



DB Systel
Digital bewegen.
Gemeinsam.



Digital.Trend.Studie

Green IT

Das Spannungsfeld zwischen Digitalisierung und Nachhaltigkeit

DB Systel GmbH | Digital Foresight | März 2023

Einführung

Ready, set, go!.....	5
Nachhaltig digital für eine grüne Bahn	6
Herzlich Willkommen	7

Executive Summary

Definition Green IT	9
Kernergebnisse und Empfehlungen.....	10
Chancen und Risiken	12
Trendbewertung Green IT	13

Treibende Faktoren der grünen IT

Was verstehen wir unter Green IT?.....	15
Gesellschaftliche Erwartungen.....	17
Globale Trends und Zielsetzungen.....	18
Fußabdruck der digitalen Infrastruktur	19
Suffizienz	21
Wirtschaftlichkeit	22
Green Washing und Rebound-Effekt	23
Impulse	25

Praxisbeispiele

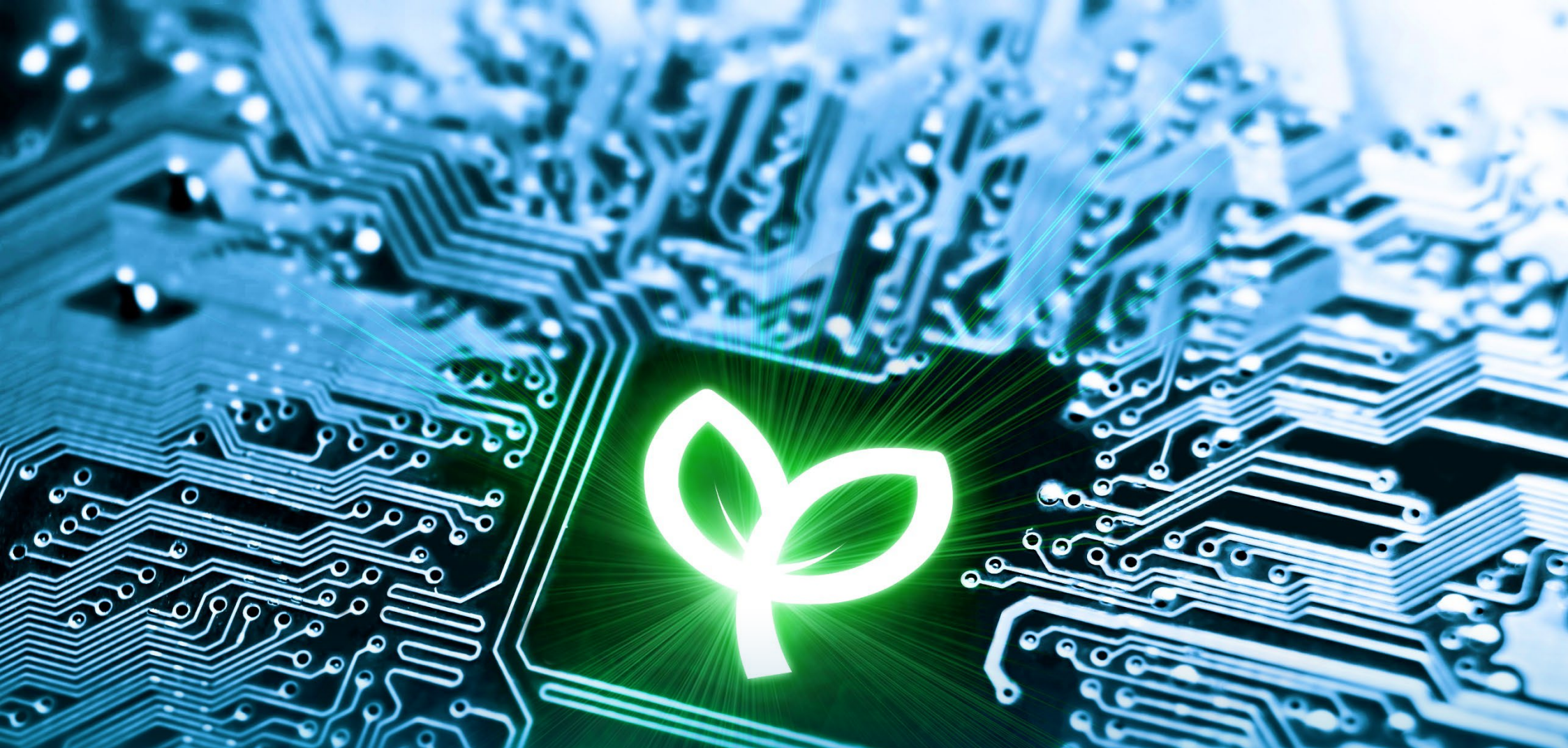
Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen bei etablierten Unternehmen	28
Blockchain, KI, Metaverse: Licht und Schatten	32
Impulse aus dem Trenduniversum von TRENDONE	34
Deutsche Bundesregierung und Europäische Union	35

Handlungsfelder

Methodischer Ansatz	38
Rechenzentren/Cloud.....	40
Programmierung.....	43
Hardware	49

Anhang

Weiterführende Literatur.....	58
Vorgehensweise & Methodik	59
Trendbewertung	60
Ansprechpartner:innen	61



Einführung

Ready, set, go!	5
Nachhaltig digital für eine grüne Bahn	6
Herzlich Willkommen	7

”

Wir sind nicht nur
verantwortlich für das,
was wir tun,
sondern auch für das,
was wir nicht tun.

Molière

Ready, set, go!

Digitization as superpower. Digitalisierung ist einer der größten Hebel für mehr Ressourceneffizienz. Big Data und Künstliche Intelligenz sind wichtige Technologien im Kampf gegen den Klimawandel. Gleichzeitig steigt der Energieverbrauch digitaler Technologien immens: Jeder Datentransfer verbraucht Energie, jedes neue Rechenzentrum muss mit Strom versorgt und gekühlt werden. ↗ **Statista** schätzt das Volumen der jährlich generierten und replizierten digitalen Datenmenge im Jahr 2025 auf 181 Zettabyte – nahezu dreimal so viel wie 2020.



Green IT leads the way. Dringender denn je müssen wir uns die Frage stellen, wie wir die Umweltauswirkungen von Digitalisierung auf null senken. Die Trendstudie von Digital Foresight zeigt, dass Green IT als integraler Teil eines ganzheitlichen Umweltmanagementsystems verstanden werden muss. Es ist essenziell, die Prinzipien einer grünen Digitalisierung in den Anforderungsprofilen jeder Anwendung und jedes Projekts zu verankern - insbesondere bei der Skalierung von Technologien. Hersteller und Entsorgungsdienstleister von Hardware, aber auch Cloud-Provider sind hierbei wichtige Akteure. Und jeder einzelne Mitarbeitende kann mit seinem individuellen Verhalten einen Beitrag leisten. Bereits die Nutzung des Energiesparmodus oder die **Vermeidung großer Dateianhänge** in E-Mails haben unmittelbaren Einfluss auf den Energieverbrauch.

Pushing the limits. Die Deutsche Bahn ist als einer der größten Verkehrsanbieter in Deutschland bereits Vorreiter im Klimaschutz. Mit Green IT gehen wir noch einen Schritt weiter. Ein Ambassador Programm für grüne Digitalisierung, Awareness Kampagnen und Vorträge für Mitarbeitende, Guidelines und Standards für grüne IT-Architektur und Green Coding, ein Energie-Dashboard für Programmierer sowie Pilotprojekte zur Erhebung des CO2-Fußabdrucks in Digitalprojekten: Erste Initiativen zur grünen Digitalisierung sind bereits gestartet.

Ready, set, go! „Die reinste Form des Wahnsinns ist es, alles beim Alten zu lassen und zu hoffen, dass sich etwas ändert“ (Albert Einstein). Es ist an uns allen, eine „Kultur nachhaltiger Digitalisierung“ zu schaffen. Lassen Sie sich von der Studie und unseren Handlungsempfehlungen inspirieren!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Gerd L. Markotten'.

Dr. Daniela Gerd tom Markotten
Vorständin Digitalisierung und Technik | Deutsche Bahn AG

Nachhaltig digital für eine grüne Bahn

Nachhaltigkeit. Ein großes Thema, das im Kleinen anfängt. Nämlich bei uns selbst. Zum Beispiel bei der Entscheidung, ob wir wirklich das neuste Handymodell brauchen oder bei unserer individuellen Mobilität.

Nachhaltige Mobilität und Logistik im Großen, dafür steht die Deutsche Bahn. Der DB-Konzern trägt eine enorme Verantwortung gegenüber Mensch und Umwelt. Konzernweit laufen deshalb bereits viele Initiativen und zahlreiche konkrete Projekte, um die grüne Transformation der DB weiter voranzutreiben. Ein wichtiger Aspekt dabei ist Digitalisierung.

Die DB Systel ist der Digitalpartner der Bahn. Dass wir uns mit Green IT – als einen Teilaspekt von Nachhaltigkeit – intensiv und proaktiv befassen, ist Teil unseres Selbstverständnisses.

Mit durchdachter Digitalisierung versetzen wir die DB in die Lage, ihre Nachhaltigkeitsziele schneller und leichter zu realisieren.

Diese Trendstudie zeigt detailliert auf, dass Green IT kein Selbstläufer ist. Und sie zeigt, womit sich das Umweltmanagementsystem der DB Systel bereits befasst: Bei der Entwicklung neuer Applikationen, der Auswahl unserer Partner im Cloud-Bereich oder der Bereitstellung, Wiederverwendung und Entsorgung von Hardware für und durch unsere Mitarbeitenden werden Nachhaltigkeit sowie Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz immer berücksichtigt.

So entsteht ein ganzheitliches Bild der Herausforderungen für eine grüne IT. Daraus leiten die Autor:innen klare Handlungsempfehlungen ab.

Nachhaltigkeit fängt im Kleinen an – zum Beispiel auch mit der Zeit für die Lektüre dieser Trendstudie. Ich wünsche Ihnen/Euch viele Erkenntnisse und wertvolle Anregungen!



Nicole Göbel
Vorsitzende der Geschäftsführung | DB Systel GmbH

Herzlich Willkommen

zu unserer Digital.Trend.Studie über „Green IT“!

In einer Zeit, in der die digitale Technologie einen immer größeren Teil unseres täglichen Lebens einnimmt, ist es wichtiger denn je, über die Auswirkungen unseres Handelns auf die Umwelt nachzudenken. Die Technologiebranche hat einen erheblichen Einfluss auf den CO₂-Ausstoß und den Energieverbrauch. Daher wird die Nachhaltigkeit in der Informationstechnologie, auch als „Green IT“ bezeichnet, zu einem immer dringlicheren Thema.



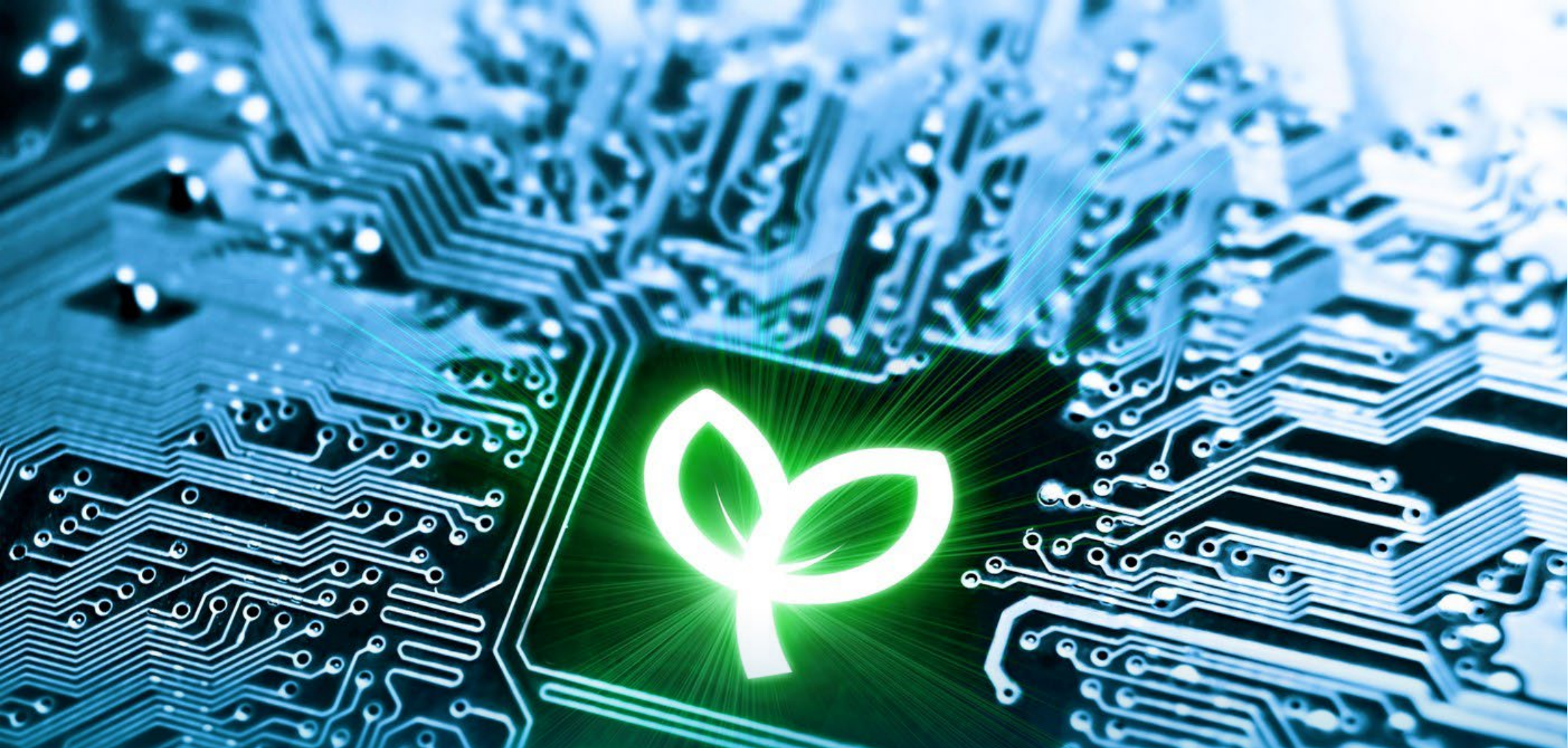
Diese Studie widmet sich genau diesem Thema und bietet einen umfassenden Überblick über die Konzepte, Technologien und Best Practices im Bereich der Green IT. Sie zeigt auf, wie Unternehmen und Organisationen durch die Verwendung nachhaltiger Technologien nicht nur ihre Umweltauswirkungen minimieren, sondern auch ihre Geschäftsergebnisse verbessern können.

Wir möchten uns an dieser Stelle ganz besonders bei allen Mitwirkenden bedanken, die uns bei der Erstellung der Studie unterstützt haben. Nicht zu vergessen die zahlreichen Kolleg:innen, die bereits heute in neuen Rollen und innovativen Strukturen mit modernen Werkzeugen bei der Digitalisierung der Deutschen Bahn anpacken. Da es sich um einen sehr facettenreichen Trend mit vielen Perspektiven handelt, freuen wir uns auf Ihr Feedback und den Beginn einer gemeinsamen, fruchtbaren Diskussion.

Wir hoffen, dass diese Trendstudie Ihnen ein tieferes Verständnis für die Bedeutung von Green IT vermittelt und dazu inspiriert, selbst aktiv zu werden und Ihre Arbeit mit Technologie nachhaltiger zu gestalten.

Doch vorher wünschen wir Ihnen eine spannende und inspirierende Lektüre!

Adám László
Team Digital Foresight | DB System GmbH



Executive Summary

Definition Green IT	9
Kernergebnisse und Empfehlungen	10
Chancen und Risiken	11
Trendbewertung Green IT	12

Definition Green IT

Der Trend „Green IT“ beschreibt einen umweltorientierten Ansatz bei Beschaffung, Entwicklung, Nutzung und Entsorgung von Computerhardware und Softwareanwendungen. Dies umfasst insbesondere energieeffiziente Programmierung, Datenvolumina und Rechenleistungen sowie die Gestaltung damit verbundener Geschäftsprozesse. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus einschließlich Rohstoffgewinnung und Produktion eingeschlossen, wie z. B. der verantwortungsvolle Abbau seltener, zur Entwicklung von IT-Hardware benötigter Metalle, der Gewässerschutz und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft für den gesamten Lebenszyklus von Technologien.



Erläuterung

Ohne den Einsatz von Digitaltechnologien werden die Herausforderungen der Klimakrise, des Umweltschutzes und begrenzter Ressourcen nicht gelöst werden können. IT verursacht jedoch zugleich einen eigenen ökologischen Fußabdruck, insbesondere bzgl. CO₂, der diesen Zielen entgegenläuft. Zudem nehmen die Ressourcenverbräuche und Emissionen unserer digitalen Welt durch zunehmende Digitalisierung, beschleunigt durch die Corona-Pandemie, rasant zu. Daher sollten Unternehmen den ökologischen Fußabdruck ihrer IT messen und durch nachhaltige Praktiken wie den Einsatz regenerativer Energien und Energieeffizienz minimieren.

Der DB-Konzern hat das Selbstverständnis, nachhaltig zu wirtschaften und Vorreiter im umweltgerechten Handeln zu sein. Dabei stellt sich auch die Frage, wie die Umweltauswirkungen der Digitalisierung, insbesondere der Energieverbrauch der Datenverarbeitung, innerhalb des Konzerns gemindert bzw. begrenzt werden können.

Handlungsfelder für Green IT bieten sich u. a. bei der Anwenderhardware, Netzwerken und Kommunikationssystemen, Anwendungen und Daten sowie dem Cloud-Computing.

Neben diesen Aspekten zur Nachhaltigkeit in der IT gibt es die Nachhaltigkeit durch IT. Dies ist aber nicht Thema dieser Trendstudie. Mehr Informationen dazu hier: [➔ Digital.Trend.Radar](#)

Kernergebnisse und Empfehlungen

Es gibt nie nur den einen richtigen Weg. Es lohnt sich aber, darüber nachzudenken, ob man sich nur treiben lassen will. Was können Sie gewinnen, wenn Sie proaktiv die Initiative ergreifen? Dafür möchten wir Ihnen an dieser Stelle einige Empfehlungen geben.

Kernergebnis 1: Green IT ist Umweltmanagement

Das Wissen über Energie- und Ressourcenverbrauch in der IT sowie über den Einfluss von Hardware und Software auf die Umwelt ist eine wesentliche Grundlage für wirkungsvolle Optimierungsmaßnahmen. Nur über eine ganzheitliche Betrachtung können wirksame Maßnahmen definiert sowie Rebound- und Backfire-Effekte vermieden werden.

Empfehlung: Green IT muss als integraler Teil eines ganzheitlichen Umweltmanagementsystems verstanden werden. Ein übergreifender Steuerungsprozess, Transparenz und konkrete Ziele, die Green IT mit einschließen, sind wesentliche Erfolgsgrundlage.

Kernergebnis 2: Optimierungspotenziale finden sich in mehreren Handlungsfeldern

Green IT kann an vielen Stellen Beiträge liefern. Über die Betrachtung eines effizienten IT-Betriebs hinaus, bieten die Hardware mit ihrem Lebenszyklus, die Software mit ihrer Architektur, die Art der Programmierung oder der Umgang mit Datensparsamkeit weitere wichtige Ansatzpunkte. Entscheidungen zwischen Cloud- und Edge-Computing spielen genauso eine Rolle wie die optimale Lastverteilung rechenintensiver Aufgaben. Dabei gibt es nicht die eine Lösung für alle Anwendungen.

Empfehlung: Die Prinzipien einer grünen Digitalisierung müssen in den Anforderungsprofilen jeder Anwendung und jedes Projekts verankert sein. Dies ist die Grundlage, um die jeweils vorhandenen Potenziale proaktiv zu identifizieren und zu berücksichtigen.

Kernergebnis 3: Green IT erstreckt sich über die gesamte Wertschöpfungskette

Nicht alle relevanten Einflussfaktoren liegen in der eigenen Hand. Auch Lieferanten und Dienstleister sind in der gesamten Wertschöpfungskette involviert. Sowohl Hersteller als auch Entsorgungsdienstleister von Hardware aber auch Cloud-Provider, IT-Partner oder Software-Lieferant sind wichtige Akteure für eine erfolgreiche Green IT.

Empfehlung: Green-IT-Anforderungen sind bei der Auswahl von Lieferanten zu berücksichtigen. Auch auf vor- und nachgelagerte Prozesse muss aktiv Einfluss genommen werden.

Kernergebnis 4: Jede:r einzelne kann mit ihrem/seinem individuellen Verhalten einen Beitrag liefern, auch im privaten Umfeld.

Ein großer Hebel der grünen Digitalisierung ist das individuelle Verhalten der Anwender:innen. Das betrifft nicht nur die Anwendung von Prinzipien der Green IT in der Entwicklung. Es schließt den Umgang mit den täglich genutzten Applikationen und der elektronischen Kommunikation mit ein. Bereits der Einsatz der Kamera in Videokonferenzen oder große Dateianhänge in E-Mails haben unmittelbaren Einfluss auf den Energieverbrauch. Eine Veränderung des persönlichen Verhaltens wirkt auch auf digitale Aktivitäten im privaten Bereich.

Empfehlung: Eine „Kultur nachhaltiger Digitalisierung“ muss etabliert werden. Der angemessene Einsatz sowohl in der Entwicklung als auch in der Nutzung digitaler Werkzeuge sollte durch Sensibilisierung, Schulungen und Richtlinien Teil des Alltags aller Mitarbeitenden werden.

Kernergebnis 5: Green IT steht nicht im Widerspruch zur Wirtschaftlichkeit

Die Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks der IT steht nicht im Widerspruch zu ökonomischen Interessen. Viele Aspekte, von langlebiger Hardware bis hin zu Datensparsamkeit und Energieeffizienz, zahlen positiv auf die Wirtschaftlichkeit ein. Zudem wird ernsthafte Nachhaltigkeit nicht nur von unseren Kund:innen und Stakeholdern gefordert, es ist auch unser eigener Anspruch!

Empfehlung: Green IT muss als Chance und darf nicht als Kostenfaktor gesehen werden. Durch effizientes und bewusstes Handeln tun wir Gutes für uns und unsere Umwelt.

Kernergebnis 6: Neue Technologien bieten Chancen und Risiken, auch für die Umwelt

Das Möglichkeitsspektrum digitaler Technologien verändert sich rasant. Jede neue Technologie wird Auswirkungen auf unseren ökologischen Fußabdruck haben, zum Positiven wie auch zum Negativen. Dabei ist anfangs oft unklar, wie sich der Effekt mit steigender Technologiereife verändert. Spätestens bei der Skalierung einer neuen Technologie müssen Nachhaltigkeitsaspekte ein Entscheidungskriterium sein.

Empfehlung: Bei der Bewertung neuer Technologien müssen Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt werden. Künftige Entwicklungspotenziale sind dabei einbeziehen, um nicht voreilig Chancen zu vergeben.

Chancen und Risiken



Yin oder Yang? Trends und damit einhergehende Entwicklungen sind objektiv betrachtet neutrale Veränderungen. In jedem Trend stecken sowohl Chancen als auch Risiken. Welche Seite der Medaille überwiegt, entscheidet oft das eigene Handeln.

Chancen [wenn wir richtig handeln]:

- Green IT kann einen wesentlichen Beitrag leisten, Potentiale für den Umwelt- und Klimaschutz zu heben sowie Ressourceneinsparungen zu realisieren und unterstützt so die grüne Transformation der Deutschen Bahn.
- Aufgrund der Größe der Deutschen Bahn liefern wir einen sichtbaren Beitrag zur Erreichung der politischen Klimaschutzziele.
- Viele Ansätze der Green IT wie Datensparsamkeit und Cloud-Architekturen liefern positive Beiträge zur Wirtschaftlichkeit.
- Ein konsequentes Vorgehen und die Einbindung aller Mitarbeitenden strahlt auch auf deren privates Umfeld ab.
- Verschiedene ressourcenschonende IT-Technologien werden in den nächsten Jahren verfügbar werden.

Risiken [wenn wir die falschen Dinge tun]:

- Die Digitalisierung führt zu einem erheblichen Anstieg des Energie- und Ressourcenverbrauchs, verbunden mit hohen Kosten.
- Unser Claim der grünen Transformation könnte Schaden nehmen und den Verdacht des Greenwashings wecken.
- Ohne eine übergreifende Gesamtstrategie zu Green IT drohen wichtige Handlungsfelder aus dem Blickfeld zu geraten. Es steigt die Gefahr unbeabsichtigter „Rebound-Effekte“.
- Die Fokussierung auf Klimaneutralität kann dazu führen, allein auf Emissionsverminderung und Energieeffizienz zu achten, aber Ressourcenschutz und umfassenden Umweltschutz zu vernachlässigen.
- Der Einsatz neuer Technologien kann zu negativen Nachhaltigkeitseffekten führen.
- Aufgrund ambitionierter Klimaschutzziele auf EU- und Bundesebene steigt der politische Druck.

Trendbewertung Green IT



Welche Trends bewegen die Bahn von morgen? Der **Digital.Trend.Radar** der DB Systel wirft ein Spotlight auf digitale Trends und ihr Potential für die Deutsche Bahn.

Der Digital.Trend.Radar ist eine akzeptierte Grundlage für die mittel- und langfristige Ausrichtung der Deutschen Bahn. Mittels einer transparenten und nachvollziehbaren Systematik wird ein Konsens in der Einschätzung der betrachteten Trends erzeugt. Das einheitliche Zukunftsbild ermöglicht eine konstruktive Diskussion zukünftiger Chancen und Risiken. Neue strategische Optionen werden identifiziert und finden Eingang in die Strategieentwicklung.

Business Value	Medium
Umsatzpotential	●●○○○
Nutzereffizienz	●●●○○
Kapitaleffizienz	●●●○○
Regulatorisches	●●●●●
Disruptionspotential	●●●●○

DB Business Value: Medium

Der DB Business Value ist ein Maß für die Relevanz eines Trends für den DB-Konzern auf Sicht von zehn Jahren. Dazu werden Chancen und Risiken zukünftiger Anwendungsszenarien bewertet.

Green IT beinhaltet nur indirektes Umsatzpotenzial, durch nachhaltiges Image und gesellschaftliche Erwartungen, bezogen auf gesamte Produktionskette. Bei Nichtbeachtung von Green IT besteht ein Reputations- und in der Folge ein Umsatzrisiko. Dies betrifft Reisende und Transporteure, aber auch Kapitalgeber.

Nachhaltiges Wirtschaften führt in allen Bereichen zu mehr Robustheit und erhöht dadurch die Resilienz, auch bei der IT.

Maturity	Standard
Marktstrategie	●●●●○
Marktverfügbarkeit	●●●●○
Interoperabilität	●●●●○
Ökosystem	●●●●○
Peer Group	●●●○○

Maturity (Reifegrad): Volatile

Die Maturity beschreibt die heutige Reife eines Trends. Neben dem technischen Entwicklungsstand spielt die dazugehörige Markt- und Leistungsinfrastruktur eine wesentliche Rolle.

Anders als die DB haben viele IT-Partner noch eigene Rechenzentren mit entsprechenden direkten Einflussmöglichkeiten. Die Partner beschäftigen sich intensiv mit dem Thema Green IT und beginnen mit der Umsetzung über reines Marketing hinaus, auch bei IT-Beschaffung und -Entwicklung.

Standardisierungsaktivitäten sind z. B. in Europa zu Hardware vorhanden, aber Energieeffizienz steht noch nicht ausreichend im Fokus der Standardisierung.



Abbildung 1: „Green IT“ ist einer der 20 digitalen Trends des Digital.Trend.Radars der DB Systel GmbH.



Treibende Faktoren der grünen IT

Was verstehen wir unter Green IT?	15
Gesellschaftliche Erwartungen	17
Globale Trends und Zielsetzungen	18
Fußabdruck der digitalen Infrastruktur	19
Suffizienz	21
Wirtschaftlichkeit.....	22
Green Washing und Rebound Effekt.....	23
Impulse.....	25

Was verstehen wir unter Green IT?

Hand aufs Herz: Wieviel Wumms steckt in Green IT?

„Ökologisch, nachhaltig, ressourcenschonend, energiesparend, recycelnd“ ... – Was soll daran noch neu sein? Wir machen doch schon so viel! Da können andere Branchen sicher viel mehr ausrichten. So ist vermutlich das Bauchgefühl von vielen.

Doch Green IT ist keineswegs alter Wein in neuen Schläuchen. Im Großen und im Kleinen – Green IT birgt für jede:n von uns viele Möglichkeiten, etwas positiv zu bewegen. Lassen Sie sich überraschen.

Vor allem aber: Derzeit gewinnen viele altbekannte ökologische Herausforderungen eine ganz neue Dringlichkeit. Green IT packt sie an. Denn der allgegenwärtige Klimawandel diktiert heute auch ganz zentral für die IT unumgängliche Hausaufgaben. Die Lösungen dafür sind noch nicht ausgemacht. Die Veränderungen werden sich auf alle Mitarbeiter:innen auswirken. Die Zeit ist knapp, Abwarten ist keine Alternative.

Unternehmen haben keine Wahl mehr

So viel steht fest: Unternehmen müssen **heute** Green IT beherzt angehen. Ihr Erfolgsschlüssel dabei ist Anpacken, Ausprobieren und möglichst schnelles Dazulernen. Denn das Green in der IT trennt in Zukunft die Spreu vom Weizen.

Drei Fragen beantworten wir Ihnen daher in dieser Trendstudie, um Green IT erfolgreich umzusetzen.

- Für alle **Mitarbeiter:innen**: Was kann ich an meinem Arbeitsplatz und in meinen Aufgaben beitragen?
- Für **Entscheider:innen**: Welche Kriterien geben mir einen soliden Kompass an die Hand?
- Für **Expert:innen**: Wo sind Potentiale, um Innovationen zu fördern? Wie müssen Expert:innen sich dafür qualifizieren?

„Grün durch IT“ reicht nicht aus

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können bei der technologischen Lösung von Umweltproblemen deutlich unterstützen. Dieses Potential wird als „Grün durch IT“ gefördert. Das ist aber nicht genug. Denn durch ihren eigenen Energie- und Ressourcenverbrauch sind Informations- und Kommunikationstechnologien selbst eine deutliche Belastung für die Umwelt. Diese Trendanalyse untersucht daher **Grün in der IT: die Entwicklung und Steigerung der Nachhaltigkeit in der IT.**

Wie definieren wir „Grün in der IT“?

Der Trend „**Green IT**“ beschreibt ein grundlegendes umweltorientiertes Denken und Handeln. Ob Hardware, Software oder Rechenzentren: Der Leitstern ist Suffizienz. Das Überflüssige abschaffen. Erkennen, was tatsächlich gebraucht wird, und dann auch mit genau dem auskommen.

Im Visier bei Hardware und Rechenzentren ist der gesamte Lebenszyklus. Nicht nur die Produktion, sondern auch die Rohstoffgewinnung. Beispiele sind der verantwortungsvolle Abbau und das notwendige Recycling seltener, zur Entwicklung von IT-Hardware benötigter Metalle. Auch der Gewässerschutz ist eingeschlossen.

Richtig rund wird Green IT durch die Wiederverwendung von Ressourcen. Von der Wiege zur Wiege (**cradle to cradle**) ist hier der Goldstandard. Nichts wird wirklich weggeworfen. Ob zerlegt, getrennt oder umgewandelt: Alles findet in der einen oder anderen Form als Rohstoff, Bauteil, Modul oder Gerät ein neues Verwendungsleben.

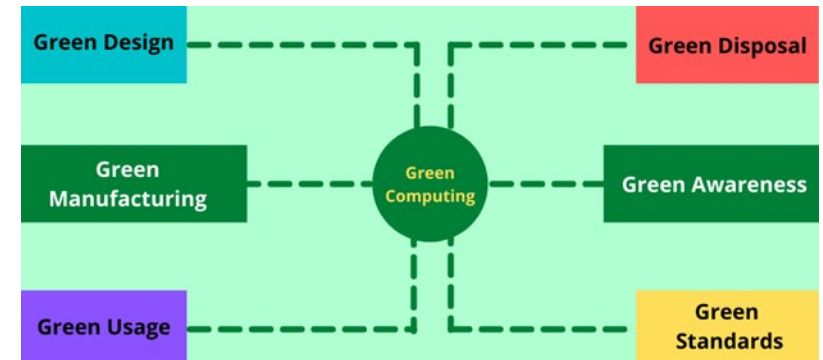
Wenn es um das Zusammenspiel von Software und Rechenzentren geht, sind die wunden Punkte: Programmierung, Datenvolumina und Rechenleistungen. Ebenso wichtig und leicht zu übersehen: die neu zu durchdenkende Gestaltung aller damit verbundenen Geschäftsprozesse. Kurzum: Green IT zielt darauf ab, umfassend ressourcenschonend, energieeffizient und umweltschonend zu sein.

Umweltverschmutzung durch IKT – Kann doch nicht so wild sein. Oder?

Studien belegen, dass zwischen zwei und sechs Prozent aller globalen Treibhausgas-Emissionen von der Informations- und Kommunikationstechnologie-Branche verursacht werden. IT trägt auch massiv zum weltweiten Energieverbrauch bei. Aktuell entfällt etwa ein Prozent des weltweiten Stromverbrauches allein auf Datenzentren und Übertragungsnetzwerke. Mit steigender Tendenz. Nicht zu übersehen auf der Umweltrechnung sind dann noch viele weitere wichtige Ressourcen (z. B. Wasser, seltene Erden), die u. a. zur Herstellung der Hardware und Kühlung der Rechenzentren benötigt werden.

Green in der IT muss also einen ausgleichenden Beitrag zur Umwelt- und Ressourcenschonung leisten. Ein IT-Produkt sollte über seinen gesamten Lebenszyklus nachhaltig sein. Bei der Entwicklung und der Nutzung von IT-Leistungen sollten folgende Themen beachtet werden:

- **Green Design:** Ressourcen zu sparen wird zum A und O. Hard- und Software werden so schlank und langlebig wie möglich gestaltet. Zugleich müssen sie sich nahtlos in die bestehende IT-Landschaft einfügen.
- **Green Manufacturing:** Bei der Herstellung sind emissionsarme Verfahren, Rezyklate und umweltverträgliche Materialien zu verwenden.
- **Green Usage:** Hier ist am Ende jede:r einzelne Nutzer:in gefragt. Beispielsweise wie viele Geräte müssen parallel in Betrieb sein? Muss jeder Videocall mit Kamera laufen? Welche Energiesparfunktionen werden benutzt? Was muss wirklich gespeichert werden und wie lange? Welche versteckten Stromfresser können Sie abschalten, wenn Sie Feierabend machen? Durch dieses Denken und Handeln werden die Energieverbräuche reduziert.
- **Green Disposal:** Einzelne Komponenten sollten wiederverwendbar und in der Entsorgung gut recyclebar sein.
- **Green Awareness:** Es wird bei allen Mitarbeiter:innen ein Bewusstsein für umwelt- und ressourcenschonendes Verhalten geschaffen. Jede:r Einzelne denkt am eigenen Arbeitsplatz mit: Wie können die bisherigen Prozesse und Ergebnisse schonender für die Umwelt und Ressourcen gestaltet werden? Die Einstiegsfrage ist dabei für alle gleich und radikal einfach: die Grundfrage nach der **Suffizienz**. Weg vom Verlockenden „mehr, weiter, schneller“ hin zu: Was benötige ich selbst wirklich? Was brauche ich nicht und was kostet daher unnötig Energie und Material?
- **Green Standards:** Richtlinien für nachhaltige Prozesse dienen als Leitplanken in der gesamten Organisation.



➔ Übersicht Komponenten Green IT

Gesellschaftliche Erwartungen

Es führt kein Weg daran vorbei: Die Energieeffizienz muss steigen.

Hitzewellen, Überschwemmungen, Wassermangel, schlechte Ernten – der Klimawandel ist in der einen oder anderen Form im Alltag der meisten von uns angekommen. Retten, was noch zu retten ist: Die Erwartungen der Bürger:innen und Konsument:innen an Politik und Unternehmen sind enorm. Zugleich sollen aber Fortschritt und Wohlstand nicht nachlassen. Auch hier ist der gesellschaftliche Druck hoch. Beides zusammen scheint in der Umsetzung aber nicht weit weg von der Quadratur des Kreises. Denn die Wirtschaft soll wachsen. Umweltschäden, Emissionen und Energieverbräuche sollen zugleich verringert werden, zumindest aber nicht zunehmen.

Die **Politik hat verschiedenste Ziele** dafür abgesteckt: Die Europäische Union hat seit 2009 fünfmal die Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien signifikant erhöht. In Deutschland hat die Bundesregierung 2021 mit dem geänderten **Klimaschutzgesetz** eine stärkere Reduktion der Treibhausgasemissionen festgesetzt. Bereits bis 2030 sollen sie um 65 % gegenüber 1990 sinken. Im Dezember 2022 legte nun wiederum die EU nach: Im Rahmen des Klimapakets „Fit for 55“ wird die Zahl der käuflichen „Verschmutzungsrechte“ (Emissions-Zertifikate) schneller abnehmen. Dadurch sollen die CO₂-Ausstöße europaweit schneller sinken.

Die **Konsequenzen für Wirtschaft und Unternehmen** sind daher eindeutig:

- Kohle und Öl als Energielieferanten sind mittel- bis langfristig endgültig passé.
- Ein Wechsel auf andere Energiequellen allein wird jedoch für lange Zeit nicht ausreichen. Um Wachstum zu ermöglichen, müssen die Ressourceneffizienz und die Energieeffizienz kontinuierlich stark gesteigert werden.

Green IT = Geringere Energieintensität

Green in der IT steht dabei besonders in der Pflicht. Denn die digitalen Technologien sind die Grundlage für Fortschritt und Wachstum. Sie bleiben eine der am schnellsten wachsenden Industrien. Allein die weltweiten Datenzentren haben im Jahr 2020 zusammen mehr Energie verbraucht als einzelne Staaten wie Ägypten, Algerien, Kolumbien oder Nigeria. Green IT muss deshalb einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Energieintensität unserer Wirtschaft leisten.

Green IT = Geringere Ressourcenintensität

Vielfalt in unserer Tier- und Pflanzenwelt, Sauberkeit von Wasser und Luft, umweltverträgliche Landnutzung: Nehmen wir diese Ziele für das Leben auf unserem Planeten ernst? Wenn ja, denken Sie einfach an „seltene Erden“. In diesem Namen steckt unser Auftrag: Auch IT muss ihren Ressourcenverbrauch deutlich senken. Im Sinne des Wachstums lautet das Ziel der Green IT: Es muss mehr IT-Leistung mit weniger materiellen Ressourcen erzielt werden. Ein konkreter Schritt dahin sind weniger neue Geräte je User:in. Die Geräte müssen zudem längere Lebensdauern haben und besser wiederverwendbar sein.

Green IT = weniger Elektroabfall

Denn zusätzlich ist da noch das Problem mit dem Müll. Stellen Sie sich das Gewicht von 8,5 Millionen VW Golf vor. So viel Elektronikabfall (E-Waste) erzeugt Europa jährlich – und ist damit weltweit Spitzenreiter. Zusätzlich ist Elektroschrott eine der am schnellsten wachsenden Abfallarten. Ziel muss es daher sein, dass elektronischer Müll, der heute europaweit **zu weniger als 40 % recycelt wird**, 2030 nahezu vollständig wiederverwertet wird. Gleichzeitig dürfen in jedes Stück Hardware nur noch deutlich weniger Ressourcen investiert werden.

Globale Trends und Zielsetzungen

„Teufelskreis“ zwischen Rechenleistung und Wirtschaftswachstum

Rechenleistung ist einer der entscheidenden Produktivitätsfaktoren für die Entwicklung der digitalen Wirtschaft. Ein Anstieg im **Global Computing Index** um einen Punkt geht mit einem Wirtschaftswachstum von 1,8 % einher. Zugleich steigert Wirtschaftswachstum erneut den Bedarf an Rechenleistung. Das trägt den Trend hin zu noch mehr digitaler Infrastruktur. Sie sorgt einerseits für mehr Wohlstand. Andererseits steigert sie auch den Ressourcen- und Energieverbrauch. Klar ist daher: Der Ressourcen- und Energieverbrauch der digitalen Infrastruktur muss zwingend nachhaltiger werden.

Energieeffizienz muss schneller wachsen als Rechenleistung

Was hat 5000-mal mehr **Rechenleistung** als ein Supercomputer von 1985, verbraucht aber nur 1 % des Stroms? Richtig: ein iPhone. Das ist nur ein Beispiel dafür, dass der Trend klar in Richtung Energieeffizienz geht: Mehr Leistung bei weniger Verbrauch.

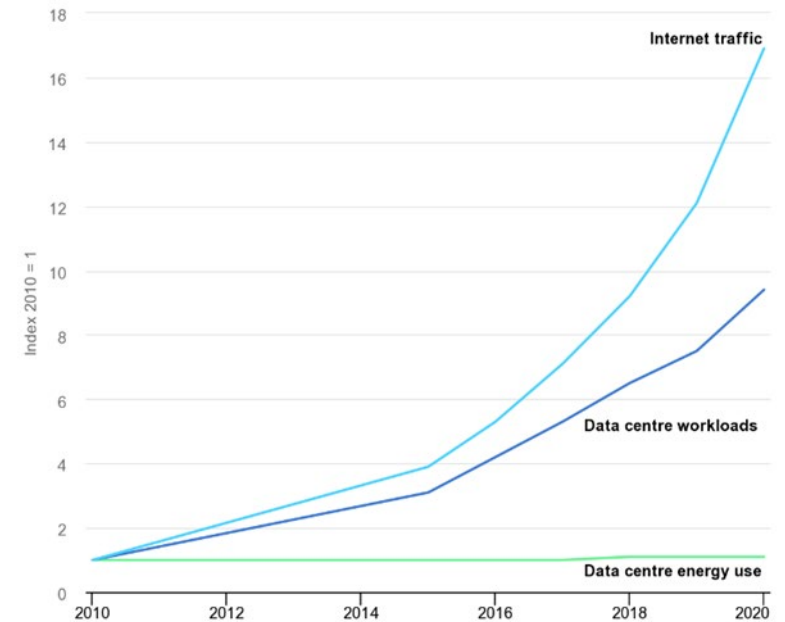
In die Entwicklung effizienterer Systeme wird sehr viel Arbeit gesteckt. Seit 2009 verdoppeln sich die **Performanz und die Energieeffizienz** von Supercomputern fast gleichzeitig alle zwei Jahre. Beim schnellsten Supercomputer der Welt 2022 gehen die Leistungs- und insbesondere die Effizienzverbesserungen selbst über die bisherigen Trends hinaus. Für die Zukunft ist daher absehbar: Diese Entwicklung, d. h. bessere Energieeffizienz bei erhöhter Rechenleistung, muss konsequent weiter verfolgt werden.

Wie wirkt sich die zunehmende Internetnutzung aus?

Der Trend zu energieeffizienteren Systemen zeigt sich auch bei der Datenspeicherung und Datenübertragung. Seit 2010 hat sich die Zahl der Internetnutzer:innen **verdoppelt**. Im selben Zeitraum ist der weltweite Internetverkehr um das 15-fache gestiegen. Der Energieverbrauch dafür ist dagegen deutlich schwächer gewachsen. Nichtsdestotrotz ist er angestiegen. Insbesondere Leapfrogging (Überspringen von ineffizienten Computersystemen) hin zu grüneren Technologien und Cloud-Computing haben dabei geholfen, energieeffizienter zu werden.

Optimieren durch Zentralisieren: Das Ende der Fahnenstange in Sicht

Das Energiesparen durch Effizienzsteigerungen hat aber auch seine Grenzen. Viele der bisherigen Energieeffizienzsprünge in der IT sind der Verlagerung ineffizienter kleiner Rechner in große Cloudcomputing-Rechenzentren zu verdanken. Zwar kann die Verlagerung in noch größere Hyper-scale-Einrichtungen noch mehr Energie einsparen. Technologie und Know-how werden dadurch gebündelt. Sobald jedoch die Mehrheit der Unternehmen diesen Schritt vollzogen hat, wird es schwieriger. Weitere Optimierungsmöglichkeiten im Rahmen der Cloud werden geringer. Die Nachfrage nach Rechenleistung wird jedoch weiter steigen. Zwar werden neue Technologien (bspw. Neuromorphic und Quanten-Computing) potentiell weitere Effizienzsteigerungen erschliessen. Doch Effizienzsteigerungen auf dem bisherigen Weg werden deutlich schwerer zu realisieren sein.



Energieeffizienz macht das Rennen: Sie wird schneller als die Rechenleistung wachsen. **IEA**

Fußabdruck der digitalen Infrastruktur

Der **↗ Fußabdruck der digitalen Infrastruktur** bezieht sich auf zwei Herausforderungen:

- zum einen auf die entstehenden Treibhausgase des Bereiches,
- zum anderen auf die Ressourcenaufwendungen (Energieträger und Rohstoffe).

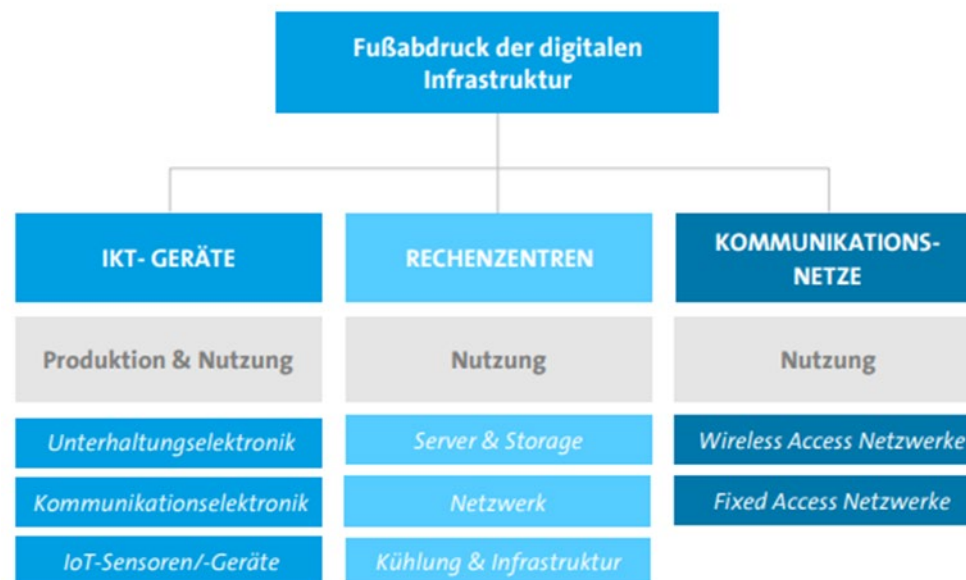
400 mal mit dem Golf zur Sonne und zurück

So viele Emissionen wird der weltweite ITK-Sektor im Jahr 2030 verursachen. Voraussichtlich 18-26 Megatonnen CO₂-Äquivalente (CO₂e). Neben den Emissionen ist der Energieverbrauch ebenso wichtig. Denn schon heute werden dem **↗ ITK-Sektor** zwischen 1 bis 3,2 % des weltweiten Energieverbrauches zugeschrieben. Die „grüne Steckdose“ wird für diesen Bedarf kein Allheilmittel sein können. Denn regenerative Energie hat ihre eigenen Umweltauswirkungen. Zudem ist sie – auch ökonomisch – nicht unendlich verfügbar. Am Energiesparen durch gesteigerte Effizienzen führt daher kein Weg vorbei.

Endgeräte besitzen den größten Fußabdruck

Für Sie als Mitarbeiter:innen, Konsument:innen, Bürger:innen ist besonders ein Blick wichtig – auf die Unterschiede zwischen Rechenzentren und **↗ Endnutzer:innengeräten**:

- **Rechenzentren:** Die Nutzung von Rechenzentren schlägt „nur“ mit etwa einem Drittel des Fußabdrucks zu Buche (mit 6-7 Megatonnen CO₂e-Belastungen). Server sind davon etwa für die Hälfte des **↗ Elektrizitätsverbrauchs** verantwortlich, Speichersysteme nur für ein Fünftel. Im Vergleich zu Endnutzer:innengeräten sind Rechenzentren nur für einen sehr **↗ geringen Teil** des globalen E-Waste verantwortlich. Die kritische In-frastruktur eines Rechenzentrums hat längere primäre Lebenszyklen und wird häufig für andere Aufgaben umfunktioniert, bevor sie entsorgt oder recycelt wird.
- **Endnutzer:innengeräte:** Ob Energieverbrauch, Treibhausgase, Wasserverbrauch, Stromverbrauch oder Ressourcenverbrauch: **↗ Endnutzer:innengeräte verursachen weltweit doppelt so viel Umweltbelastungen wie Datenzentren.** Es gibt 35 Milliarden Endnutzer:innengeräte: Laptops, Tablets, Smartphones und Drucker. Sie besitzen kurze Erneuerungszyklen. Smartphones werden im Schnitt alle zwei Jahre, Laptops alle vier Jahre und Drucker alle fünf Jahre ausgetauscht. Die gute Nachricht: Je kleiner das Gerät, desto geringer sind die CO₂e-Belastungen in der Produktion und besonders auch in der Nutzung. Ein Desktopcomputer verursacht 40-mal so viele Emissionen wie ein Smartphone. Auf der anderen Seite: Ob Kobalt, Gallium, Niob, Wolfram – mit jedem „neuesten“ Gerät, das wir uns ohne Notwendigkeit gönnen, verbrauchen wir kritische, da seltene Rohstoffe.



Übersicht Aufteilung Fußabdruck digitaler Infrastruktur. **↗ Bitcom**

Was entsteht beim Abbau von einer Tonne seltener Erde?

Halten Sie sich fest: 1.000 Tonnen kontaminiertes Abwasser und 2.000 Tonnen Haldenabfälle. Das ist nur einer der Fußabdrücke, die **Ressourcenintensität von IT-Technologien** hinterlässt. Er geht weit über Stromverbrauch und Treibhausgas-Emissionen hinaus. Der Abbau von seltenen Erden betrug im Jahr 2021 280.000 Tonnen. Bis 2030 wird sich der Bedarf allein in der EU verfünffachen. Und seltene Erden sind nur eines von bis zu 35 Elementen (Seltene Erden, Edelmetalle, weitere Metalle), die zur Herstellung von Computern, Smartphones und anderen elektrischen Geräten benötigt werden.

Die Herstellung von IKT-Technologie hinterlässt daher in der physischen Welt einen immensen Fußabdruck. Zumeist nicht vor unserer eigenen Haustür und daher zu selten auf unserer mentalen Dringlichkeitsliste. Die Gewinnung vieler dieser wichtigen Produktionsressourcen ist mit gravierenden gesellschaftlichen und politischen Konflikten in den Abbauländern verknüpft. Denn beim Abbau dieser technologiekritischen Elemente entstehen negative Folgen in allen neun als **planetare Grenzen** bezeichneten Bereichen. Zu ihnen gehören u. a. Biodiversität, Süßwasservorkommen und Landnutzungsveränderungen. Diese gravierenden Auswirkungen gilt es bei der Anschaffung und beim Austausch von Hardware zu bedenken.

Recycling in der IT steckt noch in den Kinderschuhen

Zu Recycling und IT sollten wir uns alle zwei ganz simple Fakten merken:

- Es entsteht weltweit viel zu viel und immer mehr Elektro-Müll.
- Zugleich enthält dieser Elektro-Müll sehr wertvolle, wiederverwendbare Rohstoffe.

Diese großen Mengen entstehen durch die fehlende Wiederverwendung der Einzelteile. Zudem mangelt es an Möglichkeiten zu ihrer Entsorgung. Dieser Elektro-Müll verursacht daher eine ähnlich große Umweltbelastung wie die Ressourcenintensität bei der Herstellung von IKT-Geräten.

Für die Zukunft muss sich daher auch gerade im IT-Sektor zweierlei grundlegend ändern:

- Die Elektro-Abfälle müssen deutlich reduziert werden.
- Die enthaltenen wertvollen Materialien müssen leichter daraus zurückgewonnen werden.

In konkreten Zahlen heißt das: 2021 allein sind global 52 Millionen Tonnen Elektro-Müll (**E-Waste**) entstanden. Dies ist mehr als die Masse aller jemals produzierten Verkehrsflugzeuge zusammen. Der Materialwert des weltweiten Elektro-Abfallbergs wird auf jährlich circa 62,5 Milliarden Dollar geschätzt. Für 2050 wird derzeit von 120 Millionen Tonnen Elektro-Müll ausgegangen. Da winkt also durchaus ein lukratives Geschäft. Die im E-Waste enthaltenen wertvollen Materialien sind derzeit aber nur extrem schwierig zurückzugewinnen.

Zur Abfallreduktion haben sich die EU-Staaten in 2022 auf einheitliche Kabel für alle Handys, Kopfhörer und Kameras geeinigt. Für 2023 hat die EU-Kommission einen Gesetzesvorschlag für ein „Recht auf Reparatur“ angekündigt. Zugleich wird die Aufbereitung des elektronischen Schrotts ein wichtiges und unternehmerisch lohnendes Entwicklungsfeld der Zukunft darstellen. Doch Abfallreduktion und Abfallmanagement genügen nicht. Die Einführung recyclingfreundlicherer und biologisch abbaubarer Materialien muss mit hoher Priorität angegangen werden.

Schon heute ist absehbar, wieviel Musik hier in Zukunft spielen wird. Ein Beispiel: Biologische Verfahren **wie Bioleaching und Phytomining** werden dabei helfen, seltene Metalle aus Elektro-Müllbergen zu extrahieren. Ein weiteres Beispiel: Die neue KI **M3GNet** hat automatisiert eine Datenbank mit über 31 Millionen neuen Materialien erstellt, aus der sich mittelfristig neue technologische Ressourcen generieren lassen werden.

Suffizienz

Suffizienz im Rahmen der Digitalisierung bedeutet, dass man das richtige Maß an digitalen Geräten verwendet – weder zu viele noch zu wenige. Das Ziel ist, dass digitale Suffizienz insgesamt zu einer Verringerung der globalen Ressourcen- und Energieverbräuche und somit zu einer nachhaltigen Entwicklung beiträgt.

Es geht also nicht darum, auf alles zu verzichten. Ressourcen und Energie sollen im richtigen Maß verwendet werden. Im Zentrum digitaler Suffizienz steht demnach die persönliche, gesellschaftliche und unternehmerische Frage: **Wie viel ist nötig, um ein gutes und erfolgreiches Leben führen zu können?**

Die vier Dimensionen der digitalen Suffizienz

Digitale Suffizienz beinhaltet Strategien, um den Ressourcen- und Energiebedarf von digitalen Geräten direkt oder indirekt durch die Produktion oder Anwendung von IKT zu verringern. Dies kann in vier Dimensionen erfolgen – entweder im Rahmen der Hardware- und Software-Gestaltung oder in Bezug auf individuelle Verhaltensweisen und ökonomische Rahmenbedingungen:

- **Techniksuffizienz – Welche Geräte sind wirklich erforderlich und wie kann eine lange Lebensdauer erreicht werden?**
Techniksuffizienz bezieht sich darauf, langlebige und reparierbare Geräte herzustellen. Dadurch soll die Nachfrage nach neuen Geräten verringert und die Lebensdauer von Geräten verlängert werden. Dazu gehört eine nachhaltige Herstellung der Geräte und Infrastrukturkomponenten, der Verzicht auf Konfliktrohstoffe und umstrittene Stoffe. Ebenso dazu gehören schonende Produktionsverfahren. Nicht zuletzt sollen bei der Hardware- und Softwareentwicklung die Nutzungsdauer, Reparierbarkeit und modulare Erweiterbarkeit berücksichtigt werden. Es ist aber auch zu hinterfragen, wie viele Geräte eingesetzt werden.
- **Datensuffizienz – Wie viel Vernetzung und Datenverkehr sind notwendig, um die unternehmerischen Ziele zu erreichen?**
Datensuffizienz bezieht sich auf das Design von digitalen Anwendungen. Die Menge an Datenverkehr und damit verbundenen Ressourcen wie Serverkapazität und Stromverbrauch sollen schon auf der Designebene minimiert werden. Die Forderung nach Datensuffizienz wirft auch die Frage auf: Wie viel permanente Vernetzung und Datenverkehr sind wirklich notwendig, um bestimmte gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Ziele zu erreichen?
- **Nutzungssuffizienz – Wie viele Geräte und permanente Vernetzung benötigt jede:r Nutzer:in, um Bedürfnisse zu erfüllen?**
Nutzungssuffizienz bezieht sich darauf, digitale Technologien ressourcen- und energieeffizient einzusetzen. Dazu werden beispielsweise weniger Geräte gekauft und deren Lebensdauer verlängert. Dies erfordert nicht nur technologische Fortschritte. Die Nutzer:innen müssen dazu umdenken und ihre Verhaltensmuster ändern.
- **Ökonomische Suffizienz – Wie kann Digitalisierung genutzt werden, damit Unternehmen nachhaltigere Produkte und Dienstleistungen platzieren können?**
Ökonomische Suffizienz soll mit Hilfe der Digitalisierung ein nachhaltiges wirtschaftliches Ökosystem schaffen, das nachhaltige Produkte und Dienstleistungen generiert.



E-Waste ➔ **Abbildung.**

Wirtschaftlichkeit

Kann Green IT wirtschaftlich sein?

Energie- und Ressourcenverbräuche haben gleichermaßen ökologische wie ökonomische Effekte. Ein verantwortungsvoller Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen reduziert nicht nur die Belastungen für Umwelt und Klima, sondern spart zudem Kosten. Einige Beispiele:

- Die Nutzung energieeffizienter Hardware reduziert die Energiekosten. Beispielsweise verbrauchen energieeffiziente Laptops 50 % weniger Energie als herkömmliche – so kann über die Beschaffung energieeffizienter Laptops für 1.000 User ein Gesamtenergieverbrauch von 10 Haushalten eingespart werden.
- Durch den Einsatz von Mobiles, PCs und Hardwareausstattungen in Rechenzentren mit einer längeren Lebensdauer reduzieren sich Beschaffungs- und Entsorgungskosten mit jedem Jahr der Nutzung.
- Werden durch Green Coding Datentransfer, Rechenleistung und Datenmengen optimiert, reduziert sich der Energieverbrauch in den Rechenzentren, was zu geringeren Kosten führt. Das Potential liegt bei etwa 30 %.
- Investieren Hersteller von Hardware in die ökologische Produktgestaltung eröffnen sich neue Marktchancen.

Wie für die Ökobilanzierung bedarf es auch bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer ganzheitlichen Betrachtung über den gesamten Lebensweg. Dabei gilt es sowohl die Effekte einer optimierten Nutzungsdauer, als auch die (Energie-)Kosten für die Nutzung und der Entsorgung der eingesetzten IT-Ressourcen zu berücksichtigen.

Oftmals werden nur die Mehraufwände einer grünen IT betrachtet, aber die positiven wirtschaftlichen Effekte im Lebenszyklus nicht gegenübergestellt, weil diese teils nicht messbar, an anderer Stelle realisiert werden und/oder zeitlich versetzt anfallen.

- Entwickler:innen sehen oft nur den Mehraufwand von Green Coding. Der Effekt der Vermeidung von Energiekosten in den Rechenzentren ist oft nicht transparent und Einsparungen im Energieverbrauch werden von den Providern nicht unmittelbar weitergegeben;
- Einkäufer:innen erkennen den organisatorischen Mehraufwand einer nachhaltigen Beschaffung und höhere Kosten grüner Produkte. Die positiven Effekte, die aus Langlebigkeit bzw. Recyclingfähigkeit von Produkten resultieren, wie geringere Beschaffungskosten bei längerer Nutzungsdauer, Energiekosteneinsparungen oder geringere Entsorgungskosten, bleiben oft unberücksichtigt.

Lohnt sich in Nachhaltigkeit zu investieren?

Die Erfahrungen in anderen Wirtschaftszweigen, insbesondere produzierenden Unternehmen, zeigen, dass Investitionen, die sich in angemessener Zeit amortisieren, unternehmerisch befürwortet und umgesetzt werden. Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann auch im Umfeld der IT Potentiale für Nachhaltigkeit offenlegen.

Für die Beschaffung von Hardware oder den Betrieb energieeffizienter Rechenzentren können die Einsparungen gut dargestellt werden. Komplexer wird diese Betrachtung für grüne Softwarelösungen: Finanzielle Aufwände für die Verankerung von Green Coding, Green Architecture und Messung der Energieverbräuche / CO₂-Emissionen in Unternehmen sowie veränderte Vorgehensweisen durch eine grüne Awareness der Entwickler:innen und deren positiven Effekte sind schwerer zu bilanzieren.

Es gilt, die Wirtschaftlichkeit von Green IT über längere Zeiträume zu betrachten und diese immer auch als Investition in die Zukunftsfähigkeit der Unternehmen zu sehen, die bereits heute Konzepte entwickeln sollten, um den Herausforderungen steigender Kosten und nicht unbegrenzter Verfügbarkeit von Ressourcen und Energie begegnen zu können.

Zudem muss betrachtet werden, dass die Kosten der Klimaveränderungen und Umweltbelastungen oft externalisiert werden – von der Gesellschaft, nicht unmittelbar vom Verursacher getragen werden. Somit kann die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Green IT nicht allein unternehmensseitig stattfinden. Was ist uns Green IT wert? Diese Frage muss diskutiert werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – internalisierter und externalisierter Kosten – wird in der Diskussion eine zentrale Rolle einnehmen.

Letztlich ist Nachhaltigkeit eine gesellschaftliche Aufgabe, um den Folgen der Umwelt- und Klimakrise entgegenzuwirken. Somit haben auch Unternehmen eine Verpflichtung einen Beitrag zu leisten. Investitionen in Green IT tragen zur Lösung der Umwelt- und Klimakrise bei und sind damit immer auch Investitionen in die Zukunftsfähigkeit der Unternehmen und der Gesellschaft.

Green Washing und Rebound-Effekt

Wie sauber ist unsere „grüne Weste“ wirklich?

Ob Regierungen oder Unternehmen – es wimmelt inzwischen vor unterschiedlichen Selbstverpflichtungen zur „Klimaneutralität im Jahr X“. Immer mehr Bürger:innen, Geschäftspartner:innen, Kund:innen und Mitarbeiter:innen wollen sie dabei beim Wort nehmen. Daher erwarten sie auch von Unternehmen ein steigendes Maß an Transparenz. In nicht wenigen Fällen lauert dabei die Gefahr des **Greenwashings**, d. h. irreführende Angaben über die wahren Umweltauswirkungen eines Produkts, einer Dienstleistung oder einer Praxis.

So ergab eine weltweite Umfrage im Technologiebereich: 91 % der Angehörigen von Technologieberufen sind der Meinung, dass Unternehmen ihrer Branche Greenwashing betreiben. **Eine Studie der Technischen Universität München** ergab, dass Technologieunternehmen ihre CO₂-Emissionen zu niedrig angaben. Mehr als die Hälfte der tatsächlichen Emissionen wurden in Selbstauskünften nicht berücksichtigt. Eine Kleinigkeit? Wohl kaum. Die nicht berücksichtigten Emissionen entsprachen ungefähr dem Treibhausgas-Fußabdruck Australiens. Es scheint also in der Branche und in den einzelnen Unternehmen nicht unbedingt ein Geheimnis zu sein: Der IT-Sektor ist noch keineswegs so grün, wie manche Unternehmen nach außen scheinen.

Hinter Greenwashing muss allerdings keine böse Absicht stecken. Die Datenlage ermöglicht nicht immer die optimale Auswertung. Welche Betrachtungsgrenzen und welche Referenzwerte am besten gewählt werden, ist nicht selbstverständlich und muss transparent dargestellt werden. Nichtsdestotrotz wird Greenwashing in manchen Fällen zu einem recht offensichtlichen Feigenblatt. Gerade wenn ein Unternehmen den Weg der Kompensation bevorzugt. Bäume pflanzen bspw. liefert schöne Marketingbilder und ist besser als nichts. Doch der positive Umwelteffekt setzt an einem ganz anderen Ort und zeitlich deutlich verzögert ein. Daher sollte Kompensation nur das letzte Mittel der Wahl sein. Vorrang haben Suffizienz, Effizienz und erneuerbare Energien.

Kann Greenwashing Unternehmen empfindlich schaden?

Greenwashing kann auch rechtliche Konsequenzen haben. Die Zahl der Unternehmen wächst, die wegen Falschangaben zu ihrer Umwelt- bzw. Klimaverträglichkeit Geldstrafen bezahlen mussten. Imageschäden in Fragen der Nachhaltigkeit können schnell und spürbar den Absatz eintrüben. Hier besteht ein großes geschäftsschädigendes Risiko. Kund:innen, Geschäftspartner:innen und Mitarbeiter:innen können wichtiges Vertrauen verlieren. Transparente, detaillierte und glaubwürdige Pläne, die von Dritten überwacht und von den lokalen Behörden durchgesetzt werden können, werden Greenwashing immer weiter eindämmen. ➤ **Ein kürzlich erschienener Bericht der UN** bietet einen solchen Rahmen für Netto-Null-Verpflichtungen.

Rebound-Effekte: Unsere Eigentore beim Energiesparen

Wir können feiern: Wir kaufen heute Monitore, die weniger Energie verbrauchen als die alten Geräte. Stolz auf unseren Umweltschutz-Erfolg gönnen wir uns dann größere Monitore. Und geht es Ihnen nicht auch so? Mit zwei Monitoren lässt sich viel besser arbeiten. Und schwupps, weil wir unser Verhalten nicht bis zu Ende gedacht haben, sind unsere Energieeinsparungen wieder „aufgefressen“. Ob privat oder geschäftlich, solche ➤ **Rebound-Effekte** passieren uns allen immer wieder. Im schlimmsten Fall kommt es zu Backfire-Effekten: Dann verbrauchen wir am Ende sogar mehr Energie als vorher.

Bei Rechenzentren wird der Rebound-Effekt derzeit besonders relevant. Es werden enorme Anstrengungen unternommen, die Effizienz von Rechenzentren zu verbessern. Ihr Gesamtenergieverbrauch soll sinken. Diese Effizienzgewinne sind wertvoll. Zugleich steigt die Nachfrage nach Rechenzentrumsdienstleistungen. Sie sind auch immer günstiger zu betreiben. Auch das stimuliert die Nachfrage. Im Ergebnis führt das zu einem Gesamtanstieg des Energieverbrauchs. Der Rebound-Effekt und der Backfire-Effekt führen dazu, dass Emissionen und Stromverbräuche nicht so sinken wie es wünschenswert wäre.

Effizienzgewinne allein reichen nicht aus

Die Verbesserung der Effizienz ist nur ein Teil des Puzzles. Denn es ist weiterhin von einer steigenden Nachfrage auszugehen. Für eine echte Energiereduzierung muss daher zukünftig das gesamte System bewertet werden. Diese Art von Veränderung erfordert ein Umdenken bei Produkten, Dienstleistungen und Praktiken. Sie müssen den wachsenden Datenvolumina und den daran geknüpften Verarbeitungs- und Sicherheitsproblematiken besser gerecht werden.

➤ **Gartner, Inc. prognostiziert beispielsweise**, dass 70 % der Unternehmen bis 2025 ihren Schwerpunkt von Big Data auf Small & Wide Data verlagern werden. Diese bieten mehr Kontext für Analysen und künstliche Intelligenz (KI) und machen weniger datenhungrig (siehe Kapitel Software).

Impulse

Mit den folgenden Impulsen, möglichen Stoßrichtungen und Maßnahmen hoffen wir, eine konstruktive Diskussion und einen zukunftsweisenden Diskurs eröffnen zu können.

Umwelteffekte dürfen nicht im gleichen Maße zunehmen wie die Digitalisierung selbst.

Der Energieverbrauch und die Nutzung natürlicher Ressourcen kommen an ihre ökologischen Grenzen. Zugleich beschleunigt sich die Digitalisierung rasant. Ökologische Konsequenzen müssen von Beginn an mitgedacht werden, um sicherzustellen, dass Energie- und Ressourcenverbrauch nicht im gleichen Maße zunehmen wie die Digitalisierung.

Eine grüne Digitalisierung muss in den Grundprinzipien und Anforderungsprofilen jeder Anwendung bzw. jedes Projekts verankert sein. Dazu gehört auch, dass Grünstrom nicht alle Probleme der Green IT löst. Denn auch er ist begrenzt und nicht umweltneutral und muss so energieeffizient wie möglich eingesetzt werden. Ebenso befreit recycelbare Hardware nicht von Gerätereduktion, Langlebigkeit, Nutzungsintensität, Reparierbarkeit und Modularität.

Messen und Optimieren des Ressourcenverbrauchs durch IT sind die Basis für die grüne Digitalisierung.

Wissen über Energie- und Ressourcenverbrauch in der IT sowie über den Einfluss von Hardware und Software auf die Umwelt ist die Grundlage für wirkungsvolle Optimierungsmaßnahmen. Die Bestimmung des ökologischen Fußabdrucks ist das Fundament für eine datengetriebene grüne Digitalisierung und muss stetig weiterentwickelt werden.

Die Software zur Messung des ökologischen Fußabdrucks muss sowohl auf Managementebene als auch auf Entwicklerebene relevante Informationen zur Verfügung stellen und Optimierungen leiten. Wichtig ist dabei ein möglichst hoher Detailgrad. Lieferanten und externe Anbieter für Software, Hardware und Cloudservices müssen verpflichtet werden, ökologische Informationen bis in die Lieferketten bereitzustellen. Die Komplexität dieser Aufgaben kann abschreckend wirken. Die optimalen Ansatzpunkte sind nicht immer leicht und auf Anhieb zu identifizieren. Hier gilt es, anzufangen und zügig einen Lernschritt nach dem anderen zu machen.

Schlankes und effizientes Programmieren unterstützt eine ressourceneffiziente IT.

Effizienzverluste durch duplizierten Code, Legacysysteme und energieintensive Programmiersprachen sind nicht mehr mit klimapositiver IT vereinbar. Ressourcen- und Energieverbrauch wird in Zukunft Teil des Managements jedes IT-Projekts. Entwickler:innenunterstützende Werkzeuge helfen dabei in der praktischen Umsetzung, indem sie kontinuierlich auf Dopplungen und Optimierungspotentiale prüfen.

Grünes Coding muss Teil des Entwickler:innenalltags werden. Schulungen und Richtlinien müssen für die unterschiedlichen Energieverbräuche von Anwendungen und Programmiersprachen sensibilisieren. Gepaart mit zielorientierter Weiterbildung muss geeignete Software Entwickler:innen durch Informationen dazu befähigen, ihre Anwendungen ökologisch zu optimieren.

Softwarearchitekturen müssen ressourceneffizient aufgebaut sein.

Ressourceneffizienz kommt Umwelt und Performanz zugute. Softwarearchitekturen können durch energieoptimiertes Managen von Datenverkehr und Edge Computing die Auslastung der Ressourcen signifikant erhöhen. Dazu gehören auch umweltbewusste Entscheidungen über Big Data und ein intelligentes Management großer Datenmengen durch Small & Wide Data.

Bewegungen von Daten müssen vermieden werden. Edge Computing kann die Cloudarchitektur signifikant effizienter machen. Weg von Big Data und hin zu Small & Wide Data. Nutzer:innen müssen für den nachhaltigen Umgang mit Anwendungen geschult werden, um Speichergröße und Speicherdauer zu vermindern.

Material und Lieferkettenkomplexität müssen transparent werden.

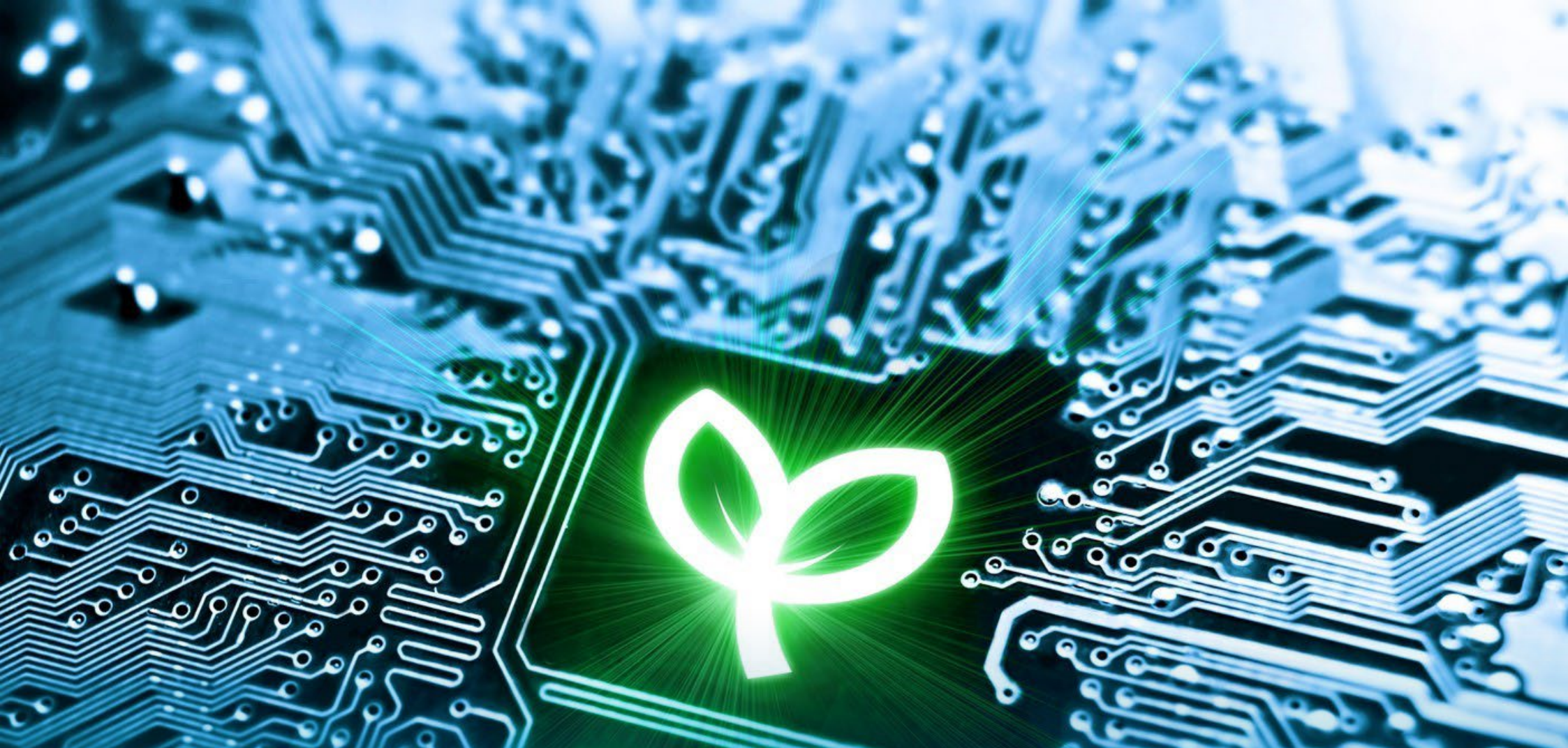
Grüne Hardware nachhaltig zu beschaffen, ist eine enorme Herausforderung. Sie benötigt validierte Daten aus der Lieferkette. Eine Möglichkeit, dieser Komplexität entgegenzutreten, ist die Schaffung von Standards, Richtlinien und die Nutzung von Zertifikaten.

Der Ressourcenverbrauch muss für alle Stakeholder:innen sichtbar gemacht werden. Transparenz erlaubt es, klarere Anforderungen bezüglich Energieeffizienz, Einsatz regenerativer Energien, Recyclbarkeit, Langlebigkeit, Produktionsbedingungen etc. zu definieren. Die Nutzung von Umweltzertifikaten und Siegeln ermöglicht es, Nachhaltigkeit in Prozessen und Produkten nachzuweisen. Die regelmäßige Überprüfung der genutzten Siegel muss deren Sinnhaftigkeit und Wirksamkeit kontrollieren. Gleichzeitig müssen deutsche und europäische Anforderungen überwacht und integriert werden. Die Anwender:innen müssen für einen bewussten Umgang mit Richtlinien und Zertifikaten sensibilisiert werden.

Nachhaltiges Gerätemanagement muss in eine Kreislaufwirtschaft eingebettet werden.

Die Verlängerung der Nutzungsdauer und die Rückführung der Ressourcen sind der zentrale Hebel für die Reduktion des ökologischen Fußabdrucks von Hardware. Lieferanten, externe Anbieter und Anwender:innen müssen Anreize erhalten bzw. angewiesen werden, die Wiederverwertbarkeit und Lebensdauer zu maximieren.

Fußabdruck, Wiederverwertbarkeit und Lebensdauer neuer Geräte müssen vor der Beschaffung geprüft werden. Richtlinien für eine Kreislaufwirtschaft müssen ökologisch sinnvolle Kenngrößen für die Entscheidungskriterien festlegen oder einen Plan für ein „zweites Leben“ nach der Erstnutzung beinhalten. Die Mitarbeiter:innen müssen incentiviert und sensibilisiert werden, nachhaltiges Gerätemanagement in ihre Alltagspraxis zu integrieren.



Praxisbeispiele

Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen bei etablierten Unternehmen	28
Blockchain, KI, Metaverse: Licht und Schatten.....	32
Impulse aus dem Trenduniversum von TRENDONE	34
Deutsche Bundesregierung und Europäische Union.....	35

Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen bei etablierten Unternehmen

Laut **Bitkom** will die Hälfte der deutschen Wirtschaft bis 2030 klimaneutral sein. Jedes Unternehmen, das eine konkrete Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt (52 %) oder plant (37 %), integriert darin digitale Technologien, die aber selbst auch klimaneutral sein müssen.

Datengetriebenes Nachhaltigkeitsmanagement in einer zentralen Plattform bei der Telekom

Selbst gesetzte Ziele:

Bis 2025 möchte die Telekom mit ihrer Green Magenta Strategie die Klimaneutralität der Unternehmens-Emissionen erreichen. Bis 2040 will sie von der Produktion bis zu den Kund:innen klimaneutral werden. Auch die Vorstandsvergütung hängt dann von der Erreichung der Klimaziele ab.



Maßnahmen & Projekte:

Net-zero energy data center: T-Systems entwickelt zusammen mit dem Fraunhofer IFF ein **Rechenzentrum**. Dieses soll sich durch ein intelligentes Zusammenspiel aus regenerativer Erzeugung, Speichern und flexiblen Verbrauchern bilanziell selbst versorgen. Diese autarken „net-zero energy data center“ beziehen unter optimalen Bedingungen keine Energie mehr aus dem öffentlichen Stromnetz. Sie nutzen zudem ausschließlich CO₂-neutrale Energie. Auf diese Weise soll nicht nur der ökologische Fußabdruck vermindert werden. Auch das in der Energiewende befindliche Energienetz soll nur noch minimal belastet werden. Technologie-Prüfung: Zur Minimierung ihres ökologischen Fußabdrucks hat die Telekom 98 Technologien und Einzelmaßnahmen geprüft. Zu den wichtigsten zählen Photovoltaik und Windkraft, aber auch bessere Kühltechnik, Wärmenachnutzung und effizientere Rechner. Modulares Klimamanagement: Daten spielen die zentrale Rolle. Deshalb hat die Telekom den **Microsoft Sustainability Manager** zu einem modularen Klimamanagement-Baukasten, dem Nachhaltigkeitsmanager, weiterentwickelt. Durch automatische Datenerfassung können Maßnahmen zur Reduzierung von Umweltbelastungen erkannt und nachverfolgt werden. Zudem können auch gesetzeskonforme Nachhaltigkeitsberichte erstellt werden.

SAP setzt industrieweite Standards für Nachhaltigkeit

Selbst gesetzte Ziele:

Bis 2030 hat sich **SAP** verpflichtet, entlang der gesamten Wertschöpfungskette CO₂-Neutralität zu erreichen. Ob das selbstgesetzte Ziel erreicht wird, in 2023 im eigenen Betrieb klimaneutral zu sein, ist noch offen.



Maßnahmen & Projekte:

Cloud Services für nachhaltige Unternehmen entwickelt: Diese selbst entwickelten cloudbasierten Nachhaltigkeitslösungen hat SAP auf drei Aufgaben ausgerichtet. Sie sollen den CO₂-Fußabdruck messen und optimieren. Materialabfälle sollen reduziert werden. Es können überprüfbare ESG-Berichte erstellt werden. Zertifizierung der Rechenzentren: SAP hat seine Rechenzentren zertifizieren lassen (**ISO50001** Amerika; **ISO14001** Deutschland). Dadurch stellt SAP sicher, den Betrieb und die Verantwortung für seine Rechenzentren systematisch und umweltbewusst zu steuern. Deren Umweltleistung wird überwacht und die Auswirkungen auf die Umwelt werden kontinuierlich verbessert. SAP setzt damit europaweit Standards. Best Practices: 2022 hat SAP in einem veröffentlichten **Whitepaper** die Branchenstandards und Best Practices der SAP-Rechenzentren beschrieben. Dazu gehört die Energieerzeugung in bestimmten Hyperscale-Rechenzentren.

Siemens beginnt bei den Endnutzer:innen

Selbst gesetzte Ziele:

Bis 2030 plant Siemens eine Reduktion der internen Emissionen um 90 %. Bis 2050 soll die Supplychain CO₂-neutral sein.

Maßnahmen & Projekte:

Dekarbonisierung: In England und Brasilien testet Siemens einen internen CO₂-Preis, um die Dekarbonisierungsaktivitäten zu steuern. Ein Großteil der Erlöse fließt in erneuerbare Infrastruktur. Mit ihnen wird bspw. die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge ausgebaut.

Monitoring-Software für den Konzern: Siemens entwickelt Monitoring-Software, die konzernweit Nachhaltigkeitsinitiativen und Green IT steuern soll.

Dashboards für Nutzer:innen: Zudem entwickelt Siemens Dashboards, die **↗ den einzelnen Nutzer:innen zeigen**, wie sich ihre Software, Hardware und digitalen Gewohnheiten auf ihren ökologischen Fußabdruck auswirken. Dadurch sollen kleine Verhaltensänderungen gefördert werden.

Per Mausclick zur Klimaneutralität bei Bosch

Selbst gesetzte Ziele:

Seit 2020 ist **↗ Bosch** mit seinen weltweit über 400 Standorten klimaneutral. Bis 2030 strebt Bosch an, die CO₂-Emissionen in der vor- und nachgelagerten Lieferkette um 15 % zu reduzieren.

Maßnahmen & Projekte:

Softwarelösung für Industrieunternehmen: Unter dem Projektnamen **↗ Decarbonize Industries** haben die Innovationsexpert:innen der Accelerato-Teams von Bosch und EWE eine Softwarelösung für Industrieunternehmen entwickelt. Per Mausclick erstellt diese eine Roadmap zur Klimaneutralität. Decarbonize Industries berechnet und vergleicht dynamische Maßnahmen in Echtzeit. Sie gibt Empfehlungen, die auf das jeweilige Unternehmen und seine Klimastrategie zugeschnitten sind.



AWS, Microsoft und Google

Auf die drei großen Cloud-Anbieter – Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure und Google Cloud Platform (GCP) – entfallen zwei Drittel des weltweiten Cloud-Computings.

Selbst gesetzte Ziele:

Seit 2007 ist Google klimaneutral. Bis 2030 will Microsoft CO₂-negativ sein und somit dem Klimawandel aktiv entgegenwirken. Bis 2040 will Amazon selbstverpflichtet CO₂-neutral sein.

Maßnahmen & Projekte:

Nutzung nachhaltiger Energie: Google nutzt zu 100 % nachhaltige Energie in seinen Rechenzentren. Amazon und Microsoft stützen sich dagegen in hohem Maße auf CO₂-Kompensation und nutzen weiterhin fossile Energie.

Messung der geschätzten CO₂-Emissionen: Alle drei Unternehmen haben Tools veröffentlicht, die in unterschiedlichem Maß die geschätzten Kohlenstoffemissionen messen, die mit der Nutzung der Cloud-Infrastruktur und -Services der einzelnen Kund:innen verbunden sind. Sie sollen helfen, nachhaltiger zu arbeiten. Unternehmen können diese Tools nutzen, um Fortschritte bei der Erreichung ihrer Kohlenstoffreduzierungsziele zu machen. Sie unterstützen auch dabei, die Anforderungen an die Berichterstattung über Umwelt, Soziales und Corporate Governance (ESG) zu erfüllen.

➤ **Climatiq** beschreibt das ➤ **Amazon Customer Carbon Footprint Tool** als weniger transparent und detailliert als beispielsweise den ➤ **Microsoft Sustainability Manager**, der eine tiefere Einsicht in die Emissionsdaten gibt. Es besteht also noch Optimierungsbedarf. Die Carbon Footprint Tools werden kontinuierlich genauer und transparenter.

Google bietet derzeit die granularste Reihe von Tools und Best Practices an, um Unternehmen bei der Optimierung der Nachhaltigkeit zu unterstützen. ➤ **Googles Carbon Sense-Suite** ermöglicht es seinen Kund:innen, je nach ihren Bedürfnissen das Hosting in der Region mit dem höchsten Anteil an kohlenstofffreier Energie zu wählen. Active Assist überprüft ungenutzte Arbeitslasten und gibt Empfehlungen zur Bereinigung und Rückgewinnung unnötiger Rechenleistung.



Apple, Samsung und Lenovo

➤ **Apple und Samsung** sind für etwa 40 % der verkauften Smartphones verantwortlich, ➤ **Apple und Lenovo** für etwa 33 % der PCs und Laptops. Die drei Hersteller stehen somit für einen Großteil der Hardware, die von Anwender:innen genutzt und neu angeschafft wird.

Selbst gesetzte Ziele:

Apple ist seit 2020 nach eigener Aussage CO₂-neutral und plant, bis 2030 die gesamte Produktionskette und den Lebenszyklus seiner Produkte kohlenstoffneutral zu gestalten. Samsung will seine weltweiten Aktivitäten und Produkte bis 2050 klimaneutral gestalten. Lenovo plant bis 2050 die gesamte Produktionskette kohlenstoffneutral zu gestalten und Scope 1&2 Emissionen bis 2030 um 50 % zu reduzieren. In Bezug auf E-Waste und Kreislaufwirtschaft gibt es einzelne Initiativen, aber keine klar vergleichbaren selbst gesetzten Ziele. Apple möchte jedoch langfristig zu einem „➤ **closed-loop**“-Hersteller werden. In einer geschlossenen Lieferkette sollen die Produkte nur aus erneuerbaren Ressourcen oder recyceltem Material hergestellt werden.

Maßnahmen & Projekte:

Apple hat bereits eine Reihe von Maßnahmen ergriffen. Dazu gehört ein Recyclingprogramm, das Zinn und Kobalt recycelt und kohlenstofffreies Aluminium verwendet. ➤ **Daisy**, ein Roboter, der 2018 in Betrieb genommen wurde, zerlegt alte Smartphones und Tablets, um deren Materialien zu extrahieren. Daisy kann pro Roboter 1,2 Millionen iPhones im Jahr in wertvolle Bestandteile zerlegen. Diese kommen wiederum im Bau neuer Geräte zum Einsatz. Apple hat Rückkauf-Programme. Zusätzlich plant es Abo-Dienste für iPhones, bei denen die Verantwortung über den Lebenszyklus beim Hersteller verbleibt. Diese und ähnliche Initiativen – wie das Weglassen des Netzteils bei neuen Geräten oder die Nutzung eines proprietären Anschlusses – sowie Skandale um geplante Obsoleszenz haben Apple aber auch ➤ **Greenwashing**-Kritik eingebracht.

Samsung bietet ebenfalls Rückkauf-Programme und setzt stark auf recyceltes Plastik. Bis 2050 soll alles verwendete Plastik recycelt sein. Bis 2030 will ➤ **Gamsung** 500.000 Tonnen recycelte Kunststoffe verwenden und 7,5 Millionen Tonnen ausrangierter Produkte sammeln. Das ➤ **Galaxy-Upcycling-Programm** soll Besitzer:innen von Galaxy-Smartphones helfen, ihre älteren Geräte für neue und kreative Zwecke wie Streaming Media Hubs und Babyphones wiederzuverwenden. Darüber hinaus will Samsung bis 2030 ein System einrichten, bei dem die aus allen gesammelten Altbatterien gewonnenen Mineralien wiederverwendet werden können. Das neu gegründete ➤ **Circular Economy Lab** soll nachhaltige Innovation antreiben. Beispielsweise arbeitet Samsung an der Umwandlung von aus ➤ **Abwasserschläm**m gewonnenem Kupfer in nutzbares Erz.

➤ **Lenovo** bietet Rücknahmeprogramme für die Wiederverwendung und das Recycling von Produkten an (Asset Recovery Services), um die Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Verbesserung der Energieeffizienz von Produkten im Laufe ihrer Lebensdauer bis 2030 (50 % Verbesserung für Desktops und Server und 30 % Verbesserung für Notebooks und Telefone). ➤ **Reparierbarkeit** wird priorisiert so dass bis 2026 84 % der Reparaturen vor Ort durchgeführt werden können, ohne dass der PC an ein Servicecenter geschickt werden muss. Dazu gehören auch Mmduulare Komponenten an denen sowohl ➤ **Lenovo** als auch ➤ **Dell** arbeitet.



Blockchain, KI, Metaverse: Licht und Schatten

Die Digitalisierung steht im Zentrum unseres Zusammenlebens. Sie integriert sich immer tiefer in alle Abläufe der Wirtschaft und des Soziallebens. Diese Entwicklung geht mit einem wachsenden Ressourcenverbrauch von Material und Energie einher. Die Interessen zwischen Nachhaltigkeit und Digitalisierung müssen ausgehandelt werden. Zukünftig sind dafür die drei wichtigsten Arenen: Blockchain, das Metaverse und KI.

Die Zukunft von Blockchain ist energieeffizient

➤ **Blockchain** wird oft mit hohem Energieverbrauch assoziiert. Der weltweite Stromverbrauch für Krypto-Assets ist vergleichbar mit dem jährlichen Stromverbrauch von Argentinien oder Australien. Dies entspricht 0,4 % bis 0,9 % des jährlichen weltweiten Stromverbrauchs. Dominiert ist der Verbrauch durch die zwei größten Protokolle Bitcoin (~60-77 %) und Ethereum (20-39 % bis September 2022).

Der hohe Stromverbrauch kommt durch den Arbeitsnachweis (**Proof-of-Work / PoW**). Dieser nutzt Rechenleistung und somit Energie, um Angriffe auf das Netzwerk durch prohibitive Kosten zu verhindern. Dadurch soll die Sicherheit des Netzwerks garantiert werden.

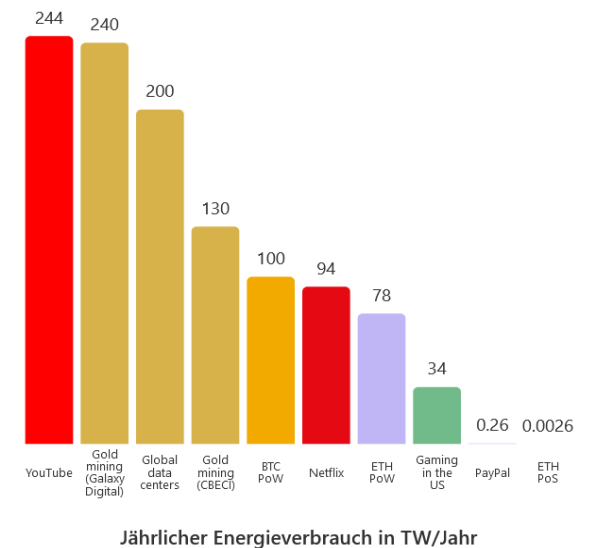
Neue Blockchains nutzen mittlerweile einen anderen Anspruchsnachweis (**Proof-of-Stake / PoS**). Anstelle von Rechenleistungen werden digitale Assets als Garantie für die Sicherheit des Netzwerks genutzt. Ethereum konnte dadurch seinen Energieverbrauch um 99,998 % mindern. Seit September 2022 verbraucht eine Transaktion etwa so viel wie ein zweistündiges YouTube-Video. Mit dem niedrigeren Energieverbrauch geht auch E-Waste drastisch zurück. Denn der Bedarf an Hardware wächst dadurch kaum noch.

Blockchain ist Teil des nachhaltigen Energieregimes

Der Bitcoin-Arbeitsnachweis (**Proof-of-Work**) verbraucht zwar selbst viel Energie. Er kann jedoch in einem nachhaltigen Energiesystem mit volatilen Energiequellen wie Wind und Solar zur Netzstabilität beitragen.² Bitcoin-Operatoren fungieren als Aufkäufer:in der letzten Instanz¹. Nachhaltige Bitcoin-Operatoren (**Mining-Pools**) wie Terra Pool kaufen Energie flexibel auf. Dadurch tragen sie dazu bei, die Erzeugung grüner Energie auch dort ökonomisch zu machen, wo sie sonst nicht rentabel wäre.³

Das Metaversum benötigt gigantische Energiemengen

Eng verbunden mit Blockchain ist das ➤ **Metaversum**. Das Metaversum ist ein digitaler Raum. Er entsteht durch das Zusammenspiel virtueller, erweiterter und physischer Wirklichkeit. Physische Güter werden durch digitale ergänzt. Interaktionen und Reisen werden in eine immersive virtuelle Welt verlagert. Auf der einen Seite verspricht es dadurch eine erhebliche Verringerung des Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes. Andererseits ist schon eine enorme Rechenleistung notwendig, um auch nur zwei Personen in eine vollständig virtuelle Umgebung zu versetzen. Die Grundlage dafür sind Sensordaten, reale 3D-Objekte, Gesten, Audio, Datenübertragungen mit immens hohen Bandbreiten und extrem niedrigen Latenzen. Milliarden von Menschen sollen parallel und in Echtzeit in eine lückenlose virtuelle Welt eintauchen und sie wie eine Realität erleben können.



Jährlicher Energieverbrauch in TWh/Jahr. ➤ [Ethereum.org](https://ethereum.org)

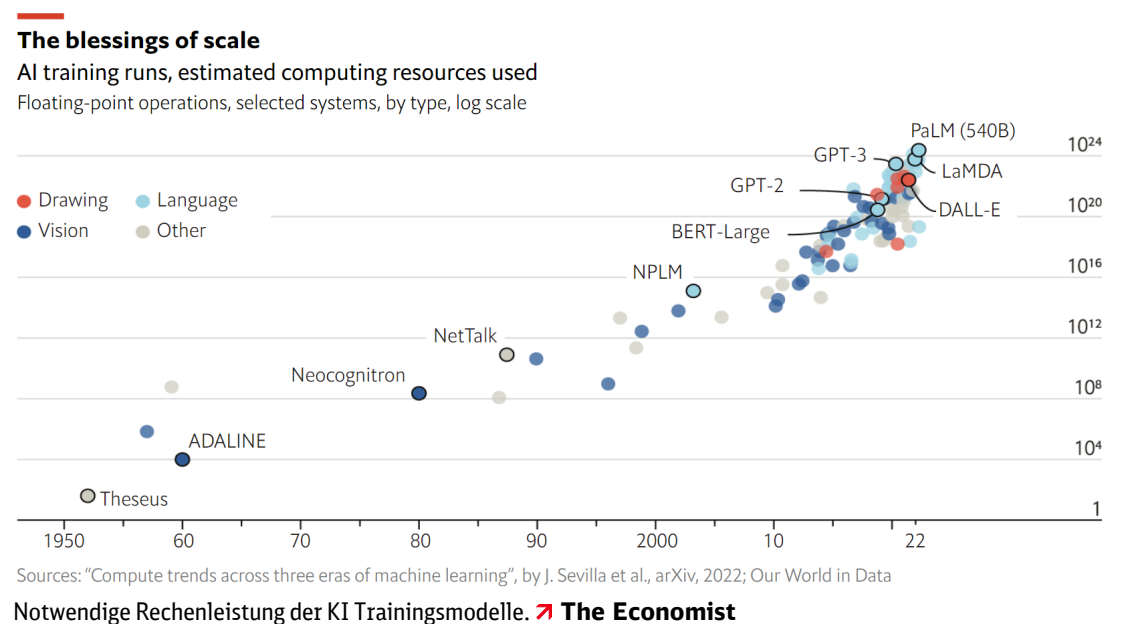
Dafür ist **Intel** eine 1.000-fache Steigerung der Rechenleistungseffizienz erforderlich. Amazon hat im Jahr 2020 etwa so viel CO₂ erzeugt wie Österreich (60 Millionen Tonnen). 15 % mehr als im Vorjahr 2019. Hauptgrund dafür war die Pandemie. Durch sie wurden verstärkt digitale Dienste wie Amazon Web Services genutzt. Für die Datenverarbeitungsleistung, die für hochauflösende Bilder im Metaversum erforderlich ist, zusammen mit der großen Zahl seiner Nutzer:innen ist daher absehbar: Das Metaversum wird diesen CO₂-Effekt um ein Vielfaches beschleunigen und verstärken. Andererseits werden signifikante Effizienzsteigerungen in den Datenzentren dem entgegenwirken. Von 2010 bis 2020 wuchs der Internetverkehr um das 16,9-fache. Die Arbeitsbelastung der Rechenzentren stieg um das 9,4-fache an. Aber der Stromverbrauch nahm nur um das 1,1-fache zu. **Beispielsweise gibt Microsoft Cloud (Azure) an**, bis zu 93 % energieeffizienter und bis zu 98 % CO₂-effizienter als kleine, lokale Rechenzentren zu sein.

Als einer von vielen Treibern beschleunigt die Entwicklung des Metaversums auch die Nachfrage nach **Künstlicher Intelligenz**. Ein bekanntes KI-Modell namens GPT-3 hat 175 Milliarden Parameter. Sein Training hat 34 Tage und 4,6 Millionen Dollar benötigt. Der Energieverbrauch wird auf 936 MWh geschätzt. Das entspricht dem Jahresstrombudget von 330 deutschen Drei-Personen-Haushalten. Um komplexere Aufgaben zu bewältigen, werden die Modelle immer größer. Google AI hat in 2022 das Pathways Language Model mit 540 Milliarden Parametern angekündigt. Mit der Größe der Modelle steigt der Bedarf an Servern exponentiell an. Vor 2010 verdoppelten sich die Trainingsbedarfe etwa alle 20 Monate. Seit dem Aufkommen des Deep Learning in den frühen 2010er Jahren verdoppelt sich die dafür notwendige Rechenleistung etwa alle drei bis sechs Monate. Der Preis dieser Entwicklung ist offensichtlich: Mehr Rechenleistung ermöglicht bessere Künstliche Intelligenz. Zugleich verbraucht sie mehr Energie.

Der Verbrauch sinkt, sobald Künstliche Intelligenz zu einer Plattform wird

Wie nachhaltig KI ist, hängt davon ab, wie ihre Anwendungen entwickelt werden. Die derzeitigen Modelle wie **GPT-3**, **DALL-E** und PaLM sind extrem groß und komplex. Entscheidend ist aber: Sie müssen nicht für jede Anwendung neu entwickelt werden. Sie sind **Foundational Models** und bilden die Grundlage für neue Anwendungen.

Foundational Models von **großen und gut finanzierten KI-Forschungsorganisationen**, wie OpenAI, Facebook und Google DeepMind, bauen allgemein einsetzbare Grundmodelle, die dann an Unternehmen weitergegeben werden. Sie sind so entwickelt, dass sie an eine vielfältige Palette von nachgelagerten Aufgaben angepasst werden können. Sie dienen als Plattform, auf denen spezifische KI-Geschäftsmodelle aufgebaut werden können. Zwar werden die gigantischen Grundlagenmodelle viel Energie verbrauchen. Aber sie werden nur in geringer Zahl trainiert. Die Anpassungen auf den jeweiligen Anwendungsfall dagegen verbrauchen wesentlich weniger Energie.



Impulse aus dem Trenduniversum von TRENDONE

Auf dieser Seite stellen wir Ihnen weitere Impulse zu Green IT aus dem Trenduniversum unseres Partners **TRENDONE** vor.

CO₂-Fußabdruck für digitales Arbeiten



Google Cloud hat angekündigt, für seine Workspace-Apps, einschließlich Gmail, Meet und Docs, den CO₂-Fußabdruck offenzulegen. Der Schritt ergänzt die Maßnahmen, die 2022 vorgestellt wurden, um Kund:innen dabei zu helfen, die CO₂-Emissionen bei der Nutzung von Google-Cloud-Diensten zu messen und zu reduzieren. Das Unternehmen kündigte außerdem an, dass es nun Scope-1- und Scope-3-Emissionen, die mit der Nutzung der Google Cloud durch Kund:innen verbunden sind, angeben wird. Diese beziehen sich auf Emissionen aus Quellen, die das Unternehmen direkt kontrolliert und auf indirekte Emissionen, die entlang der Wertschöpfungskette entstehen.

Stapelbarer KI-Chip reduziert Elektroschrott



Forscher:innen des MIT haben einen LEGO-ähnlichen stapelbaren und rekonfigurierbaren KI-Chip entwickelt. Das Design umfasst abwechselnde Schichten von Sensor- und Verarbeitungselementen sowie LED-Leuchtdioden, die es den Schichten des Chips ermöglichen, optisch zu kommunizieren. Konkret verwendet das MIT-Design dabei Licht anstelle von physischen Drähten, um Informationen durch den Chip zu übertragen. Der Chip kann daher neu konfiguriert werden, wobei Schichten ausgetauscht oder gestapelt werden können, um beispielsweise neue Sensoren oder aktualisierte Prozessoren hinzuzufügen, wodurch Elektroschrott minimiert wird.

Energiesparender Chip für das IoT



Forscher:innen des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS haben einen extrem effizienten Energie-Chip für das Internet der Dinge (IoT – Internet of Things) entwickelt. Unter dem Namen RFicient-Chip ist dieser schon kommerziell erhältlich. Für ein funktionierendes Internet der Dinge müssen entsprechende Geräte dauerhaft online sein, was enorm viel Strom verbraucht. Mit dem neuen Chip werden knapp 99 % der Energie gespart, wodurch er eine 100-fache Energielaufzeit hat. Um zu reagieren, braucht er nur knapp 30 Millisekunden und ist dabei zuverlässig. Eine herkömmliche Batterie, die einen Monat hält, würde mit dem RFicient-Chip knapp zehn Jahre halten.

Nachhaltigeres Smartphone mit modularem Design



Der niederländische Hersteller von Smartphones mit nachhaltigem Anspruch, Fairphone, hat das „Fairphone 3“ mit einem modularen Design ausgestattet, damit es besser repariert und recycelt werden kann. Es ist von seiner Ausstattung mit aktuellen Smartphone-Modellen vergleichbar. Im Unterschied zu vielen anderen Smartphones ist es jedoch aus recycelten Materialien sowie Fair-Trade-Gold hergestellt und kommt ohne Metalle aus Konflikt-Gebieten aus. Das „Fairphone 3“ lässt sich einfach aufschrauben und bietet eine Anleitung, um Komponenten herauszunehmen, auszutauschen und so das Smartphone langfristig zu nutzen.

Deutsche Bundesregierung und Europäische Union

Ziele für Energieeffizienz und Recycling werden derzeit größtenteils auf europäischer Ebene gesetzt. Zwar könnte jeder Einzelstaat mit gutem Beispiel vorangehen. Dem Alleingang lastet jedoch die Sorge an, der heimischen Wirtschaft dadurch Wettbewerbsnachteile aufzubürden.

Die EU-Zielsetzung erfolgt häufig über Richtlinien. Diese Ziele müssen dann von den EU-Mitgliedern in konkrete Umsetzungsvorschriften gegossen werden. Das hehre Ziel dabei ist, dass die Einzelstaaten zur Erreichung der Richtlinienziele unter den besonderen Gegebenheiten ihres Landes jeweils die beste konkrete Umsetzungsoption erarbeiten können. In der Praxis vergeht dabei aber auch bei bestem Willen weitere wertvolle Zeit. Zudem bringen Einzelstaaten nicht selten in Tempo und Ausgestaltung eigene Schwerpunktsetzungen ein. Die Ohren einzelstaatlicher Regierungen sind unter Umständen für die begrenzten Sonderinteressen einzelner Lobby-Gruppen offen. Insgesamt kann das den Erfolg von EU-Zielen verzögern oder verwässern.

Welche Prioritäten setzt die EU?

Die EU konzentriert sich gegenwärtig mehr auf die **↗ Energieeffizienz** als auf die **↗ Ressourceneffizienz**.

Energieeffizienz:

- Energieeffizienz ist neben Energiesicherheit eine der Top-Prioritäten der EU. Das **↗ EU-Energieeffizienzziel** ist für EU-Staaten verbindlich: Bis 2030 müssen sie den Energieverbrauch um zusätzliche 13 % senken.
- Zentral für die Zukunft von Green IT sind die verschärften Klimaziele des **↗ REPowerEU** Plans, der als Antwort auf die Energiekrise verabschiedet wurde. In der schnellen Lösungssuche dieser Krise mögen auf den ersten Blick andere noch energieintensivere Industrien im Vordergrund genannt werden. Doch in der generellen Umsetzung ist es für IT im Kern eine weitere Mahnung zum Senken des Energieverbrauchs und zur Steigerung der Energieeffizienz.

Kreislaufwirtschaft:

- Derzeit gelangen in der europäischen Wirtschaft nur 12 % der Sekundärstoffe und -ressourcen wieder in die Wirtschaft zurück. Nicht nur zum Umweltschutz, sondern auch zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit sollen genutzte Ressourcen zukünftig so lange wie möglich in der EU-Wirtschaft verbleiben. Die EU-Kommission sieht Elektronik und IKT als eine der Branchen mit einem hohen Kreislaufpotential.
- 2020 legte die Europäische Kommission im Rahmen des europäischen Green Deal einen neuen **↗ Aktionsplan** für die Kreislaufwirtschaft vor. Zu seinen Prioritäten gehört die Reduzierung von Elektronik- und Elektroschrott. Im Mittelpunkt stehen dabei: die Schaffung des Rechts auf Reparatur, die Verbesserung der Wiederverwendbarkeit, die Einführung eines allgemeinen Ladegeräts und die Einführung eines Belohnungssystems zur Förderung von Recycling. Gegenwärtig wird die Richtlinie zu Elektro- und Elektronik-Altgeräten überarbeitet.

Ressourceneffizienz:

- Die aktuellen **↗ Recyclingziele** für E-Waste werden nur von drei EU-Staaten eingehalten. Insbesondere Deutschland liegt mit 45 % weit unter dem 65 % Ziel. Die Ressourceneffizienz ist weit weniger fortgeschritten als die Vermeidung von Emissionen.

Rechenzentren:

- Rechenzentren sollen bis **↗ 2030 klimaneutral** werden. Sie müssen energieeffizienter werden, Energieabfälle wie Abwärme wiederverwenden und mehr erneuerbare Energiequellen nutzen.

Deutschland überlässt das Feld der EU

Rechenzentren:

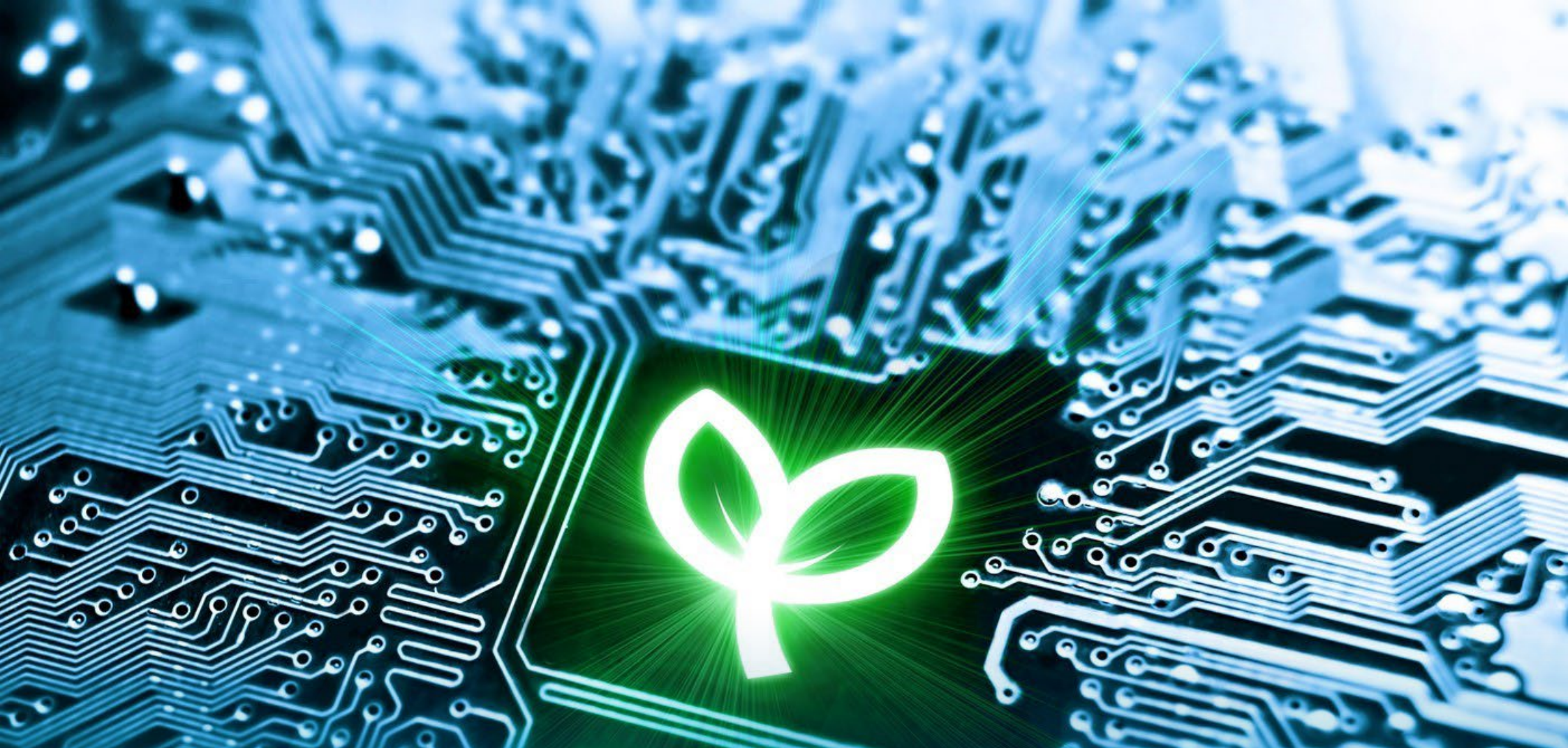
- Der Ende 2022 veröffentlichte **Referentenentwurf zum Energieeffizienzgesetz** enthält verschärfte gesetzliche Anforderungen an die Energie- und Ressourceneffizienz von Rechenzentren. Wie das finale Gesetz diese neuen Anforderungen formuliert, gilt es abzuwarten.
- Der Bund selbst hat im Rahmen des Energiesparprogramms Green-IT den Energieverbrauch der **Bundes-IT** seit 2009 gesenkt: trotz Leistungssteigerung um fast 60 %. Bis 2024 soll der Energieverbrauch jedes Jahr um weitere zwei Prozent reduziert werden.
- Mit dem **Klimaschutzprogramm** und dem **Klimaschutzgesetz 2030** müssen die im Aufbau befindlichen Rechenzentren des Bundes und die Rechenzentrumsdienstleistungen für den Bund künftig die Kriterien des Blauen Engels einhalten.
- Das Umweltbundesamt (UBA) hat das Kennzahlensystem **Key Performance Indicators for Data Center Efficiency** (KPI4DCE) entwickelt. Damit kann die Energie- und Ressourceneffizienz eines Rechenzentrums erstmals ganzheitlich und rechtssicher bewertet werden.

Selbstregulierung:

Deutschland unterstützt Selbstregulierungsinitiativen wie den Klimaneutrale-Datenzentren-Pakt (**Climate Neutral Data Centre Pact**). Sie zielen darauf ab, Rechenzentren bis 2030 klimaneutral zu machen. Zu den Zielvorgaben des Climate Neutral Data Centre Pact gehören:

- höhere Energieeffizienzen bis 2025
- 100 % Strom aus erneuerbaren Energien bis 2030
- höhere Wassereffizienz (Wasserwirkungsgrad von 0,4 l/kWh)
- höhere Recyclingquoten.

Vom Schreibtisch des Gesetzgebers aus sind die Herausforderungen bei der Umsetzung im „Maschinenraum“ oft nicht leicht voraussehbar. Selbstregulierungsinitiativen bieten daher der Wirtschaft einen nicht zu unterschätzenden Gestaltungsraum. Sie können mit problemnaher Sachkenntnis und in Eigenregie bessere Lösungen finden. Selbstregulierung eröffnet daher die Chance, ökologische und ökonomische Interessen am besten in Einklang zu bringen. Werden diese Chancen in der Praxis ausreichend proaktiv und zügig genutzt, oder erst wenn Belohnungs- und Sanktionierungsmechanismen greifen? Das ist auch eine Frage der Green Awareness in Unternehmen. Eine zusätzliche starke Triebfeder kann die unternehmerische Neugier sein, sich durch Green IT Wettbewerbsvorteile zu erschliessen.



Handlungsfelder

Methodischer Ansatz.....	38
Rechenzentren/Cloud.....	40
Programmierung	43
Hardware	49

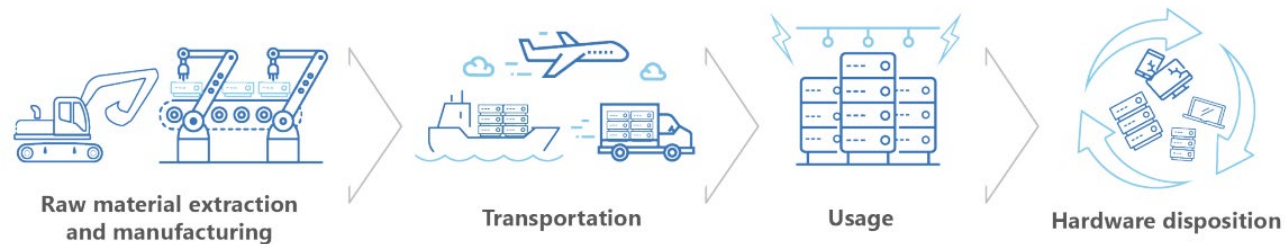
Methodischer Ansatz

Um die Auswirkungen von IT auf die Umwelt zu reduzieren, ist eines der wichtigsten Mittel, die nötigen Daten zu erlangen, um zu verstehen, welchen Einfluss Soft- und Hardware auf die Umwelt haben. Generell gibt es zwei Messgrößen:

- Der **ökologische Fußabdruck** (Product Environmental Footprint, PEF) eines Produkts bewertet die Umweltauswirkungen aller Emissionen und des Ressourcenverbrauchs, die durch ein Produkt verursacht werden. Dies bezieht neben Treibhausgasen auch die Zerstörung der Ozonschicht, Versauerung der Gewässer, Verluste in der Biodiversität, Ressourcenerschöpfung und weitere Umweltauswirkungen ein.
- Der **CO₂-Fußabdruck** (Product Carbon Footprint, PCF), auch Produkt-Kohlenstoff-Fußabdruck genannt, misst die Auswirkung der von einem Produkt verursachten Treibhausgase (THG) auf das Klima unserer Erde.

Da die Komplexität zur Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks sehr groß ist und sich zudem viele Unternehmen auf Klimaneutralität fokussieren, wird meist nur der Carbon Footprint ermittelt. Für beide Arten des Fußabdrucks lässt sich der Lebenszyklus in **4 Abschnitte** unterteilen. Diese vier Abschnitte gelten für den PEF und den PCF:

- **Rohstoffgewinnung und Herstellung:** Rohstoffgewinnung, Produktion, Endmontage von Servern, Netzwerkausrüstung und Festplatten etc.
- **Transport:** Transport der IT-Ausrüstung vom Hersteller zu den Nutzer:innen
- **Betrieb:** Stromverbrauch für den Betrieb von Endgeräten, Servern, Netzwerkausrüstung, Festplatten und Rechenzentrumsinfrastruktur (wie Beleuchtung, Kühlung und Stromaufbereitung)
- **Hardware-Entsorgung:** Recycling und Rückgewinnung zur Wiederverwendung auf der Grundlage konservativer Annahmen über Recyclingraten



Lebenszyklus der IT. **Microsoft**

Es darf nicht gewartet werden, bis Daten über den gesamten ökologischen Fußabdruck vollumfänglich zur Verfügung stehen. Reduktion und Datenerfassung müssen Hand in Hand immer tiefer in den Lebenszyklus der IT integriert werden.

Die Herausforderung ist, die vielen Verzweigungen und die enorme Tiefe der Umwelteinflüsse über den gesamten Lebenszyklus zu verfolgen. Graduell müssen mehr und mehr Daten erhoben und erarbeitet werden. Lieferanten und Cloudanbieter müssen verpflichtet werden, immer detailliertere Angaben zur Verfügung zu stellen. Vergleiche auch für Endnutzer:innengeräte, wie Handys, müssen ermöglicht werden.

Der CO₂-Fußabdruck wird klassifiziert in Scope 1 bis 3 Emissionen

Scope 1 – Alle direkten Emissionen, die unter der betrieblichen Kontrolle einer Organisation liegen (z. B. CO₂ aus einem Generator in einem Rechenzentrum).

Scope 2 – Indirekte Emissionen, die aus gekaufter oder erworbener Elektrizität, Wärme, Dampf oder Kälte entstehen (z. B. CO₂ aus einer mit fossilen Brennstoffen betriebenen Turbine, die Netzstrom erzeugt).

Scope 3 – Alle anderen indirekten Emissionen aus Quellen wie der Herstellung der Server und Endgeräte, Abfallentsorgung aber auch Geschäftsreisen.

Viele Unternehmen und Cloud-Provider haben sich darauf konzentriert, die mit ihren IT-Ressourcen verbundenen Scope 1- und Scope 2-Emissionen zu messen, zu melden und Strategien zu deren Reduzierung umzusetzen. Scope 3 wird jedoch oft nicht mit einbezogen, obwohl er die **➤ größte Emissionsquelle** darstellt.

➤ **Microsoft** klassifiziert 77 % der Emissionen in Scope 3.

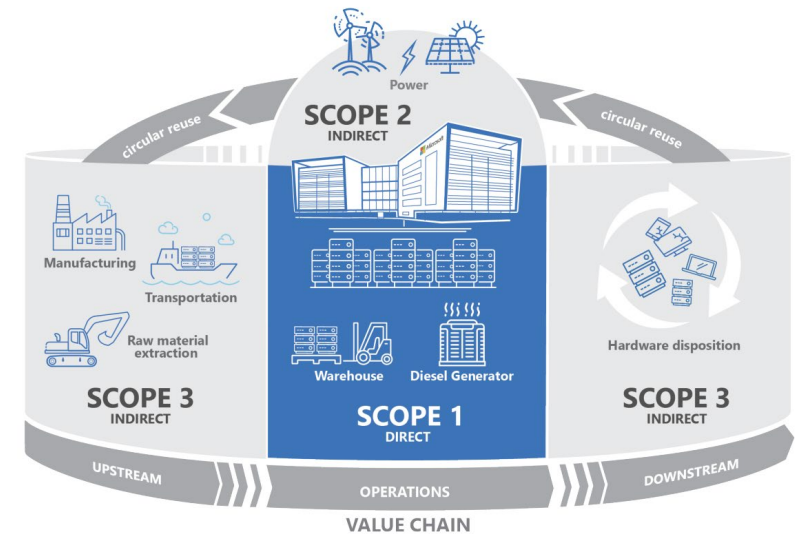
Im Gegensatz zu Google und Microsoft zeigt **➤ Amazons** Carbon Footprint Tool beispielsweise nur Scope 1- und Scope 2-Emissionen. Die Wahl des Fußabdruck-Management-Tools sowie die zur Verfügung gestellten Daten der externen Betreiber sind ein kritischer Erfolgsfaktor. So reduziert zwar ein Wechsel in die Cloud den Scope 2-Fußabdruck eines Unternehmens, verlagert diesen jedoch in Scope 3.

Werkzeuge zur Verfolgung des Fußabdrucks

Die meisten der heutigen Tools generieren Zahlen, die auf weitverbreiteten **➤ Kohlenstoffbuchhaltungsmethoden (GHG Protocol)** basieren. Sie ermöglichen es den Nutzer:innen, ihre Ergebnisse im Vergleich zu spezifischen Zielen und Vorgaben zu betrachten. So bieten beispielsweise Software-Tools und Plattformen wie **➤ Salesforce Sustainability Cloud**, **➤ Sage**, **➤ Envizi** und **➤ Source Intelligence** Software an, die bis zu den Scope-3-Emissionskategorien reichen. Deutsche Firmen wie die **➤ Telekom**, **➤ SAP** und **➤ Bosch** entwickeln ebenso Services für ESG-Reporting, Klima-Management und Maßnahmenfindung.

Es entstehen immer fortschrittlichere Plattformen, die Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen einbeziehen, wie **➤ CO₂ AI** oder **➤ TCS Clever Energy**, und einen vollständigeren und genaueren Überblick über die gesamte Lieferkette bieten sollen. Natürlich hängt der Erfolg von Unternehmen, die sich in den Bereich von Scope 3 vorwagen, in der Regel davon ab, dass andere Unternehmen ihre Daten offenlegen. Deswegen ist es umso wichtiger, Lieferanten über die ganze Lieferkette hinweg zu verpflichten, Umweltdaten zu teilen.

Cloud-Anbieter wie **➤ AWS**, **➤ Azure** und **➤ Google Cloud** bieten auch Tools an, die Einblicke in die Rechenzyklen, den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß der genutzten Cloud-Infrastruktur geben. Microsoft und Google warten gegenwärtig mit den detailliertesten Informationen auf. Amazon bietet keine Nachverfolgung von Scope 3-Emissionen.



Beispiele für CO₂ Emissionen Scope 1 - 3 in der **➤ Microsoft Cloud-Wertschöpfungskette**.

Rechenzentren/Cloud

Leistungsfähige und effiziente Rechenzentren sind die notwendige Voraussetzung für eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Digitalisierung. Sie sind global für knapp ein Prozent des Strombedarfs verantwortlich und werden von den drei großen Anbietern Amazon (34 %), Microsoft (21 %) und Google (11 %) **dominiert**. Die zunehmende Digitalisierung führt zu einem deutlich ansteigenden Bedarf an Rechen- und Speicherleistung und damit zu einem verstärkten Ausbau der Rechenzentrumsinfrastruktur.

Für eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Digitalisierung ist ein Ausbau der digitalen Infrastrukturen zwingend notwendig. Denn Cloud-Services verbrauchen nicht nur viel Energie. Sie sparen auch viel Strom ein – die Ersparnisse belaufen sich für durchschnittliche Unternehmen auf **zwischen 68 und 87 %** gegenüber den herkömmlichen Rechenzentren.

Insbesondere in Europa werden sich die Energiebedarfe für Data Center deutlich erhöhen. Oft sind bestimmte Regionen mit Nähe zu Glasfaserkabel-Knotenpunkten, günstiger Energie und kühlem Klima attraktiv für Rechenzentren. **Irland**, ein beliebter Standort, rechnet damit, dass diese dort bis 2029 für 27 % des Energiebedarfs verantwortlich sein werden. Aber auch in **Deutschland** werden enorme Mengen an neuen Rechenzentren gebaut. Frankfurt/RheinMain ist die am schnellsten wachsende Rechenzentrumsregion in Europa.

Die fünf wichtigsten nachhaltigen Entwicklungspotentiale sind:

- Reduzierung von Treibhausgasen durch Nutzung regenerativer Energien (inkl. Beitrag zur Stromerzeugung)
- Verbesserte Energieeffizienz durch Kühlung (inkl. Abwärmenutzung)
- Optimierung und Verringerung des Wasserverbrauchs
- Lebenszyklusbetrachtung der Ausstattung – von der nachhaltigen Beschaffung über die optimierte Nutzungsdauer bis zur Kreislaufwirtschaft
- Messen und Bereitstellen der kritischen Daten zum Carbon Footprint und Environmental Footprint

Optimierung und Verringerung des Stromverbrauchs und der Treibhausgase

Nachhaltige Rechenzentren **nutzen ausschließlich erneuerbare Energie**. Das bedeutet aber auch, dass Rechenzentren Strom selbst speichern, um die bisher für die unterbrechungsfreie Stromversorgung üblichen Dieselaggregate zu ersetzen. **Microsoft** ist hier Vorreiter.

Eine bessere **Verzahnung des Strom-, Wärme- und Verkehrssektors (Sektorenkopplung)** hilft Rechenzentren, Synergien für die Dekarbonisierung der Energieversorgung zu erschließen. Beispielsweise kann Verlustwärme aus einem Rechenzentrum mit Hilfe eines Thermogenerators wieder verstromt werden oder die Batterien der Rechenzentren bei Spitzenlasten im Netz abfangen.

Google hingegen ist Vorreiter in der **Optimierung des Stromverbrauchs von Rechenzentren mithilfe von Künstlicher Intelligenz**. Sie konnte die Energiebedarfe um 40 % verringern.

Server Virtualisierung ist eine der wirksamsten Möglichkeiten, die Server-Nutzung zu verbessern, physische Server zu konsolidieren und den Energieverbrauch zu reduzieren. Mit der Virtualisierung werden physische Server als Pools an Rechenkapazität bereitgestellt. Diese Pools können in mehrere „virtuelle Maschinen“ aufgeteilt werden, die mehrere Betriebssysteme und Anwendungen ausführen können, als ob sie auf physisch getrennten Maschinen laufen würden. So kann die Auslastung signifikant optimiert werden.

Optimierung der Kühlung von Rechenzentren

Die **Nutzung von Abwärme** kann die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen wie Erdgas oder Öl reduzieren. In **Stockholm** sind derzeit schon 30 Rechenzentren an das Fernwärmenetz angeschlossen.

Auch die Kühlung selbst kann optimiert werden. In **kälteren Regionen** werden weniger Ressourcen für die Kühlung der Server benötigt. Deswegen haben **Google, Facebook und Amazon** Land in Schweden gekauft, um neue Datenzentren zu bauen. Microsoft geht noch weiter und baut **Unterwasser-Rechenzentren**. Diese nutzen Meerwasser als Kühlmittel und besitzen eine signifikant bessere Umweltbilanz.

Die herkömmliche Luftkühlung kann die Hälfte des Stromverbrauchs eines Rechenzentrums ausmachen. Flüssigkeitskühlung (**Liquid Immersion Cooling, LIC**) benötigt deutlich weniger Strom.

Optimierung und Verringerung des Wasserverbrauchs

Microsofts riesiger Rechenzentrumskomplex in Nordholland verbrauchte im Jahr 2021 84 Millionen Liter Wasser. Bis 2030 will **Microsoft** zu einem Nettolieferanten von Wasser werden. Erreicht wird dies größtenteils durch Kompensationsprojekte und gesammeltes Regenwasser. Grundsätzlich muss der Wasserverbrauch aber langfristig entweder als ein **geschlossener Kreislauf** oder in Verbindung mit einer **nachhaltigen Wasserquelle** geschehen. Dabei kann das Wasser nur mit minimaler Temperaturerhöhung an das Reservoir zurückgegeben werden.

Lebenszyklusbetrachtung der Ausstattung – von der nachhaltigen Beschaffung über die optimierte Nutzungsdauer bis zur Kreislaufwirtschaft

Google ist Industrieführer und nutzt drei Prinzipien für **Zero-Waste-Rechenzentren**. Diese stellen sicher, dass kein Abfall auf einer Deponie landet. 100 % werden auf einen nachhaltigeren Weg umgeleitet.

- **Abfall und Verschmutzung sind Teil des Designs.** Dies bedeutet, dass Kreislaufwirtschaft von Anfang an berücksichtigt werden muss, damit bestehende Produkte zu künftigen Ressourcen werden können.
- **Produkte und Materialien in Gebrauch halten.** Dies bedeutet, die Lebensdauer von Produkten und Materialien so lange wie möglich zu verlängern, um alle Ressourcen, die für ihre Herstellung verwendet wurden, optimal zu nutzen.
- **Förderung von sicheren und gesunden Materialien.** Dies bedeutet, dass bei der Entwicklung von Produkten Materialien verwendet werden, die sowohl für die Menschen als auch für den Planeten sicher sind, und dass diese Materialien noch lange in der Zukunft verwendet und wiederverwendet werden.



Sektion eines Unterwasser-Rechenzentrums von **Microsoft**.

Messen und Bereitstellen der kritischen Daten zum Carbon Footprint und Environmental Footprint

Rechenzentren müssen **Energie, Wasser** und **elektronischen Abfall** messen und den Nutzern bereitstellen. Dabei ist wichtig, dass Daten detailliert (Scope 1-3) erhoben bzw. transparent dargestellt werden. Sie sollten sowohl auf Managementebene als auch für einzelne Programmier:innen **verständlich zur Verfügung stehen**.

Unternehmen müssen die Potentiale der Cloud nutzen

In einer Cloud-Computing-Umgebung werden die Ressourcen (wie Rechenleistung, Speicherplatz und Netzwerkkapazität) von mehreren Nutzer:innen über das Internet geteilt, anstatt dass jedes Unternehmen eigene Ressourcen benötigt. Cloud-Anbieter investieren oft in hochmoderne Rechenzentren mit fortschrittlicher Klimatisierung, Stromversorgung und Netzwerkinfrastruktur. Sie sind häufig energieeffizienter als diejenigen, die von einzelnen Unternehmen betrieben werden. Gleichzeitig stellen Cloudservices detaillierte Daten und Software zur Steuerung des eigenen Fußabdrucks bereit.

Eine Umstellung auf Cloud-Computing hilft deshalb Unternehmen aufgrund von **höherer Auslastung**, besseren **Mess- und Optimierungsmöglichkeiten** und **einfacher Umstellung auf erneuerbare Energie** bei der Reduktion ihres CO₂-Fußabdrucks. **Microsoft** zeigt, dass deren Cloud 93 % energieeffizienter und 98 % CO₂-effizienter als ein On-Premise-Datacenter ist. Wichtig ist, dabei die entsprechenden **Anforderungen** zu stellen und Scope 1-3 Daten zur Bestimmung des Fußabdrucks zu erhalten.

Potential	Messen	Umsetzung
Ressourcen einsparen durch Nutzung erneuerbarer Energien	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil erneuerbarer Energien • Zertifizierung des Rechenzentrums, z. B. der blaue Engel • Power-Usage-Effectiveness-Koeffizient des Rechenzentrums • Scope 1-3-Fußabdruck 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechenzentren mit möglichst hohem Anteil erneuerbarer Energie
Ressourcen einsparen durch die Nutzung ressourceneffizienter Rechenzentren		<ul style="list-style-type: none"> • Moderne Rechenzentren nutzen • Wassereffiziente Rechenzentren nutzen • Lokale Rechenleistung in Rechenzentren migrieren
Ressourcen einsparen durch Messen und Optimieren mit Hilfe von Software		<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung moderner Software. Google, Microsoft und Amazon stellen eigene Tools bereit (siehe Methoden-Kapitel). Auch Tools von Drittanbietern wie die Salesforce Sustainability Cloud, Sage, Envizi und Source Intelligence (siehe Methoden-Kapitel) bieten breite Lösungen an. • Fußabdruck messbar in Scope 1-3 (siehe Methoden-Kapitel)

Programmierung

Die Grundlage für grüne Unternehmen und damit auch eine grüne Bahn ist eine grüne Digitalisierung. Grüne Unternehmen haben die Verantwortung, Software nachhaltig zu entwickeln.

Wichtig zu verstehen ist dabei, dass der Grad an Digitalisierung stetig zunimmt. Das führt zu immer komplexeren und energieintensiven Systemen. Dieser Energieverbrauch und die Nutzung natürlicher Ressourcen kommen jedoch an ihre ökologischen Grenzen. Um diesen Trend umzukehren, muss die Software-Entwicklung ökologische Konsequenzen von Beginn an priorisieren. Sie muss sicherstellen, dass der Energie- und Ressourcenverbrauch nicht im gleichen Maße zunimmt wie die Digitalisierung.

Grünstrom allein ist hierfür nicht ausreichend. Es muss das Prinzip „**So wenig wie nötig, so effizient wie möglich.**“ verfolgt werden. Selbst wenn Code mit Grünstrom läuft, müssen effiziente Systeme dazu beitragen, den Gesamtenergieverbrauch der Digitalisierung zu reduzieren.

Prinzipien nachhaltiger Softwareentwicklung

Um weniger Energie und Ressourcen zu verbrauchen, müssen sieben Prinzipien nachhaltiger Softwareentwicklung die ökologische Basis jedes Projekts von Beginn an leiten:

- **Energie:** Erhöhung der Energieeffizienz von Anwendungen
- **Messung und Optimierung:** Schrittweise Messungen und Optimierungen, die die gesamte CO₂-Effizienz erhöhen und den Energieverbrauch senken
- **Vernetzung:** Reduktion der Datenmenge und Entfernung, die über das Netzwerk zurückgelegt werden muss
- **Emissionen:** Zeiten nutzen, in denen Grünstrom zur Verfügung steht
- **Hardware:** Erhöhung der Hardwareeffizienz von Anwendungen
- **Suffizienz:** Daten und Rechenleistung auf das Nötige reduzieren
- **Obsoleszenz:** Lebensdauer und Langzeit-Kompatibilität von Anwendungen maximieren
- **Nachhaltiges Anforderungsmanagement:** Klare Vorgaben, was Software leisten können muss (Suffizienz), und Aufnahme von Nachhaltigkeitskriterien als Anforderungen
- **Transparenz:** Nachhaltigkeit der Softwareentwicklung muss zurückverfolgbar sein und einen Vorher-Nachher-Vergleich ermöglichen

	Energy (J)
(c) C	1.00
(c) Rust	1.03
(c) C++	1.34
(c) Ada	1.70
(v) Java	1.98
(c) Pascal	2.14
(c) Chapel	2.18
(v) Lisp	2.27
(c) Ocaml	2.40
(c) Fortran	2.52
(c) Swift	2.79
(c) Haskell	3.10
(v) C#	3.14
(c) Go	3.23
(i) Dart	3.83
(v) F#	4.13
(i) JavaScript	4.45
(v) Racket	7.91
(i) TypeScript	21.50
(i) Hack	24.02
(i) PHP	29.30
(v) Erlang	42.23
(i) Lua	45.98
(i) Jruby	46.54
(i) Ruby	69.91
(i) Python	75.88
(i) Perl	79.58

➤ **Energieverbrauch** normalisiert auf die effizienteste Programmiersprache

Ressourcenschonendes Programmieren

Ressourcenschonendes, umweltfreundliches Programmieren (**↗ Green Coding**) bedeutet, beim Entwickeln von Software darauf zu achten, dass sie möglichst wenig negativen Einfluss auf die Umwelt hat. Laut Schätzungen können durch das Verschlimmern von Code Einsparungen von mehr als 35 % erzielt werden. Green Coding ist nicht neu und wird zunehmend in Publikationen und Konferenzen thematisiert. Jedoch ist bis heute noch kein „Standard“ zu Green Coding formuliert worden.

Ressourcenschonendes Programmieren ist aufgebaut wie eine Pyramide:

- **Grüne Softwareprinzipien** umreißen die Fähigkeiten und das Wissen, die für die Erstellung und Verwaltung umweltverträglicher Software erforderlich sind.
- **Grüne Softwaremuster** liefern konkrete Beispiele für die Anwendung dieser Prinzipien in der Praxis.
- **Grüne Software-Praktiken** greifen diese Muster auf und wenden sie auf bestimmte Produkte an, um Anleitungen für eine nachhaltigere Nutzung dieser Produkte zu geben.



Pyramide der ressourcenschonenden Entwicklung von Software. **↗ Greensoftware.org**

Diese Pyramide kann genutzt werden, um ressourcenschonendes Programmieren in der Praxis umzusetzen:

- Überwachung des Energieverbrauchs der Anwendungen in Echtzeit: Messen unterstützt dabei, die Wirksamkeit von Verbesserungen und Spitzen im Energieverbrauch zu erkennen.
- Auf Funktionen mit hohem Stromverbrauch oder großer Nutzung konzentrieren.
- Datennutzung und -übertragung möglichst gering halten.
- Datenmenge, -redundanz und -speicherdauer reduzieren.
- Ungenutzte Funktionen oder unnötige Schleifen müssen erkannt und entfernt werden.
- Die Rechengenauigkeit und Funktionalität der Anwendung muss auf das minimal nötige Niveau reduziert werden.
- Die Auswahl der verwendeten Programmiersprache beeinflusst drastisch die Energieeffizienz. Beispielsweise benötigt Python 75mal mehr Energie als die Sprache C.

➤ **Legacy-Systeme**, die über Jahrzehnte historisch gewachsen sind, können zu überflüssigen Berechnungen und damit zu erhöhtem Energieverbrauch führen. Besonders für Großkonzerne erschließt sich hierbei enormes Potential. Ineffiziente Legacy-Schnittstellen müssen durch Cloudarchitekturen durch kontinuierlich upgedatete, „lebendige“ Anwendungen ersetzt werden. Inkompatible Hardware kann durch virtuelle Maschinen, die Legacy Hardware digital simulieren, vermieden werden. Der Zugang zu Altsystemen kann so aufrechterhalten werden, und veraltete Soft-/Hardware kann in die Cloud verlagert werden. Langfristig müssen technische Schulden (**technical debts**) vermieden und Anwendungen kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Kritisch für alle diese Maßnahmen ist, die notwendige Entscheidungsgrundlage durch Messen zu erlangen. Der ➤ **Software Development Assistant** von Intel ermöglicht es Entwickler:innen beispielsweise, Energiemessungen in Echtzeit vorzunehmen, um die Effizienz zu bestimmen. Die Softwarelösungen werden dabei ständig verbessert und ermöglichen detailliertere Einsicht in den jeweiligen Fußabdruck.

Auch auf Seite der Anwender:innen muss Bewusstsein für Nachhaltigkeit und lebendiges Datenmanagement geschaffen werden

Die Anwender:innen haben ebenfalls Verantwortung. Ein lebendiges Datenmanagement und nachhaltige Praktiken im Umgang mit Datenspeicherung sind zentrale Fähigkeiten einer nachhaltigen Organisation. Um dies im ganzen Unternehmen umzusetzen, benötigt es eine Kultur nachhaltiger Digitalisierung. Für diese muss das Bewusstsein geschaffen werden. Hier haben die Anwender:innen und Anwendungseigner:innen eine große und wichtige Rolle, indem sie aktiv ihren Umgang mit Daten und Anwendungen nachhaltig gestalten. Dazu gehört es, Datenmanagementrichtlinien und -praktiken zu etablieren, die unnötigen Datentransport und -speicherung vermeiden. Redundante und obsolete Daten müssen gelöscht werden. Transportwege müssen kurz gehalten werden, da Datentransfernetzwerke signifikante Energiekosten mit sich bringen

(➤ **1-1,5 % des globalen Energieverbrauchs**).

Potential	Messen	Umsetzung
Energieeffizientere Programmiersprachen verwenden	<ul style="list-style-type: none"> • Prozesslaufzeit • CPU/GPU-Last • Speicherverbrauch • Datenübertragung • Datenredundanz 	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenverbrauch von Programmiersprachen berücksichtigen • Coding-Richtlinien in Unternehmen entwickeln, erproben, kontinuierlich optimieren und Verbindlichkeit schaffen
Energieeffizient programmieren		<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Schulungen • Ausgewiesene Green IT-Spezialist:innen einstellen. Bewusstsein und Qualifizierungsmöglichkeiten für diese Rolle stärken. • Effizienten und schlanken Code programmieren, z. B. geeignete Datenstrukturen, Iterationen durch Vektorisierung statt Schleifen.

Grüne Software-Architektur

Wechsel von Big Data zu Small & Wide Data

Das **Managen von Datenverkehr** ist ein wichtiger Punkt in der Software-Architektur. Laut dem von Veritas erstellten **Global Databerg Report** gelten 52 % aller derzeit von Unternehmen gespeicherten und verarbeiteten Informationen als „dunkle Daten“, deren Wert unbekannt ist. Weitere 33 % gelten als redundante, veraltete oder triviale Daten. Nur etwa 15 % aller gespeicherten Daten sind geschäftskritische Informationen. Die Zunahme von Videocalls und sehr datenintensiven „Rich Media“ erhöht die Menge an gespeicherten Daten weiter.

Allgemein sollten Anwendungen immer so wenig Daten wie möglich nutzen, um Energie zu sparen. Bis 2025 werden nach **Vorhersagen von Gartner** 70 % der Organisationen von Big Data auf energieeffizientere Small & Wide Data-Ansätze wechseln. Im Gegensatz zu großen Datenbeständen (**Big Data**) sind kleine und breite Datenbestände (**Small & Wide Data**) spezifisch, nicht so umfangreich und ziehen auch aus unstrukturierten Daten Wert.

- **Small Data** ist ein Ansatz, der weniger Daten benötigt, um wertvolle Erkenntnisse für das Unternehmen zu gewinnen. Dazu gehören Techniken der Zeitreihenanalyse oder Lernen mit wenigen Schritten (**few-shot learning**), synthetische Daten und selbstüberwachtes Lernen.
- **Wide Data** ist ein Ansatz, bei dem Daten aus verschiedenen strukturierten und unstrukturierten Datenquellen kombiniert werden, um aussagekräftige Datensätze für die Analyse zu erhalten. Daten lassen sich oft ausdünnen, ohne an wichtigem Informationsgehalt zu verlieren.

Edge Computing ist oft effizienter als Cloud Computing

Zentralisierte Rechenzentren verbrauchen viel Energie. Aber das Bewegen von Daten benötigt noch mehr Energie als Berechnungen. Dementsprechend wird es in Zukunft immer wichtiger, Teile der Rechenleistung von Endgeräten übernehmen zu lassen, um Datentransport zu vermeiden. Für die Prozessierung ist deshalb an vielen Stellen **Edge** statt **Cloud Computing** erstrebenswert.

Bei Edge Computing erfolgt die **Verarbeitung, Speicherung und Analyse von Daten in der Nähe der Quelle der Daten** anstatt in der Cloud oder in einem zentralen Rechenzentrum. Die Idee hinter Edge Computing ist, die Latenzzeit zu verringern und die Reaktionsfähigkeit zu erhöhen, indem die Datenverarbeitung direkt an der Quelle der Daten stattfindet. Dies bedeutet aber auch geringere Transportwege und weniger Energieverbrauch. **Grüne Software-Architektur nutzt beide Herangehensweisen** in Abhängigkeit des spezifischen Anwendungsfalls. Um eine optimale Auslastung und Energieeffizienz zu erlangen, müssen bei der Entscheidung für eine Datenverarbeitungstechnologie verschiedene Faktoren, die den Energiebedarf maßgeblich beeinflussen, wie Größe der zu verarbeitenden Datenmenge, Nutzungsintensität sowie die zur Verfügung stehenden Ressourcen, berücksichtigt werden.

Potential	Messen	Umsetzung
Energieoptimiertes Managen von Datenverkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Menge des Datenverkehrs • Energiebedarfe • Emissionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegen von Daten vermeiden • Small & Wide Data anstatt Big Data • Überprüfung der eigenen Datenmengen auf Dark Data-Reliquien

Kombination aus Edge- und Cloud Computing

- Nutzungsintensität von Hardware durch die gestarteten Software-Anwendungen
- Rechenleistung zu den Daten bringen
- Nutzung von Edge-Computern bspw. im IoT-Bereich, um lange Wege durch die Cloud zu vermeiden

Künstliche Intelligenz und Machine Learning nachhaltiger gestalten

Modelle für maschinelles Lernen und **➤ Künstliche Intelligenz** sind die **➤ energiehungrigsten Anwendungen**, die es zu zähmen gilt. Seit 2012 hat sich die erforderliche Rechenleistung für das **➤ Trainieren der größten KI-Modelle** um den Faktor 300.000 vergrößert. Ein aktuelles Modell für maschinelles Übersetzen mit neuraler Architektur produziert allein bei seiner Erstellung knapp 300 Tonnen CO₂e – das 35-fache des jährlichen Emissionsbudgets eines Durchschnittshaushalts in Deutschland.

Oftmals werden diese Umweltabwägungen gar nicht mit in die Entwicklung eingebracht. Abnehmende Erträge (**➤ diminishing returns**) werden zu wenig hinterfragt (**Suffizienz**). So kann es sein, dass eine Genauigkeitsverbesserung einer Bilderkennungssoftware von 96 auf 98 % Genauigkeit den dreifachen Energieaufwand bedeuten würde, der für die „ersten“ 96 % notwendig war. Solche Suffizienz-Fragen werden wir uns in der kommenden Dekade durch den wachsenden Energiehunger von Künstlicher Intelligenz immer häufiger stellen müssen.

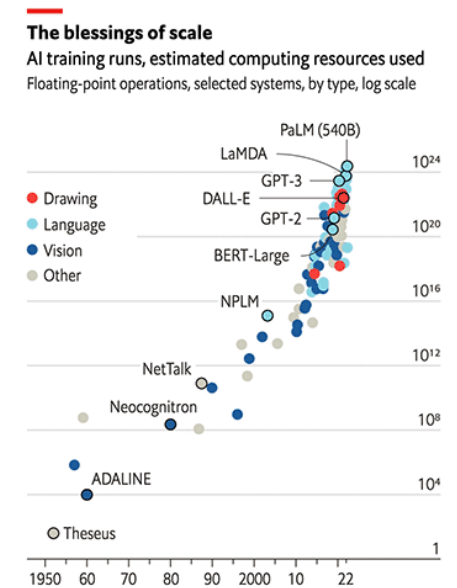
Der enorme **➤ Energiebedarf von heutigen Modellen ist auf vier Eigenschaften** zurückzuführen:

Es werden Millionen oder manchmal Milliarden von Trainingsbeispielen benötigt. Beispielsweise gibt es eine unendliche Anzahl von möglichen Katzenbildern. Um eine neue Katze erfolgreich zu identifizieren, muss das Modell an vielen Katzenversionen trainiert werden.

- **Es erfordert viele Trainingszyklen.** Modelle lernen aus Fehlern. Wenn das Modell eine Katze fälschlicherweise als Waschbär eingestuft hat, passt es seine Parameter an, klassifiziert das Bild als Waschbär und trainiert dann erneut. Es lernt langsam aus seinen Fehlern, was viele Trainingsdurchgänge erfordert.
- **Das Modell muss neu trainiert werden, wenn es neue Informationen erhält.** Wenn das Modell nun Cartoon-Katzen erkennen soll, die es noch nie gesehen hat, muss es von komplett neu trainiert werden.
- **Es erfordert viele Gewichte und viel Multiplikation.** Es dauert oft Millionen von Schritten, um die Ausgabe einer einzigen Schicht zu berechnen. Ein typisches Netz kann Dutzende bis Hunderte von Schichten umfassen.

Das menschliche Gehirn ist das beste Beispiel für ein intelligentes System, welches jedoch mit sehr wenig Energie auskommt – in etwa mit der Energie einer Glühbirne.

➤ Neuromorphic Computing bezieht sich auf die Verwendung von Hardware oder Software, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden ist und versucht, dessen Funktionsweise zu simulieren.



Sources: "Compute trends across three eras of machine learning", by J. Sevilla et al., arXiv, 2022; Our World in Data

Ressourcenbedarfe steigen exponentiell.
➤ The Economist

Rote KI versus Grüne KI

Die Verwendung größerer Datensätze und komplexerer KI-Modelle erfordert enorme Mengen an Ressourcen. **➤ Rote KI** strebt eine **Performancemaximierung an** und wendet dafür die **maximal zur Verfügung stehende Rechenleistung** auf, ohne die dabei verursachten **Kosten** einzubeziehen. **Grüne KI** berücksichtigt diese Rechen- und Umweltkosten und **zielt auf ein optimales Verhältnis zwischen Performance und Effizienz ab**.

Diese Art von Computing nutzt parallel arbeitende Schaltkreise, die wie Neuronen im Gehirn miteinander verbunden sind, um Informationen zu verarbeiten. Im Gegensatz zu herkömmlichen Computersystemen, die strikt sequenziell funktionieren, können neuromorphe Systeme in der Lage sein, menschenähnliche Muster-Erkennung und -Verarbeitung zu simulieren, und somit **komplexere Aufgaben schneller und effektiver** lösen.

➤ **In Anlehnung an das menschliche Gehirn** helfen modernste Techniken, KI effizienter zu machen:

- Sparsame Modellierung (**Sparse Modeling**) zielt darauf ab, möglichst viel Information mit möglichst wenig Daten darzustellen. Zuvor eingebaute Annahmen und Einschränkungen sparen Zeit. Das, was bereits bekannt ist, wird nicht neu berechnet. Dies verringert den Energieverbrauch teilweise um den Faktor 100.
- Strukturierte Daten (**Structured Data**) reduzieren die Größe der Trainingsmengen. Das Gehirn versteht, dass Katzen eine Beziehung zu Bäumen und Vögeln haben, ohne dass wir Millionen von Beispielen von Katzen mit Bäumen verarbeiten müssen. Die Erstellung eines KI-Modells mit Referenzrahmen erfordert wesentlich weniger Stichproben als klassische ➤ **Machine Learning-Modelle**.
- Kontinuierliches Lernen (**Continual Learning**) bedeutet, Dinge zu lernen, ohne zu vergessen, was man vorher wusste. Wer einen Löwen zum ersten Mal sieht, muss nicht alles neu lernen, was über Katzen (Ohren, Fell, Schwanz etc.) bekannt ist. Kontinuierliches Lernen erfordert nur sehr wenig Energie, da nicht jede Berechnung bei Null beginnt.

➤ **Best Practices**, die die Energieeffizienz von KI-Anwendungen erhöhen:

- **Messen:** Werkzeuge wie „➤ **Azure Machine Learning Resource Metrics**“ helfen Entwickler:innen, die Rechen- und Energiekosten ihrer KI-Workloads über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu verstehen.
- **Kleinere Modelle:** Unter sonst gleichen Bedingungen hat ein kleineres Modell weniger Schichten mit weniger Filtern und benötigt daher weniger Rechenleistung und weniger Speicherplatz. (Suffizienz)
- **Weniger Daten bewegen:** Berechnungen sind, wenn möglich, in der Nähe der Datenquelle durchzuführen. Das Fraunhofer IIS zeigt, wie wichtig es ist, dass erste Verarbeitungsschritte direkt auf dem Sensor stattfinden.
- **Batching:** Verarbeitung von großen Mengen von Aufgaben oder Daten in einem Rutsch, anstatt sie einzeln zu verarbeiten.
- **Datenformate:** Das Verwenden von z. B. binären Datenformaten anstelle von Textformaten kann dazu beitragen, die Größe der Daten zu reduzieren und die Übertragungszeit sowie die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu verbessern.
- **Komprimierung:** Das Verwenden von komprimierten Datenformaten (z. B. gzip oder bzip2) kann dazu beitragen, die Größe der Daten zu reduzieren und damit den Speicherbedarf und die Übertragungszeit zu minimieren.
- **Optimieren für Hardware und Software:** Die Anpassung der Software an die verfügbare Hardware kann zu großen Effizienzsprüngen führen.

Potential	Messen	Umsetzung
Effizientere neue Modelle und Techniken nutzen	<ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarfe • Emissionen • Intensität der Hardwarenutzung • Erwarteter Nutzen nach Training (Suffizienz) 	<ul style="list-style-type: none"> • Datenseite vor dem Training optimieren • Skalierende Wirkung von Faktorkombination nutzen • Sparse Modeling, Structured Data und Continual Learning nutzen

Energieeffizienz von bestehenden KI-Anwendungen erhöhen

- Suffizienz-Abwägung bei der Entwicklung von KI
- Zu erwartenden Nutzen gegen den Energiebedarf weiterer KI-Trainings abwägen
- Batching
- Datenbewegung vermeiden

Hardware

Grüne IT-Hardware ist energieeffizient im Betrieb. Gleichzeitig wird bereits bei der Auswahl der Komponenten auf die Umweltverträglichkeit geachtet. Grüne IT-Hardware ergibt nur Sinn, wenn sie möglichst lange genutzt wird. Das ist natürlich nur möglich, wenn die Systeme zuverlässig und aufrüstbar sind. Wichtig für Green IT-Hardware ist daher das **Gesamtkonzept**, bei dem nicht nur der Nutzen der Hardware, sondern von Beginn an der ökologische Fußabdruck mitgedacht wird.

Transparenz

Der Produktionsprozess ist von großer Intransparenz geprägt. Es ist oft nicht nachvollziehbar, welche Komponenten wo und unter welchen Bedingungen produziert wurden. Dies gilt auch für Recycling. Nur 20 % des **globalen E-Waste** werden überhaupt dokumentiert. Um die Nachhaltigkeit in allen Dimensionen zu gewährleisten, ist es daher unerlässlich, dass Hard- und Software über den gesamten Herstellungsprozess hinweg vollständig transparent und rückverfolgbar sind. Dies ist heute noch nicht der Fall und muss schrittweise für die Lieferanten zur Voraussetzung gemacht werden.

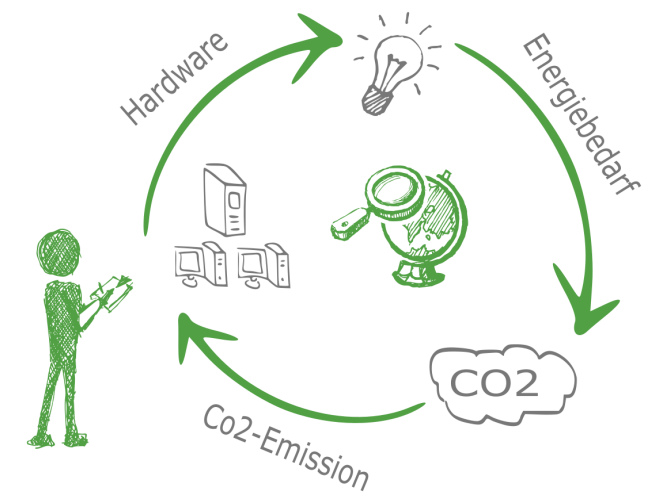
Ressourcenschonend & langlebig

Hardware muss von Beginn an ressourcenschonend konzipiert und produziert werden. Lieferanten, Lieferketten, Produktionsbedingungen und die Rückführung von Produktionsschrott aus der Fertigung zum Beginn des Lebenszyklus.

Reparatur, langlebiges Design und ein zweites oder drittes Leben auf dem Gebrauchtmittel sind Grundvoraussetzung. Das bedeutet Garantien für Reparatur, Updates, geringe Obsoleszenz und einen Plan für das Lebensende.

Zirkularität

Das Recyclingpotenzial für Elektroschrott ist derzeit weitgehend ungenutzt. Nur 20 % des in Europa anfallenden Elektroschrotts werden recycelt. Der Großteil landet entweder im Restmüll, wo er später verbrannt wird. Oder er wird exportiert, meist in Länder des globalen Südens. Kreislaufwirtschaft bedeutet, Ressourcen über einen möglichst langen Zeitraum in einem sinnvollen Kreislauf zu halten und recycelbar zu gestalten. Dies führt zu zahlreichen ökologischen Vorteilen: Es entsteht weniger Abfall, es müssen weniger neue Geräte hergestellt werden, und der Abbau fossiler Ressourcen wird minimiert.



Visualisierung: **Kaneo Green IT Solutions**

Prinzipien nachhaltiger Hardware

- Geringer Stromverbrauch
- Verwendung von recycelbaren und nachhaltigen Materialien
- Ganzheitliches Konzept bei der Verpackung zur Abfallvermeidung
- Möglichst effektive Auslastung
- Suffizienz
- Fokus auf lange Lebenszyklen und hohe Zuverlässigkeit
- Recycling und nachhaltige Entsorgung am Ende des Lebenszyklus
- Nachhaltige Beschaffung mit Blick auf Lieferanten, Lieferketten und Produktionsbedingungen

Nutzer:innenverhalten

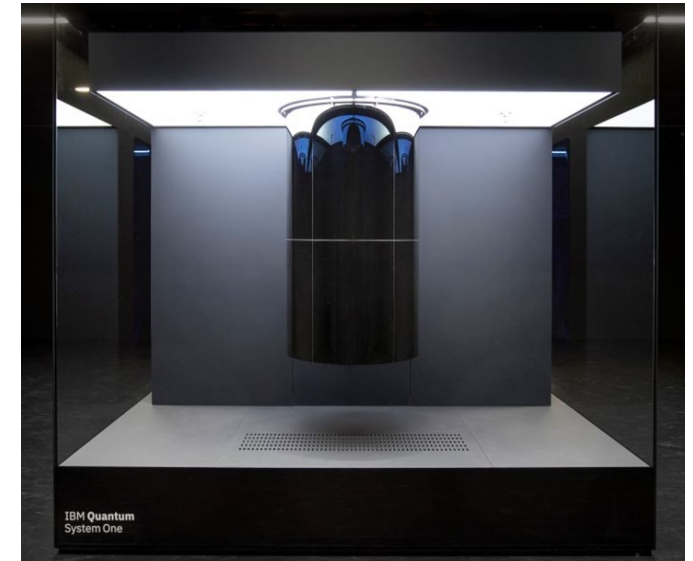
Das Nutzer:innenverhalten kann auf verschiedene Weise die Nachhaltigkeit von Hardware beeinflussen.

- **Energieeffizienz:** Nutzer:innen können ihre Geräte effizient verwenden, indem sie sie zum Beispiel bei Nichtgebrauch ausschalten oder in den Energiesparmodus versetzen. Dies kann dazu beitragen, die Lebensdauer der Geräte zu verlängern und den Energieverbrauch zu reduzieren.
- **Geteilte Nutzung:** Nutzer:innen können ihre Geräte teilen, anstatt für jeden Einzelnen ein eigenes Gerät zu kaufen. Dies kann dazu beitragen, die Umweltbelastung durch die Produktion von Hardware zu reduzieren und Ressourcen zu schonen.
- **Nachhaltige Wahl:** Nutzer:innen können auch dazu beitragen, indem sie beim Kauf von neuen Geräten auf die Nachhaltigkeit achten. Beispielsweise können sie Geräte von Herstellern wählen, die hohe Standards bei der Produktion und Entsorgung von Geräten haben.
- **Reparierbarkeit:** Nutzer:innen können ihre Geräte regelmäßig warten und reparieren lassen, anstatt sie sofort zu entsorgen und durch neue Geräte zu ersetzen. Dies kann dazu beitragen, die Umweltbelastung durch die Produktion neuer Geräte zu reduzieren und die Lebensdauer der Geräte zu verlängern.
- **Weiterverwendung:** Erfüllen die Geräte nicht mehr die Ansprüche der Nutzer:innen, können diese einem zweiten Produktleben – d. h. Verkauf – zugeführt werden.
- **Recycling:** Nutzer:innen können ihre ausrangierten Geräte ordnungsgemäß entsorgen und recyceln. Dies kann dazu beitragen, wertvolle Materialien wiederzuverwenden und die Umweltbelastung durch die Entsorgung von Elektronikabfällen zu reduzieren.

Einfluss neuer Technologien

In den nächsten Jahren werden neue Technologien anwendungsreife erlangen und zum Einsatz kommen. Einige davon werden Energieverbrauch und Nachhaltigkeit zum Positiven beeinflussen. Bei anderen werden negative Effekte überwiegen. Eine Bewertung kann in der Regel nur im Kontext der konkreten Anwendung erfolgen. Zudem ist nicht immer sichergestellt, dass die Versprechen junger Technologien wirklich realisiert werden können. Bei der finalen Entscheidung über ihren Einsatz sollten Nachhaltigkeitsaspekte zwingend berücksichtigt werden.

- **Quantencomputing:** Quantum Computing ermöglicht es, durch die Nutzung quantenphysikalischer Effekte bestimmte Aufgaben deutlich schneller und effizienter zu lösen als klassische Computer. Die Expert:innen nehmen an, dass die Energiekosten pro Berechnung mit signifikant weniger Energie durchgeführt werden können, was zu einer Reduzierung der Gesamt-Energieaufnahme von Computersystemen und damit zu einer Entlastung für die Umwelt führen wird.
- **DNA-Speicherung:** DNA-Speicherung ist eine Technologie, die digitale Daten in der chemischen Struktur von DNA-Molekülen codiert. Es ist hochgradig speichereffizient, da sie eine sehr hohe Datendichte aufweist, sehr energieeffizient und langlebig ist. DNA-Speicherung kann die Speicherung signifikant höherer Datenmengen bei niedrigerem ökologischem Fußabdruck ermöglichen.
- **Neuromorphic Computing:** Neuromorphe Hardware verwendet spezialisierte Rechnerarchitekturen, die die Struktur (Morphologie) von neuronalen Netzen des menschlichen Gehirns nachahmt: Dedizierte Prozessoren emulieren das Verhalten von Neuronen direkt in Hardware, und ein Netzwerk von physischen Verbindungen erleichtert den schnellen Austausch von Informationen. Spezialisierte neuromorphe Geräte sind weniger flexibel als universale Zentralprozessoren (CPUs). Sie bieten aber beim Training und bei Inferenz von tiefen neuronalen Netzen eine außergewöhnliche Leistung und Energieeffizienz.
- **Metaverse:** Unter dem Metaverse versteht man einen kollektiven Raum, der die physischen und digitalen Realitäten verbindet. Er hat beliebig viele Nutzer:innen, läuft in Echtzeit und pausiert nicht. Technisch möglich wird er durch viele der heutigen Trends wie Extended Reality, IoT und digitale Zwillinge. Die erwartete Verlagerung immer größerer Teile von Wirtschaft und Gesellschaft ins Metaverse wird zu hohen Anforderungen an Datenübertragung und -speicherung und damit zu einem rapide steigenden Energieverbrauch führen.



➤ **IBM** Quantum System One in Ehningen, Deutschland

Informationen generieren und Transparenz schaffen

Grüne Hardware nachhaltig zu beschaffen und einzusetzen, ist eine enorme Herausforderung und benötigt ein detailliertes Verständnis:

- **Materialkomplexität:** Elektronische Geräte können aus mehr als 1.000 verschiedenen Materialien bestehen und bei komplexen Elektronikprodukten sogar aus bis zu 60 verschiedenen Elementen des Periodensystems. Es muss darauf geachtet werden, dass das Produktdesign die Identifizierung und Trennung der Materialien ermöglicht und strenge Sammelstandards eingehalten werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass verschiedene Materialströme getrennt bleiben.
- **Lieferketten und Logistik:** Globale Lieferketten sind in der Regel nur in eine Richtung von der Produktion zum Konsumenten aufgebaut, undurchsichtig und komplex. Diese Lieferketten müssen umgebaut werden, um die Sammlung und den Transport von Produkten und Materialien für Reparatur, Wiederverwendung und Recycling im Kreislauf zu unterstützen.

Umweltsiegel als Orientierungshilfe

Eine Möglichkeit, dieser Komplexität entgegenzutreten, ist die Schaffung von **Standards, Richtlinien** und die Nutzung von **Zertifikaten**. Doch Umweltsiegel ist nicht gleich Umweltsiegel. Gegenwärtig konzentrieren sich Umweltsiegel für Hardware oft primär auf Energieeffizienz. Genauso wichtig sind jedoch Produktionsbedingungen, Recyclingfähigkeit und Ersatzteil-Lieferungen, die beispielsweise der **Blauen Engel** oder **TCO** einbeziehen.

Diese Art der Transparenzschaffung steht jedoch noch ganz am Anfang. Viel **Aufklärungs- und Sensibilisierungsarbeit** muss geleistet werden, um einen nachhaltigen Umgang mit Umweltsiegeln zu gewährleisten. Unternehmen können auch eigene Siegel einführen. Dadurch können sie ihre Mitarbeiter:innen und Anwender:innen motivieren und sensibilisieren. Vor allem aber müssen die Umweltsiegel selbst **mehr Informationen über die Lieferketten und Produktbestandteile bzw. ihre Recyclingfähigkeit** zur Verfügung stellen.

Bisher sind solche Standards noch vergleichsweise oberflächlich und lassen wenig Vergleichbarkeit zu. Siegel sind nicht weit verbreitet oder werden nicht genutzt. **Anforderungen müssen aber auch unabhängig von Siegeln an Lieferanten gestellt werden**, um Datenzugang und Compliance sicherzustellen.



Potential	Messen	Umsetzung
Ressourcen einsparen durch Bewusstsein für deren Verbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltsiegel und Zertifikate • Lieferketten und Logistikdaten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenverbrauch für alle Stakeholder transparent machen • Nutzung von Umweltzertifikaten und Siegeln, um auf kreislauffähige Materialien, Energieeffizienz, ökologischen und CO₂-Fußabdruck zu prüfen • Regelmäßige Überprüfung und Kontrolle von genutzten Siegeln • Anforderungen auch unabhängig von Siegeln an Lieferanten stellen

Nachhaltiges Gerätemanagement

Die Verlängerung der Nutzungsdauer eines Laptops von drei auf sechs Jahre spart circa 30 % der durch die Hardware entstehenden Treibhausgasbelastung. Gleiches gilt für Energiekosten. Laut der Studie **Greening of and by IT** gegenwärtig wird Hardware jedoch nicht ressourcenschonend genutzt:

- 60 % der deutschen Unternehmen definieren das **Lebensende von Hardware** über ökonomisch fragwürdige und nicht ökologisch sinnvolle Faktoren.
- 32 % der Organisationen nutzen das Abschreibungsende auch als das Nutzungsende.
- In 28 % der Firmen wird Hardwareaustausch über das Ende von Vertragslaufzeiten festgelegt. Was allerdings oft nicht mit in Betracht gezogen wird, sind Faktoren wie die Performance der Geräte oder tatsächliche Defekte.

Neue Geschäftsmodelle, bei denen der **Hersteller Eigentümer bleibt** und das Gerät verleast, haben sich bewährt, um die Rückgewinnung und Wiederverwendung zu fördern.

Insbesondere mit zunehmender **Modularität** in Bauweisen müssen veralteter Hardware oder auch nur Komponenten andere, weniger anspruchsvolle Jobs zugewiesen werden.

- **Dell** arbeitet mit Concept Luna an einem modularen Design, das Komponenten sofort zugänglich, austauschbar und wiederverwendbar macht. Der Fußabdruck eines Laptops kann so um bis zu 50 % gesenkt werden.
- Unternehmen müssen ihre **Beschaffung** an modulare Geräte anpassen sowie Ersatzteile und Reparatur- und Upgradeservices zum Standard machen, um das Einweg-Gerätemanagement zu beenden.

Die einzelnen Mitarbeiter:innen tragen Verantwortung für das nachhaltige Gerätemanagement

- Oftmals werden Endgeräte kaum genutzt. Eine **Zusammenlegung der Nutzung** kann vorhandene Geräte besser auslasten.
- Mehr als **ein Drittel der Energieverbräuche fallen auf Bildschirme und Router** und können durch nachhaltige Nutzung signifikant gemindert werden.
- Der erste Anlaufpunkt für Recycling und Reparatur sind immer die Endnutzer:innen. Deswegen müssen Nutzer:innen **umfassende Informationen** über die effiziente Verwendung, Instandhaltung und Entsorgung von Geräten erhalten.
- Gleichzeitig sind Umweltboni oder andere **Anreizsysteme** wichtig, um Anwender:innen den Anstoß zu geben, nachhaltig mit ihren Geräten umzugehen.



Dell Concept Luna

Funktion bestimmt Form

Beim Design von Hardware-Architekturen sollte aus Green IT-Sicht das Mantra „**Funktion bestimmt Form**“ angewandt werden. Dieser Ansatz ist besonders vielversprechend für rechenintensive Großprojekte: In der Künstlichen Intelligenz und der Machine-Learning-Welt kann spezialisierte Hardware durch genaue Anpassung an ihre Aufgaben viel energieeffizienter werden. Je nach Spezialisierung ist eine Verzehnfachung von Performancemarkern möglich.

Hardwarebedarfe werden vom Nutzungsort entkoppelt

Diese Überlegung sollte auch für Einzelarbeitsplätze gelten. Die meisten Büroarbeiten kommen ohne leistungsstarke Desktops oder Laptops aus. Deshalb sollten in Großunternehmen die meisten stationären Arbeitsplätze mit Mini-PCs ohne energiehungrige Grafikkarten oder Hochleistungsprozessoren ausgestattet werden. ➔ **In einer einfachen Szenarienberechnung** konnte das Umweltbundesamt aufzeigen, dass eine öffentliche Bundesverwaltung, die statt 90 % Desktoprechnern 90 % Mini-PCs installieren würde, ihre CO₂e-Jahresemissionen von 74.000 auf 55.000 Tonnen reduzieren könnte. Suffizienz-Abwägungen werden zunehmen müssen, um für 2030 eine ressourcenschonendere Hardware-Landschaft garantieren zu können. Durch die Nutzung von weniger leistungsstarken und weniger materialintensiven Rechnern, die auf die Ressourcen von Rechenzentren zugreifen können, wird ein Großteil der Hardwarebedarfe vom Nutzungsort entkoppelt. Ungenützte Hardware wird so minimiert, da Rechenzentren im Gegensatz zu einem stationären PC ihre Hardware signifikant besser auslasten können.

Potential	Messen	Umsetzung
Ökologisch sinnvolle Inzentivierung für Geräteerneuerung	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverbrauch • Ressourcenverbrauch • Emissionen • Intensität in der Nutzung • Lebensdauer • Plan für „zweites Leben“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Ökologisch sinnvolle Kenngrößen als Entsorgungskriterium festlegen • Rein ökonomische Faktoren vermeiden • Unternehmensweite Richtlinien schaffen • Multi-Ebenen-Ansatz, um Sensibilisierung und Motivation bei Beschaffung, Finanzierung und Enduser:innen zu schaffen
Nutzungsdauer von Hardware verlängern		<ul style="list-style-type: none"> • Existierende Hardware länger nutzen • Geräte mit geplanter Obsoleszenz vermeiden • Modularität fördern und fordern • Inzentivierung durch Umweltboni etc. • Planen für zweites Leben nach der Erstnutzung
Ressourcenschonung als wichtiges Kriterium für Neuanschaffungen etablieren		<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbelastungs-Kriterien elementar als Ausgangspunkte für Hardware-Neukauf betrachten • Gesamte Lieferkette der Produkte mit einbeziehen (Scope 1 bis 3)

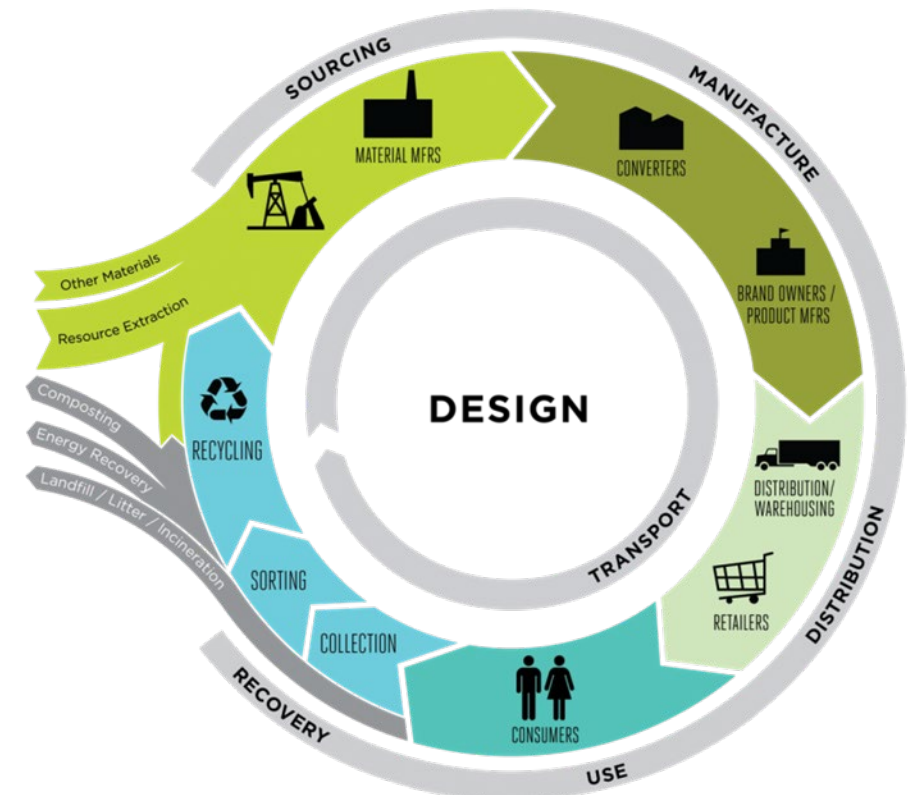
Hersteller sind gefordert, Kreislaufwirtschaft in der IT zu ermöglichen

Eine Kreislaufwirtschaft ist ein System, in dem alle Materialien und Komponenten zu jeder Zeit auf ihrem höchsten Wert gehalten werden und Abfälle aus dem System entfernt werden. Man kann es sich leicht als das Gegenteil der heutigen linearen Wirtschaft verständlich machen.

- **Design:** Produkte müssen so gestaltet werden, dass sie wiederverwendbar und langlebig sind sowie sicheres Recycling ermöglichen. Langlebige Konfigurationen sollten das Ende der Lebensdauer eines Produkts im Blick haben, um Demontage und Wiederverwendung zu fördern.
- **Rückkauf- oder Rücknahmesysteme:** Hersteller von Elektronikgeräten müssen Rückkauf- oder Rücknahmesysteme für Altgeräte anbieten. **Apple** bietet dies für seine Produkte schon heute.
- **Fortschrittliches Recycling und Wiedererfassung:** Moderne Verfahren und Ressourcenknappheit machen Recycling ökonomisch sinnvoll. Eine **Recyclingstätte** in China produziert beispielsweise bereits mehr Kobalt, als das Land in einem Jahr abbaut.
- **Langlebigkeit und Reparatur:** Die Langlebigkeit kann weiter erhöht werden, indem die Geräte gewartet, repariert und aufgearbeitet werden. Unternehmen müssen bereit sein, die von ihnen verkauften Geräte zu reparieren, was in einigen Ländern gesetzlich vorgeschrieben ist.
- **Umgekehrte Logistikketten:** Wenn ein Produkt nicht mehr verwendet werden kann, müssen die Materialien gesammelt und zurückgeschickt werden, um sie wieder in die Produktion zu integrieren. Diese Lieferkette ist nur auf den Wert des Rohmaterials angewiesen und erfordert ein hocheffizientes wirtschaftliches Modell.

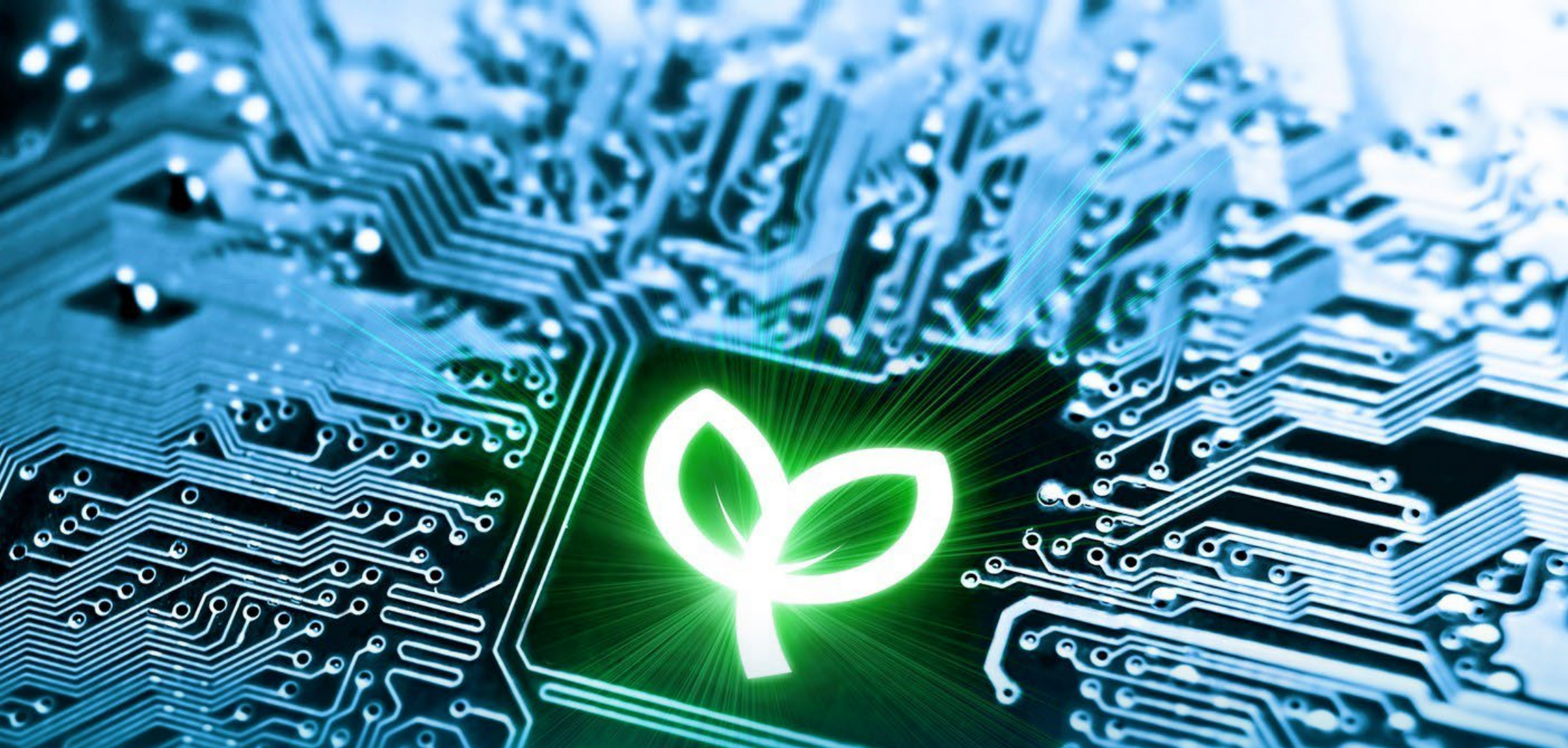
Diese Maßnahmen müssen durch **strenge Anforderungen an eine nachhaltige Beschaffung** und durch Regulierungen umgesetzt werden. Regelungen, **die geplante Obsoleszenz verhindern**, **vereinheitlichte Baustandards verlangen**, **das eigenständige Reparieren von Geräten ohne Garantieverlust erlauben**, sind nur der Anfang. Bis 2030 ist von einer rapiden Weiterentwicklung auszugehen. Sie wird vor allem auf CO₂-Bepreisung, Lieferketten-Ausweisung und Circular-Economy-Ansätze abzielen und damit die Hardware-Welt verändern.

Richtlinien für eine Kreislaufwirtschaft in der IT müssen aufgestellt werden und auf den oben genannten Prinzipien basieren. Dazu kann nicht allein auf EU-Vorgaben gesetzt werden. Nachhaltige Unternehmen haben eine Verantwortung, Richtlinien für eine Kreislaufwirtschaft in der IT proaktiv zu entwickeln und umzusetzen.



➤ **Circular Economy Visualisierung** Visualisierung.

Potential	Messen	Umsetzung
Umstellung auf wiederverwertbare, nachhaltige Materialien und Rezyklate	<ul style="list-style-type: none"> • Datenerfassung von Nachhaltigkeitskriterien durch Lieferanten • Auf Kreislaufwirtschaft fokussierte Umwelt-richtlinien entwickeln, verproben, kontinuierlich optimieren; entsprechende Anforderungen stellen und überprüfen • Zertifizierung von Geräten 	<ul style="list-style-type: none"> • Fußabdruck, Wiederverwertbarkeit und Energieeffizienz neuer Geräte vor der Beschaffung prüfen • Anforderungen an Lieferanten stellen, die Kreislaufwirtschaft ermöglichen: wiederverwertbare, nachhaltige Materialien, klare Anforderungen an das Lebensende der Geräte, Verwendung von Rezyklaten etc. • Nachhaltigkeits-Siegel und -Zertifizierungen einsetzen
Rückkauf- oder Rücknahmesysteme etablieren		<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen an eine nachhaltige Beschaffung • Verpflichtung zur Rücknahme oder zum Rückkauf • Geschäftsmodelle, in denen das Eigentum von Geräten beim Hersteller bleibt



Anhang

Weiterführende Literatur	58
Vorgehensweise & Methodik	59
Trendbewertung.....	60
Ansprechpartner:innen.....	61

Weiterführende Literatur

Artikel

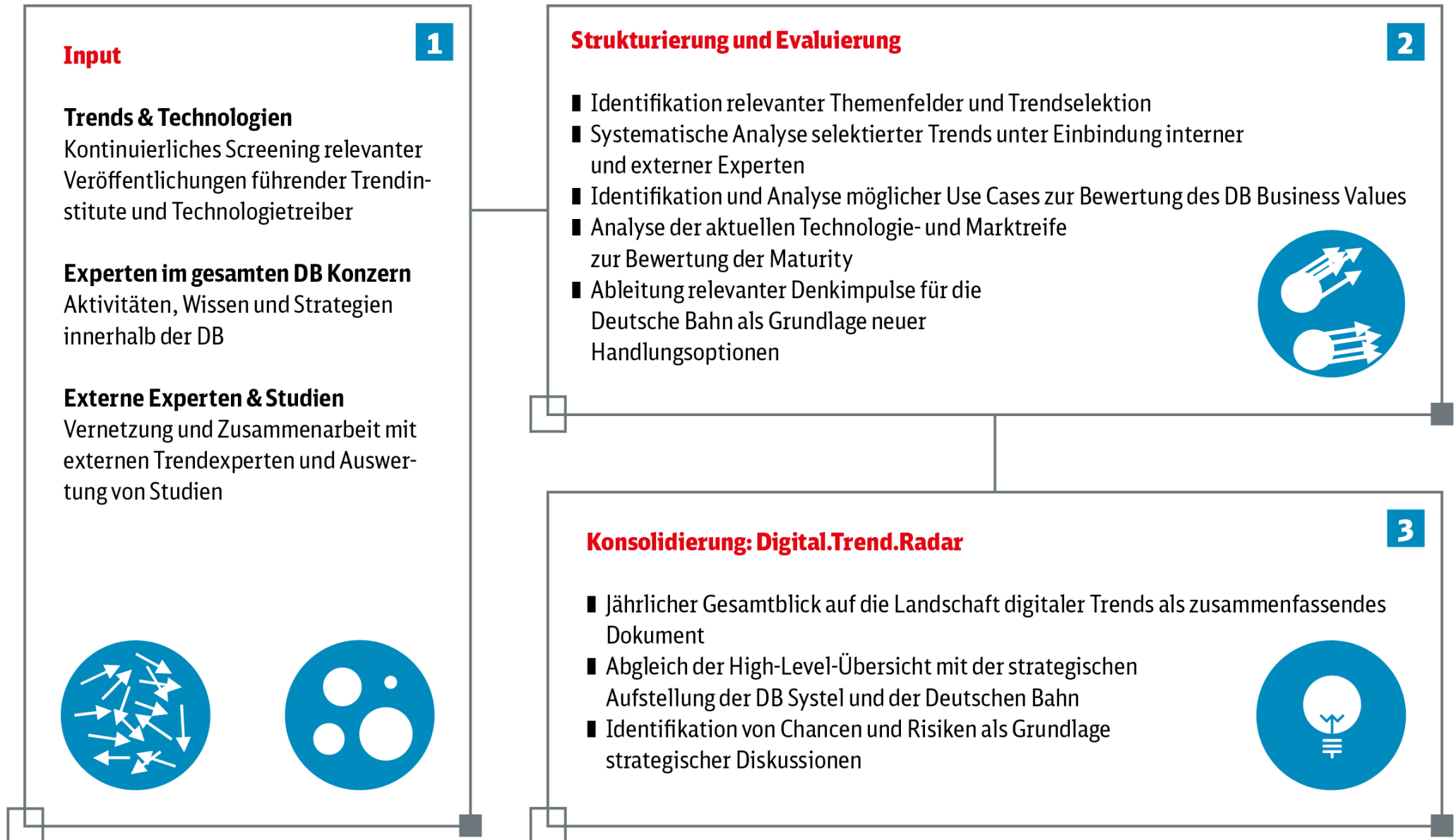
- Renewable energy targets – EU
- Data Centres and Data Transmission Networks – Analysis – IEA
- The Supercomputing Efficiency Curve Bends In The Right Direction
- Green Algorithms
- How tech went big on green energy
- The Morning After: Dell's modular laptop concept can be dismantled in seconds
- 11 Ways To Reduce AI Energy Consumption
- AI is harming our planet: addressing AI's staggering energy cost
- Generative AI: A Creative New World
- Techniken der Sektorenkopplung
- AWS, Microsoft, Google Cloud tools to manage carbon use - Protocol
- Greenhouse Gas Protocol

Reports, Studien

- Digitalisierung und Nachhaltigkeit - Bitkom
- Ressourceneffiziente Programmierung - Bitkom
- The environmental footprint of the digital world
- Opportunities and Risks of Digitalization for Climate Protection in Switzerland
- Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning
- The carbon benefits of cloud computing
- A plea for lean software
- Energy efficiency across programming languages
- Nutzungsdauer von Arbeitsplatzcomputern in der Bundesverwaltung – Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz
- A New Circular Vision for Electronics
- The Databerg Report
- A new approach for Scope 3 emissions transparency
- Recommended Inventory for Data Center Scope 3 GHG Emissions Reporting
- Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications : The AI footprint
- Bits & Bäume - Die Konferenz für Digitalisierung und Nachhaltigkeit (bits-und-baeume.org)
- Green Cloud Computing | Umweltbundesamt
- Digitalisierung nachhaltig gestalten | Umweltbundesamt
- Umweltpolitische Digitalagenda | Download | BMUV
- Community "Nachhaltige Digitalisierung" | BMUV

Vorgehensweise & Methodik

Durch unsere strukturierte Vorgehensweise bleibt die DB im Fokus



Trendbewertung

Die Trendbewertungen basieren auf systematischen Ableitungen anhand eines objektiven Kriterienkatalogs. Mittels einer transparenten und nachvollziehbaren Systematik wird ein Konsens in der Einschätzung der betrachteten Trends erzeugt. Das einheitliche Zukunftsbild ermöglicht eine konstruktive Diskussion zukünftiger Chancen und Risiken. Neue strategische Optionen werden identifiziert und finden Eingang in die Strategieentwicklung.

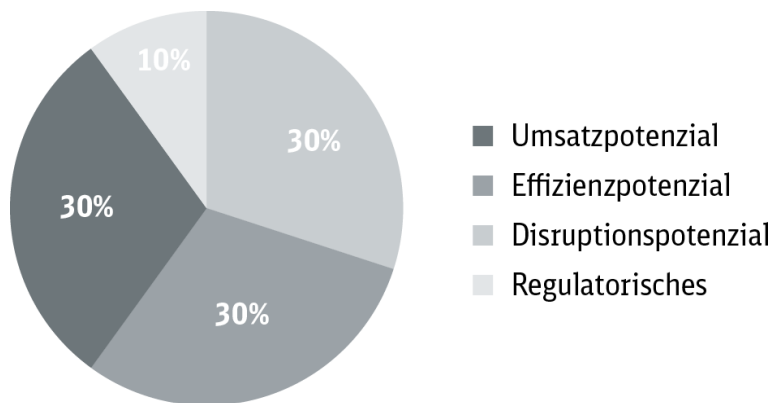
Bewertungskriterien

DB Business Value

Der DB Business Value ist ein Maß für die Relevanz eines Trends für den DB Konzern auf Sicht von zehn Jahren. Dazu werden Chancen und Risiken zukünftiger Anwendungsszenarien bewertet.

Der DB Business Value beantwortet die Frage:

Wie wichtig ist es für die Deutsche Bahn, sich mit dem Trend auseinanderzusetzen?

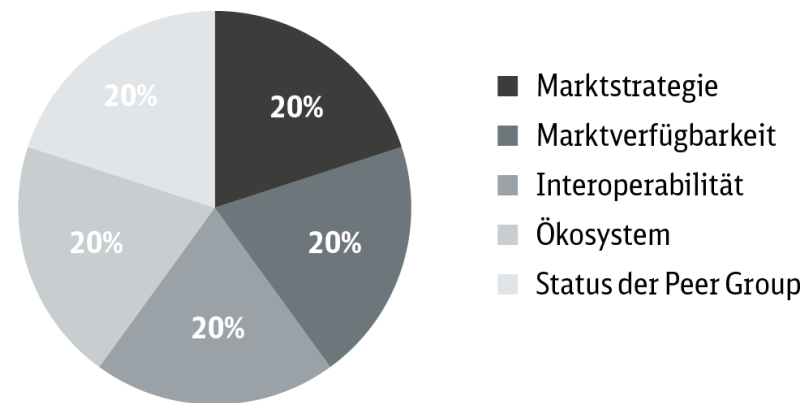


Maturity

Die Maturity beschreibt die heutige Reife eines Trends. Neben dem technischen Entwicklungsstand spielt die dazugehörige Markt- und Leistungsinfrastruktur eine wesentliche Rolle.

Die Maturity beantwortet die Frage:

Wie leicht ist es heute bereits, die aus dem Trend resultierenden Möglichkeiten zu nutzen?



Ansprechpartner:innen

Neben dem hier aufgeführten „Kernteam“ haben außerdem zahlreiche weitere Kolleg*innen sowie externe Partnerorganisationen an dieser Studie mitgewirkt, ihre Expertise eingebracht, Impulse gegeben und unterstützt. An dieser Stelle bedanken wir uns nochmal ganz herzlich für den wertvollen Input und das konstruktive Feedback. Selbst ein kurzes Gespräch kann neue Perspektiven aufzeigen und inspirieren.

Autor:innen der Studie



Ádám Lászlop ↗ E-Mail
Digital Foresight
DB Systel GmbH



Petra Lück ↗ E-Mail
Umweltmanagement
DB Systel GmbH



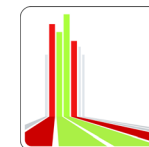
Christian Kolarsch ↗ E-Mail
Digital Foresight
DB Systel GmbH

Externe Partner



Sie haben Fragen oder möchten mit uns zum Whitepaper diskutieren?

Dann besuchen Sie unsere ↗ **MS Teams Gruppe „Digital Foresight Trend Community“** oder schreiben uns eine E-Mail an **digital.foresight@deutschebahn.com** – Wir freuen uns auf Sie!



**DIGITALE TRENDS
& INNOVATIONEN**
Für eine starke Schiene.