emissionen des Anwendungsbereichs basieren auf dem Kraftstoffverbrauch im Kontext Gesundheit sowie dem Primärenergieverbrauch von Gesundheitseinrichtungen im Jahr 2030.

E-Health

6-8% der erwarteten Verkehrs- und Primärenergieemissionen im Kontext Gesundheit im Jahr 2030 können durch digitale Gesundheitsberatungen und den Einsatz von privat genutzten digitalen Diagnoseanwendungen reduziert werden.

Quellen: Thünen, Bundesärztekammer, UBA, KBA, BMVI, Destatis, GeSI 2030, Accenture Experten.
Anmerkungen: *Die potenzielle Reduktion durch digitale Gesundheitsakten wurde aufgrund der geringen Größe nicht als Anwendungsfall berücksichtigt

bitkom

Anwendungsfall E-Health

E-Health verbessert den Zugang und die Qualität von Gesundheitsdiensten bei gleichzeitiger Reduzierung des Bedarfs an persönlichen Arztbesuchen

Definition

E-Health nutzt digitale Technologien, um Gesundheitsinformationen der Patienten zu erfassen und zu verwalten, um somit aus der Ferne Gesundheitsdienste anbieten zu können.

Wichtigste Technologien

- Videokonferenzen
- Apps zur Gesundheitsüberwachung in Smartwatches oder Smartphones
- Datenspeicherung in elektronischer Form
- Informations-, Terminplanungs- und Tracking-Apps
- Virtual und Augmented Reality
- Big-Data-Analytik und künstliche Intelligenz
- IT-Systeme und Software

Qualitativer Nutzen[1,2]

Bessere Serviceverfügbarkeit	Verbesserte Qualität
Höhere Flexibilität	Größere Chancengleichheit

Fallstudie: E-Health[3,4]

9.034
Persönliche Besuche wurden durch Telemedizin Software vermieden

Ausgangslage: In der zentral-katalanischen Region Spaniens nutzen die Bezirke Bages, Moianès und Berguedà Telemedizin Software, wie Tele-Dermatologie oder Tele-Audiometrie und bewerteten deren Auswirkungen auf das Gesundheitssystem.

Technologie: Die verwendete Telemedizin Software funktioniert wie folgt:

a) Der betreuende Hausarzt fotografiert die Verletzung/ die erkrankte Person und dokumentiert dies mit einer Notiz in der digitalen Gesundheitsakte.
b) Krankenhausspezialisten überprüfen die Bilder durch Zugriff auf die digitale Gesundheitsakte.
c) Der betreuende Hausarzt überprüft die Anweisungen und berät die zu behandelnde Person per Telefon.

Reduktionspotenzial: 9.034 persönliche Arztbesuche konnten innerhalb eines Jahres durch den Einsatz der Software vermieden werden. Dadurch wurden ca. 200 km Fahrtstrecke, ca. 4000 Stunden Fahrzeit und etwa 12.000 Liter Kraftstoff eingespart.

Quellen: 1) Ortholive 2018, 2) Accenture Experten, 3) NCBI 2019, 4) Healthcare Europe 2018

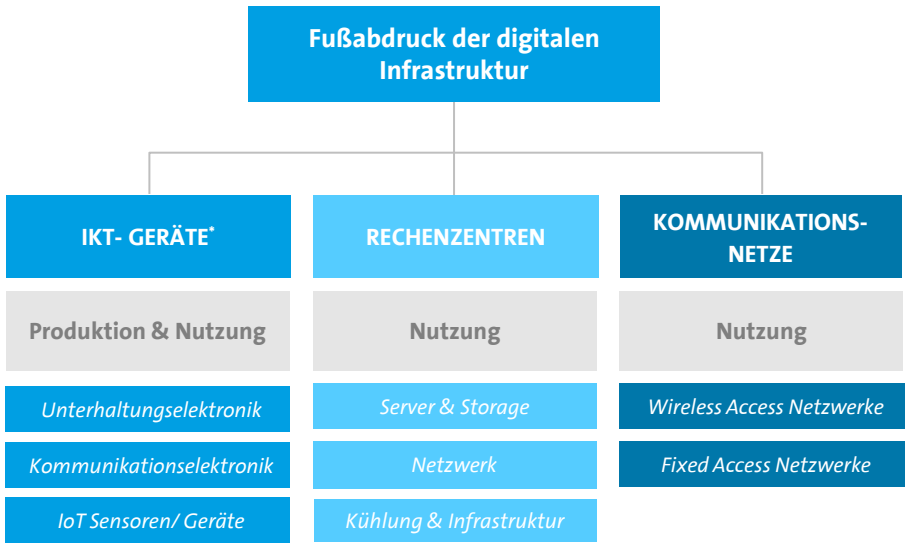
bitkom

4
Fußabdruck der digitalen Infrastruktur

bitkom

Methodik zur Berechnung des Fußabdrucks

Der Fußabdruck der digitalen Infrastruktur basiert auf IKT-Geräten, Rechenzentren und Kommunikationsnetzen



- **Berechnungslogik für den Fußabdruck:** Die Berechnung des CO_2e-Fußabdrucks basiert auf der Bewertung des Energieverbrauchs durch die Produktion und Nutzung von IKT-Geräten sowie der Nutzung von Rechenzentren und Kommunikationsnetzen*.
- **Berechnung der zwei Szenarien:** Um den CO2e-Fußabdruck für beide Digitalisierungsszenarien zu vergleichen, wird die durchschnittliche Wachstumsrate des beschleunigten Szenarios für die 7 Anwendungsbereiche auf die Entwicklung des Energieverbrauchs der digitalen Infrastruktur angewendet
- **Die drei Bereiche der digitalen Infrastruktur**
  - **IKT-Geräte:** Berechnung auf Basis der jährlich verkauften Einheiten von IKT-Geräten aus der Kommunikations- und Unterhaltungselektronik von 2020 bis 2030, der durchschnittlichen Lebensdauer, dem durchschnittlichen Energiebedarf für Produktion und Nutzung sowie der jährlichen Effizienzsteigerung. Zusätzlich ist der Energieverbrauch für die Nutzung von IoT Sensoren berücksichtigt.
  - **Rechenzentren:** Berechnung mittels des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs auf Basis des deutschen Datenverkehrs für die Nutzung von Rechenzentren-, Server- und Storagesystemen, der Netzwerktechnik sowie der unterbrechungsfreien Stromversorgung, Kühlung und Klimatisierung.
  - **Kommunikationsnetze:** Berechnung mittels des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs auf Basis des deutschen Datenverkehrs für die Nutzung von Telekommunikation einschließlich PSTN-Telefonanlagen, digitaler Mobilfunk- und Kabelzugänge sowie von Aggregations- und Kernnetzen.

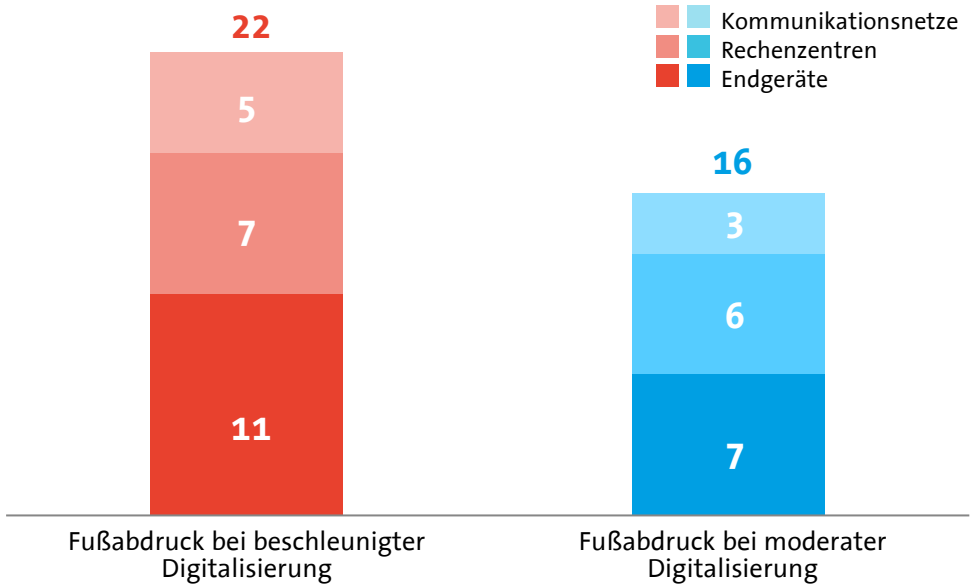
Quellen: Universität Zürich 2017, Greenpeace 2017, BMWi 2015, Anders & Edler 2015
Anmerkung: *Lebenszyklusphasen, die weniger als 10% der Gesamtemissionen des jeweiligen Bereichs betragen, werden aufgrund der geringen Gesamtauswirkung vernachlässigt (e.g., Universität Zürich; Telia Report; BMWi)

Berechnung des Fußabdrucks der digitalen Infrastruktur

16-22 MT CO_2e werden durch die digitale Infrastruktur im Jahr 2030 verursacht

CO_2e-Fußabdruck der digitalen Infrastruktur

(Alle Zahlen in Megatonnen CO_2 e)



- **Die Produktion und Nutzung von Geräten** sowie IoT Sensoren ist mit 7-11 MT CO_2e, (entspricht 22,7-35,3 TWh*), fast für die Hälfte des gesamten CO_2e-Fußabdrucks der digitalen Infrastruktur in 2030 verantwortlich. Mehr als ein Drittel dieses Energieverbrauchs wird durch Bildschirme und WLAN-Router verursacht.
- **Die Nutzung von Rechenzentren** ist mit 6-7 MT CO_2e, (entspricht 18,9-22,4 TWh) für etwa ein Drittel des CO_2e-Fußabdrucks in 2030 verantwortlich. Server tragen mit einem Elektrizitätsverbrauch von 8,9-11,3 TWh etwa die Hälfte zu diesen Emissionen bei, während Storagesysteme für ca. ein Fünftel verantwortlich sind.
- **Die Nutzung von Kommunikationsnetzen** verursacht mit 3-5 MT CO_2e, (entspricht 11,7-17,1 TWh) im Jahr 2030 den kleinsten Anteil an den CO_2e-Emissionen. Die größten Hebel sind die steigende 5G-Dominanz**, der Austausch von ADSL mit VDSL sowie der Anstieg der Nutzung der Infrastruktur.

Quellen: Fraunhofer 2017; A.S.G. Andrae & T. Edler 2015; HEMIX 2020; US Environmental Protection Agency 2016; BMWi 2015;
Anmerkungen: *Der Energieverbrauch von IKT-Geräten fällt zu großen Teilen in der Produktion an. Zur Umrechnung des Produktionsenergieverbrauchs wurde ein Emissionsfaktor für 2030 auf Basis des Produktionsenergiemixes gebildet. **5G-Netze haben einen deutlich geringen Energieverbrauch pro Einheit, werden jedoch stark ausgebaut, daher ist ein signifikanter Energieverbrauch zu erwarten.

bitkom

5
Rebound-Effekte

bitkom

Entstehung von Rebound-Effekten

Rebound-Effekte treten auf, wenn durch Effizienzsteigerungen eine größere Nachfrage entsteht, wodurch geplante Einsparungen nicht in voller Höhe erzielten werden

- **Definition:** *»Von Rebound-Effekten bei Effizienzsteigerungen spricht man, wenn die Effizienzsteigerung eine vermehrte Nachfrage bzw. Nutzung bewirkt und dadurch die möglichen Einsparungen beim Einsatz von Ressourcen nicht voll ausgeschöpft werden.«*[1]
- **Literaturüberblick:** Da Rebound-Effekte länder-, sektor- und technologie-spezifisch sind, gestaltet sich eine genaue Berechnung sehr schwierig. Dies zeigt sich auch in der großen Heterogenität von Studien, die eine Bandbreite von 4 - 37% für die durch Rebound-Effekte verursachte Reduzierung der Effizienzpotentiale aufweisen.[2 3 4]

DIREKTE REBOUND-EFFEKTE

Geringere Nutzungskosten erhöhen den Verbrauch desselben Gutes oder derselben Dienstleistung

Beispiel: Beim Erwerb eines Autos mit einem effizienteren Motor, entscheidet sich Person x für ein größeres Auto oder nutzt das effizientere Auto mehr als das vorherige.

INDIREKTE REBOUND-EFFEKTE

Geringere Nutzungskosten erhöhen den Verbrauch anderer Güter und Dienstleistungen

Beispiel: Da Person x nun ein effizienteres Auto fährt und Geld eingespart hat, reist Person x im nächsten Urlaub mit dem Flugzeug statt mit dem Zug oder dem Auto.

WIRTSCHAFTSWEITE REBOUND-EFFEKTE

Sinkende Energiepreise bewirken eine Preissenkung für Zwischen- und Endprodukte, wodurch sich Produktions- und Konsummuster ändern

Beispiel: Die steigende Nachfrage nach effizienten Autos führt zu einer kostengünstigeren Produktion. Die gesunkenen Autopreise führen zu einem Anstieg der Nachfrage.

Quellen: 1) UBA 2016 2) BMU 2020 3) Hility & Bieser 2017 4) GeSi 2015

bitkom

Berechnung von Rebound-Effekten

Die Quantifizierung von Rebound-Effekten ist komplex und zeigt große Spannweiten auf

Spannweite der Rebound Effekte in relevanten Studien

GeSI Global e-Sustainability Initiative	University of Zurich[UZH]	Umwelt Bundesamt
Smarter 2030	*Hilty & Bieser*	
7-27%[1]	**4-37%[2]**	**10-30%[3]**
Global	Schweiz	Deutschland

Relevante Studien

- **7 Anwendungsbereiche** – Die Studien berechnen Rebound-Effekte für Effizienzgewinne in 7 Anwendungsbereichen. *Beispiel: Hilty & Bieser kommen zu dem Ergebnis, dass E-Commerce, E-Health und E-Work die höchsten Rebound-Effekte erzeugen, während GeSI 2030 E-Commerce und E-Health die niedrigsten Rebound-Effekte, aber dafür E-Work und Logistik die höchsten Rebound-Effekte zuschreibt.*
- **Geographie** - GeSI 2030 berechnet globale Rebound-Effekte, Hilty & Bieser für die Schweiz und die Metastudie des Umweltbundesamtes für Deutschland.

Spannweite der Rebound-Effekt

- Aufgrund der großen Varianz der Rebound-Effekte zwischen den Bereichen wurde für die drei Studien eine Spannweite der minimal und maximal geschätzten Rebound-Effekte ermittelt (siehe Abbildung).

Schwachstellen der Studien

- **Annahmenbasierte Berechnung:** Der Ansatz, insbesondere bei indirekten Rebound-Effekten, basiert weitgehend auf Annahmen statt Fakten.
- **Mangelnde Transparenz der Berechnung:** Die berücksichtigten Technologien wurden nicht transparent dargestellt.
- **Heterogene Ergebnisse:** Die Spannweite der Rebound-Effekte zwischen den Studien ist sehr groß, abhängig von Geographie und Umfang.

Quellen: 1) GeSi 2015, 2) Hility & Bieser 2017, 3) UBA 2016, 5) UBA 2016

bitkom

6
Fazit

bitkom

Fazit

- Zur Erreichung des deutschen Klimaziels 2030 müssen 262 Mio. Tonnen CO_2e reduziert werden. Eine beschleunigte Digitalisierung kann bis zu **58 Prozent dieser CO_2e-Einsparungen realisieren**.

- Die **Geschwindigkeit der digitalen Transformation** ist entscheidend für den Beitrag digitaler Technologien zum Klimaschutz. Bei beschleunigter Digitalisierung können die Positiveffekte um ein Drittel erhöht werden.

- Die größten Potenziale liegen in den Bereichen **industrielle Fertigung, Mobilität, Energie und Gebäude**.

- Die digitale Infrastruktur ist Grundlage für eine beschleunigte Digitalisierung. Der **CO2-Fußabdruck der digitalen Infrastruktur** kann durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien signifikant reduziert werden.

- Eine beschleunigte Digitalisierung zahlt nicht nur auf den Umwelt- und Klimaschutz ein, sie verbessert auch die **Wettbewerbsfähigkeit** der deutschen Wirtschaft. Digitalisierung kann Wirtschaftswachstum mit Umwelt- und Klimaschutz vereinen.

- Nötig sind jetzt eine **gezielte und mutige Flankierung durch die Politik** und ein entschiedenes Handeln der Entscheidungsträger an der Spitze der Unternehmen.

bitkom

7
Projektverantwortung und Projektteam

bitkom

Projektverantwortung und Projektteam

Projekt-verantwortung/ Ansprechpartner

Alexander Holst
Leiter der Sustainability Practice in Deutschland, Österreich & Schweiz Accenture Strategy

Boris von Chlebowski
Mitglied der Geschäftsführung
Accenture

Fabian Zacharias
Leiter Public Affairs
Bitkom e.V.

Lukas Gabriel Wiese
Bereichsleiter Außenwirtschaft
Bitkom e.V.
Ansprechpartner

Projekt-team

Shruti Goel
Sustainability Senior Manager
Accenture Strategy

Leonie Reulecke
Sustainability Consultant
Accenture Strategy

Himanshu Popli
Business Strategy Consultant
Accenture

Melissa Kühn
Referentin Digitalisierung & Nachhaltigkeit
Bitkom e.V.

bitkom

8
Anhang: Annahmen & Quellen

bitkom

Annahmen zur Berechnung Industrielle Produktion

Automatisierung in der Produktion & Digitaler Zwilling

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Automa-tisierung	5-8% der Baseline können durch Automatisierung reduziert werden	Emissionen durch Primär-energieverbrauch industrieller Fertigung 2030	19% Reduktion des Energieverbrauchs	16%	41%	58%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline umfasst den Primärenergieverbrauch, der im Jahr 2030 durch Fertigungsprozesse anfällt, und geht hierbei von einer linearen Weiterentwicklung des Energieverbrauchs sowie des Emissionsfaktors in der Fertigung aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).

b. Das Reduktionspotenzial umfasst Energieeinsparungen, die durch Prozessautomatisierung bei Geräten, Anlagen und Prozessen entstehen.

c. Die Marktdurchdringung ist definiert als Prozentsatz der automatisierten Prozesse in der Fertigungsindustrie und wird gebildet, indem der Prozentsatz der Unternehmen, die Prozessautomatisierung einsetzen mit dem Umfang der automatisierten Prozesse multipliziert wird.

2. Digitaler Zwilling	5-8% der Baseline können durch den digitalen Zwilling reduziert werden	Emissionen durch Primär-energieverbrauch industrieller Fertigung 2030	20% Reduktion des Energieverbrauchs	18%	42%	60%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline umfasst den Primärenergieverbrauch, der im Jahr 2030 durch Fertigungsprozessen anfällt und geht hierbei von einer linearen Weiterentwicklung des Energieverbrauchs sowie des Emissionsfaktors in der Fertigung aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).

b. Die Marktdurchdringung des digitalen Zwillings ist ein Mittelwert, der die Verwendung von Zwillingen für Produkt- und Produktionsanlagen in diversen Industrien berücksichtigt.

c. Accenture & Bitkom Experten gehen davon aus, dass die Marktdurchdringung branchenübergreifend bis zu 60% betragen kann, was auf die Zunahme der Anwendungsfälle, die zunehmende Erschwinglichkeit und die nachgewiesenen Vorteile zurückzuführen ist.

bitkom

Annahmen zur Berechnung Mobilität (1/3)

Verkehrssteuerung & Optimierung

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurchdringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Anwendungen für effizientes Fahren	9-11% der Baseline können durch Apps für effizientes Fahren reduziert werden	Direkte Emissionen von privat genutzten Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen	20% Reduktion des Kraftstoffverbrauchs	22%	65%	76%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) des Individualverkehrs und geht von einer linearen Weiterentwicklung der gefahrenen Kilometer sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Fahrer, die Fahranwendungen für Geschwindigkeitsberatung, Echtzeitnavigation, intelligentes Parken usw. verwenden.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf einem Wachstumsfaktor, der die Zunahme der Nutzung von Fahranwendungen und die Zunahme der Nutzung von Smartphones für die Navigation berücksichtigt.
d. Das beschleunigte Szenario berücksichtigt den maximalen Anteil von Fahrern, die bereit sind, Anwendungen für effizientes Fahren zu nutzen.

2. Digitales öffentliches Verkehrsnetz	1-3% der Baseline können durch ein digitales öffentliches Verkehrsnetz reduziert werden	Direkte Emissionen von privat genutzten Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen	9% Reduktion des Kraftstoff-verbrauchs	21%	30%	56%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) des Individualverkehrs und geht von einer linearen Weiterentwicklung der gefahrenen Kilometer sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Fahrgäste, die öffentliche Verkehrsmittel wie Bus und Bahn für Fahrten nutzen .
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf dem Wachstumsfaktor der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel sowie der erwarteten Steigerung der Nutzung bei gesteigerter Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel aufgrund digitaler Anwendungen.
d. Die Marktdurchdringung im beschleunigten Szenario basiert auf der der höchsten jährlichen Wachstumsrate, die historisch in Deutschland im öffentlichen Verkehr beobachtet wurde.

Annahmen zur Berechnung Mobilität (2/3)

Intelligente Logistik

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Routen- und Frachtoptimie-rung	8-13% der Baseline können durch Routen- und Frachtlösungen reduziert werden	Direkte Emissionen durch die Beförderung von Gütern auf der Straße, im Luft-, Zug- und Seeverkehr	39% Reduktion der Tonnenkilometer	4%	25%	37%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) im Güterverkehr im Jahr 2030 auf der Straße, Schiene, Luft und Seefahrt und geht von einem linearen Wachstum des Güterverkehrs sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als vollvernetze Logistikunternehmen, die in der Lage sind, Routen- und Frachtoptimierungen durchzuführen.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario berücksichtigt den Anstieg vernetzter Logistikunternehmen, die im Jahr 2030 Fracht- und Routenoptimierung durchführen.
d. Das beschleunigte Szenario geht auf Basis von Experteneinschätzungen von einem aggressiven Wachstum aufgrund zusätzlicher Anreize im Jahr 2030 aus.

2. Additive Fertigung	2-3% der Baseline kann durch lokale additive Fertigung reduziert werden	Direkte Emissionen durch die Beförderung von Gütern auf der Straße, Schiene, Luft und Seefahrt	22% Reduktion der Tonnenkilometer	1%	10%	15%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) im Güterverkehr in 2030 auf Straße, Schiene, Luft und Seefahrt und geht von einem linearen Wachstum des Güterverkehrs sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als der prozentuale Anteil der Waren, die in der additiven Fertigung hergestellt werden (keine Berücksichtigung von Teilprodukten).
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario berücksichtigt das erwartete Wachstum der Produktion von Fertigerzeugnissen in additiver Fertigung .
d. Das beschleunigte Szenario geht von einem Anstieg des Anteils additiver Fertigung an der inländischen Produktion auf der Grundlage zusätzlicher Anreize.

Annahmen zur Berechnung Mobilität (3/3)

Vernetzer Individualverkehr

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Ride-Sharing	1-3% der Baseline können durch Ride-Sharing-Anwendungen reduziert werden	Direkte Emissionen von privat genutzten Verbrennungs- und Elektroautos	24% Reduktion der gefahrenen Kilometer	3%	7%	16%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf der erwarteten Anzahl an registrierten Verbrennungs- und Elektroautos und den durch diese verursachten Kraftstoffverbrauch (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der über Ride-Sharing-Apps gefahrenen Kilometer in Deutschland.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario berücksichtigt den erwarteten Anstieg der Ride-Sharing-Nutzer im Jahr 2030 unter der Annahme, dass die durchschnittliche Entfernung pro Nutzer aus dem Jahr 2020 konstant bleibt.
d. Das beschleunigte Szenario nimmt höhere Wachstumsraten für die Anzahl der Ride-Sharing-Nutzer bis 2030 auf Basis des Wachstums globaler Märkte an.

2. Car-Sharing	1-2% der Baseline können durch Car-Sharing-Anwendungen reduziert werden	Direkte und indirekte Emissionen von privat genutzten Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen	65% Reduktion der Fahrzeugproduk-tion und der zugelassenen Fahrzeuge	5%	14%	26%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf der erwarteten Anzahl an registrierten Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen und den durch diese verursachten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) und der in der Produktion anfallenden Energieverbräuche (indirekte Emissionen) (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der über Car-Sharing gefahrenen Kilometer in Deutschland.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario berücksichtigt den erwarteten Anstieg der Car-Sharing-Nutzer in 2030 auf Basis historischer Trends unter der Annahme, dass der durchschnittliche prozentuale Anteil der mit Car-Sharing zurückgelegten Kilometer pro Nutzer aus dem Jahr 2020 konstant bleibt.
d. Das beschleunigte Szenario berücksichtigt den Anteil der mit Car-Sharing zurückgelegten Kilometer im Jahr 2030 auf Basis der Sekundärquellen.

Annahmen zur Berechnung Energie

Smart Grids & Intelligente Produktion von erneuerbaren Energien

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	Baseline	Reduktions-potenzial (%)	Marktdurch-dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Smart Grids	8-10% der Baseline können durch Smart Grid reduziert werden	Emissionen durch Bruttostromproduktion im Jahr 2030	11% Energieeinsparungen	7%	78%	95%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf den Emissionen, die durch den Energiemix für die Bruttostromerzeugung verursacht werden und geht von einem linearen Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien aus (CAGR) – diese Annahme deckt sich mit den Zielen für den Ausbau erneuerbarer Energien der Bundesregierung bis 2030*.

b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Haushalte, die einen intelligenten Zähler installiert haben (als Annäherung für die Einführung des Smart Grids in Deutschland).

c. Das moderate Szenario extrapoliert die Einführung intelligenter Zähler bis 2030 linear, basierend auf d. v. der Regierung festgelegten 100%-Penetrationsziel von 2032.

d. Das optimistische Szenario berücksichtigt die 100% Einführung von Smart Metern bis 2030 und wendet einen Ausgleichsfaktor für die Datennutzung an.

2. Intelligente Produktion von erneuerbaren Energien	N.A.	Vermiedene Emissionen durch Erzeugung erneuerbarer Energien im Jahr 2030	5% Steigerung der Produktion durch digitale Technologien	4%	43%	48%

Wichtige Annahmen:

Die Berechnungslogik unterscheidet sich von den anderen Hebeln, da ermittelt wird, welcher Anteil der vorhandenen Emissionseinsparungen durch erneuerbare Energien digitalen Technologien zuzurechnen ist. Emissionen, die durch erneuerbare Energien vermieden werden, werden diesem Anteil entsprechend als Einsparpotenzial zugeteilt.

a. Die Baseline basiert auf den Emissionen, die durch den Anteil erneuerbarer Energien vermiedenen werden (Primärenergieverbrauch 2030*, Anteil erneuerbarer Energien 2030*, CO_2e-Vermeidung pro kWh erneuerbare Energie). Die Berechnung des Emissionsvermeidungspotenzial erneuerbarer Energien wurde auf Basis der Zahlen von 2018 berechnet und gilt als konstant bis 2030.

b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energien, in die digitale Technologien integriert sind und basiert auf der Lebensdauer von Anlagen für erneuerbare Energien. Es wird davon ausgegangen, dass jede Anlage, die neu gebaut wird, über digitale Technologien verfügt.

c. Das beschleunigte Szenario geht davon aus, dass etwa 10 % der Anlagen für erneuerbare Energien mit digitalen Technologien nachgerüstet werden.

Anmerkungen: *Da jegliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch in den anderen Anwendungsbereichen dieser Studie behandelt werden (z. B. Gebäude, Fertigung usw.), konzentriert sich der Anwendungsbereich Energie auf den Einfluss digitaler Technologien in der Erzeugung und Verteilung von Energie..

Annahmen zur Berechnung Gebäude (1/2)

Smart Homes

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch-dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Gebäude- und Energiemanage-ment	8-9% der Baseline können durch Technologien für intelligentes Energiemanagement reduziert werden	Direkte Emissionen durch den Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden	12% Reduktion des Energieverbrauchs	15%	82%	89%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden und geht von einem linearen Wachstum der Anzahl an Wohngebäuden sowie der Veränderung der gebäudebezogenen Emissionen aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist ein Mittelwert aus der Marktdurchdringung folgender Technologien in Wohngebäuden: Smarte Thermostate, Intelligente Lichtsysteme, Vernetze HVACs und Smart Meter (hier nur Energieeinsparungen durch Verhaltensänderungen).
c. Die Annahmen im moderaten Szenario basieren auf Studien zur Einführung dieser Technologien in Wohngebäuden bis 2030.
d. Das beschleunigte Szenario geht davon aus, dass diese Technologien mit der gleichen Wachstumsrate in Deutschland eingeführt werden, wie in den USA, dem weltweit führenden Markt.

2. Gebäudeautomati onssysteme	0-1% der Baseline können durch Gebäude-automationssysteme reduziert werden	Direkte Emissionen durch den Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden	5% Reduktion des Energieverbrauchs	0%	6%	12%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Primärenergieverbrauch von Wohngebäuden und geht von einem linearen Wachstum der Anzahl an Wohngebäuden sowie der Veränderung der gebäudebezogenen Emissionen aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Wohngebäude, in denen Gebäudeautomationssysteme verwendet werden (derzeit im Privatbereich kaum eingesetzt, also 0%).
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zur Einführung von Gebäudeautomationssystemen in Wohngebäuden bis 2030.
d. Das beschleunigte Szenario basiert auf Prognosen für führende globale Märkte bei der Einführung von Gebäudeautomationssystemen im Jahr 2030.

Annahmen zur Berechnung Gebäude(2/2)

Vernetzte Gebäude

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Gebäude- und Energiemanage-ment	7-9% der Baseline können durch Technologien für intelligentes Energiemanagement reduziert werden	Direkte Emissionen durch den Primärenergieverbrauch von kommerziell und öffentlich genutzten Gebäuden	18% Reduktion des Energieverbrauchs	25%	66%	75%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Primärenergieverbrauch von kommerziell und öffentlich genutzten Gebäuden und geht von einem linearen Wachstum der Anzahl kommerzieller und öffentlicher Gebäude sowie der Veränderung der gebäudebezogenen Emissionen aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist ein Mittelwert aus der Marktdurchdringung folgender Technologien in kommerziell und öffentlich genutzten Gebäuden: Smarte Thermostate, Intelligente Lichtsysteme, Vernetze HVACs und Smart Meter (hier nur Energieeinsparungen durch Verhaltensänderungen).
c. Die Annahmen im moderaten Szenario basieren auf Studien zur Einführung dieser Technologien in kommerziell und öffentlich genutzten Gebäuden bis 2030.
d. Das beschleunigte Szenario geht davon aus, dass diese Technologien mit der gleichen Wachstumsrate in Deutschland eingeführt wird, wie in den USA, der weltweit führende Markt.

2. Gebäudeautoma-tionssysteme	2-3% der Baseline können durch Gebäude-automationssysteme reduziert werden	Direkte Emissionen durch den Primärenergieverbrauch von kommerziell genutzten Gebäuden	28% Reduktion des Energieverbrauchs	0%	6%	12%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf dem Primärenergieverbrauch von kommerziell und öffentlich genutzten Gebäuden und geht von einem linearen Wachstum der Anzahl kommerzieller und öffentlicher Gebäude sowie der Veränderung der gebäudebezogenen Emissionen aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Gebäude, in denen Gebäudeautomationssysteme verwenden werden.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zur Einführung von Gebäudeautomationssystemen bis 2030.
d. Das beschleunigte Szenario basiert auf Prognosen für führende globale Märkte bei der Einführung von Gebäudeautomationssystemen im Jahr 2030.

Annahmen zur Berechnung Arbeit & Business (1/2)

Mobiles Arbeiten

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch-dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Arbeitswege mit dem Auto	15-17 % der Baselinie können durch digitale Tools und Cloud-Sharing-Plattformen reduziert werden	Direkte Emissionen durch tägliche Fahrten zu und von den Büros mit privaten Verbrennungs- und Elektroautos	40% Reduzierung der gefahrenen Kilometer	12%	48%	55%
2. Geschäftsreisen mit dem Auto und Flugzeug	29-33 % der Baseline können durch Videokonferenzen reduziert werden	Direkte Emissionen durch inländische Geschäftsreisen mit privaten Verbrennungs- und Elektroautos und Flugzeugen	80% Reduktion der Geschäftsreisen	12%	48%	55%
3. Bürogebäude	5-6 % der Baseline können durch kleinere Büroflächen reduziert werden	Emissionen durch Primärenergieverbrauch der Büros	13% Reduzierung des Platzbedarfs	12%	48%	55%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline Nr. 1 basiert auf gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) des Individualverkehrs und geht von einer linearen Weiterentwicklung der gefahrenen Kilometer sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Baseline Nr. 2 basiert auf den gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) von inländischen Fernreisen mit privaten PKWs und Flugzeugen und geht von einer linearen Weiterentwicklung der Effizienzsteigerungen beim Kraftstoffverbrauch aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).
c. Die Baseline Nr. 3 umfasst den Primärenergieverbrauch von Bürogebäuden im Jahr 2030 und geht von einer linearen Entwicklung des Energieverbrauchs und des Emissionsfaktors in Gebäuden aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).
d. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Mitarbeiter, die mobil arbeiten und berücksichtigt nicht die Auswirkungen von COVID-19. Die Marktdurchdringung 2020 geht von einer linearen Weiterentwicklung der vergangenen Jahre aus.
e. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zum erwarteten Anteil von mobiler Arbeit im Jahr 2030.
f. Das beschleunigte Szenario basiert auf Studien zur maximalen Anzahl von Mitarbeitern, die im Jahr 2030 mobil arbeiten können.

bitkom

Annahmen zur Berechnung Arbeit & Business (2/2)

Online-Banking

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	Baseline	Reduktions-potenzial (%)	Marktdurchdringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
4. Online-Banking	6-9 % der Baseline können durch die Nutzung von Online-Banking & Investmentanwendungen reduziert werden	Direkte Emissionen durch Besuche einer Bank	43% Reduzierung der Bankbesuche	73%	88%	93%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) des Individualverkehrs und geht von einer linearen Weiterentwicklung der gefahrenen Kilometer sowie der Effizienzsteigerungen im Kraftstoffverbrauch aus (CAGR auf Basis der letzten 5-10 Jahre).

b. Die Marktdurchdringung ist definiert als Anteil der Bevölkerung über 18 Jahre, die digitale Kanäle für Bankgeschäfte nutzen.

c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zum durchschnittlichen Anteil der Bevölkerung in den Niederlanden und Schweden, der digitale Bankkanäle nutzen wird.

d. Das beschleunigte Szenario basiert auf Studien über den durchschnittlichen Anteil der Bevölkerung in Norwegen, der digitale Banking-Kanäle nutzen wird.

bitkom

Annahmen zur Berechnung Landwirtschaft

Bodenbewirtschaftung und Nutztierhaltung

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch-dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Bodenbewirt-schaftung	9-16% der Baseline können durch VRT gekoppelt mit smarter Bodenüberwachung reduziert werden	Direkte Emissionen aus Düngung und Kalkung des Bodens	30% Reduzierung der verbrauchten Menge	29%	60%	83%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf den Emissionen durch Düngung und Kalkung von Böden und geht von einer linearen Weiterentwicklung auf Basis der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung basiert auf dem Anteil der Landwirte, die eine Technologie zur Düngung und Kalkung von Böden verwenden.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien über den Anteil der Landwirte, die im Jahr 2030 eine Technologie zur Düngung und Kalkung verwenden werden.
d. Das beschleunigte Szenario basiert auf Prognosen für führende europäische Märkte über den Anteil der Landwirte, die im Jahr 2030 eine Technologie zur Düngung und Kalkung verwenden werden.

2. Nutztierhaltung	5-9% der Baseline können durch den Einsatz von Präzisionsfütterungs- und Tierüberwachungssystemen reduziert werden	Direkte Emissionen aus der enterischen Fermentation und dem Bodenmanagement	41% Reduzierung der Emissionen	5%	17%	27%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline basiert auf den Emissionen durch Verdauungsprozesse und Güllemanagement von Nutztieren und geht von einer linearen Weiterentwicklung des Nutztierbestands aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).
b. Die Marktdurchdringung basiert auf dem Anteil der Landwirte, die Präzisionsfütterungs- und Tierüberwachungssysteme nutzen.
c. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zum prognostizierten Wachstum des Anteils der Landwirte, die Präzisionsfütterungs- und Tierüberwachungssysteme im Jahr 2030 einsetzen werden.
d. Das beschleunigte Szenario basiert auf der S-Kurve einer anderen Technologie innerhalb der Viehhaltung (Melkroboter) für den globalen Markt.

Annahmen zur Berechnung Gesundheit

E-Health

Wirkungshebel	CO_2e-Einsparpotenzial	∫ Baseline	↓ Reduktions-potenzial (%)	↗ Marktdurch-dringung 2020	Marktdurchdringung 2030	
					Moderat	Beschleunigt
1. Vermeidung von Fahrten	6-8% der Baseline können durch Telemedizin und Selbstdiagnose-Technologien reduziert werden	Direkte Emissionen durch Besuche in Krankenhäusern	22% Reduzierung der persönlichen Besuche	11%	39%	48%
2. Flächen-reduzierung in Gesundheits-einrichtungen	6-8% der Baseline können durch Telemedizin und Selbstdiagnose-Technologien reduziert werden	Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch von Gesundheitseinrichtungen	21% Reduzierung des Platzbedarfs	11%	39%	48%

Wichtige Annahmen:

a. Die Baseline Nr. 1 basiert auf den gefahrenen Kilometern und dem benötigten Kraftstoffverbrauch (direkte Emissionen) des Individualverkehrs und geht von einem Wachstum der Besuche entsprechend der alternden Bevölkerung bis 2030, einer linearen Weiterentwicklung der gefahrenen Kilometer sowie den Effizienzsteigerungen beim Kraftstoffverbrauch aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).

b. Die Baseline Nr. 2 basiert auf dem Primärenergieverbrauch von Gesundheitseinrichtungen im Jahr 2030 und geht von einem Wachstum der Besuche entsprechend der Bevölkerungsalterung bis 2030, einer linearen Weiterentwicklung des Energieverbrauchs und des Emissionsfaktors in Gebäuden aus (CAGR der letzten 5-10 Jahre).

c. Die Marktdurchdringung basiert auf dem Anteil der Bevölkerung, der Videosprechstunden, Diagnoseanwendungen und tragbare Technologien zur Gesundheitsüberwachung nutzt.

d. Die Marktdurchdringung im moderaten Szenario basiert auf Studien zum Anteil der Bevölkerung, der Telemedizin und Selbstdiagnose-Technologien im Jahr 2030 nutzen wird.

e. Das beschleunigte Szenario basiert auf Prognosen für führende globale Märkte zum Anteil der Bevölkerung, der Telemedizin und Selbstdiagnosetechnologien im Jahr 2030 nutzen wird.

bitkom

Limitationen der Studie

Wie bei jedem Forschungsprojekt, das eine Prognose für einen 10-Jahres-Horizont erstellt, ist die Modellierung mit Unsicherheiten und Unwägbarkeiten behaftet. Die Annahmen in dieser Studie und die technischen und politischen Anforderungen, auf denen sie beruhen, wurden so deutlich wie möglich gemacht, sowohl im gesamten Bericht als auch speziell in diesem Anhang. Die Autoren sind sich jedoch voll und ganz bewusst, dass die entwickelten Szenarien nur zwei von vielen möglichen Entwicklungen abbilden. Daher ist jeder der drei verwendeten Schlüsselfaktoren mit Unsicherheiten behaftet. Dennoch stellt die Studie eine umfangreiche Prognose für die Klimawirkung digitaler Technologien im Jahr 2030 dar und zeigt mit den zugrundeliegenden Annahmen in eine klare Richtung: Das Potenzial digitaler Technologien CO_2e-Emissionen zu reduzieren ist signifikant größer als ihr eigener Fußabdruck.

Limitationen der Studie

- Die Prognose der verwendeten Inputdaten für die Baseline unterliegt Unsicherheiten bzgl. des Bevölkerungswachstums, der CO_2e-Intensität von Strom im Jahr 2030, der Anzahl der Haushalte im Jahr 2030 und des BIP-Wachstums.
- Die Prognose bezüglich der Marktdurchdringung der einzelnen Technologien unterliegt Unsicherheiten, z. B. wie viele Haushalte intelligente Zähler und Geräte im Jahr 2030 nutzen werden.
- Die Prognose bezüglich des Reduktionspotentials der einzelnen Technologien unterliegt Unsicherheiten, z. B. wie hoch die Energieeinsparungen, die durch intelligente Netztechnologien, intelligente Zähler und intelligente Geräte im Jahr 2030 erreicht werden, tatsächlich sein werden.
- Der Fußabdruck der digitalen Infrastruktur berücksichtigt nicht in allen Bereichen die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus, da Phasen vernachlässigt wurden, die weniger als 10% der Gesamtemissionen des Bereichs ausmachen.
- Es gibt keine Quantifizierung der Rebound-Effekte bezogen auf die Studienergebnisse, da die Literaturbasis sehr heterogen ist und keine verlässliche Berechnung pro Anwendungsfall möglich war.

BIBLIOGRAPHY (1/6)

S no.	Key sources
	Cluster agnostic sources
1.	Umweltbundesamt. (2020). Renewable and conventional power generation. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/erneuerbare-konventionelle-stromerzeugung#zeitliche-entwicklung-der-bruttostromerzeugung
2.	Umweltbundesamt. (2020). Energy consumption by energy source and sector. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren
3.	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). Climate Action in Figures. https://www.bmu.de/publikation/climate-action-in-figures-2019/
4.	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). Erneuerbare Energien in Zahlen. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6
5.	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018). Energieeffizienz in Zahlen. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2018.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D8
6.	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017). Erneuerbare Energien in Zahlen. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=22
7.	Environmental Protection Agency, US. (2018). Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100U8YT.pdf
8.	Kraftfahrt-Bundesmat. (2019). Traffic in kilometers - national mileage. KBA statistics
9.	Kraftfahrt-Bundesmat. (2020). Passenger cars on January 1, 2020. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/fz_b_jahresbilanz_archiv/2020/2020_b_barometer.html?nn=2598042
10.	EV database. (2020). Energy consumption of full electric vehicles. https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car

BIBLIOGRAPHY (2/6)

Cluster specific sources	
Manufacturing	
11.	Rogers, Ethans A. (2014). The Energy Savings Potential of Smart Manufacturing. https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/ie1403.pdf
12.	Zentralverband Elektrotechnikund Elektronikindustrie e.V. (2012). More energy efficiency through process automation. https://www.zvei.org/
13.	Bekryl. (2018). Global Robotic Process Automation Market Size Analysis, 2018-2028 https://bekryl.com/industry-trends/robotic-process-automation-market-size-analysis
14.	Protiviti. (2019). Taking RPA to the next level. https://www.protiviti.com/sites/default/files/2019-global-rpa-survey-protiviti.pdf
15.	Thota, Nyshitha. (2020). Qentelli : Robotic Process Automation vs Traditional Test Automation https://www.qentelli.com/thought-leadership/insights/robotic-process-automation-vs-traditional-test-automation
16.	10xDS Team. (2019). 10xDS blog : How Automation and AI are transforming Businesses in 2019 https://www.10xds.com/blog/how-automation-and-ai-are-transforming-businesses/
17.	GeSI, & Accenture Strategy. (2015). #SMARTer2030. ICT Solutions for 21st Century Challenges https://smarter2030.gesi.org/
18.	Detecon. (2019). Digital Twins. Leading the Way to Tomorrow's Ecosystems. https://www.detecon.com/en/knowledge/detecon-study-digital-twins-leading-way-tomorrows-ecosystems
19.	PwC. (2017). Digital factories 2020. https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf
20.	Gartner Hypecycle. (2020). Digital.Trend.Studie Digital Twin – Zwischen den Welten https://www.dbsystel.de/resource/blob/5654212/b0c1fa2596dc441d8525c6f53e3ff856/200930_Digital-Trend-Studie_Digital-Twin_FINAL-data.pdf

BIBLIOGRAPHY (3/6)

Cluster specific sources	
Mobility	
21.	Science Direct. (2019). Life cycle greenhouse gas emissions of Electric Vehicles in China. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219307133
22.	Research Gate. (2017). Investigating the Potential of Ride-Sharing to Reduce Vehicle Emissions. https://www.researchgate.net/publication/320377527_Investigating_the_Potential_of_Ride-Sharing_to_Reduce_Vehicle_Emissions
23.	Streim, Andreas (Bitkom). (2019). Majority wants to use Ride-Sharing. https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Mehrheit-will-Ride-Sharing-nutzen
24.	IBM. (2020). Automotive 2030 : Racing towards a digital future. https://www.ibm.com/downloads/cas/NWDQPK5B
25.	GeSI, & Accenture Strategy. (2015). #SMARTer2030. ICT Solutions for 21st Century Challenges. https://smarter2030.gesi.org/
26.	Allied Market Research. (2018). Internet of Vehicle Market by Component. https://www.alliedmarketresearch.com/internet-of-vehicles-market
27.	Destatis. (2019). Persons transported in Germany. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Tabellen/befoerderte-personen.html
28.	Science Direct. (2017). Predicting the future of additive manufacturing. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517300276
29.	Jummah, Omar (Rutgers). (2018). A Study on 3D Printing and its Effects on the Future of Transportation. https://cait.rutgers.edu/wp-content/uploads/2018/05/cait-utc-nc19-final.pdf
30.	European environment agency. (2017). Specific CO_{2e} emissions per tonne-km and per mode of transport in Europe https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-tonne-2#tab-chart_2

bitkom

BIBLIOGRAPHY (4/6)

Cluster specific sources	
Energy	
31.	Statista. (2020). Annual electricity consumption of a private household in Germany from 1991 to 2018. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/245790/umfrage/stromverbrauch-eines-privathaushalts-in-deutschland/
32.	Statista. (2020). Distribution of electricity consumption in Germany by consumer group in 2019. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/236757/umfrage/stromverbrauch-nach-sektoren-in-deutschland/
33.	Konrad, Wilfried and Scheer, Dirk (InnoSmart). (2014). Das Smart Grid ausgesellschaftlicher Perspektive. https://www.innosmart-projekt.de/data/innosmart/user_upload/Dateien/Smart_Grid_Gesellschaftliche_Perspektiven_NEU_01.pdf
34.	Statista. (2020). Smart Home. https://www.statista.com/outlook/283/137/smart-home/germany#market-revenue
35.	Deutsche Energie-Agentur. (2015). Intelligent Measuring Systems: Smart Meters. https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/digitalisierung/smart-meter/
36.	Tegtmeier, Michael (Powermag). (2020). Real-Time Wind Turbine Monitoring: Data Challenges, and Rewards. https://www.powermag.com/real-time-wind-turbine-monitoring-data-challenges-and-rewards/
37.	Schumacher, Christian and Weber, Florian (Renewable energy world). (2019). How to extend the lifetime of wind turbines https://www.renewableenergyworld.com/2019/09/20/how-to-extend-the-lifetime-of-wind-turbines/#gref
38.	BBC news. (2020). What happens to all the old wind turbines? https://www.bbc.com/news/business-51325101
39.	National Renewable Energy Laboratory. (2017). Researchers at NREL Find Fewer Failures of PV Panels and Different Degradation Modes in Systems Installed after 2000. https://www.nrel.gov/news/program/2017/failures-pv-panels-degradation.html
40.	US Department of Energy. (2020). Geothermal heat pumps https://www.energy.gov/energysaver/heat-and-cool/heat-pump-systems/geothermal-heat-pumps

bitkom

BIBLIOGRAPHY (5/6)

Cluster specific sources	
Buildings and Work & Business	
41.	Deutsche Energie-Agentur. (2019). Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT_KOMPAKT_2019.pdf
42.	Carbon Trust. (2007). Advanced metering for SMEs https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/public/Advanced%20Metering%20For%20SMEs%20-%20REPORT.pdf
43.	Better Buildings Partnership. (2011). Better Metering Tooklit https://www.betterbuildingspartnership.co.uk/sites/default/files/media/attachment/bbp-better-metering-toolkit.pdf
44.	IEEE. (2011). A smart lighting control to save energy https://www.researchgate.net/publication/220798103_A_smart_lighting_control_to_save_energy
45.	Research and Markets. (2020). Global Building Automation Systems (BAS) Market https://www.researchandmarkets.com/reports/5130341/
46.	The Local. (2020). How the commute to work in Germany is changing https://www.thelocal.de/20200207/why-are-more-and-more-people-in-germany-commuting-to-work
47.	IZA Institute of Labor economics. (2020). Germany's Capacities to Work from Home http://ftp.iza.org/dp13152.pdf
48.	Institute for Mobility research. (2014). Long distance mobility: Current trends and future perspectives https://www.ifmo.de/files/publications_content/2014/ifmo_2014_Long_Distance_Mobility_en.pdf
49.	Rohleder, Bernhard. (2020). Digital Finance – wie die Digitalisierung die Finanzbranche verändert https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-10/bitkom-prasentation-digital-finance-29-10-2020_final-1.pdf
50.	Handeslbatt. (2016). German Bank Branches Dying Off https://www.handelsblatt.com/english/finance/shutting-up-shop-german-bank-branches-dying-off

bitkom

BIBLIOGRAPHY (6/6)

Cluster specific sources	
Agriculture and Health	
51.	Eurostat. (2020). Livestock population – Annual data. https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro_mt_lspig&lang=en
52.	Global Research Alliance. (2013). Reducing greenhouse gas emissions from livestock. https://saiplatform.org/uploads/Modules/Library/lrg-sai-livestock-mitigation_web2.pdf
53.	Government of Western Australia. (2020). Reducing livestock greenhouse gas emissions. https://www.agric.wa.gov.au/climate-change/reducing-livestock-greenhouse-gas-emissions
54.	MDPI. (2020). Life Cycle Assessment of Variable Rate Fertilizer Application in a Pear Orchard. https://www.mdpi.com/2071-1050/12/17/6893
55.	Boston Consulting group. (2015). Crop Farming 2030: The Reinvention of the sector https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Crop-Farming-2030-May-2015_tcm21-184100.pdf
56.	Thunen. (2017). Regionale Erreichbarkeit von ausgewählten Fachärzten, Apotheken, ambulanten Pflegediensten und weiteren ausgewählten Medizindienstleistungen in Deutschland. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn058983.pdf
57.	Bundesaerztekammer. (2018). It is high time to seriously address the shortage of doctors. https://www.bundesaerztekammer.de/ueber-uns/aerztestatistik/aerztestatistik-2018/
58.	Asendorpf, Dirk (Deutschlandfunk kultur). (2020). Video consultation hours boom https://www.deutschlandfunkkultur.de/arztpraxen-in-der-coronakrise-boom-der-videosprechstunden.976.de.html?dram:article_id=474107
59.	EPatient Survey (KMA). (2020). Corona does not help online consultation hours to break through https://www.kma-online.de/aktuelles/it-digital-health/detail/corona-verhilft-online-sprechstunde-nicht-zum-durchbruch-a-43257
60.	MDPI. (2018). Evaluation of Energy Consumption in German Hospitals: Benchmarking in the Public Sector. https://www.mdpi.com/1996-1073/11/9/2279/htm

bitkom