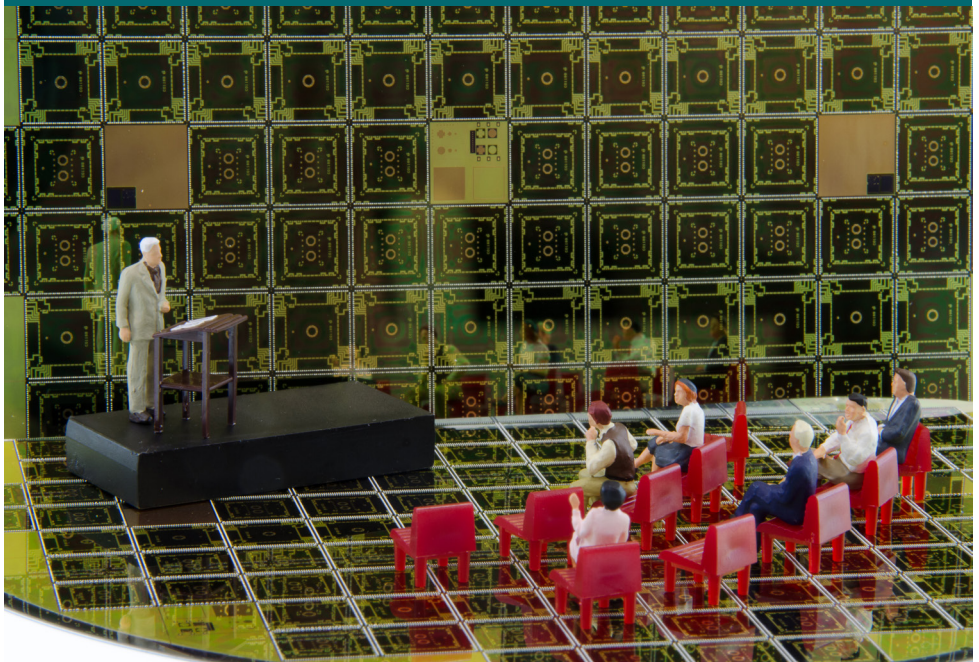


Was haben Klimawandel und Elektronik miteinander zu tun?

BILDUNGSMATERIAL FÜR LEHRKRÄFTE



Was ist Scope3Transparent?

Das Projekt Scope3Transparent ist Teil der Nationale-Klimaschutz-Initiative (NKI) und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Wir erarbeiten Lösungsansätze für Unternehmen, Konsument:innen und Politik, um die klimarelevanten Emissionen in den Wertschöpfungskette von Elektronik und Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zu reduzieren.

Inhalt

Nachhaltige Elektronik

Warum sind CO ₂ -Emissionen wichtig?	5-6
Wie werden CO ₂ -Emissionen berechnet?	7-8
CO ₂ -Zertifikate und „Greenwashing“	9-10
THG-Emissionen in der Lieferkette	11-12
Der Digitale Produktpass	13
Die Kreislaufwirtschaft	14
Reparierbarkeit und „Right-To-Repair“	15

Arbeitsblätter

Klimawandel	16
CO ₂ -Fußabdruck	17
Lieferketten	18
Smartphones	19
Mikrochips	20
Daten und Speicher	21
Speicherquiz	22



Luca Tritto hat sich letztes Jahr nach seinem Abitur, dazu entschieden ein Freiwilliges Ökologisches Jahr beim Fraunhofer IZM in Berlin-Mitte zwischen Schule und Studium einzulegen. Im Zuge des Scope3Transparent Projekts hat er unter anderem folgenden Appell geschrieben, um auf die Dringlichkeit des Handelns aufmerksam zu machen.

02.Mai 2024 – Deutschland ist pleite!

Von Luca Tritto

Zwei Tage früher als im Vorjahr ist der „Earth Overshoot Day“ ein weiteres Mal weiter nach vorne auf den 02. Mai gerückt. Deutschland hat somit sein Konto an „ertragbaren“ Emissionen und Abfällen überschritten – jene Menge, die unser Planet und das Ökosystem ausgleichen kann, wenn alle Menschen der Erde wie wir leben würden. Deutschland, ebenso wie viele andere Länder, lebt und wirtschaftet im Überfluss.

Sollten wir weiterhin die katastrophalen Auswirkungen für die Umwelt ignorieren, stehen wir einer düsteren Zukunft entgegen. Lange Dürren, schwere Überflutungen, extremes Artensterben sind nur einige der Folgen, die durch unser Missverhalten entstehen und in erhöhter Anzahl auftreten werden.

Die Existenz der Klimakatastrophe ist indiskutabel! Und als eines der reichsten Industrieländer der Erde sind wir dazu aufgefordert, unser Know-how auch an andere Nationen dieses Planeten weiterzugeben. Denn nur vereint als Menschheit und die richtigen Maßnahmen können wir etwas bewegen.

Eine große Verantwortung, dass sich überhaupt etwas ändert, haben natürlich die Unternehmen und die Politik. Doch auch wir, die Bevölkerung, sind durch die freiheitlich-demokratischen Grundsätze dieser Nation dazu verpflichtet, diese beiden Instanzen zu fordern, ja gar zu zwingen, mehr für Forschung, mehr für Klimaschutz und mehr für unsere Zukunft und die Zukunft unserer Kinder und Kindeskinde zu tun.

Wir müssen Handeln, und zwar jetzt!

Nachhaltige Elektronik

Warum sind CO₂-Emissionen wichtig?

Es gibt viele Möglichkeiten Umweltauswirkungen von Produkten oder Prozessen zu bewerten.

Eine Möglichkeit ist die Berechnung des CO₂-Fußabdruckes. Diese Variante wird oftmals genutzt und ist dadurch gut vergleichbar.

- » **CO₂-Fußabdruck von Obst visualisiert durch die gleiche Masse Sand**



Für die Einschätzung des CO₂-Fußabdruckes werden nicht nur die tatsächlichen CO₂-Emissionen berechnet, die entlang des Lebensweges entstehen. Auch andere Emissionen werden umgerechnet, wie stark sie auf das Klima wirken im Vergleich zum CO₂. Man spricht von CO₂-Äquivalenten. Diese Äquivalente eignen sich als Maßeinheiten und es ist dadurch möglich, verschiedene Treibhausgase leicht zu kategorisieren.

Berechnet wird dabei das Treibhauspotenzial (GWP, engl. Global Warming Potential) für einen festgelegten Zeitraum, üblicherweise 100 Jahre, da sich die Stoffe mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in der Atmosphäre abbauen.

» **Tabelle der wichtigsten Treibhausgase und deren GWP100**

Treibhausgas	GWP100
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	27,9
Distickstoffoxid (N ₂ O)	273
Hexafluorethan (C ₂ F ₆)	12.400
Tetrafluormethan (CF ₄)	7.380
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	25.200
Stickstofftrifluorid (NF ₃)	17.400
Fluoroform (CHF ₃)	14.600
Octafluorpropan (C ₂ F ₈)	9.290

(Werte übernommen aus dem IPCC Climate Change Report 2021
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report_smaller.pdf)

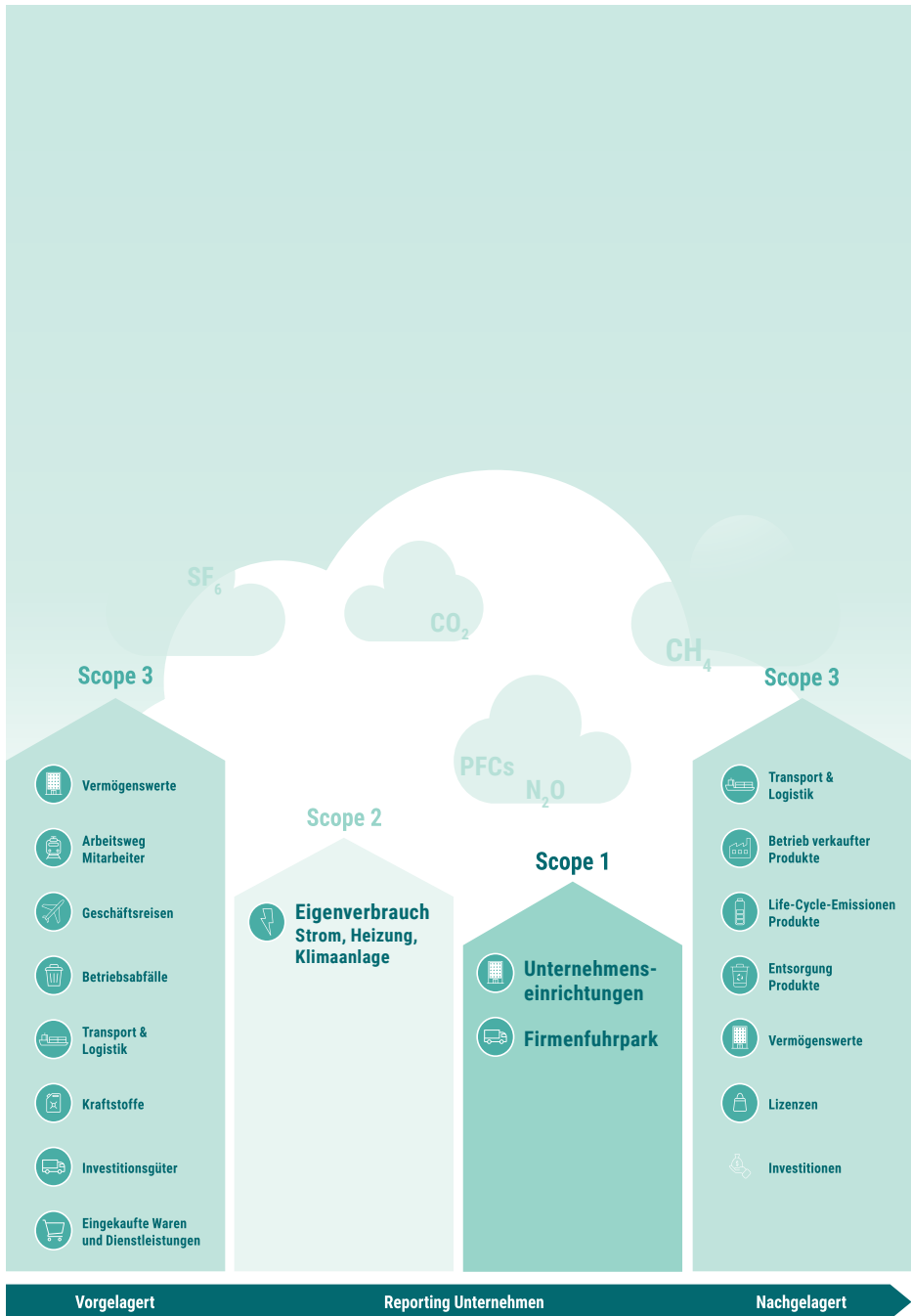
Das Reinigungs- und Isoliergas SF₆ welches häufig in der Produktion von Elektronikgeräten verwendet wird ist in Worte gefasst 25.200-mal so klimawirksam wie CO₂.

Wie werden CO₂-Emissionen berechnet?

Mit dem Namen Greenhouse Gas Protocol schlossen sich 1998 Unternehmen, NGOs und Regierungen unter der Koordination des World Resources Institute (WRI) und dem World Business Council für Sustainable Development (WBCSD) zusammen. Das Konsortium entwickelt einen international anerkannten Standard für Unternehmen und deren Bilanzierung und Berichterstattung von Treibhausgasen (THG).

THG Emissionen werden nach dem GHG Protocol in drei Kategorien eingeteilt, den sogenannten „Scopes“.

- » **Scope-1-Emissionen** - sind die direkten Emissionen die innerhalb eines berichtenden Unternehmens entstehen: durch einzelne Herstellungsschritte und Gebrauchsfahrzeuge unter der vollen Kontrolle des Unternehmens.
- » **Scope-2-Emissionen** sind die indirekten Emissionen durch von außerhalb eingekaufter Energie, wie Strom, Wärme oder Kälte. Ein hoher Anteil an erneuerbaren Energien wie Windkraft oder Photovoltaik (Solar) bedeutet demnach auch niedrigere Scope-2-Emissionen.
- » **Scope-3-Emissionen** sind die indirekten Emissionen in der Lieferkette und hängen von verschiedenen Faktoren ab. Sie können zusätzlich unterteilt werden in Emissionen in der vor- und nachgelagerte Lieferkette.



CO₂-Zertifikate und „Greenwashing“

Mit den immer deutlicher werdenden Auswirkungen des Klimawandels steigt die Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten, welche zur Klimaneutralität beitragen sollen. Dieser Zertifikathandel entstand aus dem im Jahr 2005 gegründeten Emissionshandelssystem (ETS) der EU, welches das Ziel verfolgt, umweltfreundliche Technologien und Lösungen für Unternehmen lukrativer zu machen.

Ein CO₂-Zertifikat ähnelt einem Wertpapier, das für eine bestimmte Menge an eingespartem CO₂ steht. Emissionen, die durch Produktion, Mobilität und Konsum entstehen, können durch den Kauf von Zertifikaten kompensiert werden.

Zertifikate können Unternehmen dazu anregen, mehr in Nachhaltigkeit zu investieren. Potentielle Risiken entstehen durch fehlende Regulierungen des CO₂-Zertifikathandels, denn es fehlen konkrete Vorgaben für die Erschaffung dieser Zertifikate. Ebenso verwischt der Unterschied zwischen „Nachhaltigkeit“ und „Emissionsfrei“ oftmals. Ein Energieunternehmen, das fossile Brennstoffe verwendet, kann sich durch den Einkauf von CO₂-Zertifikaten „emissionsfrei“ nennen. Nachhaltig ist es dadurch jedoch nicht, da die extrahierten fossilen Brennstoffe aus der Erde nicht einfach ausgeglichen werden können. Praktiken, bei denen von „schmutzigen“ Prozessen durch „grüne“ Nachhaltigkeitsprojekte oder Zertifizierungen abgelenkt werden soll, nennt man „Greenwashing“.

Unternehmen analysieren häufig nur die eigenen Emissionen (Scope-1). Wie wir aus den vorherigen Seiten erfahren haben reicht dies jedoch nicht aus, um die Auswirkungen eines Produktes auf das Klima zu bewerten.

Vor- und nachgelagerte Prozesse können je nach Produkt einen wesentlichen Anteil der Umweltauswirkungen verursachen. Beispielsweise ist bei Lampen der Energieverbrauch in der Nutzungsphase bedeutender als die Produktion der Lampen. Elektronikgeräte mit höherer Funktionsdichte benötigen dagegen für die Produktion erheblich mehr Aufwand.



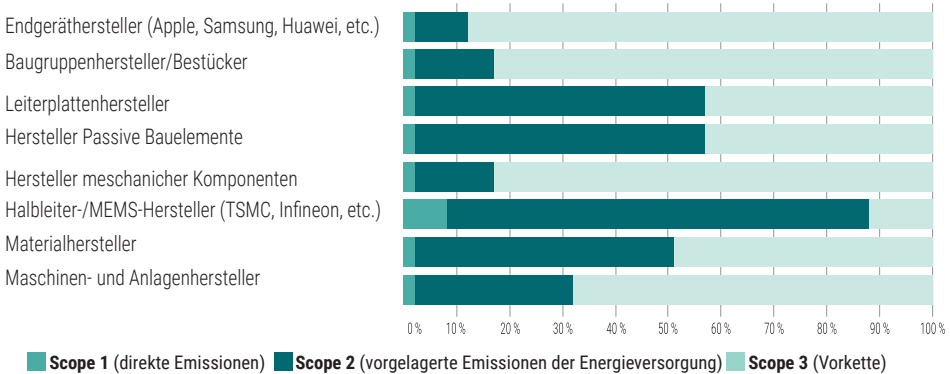
Bild: Fraunhofer IZM

THG-Emissionen in der Lieferkette

Die Dimensionen der verschiedenen Scopes variieren erheblich je nach Branche oder Produktkategorie sowie der Position eines Unternehmens innerhalb der Lieferkette.

Komplexe High-Tech-Geräte wie Mobiltelefone oder Computer bestehen in der Regel aus hunderten bis tausenden Einzelteilen, die erst beim Endgerätehersteller zusammengefügt werden. Das bedeutet, dass ein beträchtlicher Teil der THG-Emissionen in den vorgelagerten Prozessen anzusiedeln ist.

Folgende Grafik zeigt anteilige THG-Emissionen nach **Scopes** und **Position** in der Wertschöpfungskette (Erfahrungswerte)





Adobe Firefly: KI-Generiertes Bild

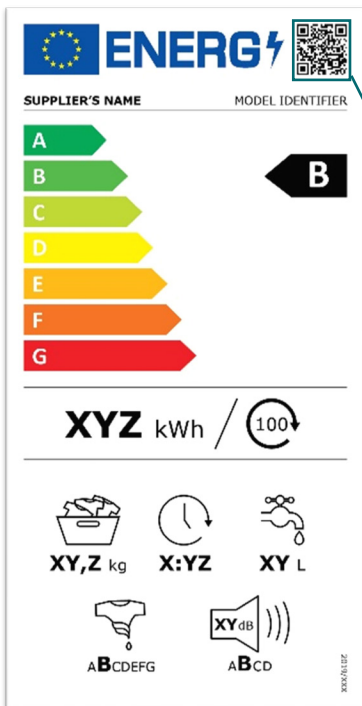
Um die Treibhausgasemissionen bei elektronischen Geräten zu reduzieren, ist es von entscheidender Bedeutung, den gesamten Herstellungsprozess umfassend zu verstehen und zu bewerten. Zugleich ist es erforderlich, die Auswirkungen der Nutzung und Entsorgung elektronischer Geräte auf die Umwelt zu berücksichtigen.

Dieser Aspekt betrifft nicht allein Hersteller:innen und Lieferant:innen, sondern ebenso die Verbraucher:innen. Mit jedem Neukauf sind erheblich Emissionen verbunden, die schon in der Produktion entstanden sind. Längere Nutzung vorhandener Geräte trägt also aktiv zur Reduktion klimaschädlicher Gase bei.

Der Digitale Produktpass

Um die Transparenz in der Lieferkette und dem Produktlebenszyklus von Geräten nachhaltiger zu gestalten, hat die EU 2019 im „Europäischen Green Deal“ einen standardisierten Digitalen Produktpass vorgeschlagen. Durch den Digitalen Produktpass sollen Kund:innen und Unternehmen in der Lage sein, genaue Informationen über die Nachhaltigkeit, Recyclingfähigkeit, Reparierbarkeit und Materialzusammensetzung des Produkts digital abzulesen und zu vergleichen.

Der Digitale Produktpass soll den Austausch zwischen Anwender:innen und Hersteller:innen erleichtern und Unternehmen dazu veranlassen, stärkeren Fokus auf die Langlebigkeit und Zirkularität ihrer Produkte zu setzen.



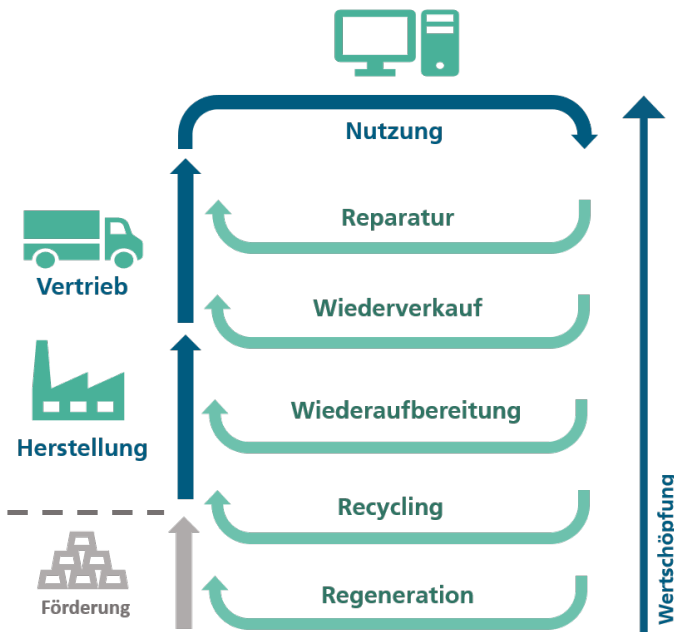
Ein QR-Code auf den bereits vorhandenen Energylabel kann mit dem Handy gescannt werden, wodurch Kund:innen vor dem Kauf Informationen zur Nachhaltigkeit des Produktes erhalten.

Die Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft ist ein alternatives, regeneratives Wirtschaftsmodell, das durch verschiedene Strategien versucht, geförderte Rohstoffe und Produkte so lange wie möglich im System zu halten. Sie steht damit im direkten Kontrast zur derzeit häufig vorhandenen Linearwirtschaft, in der Produkte nach ihrer Nutzungsphase meist direkt auf Mülldeponien oder in Verbrennungsanlagen landen.

- » Laut Circular Gap Report wirtschafteten wir 2023 nur ca. 7,2% zirkulär („**The Circularity Gap Report 2023**“)

Als Vorbild nimmt sich die Kreislaufwirtschaft die Natur, in der sich die lebenswichtigen Stoffe in einem ständigen Kreislauf befinden.



Materialien und Rohstoffe können auf verschiedenen Wegen in die Wertschöpfungskette zurückgeführt werden.



Adobe Stock

Reparierbarkeit und „Right-To-Repair“

Die Förderung der Reparierbarkeit und der dadurch einhergehenden verlängerten Lebensdauer von elektrischen und elektronischen Geräten ist eine weitere Strategie die globalen THG Emissionen und den Abbau kritischer Rohstoffe zu senken. Die EU hat neue Vorschriften zum Recht auf Reparierbarkeit (engl. *Right-To-Repair*) abgestimmt, welche auf nationaler Ebene implementiert werden. Zukünftig soll es für Kund:innen einfacher und erschwinglicher werden, defekte Geräte zu reparieren bzw. länger zu nutzen. Neben der positiven Auswirkung auf unsere Umwelt sollen so auch Reparaturdienstleister und andere kreislaufbasierte Geschäftsmodelle (engl. *Circular Business Models*) gefördert werden.

Angestoßen wurde dieser Gesetzesvorschlag unter anderem von bereits aktiven Reparaturdiensten, die in der Praxis oft überteuerte oder keine Ersatzteile beschaffen konnten. Auch die Garantiregularien oder Softwareblockierungen der Hersteller:innen stellen oft Hindernisse auf.

Arbeitsblätter

Klimawandel

Das Arbeitsblatt „Klimawandel“ behandelt die Grundlagen des Klimawandels und des Treibhauseffekts sowie politische und zivilgesellschaftliche Maßnahmen zum Klimaschutz. Die eigentlichen Probleme und Risiken der Klimakatastrophe werden von den Schüler:innen in einer Aufgabe selbst zusammengestellt. Es wird vorausgesetzt, dass die Schüler:innen Vorerfahrungen aus dem Schulunterricht oder ihrem Privatleben mitbringen. Abhängig vom schulischen Kontext können die Aufgaben erweitert werden: beispielsweise durch eine Diskussion über das Gefahrenpotenzial für Gesellschaft und Natur oder durch Exkurse zu spezifischen Themen wie Artensterben, Desertifikation oder Meeresspiegelanstieg.



CO₂-Fußabdruck

Mit dem Arbeitsblatt „CO₂-Fußabdruck“ können Schüler:innen durch das Abwiegen von Sand passend zu den CO₂-Fußabdrücken verschiedener Alltagsobjekte die abstrakten Emissionen visualisieren und somit Größenordnungen verstehen. Es bieten sich Alltagsgegenstände an, welche händelbaren CO₂-Werte aufweisen. Lebensmittel bieten einen guten Einstieg, kleine Elektrogeräte sind dann schon komplizierter und mit höheren Emissionen verbunden.



Bild: Fraunhofer IZM



Lieferketten

Das Arbeitsblatt „Lieferketten“ bietet einen kurzen Einblick in den Weltmarkt und die Globalisierung. Es behandelt die Grundstrukturen von Lieferketten und ihre Auswirkungen auf klimapolitische Aspekte. Darüber hinaus diskutieren die Schüler:innen in einer Aufgabe Vor- und Nachteile des wirtschaftlichen „Outsourcing“. Geeignet ist das Arbeitsblatt beispielsweise für den Politik-, Wirtschafts- und Geografieunterricht.



Adobe Firefly: KI-Generiertes Bild



Smartphone

Im Arbeitsblatt „Smartphone“ sollen sich die Schüler:innen mit ihrem eigenen Smartphone auseinandersetzen. Es gilt herauszufinden, welche Funktionen ihnen wichtig sind und welche Rohstoffe im Smartphone verbaut sind. In einem Rollenspiel versetzten sich die Schüler:innen in die unterschiedlichen Interessen einzelner Akteure in der Smartphone-Lieferkette.



Bild: Fraunhofer IZM



Mikrochips

Im zweiteiligen Infoblatt zu Mikrochips werden die essenziellen Bauelemente moderner elektronischer Geräte behandelt. Der erste Teil widmet sich dem grundlegenden Aufbau von Mikrochips und Mikroprozessoren sowie der historischen Entwicklung in Bezug auf Miniaturisierung. Hierbei wird besonderer Wert daraufgelegt, die komplexen Bauteile in digitalen Geräten wie Smartphones verständlich zu erklären und die rasante Entwicklung zu verdeutlichen.

Im zweiten Teil lernen Schülerinnen mehr über den eigentlichen Herstellungsprozess der Mikrochips. Dabei soll vor allem die Bedeutung der Mikrochips und der Elektronik für unsere Treibhausgasemissionen deutlich werden und warum es so wichtig ist diesen Bereich im Auge zu behalten.

Der Fokus der Infoblätter liegt vor allem auf den technischen Eigenschaften von elektronischen Geräten und weniger auf deren Nachfrage. Es bietet sich daher an, das Thema mit Lektionen über KI oder Digitalisierung zu verknüpfen.



Daten und Speicher

Das Arbeitsblatt „Daten und Speicher“ ist zweigeteilt und behandelt einerseits die allgemeine Definition von Daten sowie die Arten von Informationen, die digital gespeichert werden können.

In einer praktischen Aufgabe sollen Schüler:innen ihr eigenes Smartphone oder ihre Dateien analysieren und bewerten. Im zweiten Teil geht es um die eigentlichen Speichermedien, das heißt Festplatten und Speicherkarten. Schüler:innen lernen dabei zusätzlich etwas über die informationstechnische Einheit des Bytes.



Adobe Stock



Speicherquiz

Im Speicherquiz erhalten die Schüler:innen ein besseres Verständnis über die historische Entwicklung von Speicherkapazität und lernen gleichzeitig auch mehr über die Einheit. Dabei müssen sie verschiedene Begriffe und Geräte bestimmten Datenmengen zuordnen.

Das Arbeitsblatt kann neben dem Informatikunterricht auch für andere mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer genutzt werden, da auch gut der Umgang mit Einheiten und großen Zahlen erlernt wird.



Adobe Stock





Gesamtprojektkoordination

Dipl.-Ing. Karsten Schischke

Fraunhofer IZM

T. +49 30 46403-156

karsten.schischke@izm.fraunhofer.de

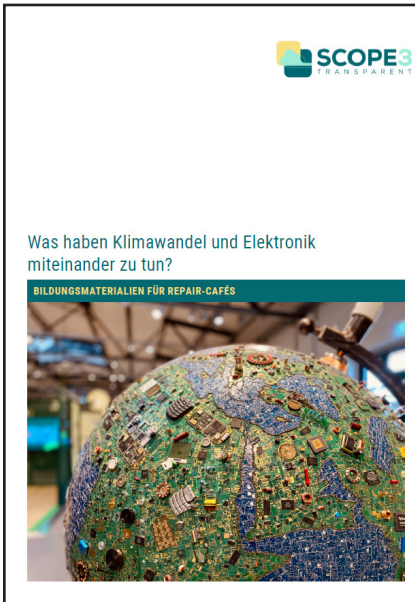


Dipl.-Ing. Jana Rückschloss

Fraunhofer IZM

T. +49 30 46403-734

jana.rueckschloss@izm.fraunhofer.de



Weiterführendes Material:

Broschüre zum Scope3Transparent
Repair-Café



Scope3Transparent

Aktuelle Informationen und Neuigkeiten
finden Sie auf unsere Projekt-Website.