ECONSTOR
*Make Your Publications Visible.*

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (Ed.)

**Research Report**

# Digitales Deutschland: Politische, ökonomische und gesellschaftliche Impulse für eine nachhaltige Digitalisierung in Deutschland auf acht Ebenen

Zukunftsimpuls, No. 31

**Provided in Cooperation with:**
Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

*Suggested Citation:* Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (Ed.) (2025) : Digitales Deutschland: Politische, ökonomische und gesellschaftliche Impulse für eine nachhaltige Digitalisierung in Deutschland auf acht Ebenen, Zukunftsimpuls, No. 31, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/335014

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

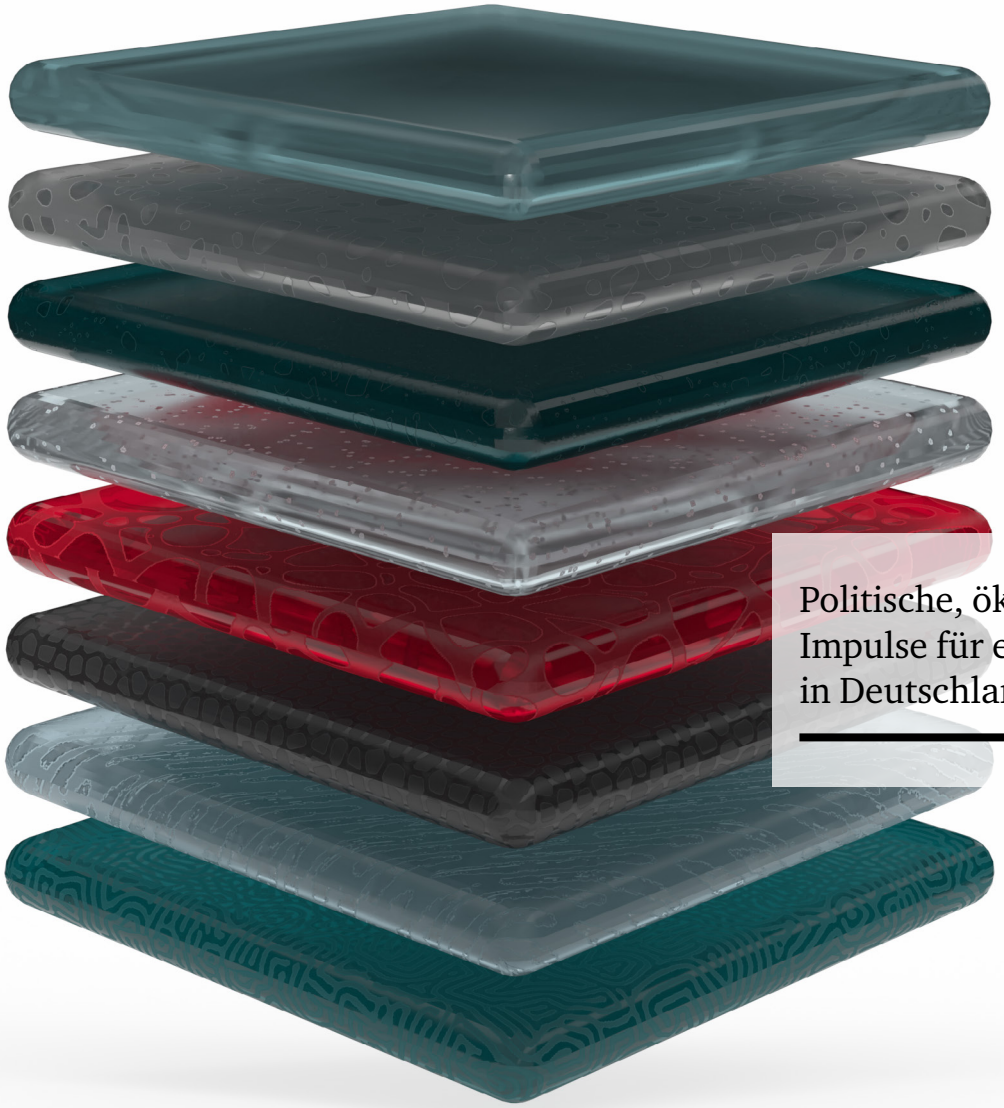


https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

# Digitales Deutschland

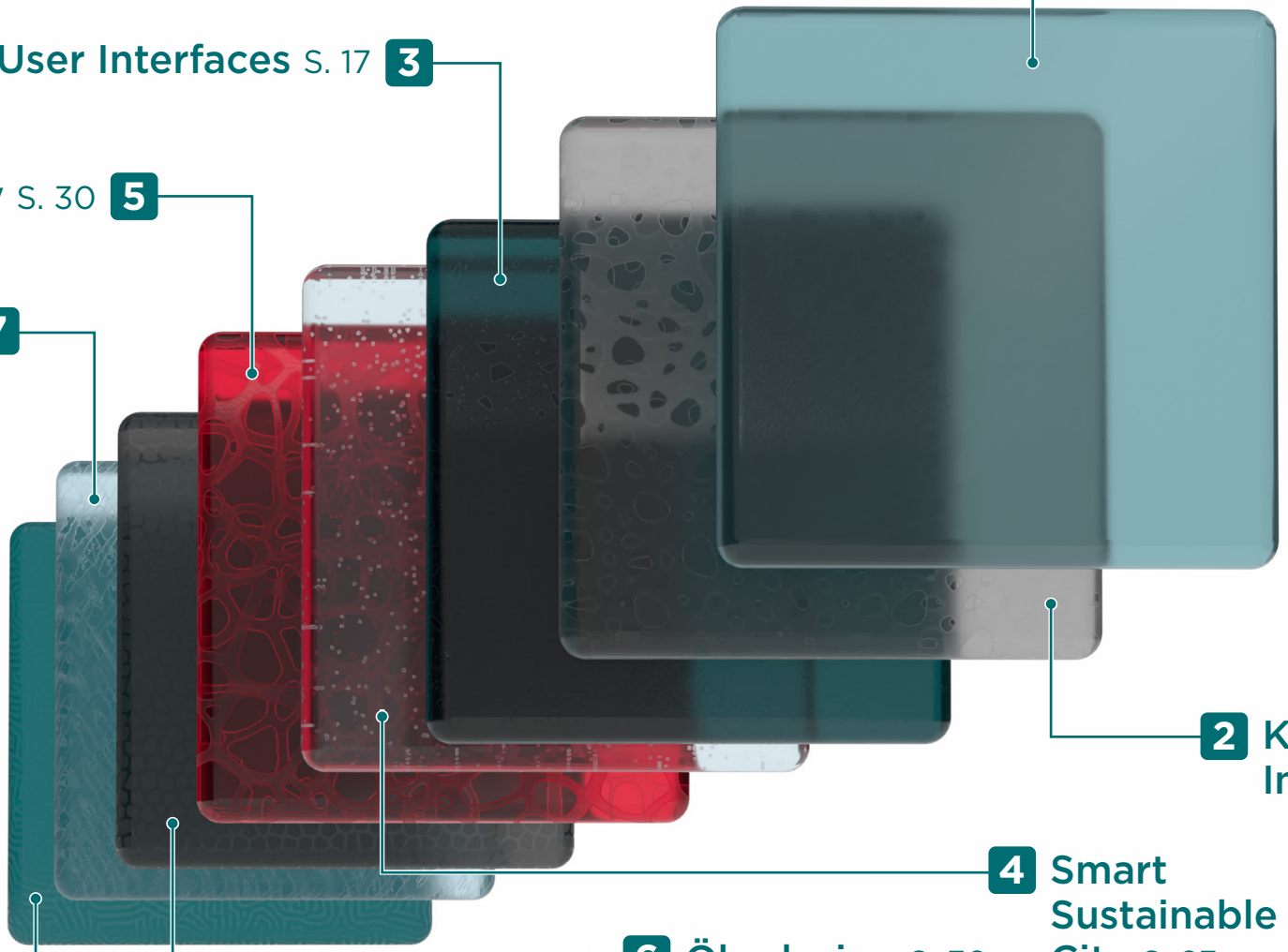


Politische, ökonomische und gesellschaftliche Impulse für eine nachhaltige Digitalisierung in Deutschland auf acht Ebenen

*Zukunftsimpuls Nr. 31 | Dezember 2025*

Wuppertal Institut

# Die Themen des Zukunftsimpulses




1 Digitale Produkt-informationssysteme S. 05

2 Künstliche Intelligenz S. 10

3 User Interfaces S. 17

4 Smart Sustainable City S. 23

5 Smart Mobility S. 30

6 Ökodesign S. 36

7 Ressourcen-aufwand S. 42

8 Transformationspolitik S. 48

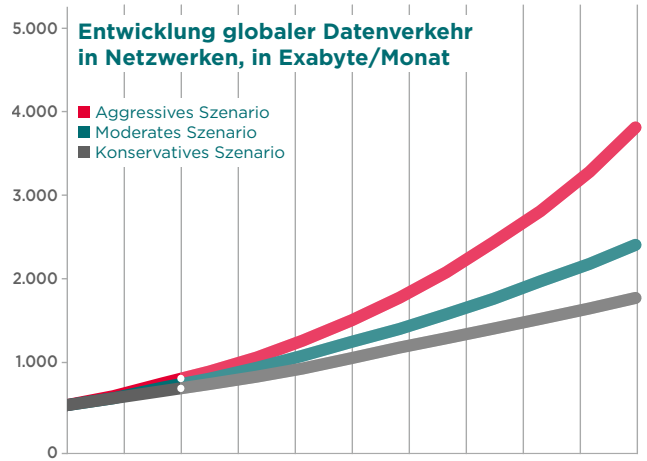
# Auf dem Weg in eine transformative Digitalisierung

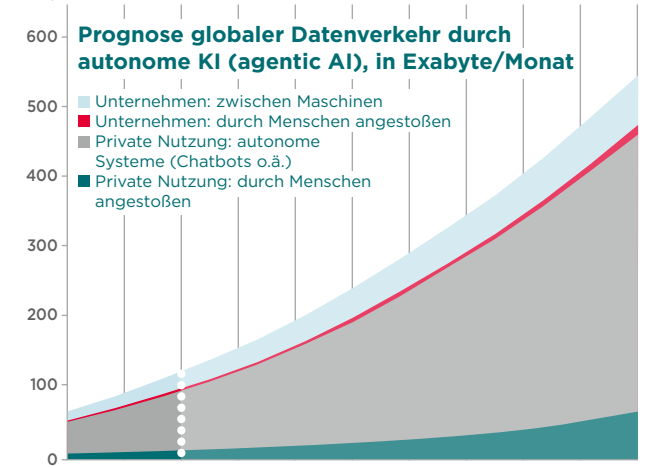
*Autoren: Prof. Dr.-Ing. Manfred Fischedick, Dr. Holger Berg, Prof. Dr.-Ing. Stephan Ramesohl*

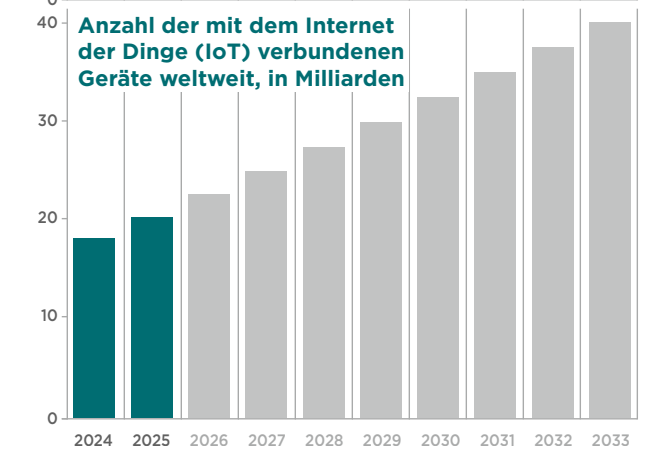
Die digitale Transformation durchdringt alle Bereiche unserer Welt und unseres Lebens: Neue digitale Technologien, Geschäftsmodelle und Kommunikationsformen prägen die Arbeitswelt, den privaten Alltag, das soziale Miteinander immer stärker – und bestimmen Strukturen und Abläufe in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Auswirkungen auf das System Erde, positiv wie negativ, sind dabei alles andere als geklärt. Die enorme Innovationsgeschwindigkeit stellt die Menschheit vor die Herausforderung einer digitalen Unschärferelation: Wir können zwar den aktuellen Stand erfassen – aber bis zum Abschluss der Erfassung hat die rasante Entwicklung den Großteil der gewonnenen Erkenntnisse bereits obsolet gemacht.

Zukunftswissen für die digitale Transformation bedeutet daher, ihre weitere Entwicklung zu deuten, ihre künftigen Wirkungen zu antizipieren und ihre Möglichkeiten in die Bahnen einer digital-nachhaltigen Transformation zu lenken. Dabei ist, vor dem Hintergrund weiter fortschreitender Klima- und Umweltbelastungen, schnelles und umfassendes Handeln




**Die wachsende Bedeutung der Digitalisierung** lässt sich unter anderem am zunehmenden Datenverkehr in den globalen Netzen ablesen, der bis 2034 je nach Prognose auf das drei- bis siebenfache des heutigen Volumens anwachsen könnte. Ein Treiber werden durch autonome KI-Systeme verursachte Datenströme sein. Auch die Anzahl vernetzter Geräte im sogenannten Internet der Dinge wächst stetig, etwa Industriemaschinen, smarte Infrastrukturen, Haushaltsgeräte – oder auch Spielzeuge mit Internetanbindung, die zum steigenden Datenverkehr beitragen. Quellen: Eigene Darstellung nach Nokia Global Network Traffic Report 2025 (oben, mitte) und Statista 2025 (unten).

unerlässlich, um die verbleibenden natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und die Freiheitsrechte kommender Generationen zu sichern. Nachhaltigkeitstransformation bleibt die zentrale Herausforderung – auf globaler, nationaler wie lokaler Ebene.

## Die digitalen Potenziale für Nachhaltigkeit liegen weitgehend brach

Die Nutzung der digitalen Transformation für nachhaltige Entwicklung wurde lange vernachlässigt. Dementsprechend befinden sich die Betrachtung und Erschließung ihrer Potenziale für konkrete Anwendung und die Nutzung über theoretische Konzepte hinaus in einem vergleichsweise frühen Stadium, während die Transformation weiterhin ungebremst voranschreitet. Nachhaltige digitale Technologien und Anwendungen sind daher vielfach eher Folgeerscheinungen als konsequentes Weiterdenken. Gleiches gilt für Konzepte zur nachhaltigen Gestaltung der digitalen Transformation.

Die Konsequenz: Auch eine digitale Welt muss nachhaltig im Rahmen der planetaren Grenzen gestaltet werden – und gleichzeitig findet nachhaltige Entwicklung in einer digitalen Welt statt, sie muss deren Chancen und Herausforderungen mitberücksichtigen. Dieser grundlegende globale Transformationsprozess eröffnet neue Möglichkeiten für den Klima-, Natur- und Ressourcenschutz, die es zu realisieren gilt.

Digitalisierung muss aber auch kritisch betrachtet werden, etwa als Treiber von Konsum, Verkehr oder Produktionssteigerungen. Damit wächst der Druck, Digitalisierung so zu gestalten, dass negative soziale und ökologische Folgen durch den steigenden Energie- und Ressourcenverbrauch technischer Geräte und Infrastrukturen vermieden oder zumindest minimiert werden.

Dieser Zukunftsimpuls beschäftigt sich daher damit, wie digitale Transformation sich aus der Perspektive eines „Nachhaltigkeits-Pull“ denken und gestalten lässt: Es geht nicht darum, digitale Transformation zu verlangsamen oder gar zu verhindern, sondern vielmehr darum, Zukunftswissen zu skizzieren, das digital-nachhaltige Zukünfte richtungssicher ermöglicht.

Die Autor*innen liefern diese Analyse für verschiedene Bereiche von hoher Nachhaltigkeitsrelevanz: für Digitale Produktinformationssysteme, Künstliche Intelligenz, Stadtwandel, Mobilität, Ökodesign, Mensch-Maschine-Schnittstellen, den Ressourcenaufwand für die Digitalisierung sowie die Rolle des Gesetzgebers. Jeder Beitrag enthält einen konkreten Fünf-Punkte-Plan, der aufzeigt, welche Schritte möglich und zielführend sind, um das Ziel einer transformativen Digitalisierung zu erreichen, die Nachhaltigkeit ermöglicht, ohne dabei wirtschaftliche oder gesellschaftliche Potenziale liegen zu lassen. ◆

# Mit Digitalen Produktinformationssystemen die Grundlage für die Circular Economy schaffen

*Autoren: Dr. Holger Berg, Prof. Dr.-Ing. Stephan Ramesohl*

Der gezielte Aufbau digitaler Produktinformationssysteme, kurz DPIS, ist zentral für effektive Datenhaltung – nicht nur in der Kreislaufwirtschaft. Aber um die Systeme für nachhaltige Entwicklung nutzbar zu machen, sind noch wichtige Weichenstellungen nötig.

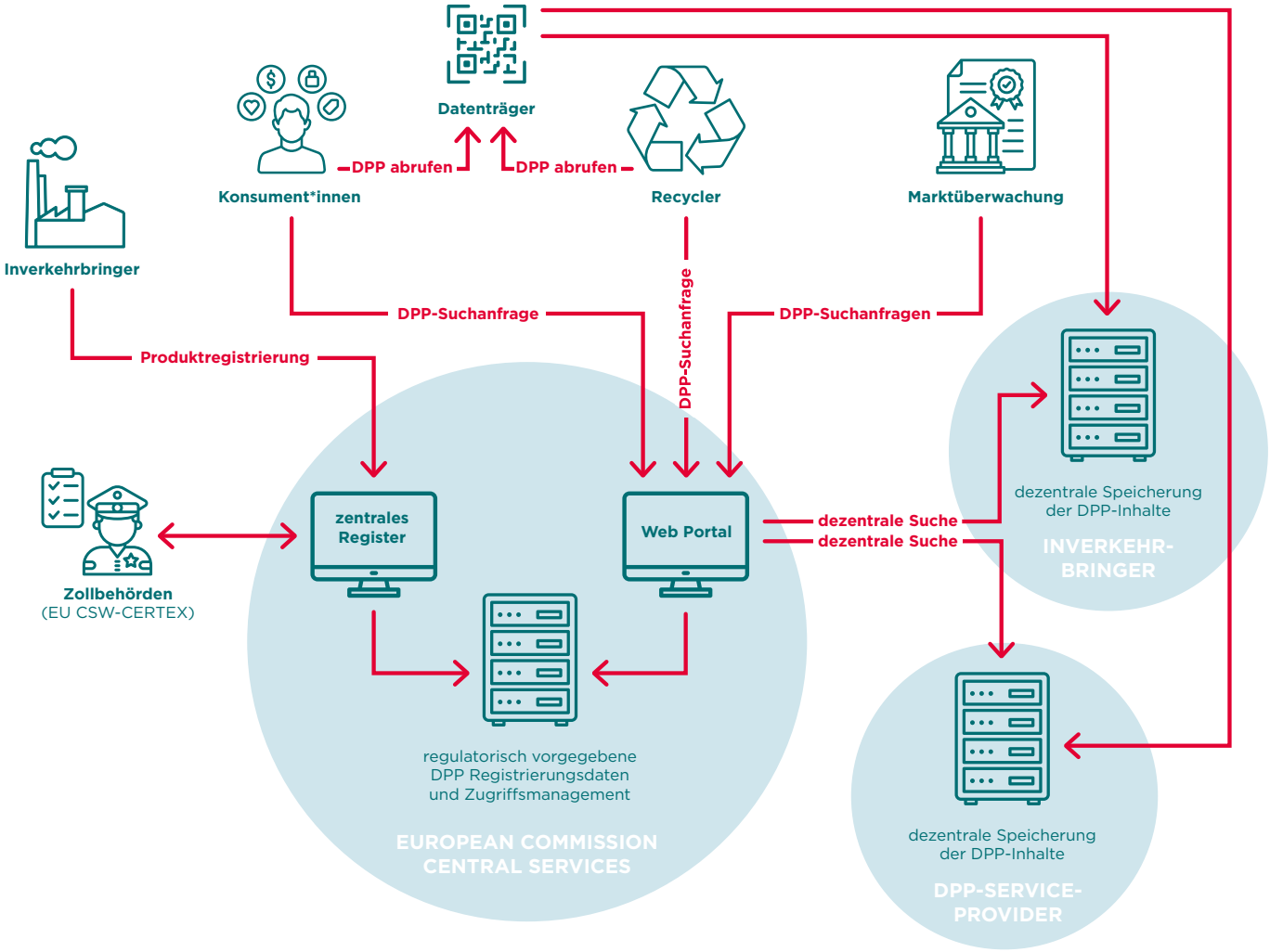
**1 Grundstein legen: Politik muss DPIS-Aufbau fördern – und regulieren**
Digitale Produktinformationssysteme brauchen politischen Willen als Anstoß – und klar definierte Ziele für die Umsetzung.

**2 Stakeholder müssen Governance und Standards gemeinsam aufbauen**
Der Aufbau von DPIS erfordert politische Reaktionsfähigkeit, echte Fehlerkultur – und breit angelegte Aushandlungsprozesse.

**3 International, interoperabel, technologieagnostisch: DPIS müssen global funktionieren**
Alle Beteiligten müssen an DPIS teilhaben können – speziell Entwicklungsländer sind unbedingt einzubinden.

**4 DPIS-Aufbau nutzen, um sich für die Twin Transformation aufzustellen**
Den Aufbau von DPIS als strategische Chance nutzen: für effiziente, versorgungssichere und nachhaltige Geschäftsmodelle.

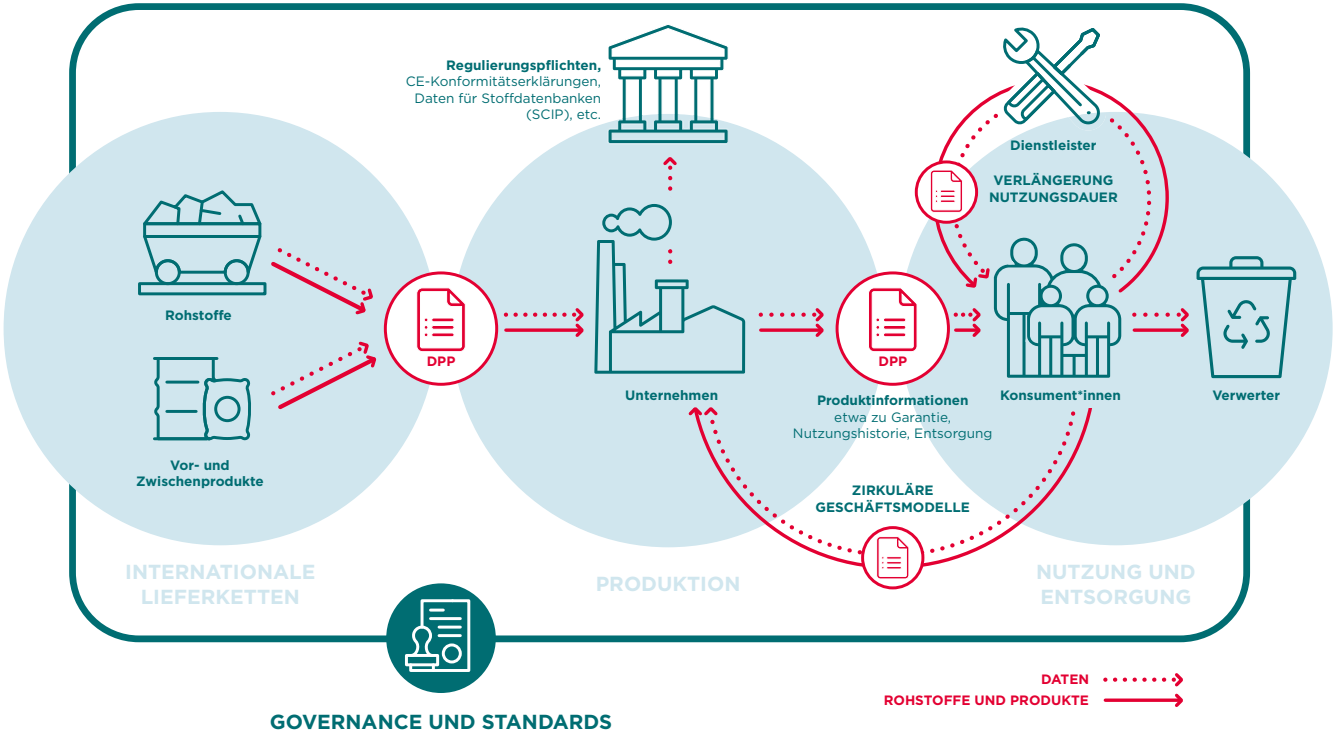
**5 Stories und Experience: DPIS müssen zugänglich sein**
Übergeordnete Ziele sowie Nutzer*innen und ihre Anwendungen von Anfang an zum Teil des DPIS-Systemdesigns machen.




**Geplantes DPP-System für den europäischen Produktpass:** Dieses System bildet die technische Architektur ab, auf deren Basis der DPP funktionieren soll.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Europäische Kommission (o. J.).

Digitale Produktinformationssysteme (DPIS) wie der Digitale Produktpass (DPP) bilden das technische Rückgrat einer produkt- und materialbezogenen Datenhaltung für die Circular Economy: Sie erzeugen, speichern und übertragen Informationen zu diversen Produkt- und Materialien-Eigenschaften – etwa Angaben zu Hersteller, Produktzusammensetzung, Qualitätsindikatoren wie Konformitätserklärungen, Leistungs- und Betriebsinformationen, sowie nachhaltigkeitsrelevante Parameter wie Reparierbarkeit, Umweltfußabdruck oder Behandlung am Ender der Lebensdauer.

Diese Informationen können Circular Economy-Strategien wie Reparatur, Refurbishment, Repurposing, Recycling und kreislauffähiges Design effektiver machen – oder überhaupt erst ermöglichen. Sie helfen nachhaltige Beschaffung zu vereinfachen, Verbraucher*innen nachhaltigen Konsum zu ermöglichen und das (Nachhaltigkeits-) Berichtswesen zu automatisieren.




Im **DPIS** erstellen Unternehmen mit Daten zu Rohstoffen und Vorprodukten den digitalen Produktpass (DPP) ihrer Produkte. Die Informationen helfen bei nachhaltigen Konsumentscheidungen, Dienstleistungen wie Reparaturen oder Refurbishments sowie optimaler Verwertung – und sind die Basis für zirkuläre Geschäftsmodelle wie Rücknahme und Aufarbeitung. Per DPP lassen sich auch produktbezogene Informationspflichten gegenüber Behörden effizient erfüllen. Klare Governance-Regeln und Standards sichern die Vergleichbarkeit und Datenqualität im DPIS.
Quelle: Wuppertal Institut.

DPIS bieten zudem neue Anknüpfungspunkte und Schnittstellen für den Datenaustausch zwischen Unternehmen und staatlichen Diensten – die Datenbereitstellung wird schlanker, einfacher und billiger. Für den Staat können DPIS eine wichtige Quelle für Datenerhebung, Statistik, Auswertung und Wirkungsmessung sein. Das erleichtert die Umsetzung von Politik im Vollzug, beispielsweise für Zoll, Marktüberwachung oder Nachweisführung in der Abfallwirtschaft, und fördert gleichzeitig eine „lernende Politik“, in der Maßnahmen und ihre Wirkungen überprüft und weiterentwickelt werden.

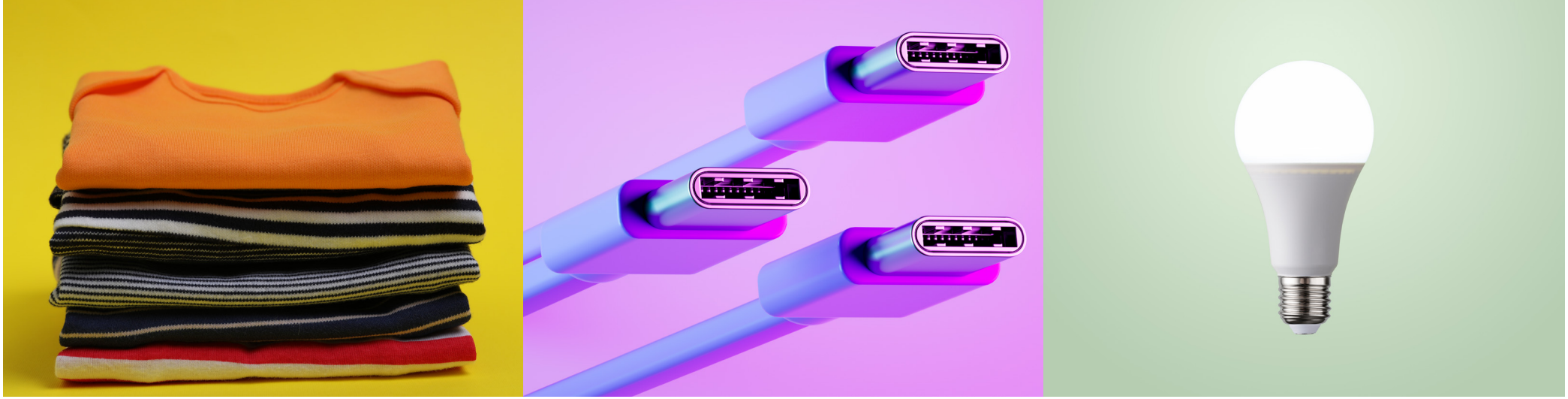
Ansätze zu DPIS entstehen aktuell weltweit. Vorreiter ist die EU, die unter anderem durch die Ökodesign- und die Batterieverordnung die DPPs und deren technische Infrastruktur einführt und mittelfristig zu zentralen Instrumenten für alle Produktregulierungen weiterentwickeln will. Aber: Um DPIS für nachhaltige Entwicklung nutzbar zu machen, sind noch wichtige Weichenstellungen nötig.

## Grundstein legen: Politik muss DPIS-Aufbau fördern – und regulieren

Das Beispiel DPP zeigt: DPIS entstehen nicht von selbst. Sie benötigen politischen Willen für den ersten Anstoß und die Entwicklung. Das ermöglicht, die Funktionen und Inhalte von DPIS gezielt zu designen, denn Politik und die umsetzenden Behörden haben die grundlegende Gestaltungsfähigkeit zum Aufbau der DPIS. Sie legen damit auch den Pfad für deren weitere Entwicklung, Nutzung und Akzeptanz. Politik muss dazu ein definiertes Ziel und ein entsprechendes Wirkungsinteresse verfolgen, nur dann kann sie klare rechtliche Rahmen setzen und Nutzungsanreize schaffen.

## Stakeholder müssen Governance und Standards gemeinsam aufbauen

Die Einführung komplexer DPIS kann nur iterativ erfolgen: Wie bei der Entwicklung anderer digitaler Systeme, ist ein Vorgehen über erste, eventuell kleine oder begrenzte Anwendungen als Minimum Viable Product,



Textilien, Kabel, LEDs: Selbst bei Commodities sind Lieferketten meist international aufgestellt, oft sogar global. Deshalb muss auch der Informationsfluss in DPIS global funktionieren, von Entwicklungs- und Schwellenländern bis in hochtechnologisierte Industrieländer – und andersherum.

oder in geschützten Räumen (Sandboxes) sinnvoll. Das ermöglicht gezieltes Lernen und Verbessern. Der Aufbau der DPIS erfordert damit eine politische Reaktionsfähigkeit, die die Geschwindigkeit digitaler Entwicklungen bewältigen kann. Nötig sind zudem die Toleranz, oder sogar der Wille, Fehler in Kauf zu nehmen, sowie die Fähigkeit zu schnellem, präzisem Nachjustieren – also eine echte, gelebte Fehlerkultur.

Um Anforderungen zu antizipieren, Entwicklungen vorwegzunehmen und Akzeptanz zu schaffen, sollten alle Stakeholder und Wissensträger*innen daher von Anfang an eingebunden werden. Das heißt keineswegs, es allen recht zu machen, sondern vielmehr unterschiedliche Sichtweisen und Motive zu berücksichtigen, um sie dann als Anreize und Funktionen in DPIS einzubauen. Insbesondere nicht-technische Regelungen, die den Betrieb und die Konventionen des Miteinanders im System betreffen, also die Systemgovernance, aber auch technische Grundlagen, sollten in Aushandlungsprozessen in geeignete Regeln überführt werden. Dazu sind passende Foren und Beteiligungsprozesse zu schaffen, die wegen der Notwendigkeit der Weiterentwicklung über die reine Systemeinführung hinaus wirken müssen.

## International, interoperabel, technologieagnostisch: DPIS müssen global funktionieren

Sowohl die Circular Economy als auch herkömmliche Lieferketten sind – selbst für einfache Produkte – meist international aufgestellt, oft sogar global. Daher muss auch der Informationsfluss global funktionieren. Dazu ist es zwingend notwendig, dass alle Beteiligten – gerade in Entwicklungsländern – an DPIS teilhaben können, um sie fair und funktionsfähig zu gestalten. Entwicklungsländer sind daher unbedingt in den Aufbau von DPIS einzubinden. Die Grundlage dafür sind internationale Abstimmungen, um gemeinsame Vorstellungen und Zielsetzungen zu entwickeln.

Technologische und semantische Interoperabilität sind hierbei besonders wichtig für die weltweite Kooperation: Nahtlose Zusammenarbeit bei Dateninteraktionen kann nur mit gemeinsamen Plattformen und Protokollen gelingen. Ein gemeinsames Verständnis und eine einheitliche Terminologie sind die Grundvoraussetzung für kooperativen Nutzen und die reibungslose Verwendung geteilter Daten. Dazu müssen allerdings nicht zwangsläufig dieselben Technologien verwendet werden – vielmehr sollten Abhängigkeiten von einem oder wenigen Anbietern strikt vermieden werden. Stattdessen sollte bei Regulierung und Normung echte Technologie- und Anbieteroffenheit forciert werden, etwa in Form von Open-Source-Software.

## DPIS-Aufbau nutzen, um sich für die Twin Transformation aufzustellen

Regulationen wie die Ökodesign-Verordnung erfordern immer mehr digitale Fähigkeiten von Unternehmen – was dazu führen kann, dass sie nur das vorgeschriebene Minimum an Daten liefern, um compliant zu sein. Das ist jedoch zu kurz gedacht: Unternehmen dürfen den Aufbau von DPIS nicht als lästige Pflicht begreifen, sondern vielmehr als strategische Chance, ihre Geschäftsmodelle zu transformieren und sich für die Twin Transformation – die Verbindung von digitalem Wandel und Nachhaltigkeit – zu wappnen.

Unternehmen sollten die Einführung von DPIS und DPPs für sich nutzen: Im Sinne einer Smart Circular Economy können sie ihre digitale Wettbewerbsfähigkeit erhöhen, ihre Prozesse und Lieferketten besser verstehen sowie ihre Prozesse und Geschäftsmodelle effizienter, versorgungssicherer und nachhaltiger machen. Insbesondere können sie so aber auch neue, zukunftsfähige Geschäftsmodelle entwickeln.

## Stories und Experience: DPIS müssen zugänglich sein

DPIS werden ihre Wirkung nur entfalten, wenn sie für die Zielgruppen gut verständlich und leicht benutzbar sind. So trivial es sich anhören mag: DPIS von der Attraktivität für die Zielgruppen her zu denken, um Use Cases und User Experience zu antizipieren, wird zu einem bedeutenden Anteil über ihren Erfolg entscheiden. Gleichzeitig ist die Berücksichtigung genau dieser Gesichtspunkte erfahrungsgemäß keine Selbstverständlichkeit: Erhofft man sich etwa, dass Verbraucher*innen nachhaltigere Kaufentscheidungen treffen, dann müssen auch die dafür relevanten Informationen schnell, klar und einfach verfügbar sein. Sollen DPIS-Informationen grüne Beschaffung vereinfachen, müssen die Einkaufenden relevante, verlässliche und belastbare Informationen bekommen – und dies auch dokumentieren können. Sollen DPIS-Informationen für eine R-Strategie wie Refurbishment genutzt werden, müssen die dafür benötigten Produkt- und Komponenten-Spezifikationen abrufbar sein und Refurbisher müssen wissen, welche Produktteile ihrer Aufmerksamkeit bedürfen und welche nicht. Die Nutzenden und die von ihnen getätigten Anwendungen sollten daher von Anfang an Teil des Systemdesigns sein. ◆

# Künstliche Intelligenz als Treiber zukunftsfähiger Wettbewerbs-fähigkeit

*Autor*innen: Dr. Justus von Geibler, Dr. Manuel Bickel, Toni Gnanko*

Angesichts der dynamischen Entwicklung von Künstlicher Intelligenz sollten dringend nachhaltige und vertrauenswürdige KI-Anwendungen gefördert werden, um Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen nicht zu gefährden.

1 **Nachhaltige KI-Anwendungen: Transfer in die Wirtschaft erleichtern**
Unternehmen brauchen Zugang zu nachhaltigen, vertrauenswürdigen KI-Tools – und Know-how zur Entwicklung sicherer KI-Prozesse.

2 **Grüne Daten: Datenverfügbarkeit für nachhaltige KI gewährleisten**
Verfügbarkeit umwelt- und klima-relevanter Daten durch Regulierung sichern, Standards für Interoperabilität und Nutzung fördern.

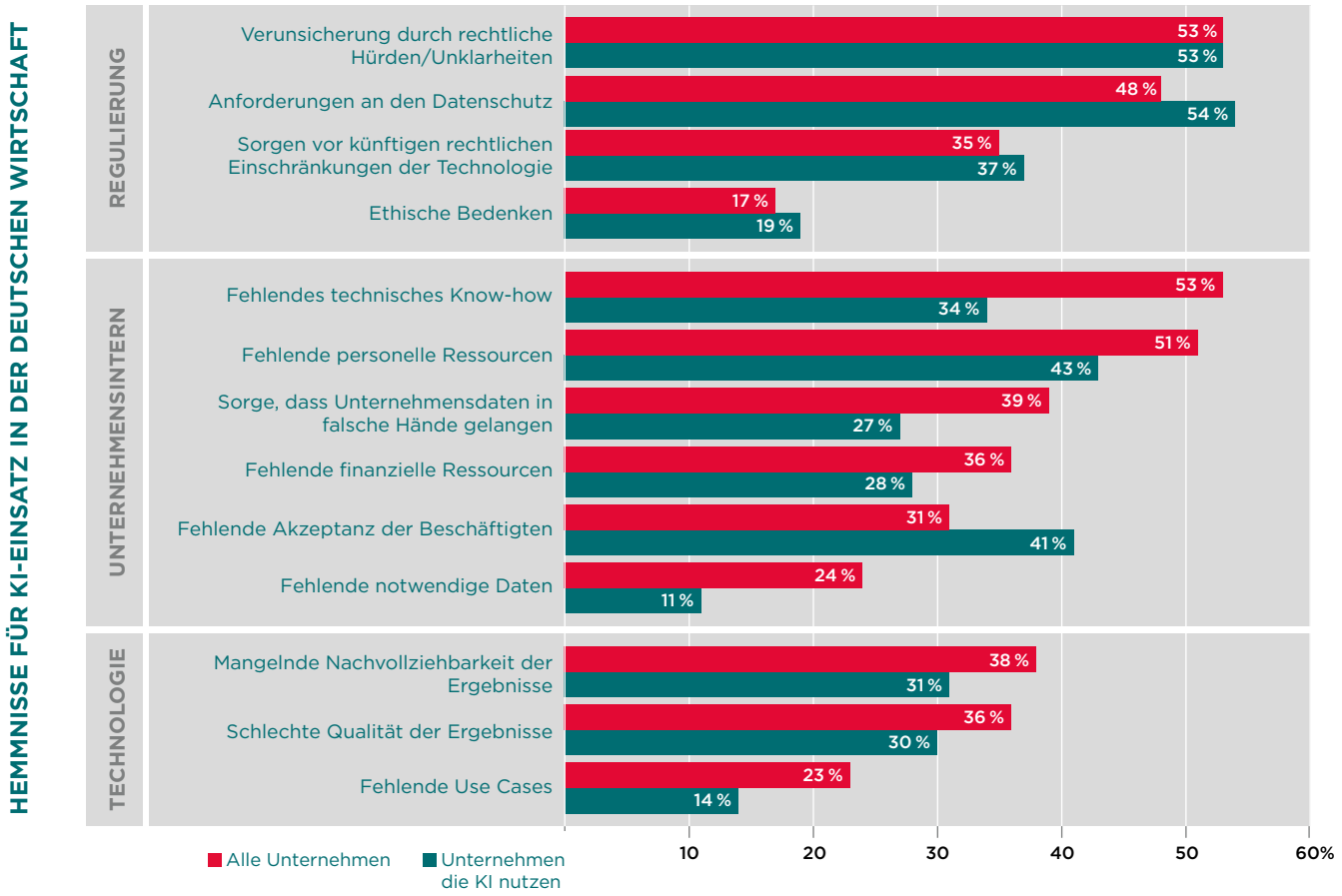
3 **Mit verantwortungsvollem KI-Einsatz Überkonsum vermeiden**
Mit gesetzlichen Standards für KI auf Online-Plattformen Verbraucher*innen wirkungsvoll vor Manipulation und Überkonsum schützen.

4 **Agile KI-Regulierung in regulativen Reallaboren und Governance-Labs**
Mit politischen Instrumenten agil auf die Dynamik der KI-Entwicklung reagieren und Herausforderungen kollaborativ bewältigen.

5 **Grüne und faire KI: Märkte durch nachhaltige Beschaffung entwickeln**
Durch gezielte Impulse aus der öffentlichen Beschaffung Märkte für nachhaltige KI und grüne Rechenleistung entwickeln.

Künstliche Intelligenz wird als einer der wichtigsten Treiber von Wirtschaftswachstum und Börsenkursen weltweit angesehen. Doch trotz des Hypes sind selbst die meisten großen KI-Player, wie OpenAI oder Anthropic, weit davon entfernt, die prognostizierten Produktivitätssteigerungen zu liefern oder kostendeckende Geschäftsmodelle für sich selbst zu entwickeln. Gleichzeitig nutzen große Tech-Unternehmen wie Microsoft, Google und Amazon immer häufiger Large Language Models, um ihre daten- und gewinnorientierten Geschäftsmodelle auszubauen – allerdings weniger, um ihren Kund*innen effizientere oder produktivere Lösungen zu bieten, sondern vor allem für Datenanalysen im Marketing, manipulative Designs oder den Einbau von E-Commerce-Funktionen in KI-Tools, etwa den Instant Checkout von OpenAI.

Dabei gerät in den Hintergrund, dass es sehr wohl dedizierte KI-Anwendungen mit enormen Potenzialen gibt: Sie erzielen beeindruckende Ergebnisse in der medizinischen Diagnostik, sorgen für automatisierte, effiziente Industrieprozesse oder beschleunigen Forschung durch die Analyse großer Datenmengen. Allein in Deutschland gibt es tausende Beispiele für KI-Anwendungen, die weit mehr liefern als Chatbots und Bildgeneratoren – ein guter Teil davon KI-Tools für nachhaltige Entwicklung.




Ergebnisse einer repräsentativen Befragung von 604 Unternehmen in Deutschland ab 20 Beschäftigten im Auftrag des Digitalverbands Bitkom.
Quelle: In Anlehnung an Bitkom Research 2025. In: Wintergerst, R. (2025): KI in der deutschen Wirtschaft: Status quo und Ausblick. Bitkom.

Deutschland und die EU mit ihrer demokratischen Ordnung bieten eine verlässliche Basis für die Entwicklung vertrauenswürdiger KI-Systeme mit hohem gesellschaftlichem Nutzen. Dabei kann auf vielen regionalen Innovationsökosystemen aufgebaut werden, wie dem KI-Transfer-Hub Schleswig-Hol-

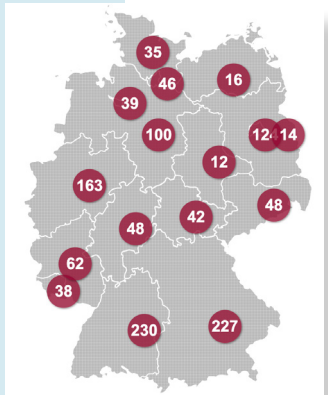
stein oder dem KI-Campus-Hub NRW, auf nationalen Initiativen wie der Hightech Agenda Deutschland, der KI-Strategie der Bundesregierung, den KI-Leuchttürmen für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen, dem KI-Campus des Stifterverbandes für Künstliche Intelligenz sowie auf europäischen Initiativen, etwa dem europäischen KI-Gesetz oder dem EU-Aktionsplan zur Förderung der Künstlichen Intelligenz. Doch um die KI-Chancen für einen wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Wirtschaftsstandort Deutschland voll auszuschöpfen, besteht dringender Handlungsbedarf: Angesichts der gegenwärtig stagnierenden Produktivitätsentwicklung und des zunehmenden internationalen Wettbewerbs sollte eine aktive, zielgerichtete Politik grüne und faire KI entlang gesamter Wertschöpfungsketten fördern.

### Nachhaltige KI-Anwendungen: Transfer in die Wirtschaft erleichtern

Während viele große Unternehmen die Ressourcen haben, KI-Wissen wettbewerbsförderlich zu nutzen, fehlen kleinen und mittleren

## Plattform Lernende Systeme

Die Plattform Lernende Systeme bündelt auf ihrer KI-Landkarte Informationen zu über 1.000 in Deutschland entwickelten Anwendungen – rund 20 Prozent mit Fokus auf Nachhaltigkeit. Zudem bietet die Website weitere Informationen rund um KI, beispielsweise zu Förderprogrammen, Akteur*innen oder Kennzahlen zu KI in Deutschland.




→ zur Plattform Lernende Systeme

Das VDI Technologiezentrum hat mit dem Wuppertal Institut eine Potenzial-Landkarte erstellt, die systematisch die Chancen von KI für Metallmanagement darstellt. Sie zeigt, wo KI-Technologien heute und in Zukunft dazu beitragen können, Metalle effizienter, nachhaltiger und zirkulär zu nutzen – und bietet Unternehmen Orientierung, die hier aktiv werden wollen.



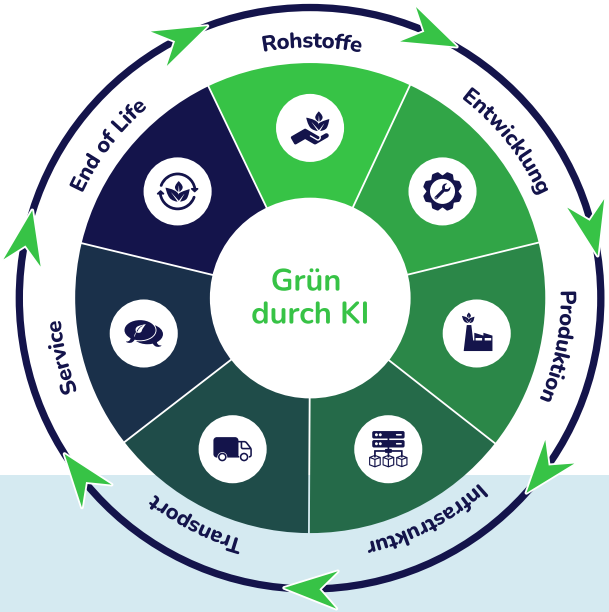

→ zur Potenzial-Landkarte

Fragen zur Potenzial-Landkarte?
Melden Sie sich gerne!

Dr. Manuel Bickel
Mail: manuel.bickel@wupperinst.org
Tel.: 0202 2492-190

Unternehmen (KMU) diese Zugänge häufig. KMU benötigen besseren Zugang zu KI-Know-how und nachhaltigen, vertrauenswürdigen KI-Lösungen, um ihre Agilität und Innovationskraft für die Entwicklung, Nutzung und Verbreitung nachhaltiger Geschäftsmodelle und Produktivitätssteigerungen ausschöpfen zu können.

Um wirksam vor Risiken von KI zu schützen und einen sicheren Umgang mit KI-Systemen zu gewährleisten, sollten Unternehmen die menschliche Aufsicht von KI-Systemen nicht nur als gesetzliche Pflicht verstehen, sondern als aktiv ausgeübte Verantwortung und Chance für nachhaltige Wertschöpfung. Die nationale Politik sollte erfolgreiche Initiativen stärken, insbesondere zum Transfer von KI-Know-how in die Wirtschaft und zur Einbindung innovativer KMU und KI-Start-ups in die KI-Förderung, etwa in die Flaggschiff-Maßnahmen der Hightech Agenda. Einzelne auf Umwelt und Nachhaltigkeit ausgerichtete KI-Transferzentren wie der Green-AI Hub Mittelstand zeigen, wie offene, übertragbare KI-Anwendungen schnell in die KMU-Praxis gebracht und Synergien zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Ressourceneffizienz genutzt werden können.



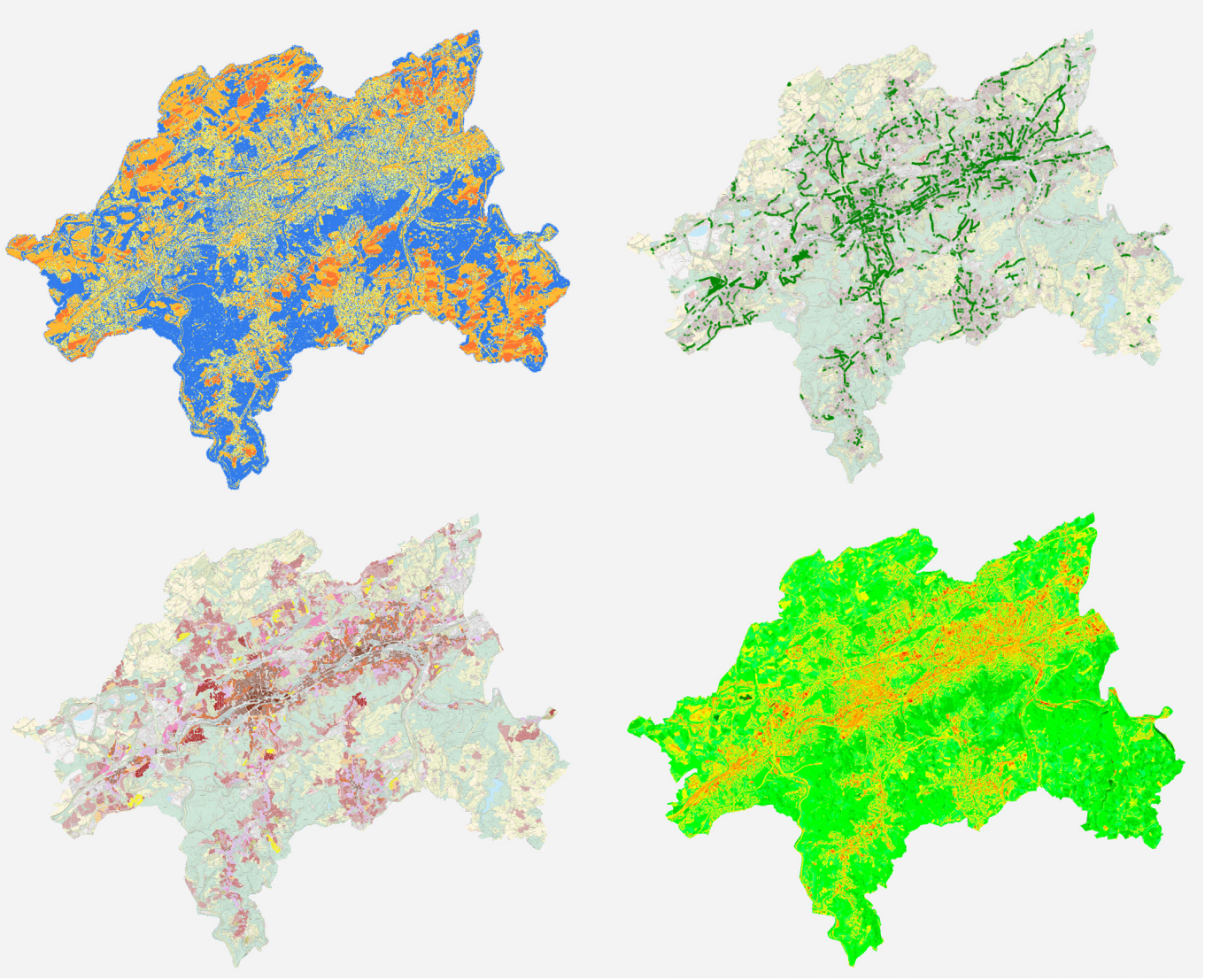

## Green AI Hub Mittelstand: KI praxisnah – und ressourceneffizient

Der Green-AI Hub Mittelstand des Bundesumweltministeriums fokussiert auf die Nutzung von KI für Ressourceneffizienz in Unternehmen. Zur Förderung der Zukunftssicherung des Mittelstands und des Umweltschutzes bietet der Hub praxisnahe, individuelle und lösungsorientierte Angebote: In Kooperation mit KMU werden prototypische Lösungen für ressourceneffizienten KI-Einsatz entwickelt, Potenziale von KI für konkrete Prozesse in KMU demonstriert und mittels ökologischer Lebenszyklusanalyse bewertet. Die „Guidelines for Green AI“ des Hubs bieten KI-Entwickler*innen Ansatzpunkte, um KI-Systeme ökologisch nachhaltig zu gestalten und einzusetzen.

→ zur Website des Green-AI Hub Mittelstand

## Grüne Daten: Datenverfügbarkeit für nachhaltige KI gewährleisten

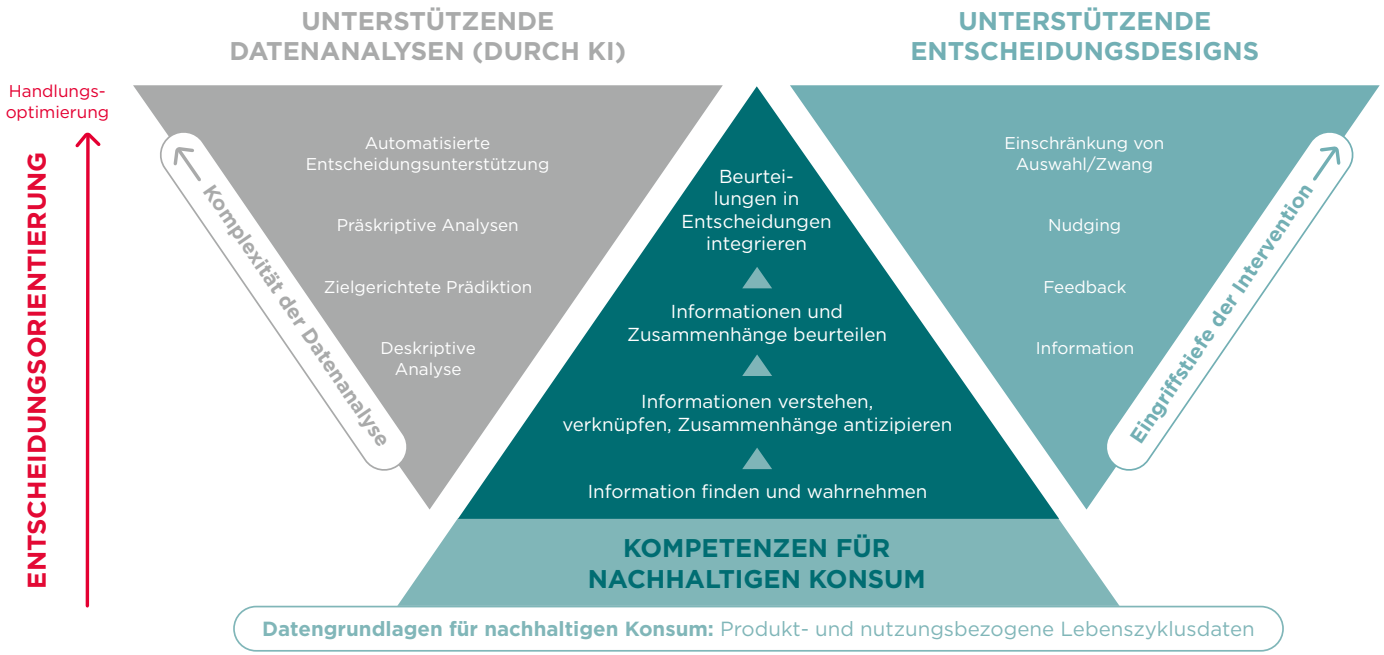
Für wirkmächtige KI-Anwendungen im Umweltbereich ist eine belastbare Datengrundlage essenziell. Um die Potenziale von KI für Klima- und Ressourcenschutz sowie nachhaltiges Wirtschaften voll auszuschöpfen, muss die Verfügbarkeit umwelt- und klimarelevanter Daten substanziell verbessert werden. Eine Schlüsselrolle spielen hierbei digitale Zwillinge, etwa für Naturschutz und Klimaanpassung, digitale Datenräume und insbesondere der Digitale Produktpass (DPP), da er produkt- und nutzungsbezogene Daten transparent über den gesamten Lebenszyklus erfassen und bereitstellen soll. Diese Informationen bilden die Grundlage für nachhaltige Entscheidungen. Neben dieser umfangreichen Datengrundlage sind klare Regelungen für die Datennutzung und die Schaffung technischer Standards für Interoperabilität des DPP und anderer Systeme notwendig. Nur durch die flächendeckende Verfügbarkeit grüner Daten, den einfachen Zugang zu Datenplattformen, sektorübergreifende Schnittstellen und die Unterstützung und Nutzung der Standardisierung, etwa im Rahmen der ISO 59000-Familie oder der KI-Arbeitsgruppen des Europäisches Komitees für elektrotechnische Normung, können Unternehmen und Forschung effizient nachhaltige Lösungen für die sozial-ökologische Transformation entwickeln und umsetzen.



**Digitale Zwillinge** haben zahllose Anwendungsgebiete, von Produktdesign und Prototyping über industrielle Fertigung und Instandhaltung bis hin zu Medizin und Forschung. Die Stadt Wuppertal nutzt ihren „DigiTal Zwilling“ unter anderem für nachhaltige Stadtentwicklung, Klimaanpassung und zukunftsfähige Mobilitätsplanung. V. l. o. n. r. u.: Jahressolarpotenzial, Bäume, Stadtraumtypen, Wärmebild.
© Stadt Wuppertal, DigiTal Zwilling, https://smart.wuppertal.de/projekte/digital-zwilling.php.

## Verantwortungsvoller KI-Einsatz: Verbraucher*innen vor Überkonsum schützen

Das Konsumverhalten wird derzeit erheblich durch digitale Plattformen, wie Google, Amazon oder Temu geprägt, sowie von KI-basierten Anwendungen entlang der Customer Journey. Verbraucher*innen werden auf Online-Plattformen oft intransparent in ihrem Konsumverhalten beeinflusst. Besonders problematisch sind sogenannte manipulative Designpraktiken, wie sogenannte „Dark Patterns“ – es benötigt klare Leitlinien für einen nachhaltigen, transparenten und fairen Konsum im digitalen Raum. Transparenzpflichten, verpflichtende Designvorgaben oder Aufklärungs- und Bildungsangebote können helfen, Kompetenzen für nachhaltige Konsumentscheidungen in einer zunehmend schnelllebigen und digitalen Welt zu fördern.




Für **nachhaltige Konsumentscheidungen** bedarf es der Stärkung der Kompetenzen von Verbraucher*innen, relevante Informationen zu erkennen, zu verstehen und zu beurteilen – und in Konsumentscheidungen zu integrieren. Unterstützen können dabei KI-gestützte Datenanalysen sowie die Anpassung von Entscheidungsdesigns.
Quelle: adaptiert von Geibler & Gnanko, 2021, S. 8, basierend auf Frické, 2019; Zimmermann-Janssen et al., 2021, Lockton, 2012.

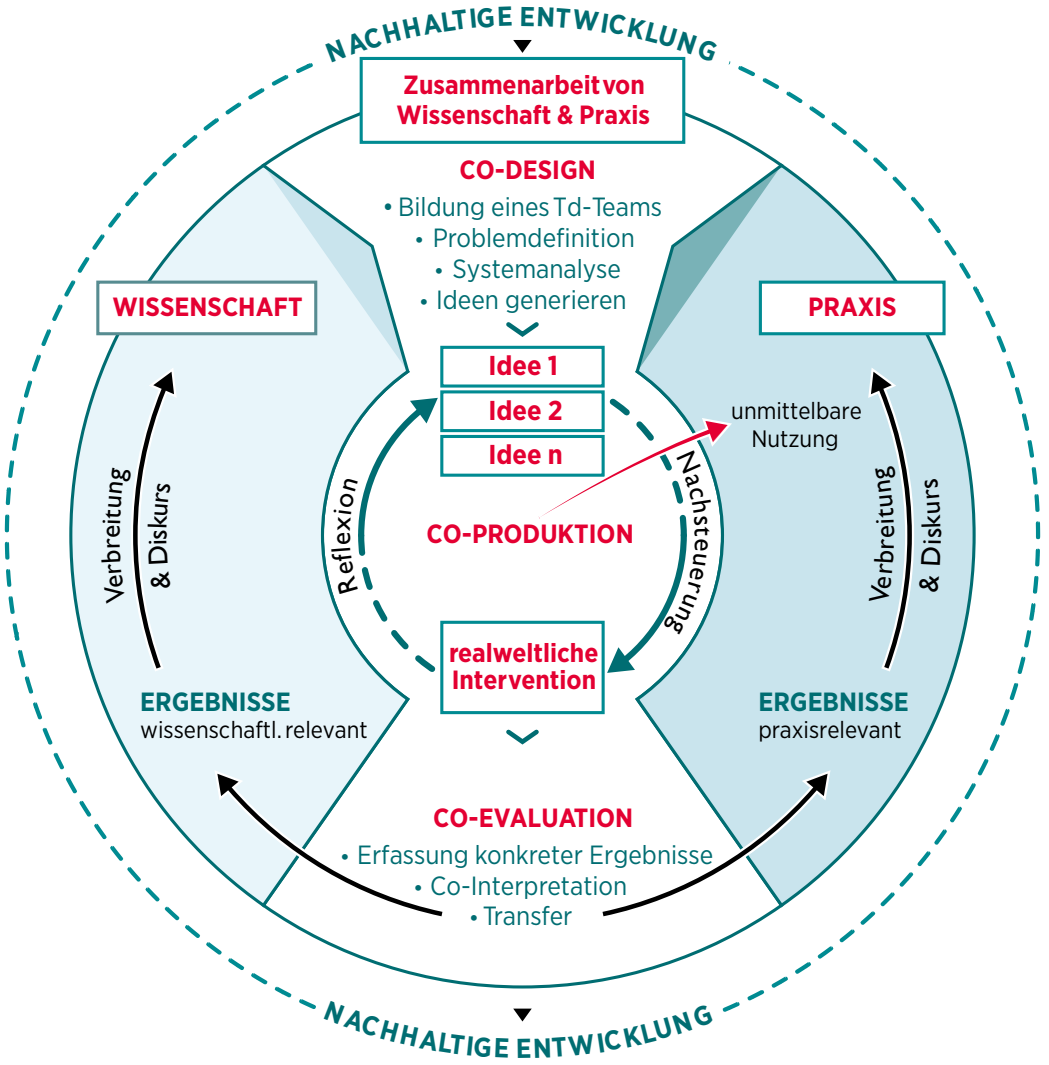
## Agile KI-Regulierung: regulative Reallabore und Governance-Labs nutzen

Die Politik steht bei der Regulierung dynamischer KI-Entwicklung derzeit vor großen Herausforderungen: Der technologische Fortschritt ist für die politische Rahmung oft zu rasant. Der „EU AI Act“ bietet einen wichtigen Rechtsrahmen für KI, bedarf allerdings weiterer Ausführungen und Konkretisierungen. Um auf Veränderungen und dynamische KI-Entwicklungen reagieren zu können, braucht es daher vorausschauende und lernfähige Gestaltungsansätze für politische Entscheider*innen. Regulative Reallabore oder Governance-Labs bieten das Potential, technische, rechtliche sowie gesellschaftliche Herausforderungen zu bearbeiten und Lösungsansätze im Zusammenspiel von Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft ko-kreativ zu entwickeln.

## Grüne und faire KI: Märkte durch nachhaltige Beschaffung entwickeln

Grüne und faire KI ist bislang kaum etabliert. Der Staat sollte daher eine Vorreiterrolle einnehmen, indem er mit gezielten Impulsen – etwa über nachhaltige Beschaffung – neue Märkte erschließt und verantwortungsvolle KI-Innovationen fördert. Die öffentliche Hand etwa kann bei der Beschaffung von KI-Systemen und Rechenleistung verantwortungsvoll agieren, indem sie konkrete Anforderungen an Energieeffizienz und Transparenzpflichten zum Ressourcenverbrauch von KI-Modellen stellt, um umweltverträgliche Infrastruktur zu fördern. Konkrete Instrumente, wie der Leitfaden zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung „Rechenzentren und Rechenzentrums-Dienstleistungen“, unterstützen öffentliche Auftraggeber dabei. Auch im Bereich der Beschaffung können Reallabore genutzt werden, um nachhaltige Lösungen partizipativ mit relevanten Akteuren zu entwickeln. ◆

**REALLABORE ALS STRUKTURIERTES ZUSAMMENSPIEL VON WISSENSCHAFT UND PRAXIS**




In **Reallaboren** bearbeiten Wissenschaft und Praxis gemeinsam gesellschaftliche Herausforderungen. In den Phasen Co-Design, Co-Produktion und Co-Evaluation wird Wissen geteilt, Lösungen werden gemeinsam entwickelt und erprobt. Die inhaltlichen und räumlichen Grenzen des Labors sowie die Rollen der Beteiligten werden iterativ angepasst, so dass ein dynamischer Lern- und Veränderungsprozess entsteht. Quelle: Wanner et al., 2018. Towards a cyclical concept of real-world laboratories: a transdisciplinary research practice for sustainability transitions; eigene Übersetzung, Wuppertal Institut.

# Mit User Interfaces als transformatives Gestaltungselement nachhaltiges Verbraucherverhalten fördern

*Autor*innen: Aileen Reichmann, Christoph Speiser-Tochtrop, Dr. Vita Zimmermann*

Gut gestaltete Interfaces fördern nachhaltiges Verhalten – und können für Unternehmen zum zentralen Faktor werden, um die disruptiven Umbrüche der Nachhaltigkeitstransformation strategisch zu nutzen.

**1 Mit Interfaces digitale Wertschöpfungsketten erschließen**
Die disruptiven Umbrüche der Nachhaltigkeitstransformation zur Kundengewinnung und -bindung nutzen – und Marktanteile sichern.

**2 Mit individuellem Verhaltens-Feedback Nachhaltigkeitspotenziale heben**
Mit offener Kommunikation von Zielen, Optionen und Wirkung passive Verbraucher*innen zu Mitgestalter*innen der Transformation machen.

**3 Kompetenzen für souveräne Nutzung digitaler Technologien fördern**
Durch gezielte Gestaltung von Interfaces das Erlernen von Digitalkompetenzen unterstützen und nachhaltiges Verhalten anreizen.

**4 Inklusion durch digitale User Interfaces fördern**
Die Digitalisierung des Alltags für alle zugänglich machen – unabhängig von Alter, Bildung, Sprache und sozialen Faktoren.

**5 Vertrauen durch Datenschutz sichern**
Durch geeignete Rahmenbedingungen für Datenschutz und Datensouveränität breite Akzeptanz für digitale Schnittstellen schaffen.

Die Vielzahl und Komplexität der Veränderungen im Rahmen der Nachhaltigkeitstransformation können Verbraucher*innen überfordern – vor allem, wenn sie technisch geprägt und abstrakt sind. User Interfaces, über die Nutzer*innen mit digitalen Produkten und Dienstleistungen interagieren, können hier eine zentrale Rolle übernehmen: Indem sie als Schnittstelle zwischen Mensch und Technik sowohl komplexe Prozesse als auch das eigene Handeln (be-)greifbar machen, können sie Verständnis für Veränderungen fördern und Teilhabe ermöglichen. So wird die Transformation erlebbar und mitgestaltbar – entscheidend ist dabei jedoch, wie die Interfaces im Detail gestaltet werden.

Es gibt eine **Bandbreite an User Interfaces,** die durch die Digitalisierung ermöglicht werden. Sie können nachhaltige Verhaltensweisen fördern – von der effizienten Steuerung von Energieflüssen (Wallbox) bis hin zur geteilten Nutzung von Ressourcen (Car-/Ridesharing) oder mehr Transparenz (Smart Meter). Sie können komplexe Prozesse in benutzerfreundliche Interaktionspunkte übersetzen, die Nutzer*innen das Treffen nachhaltiger Entscheidungen erleichtern.
Quelle: Wuppertal Institut.

## ANWENDUNGSBEISPIELE FÜR USER INTERFACES

### WALLBOX



Reduziert Kosten und entlastet das Netz durch bidirektionales Laden/Grid Service

### SMARTER DUSCHKOPF



Reduziert Kosten durch weniger Wasser- und Energieverbrauch

### SMARTES THERMOSTAT




Reduziert Kosten durch optimierte Steuerung der Heizung

### SMART METER



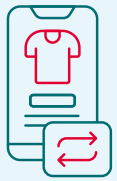
Erhöht Transparenz und entlastet das Netz durch verbesserte Informationen und bessere Planbarkeit

### SMART HOME ENERGIEMANAGEMENT



Optimiert eigenen Verbrauch und entlastet das Netz durch verbesserte Informationen und bessere Planbarkeit

### TAUSCH-/SECOND-HAND-PLATTFORMEN



Kauf/Verkauf gebrauchter Produkte vermeidet Abfall und reduziert Material- und Energieverbrauch

### CAR-/RIDESHARING-PLATTFORMEN



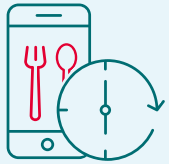
Reduziert Kosten individueller Mobilität und erhöht Material- und Ressourceneffizienz

### VIRTUELLE KRAFTWERKE



Ermöglicht Partizipation an der Energiewende und steigert den Anteil erneuerbarer Energien

### FOOD SHARING/ LEBENSMITTELRETTUNG



Reduziert Kosten für Lebensmittel und vermeidet Lebensmittelverschwendung

## Vom Produkt zum Service: Interfaces erschließen digitale Wertschöpfungsketten

Die disruptiven Umbrüche der Nachhaltigkeitstransformation ballen sich in der nächsten Dekade – und das gleich in mehreren deutsche Kernindustrien. Zentrale Entwicklungen wie der Smart-Meter-Rollout, das Verbrenner-Aus oder der Boom bei Balkonkraftwerken und Heimspeichern rütteln nicht nur den Energiemarkt durch, sondern auch den Automotive-Sektor und Anbieter von Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Sanitäranlagen: Bisher getrennte Märkte werden digital verbunden, die Marktanteile neu ausgehandelt – etwa durch Plattformmodelle, die Verbraucher*innen zu Prosumer*innen machen, die eigenen Solarstrom einspeisen und ihren Verbrauch flexibilisieren. Damit einher geht eine grundsätzliche Neuaufstellung der Kundenbeziehungen: Auch sie werden digitaler, die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik gewinnt massiv an Bedeutung. So werden Interfaces sowohl zum zentralen Faktor für Kundengewinnung und -bindung als auch zum Enabler für Millionen von Menschen, als Prosumer*innen direkt von der Nachhaltigkeitstransformation zu profitieren.

## Mit Feedback zu individuellem Verhalten Nachhaltigkeitspotenziale heben

User Interfaces sind mehr als Bedienoberflächen. Sie können individuelles Verhalten und dessen Folgen sichtbar machen und strukturieren. Gut gestaltete Interfaces können Verbraucher*innen aufzeigen, wie ihr Handeln zu gesellschaftlichen, sozialen und ökologischen Zielen beiträgt – und zu ihren eigenen: Durch gezielte Visualisierung und Feedback-Mechanismen lassen sich die Auswirkungen von Entscheidungen direkt an die Nutzer*innen zurückspiegeln. Smarte Thermostate etwa können sowohl ökologische Effekte darstellen, wie die Reduktion von CO2-Emissionen, als auch persönliche Vorteile, wie Kosteneinsparungen. Dazu müssen die relevanten Informationen verständlich



Von Gebäudetechnik über Energieversorger bis hin zum Automotive-Sektor: Bisher getrennte Märkte werden digital verbunden, die Marktanteile neu ausgehandelt.



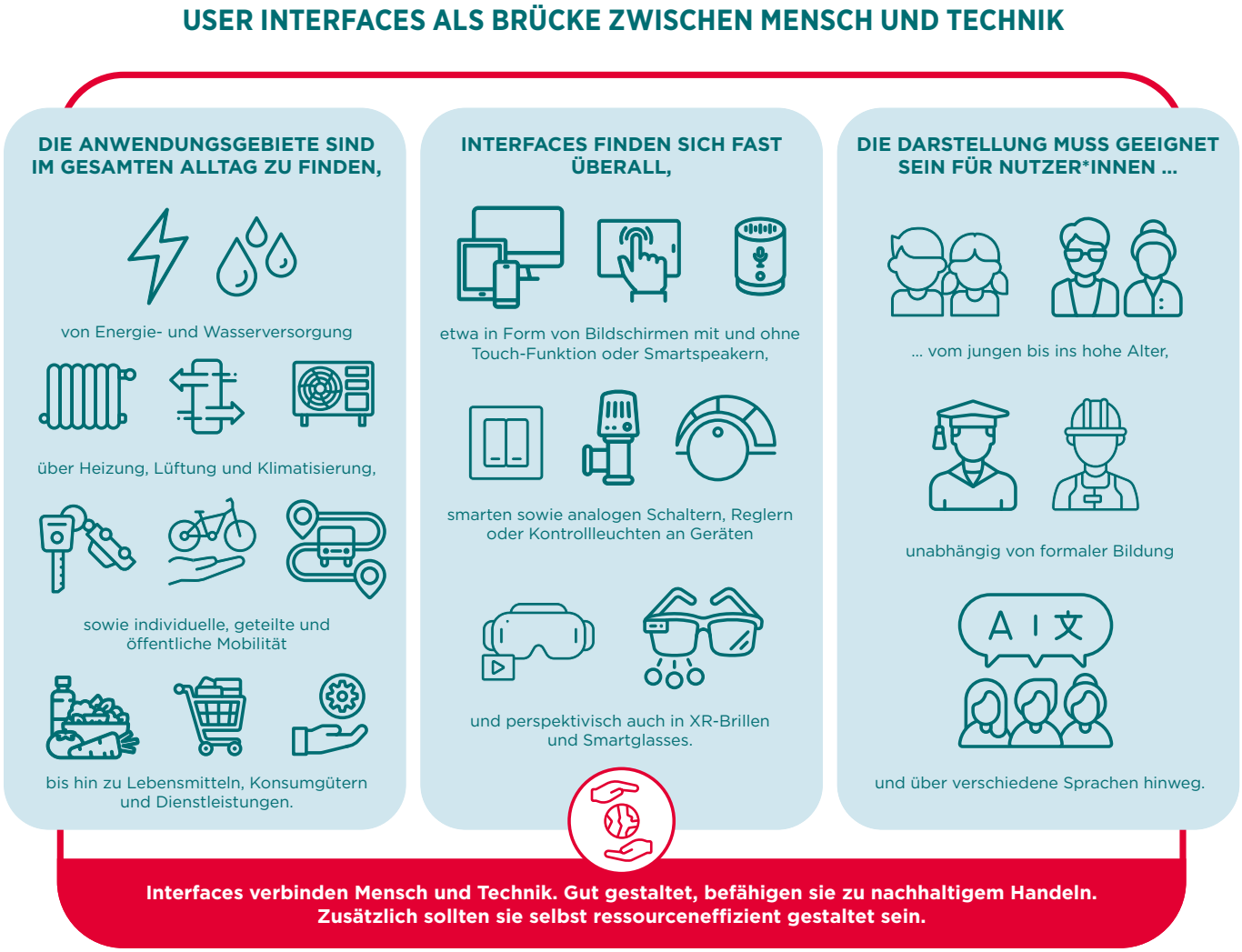
Wohnen, Mobilität, Konsum: Interfaces können Lernprozesse anstoßen, die nachhaltiges Verhalten im Alltag fördern. Einmal verinnerlicht, wirken die erlernten Fähigkeiten oft auch ohne digitale Unterstützung.

und ansprechend dargestellt werden. Auch Menge und Frequenz der Informationen sollten sinnvoll gewählt sein: Statt Anwender*innen mit einem ständigen Datenstrom zu überfordern, sollten Entwickler*innen Informationen gebündelt und zielgruppenspezifisch aufbereiten. Beim Stromverbrauch etwa kann kumuliertes, punktuelles Feedback verhaltenswirksamer sein als permanente Echtzeit-Informationen zu allen Verbrauchswerten.

Eine solch handlungsorientierte Aufbereitung stärkt die wahrgenommene Selbstwirksamkeit der Nutzer*innen: Wenn die Anpassung des eigenen Verhaltens als Gestaltungsspielraum erlebt wird statt als Einschränkung, hat dies das Potenzial, Akzeptanz und Teilhabegefühl zu stärken – ein wichtiger Motivator für Verhaltensänderungen. So macht transparente Kommunikation von Zielen, Optionen und Wirkung passive Verbraucher*innen zu aktiven Mitgestalter*innen der Transformation. Grundvoraussetzung dafür ist allerdings, dass Politik und Wirtschaft schnellstmöglich die dafür notwendige Infrastruktur digitalisieren – etwa durch Smart Meter – und die relevanten Informationen sinnvoll zusammenführen.

## Kompetenzen für souveräne Nutzung digitaler Technologien fördern

Interfaces können nur dann einen Betrag zur Transformation leisten, wenn die Anwender*innen sie souverän und reflektiert nutzen können. Dafür brauchen sie die Fähigkeit, digitale Informationen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Wenngleich diese digitalen Schlüsselkompetenzen im Bildungssystem und durch gezielte Weiterbildung gefördert werden sollten, können Entwickler*innen digitaler Produkte und Dienstleistungen auch hier einen wichtigen Beitrag leisten: Nämlich indem sie Interfaces so gestalten, dass sie nicht nur so verständlich sind wie möglich, sondern auch das Erlernen von Digitalkompetenzen unterstützen – und gleichzeitig nachhaltiges Verhalten anreizen, etwa durch Nudging. Im




**User Interfaces können in unterschiedlichen Formen auftreten,** von digitalen Anwendungen bis hin zu konventionellen Schaltern. Entscheidend ist eine digitalisierte Infrastruktur und die intelligente Verknüpfung von Informationen. Die Art der Interaktion kann uni- oder bidirektional sein. Die Nutzung muss unabhängig von individuellen Lebenssituationen gewährleistet sein. Zusätzlich sollte die Ressourceneffizienz der Interfaces selbst berücksichtigt werden.
Quelle: Wuppertal Institut.

besten Fall stößt das sogar Lernprozesse an, die Verbraucher*innen in anderen Alltagssituationen nutzen können: Wer beispielsweise mit digitaler Unterstützung verinnerlicht hat, dass Kipplüften bei laufender Heizung ineffizient ist, kann dieses Wissen auch ohne digitale Hilfe nutzen.

## Inklusion durch digitale User Interfaces fördern

Die Digitalisierung des Alltags muss für alle Menschen zugänglich sein und ihnen Teilhabemöglichkeiten bereitstellen – unabhängig von Alter, Bildung, Sprache, sozialer Lage und Lebenssituation. Entwickler*innen von Interfaces sollten daher darauf achten, sie barrierearm, inklusiv und adaptiv zu gestalten. Dabei ist das Design der Interfaces ausschlaggebend: Es kann aus Bild-, Text- und Audiokombinationen bestehen und sowohl digitale wie dingliche Kanäle nutzen, etwa digital ausgelesene Schalter oder Drehregler. So können Schnittstellen für unterschiedliche Zielgruppen zugänglich werden – von der Schülerin bis zum Rentner und für Personen mit niedrigem Bildungsstand ebenso wie für

*Viele Konsument*innen geben zwar an, großen Wert auf Privatsphäre zu legen – im Alltag aber schnell persönliche Daten preiszugeben, wenn sie dafür einen direkten Nutzen erhalten.*

Akademiker*innen. Inklusive User Interfaces berücksichtigen zudem unterschiedliche Alltagsrealitäten: Statt starrer Strukturen bieten sie individuelle Anpassungsmöglichkeiten – beim Energiemanagement beispielsweise flexible Optionen für Schichtarbeit oder einen Urlaubsmodus, statt nur die üblichen Nine-to-Five-Routinen abzubilden.

## Vertrauen durch Datenschutz sichern

Nur wenn digitale Systeme sicher, verständlich und souverän nutzbar sind, können sie ihr volles Potenzial für eine gerechte und nachhaltige Transformation entfalten. Damit Verbraucher*innen Schnittstellen sicher nutzen können und ihnen gegenüber keine Vorbehalte oder gar Ängste entwickeln, muss der Gesetzgeber geeignete Rahmenbedingungen für Datenschutz und -souveränität bereitstellen. Entwickler*innen wiederum müssen Rechtskonformität gewährleisten und sicherstellen, dass die Datenverarbeitung für die Nutzer*innen nachvollziehbar ist – denn wie Daten erhoben, gespeichert und weiterverarbeitet werden, hat direkten Einfluss auf das Vertrauen in digitale Systeme. Anbieter*innen sollten daher transparent machen, welche Daten sie zu welchen Zwecken nutzen, insbesondere wenn die Anwender*innen Entscheidungen an digitale Assistenzsysteme oder smarte Technologien delegieren wollen. Dabei ist zu beachten, dass viele Menschen ambivalent mit ihren Daten umgehen: Studien zeigen, dass viele Konsument*innen zwar angeben, großen Wert auf Privatsphäre zu legen, im Alltag aber schnell persönliche Daten preisgeben, wenn sie dafür einen direkten Nutzen erhalten, wie Komfort- oder Kostenvorteile. Dieses sogenannte Privacy Paradox zeigt: Akzeptanz für digitale Schnittstellen entsteht nicht allein durch technische Sicherheitsstandards, sondern auch durch konkrete Nutzenversprechen, die die wahrgenommenen Kosten des Daten-Teilens aufwiegen. Dabei gilt: Je mehr Automatisierung in Systeme eingebaut wird, desto wichtiger ist Transparenz und die Legitimierung durch den Menschen. Denn nur Systeme, die keine Gefühle von Kontroll-, Verantwortungs- oder Autonomieverlust auslösen, haben die Chance auf Vertrauen und Akzeptanz. ◆

# Smart Sustainable City: Smarte Lösungen für eine nachhaltige Stadtentwicklung

*Autorinnen: Dr. Mona Treude, Anja Bierwirth*

In Städten wirkt Digitalisierung am besten in Form von hybriden Ansätzen, die technologische, soziale und ökologische Ziele verknüpften: Sie ermöglichen umfassende Partizipation, verbessern die urbane Mobilität, eröffnen Chancen im Gesundheitswesen, beleben Stadtzentren und heben das Energie- und Umweltmanagement auf ein neues Level.

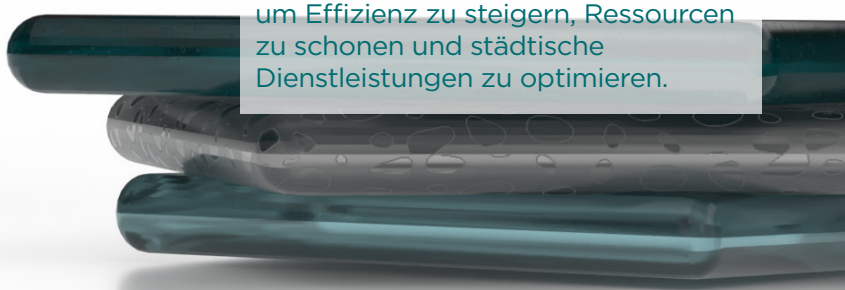
1 **Hybride Möglichkeiten der Partizipation und Beteiligung**
Durch Kombination digitaler und analoger Ansätze alle Bürger*innen mitnehmen, ohne bestimmte Gruppen auszuschließen.

2 **ÖPNV und Mobilität in der Smart City**
Mehr Effizienz und Zeitersparnis in der Alltagsmobilität durch die Verknüpfung analoger Mobilitäts-angebote mit digitalen Diensten.

3 **Hybride Formen der Gesundheits-förderung in der Stadt**
Mit digitalen Technologien die Zugäng-lichkeit, Effizienz und Vernetzung in der Gesundheitsversorgung verbessern.

4 **Smarte Einzelhandel und Stadtentwicklung**
Den lokalen Handel digital stärken, damit Stadtzentren attraktive und lebendige Orte bleiben – oder es wieder werden.

5 **Energie- und Umweltmanagement in Smart Cities**
Die physische Welt digital erweitern, um Effizienz zu steigern, Ressourcen zu schonen und städtische Dienstleistungen zu optimieren.





Vorbild „Smart Klima City Strategie Wien“: Die österreichische Hauptstadt verfolgt einen ganzheitlichen und menschenzentrierten Ansatz, der bei der Digitalisierung die Rechte und Bedürfnisse aller Menschen in Wien im Blick hat und neue Technologien einsetzt, um eine inklusive Stadtgesellschaft, Chancengerechtigkeit und barrierefreie Teilhabe aller Bevölkerungsgruppen zu erreichen.

Digitalisierung bietet enorme Potenziale für Ressourcenschonung und nachhaltige Entwicklung. Allerdings ist dafür eine ganzheitliche Strategie notwendig, die technologische, soziale und ökologische Ziele miteinander verknüpft: Smart-City-Initiativen sollten durch hybride Maßnahmen die technologische Basis, sozio-räumliche Aspekte und die Bedürfnisse der Bürger*innen gleichrangig berücksichtigen.

So entstehen ganzheitliche Konzepte für Stadtentwicklung, die mithilfe von Technologien und Daten die Lebensqualität der Bürger*innen verbessern, die Wirtschaft unterstützen und städtische Dienstleistungen effizienter machen, indem sie alle Bereiche des Stadtlebens vernetzen – von Mobilität und Wohnen bis Verwaltung und Umwelt. Das Ergebnis: Die Stadt wird nachhaltiger, sicherer und lebenswerter.

Sowohl die UN und die EU als auch nationale Regierungen sehen Smart Cities als wichtiges Instrument zum Erreichen der globalen Nachhaltigkeitsziele: Allein Deutschland fördert 73 „Modellprojekte Smart Cities“. Hybride Ansätze, die analoge und technische Lösungen verknüpfen, verbinden dabei das Beste aus beiden Welten und stellen den Menschen im Sinne eines digitalen Humanismus in den Mittelpunkt: Der Fokus liegt nicht auf Technologie, sondern darauf, wie sie analoge Prozesse effizienter, bürger*innenfreundlicher und nachhaltiger machen kann.

## Übergeordnete Ziele der Smart City Strategie: Nachhaltigkeit, Effizienz, Klimaanpassung, Lebensqualität und Sicherheit

**Dimensionen der Leipzig Charta,**
des zentralen Leitdokuments für die gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung in Europa:

- **Gerechte Stadt**
- **Grüne Stadt**
- **Produktive Stadt**



### Smart Farming

Vertical Farming, Fassadenbegrünung, Urban Farming

Intelligente Bewässerung von Grünflächen

### Smart Energy System

Smart Grids

Smarte Speicher

### Smart Building

Sanierung Plus-Energie Wärmespeicherung

PV-Fassade

Temperatur

Elektrische Geräte

Aus der Ferne steuerbar

### Smart Energy

Sonnen-energie

Wind-energie

Wasserkraft

Biogas

Geothermie

### Smart Sensors

Energieersparnis durch Sensoren

Temperatur- & Wettersensoren

### Smart Waste

nachhaltige Müll-Entsorgung & -Trennung

Urban Mining & Re-Use

### Smart Manufacturing

Emissionsfreie Produktion + Industrie 4.0

### Smart Services

offene Datensätze + E-Government

datenbasierte, vernetzte und bürgerzentrierte Dienstleistungen

### Smart Governance

strategische, partizipative und technologiegestützte Steuerung

### Smart Mobility

E-Carsharing

Bikesharing

Stadt der kurzen Wege

Öffis

Urbane Logistik

Die Smart City lässt sich nicht von einzelnen Akteur*innen verwirklichen. Sie braucht Kollaboration, Daten, urbane Zukunftsorientierung – und Prozesse, die alle Beteiligten vernetzen: die öffentliche Hand für den strategischen Rahmen, die Wirtschaft für innovative Umsetzung, das analytische Wissen aus der Forschung sowie die Zivilgesellschaft und Bürgerschaft als Nutznießer*innen und kritische Kontrolleur*innen. Zur Anpassung an den Klimawandel setzt die smarte Strategie auf digitale Werkzeuge für gezielte, effiziente Lösungen: So können Bürger*innen beispielsweise über Apps zu Risiken informiert werden, wie Hitze oder Hochwasser, und sie zur Eigenvorsorge motivieren, etwa durch Gründach-Kataster oder urbane Wetterdaten.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) (o. J.). nachhaltigwirtschaften.at. Nachhaltig Wirtschaften im Rahmen von open4innovation. Smart Cities.

*Bei Smart-City-Lösungen sollte digitale Inklusion das oberste Ziel sein – inklusive analoger Alternativen, Barrierefreiheit sowie Bildungs- und Unterstützungsangeboten.*

### Hybride Möglichkeiten der Partizipation

Die Beteiligung der Öffentlichkeit kann verpflichtend sein, wie bei der Aufstellung von Bebauungsplänen im Rahmen der Stadtplanung, oder – etwa wenn es um strategische Konzepte geht – auch freiwillig. Traditionell werden für Partizipation Bürgerversammlungen, Stadtteilfeste, persönliche Gespräche oder Workshops genutzt. Die digitalen Pendants sind Online-Plattformen für Haushalte, digitale Abstimmungstools für Projekte oder Apps, über die beispielsweise Mängel wie defekte Straßenlaternen gemeldet werden können.

Die analogen Methoden sind oft aufwendig und erreichen nicht alle Menschen, da sie sehr zeitintensiv sind. Aber: Rein digitale Beteiligungsformate bergen ebenfalls das Risiko, bestimmte Gruppen von gesellschaftlicher Teilhabe auszuschließen. Das Phänomen wird als „digitale Spaltung“ bezeichnet und betrifft vor allem Ältere, Menschen mit geringerem sozioökonomischem Status oder Bildungsgrad, mit Migrationshintergrund oder mit Behinderungen.

Eine Lösung kann ein hybrider Ansatz sein: Ein Stadtlabor oder Smart City Center als Treffpunkt, in dem Bürger*innen neue Technologien ausprobieren und Feedback geben können. Gleichzeitig können sie sich online über Projekte informieren und Vorschläge einreichen. Die Diskussion findet sowohl analog vor Ort als auch digital in Foren statt.

Werden städtische Dienste ausschließlich digital angeboten, besteht die Gefahr, die oben genannten Gruppen von wesentlichen Aspekten des städtischen Lebens auszuschließen. Um dem entgegenzuwirken, sollte bei der Entwicklung von Smart-City-Lösungen digitale Inklusion das oberste Ziel sein – inklusive analoger Alternativen, Barrierefreiheit und gezielter Bildungs- und Unterstützungsangebote.

### ÖPNV und Mobilität in der Smart City

Analog wird der ÖPNV mit Bussen und Bahnen, über Fahrradwege und in Fußgängerzonen bestritten. Digitale Tools, etwa zur Erfassung von Echtzeit-Informationen zu Verspätungen und Auslastung per App, für Online-Buchungen von Car- und Bikesharing oder für intelligente Ampelschaltungen, bringen vor allem mehr Effizienz und Zeitersparnis im Alltag. Auch bei der Mobilität ist jedoch auf digitale Inklusion zu achten, denn Menschen ohne Smartphone, Internetzugang oder die nötigen digitalen Kompetenzen sind

von solchen Diensten ausgeschlossen. Auch Ältere, Menschen mit geringem Einkommen oder nicht technikaffine Personen können die Vorteile nicht in vollem Umfang nutzen.

Hybride Elemente in Smart Cities, etwa sogenannte Mobility Hubs, verknüpfen analoge Angebote wie Fahrradparkplätze, Ladesäulen für E-Autos oder ÖPNV-Haltestellen mit digitalen Diensten: Per App können Nutzer*innen ihre Wege planen, Fahrzeuge buchen oder die Abfahrt von Zügen checken. So bringen Mobility Hubs als physische Knotenpunkte verschiedene Verkehrsmittel und Services zusammen – und machen den Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln so einfach und nahtlos wie möglich.

## Hybride Formen der Gesundheitsförderung in der Stadt

Arztpraxen, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen und soziale Treffpunkte für Senioren sind wichtige Anlaufstellen im urbanen Raum. Jedoch stehen sie in ihrer heutigen, oft rein analogen Form vor Herausforderungen, die ihre Effizienz und Zugänglichkeit beeinträchtigen können: lange Wartezeiten, Personalmangel oder lange Wege. Technologisch kann einigen dieser Herausforderungen über Online-Terminbuchungen, digitale Patientenakten, Telemedizin oder Notrufsysteme für ältere Menschen begegnet werden.

Auch hier kann ein hybrider Ansatz die Nachteile der rein analogen Gesundheitsversorgung ausgleichen – mit Technologien, die Zugänglichkeit, Effizienz und Vernetzung verbessern: So können zum Beispiel smarte Geräte Vitaldaten von Patient*innen erfassen und an medizinisches Personal übermitteln, das bei Bedarf Hausbesuche veranlasst. So wird der persönliche Kontakt dort eingesetzt, wo er am wichtigsten ist, während die Technologie Effizienz und Früherkennung verbessert. Das hilft insbesondere älteren und immobilen Menschen, da sie so – besser versorgt – länger in den eigenen vier Wänden leben können.




Mobilstationen in Düsseldorf: Als physische Knotenpunkte verknüpfen sie analoge Angebote wie Fahrradparkplätze, Ladesäulen für E-Autos oder ÖPNV-Haltestellen mit digitalen Diensten. Das macht den Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln so einfach und nahtlos wie möglich.
© Connected Mobility Düsseldorf, Johannes Farrenkopf/Daria Henken.

## Smarter Einzelhandel und Stadtentwicklung

Geschäfte, Marktplätze und Stadtzentren bilden seit jeher das Herzstück des sozialen, kulturellen und gemeinschaftlichen Lebens: Lebendige Stadtzentren sind Orte der Begegnung, stiften Identität und stärken das Gemeinschaftsgefühl. Kulturelle Events, Straßenfeste und Märkte beleben Städte und machen sie lebenswert.

Onlineshops, digitale Gutscheine und lokale Handelsplattformen bieten eine Reihe von Vorteilen – sowohl für Händler*innen als auch für Kund*innen – und modernisieren die urbane Handelslandschaft: Digitale Schaufenster, etwa lokale Online-Plattformen, helfen dem Einzelhandel, Angebote im Internet zu präsentieren und sich so gegen große Handelsketten zu behaupten. Ein weiterer hybrider Ansatz – bereits in vielen Städten zu finden – sind Stadt-Apps, die lokale Geschäfte listen und es Kund*innen ermöglichen, online zu bestellen und die Ware dann im Laden abzuholen. Mit digitalen Lösungen kann der lokale Handel gestärkt werden, anstatt ihn zu verdrängen – damit Stadtzentren weiterhin attraktive und lebendige Orte bleiben.

## Handlungsleitfaden Zukunft Innenstadt: Nachhaltige Angebote als Schlüssel zur Revitalisierung

Der Leitfaden zeigt, wie Innenstädte revitalisiert und zu lebendigen, zukunftsfähigen Orten nachhaltigen Konsums werden können. Er verbindet nachhaltige Konsumpraktiken – wie Reparatur, Ressourcensparen, Nutzungsdauerverlängerung oder Nutzen statt Besitzen – mit städtischen digitale Plattformen, Apps, Social-Media-Präsenzen und Omnichannel-Strategien, die nachhaltige Projekte online und offline miteinander verknüpfen, um ein breiteres Publikum zu erreichen und lokale Angebote in Echtzeit zu teilen. Online-Buchungssysteme für Sharing-Dienste, virtuelle Marktplätze und digitale Communities erweitern die Nutzungsmöglichkeiten.

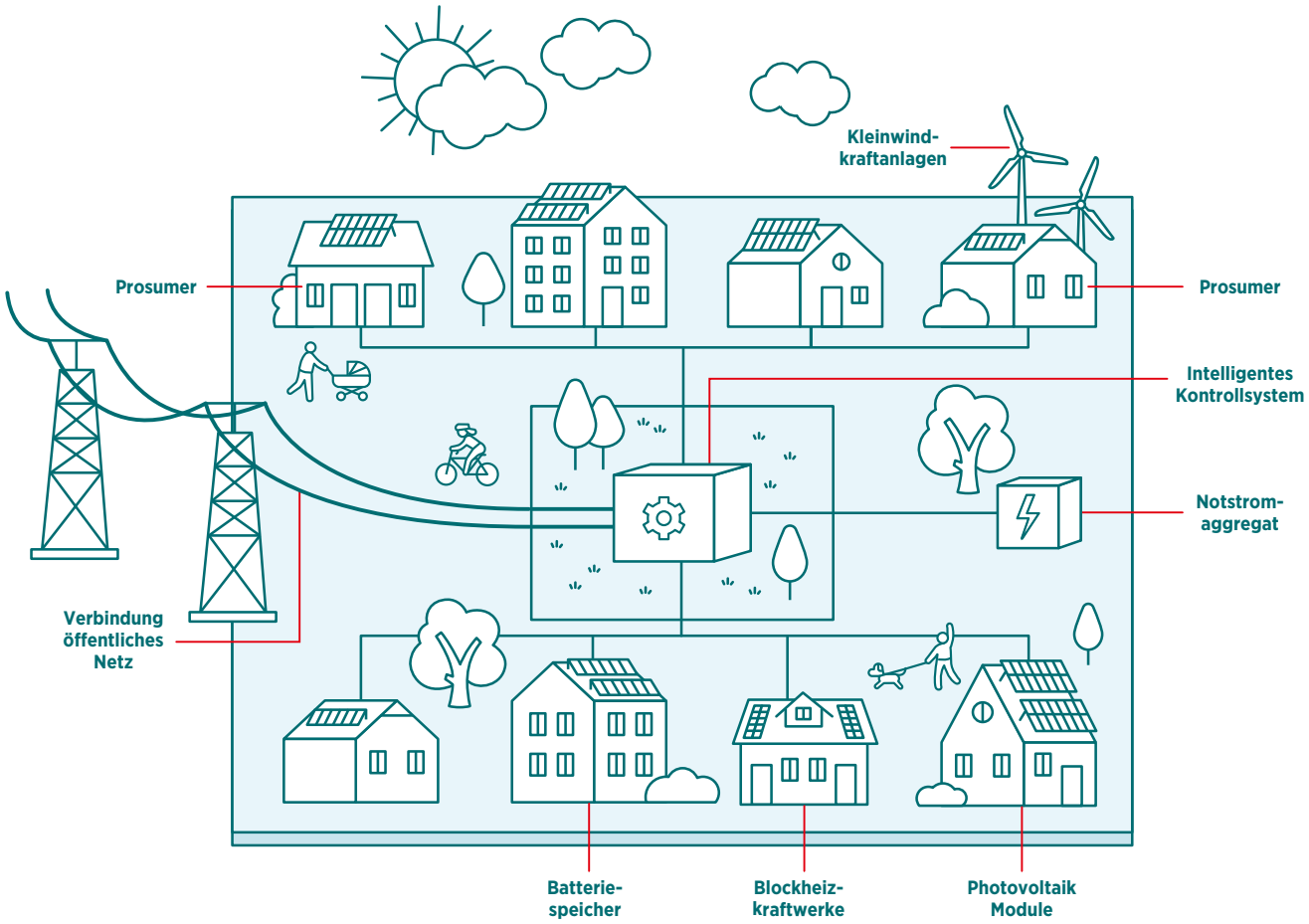
Der Leitfaden richtet sich an Akteur*innen aus Zivilgesellschaft, kommunalen Verwaltungen und Wirtschaftsförderungen – und unterstützt sie bei der Entwicklung und Etablierung lokaler Initiativen für attraktive, belebte Stadtzentren.

→ Zum Leitfaden




Fragen zur Datenbank?
Melden Sie sich gerne!

Michaela Roelfes
Mail: michaela.roelfes@wupperinst.org
Tel.: 0202 2492-165




**Urban Microgrids** fungieren als in sich geschlossene, lokale Energieversorgungszellen. Sie vernetzen dezentrale Erzeugung, Speicherung und Verbrauch intelligent miteinander, um begrenzte Areale zu versorgen. Als lokale, intelligente Energienetze fördern sie eine dezentrale und umweltfreundlichere Energieversorgung, die die Resilienz der Versorgung erhöht. Autonome Microgrids lassen sich bei massiven Störungen, etwa durch Extremwetter oder Erdbeben, vom Hauptnetz entkoppeln, um die lokale Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Das stabilisiert die Versorgung mit kritischen Dienstleistungen und ermöglicht Selbsthilfe in Krisensituationen.
Quelle: Wuppertal Institut.

## Energie- und Umweltmanagement in Smart Cities

Intelligente Abfallsysteme und Zero-Waste-Ansätze – ganzheitliche Konzepte zur Vermeidung von Müll und zur Schonung von Ressourcen –, sensorgestützte Straßenlaternen oder Smart Grids, die den Energieverbrauch optimieren und damit die Integration erneuerbarer Energien erleichtern, sind alles hybride Elemente von Smart Cities. Sie verbinden analoge Komponenten mit digitaler Technik, um eine effizientere Funktionsweise zu erreichen. Innerhalb der Smart Grids ist das analoge System das traditionelle Stromnetz mit seinen Leitungen, Kraftwerken und Umspannwerken. Die digitale Komponente sind die Smart Meter und die IT-Systeme, die den Energiefluss in Echtzeit steuern und bidirektional mit der analogen Infrastruktur kommunizieren.

Die oben genannten Beispiele zeigen: In Smart Cities kann Technologie das bestehende analoge System nicht ersetzen, sondern verbessert es durch Sensoren, Datenverarbeitung und Automatisierung. Das Ergebnis: Indem die physische Welt digital erweitert wird, steigt die Effizienz, werden Ressourcen geschont und Dienstleistungen optimiert. ◆

# Smart Mobility: Verkehr intelligent vernetzen und effizienter gestalten

*Autor*innen: Thorsten Koska*

Von Mobility as a Service und autonomen On-Demand-Verkehren über Next-Level-Verkehrsplanung und hocheffiziente Park- und Verkehrsleitsysteme bis hin zu digital ermöglichten Kapazitätssteigerungen auf der Schiene: Digitalisierung ist der zentrale Hebel, um die zahllosen Vorteile der Smart Mobility abrufen zu können.

1 **Mobility as a Service durch tiefenintegrierte Mobilitätsplattfomen**
Private Mobilitätsdienstleistungen, öffentlichen Verkehr und On-Demand-Angebote zu einem integrierten Angebot verknüpfen.

2 **Autonome On-Demand-Verkehre für einen individuellen ÖPNV fördern**
Gezielte Regulierung von autonomem Fahren kann Lücken im ÖPNV schließen, Mobilität günstiger machen und zum Umweltschutz beitragen.

3 **Verkehrsplanung mit Mobilitätsdaten aufs nächste Level heben**
Flächendeckende, hochauflösende Daten ermöglichen bedarfsgerechte Infrastrukturplanung sowie bessere ÖPNV- und Sharing-Angebote.

4 **Park- und Verkehrsleitsysteme zum Umbau des Straßenraums nutzen**
Durch abgestimmtes Parkraummanagement und digitale Verkehrsleitsysteme Reisezeit, Fahrleistung und Emissionen reduzieren.

5 **Digitale Schiene: Effizienz und Verlässlichkeit durch ETCS-Umsetzung**
Mehr Züge, höheres Tempo: Das European Train Control System kann die Kapazität des bestehenden Schienennetzes erheblich steigern.



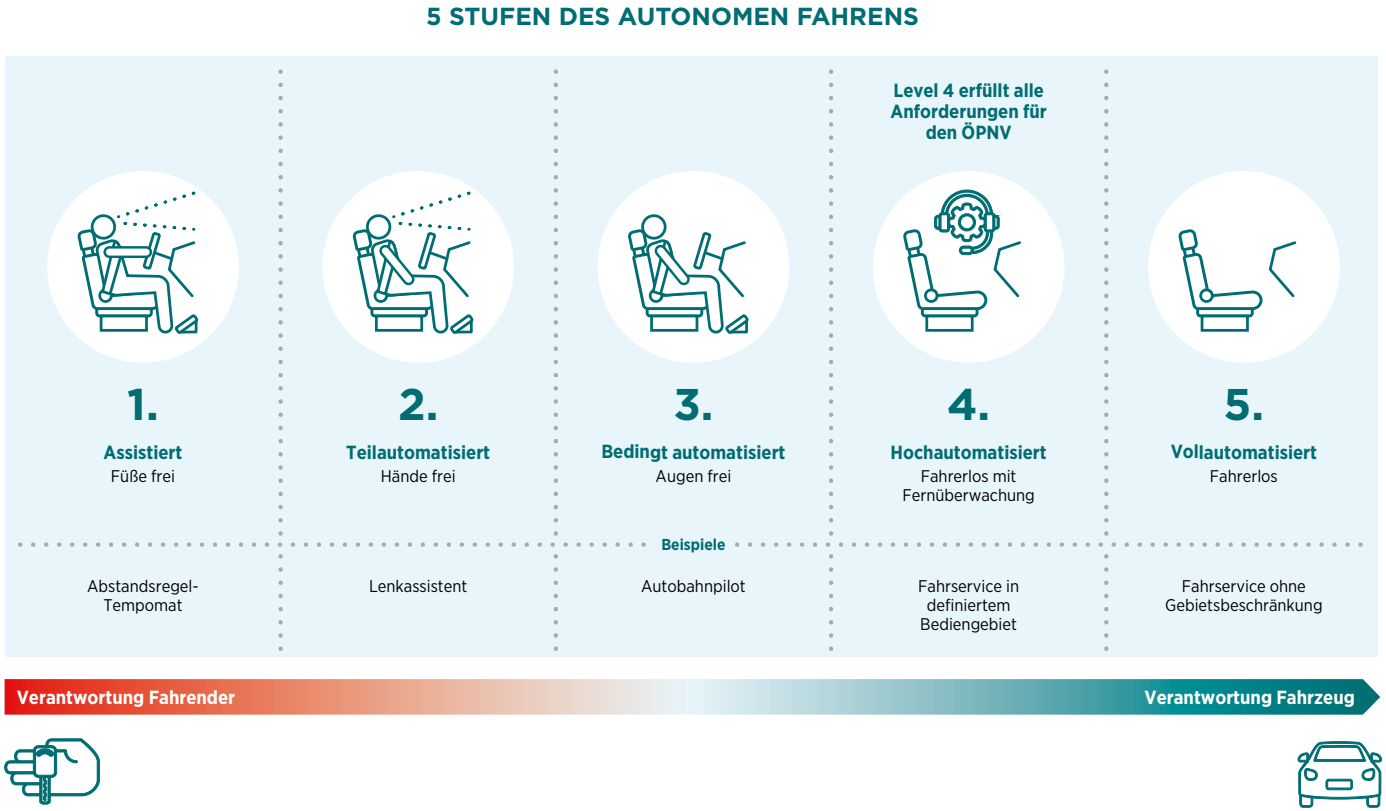
Digitalisierung kann Mobilität nachhaltiger machen: Digitale Mobilitätsplattformen erleichtern die Nutzung von Mobility as a Service als Alternative zum eigenen Auto, autonome On-Demand-Angebote machen den öffentlichen Verkehr flexibler und digitale Parkraum- und Verkehrsleitsysteme helfen, knappen Straßenraum von Autos zu befreien. Auf der Schiene können digitale Leitsysteme mehr Kapazitäten schaffen. Aber: Diese Entwicklungen sind nur mit den richtigen Weichenstellungen möglich, denn noch immer dominiert das private Auto – das ebenfalls von der Digitalisierung profitiert.

*Auf tiefenintegrierte Mobilitätsplattformen lassen sich alle verfügbaren Mobilitätsangebote finden und buchen. Der einfache Zugang erhöht sowohl den Nutzendenkreis als auch die Anzahl der Angebote.*

## Mobility as a Service durch tiefenintegrierte Mobilitätsplattfomen stärken

Mobility as a Service verbindet fragmentierte, nicht aufeinander abgestimmte Mobilitätsdienstleistungen – wie Car-, Bike- und Scooter-Sharing, öffentlichen Verkehr und On-Demand-Angebote – zu einem integrierten Angebot. Damit aus diesen Elementen eine attraktive Alternative zum eigenen Auto wird, müssen sie nahtlos ineinandergreifen und einfach nutzbar sein. Neben Mobilstationen als räumliche Hubs können das insbesondere tiefenintegrierte Mobilitätsplattformen mit intermodalen Buchungsmöglichkeiten leisten: Dort lassen sich alle verfügbaren Mobilitätsangebote finden und buchen – ohne Accounts bei einzelnen Anbietern anlegen zu müssen. Der einfache Zugang erhöht sowohl den Nutzendenkreis als auch die Anzahl der für alle verfügbaren Angebote.

Bislang sind öffentliche Plattformen jedoch räumlich begrenzt, wie Jelbi in Berlin, während kommerzielle Angebote nur einen Teil der Mobilitätsdienste umfassen, etwa FreeNow. Für eine flächendeckende, umfassende Lösung sind bundesweit bindende Regulierungen nötig, die alle Anbieter verpflichten, Daten und Buchungsschnittstellen bereitzustellen. Das ermöglicht öffentlichen wie privaten Akteur*innen, umfassende Mobilitätsplattformen anzubieten. Diese sollten diskriminierungsfrei alle Angebote umfassen, die im Zielkorridor nachhaltiger Mobilität liegen. Über die Datenschnittstelle können auch Privatpersonen ihre Autos oder Fahrten öffentlich teilen, um ihre Pkw effizienter zu nutzen. Und sie macht Mobilität komfortabler – etwa, wenn das On-Demand-Shuttle auf den verspäteten Zug wartet.




**Automatisiertes Fahren** wird nach SAE (Society of Automotive Engineers) in 5 Stufen eingeteilt. Ab Level 4 ist ein Betrieb ohne Fahrpersonal im ÖPNV möglich.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an DB Regio (o. J.): Autonomes Fahren: Gamechanger der Mobilitätswende.

## Autonome On-Demand-Verkehre für einen individuellen ÖPNV fördern

Automatisiertes oder autonomes Fahren kann das Verkehrssystem stark verändern – aber die Richtung hängt von politischen Vorgaben ab. Setzt sich automatisiertes Fahren im privaten Bereich durch, wird das eigene Auto attraktiver: Fahrten lassen sich produktiv oder zur Erholung nutzen, den Parkplatz sucht das Auto autark. Die Folge wäre: mehr Autoverkehr. Ganz anders wirken geteilte automatisierte Fahrzeuge, die eine für alle zugängliche, aber dennoch individuelle Mobilität ermöglichen: Schon heute schließen solche On-Demand-Verkehre Lücken im ÖPNV und bieten öffentlichen Verkehr von Tür zu Tür. Herausfordernd ist der hohe Bedarf an Fahrer*innen, flächendeckende Angebote sind bislang finanziell und personell nicht umsetzbar. Autonome Fahrzeuge ermöglichen fahrerlose und damit günstigere Fahrdienste. Für eine Skalierung von Level 4 des autonomen Fahrens muss jedoch der Rechtsrahmen um Standards für Qualifikationen, Sicherheit, Software-Updates und Interoperabilität ergänzt sowie Haftungsfragen geregelt werden. Langfristige Förderung kann automatisierte Systeme dann in die Fläche bringen – idealerweise kombiniert mit Regeln zur Priorisierung des ÖPNV, Nutzungsbeschränkungen für autonome Privat-Pkw und Nachhaltigkeitsregeln, die Leerfahrten minimieren.




Aus Apps, von Mobilitätsdiensten und Fahrzeugen, von Sensoren im ÖPNV oder in Straßen: Zusammengeführt und gut aufbereitet können flächendeckende, räumlich und zeitlich hochauflösende Mobilitätsdaten die Planung von Infrastruktur und ÖPNV auf ein völlig neues Level heben. Dafür braucht es nicht nur leistungsstarke Analyse-Tools, sondern auch einen Paradigmenwechsel hin zum Datenteilen – etwa in Form eines wirksamen Mobilitätsdatengesetzes.

## Verkehrsplanung mit Mobilitätsdaten aufs nächste Level heben

Mobilitätsdaten kommen aus vielen Quellen: Aus Apps, von Mobilitätsdiensten und Fahrzeugen, von Sensoren im ÖPNV oder in Straßen. Sie geben Aufschluss über Verkehrsströme und Nutzungsmuster von Verkehrsmitteln. Flächendeckende, räumlich und zeitlich hochauflösende Daten befähigen Verkehrsplaner*innen, Mobilitätsmuster in Echtzeit zu analysieren: Anders als punktuelle Erhebungen ermöglichen diese Bewegungsdaten eine bedarfsgerechtere Planung von Infrastrukturen wie Radwegen oder Mobilstationen. Auch ÖPNV- und Sharing-Angebote können besser auf die Nachfrage abgestimmt werden. Das setzt allerdings voraus, dass die Daten für Kommunen und Mobilitätsanbieter verfügbar sind – und dass diese über leistungsstarke, aber leicht bedienbare Analyse-Tools verfügen.

Hemmnisse für das Teilen von Daten bestehen auf zwei Ebenen: Viele Menschen sind aus Angst vor Missbrauch skeptisch, persönliche Daten zu teilen. Mobilitätsanbieter hingegen versprechen sich vom Zurückhalten der Betriebsdaten Marktvorteile. Ein Dilemma, da von geteilten Daten alle profitieren. Deshalb braucht es einen Paradigmenwechsel hin zum Datenteilen – mit einem Rechtsrahmen, der beide Herausforderungen



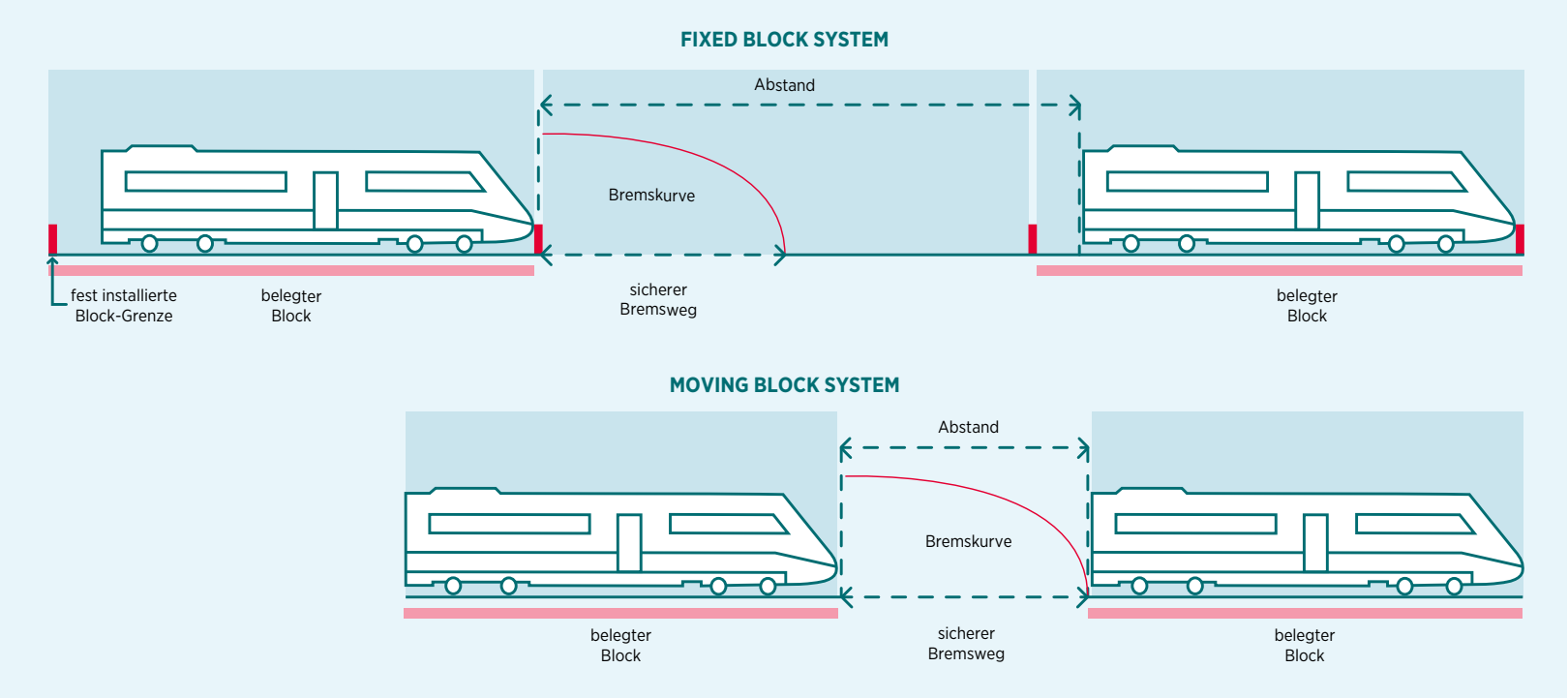
Problemfaktor Parken: Zum Teil macht die Parkplatzsuche mehr als ein Viertel des städtischen Verkehrs aus. Digitales Parkraummanagement und Verkehrsleitsysteme entlasten die Straßen – und damit auch andere Verkehrsteilnehmer, Anwohner*innen und die Natur.

adressiert. Ein wirksames Mobilitätsdatengesetz sollte neben sanktionsbewehrten Pflichten für Mobilitätsanbieter und digitale Dienstleister zum Teilen anonymisierter Daten auch Standards enthalten, die Interoperabilität gewährleisten. Nötig sind auch sichere, öffentlich betriebene Datenplattformen, die ihr Potenzial erst in bundesweit einheitlicher Form entfalten. Um Verkehrsplanenden die Nutzung zu erleichtern, helfen standardisierte Analysetools und Programme zum Aufbau digitaler Kompetenz.

### Digitales Parken und Verkehrsleitsysteme zum Umbau des Straßenraums nutzen

Staus kosten Nerven und verzögern den Autoverkehr – genau wie den ÖPNV. Anwohner*innen und zu Fuß Gehende leiden unter Lärm und Luftbelastung. Auch die Suche nach Parkplätzen trägt in Städten massiv zur Verkehrsbelastung bei. Digitale Verkehrssteuerung kann hier helfen: Während Ampelsteuerung und Wegeleitsysteme den Verkehr zentral steuern und Apps Fahrer*innen dezentral leiten, kann künftige Fahrzeugkommunikation den Verkehrsfluss kleinräumig optimieren. Smart-Parking-Systeme zeigen sensorgestützt die Belegung von Parkplätzen und ermöglichen Reservierungen.

Gut abgestimmte Systeme können Reisezeit, Fahrleistung und Emissionen senken. Das Hauptrisiko liegt dabei im Rebound-Effekt: Bessere Erreichbarkeit durch kürzere Fahrzeiten und leichteres Parken macht Pkw-Nutzung attraktiver – was mittel- bis langfristig mehr Verkehr erzeugen kann. Welcher Effekt stärker ist, hängt von der Ausgestaltung ab: Wenn Verkehrsplaner*innen digitales Verkehrsfluss- und Parkraummanagement mit einer Umgestaltungen des Straßenraums verbinden, eröffnen sie Chancen für eine nachhaltigere Mobilität. Denn wo Fahrspuren und Parkplätze wegfallen, können Radwege oder Mobilstationen entste-




**Moving Block-Betrieb:** Räumlich flexible Gleisabschnitte, die Moving Blocks, ermöglichen im Vergleich mit festen Gleisabschnitten eine dichtere Zugfolge und erhöhen damit die Kapazitäten der Strecke.
Quelle: Farooq, J. (2017): Performance Analysis and Evaluation of Advanced Designs for Radio Communication Systems for Communications-Based Train Control (CBTC). DTU Fotonik.

hen – und die neuen Leitsysteme sorgen dann dafür, dass Autos und Lkw den nun knapperen Straßenraum effizienter nutzen.

## Digitale Schiene: Effizienz und Verlässlichkeit durch ETCS-Umsetzung

Auch auf der Schiene gibt es Stau – Verspätungen machen Bahnfahren für viele unattraktiv. Die heutige Signalsteuerung, mit der die Fahrstrecke abschnittsweise freigegeben wird, ist ineffizient und kann das wachsende Verkehrsaufkommen kaum noch bewältigen.

Das digitale Zugleitsystem European Train Control System (ETCS) überwacht und steuert den Zugverkehr und ersetzt das klassische Signal. Die vollen Vorteile des Systems werden in einer Variante des Level 2 ausgeschöpft, bei dem durch die Moving-Block-Technologie keine festen Gleisabschnitte mehr nötig sind. Das ermöglicht, Züge schneller und dichter hintereinander fahren zu lassen: Das heutige Schienennetz könnte so etwa 20 Prozent mehr Züge aufnehmen. Der Bund sollte dies zum Standard machen – und die Bahnunternehmen verpflichten, ihre Systeme bereits jetzt darauf auszulegen. ◆

# Die Rolle des Ökodesigns für die digital-ökologische Transformation

*Autor: Thomas Götz*

Ökodesign entscheidet, ob Produkte Stromfresser und Wegwerfware bleiben – oder Bausteine einer zirkulären, energieeffizienten Wirtschaft werden. Digitale Produktpässe, Standards und klare Regeln sind jetzt der Schlüssel für die Transformation.

**1 Bestehende EU-Systeme in Digitale Produktpässe integrieren**
Den DPP-Einsatz und die kommenden Ökodesign-Anforderungen antizipieren und strategisch nutzen – wirtschaftlich wie politisch.

**2 Design für Reparaturfähigkeit, Langlebigkeit und Effizienz**
Weniger Kosten, Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen: modernes Ökodesign nutzen und nationale Initiativen fördern.

**3 Digitale Blockaden auflösen**
Durch Recht auf Reparatur und Updates, offene Standards und faire Zugänge verhindern, dass aus Produkten vorzeitig Elektroschrott wird.

**4 Digitale Tools für nachhaltiges Design nutzen**
KI, Simulationen und digitale Zwillinge: Durch digitales Ökodesign den Material- und Energieverbrauch von Produkten optimieren.

**5 Politische Leitplanken setzen**
Ökodesign mit Digital- und Industriepolitik verzahnen: Einheitliche Standards, sichere Daten und KMU-gerechte Regeln fördern Akzeptanz und verhindern Greenwashing.





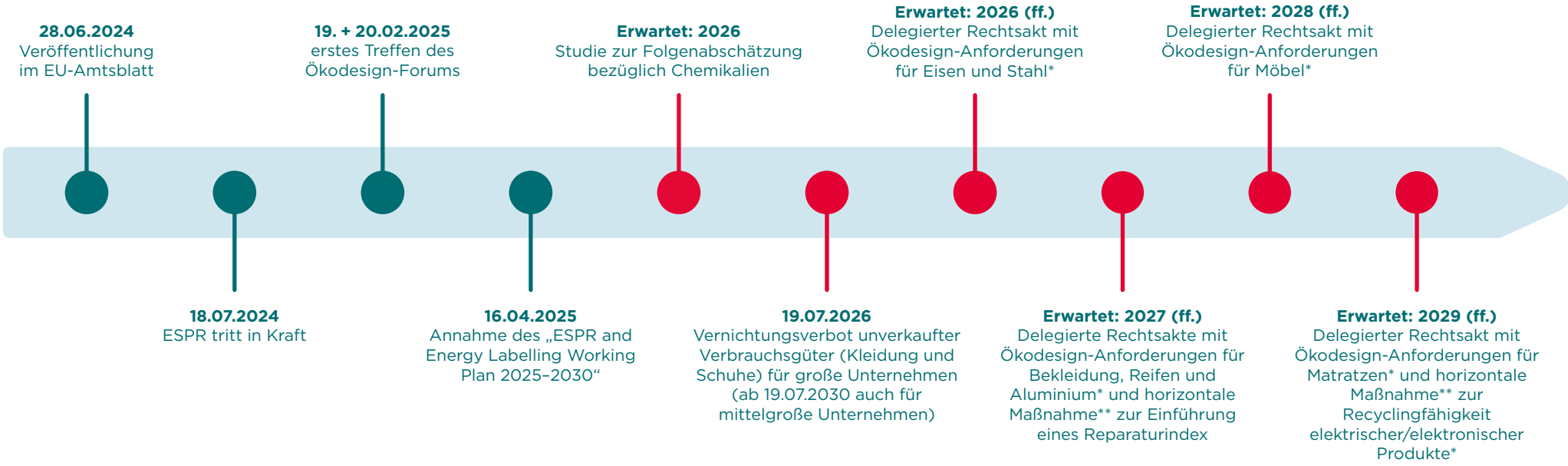
Marktregeln für nachhaltige Produkte: Von Metallen über Kleidung und Schuhe bis hin zu elektrischen und elektronischen Produkten – die EU-Ökodesign-Verordnung soll in den nächsten Jahren auf viele weitere Produktgruppen ausgeweitet werden.

Ob Smartphone, Haushaltsgerät oder Gebäudetechnik: Das Design von Produkten hat entscheidenden Einfluss auf ihren Ressourcen- und Energieverbrauch. Mit der EU-Ökodesign-Verordnung und dem digitalen Produktpass (DPP) gewinnt dieser Aspekt noch an Bedeutung: Die Digitalisierung eröffnet neue Chancen für die Entwicklung nachhaltiger Produkte. Transparente Daten, KI-gestützte Prozesse und digitale Zwillinge können Kreisläufe schließen – sofern sie selbst energie- und ressourceneffizient eingesetzt werden.

## Bestehende EU-Systeme in Digitale Produktpässe integrieren

Noch wissen Verbraucher*innen, Investor*innen oder die Abfallwirtschaft meist nicht, wie ressourcen- und energieintensiv ein Produkt tatsächlich ist. Der DPP soll das ändern: Er liefert standardisierte Informationen zu Herkunft, Materialien, CO2-Fußabdruck, Energieverbrauch, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit. Damit wird er zum Herzstück zentraler EU-Strategien – des Circular Economy Action Plan und der neuen Ökodesign-Verordnung, die im Rahmen des Clean Industrial Deal weiterentwickelt werden, um den European Green Deal industriepolitisch zu stärken. Die Umsetzung erfolgt schrittweise: Ein erster verpflichtender DPP-Einsatz ist ab 2027 in der EU-Batterieverordnung vorgesehen, zunächst für Industriebatterien mit mehr als zwei kWh Kapazität sowie Batterien für Elektroautos und leichte Verkehrsmittel, wie E-Scooter oder E-Bikes.

Mit der Ökodesign-Verordnung sollen weitere Produktgruppen folgen, darunter Textilien, Möbel und Matratzen, energieintensive



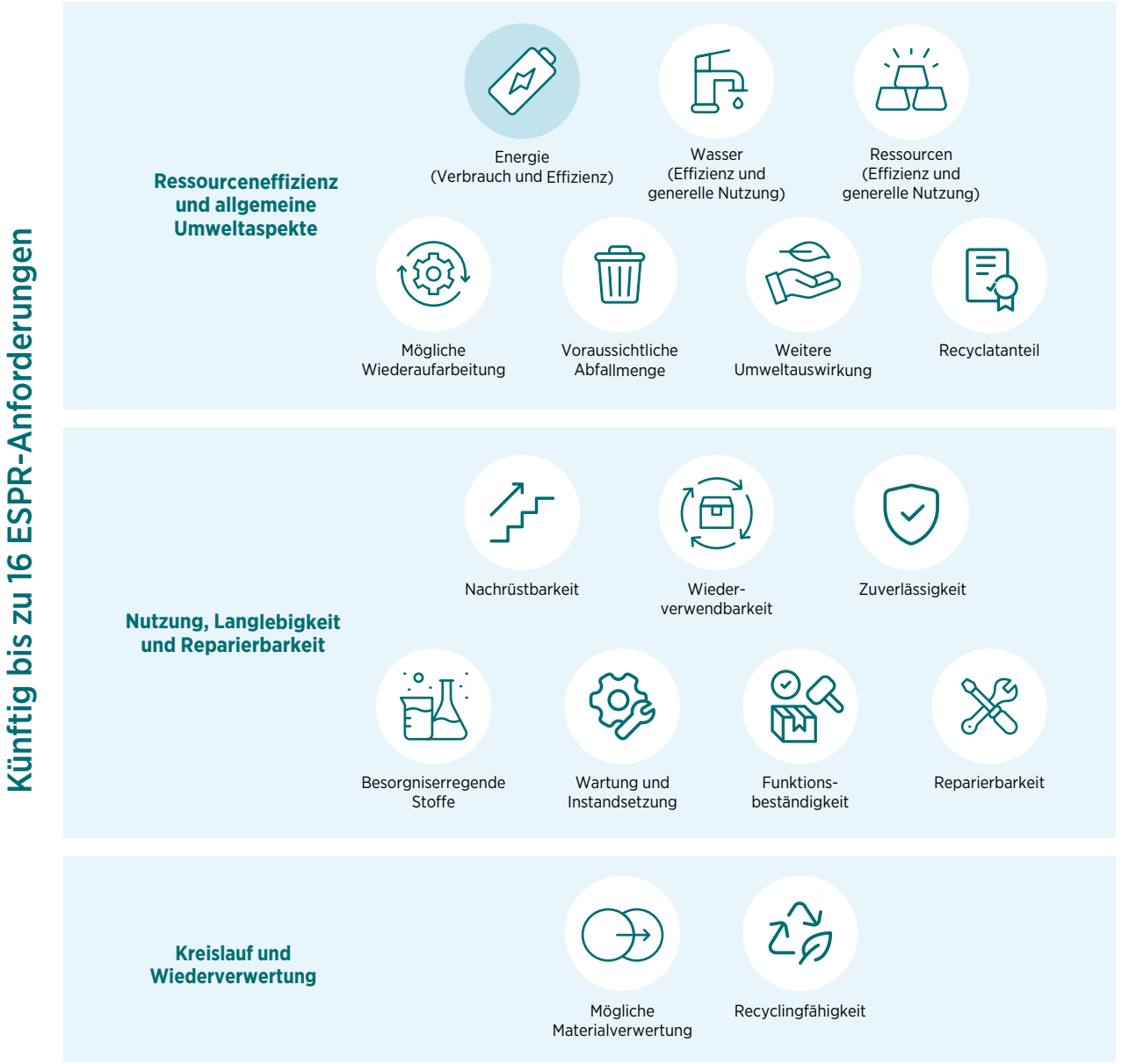

**Zentrale Umsetzungsschritte der EU-Ökodesign-Verordnung (ESPR) von 2024 bis 2029,** von ihrem Inkrafttreten und der Erarbeitung des ersten Arbeitsplans bis zur geplanten Einführung produktgruppenspezifischer Anforderungen. Die Schritte markieren den Übergang von der politischen Verabschiedung zu praktischen Marktregeln für nachhaltige Produkte. Die tatsächliche Zeitschiene hängt von den delegierten Rechtsakten der einzelnen Produktgruppen ab und kann sich daher noch verschieben.
Quelle: Eigene Darstellung nach WKO (2024): Zeitstrahl zur Umsetzung der EU-Ökodesign-Verordnung (ESPR) sowie auf Grundlage der Verordnung (EU) 2024/1781, COM (2025) 187 final und SWD (2025) 112 final.
* nach der Verabschiedung der delegierten Rechtsakte folgen unterschiedliche lange Übergangsfristen bis zum Inkrafttreten der Ökodesign-Anforderungen (üblicherweise nicht weniger als 18 Monate)
** Horizontale Maßnahmen sind produktübergreifende Anforderungen

Materialien wie Eisen, Stahl und Aluminium, aber auch Konsumgüter wie Elektronik- und Haushaltsgeräte, Beleuchtung und Ladegeräte für E-Autos. Ein zentraler Vorteil: Der Pass umfasst die gesamte Wertschöpfungskette, von Herstellern über Handel und Reparatur bis hin zur Abfallwirtschaft.

Die Politik sollte sicherstellen, dass der DPP in der Praxis einfach anzuwenden ist und bestehende Systeme integriert – etwa die EU-Datenbanken EPREL für Energielabels oder SCIP für besonders besorgniserregende Stoffe – statt Parallelstrukturen zu schaffen. Die Wirtschaft sollte Ökodesign und DPPs früh als Chance erkennen und sich aktiv in die Entwicklung einbringen, um ein praxistaugliches System zu unterstützen. Nur so entstehen Lösungen, die Akzeptanz und Transparenz fördern, Greenwashing verhindern und Innovationen belohnen.

## Design für Reparaturfähigkeit, Langlebigkeit und Effizienz

Heute landen viele Produkte im Abfall, beispielsweise weil sie verklebt sind statt verschraubt, weil Ersatzteile fehlen und weil Aufwand oder Kosten für eine Reparatur zu hoch sind. Modernes Ökodesign setzt daher auf Modularität, standardisierte Schnittstellen, Reparierbarkeit und hohe Effizienzstandards. Der größte Effekt lässt sich bei besonders energie- und ressourcenintensiven Produkten erzielen. Dazu gehören Smartphones und Laptops, deren Komponenten oft verklebt sind, oder große Haushaltsgeräte wie Kühlschränke und Waschmaschinen: Effiziente und langlebige Großgeräte können über ihre Lebensdauer mehrere Megawattstunden Strom einsparen. Auch Lichtquellen, die dank LEDs den Stromverbrauch drastisch reduzieren, oder Textilien, deren Umweltbelastung durch langlebiges Design, Recyclingfähigkeit und weniger Mikroplastik sinkt, sind Beispiele mit großem Einsparpotential.




**Künftig bis zu 16 ESPR-Anforderungen:** Darstellung der bis zu 16 möglichen Anforderungen der EU-Ökodesign-Verordnung (ESPR) an Produkte, gegliedert nach Umwelt-, Langlebigkeits-/Reparierbarkeits- und Kreislaufaspekten. Gezeigt werden unter anderem Kriterien zu Energieeffizienz, Reparierbarkeit, Recyclingfähigkeit und Ressourcennutzung. Quelle: Eigene Darstellung nach Artikel 5 der Verordnung (EU) 2024/1781 (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) und WKO (2024).



Das Recht auf Reparatur, das die EU seit 2025 durch Ökodesign-Vorgaben für Smartphones und Tablets vorschreibt, sollte auf andere Produktgruppen ausgeweitet werden, Reparaturinitiativen – wie in Frankreich oder Österreich – national gefördert.

Die Ökodesign-Verordnung verpflichtet Unternehmen, die regulierte Produkte in der EU vertreiben, nicht nur zur Einhaltung verbindlicher Effizienzstandards, sondern zunehmend auch zur langfristigen Bereitstellung von Ersatzteilen und Softwareupdates. Das spart Kosten und Ressourcen, stärkt die Kreislaufwirtschaft und reduziert Umweltauswirkungen sowie die Importabhängigkeit bei kritischen Rohstoffen. Flankierend sollte Deutschland Reparaturinitiativen auch national fördern – etwa durch Steuersenkungen für Reparaturen oder einen Reparaturbonus, wie es ihn in Frankreich oder Österreich gibt, sowie durch den Ausbau von Energieeffizienz-Programmen und die konsequente Bekämpfung geplanter Obsoleszenz.

## Digitale Blockaden auflösen

Oft endet die Nutzungsdauer von Geräten nicht wegen defekter Hardware, sondern weil Software-Updates fehlen, etwa wenn schon wenige Jahre nach dem Kauf keine Betriebssystem- oder Sicherheitsupdates mehr verfügbar sind. So wird funktionierende Technik zu Elektroschrott – eine ökologische und ökonomische Verschwendung. Manche Hersteller koppeln ihre Geräte zudem so eng an die eigene, proprietäre Software, dass nur OEM-Ersatzteile funktionieren, die vom Hersteller digital freigeschaltet werden. Technisch passende Teile von Drittanbietern werden so blockiert, obwohl sie die Produktlebensdauer verlängern können – und das oft deutlich günstiger als Originalteile. Deshalb braucht es klare Regeln: Software darf kein Wegwerfgrund sein und Ersatzteile dürfen weder monopolisiert noch zu überhöhten Preisen angeboten werden. Dieses Grundprinzip des „Rechts auf Reparatur“, das die EU seit 2025 durch Ökodesign-Vorgaben für neue Smartphones und Tablets vorschreibt, sollte auch auf andere Produktgruppen ausgeweitet werden. So wird Digitalisierung vom Treiber geplanter Obsoleszenz zum Motor für Ressourcenschonung.

## Digitale Tools für nachhaltiges Design nutzen

KI, Simulationen und digitale Zwillinge eröffnen neue Möglichkeiten für Ökodesign: Bereits in der Entwicklungsphase können

sie den Material- und Energieverbrauch von Produkten optimieren, Kreisläufe simulieren – und so Lieferketten perspektivisch transparenter und ressourcenschonender machen. Virtuelle Prototypen verringern die Notwendigkeit physischer Testgeräte und Second-Hand-Plattformen für Elektronik oder Komponenten verlängern die Nutzung wertvoller Rohstoffe. Der DPP ist die Grundlage dafür. Damit dies auch für kleine und mittlere Unternehmen praktikabel bleibt, sind einheitliche Standards für Datensicherheit, Interoperabilität und Schnittstellen entscheidend. So kann die EU auch international Maßstäbe setzen: Schon heute werden EU-Energielabels und Ökodesign-Standards von Drittstaaten übernommen – und der DPP könnte zum nächsten Vorbild für nachhaltige Lieferketten weltweit werden.

## Politische Leitplanken setzen

Damit Ökodesign sein Potenzial entfalten kann, sind klare Regeln erforderlich – vor allem für zentrale Instrumente wie die Ökodesign-Verordnung und DPPs: Sie müssen konsequent umgesetzt und stärker mit Digital- und Industriepolitik verzahnt werden. Einheitliche Vorgaben für Datenqualität, Sicherheit und Zertifizierung verhindern Greenwashing und schaffen Vertrauen. Gleichzeitig muss die Regulierung schlank und gerecht sein, da zu hohe Zertifizierungs- oder Verwaltungslasten die Akzeptanz gefährden, vor allem bei KMU. Wichtig ist auch eine wirksame Marktüberwachung, die verhindert, dass minderwertige Produkte oder falsche Angaben den Markt verzerren. Öffentliche Beschaffung kann dabei als grüner Leitmarkt wirken, wenn sie Produkte mit hohen Ökodesign-Standards und aussagekräftigen Umweltlabels bevorzugt – etwa langlebige Möbel, effiziente IT-Geräte oder ressourcenschonende Gebäudetechnik – und dabei über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgeht. Flankierend sollte die EU gezielt die internationale Dimension stärken, denn alle Produkte, die in der EU auf den Markt gebracht werden – auch Importe – müssen die neuen Standards erfüllen. Durch die dafür notwendige Umstellung von Produktionsprozessen und Lieferketten wird auch eine Transformation in anderen Weltregionen angestoßen, die wirtschaftliche Chancen mit ökologischer Verantwortung verbindet. ◆

*Öffentliche Beschaffung kann als grüner Leitmarkt wirken, wenn sie Produkte mit hohen Ökodesign-Standards und aussagekräftigen Umweltlabels bevorzugt.*

# Der Ressourcen-aufwand für die Digitalisierung

*Autorin: Dr. Monika Dittrich*

Eine virtuelle digitale Welt braucht Hardware und Energie. Insbesondere der Bedarf an knappen Rohstoffen für die Digitalisierung ist hoch – und wird weiter steigen. Digitalisierung tritt damit zunehmend in Konkurrenz zu anderen, ebenso relevanten Nachfragebereichen.

1 **Ressourcenverbrauch digitaler Anwendungen bilanzieren**
Entwicklung wissenschaftlich fundierter Standards für ein umfassendes Monitoring des Rohstoff- und Energieaufwands für Digitalisierung.

2 **Effizienz digitaler Anwendungen fördern**
Mit politischen Maßnahmen den Energie- und Rohstoffbedarf digitaler Anwendungen signifikant reduzieren.

3 **Förderung der Zirkularität angesichts des steigenden Bedarfs**
Kreislaufführung von Hardware und der darin enthaltenen Rohstoffe durch Produkthaftung, Reparatursysteme und zirkuläres Design.

4 **Weniger relevante Einsatzgebiete digitaler Anwendungen eindämmen**
Durch Priorisierung und Regulierung weniger prioritärer Anwendungen kritische und strategische Rohstoffe schonen.

5 **Rohstoffe für zentrale Anwendungen wie die Energiewende priorisieren**
Mit neuen Verteilmechanismen die Versorgung der relevantesten Anwendungsfelder mit kritischen und strategischen Rohstoffen sichern.



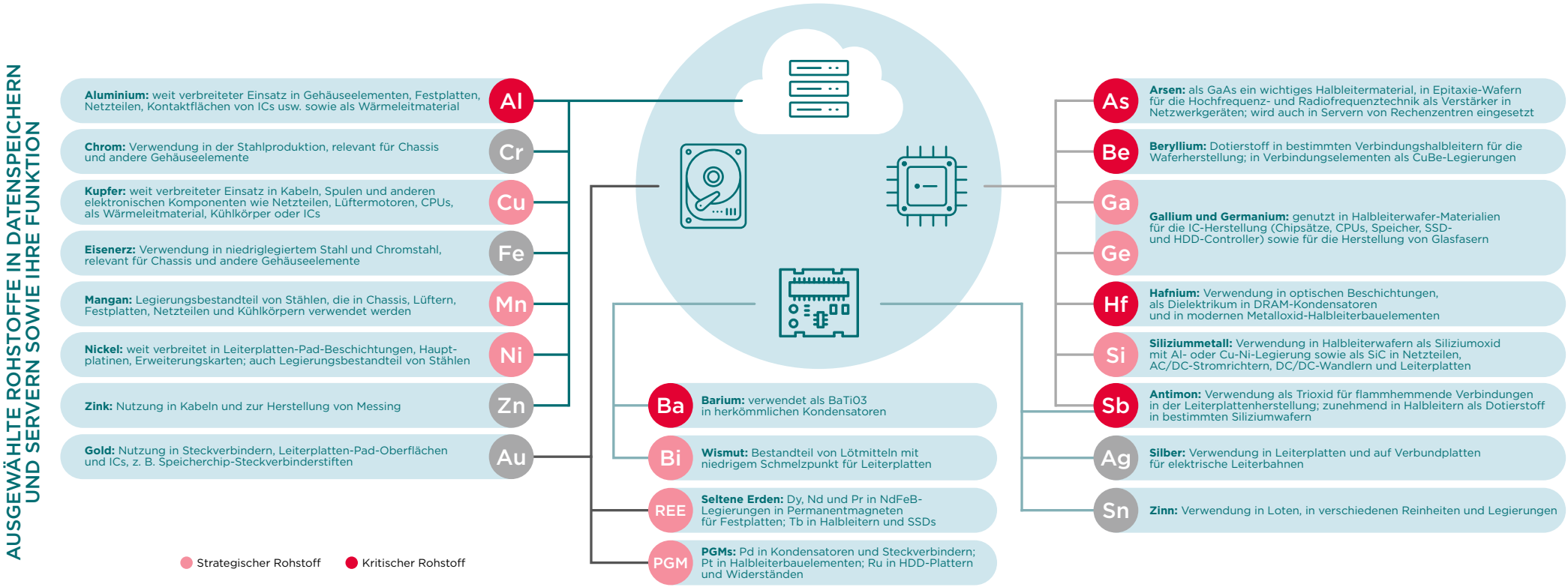
In der öffentlichen Wahrnehmung steht die Digitalisierung wie kaum ein anderer Bereich für eine immaterielle Sphäre und suggeriert, ohne natürliche Ressourcen auszukommen: Das papierlose Büro, Apps statt Tickets oder Videocalls statt Reisen sind nur wenige Beispiele, die Hoffnung wecken, dass digitale Tools umweltschonender sind als die herkömmlichen Alternativen. Doch die Realität sieht anders aus: Die Anzahl der benötigten Rechenzentren, Leitungen und Endgeräte steigt rasant – und damit auch der Verbrauch von Rohstoffen für Hardware und Infrastruktur sowie der Energiebedarf für deren Betrieb.

## Ressourcenverbrauch digitaler Anwendungen bilanzieren

In den letzten Jahren haben Wissenschaftler*innen zunehmend mehr digitale Anwendungen hinsichtlich ihrer Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen analysiert. Die Ergebnisse zeigen: Der oft erhebliche Energieaufwand wiegt die durch digitale Anwendungen möglichen Einsparungen häufig auf – oder übertrifft sie sogar.




Rechenzentrum in den Niederlanden: Der oft erhebliche Energieaufwand wiegt die durch digitale Anwendungen möglichen Einsparungen häufig auf – oder übertrifft sie sogar. Auch der Wasserverbrauch, etwa für die Kühlung, kann erheblich sein.




**Datenspeicher und Server brauchen viele kritische und strategische Rohstoffe.** Die Grafik zeigt eine Auswahl.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Carrara, S. et al., 2023: Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study. JRC Science for Policy Report, European Commission.

Auch der Wasserverbrauch, etwa für die Kühlung, kann erheblich sein.

Darüber hinaus ist auch der Ressourcenaufwand für die Hardware beträchtlich: Laptops, Smartphones, Rechenzentren und Übertragungsnetze sind komplexe Technologien, für die eine Vielzahl kritischer und strategischer Rohstoffe nötig ist – darunter Lithium, Metalle der Gruppe der Seltene Erden, Kobalt, Gallium, Germanium, Kupfer, Nickel, Antimon, Barium und viele weitere. Besonders hohe Versorgungsrisiken sind dabei mit Metallen der Gruppe der Seltenen Erden wie Erbium, Ytterbium, Dysprosium oder Europium verbunden. Je mehr digitale Anwendungen in der Breite eingesetzt werden, desto höher steigt der Rohstoffbedarf für die Digitalisierung. Auch die Bereitstellung von Energie für digitale Dienste erfordert Rohstoffe – selbst wenn dafür keine fossilen Energieträger verbrannt werden, denn Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien, wie Windkraft oder Photovoltaik, enthalten ebenfalls viele teils knappe Rohstoffe.

Die dazu vorliegenden wissenschaftlichen Analysen sind noch lückenhaft. Daher sollten die Erhebungen ausgeweitet werden: Die Politik sollte wissenschaftlich fundierte, verbindliche Standards entwickeln lassen, mit denen sich der Rohstoff- und Energieaufwand für Digitalisierung umfassend, systematisch und vergleichbar erfassen und beobachten lässt.

*Der Strombedarf für KI könnte nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur bis 2035 auf 700 bis 1.700 TWh steigen. Zum Vergleich: Der Bruttostromverbrauch Deutschlands lag 2023 bei 521 TWh.*

## Effizienz digitaler Anwendungen fördern

Die Europäische Kommission schätzt, dass sich angesichts der rasanten Verbreitung digitaler Anwendungen die Nachfrage nach knappen Rohstoffen für manche digitale Infrastrukturen und Technologien bis 2030 im Vergleich zu 2020 verdoppeln könnte – wenn keine Maßnahmen ergriffen werden, die den effizienten Einsatz forcieren.

Hinzu kommen voraussichtlich viele zusätzliche digitale Anwendungsfelder, wie Informationsspeicher für den Digitalen Produktpass oder Sensortechniken, etwa für die Sortierung von Müll, autonomes Fahren oder die Präzisionslandwirtschaft. Die entsprechenden aktuellen und zukünftigen Rohstoffbedarfe sind bislang kaum absehbar – die Internationale Energieagentur schätzt, dass allein der Strombedarf für KI-Anwendungen bis 2035 auf eine Größenordnung zwischen 700 und 1700 TWh steigen wird. Zum Vergleich: Der Bruttostromverbrauch Deutschlands, immerhin die drittgrößte Volkswirtschaft der Welt, lag 2023 bei 521 TWh. Digitalisierung wird somit zum Treiber für den steigenden Strombedarf – und überlagert sich mit anderen Entwicklungen wie der Transformation der Energiesysteme, die auch zu einem deutlich steigenden Strombedarf führen.

Angesichts dieser Größenordnungen sollte die Politik Maßnahmen ergreifen, die den Energie- und Rohstoffbedarf digitaler Anwendungen signifikant reduzieren.

## Förderung der Zirkularität angesichts des steigenden Bedarfs

Ein weiterer Ansatz ist die Steigerung der Zirkularität der benötigten Hardware – mit dem Ziel, ihre Nutzungsdauer, beziehungsweise die der darin enthaltenen Rohstoffe, zu verlängern, um Primärrohstoffe zu schonen. Das kann beispielsweise über längere Produkthaftungen oder bessere Reparatursysteme erfolgen. Auch effizient programmierte

Softwareupdates, die die Nutzungsdauer der Hardware verlängern, und optimierte Sammel- und Recyclingsysteme können beitragen.

Oft sind in Smartphones und Co nur sehr kleine Mengen der knappen Rohstoffe enthalten, die aktuell kaum ökonomisch rational zurückgewonnen werden können. Die Politik sollte daher die Hersteller verpflichten – etwa im Rahmen der EU-Ökodesign-Verordnung – die Geräte so zu designen und zu produzieren, dass knappe und kritische Rohstoffe nach der Nutzung effizient zurückgewonnen werden können.

## Weniger relevante Einsatzgebiete digitaler Anwendungen eindämmen

Angesichts des steigenden Einsatzes digitaler Anwendungen werden Effizienzförderung und verbessertes Recycling allein jedoch kaum ausreichen, um die Nachfrage nach knappen Rohstoffen zu mindern. Denn eine große Herausforderung besteht darin, dass die meisten dieser Rohstoffe nicht nur für digitale Technologien benötigt werden, sondern auch für andere, ebenfalls relevante Bereiche: Allein




**Neodym** ist ein Element, das zur Gruppe der Seltenen Erden gehört. Es wird in kleinen Mengen in vielen unterschiedlichen Bereichen genutzt und steigert die Funktionalität. Aufgrund seines Einsatzes in wichtigen Zukunftstechnologien, darunter in Batterien, Windkrafttechnologien oder der Luftfahrt, gilt Neodym in der EU als strategischer Rohstoff.
Quelle: Wuppertal Institut.

die Energiewende erfordert eine Vielzahl kritischer und strategischer Rohstoffe. Neodym, ein Metall der Gruppe der Seltenen Erden, ist hier beispielhaft: Es kommt nicht nur in Festplatten zum Einsatz, sondern auch in Dauermagnet-Rotoren für Windkraftanlagen sowie Elektro- und Hybridfahrzeuge, in Kernspintomographen, Mikromotoren und vielen weiteren Anwendungen. Gleiches gilt für nahezu alle anderen strategischen Rohstoffe, auch wenn sich die einzelnen Nachfragebereiche voneinander unterscheiden.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, weniger prioritäre Anwendungen zu identifizieren und ihre Verbreitung einzudämmen, inklusive digitaler Anwendungen mit erheblichem Energiebedarf. Ökobilanzielle Untersuchungen schätzen den Strombedarf einer KI-Anfrage etwa zehnmal höher als den Bedarf einer „normalen“ Google-Anfrage. Ein erster Schritt könnte daher darin bestehen, dass der Gesetzgeber Transparenz für Nutzer*innen zum Energieverbrauch vorschreibt – und eine explizite Zustimmung der Verbraucher*innen zu energieintensiven Anwendungen verlangt, bevor diese beispielsweise in Updates implementiert werden. Denkbar wäre etwa eine „Klick-für-KI-Pflicht“, bei der KI-Inhalte erst generiert werden dürfen, wenn Nutzer*innen zugestimmt haben: Wer KI nutzen will, müsste lediglich einen Mausklick investieren – und wer nicht an KI-Content interessiert ist, verursacht auch keinen Energieverbrauch.

## Rohstoffe für zentrale Anwendungen wie die Energiewende priorisieren

Bei Rohstoffen, die für strategisch relevante Bereiche gebraucht werden, stellt sich die Frage der Allokation – spätestens wenn die Nachfrage, wie aktuell prognostiziert, deutlich stärker steigt als das Angebot. In unserem Wirtschaftssystem wird die Verteilung in der Regel vom Markt gesteuert: Wer am meisten zahlt, bekommt den Vorzug. Dieser Verteilmechanismus stößt jedoch an seine Grenzen, wenn dadurch gesellschaftlich wichtige Veränderungen wie die Energiewende in Deutschland oder global ausgebremst werden.

Daher ist es sinnvoll, über andere Verteilmechanismen nachzudenken – im Extremfall auch über eine „Metall-Triage“: Damit ist eine Hierarchie für den Fall extremer Knappheit gemeint, mit der die relevantesten Anwendungsfelder über einen staatlichen Verteilmechanismus zuerst bedient werden, während weniger relevante Anwendungsfelder nicht oder erst später berücksichtigt werden. Vorbild könnte die Gasverteilung in Zeiten der Knappheit sein, die in Deutschland zu Beginn des Angriffskrieges Russlands auf die Ukraine diskutiert wurde. Fraglos ist die Festsetzung einer solchen Hierarchie eine Herausforderung. Aus Umweltsicht wäre ein zentrales Kriterium der Beitrag zur Einhaltung der planetaren Grenzen. Digitalisierung – einschließlich KI – sollte folglich prioritär in Einsatzgebieten gefördert werden, die unserer Gesellschaft nachweislich helfen, innerhalb der planetaren Grenzen zu bleiben, beziehungsweise in anderen Einsatzgebieten wichtigen Nutzen bringen, etwa im Gesundheitssektor oder im Katastrophenschutz. Technologie ist kein Selbstzweck – das gilt auch für KI. ◆

# Digitalisierung eine Richtung geben – Transformations-politik für den digital-ökologischen Wandel

*Autor: Daniel Wurm*

Wie digitale Optionen politisch gestaltet werden, entscheidet über ihren Erfolg. Dafür sind nicht nur die richtigen Ansätze und gezielte Umsetzung nötig, sondern auch ein spezifisches Politikverständnis.

1 **Nachhaltigkeits-Pull statt Technology-Push für digitalen Anwendungen**
Mit problembasierten statt technologiefokussierten Ansätzen optimale Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen finden.

2 **Digitale Potenziale sichtbar und zugänglich machen**
Eine breite Wissensbasis schaffen, aus der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ad hoc vorhandenes Wissen und Technologien abrufen können.

3 **Voraussetzungen digitaler Anwendungen bewusst in den Blick nehmen**
Mit grundlegenden Infrastrukturen und Technologien die Basis für Skalierung und effektiven Einsatz digitaler Tools schaffen.



4 **Die Entwicklung digitaler Lösungen braucht Freiraum und Wettbewerb**
Digitale Lösungen marktnah entwickeln und unter Realbedingungen testen, um schrittweise flexible Lösungssysteme wachsen zu lassen.

5 **Anpassungsfähige Politiken: adaptives Politikdesign digital ermöglicht**
Politik im Sinne datengetriebener Anwendungen modernisieren, um die Dynamik der Digitalisierung effektiv nutzbar zu machen.





Landtag in Nordrhein-Westfalen, Deutscher Bundestag, Europäisches Parlament in Brüssel: Die Art und Weise, wie digitale Optionen politisch gestaltet werden, entscheidet über ihren Erfolg – auf allen politischen Ebenen.

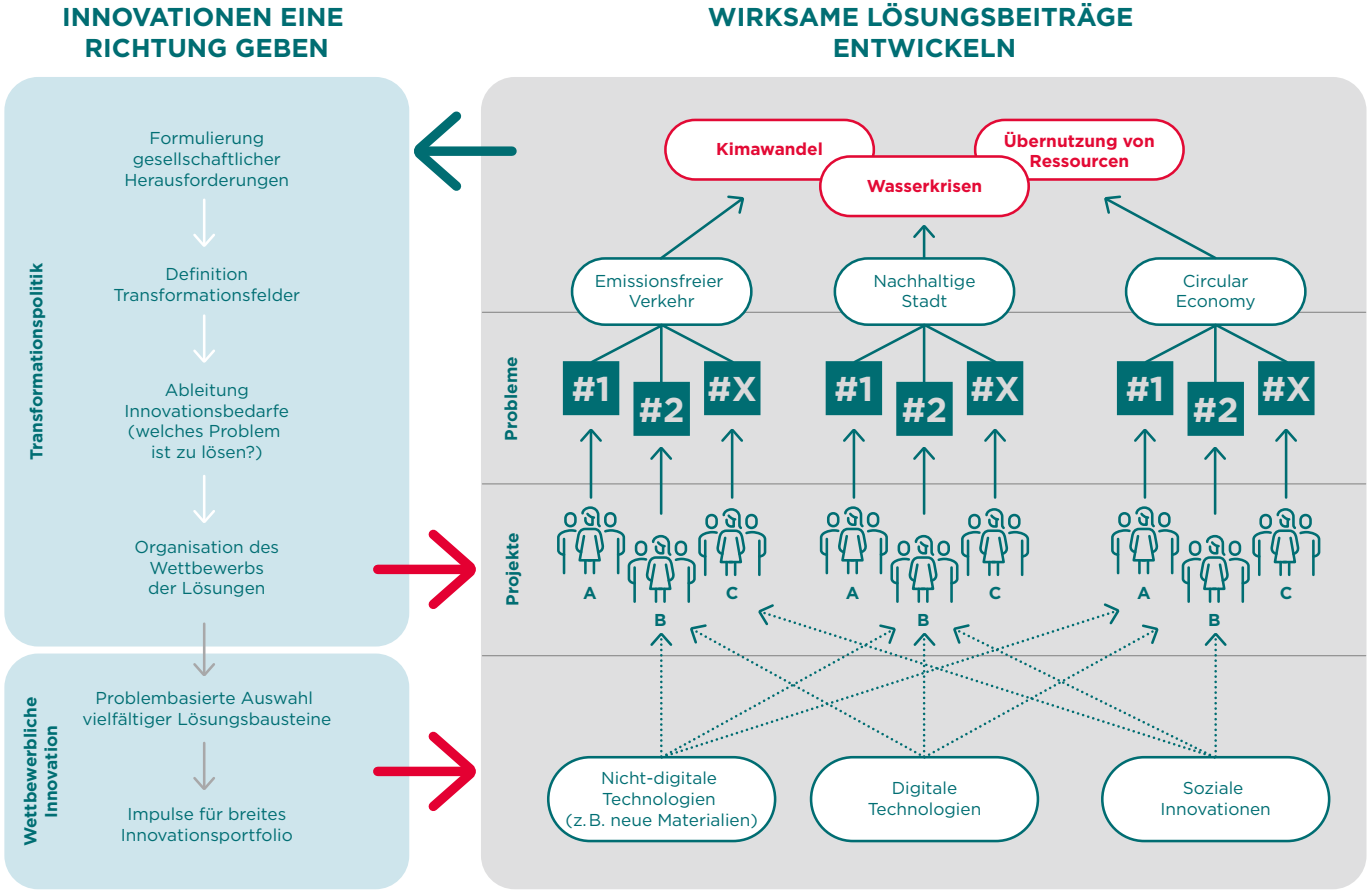
Digitalisierung kann ein zentraler Hebel zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen sein – allerdings nur, wenn Politik Programme konsequent an realen Transformationsproblemen ausrichtet und systematisch digitale Potenziale erschließt. Nur so entstehen flexible, innovative Lösungen, die echte Wirkung entfalten, technologische Lock-ins vermeiden und nachhaltige Transformationspfade fördern. Das heißt: Die Art und Weise, wie digitale Optionen politisch gestaltet werden, entscheidet über ihren Erfolg.

## Nachhaltigkeits-Pull statt Technology-Push für digitale Anwendungen

Politische Initiativen, die sich angesichts gesellschaftlicher Herausforderungen auf einzelne digitale Technologien wie Blockchain, Robotik oder KI konzentrieren, laufen Gefahr, langfristig ineffektive oder gar kontraproduktive Transformationspfade festzuschreiben und relevante Lösungsansätze zu übersehen. Die Annahme, dass bestimmte Technologien spezifische Probleme lösen können, nur weil sie aktuell einen Hype erfahren, ist eine riskante Wette: Ob beispielsweise KI ein Gamechanger für den Wandel zur Kreislaufwirtschaft ist und besser performt als klassische Optimierungsmodelle, ist ex-ante nicht absehbar.

Wie im vorherigen Kapitel angesprochen: KI und andere Technologien sind kein Selbstzweck. Statt in rein technologiefokussierten Ansätzen sollte Politik ihren Ausgangspunkt daher in klar definierten gesellschaftlichen Herausforderungen finden, etwa der Reduktion von Emissionen in Städten, der Vermei-

dung von Lebensmittelverschwendung oder der Steigerung von Ressourceneffizienz in Produktionsprozessen – also strikt problembasiert und ohne jedwede Vorfestlegung auf digitale Technologien. Dabei sollten unterschiedliche Lösungsansätze gleichberechtigt betrachtet werden: digitale Technologien, aber auch alternative Technologien oder soziale Neuerungen. Dieser Ansatz eröffnet digitale Transformationspfade, die eng an reale Probleme gekoppelt sind und verhindert die vorschnelle Verengung auf einzelne Technologien.




## Digitale Potenziale sichtbar und zugänglich machen

Damit digitale Lösungen an der richtigen Stelle wirken, müssen die Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Technologien betrachtet werden. Aber: Viele Akteur*innen in Wirtschaft, Forschung oder Verwaltung kennen die Vielfalt digitaler Lösungsoptionen nicht – und können sie deshalb auch nicht gezielt einsetzen. Transformationspolitische Ansätze sollten daher die Breite möglicher digitaler Anwendungen in konkreten Themenfeldern sichtbar und erfahrbar machen. Dabei geht es in der Förderung weniger um die Entwicklung digitaler Technologien bis zur Marktreife oder auf hohe Technology

Die **Förderung digitaler Innovationen** muss konsequent an gesellschaftlichen Transformationbereichen, wie Verkehrswende, Stadtwandel oder Circular Economy, ausgerichtet werden. Dafür muss Transformationspolitik diese Herausforderungen in konkrete Innovationsbedarfe für gesellschaftliche Probleme übersetzen, für die wirksame Lösungen gesucht werden. Das schafft den Rahmen und setzt Anreize, dass sich die unterschiedlichen digitalen Technologien – zusammen mit nicht digitalen Technologien oder sozialen Innovationen – im technologieoffenem Wettbewerb der Lösungen bewähren. Quelle: Wuppertal Institut.

*So entsteht ein ad hoc abrufbares Repertoire digitaler Lösungen, aus dem Politik, Wirtschaft und Gesellschaft in problemorientierten Initiativen gezielt vorhandenes Wissen und Technologien abrufen können.*

Readiness Levels, sondern darum, verschiedene Anwendungen als Inspirationsquelle und Orientierungsrahmen aufzubereiten: Entscheidend ist das systematische Sichtbar-Machen digitaler Optionen, etwa über thematische Lösungsbibliotheken, Innovationskarten oder Austauschplattformen. So entsteht eine breite Wissensbasis für problembasierte Initiativen, die zeigt, welche Technologien bereits erprobt sind, in welchem Kontext und mit welchem Effekt. Auch Initiativen zur Vermittlung digitaler Kompetenzen und sektorübergreifende Austauschformate helfen Entscheidungsträger*innen, digitale Potenziale besser einzuschätzen und sinnvoll zu kombinieren. So entsteht ein ad hoc abrufbares Repertoire digitaler Lösungen, aus dem Politik, Wirtschaft und Gesellschaft in problemorientierten Initiativen gezielt vorhandenes Wissen und Technologien abrufen können.

### Voraussetzungen digitaler Anwendungen bewusst in den Blick nehmen

Potenziale digitaler Technologien müssen in ihrem Anwendungskontext verstanden und die dafür nötigen Voraussetzungen in den Blick genommen werden: Es braucht grundlegende Infrastrukturen und Basistechnologien, damit digitale Anwendungen in der Praxis eingesetzt werden können. Denn ihr Potenzial liegt trotz des vorhandenen Wissens brach, wenn Daten, Schnittstellen oder gemeinsame Plattformen fehlen – etwa wenn vielversprechende KI-basierte Recycling-Anwendungen mangels Materialdaten nicht greifen.

Politik sollte daher gezielt in die Schaffung und Weiterentwicklung digitaler Grundlagen investieren: in offene Datenräume, interoperable Plattformen, sektorübergreifende Schnittstellen oder gemeinsame Referenzarchitekturen. Diese Infrastrukturmaßnahmen sind selten schnell marktfähig, sodass private Investitionen oft ausbleiben. Aber sie schaffen die Basis, um digitale Tools für gesellschaftliche Herausforderungen zu skalieren und effektiv einzusetzen.

## Die Entwicklung digitaler Lösungen braucht Freiraum und Wettbewerb

Digitale Entwicklung kann nur erfolgreich sein, wenn politische Initiativen Freiraum zum Experimentieren schaffen und Wettbewerb zwischen Lösungen ermöglichen. Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, dass marktfern entwickelte Systeme die marktlichen Anforderungen oft nicht erfüllen. Ein Beispiel ist die politisch forcierte Einführung der sogenannten DE-Mail, eines eigenständigen, besonders abgesicherten E-Mail-Systems in Deutschland: Es konnte zu keiner Zeit ausreichende Akzeptanz finden und das Angebot wurde mittlerweile bis auf sehr wenige Ausnahmen wieder eingestellt. Digitale Lösungen müssen daher marktnah vorangetrieben werden.

Deshalb ist entscheidend, dass politische Initiativen konkrete digitale Technologien und Anwendungen zur Lösung gesellschaftlicher Problemstellungen nicht zentralisiert definieren und im Detail vorgeben. Innovation braucht Wettbewerb – die oben genannten problembasierten Initiativen schaffen nur den politischen Rahmen dafür. So lassen sich Lösungen am Markt entwickeln und unter Realbedingungen testen. Das heißt auch, in der Entwicklung Alternativen zu berücksichtigen, also verschiedene digitale Lösungsansätze für dieselben gesellschaftlichen Ziele zuzulassen: Gelingt etwa die Reduzierung von Haushaltsabfällen eher per App für bessere Mülltrennung oder über digitale Tausch- und Verschenkplattformen?

Eine zentrale Aufgabe besteht darin, unter Einbeziehung vielfältiger Stakeholder die Wirksamkeit der einzelnen Ansätze kontinuierlich zu prüfen und Synergien zwischen

## Smart Waste Tal: KI und Gamification für bessere Abfallvermeidung und -sortierung

Verschiedene digitale Lösungsansätze für dieselben Ziele zulassen: Im Projekt "Smart Waste Tal" kommt Digitalisierung für Abfallvermeidung und -sortierung in Wuppertal zum Einsatz: Einerseits durch ein KI-gestütztes Bilderkennungs-Tool, mit dem Bürger*innen defekte Produkte scannen können, um Informationen zu Optionen wie Reparatur, Verkauf, Verleih oder der richtigen Entsorgung in ihrer unmittelbaren Nähe zu erhalten – und andererseits als Gamification-Ansatz, der die Wuppertaler*innen durch Challenges und Anreize spielerisch zu hochwertiger Biomülltrennung motiviert.

→ zur Smart Waste Tal-Website

Fragen zum Projekt Smart Waste Tal? Melden Sie sich gerne!
Dr. Imke Schmidt
Mail: imke.schmidt@wupperinst.org · Tel.: 0202 2492-409



ihnen zu identifizieren, um schrittweise ein flexibles Lösungssystem wachsen zu lassen. So können sich effektive Lösungen inkrementell herauskristallisieren, während weniger erfolgreiche Ansätze wertvolle Learnings für nachfolgende Programme liefern.

### Anpassungsfähige Politiken – adaptives Politikdesign digital ermöglicht!

Klassische Politikzyklen mit langen Planungs- und Umsetzungsphasen sind zu träge für die Digitalisierung – ein Feld, das sich in kürzester Zeit verändert. Politische Prozesse müssen daher selbst zum Objekt von Transformation werden, um mit der Dynamik der Digitalisierung Schritt zu halten und politische Programme wirksam umzusetzen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Anpassungsfähigkeit politischer Initiativen, wie das Design von Förderprogrammen oder die Regulierung von Onlineplattformen, auf ein gänzlich neues Level gehoben werden: Die schnelle Entwicklung neuer Maßnahmen, die flexible Anpassung bestehender Programme und die Veränderung institutioneller Prozesse und Verantwortlichkeiten müssen im Sinne datengetriebener Anwendungen modernisiert werden. Digitale Tools können Entscheidungsträger*innen hochfrequent belastbare Informationen liefern, etwa durch automatisierte Analysen und Datenbereitstellung oder durch Nutzung neuer Datenquellen. Das macht neues Handlungswissen verfügbar, für das wiederum entsprechende Entscheidungsfreiräume geschaffen werden müssen, etwa durch mehr dezentrale Verantwortung und Befugnisse oder Stärkung des Subsidiaritätsprinzips. So entsteht ein adaptives Politikdesign, das wirksame Ansätze verstärkt, weniger erfolgreiche verwirft und flexibel auf neue Herausforderungen reagiert. Nur wenn Anpassungsfähigkeit so umfassend verstanden wird, kann Politik die Dynamik der Digitalisierung konsequent für Nachhaltigkeit nutzen. ◆

**Herausgeberin**

**Wuppertal Institut**
**für Klima, Umwelt, Energie gGmbH**

Döppersberg 19
42103 Wuppertal · Deutschland
Tel: +49 202 2492-0
info@wupperinst.org

**wupperinst.org**

**ViSdP:**
Prof. Dr.-Ing. Manfred Fischedick,
Präsident und wissenschaftlicher Geschäftsführer
des Wuppertal Instituts

**Redaktion:**
Christian Kensbock, Wuppertal Institut

**Bildquelle,** wo nicht anders angegeben:
Getty Images

Der Text dieser Publikation steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0). Der Lizenztext ist abrufbar unter: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

MITGLIED DER JRF Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft

Die Institute der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft werden vom Land NRW institutionell gefördert.

**Bitte die Publikation folgendermaßen zitieren:**
Wuppertal Institut (2025). Digitales Deutschland: Politische, ökonomische und gesellschaftliche Impulse für eine nachhaltige Digitalisierung in Deutschland auf acht Ebenen (Zukunftsimpuls Nr. 31).

„Zukunftsimpulse“ liefern in loser Folge Thesen, Diskussionsbeiträge, Einschätzungen, Stellungnahmen und Forschungsergebnisse mit Bezug zu aktuellen politischen Debatten. Bis einschließlich Band 10 ist die Reihe unter dem Titel „Impulse zur Wachstumswende“ erschienen.

Wuppertal, Dezember 2025

ISSN 2701-3200

**Sie finden uns auch hier:**

**Newsletter abonnieren**
wupperinst.org/newsletter

**Podcast Zukunftswissen.fm**

Wuppertal Institut

