

Fachinformatiker und Fachinformatikerin

LIFE e.V. im Auftrag von IZT Institut für Zukunftsstudien und
Technologiebewertung gGmbH
Kirsten Heininger
Rheinstraße 45, 12161 Berlin
heininger@life-online.de

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH
Dr. Michael Scharp
Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin
m.scharp@izt.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1.1 Ziele der Projektagentur PA-BBNE	2
1.2 Die Materialien der Projektagentur	3
1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung	5
1.3.1 Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”	5
1.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung	6
1.4. Glossar	7
1.5 Quellen	7
SDG 3: “Gesundheit und Wohlergehen”	7
KI und Medizin	10
Internetsucht	11
Gesundheitliche Risiken	13
Rohstoffe für IKT	13
Umweltrisiken bei der Kupferherstellung	15
Quellenverzeichnis	16
SDG 4: “Hochwertige Bildung”	18
10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE	18
Schritt 1 - Richtig anfangen: Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE	18
Schritt 2 - Selbstwirksamkeit schaffen: Eröffnung von Nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven	19
Schritt 3 - Ganzheitlichkeit: Gestaltung transformativer Lernprozesse	20
Schritt 4 - Lernort Betrieb: Entwicklung nachhaltiger Lernorte	21
Quellenverzeichnis	21
SDG 5 “Geschlechtergleichstellung”	22
Digitalisierung und Geschlechtergerechtigkeit	23
Geschlechtergerechte Arbeitsorganisation	26
Geschlechtergerechtigkeit in Unternehmen	28
Quellen	30
SDG 6: “Sauberes Wasser”	31
Quellenverzeichnis	35
SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”	36
Energieverbrauch durch Rechenzentren	36
Energieverbrauch durch private IT-Nutzung	38
Erneuerbare Energien	39
Strom	40
Fotovoltaik	41
Eignung der Dachfläche	42

Eigenerzeugung von Solarstrom	42
Technische Eignung	43
Rechtliche Eignung	43
Betriebsmodelle	43
Dachverpachtung und Contracting-Modelle	43
Eigenverbrauch mit Überschusseinspeisung	44
Volleinspeisung	44
Technologien	44
Solarzellen aus kristallinem Silizium	44
Dünnschicht-Solarmodule	45
Weitere Technologien mit hohem Potenzial	46
Anlagenarten	46
Aufdach Anlagen	46
Bodenmontierte Anlagen	46
Windkraft	47
Mobilität	48
Geschäftsreisen	48
Fuhrpark für den motorisierten Individualverkehr	49
Nutzungsverhalten	50
Quellenverzeichnis	51
SDG 8 „Menschenwürdige Arbeit“	52
Menschenwürdige Arbeit	54
Saisonarbeit	54
DGB Index Gute Arbeit	55
BDA - Die Arbeitgeber	56
Prekäre Beschäftigungsverhältnisse	57
Kinderarbeit	57
Arbeitsschutz, Gesundheit und Gute Arbeit	58
Gender Pay Gap	58
Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz	58
Quellenverzeichnis	60
SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“	62
Cloud Computing	64
Ökologische Risiken des Cloud Computing	66
Umweltzeichen	67
Nachhaltigkeit von Cloud-Computing	68
Einsparpotenziale	70
Herausforderungen für Cloud-Computing	71
Verhalten von Verbraucher*innen	73
Quellenverzeichnis	73
SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”	75
Digitales Kinderspielzeug	76

Ressourcenverbrauch	79
Bedeutung von Kreislaufwirtschaft	79
Energieeffizienz durch IKT	80
Sharing Plattformen	81
KI-Entwicklung von Chemikalienfässer	82
Umweltauswirkungen von IKT	82
Elektroschrott	83
Obsoleszenz	84
CO ₂ -Fußabdruck von IKT	85
Nutzungsdauer	86
Alternative Lösungen und Recherchemöglichkeiten	87
Nachhaltige Beschaffung	88
Quellenverzeichnis	89

Einleitung

1.1 Ziele der Projektagentur PA-BBNE

Das Ziel der „Projektagentur Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ (PA-BBNE) ist die Entwicklung von Materialien, die die um Nachhaltigkeit erweiterte neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ mit Leben füllen soll. Mit „Leben zu füllen“ deshalb, weil „Nachhaltigkeit“ ein Ziel ist und wir uns den Weg suchen müssen. Wir wissen beispielsweise, dass die Energieversorgung künftig klimaneutral sein muss. Mit welchen Technologien wir dies erreichen wollen und wie unsere moderne Gesellschaft und Ökonomie diese integriert, wie diese mit Naturschutz und Sichtweisen der Gesellschaft auszugestalten sind, ist noch offen.

Um sich mit diesen Fragen zu beschäftigen, entwickelt die PA-BBNE Materialien, die von unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden:

1. Zum einen widmen wir uns der beruflichen Ausbildung, denn die nachhaltige Entwicklung der nächsten Jahrzehnte wird durch die jungen Generationen bestimmt werden. Die duale berufliche Ausbildung orientiert sich spezifisch für jedes Berufsbild an den Ausbildungsordnungen (betrieblicher Teil der Ausbildung) und den Rahmenlehrplänen (schulischer Teil der Ausbildung). Hierzu haben wir dieses Impulspapier erstellt, das die Bezüge zur wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskussion praxisnah aufzeigt.
2. Zum anderen orientieren wir uns an der Agenda 2030. Die Agenda 2030 wurde im Jahr 2015 von der Weltgemeinschaft beschlossen und ist ein Fahrplan in die Zukunft (Bundesregierung o.J.). Sie umfasst die sogenannten 17 Sustainable Development Goals (SDGs), die jeweils spezifische Herausforderungen der Nachhaltigkeit benennen (vgl. Destatis 2022). Hierzu haben wir ein

Hintergrundmaterial (HGM) im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) erstellt, das spezifisch für unterschiedliche Berufe ist.

1.2 Die Materialien der Projektagentur

Die neue Standardberufsbildposition gibt aber nur den Rahmen vor. Selbst in novellierten Ausbildungsordnungen in Berufen mit großer Relevanz für wichtige Themen der Nachhaltigkeit wie z.B. dem Klimaschutz werden wichtige Fähigkeiten, Kenntnissen und Fertigkeiten in den berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen nicht genannt – obwohl die Berufe deutliche Beiträge zum Klimaschutz leisten könnten. Deshalb haben wir uns das Ziel gesetzt, Auszubildenden und Lehrkräften Hinweise im Impulspapier zusammenzustellen im Sinne einer Operationalisierung der Nachhaltigkeit für die unterschiedlichen Berufsbilder. Zur Vertiefung der stichwortartigen Operationalisierung wird jedes Impulspapier ergänzt durch eine umfassende Beschreibung derjenigen Themen, die für die berufliche Bildung wichtig sind. Dieses sogenannte Hintergrundmaterial orientiert sich im Sinne von BNE an den 17 SDGs, ist faktenorientiert und wurde nach wissenschaftlichen Kriterien erstellt. Ergänzt werden das Impulspapier und das Hintergrundmaterial durch einen Satz von Folien, die sich den Zielkonflikten widmen, da „*Nachhaltigkeit das Ziel ist, für das wir den Weg gemeinsam suchen müssen*“. Und dieser Weg ist nicht immer gleich für alle Branchen, Betriebe und beruflichen Handlungen, da unterschiedliche Rahmenbedingungen in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökonomie, Ökologie und Soziales – gelten können. Wir haben deshalb die folgenden Materialien entwickelt:

1. BBNE-Impulspapier (IP): Betrachtung der Schnittstellen von Ausbildungsordnung, Rahmenlehrplan und den Herausforderungen der Nachhaltigkeit in Anlehnung an die SDGs der Agenda 2030;
2. BBBNE-Hintergrundmaterial (HGM): Betrachtung der SDGs unter einer wissenschaftlichen Perspektive der Nachhaltigkeit im Hinblick auf das Tätigkeitsprofil eines Ausbildungsberufes bzw. auf eine Gruppe von Ausbildungsberufen, die ein ähnliches Tätigkeitsprofil aufweisen;
3. BBNE-Foliensammlung (FS): Folien mit wichtigen Zielkonflikten – dargestellt mit Hilfe von Grafiken, Bildern und Smart Arts für das jeweilige Berufsbild, die Anlass zur Diskussion der spezifischen Herausforderungen der Nachhaltigkeit bieten.

1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung

1.3.1 Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”

Seit August 2021 müssen auf Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) bei einer Modernisierung von Ausbildungsordnungen die 4 neuen Positionen "Organisation des Ausbildungsbetriebs, Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht", "Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit", "Umweltschutz und Nachhaltigkeit" sowie "Digitalisierte

Arbeitswelt" aufgenommen werden (BiBB 2021). Insbesondere die letzten beiden Positionen unterscheiden sich deutlich von den alten Standardberufsbildpositionen.

Diese Positionen begründet das BIBB wie folgt (BIBB o.J.a): "Unabhängig vom anerkannten Ausbildungsberuf lassen sich Ausbildungsinhalte identifizieren, die einen grundlegenden Charakter besitzen und somit für jede qualifizierte Fachkraft ein unverzichtbares Fundament kompetenten Handelns darstellen" (ebd.).

Die Standardberufsbildpositionen sind allerdings allgemein gehalten, damit sie für alle Berufsbilder gelten (vgl. BMBF 2022). Eine konkrete Operationalisierung erfolgt üblicherweise durch Arbeitshilfen, die für alle Berufsausbildungen, die modernisiert werden, erstellt werden. Die Materialien der PA-BBNE ergänzen diese Arbeitshilfen mit einem Fokus auf Nachhaltigkeit und geben entsprechende Anregungen (vgl. BIBB o.J.b). Das Impulspapier zeigt vor allem in tabellarischen Übersichten, welche Themen der Nachhaltigkeit an die Ausbildungsberufe anschlussfähig sind.

Die neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ ist zentral für eine BBNE, sie umfasst die folgenden Positionen (BMBF 2022).

- a) *Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*
- b) *bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen*
- c) *für den Ausbildungsbetrieb geltende Regelungen des Umweltschutzes einhalten*
- d) *Abfälle vermeiden sowie Stoffe und Materialien einer umweltschonenden Wiederverwertung oder Entsorgung zuführen*
- e) *Vorschläge für nachhaltiges Handeln für den eigenen Arbeitsbereich entwickeln*
- f) *unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren*

Die Schnittstellen zwischen der neuen Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit" werden in dem Impulspapier behandelt.

1.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung

Die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) meint eine *Bildung, die Menschen zu zukunftsfähigem Denken und Handeln befähigt. Sie ermöglicht jedem Einzelnen, die Auswirkungen des eigenen Handelns auf die Welt zu verstehen* (BMBF o.J.). BBNE ist somit nur ein Teil von BNE, der an alle Bürger*innen adressiert ist. Eine Entwicklung ist dann nachhaltig, wenn *Menschen weltweit, gegenwärtig und in Zukunft würdig leben und ihre Bedürfnisse und Talente unter Berücksichtigung planetarer Grenzen entfalten können. ... BNE ermöglicht es allen Menschen, die Auswirkungen des eigenen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle, nachhaltige Entscheidungen zu treffen.* (ebd.).

Grundlage für BNE ist heutzutage die Agenda 2030 mit ihren 17 SDG Sustainable (Development Goals). Die 17 Ziele bilden den Kern der Agenda und fassen zusammen, in welchen Bereichen nachhaltige Entwicklung gestärkt und verankert werden muss (ebd.). Die Materialien der Projektagentur sollen Lehrkräften an Berufsschulen und Auszubildende dabei helfen, die Ideen der SDG in die Bildungspraxis einzubringen. Sie sind somit ein wichtiges Element insbesondere für das Ziel 4 "Hochwertige Bildung": "Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, ..." (ebd.).

Während die Grundlage in den Impulspapieren die Ausbildungsordnungen und die Rahmenlehrpläne der beruflichen Bildung waren, die mit den SDG vernetzt wurden, geht das Hintergrundpapier den umgekehrten Weg: Wir betrachten die SDG im Hinblick auf ihre Bedeutung für die berufliche Bildung und stellen uns der Frage, welche Anforderungen ergeben sich aufgrund der SDG und deren Unterziele an die Berufsbildung? Die folgenden Beschreibungen haben deshalb auch immer die gleiche Struktur:

1. Es wird das SDG beschrieben.
2. Es werden relevante Unterziele benannt.
3. Es wird (wissenschaftlich) ausgeführt, was diese Unterziele für das jeweilige Berufsbild bedeuten.

1.4. Glossar

Folgende Abkürzungen werden in diesem Dokument verwendet:

- AO Ausbildungsordnung
- BBNE Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung
- BNE Bildung für nachhaltige Entwicklung
- CO₂-Äq Kohlendioxid-Äquivalente
- FS Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- THG Treibhausgase bzw. CO₂-Äquivalente (CO₂-Äq)
- IKT Informations- und Kommunikationstechnik

1.5 Quellen

- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (2021): Vier sind die Zukunft. Online: www.bibb.de/de/pressemitteilung_139814.php
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (2021): Vier sind die Zukunft. Online: www.bibb.de/de/pressemitteilung_139814.php
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (o.J.): Nachhaltigkeit in der Ausbildung. Online: www.bibb.de/de/142299.php

- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.a): FAQ zu den modernisierten Standardberufsbildpositionen. Online: <https://www.bibb.de/de/137874.php>
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.b): Ausbildung gestalten. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/series/list/2>
- BMBF (o.J.): Was ist BNE. Online: <https://www.bne-portal.de/bne/de/einstieg/was-ist-bne/was-ist-bne.html>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Digitalisierung und Nachhaltigkeit – was müssen alle Auszubildenden lernen? Online: www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit
- Bundesregierung (o.J.): Globale Nachhaltigkeitsstrategie - Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. Online: www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174

SDG 3: “Gesundheit und Wohlergehen”

“Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern”

Um das Menschenrecht auf Gesundheit auszuüben, bestehen in Deutschland ungleich größere und zuverlässigere Chancen als in Ländern des globalen Südens beispielsweise, wo einige der im SDG 3 benannten Themen – Mütter- und Kindersterblichkeit, übertragbare Krankheiten wie AIDS oder TBC vermeiden, Zugang zu Gesundheitsdienstleistungen, selbstbestimmte Familienplanung – ein immenses Problem darstellen.

Die Unterziele im SDG 3 fokussieren auf der vorzeitigen Sterblichkeit durch nicht-übertragbare Krankheiten (SDG 3.4), der Prävention von Suchtmisbrauch (Substanzen, Alkohol, SDG 3.5) sowie auf Todesfälle und Erkrankungen durch Chemikalien und Umweltverschmutzung (SDG 3.9). In Bezug auf das Berufsbild ist das Unterziel SDG 3.5 relevant.

- 3.5 Die Prävention und Behandlung des Substanzmissbrauchs, namentlich des Suchtstoffmissbrauchs und des schädlichen Gebrauchs von Alkohol, verstärken

Dieses SDG lassen sich nicht unmittelbar mit IT und Digitalisierung und damit mit den Tätigkeiten des Fachinformatikers und der Fachinformatikerin in Verbindung bringen. In den westlichen Industrieländern besteht jedoch die Herausforderung, Wohlstandsrisiken entgegenzuwirken. Hierzu zählen beispielsweise die Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit, worunter auch der Missbrauch von Suchtstoffen oder suchthaftes Verhalten zu verstehen ist. Allerdings ergeben sich mit der Digitalisierung der Arbeitswelt und der digitalen Freizeitgestaltung in den industrialisierten Ländern ganz andere Gesundheitsgefährdungen: Internetsucht und physische Überlastungen, die nachfolgend behandelt werden.

Darüber hinaus arbeiten wir in einer globalisierten Welt mit umfangreichen Wertschöpfungsketten. Alle Tätigkeiten von Fachinformatikern und Fachinformatikerinnen sind nur mit Hilfe von Hardware möglich. Essentiell für jede digitale Hardware sind die Komponenten, aber auch die Rohstoffe wie z.B. Kupfer als Leitungsmaterial. Letzteres wird in Europa z.B. unter hohen Umweltauflagen (Aurubis mitten in Hamburg) erzeugt, aber in den Herkunftsländern des Kupfergesteins – Chile, Peru, Indonesien, Brasilien oder Mexiko werden oft Umweltschutz und eine gesunde Umwelt dem wirtschaftlichen Erfolg hintenan gestellt. Die Bergbau-Industrie ist unweigerlich mit hohen Umweltbelastungen verbunden, weshalb hier ein Unterziel greift:

- 3.9 Bis 2030 die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund gefährlicher Chemikalien und der Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden erheblich verringern

Auch das SDG 3.9 das den Fokus auf die Menschen richtet, die in Regionen arbeiten, in denen der Rohstoffabbau Auswirkungen auf die allgemeine Gesundheit hat und diese

Regionen fernab von den Arbeitsplätzen der Fachinformatiker*innen ist, so sind sie doch über die Wertschöpfungskette verbunden. Insofern ergeben sich über die Internetsucht, die physischen Belastungen des digitalen Arbeitens und die Umweltfolgen in der Wertschöpfungskette eine Schnittmenge mit der Nummer a) der Standardberufsbildposition (BGBI 2022):

- a) *Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*

Den SDG der Agenda 2030 ist gemeinsam, dass sie eine Antwort auf weltweite Probleme liefern und einen Weg in eine nachhaltige Zukunft der Menschheit aufzeigen sollen. Sie benennen somit vor allem Herausforderungen, weil unsere derzeitige Art des Lebens und des Wirtschaftens nicht nachhaltig ist. Dem stehen aber gesellschaftliche Entwicklungen und Technologien gegenüber, die jetzt schon eine Antwort auf die Herausforderungen der SDG sind - nur dass sie eben noch nicht weltweit verfügbar sind. Beispielhaft soll dies anhand der bildgebenden und bildanalysierenden Verfahren in der Medizin und dem SDG 3.4 aufgezeigt werden, was die Digitalisierung leisten kann:

- 3.4 Bis 2030 die vorzeitige Sterblichkeit aufgrund von nicht übertragbaren Krankheiten durch Prävention und Behandlung um ein Drittel senken und die psychische Gesundheit und das Wohlergehen fördern

KI und Medizin

Die Informatik wird in den nächsten Dekaden die Medizin revolutionieren. In der Medizin werden wie in kaum einem anderen Bereich tiefgreifende Daten von Individuen mit einer sehr großen Bandbreite an physikalischen Verfahren (z.B. MRT oder CT) oder biochemischen Methoden (z.B. Blutanalysen) gesammelt. Allein in Deutschland wurden 145 MRT-Untersuchungen pro 1.000 Einwohner in 2019 durchgeführt (statista 2022).

Seit einigen Jahren wird intensiv geforscht, wie künstliche Intelligenz uns helfen kann, die nicht-übertragbare Krankheit Krebs zu besiegen. Auch dies ist ein Aufgabenfeld von Fachinformatiker*innen. Das bekannteste Beispiel ist die Diagnostik von Hautkrebs. Hautkrebs ist vielfältig (Melanom, Basalkarzinom, Spinozelluräres Karzinom u.a., Samy 2021). Die verschiedenen Formen sind eine häufige Erkrankung, mehr als 200.000 Fälle pro Jahr in Deutschland (ca. 0,25% der Bevölkerung/Jahr (TK 2022)). Hautkrebs ist ein bösartiger Tumor, der einerseits sehr aggressiv ist, aber andererseits auch gut behandelt werden kann (chirurgisch, Immuntherapie, Strahlentherapie) - wenn er früh genug erkannt wird (Samy 2021). Bei einer Betrachtung mit einem Dermastroskop muss der Hautarzt bis zu 20 Faktoren berücksichtigen, um zu entscheiden, ob es Hautkrebs ist oder nicht (Atypie, Netzwerk, Aufhellung, Linien u.a.m.). Zur softwaregestützten Analyse werden hochaufgelöste Bilder von der Haut des Patienten aufgenommen (z.B. mit einer Handkamera). Künstliche Intelligenz kann zunächst pixelorientiert Bilder analysieren, wohingegen der Mensch nur Strukturen und Farben erkennen kann. KI analysiert die Farbe, die Struktur, Netzwerke und Erhebungen - alles gleichzeitig (FotoFinder System). Angelernt wurde er durch 130.000 bestätigte Hautkrebsfälle, mit

denen die Software trainiert wurde. Durch die Beobachtung über eine gewisse Zeit kann schnell erkannt werden, ob der Krebs wächst oder nicht. Auch die Bewertung erfolgt durch den Computer, der einen Score ausgibt – die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen Krebs handelt. Ein weiterer Vorteil ist, dass das System dank einer Total Body Dermoscopy eine Übersicht geben kann, wenn viele Muttermale sichtbar sind. Hierbei kann durch regelmäßige Untersuchungen schnell festgestellt werden, ob sich eines von vielen Muttermalen verändert hat (ebd.).

Internetsucht

Nach einer für DAK-Gesundheit und das Deutsche Zentrum für Suchtfragen durchgeführten Umfrage unter Jugendlichen zwischen 12 und 17 Jahren wurde deren Internetabhängigkeit nach der „Social Media Disorder“ Skala (SMD) untersucht (Forsa 2017). Bei der SMD handelt es sich um ein Instrument zur Messung der Abhängigkeit von sozialen Medien, die insbesondere bei Jugendlichen ein wachsendes Problem darstellt. Sie liefert eine klare diagnostische Abgrenzung zwischen gestörten (d.h. süchtigen) und hoch engagierten nicht gestörten Mediennutzer*innen (van den Eijnden et al. 2016).

Laut durchgeführter Umfrage (Forsa 2017) erfüllen 2,6 Prozent der Kinder und Jugendlichen in Deutschland diese Kriterien und gelten als süchtig, weibliche Jugendliche mit 3,4 Prozent etwas häufiger als männliche (1,9 Prozent). Dies entspricht hochgerechnet etwa 100.000 Betroffenen aller 12-17-jährigen in Deutschland. Laut Studie verbringen die Jugendlichen durchschnittlich 2 Stunden täglich mit Sozialen Medien im Internet. Diese Zeit steigt mit dem Alter der Befragten. Weibliche Jugendliche zwischen 16 und 17 Jahren sind fast 3,5 Stunden pro Tag in sozialen Medien, die männlichen Jugendlichen im Vergleich nur 2,75 Stunden aktiv.

Die Folge dieses Internetkonsums ist ein erhöhtes Risiko an Depressionen zu erkranken, und dies ist bei einem Drittel der Befragten der Fall. Weitere Auswirkungen sind die Ablenkung von Schwierigkeiten oder Flucht aus der sozialen Realität sowie Schlafmangel: 8% der Befragten pflegen ihre sozialen Kontakte ausschließlich über das Internet. Der intensive Gebrauch von sozialen Medien führt laut Studie also zu gesundheitlichen und sozialen Problemen (ebd.).

Diese Herausforderungen werden auch in der Nationalen Strategie zur Drogen- und Suchtpolitik des Bundesgesundheitsministeriums (Der Beauftragte der Bundesregierung für Sucht- und Drogenfragen 2012) thematisiert. Da die Nutzung des Internets im Alltag unentbehrlich geworden ist, besteht hier die Gefahr eines exzessiven Gebrauchs, der bis zu einem Abhängigkeitsverhalten führen kann. Diese Abhängigkeit ist noch nicht mit einem einheitlichen Begriff definiert, die Begriffe „pathologischer Internetgebrauch“ und „Medien- oder Onlinesucht“ finden sich als Bezeichnungen. So wird festgestellt, dass geeignete Hilfe- und Aufklärungsmaßnahmen für eine wachsende Zahl von Betroffenen notwendig sind. In der Nationalen Strategie wird ausdrücklich der Arbeitsplatz als ein wichtiger Ort genannt, an dem Aufklärung für ein gesundheitsförderliches Verhalten betrieben werden kann (ebd.). Die Aufgabe des

Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz, die Betriebsärztinnen und Ärzte mit unterstützen, umfasst auch die individuelle Suchtprävention und Suchtberatung.

Die salus klinik unterscheidet vier wesentliche Nutzungskategorien, die zu pathologischer Internetsucht führen können: Spielen am PC / an Konsolen oder anderen Geräten, schriftliche Kommunikation wie z.B. E-Mail, Internetchat, Messenger, Online-Pornographie, internetgestützte Suche nach Informationen (salus klinik 2022). Im beruflichen Kontext kann dies dazu führen, dass Ausbildung und Beruf vernachlässigt werden, Fehler passieren oder Probleme mit dem sozialen Umfeld auftauchen. Als weitere Problematik wird die Trennung von virtueller und realer Welt genannt, wenn sich Betroffene den Anforderungen im analogen sozialen Leben nicht gewachsen fühlen (ebd.).

In der Nationalen Strategie zur Drogen- und Suchtpolitik wird auch die durchgehende Verankerung der Geschlechtersensibilität festgeschrieben (Der Beauftragte der Bundesregierung für Sucht- und Drogenfragen 2012). Hier ist eine Querverbindung zum SDG 5 "[Gleichstellung](#)", woraus sich die Notwendigkeit einer Erfassung von geschlechteraggregierten Daten zum Thema Internetsucht ergibt und eine geschlechtssensible Aufklärung und Prävention erforderlich werden. Die Nationale Strategie zielt darauf ab, Suchtverhalten, Ursachen und Prävention differenziert nach Geschlecht zu betrachten und daraus im betrieblichen Kontext geschlechtsspezifische Angebote frei von Stereotypen zu entwickeln.

Gesundheitliche Risiken

Ein weiteres Problem sind Bewegungsmangel und Fehlernährung im Kontext exzessiver Mediennutzung, die als Risikofaktoren für Übergewicht und Adipositas gelten. Körperliche Auswirkungen sind orthopädische Probleme oder Übergewicht aufgrund von fehlender Bewegung, ungesunder Ernährung oder Fehlhaltung am Computer.

Eine repräsentative Befragung von Auszubildenden durch das Wissenschaftliche Institut der AOK hat herausgefunden (WIdO-monitor 2019), dass Azubis diverse Symptome mehrheitlich mit ihrem Arbeitsplatz in Verbindung bringen. Jeweils ein knappes Viertel gibt beispielsweise an, dass sie häufig oder immer unter Verspannungen, Kopfschmerzen oder Rückenschmerzen leiden. 43,2 Prozent der Befragten berichten, sich immer oder oft müde oder erschöpft zu fühlen. Körperliche Gesundheitsprobleme werden dabei häufiger genannt als psychische Symptome (43,5 gegenüber 36,5 Prozent). Insgesamt schätzen die Auszubildenden ihren Gesundheitszustand zwar eher als gut ein, benennen aber auch Gesundheitsbeschwerden, die für sie subjektiv mit dem Arbeitsplatz zusammenhängen. Dies gilt insbesondere für muskuloskelettale Beschwerden und die Überbeanspruchungen der Augen. Aus den Studienergebnissen resultiert, dass es seitens der Auszubildenden Bedarf an Maßnahmen zur betrieblichen Gesundheitsförderung gibt, die speziell auf sie und ihre Arbeitssituation zugeschnitten sind. Hierbei geht es um nachhaltige Verhaltensänderungen bei Themen wie Schlafhygiene, Ernährung und Bewegung sowie Stressmanagement.

Weitere Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt und die Wirtschaft werden bei Hilbig (2020) beschrieben, der feststellt, dass ärmere Länder des globalen Südens im digitalen Handel bis auf wenige Ausnahmen stark marginalisiert sind. Er stellt einen beschleunigten Absatz von IKT-Produkten und damit einen enormen Verbrauch von Ressourcen durch die Digitalisierung fest.

Rohstoffe für IKT

Ein Mobiltelefon besteht beispielsweise aus über 60 verschiedenen Stoffen, davon sind ca. 50 Prozent Kunststoffe und ca. 29 Prozent verschiedene Metalle (darunter 15 Prozent Kupfer, weitere Metalle sind Kobalt, Lithium, Nickel, Zinn, Zink, Silber, Gold, Chrom, Tantal, Cadmium, Blei u. a.). Der Abbau und Umwelteinfluss dieser Metalle ist sehr ressourcenintensiv. Insbesondere beim Abbau von Gold müssen, um nur wenige Gramm zu gewinnen, mehrere Tonnen Erde und Gestein bewegt werden. Um das Gold aus dem Gestein herauszulösen und zu binden, werden die Gesteine zermahlen und dann zur Gewinnung mit giftigen Chemikalien, wie Quecksilber oder Zyanid, versetzt (Wuppertal Institut 2013).

Wenn IKT-Produkte durch den Einfluss der Werbung und Marketing auf Konsument*innen also ständig neu gekauft oder ersetzt werden, steigt der Rohstoffbedarf dauerhaft an. Grefe (2020) stellt die enormen Rohstoffmengen heraus, die beispielsweise allein im Jahr 2014 für die Produktion von Smartphones und Tablets verbraucht wurden: rund 40.000 Tonnen Aluminium, 30.000 Tonnen Kupfer und 11.000 Tonnen Kobalt. Diese wurden und werden immer noch oft unter extremen ausbeuterischen Arbeitsbedingungen im globalen Süden abgebaut (ebd.). Für die Akkus der elektronischen Geräte sind zudem große Mengen Lithium, Cobalt und seltener Erden notwendig, die zum überwiegenden Teil im globalen Süden in Ländern wie Südafrika und Kongo, Chile und Argentinien abgebaut werden. Die ökologischen und sozialen Lasten des Bergbaus in diesen Ländern müssen die Arbeiter*innen vor Ort tragen: schadstoffhaltige Luft, Kinderarbeit, Zerstörung der Biodiversität etc.. Sie betont, dass über 50 Prozent der negativen Umweltwirkungen bei der Herstellung und während des Rohstoffabbaus für Laptops entstehen (ebd.).

Jedes Bauteil der IKT besteht aus zwei Basismaterialien: Metalle und Kunststoffe. Die Gewinnung und Herstellung dieser Basismaterialien ist fast immer mit Gefahren für die Umwelt verbunden: Durch deren Eintrag in Wasser, durch Emission in die Luft und durch Schädigung bzw. Zerstörung von Landflächen oder der biologischen Vielfalt. Gerade bei der Gewinnung von Metallen in Minen und Hütten zur Herstellung von Halbzeugen können auch gesundheitliche Schädigungen der Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen sowie der regionalen Anwohner verursacht werden. Zwei besonders gravierende Beispiele der letzten Jahre sind ein Dammbbruch in Brumdinho (Brasilien, Eisenschlamm-Absetzbecken, DW 2021) und in Kolontar (Ungarn, Aluminiumschlamm-Absetzbecken). Andererseits ermöglichen erst Maschinen und Antriebe uns ein Leben ohne Hunger (industrielle Landwirtschaft), in Wohlstand (Urlaub

mit dem Auto, Bahn oder Flugzeug), in Sicherheit (Feuerwehr- und Rettungsfahrzeuge) und mit einer guten Gesundheitsversorgung (Insulin-Pumpen und Beatmungsgeräte).

Im Folgenden soll beispielhaft an Kupfer, eines der wichtigsten Basismaterialien für die IKT, aufgezeigt werden, welche Risiken die Wertschöpfungskette hat.

Umweltrisiken bei der Kupferherstellung

Der Kupferbergbau, die Verhüttung und die Herstellung von Halbzeugen verursacht Reststoffe. In Abhängigkeit von den lagerstättenspezifischen mineralogischen und geochemischen Eigenschaften der Mineralien, der Art der Aufbereitung sowie den lokalen Bedingungen geht immer Gefahr für die Umwelt aus. Nur Platin, Gold und Silber sind als Edelmetalle "metallisch" im Gestein, alle anderen sind Oxide oder Sulfide mit vielen assoziierten Schwermetallen (z. B. Zink, Blei, Arsen, Antimon). Fast alle Aufbereitungstechnologien von dem Erz zu einem verhüttungsfähigen Zwischenmaterial nutzen Wasser, entweder als Transportmedium oder als Medium für anschließende chemische Prozesse in Lösungen. Wasser ist häufig für etwa 70 % des Schadstoffaustrags verantwortlich (BGR 2020). Aufgrund der häufig sulfidischen Mineralogie von Kupferlagerstätten ist die Bildung saurer Grubenwässer eine besondere Herausforderung. Die oxidative Verwitterung (eisen)-sulfidischer Minerale führt zur Bildung von Schwefelsäure und daraufhin zur Freisetzung von teilweise toxischen Elementen, die neben Kupfer im Gestein vorhanden sind und von der Schwefelsäure gelöst werden. Viele dieser Elemente sind unter den sauren Bedingungen sehr mobil und können so in die Umwelt gelangen (ebd.).

Neben den wässrigen Abfällen sind die typischen Brenn- und Schmelzprozesse eine zweite Quelle für Umweltgefährdungen. Abgasemissionen sind bei der Verhüttung und Raffination von Kupfer ein besonders kritischer Punkt, vor allem Schwefeldioxid, welches beim Rösten von sulfidischen Erzen entsteht, muss aus der Abluft abgeschieden werden. Probleme wurden vor allem bei veralteten Kupferhütten, z.B. in Sambia und in Russland, beobachtet und führen zu gesundheitlichen Problemen der Beschäftigten und der örtlichen Bevölkerung (Domke 2020). Moderne Abluftfilter fangen bis zu 99% des Schwefeldioxids aus der Abluft auf und dies wird für die Herstellung von Schwefelsäure genutzt, womit zusätzlich zur Luftverbesserung auch ein wirtschaftlicher Vorteil entsteht. Allerdings finden sich die meisten Minen - außer in den USA und Australien - in Ländern mit niedrigeren Umweltstandards oder in Ländern, bei denen es mit der Kontrolle nicht so genau genommen wird. Rusal - der größte Aluminiumhersteller der Welt - verwendet noch 2011 eine Technologie der Aluminiumschmelze, die aufgrund der Umweltbelastung in Deutschland seit den 80iger-Jahren nicht verwendet wurde (HBS 2011). In Europa hingegen steht dessen größte Kupferhütte im Hamburger Hafen, quasi mitten in der Stadt und in Rotterdam hat Umicor die größten europäischen Aufbereitungsanlagen für Elektroschrott. Diese Beispiele zeigen, dass Verhüttungstechnik mit moderner Aufbereitungstechnik für Abwasser und Luft auch mitten in unserer Gesellschaft möglich ist.

Der Bergbau von Kupfer findet jedoch vor allem im globalen Süden statt. Bei der Extraktion im Tagebau entstehen Luftbelastungen durch Schwermetallen in Stäuben, vorwiegend Arsen (ingenieur.de 2014), wie am Beispiel der Chuquicamata Mine in Chile kürzlich nachgewiesen werden konnte (NDR 2022). Dort lagen bei Messungen im Jahr 2021 an zwei ausgewählten Orten, einer Schule und einem Sportplatz, die Arsen-Werte 200% über dem nationalen Grenzwert, dieser liegt 115% höher als die europäischen Grenzwerte. Schwermetallbelastungen in der Luft können das Krankheitsrisiko erhöhen. Laut einer Studie der Universität Berkeley (ebd. zitiert nach NDR), erkrankten in der Region rund um diese Mine 5 bis 6 Mal mehr Menschen an Blasenkrebs als im Rest des Landes, die Sterberate bei Nierenkrebs erhöhte sich in den vergangenen 9 Jahren um 75% und insgesamt liegen die Krebsraten 5 bis 7 Mal höher als im Rest von Chile. Bezüglich der Belastung von Oberflächengewässern durch den Kupferbergbau siehe auch SDG 6 "[Sauberes Wasser](#)".

Im Rahmen der beruflichen Bildung für Fachinformatiker*innen sollte die Sensibilisierung zu körperlichen und gesundheitlichen Auswirkungen von Internetsucht, Bewegungsmangel oder Stress durchgeführt werden. Damit können Auszubildende in ihrem beruflichen und privaten Kontext Veränderungen herbeiführen. Gleichzeitig ist es wichtig, dass die Auszubildenden sensibilisiert werden für die Auswirkungen des Ressourcenabbaus bei der Herstellung von IKT-Produkten und Alternativen kennen, wenn sie entsprechende Projekte für Kundinnen und Kunden entwickeln.

Quellenverzeichnis

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2021): Kupfer und Nachhaltigkeit. Online: https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kupfer%202021.pdf
- Deutsche Welle (2021): Dambruch: Vales umstrittene Milliardenentschädigung. Online: www.dw.com/de/dambruch-vales-umstrittene-milliardenentschädigung/a-56482423
- Die Drogenbeauftragte der Bundesregierung Bundesministerium für Gesundheit (2012) Nationale Strategie zur Drogen- und Suchtpolitik. Online: <https://www.bundesdrogenbeauftragter.de/themen/drogenpolitik/nationale-strategie/>
- Domke, R.; Reinwald, E; Südwind e.V. Hrsg. (2020): Rohstoffe für Handys und Co.: Kupferabbau in Sambia. Online: <https://www.suedwind-institut.de/alle-verfuegbaren-publikationen/fact-sheet-rohstoffabbau-f%C3%BCr-handy-und-co-kupferabbau-in-sambia.html>
- Forsa Politik- und Sozialforschung GmbH (2017): WhatsApp, Instagram und Co. – so süchtig macht Social Media DAK-Studie: Befragung von Kindern und Jugendlichen zwischen 12 und 17 Jahre. Online: <https://www.dak.de/dak/bundesthemen/onlinesucht-studie-2106298.html#/>
- Grefe, C. (2020): Grün und Digital – wie geht das zusammen? Online: https://venro.org/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Publikationen/Sonstige/machbar2020.pdf
- HBS Hans-Böckler-Stiftung / Cornelia Grindt (2011): Hier beginnt Rusal. Online: <https://www.boeckler.de/de/magazin-mitbestimmung-2744-hier-beginnt-rusal-5571.htm>
- ingenieur.de (2014): Bergbauunternehmen stürzen sich auf arsenverseuchte Kupferquellen. Online: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/werkstoffe/bergbauunternehmen-stuerzen-arsenverseuchte-kupferquellen/>
- Murday, Samy (2021): Hautkrebsfrüherkennung und der Einsatz von künstlicher Intelligenz. Online: [Hautkrebsfrüherkennung Hautkrebs künstliche Intelligenz](#)

- NDR Norddeutscher Rundfunk (2022): Schmutziges Kupfer – Die dunkle Seite der Energiewende, Film von Michael Höft, Ausstrahlungsdatum 25.10.2022. Online: <https://www.ardmediathek.de> ·
- salus klinik Lindow (2022): Pathologischer PC-/Internet-Gebrauch. Online: <https://www.salus-kliniken.de/lindow-psychosomatik/psychosomatik/indikation/pathologischer-pc-internetgebrauch/>
- statista 2022: Anzahl der MRT-Untersuchungen ausgewählter OECD-Länder. Online; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/172709/umfrage/magnetresonanztomographie-untersuchungen-mrt-in-ausgewaehlten-laendern-europas/>
- TK Techniker Krankenkasse (2022): Hautkrebs: Wie hoch ist das Risiko? Online: <https://www.tk.de/techniker/gesundheit-und-medizin/praevention-und-frueherkennung/hautkrebs-fruehererkennung/hautkrebs-wie-hoch-ist-das-risiko-2015296?tkcm=ab>
- van den Eijnden, R.; Lemmens, J.S.; Valkenburg, P.M. (2016): The Social Media Disorder Scale. Online: https://www.researchgate.net/publication/299443195_The_Social_Media_Disorder_Scale_Validity_and_psychometric_properties
- WiDOMonitor (2019): Gesundheitszustand und Gesundheitsverhalten von Auszubildenden Eine bundesweite Repräsentativ-Umfrage unter Auszubildenden in kleineren und mittleren Unternehmen. Ausgabe 2/2019. Online: https://www.wido.de/fileadmin/Dateien/Dokumente/Publikationen_Produkte/WiDOMonitor/wido_monitor_2019_2_azubis.pdf
- Wuppertal Institut (2013): 18 Factsheets zum Thema Mobiltelefone und Nachhaltigkeit. Online: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Mobiltelefone_Factsheets.pdf

SDG 4: “Hochwertige Bildung”

“Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern”

Das SDG zielt primär auf die globale Entwicklung von guten Bildungssystemen ab. Im Berufsbildungssystem ist Deutschland weltweit führend – trotz einiger Defizite wie Personalausstattung, Digitalisierung oder knappe Investitionsbudgets – viele Länder versuchen ein ähnliches Berufsbildungssystem wie in Deutschland aufzubauen. Insofern ist vor allem das Unterziel 4.7 relevant:

- *Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung*

Das SDG 4 spiegelt sich in der fachlichen Unterrichtung der Stichpunkte der anderen SDG wieder, mündet aber in den Positionen e und f der neuen Standardberufsbildposition (BMBF 2022):

- e) *Vorschläge für nachhaltiges Handeln für den eigenen Arbeitsbereich entwickeln*

- f) *unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren*

10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE

Die Nachhaltigkeitsforschung und die Bildungswissenschaften haben inzwischen umfassende Erkenntnisse gesammelt, wie eine berufliche Bildung für Nachhaltigkeit gefördert werden kann (vgl. u.a. vgl. Schütt-Sayed u.a. 2021; Kastrup u. a. 2012; Melzig u.a. 2021). Das Ergebnis sind die folgenden 10 didaktischen Handlungsregeln, die das Berufsbildungspersonal dabei unterstützen, Lehr-/Lernprozesse zielgruppengerecht und angemessen zu gestalten. Diese insgesamt 10 Handlungsregeln lassen sich in vier Schritten zuordnen.

Schritt 1 - Richtig anfangen:

Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE

1. **Ansatzpunkte:** Fordern Sie die Verantwortung im eigenen Wirkungsraum heraus, ohne die Berufsschüler und Berufsschülerinnen mit „Megaproblemen“ zu überfordern!
2. **Anknüpfungspunkte:** Die Curricula sind Grundlage der Lehr-/Lernprozesse – es kommt darauf an, sie im Sinne der Nachhaltigkeit neu zu interpretieren!
3. **Operationalisierung:** Nachhaltigkeit ist kein „Extra- Thema“, sondern ein integraler Bestandteil des beruflichen Handelns!

Um nachhaltigkeitsorientierte Lehr-/Lernarrangements zu entwickeln, sind zunächst Anknüpfungspunkte für Nachhaltigkeit in den betrieblichen Abläufen zu identifizieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ausbildungsordnungen und Lehrpläne die rechtliche Grundlage der beruflichen Bildung sind. Es gilt diese im Sinne der Nachhaltigkeit zu interpretieren, sofern nicht bereits konkrete Nachhaltigkeitsbezüge enthalten sind.

Wichtig ist dabei, dass Auszubildende nicht mit den „Megaproblemen“ unserer Zeit überfordert werden, sondern zur Verantwortung im eigenen Wirkungsraum herausgefordert werden – sowohl im Betrieb als auch im Privaten. Denn Auszubildende sind selbst Konsument/-innen, die durch eine angeleitete Reflexion des eigenen Konsumverhaltens die Gelegenheit erhalten, ihre „Wirkungsmacht“ im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit in ihrer eigenen Branche zu verstehen.

Schritt 2 - Selbstwirksamkeit schaffen:

Eröffnung von Nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven

4. **Handlungsfolgen:** Berufliches Handeln ist nie folgenlos: Machen Sie weitreichende und langfristige Wirkungen erkennbar!
5. **Selbstwirksamkeit:** Bleiben Sie nicht beim „business as usual“, sondern unterstützen Sie Schüler*innen dabei, Alternativen und Innovationen zu entdecken!

6. **Zielkonflikte:** Verstecken Sie Widersprüche nicht hinter vermeintlich einfachen Lösungen, sondern nutzen Sie sie als Lern- und Entwicklungschancen!!
7. **Kompetenzen:** Bildung für nachhaltige Entwicklung verbindet Wahrnehmen, Wissen, Werten und Wirken!

Im nächsten Schritt sind nachhaltigkeitsorientierte berufliche Perspektiven für die Auszubildenden zu eröffnen. Diese sollten an einer positiven Zukunftsvision und an Lösungen orientiert sein. Auszubildenden sind dabei die weitreichenden Wirkungen ihres Handelns vor Augen zu führen. Sie sollen verstehen können, warum ihr Handeln nicht folgenlos ist. Das bedeutet gleichzeitig, Auszubildenden die positiven Folgen eines nachhaltigen Handelns vor Augen zu führen. In diesem Zusammenhang ist die Selbstwirksamkeitserfahrung von großer Bedeutung. Sie ist eine der Voraussetzungen, um motiviert zu handeln. Auszubildende dabei zu unterstützen, Alternativen zum nicht-nachhaltigen Handeln zu erkennen und Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung zu entdecken, sollte dabei für Lehrpersonen selbstverständlich sein. Dabei ist immer die individuelle Motivation der Auszubildenden entscheidend, denn zum nachhaltigen Handeln braucht es nicht nur Wissen (Kopf), sondern auch authentisches Wollen (Herz). Wesentlich ist hierbei die Gestaltung ganzheitlicher Lernprozesse, die sowohl den kognitiven als auch den affektiven und psychomotorischen Bereich einbeziehen (vgl. Költze, S.206).

Schritt 3 - Ganzheitlichkeit: Gestaltung transformativer Lernprozesse

8. **Lebendigkeit:** Ermöglichen Sie lebendiges Lernen mit kreativen und erfahrungsbasierten Methoden!
9. **Beispiele:** Nutzen Sie motivierende Beispiele: Sprechen Sie über Erfolgsgeschichten, positive Zukunftsvisionen und inspirierende Vorbilder!

Aber wie können Lernsituationen in der Praxis so gestaltet werden, dass sie ganzheitlich aktivierend für die Auszubildenden sind? Es sollte ein lebendiges Lernen mit Hilfe kreativer, erfahrungsbasierter Methoden ermöglicht werden. Dies ist ein grundlegender (kein neuer) didaktischer Ansatz für die Förderung einer nachhaltigkeitsorientierten Handlungskompetenz. Im Kern bedeutet dies: Lernen mit Lebensweltbezug, welches ausgerichtet ist auf individuelle Lebensentwürfe und das eigene (auch künftige) berufliche Handlungsfeld, z.B. indem Recherchen im eigenen Unternehmen zu Möglichkeiten der Energieeinsparung durchgeführt werden. Lernen soll vor diesem Hintergrund vor allem unter Berücksichtigung der Sinne stattfinden, d. h. mit Körper und Geist erfahrbar sowie sinnlich-stimulierend sein. Die Auszubildenden sollen sich dabei zudem als Teil einer gestalterischen Erfahrungsgemeinschaft erleben. Dies kann durch gemeinsame Reflexionen über das eigene Verhalten und persönliche Erfahrungen gefördert werden, beispielsweise durch die Entwicklung und Verkostung eigener Lebensmittelkreationen unter Nachhaltigkeitsaspekten. Hierfür muss unbestritten immer auch der „Raum“ zur Verfügung stehen (siehe z.B. Hantke 2018 „Resonanzräume des Subpolitischen“ als wirtschaftsdidaktische Antwort auf

ökonomisierte (wirtschafts-)betriebliche Lebenssituationen“). Ebenso können motivierende Beispiele helfen – wie z.B. Erfolgsgeschichten und inspirierende Vorbilder.

Schritt 4 – Lernort Betrieb: Entwicklung nachhaltiger Lernorte

10. **Lernende Organisationen:** Auch Organisationen können „Nachhaltigkeit lernen“: Entwickeln Sie Ihre Institution Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lernort!

Schließlich geht es im vierten Schritt darum, den Lernort in den Blick zu nehmen und diesen als nachhaltigen Lernort zu gestalten. Den gesamten Betrieb nachhaltig auszurichten ist u. a. deshalb entscheidend, da andernfalls die an Nachhaltigkeit orientierten Inhalte der Ausbildung wenig glaubwürdig für Auszubildende sind. Der Betrieb als Institution sollte dafür an einem gemeinschaftlichen Leitbild ausgerichtet sein, welches neben den üblichen ökonomischen auch soziale und ökologische Ziele beinhaltet. So kann BBNE überzeugend in die Organisation integriert und vom betrieblichen Ausbildungspersonal umgesetzt werden.

Quellenverzeichnis

- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Digitalisierung und Nachhaltigkeit – was müssen alle Auszubildenden lernen? Online: www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit
- Kastrup, Julia; Kuhlmeier, Werner; Nölle-Krug, Marie (2022): Aus- und Weiterbildung des betrieblichen Bildungspersonals zur Verankerung einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. In: MICHAELIS, Christian; BERDING, Florian (Hrsg.): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Umsetzungsbarrieren und interdisziplinäre Forschungsfragen. Bielefeld 2022, S. 173-189
- Költze, Horst (1993): Lehrerbildung im Wandel. Vom technokratischen zum humanen Ausbildungskonzept. In Cohn, Ruth C.; Terfurth, Christina (Hrsg.): Lebendiges Lehren und Lernen. TZI macht Schule. Klett-Cotta. S. 192 - 212
- Handke, Harald (2018): „Resonanzräume des Subpolitischen“ als wirtschaftsdidaktische Antwort auf ökonomisierte (wirtschafts-)betriebliche Lebenssituationen – eine Forschungsheuristik vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsidee. In bwp@Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online (Nr. 35), 2018, S. 1-23.
- Melzig, Christian; Kuhlmeier, Werner; Kretschmer, Susanne (Hrsg. 2021): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Die Modellversuche 2015–2019 auf dem Weg vom Projekt zur Struktur. Bonn 2021. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/16974>
- Schütt-Sayed, Sören; Casper, Marc; Vollmer, Thomas (2021): Mitgestaltung lernbar machen – Didaktik der Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. In: Melzig, Christian; Kuhlmeier, Werner; Kretschmer, Susanne (Hrsg.): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Die Modellversuche 2015–2019 auf dem Weg vom Projekt zur Struktur. S. 200-227. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/16974>

SDG 5 “Geschlechtergleichstellung”

“Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen”

Das SDG 5 “Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen” verfolgt neun Ziele, von denen zwei Unterziele für den/die Fachinformatiker/in besonders relevant sind.

- 5.5. Die volle und wirksame Teilhabe von Frauen und ihre Chancengleichheit bei der Übernahme von Führungsrollen auf allen Ebenen der Entscheidungsfindung im politischen, wirtschaftlichen und öffentlichen Leben sicherstellen
- 5.b Die Nutzung von Grundlagentechnologien, insbesondere der Informations- und Kommunikationstechnologien, verbessern, um die Selbstbestimmung der Frauen zu fördern

Entsprechend dieser beiden Unterziele gilt es zunächst, Mädchen und Frauen einen verbesserten Zugang zu IKT zu ermöglichen und ihnen dann auch Chancen zur Übernahme von Führungsrollen in der IT-Branche zu bieten. Ein Bezug zu den Positionen der Standardberufsbildposition ist, wenn überhaupt nur sehr indirekt möglich über die Position a (vgl. BGBI 2022):

- a) *Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*

Warum haben wir diesen Ansatzpunkt gewählt? Die Berufsbildposition a) stellt die betriebsbedingten Belastungen für die Gesellschaft besonders heraus. Während in den sozialen Berufen der Frauenanteil häufig weit über 50% liegt, gibt es sowohl bei den studierten Fachinformatikerinnen nur einen Anteil zwischen knapp 17% (BMFSJ 2020) und 19% (get it IT o.J.), die in der Fachinformatik arbeiten. Nur 7% der Auszubildenden sind weiblich (ebd.). Auch auf der Führungsebene bestehen Defizite. Nach IDC befinden sich in Führungspositionen der IT-Branche ca. 26% Frauen in Deutschland, in den USA nur 24%. Die IT-Branche hat somit eine deutliche Führungslücke, wenn eine 50-50 Parität der Normalfall sein soll. Die Ursachen können vielfältig sein, angefangen von tradierten Rollenbildern, über den jeweiligen gesellschaftlichen Kontext, die Arbeitswelten oder die Bezahlung bis hin zur Unvereinbarkeit von Beruf und Familie. Da jedoch davon auszugehen ist, dass die Digitalisierung die Zukunft eines jeden Landes prägen wird, ist zu prüfen, ob es “betriebsbedingte Belastungen für die Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich [der IT-Wirtschaft] gibt, die Frauen davon abhalten, sich der Fachinformatik zu widmen. Im Folgenden werden unter dem SDG 5 die Themen “Digitalisierung und Geschlechtergerechtigkeit”, “Geschlechtergerechte Arbeit” und “Geschlechtergerechtigkeit in Unternehmen” behandelt.

Digitalisierung und Geschlechtergerechtigkeit

In der Gleichstellungsstrategie der Bundesregierung (BMFSFJ 2020) werden die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Geschlechterverhältnisse als noch nicht absehbar angesehen. Die Geschlechterfrage ist jedoch relevant, da die Ungleichheit der Geschlechter im Zuge zunehmend datenbasierter und mechanisierter Entscheidungsfindung durch beispielsweise diskriminierende Datensätze und/oder Algorithmen wieder ansteigen könnte wenn keine entsprechenden Strategien oder Regulierungen eingeplant werden.

In der „Umsetzungsstrategie ‚Digitalisierung gestalten‘ der Bundesregierung“ (BPA 2021) ist Gleichstellung als Querschnittsthema verankert, das bei Planungen in der Digitalisierung berücksichtigt werden soll. Ziel ist beispielsweise, dass Mädchen und junge Frauen frei von Gender-Stereotypen für eine klischeefreie Berufswahlentscheidung für einen digitalen Beruf begeistert werden. Damit soll die Teilhabe von Frauen an der Digitalisierung gestärkt werden (ebd.). Es wird auch festgestellt, dass bei anderen Gremien und Regierungsprogrammen zur Digitalisierung Geschlechteraspekte jedoch noch kaum Eingang gefunden haben.

Auch in der Entwicklung digitaler Apps werden diese selten berücksichtigt. Da jedoch schon bei der Berufswahl Frauen im Bereich Digitalisierung unterrepräsentiert sind, hat dies wiederum Auswirkungen auf die Programmierung. Die Ausgangslage zum Frauenanteil der Beschäftigten in der Digitalwirtschaft (2019) stellt sich folgendermaßen dar: Der Frauenanteil in Informatik- und anderen IKT-Berufen beträgt 16,5 Prozent, im Gesamtvergleich zu allen Berufen 46,2 Prozent. Dabei ist der Frauenanteil im Studienbereich Informatik (Wintersemester 2018/2019) mit 21,4 Prozent viel höher. Auch der Frauenanteil in Gremien zur Digitalisierung betrug im Jahr 2020 nur 35,5 Prozent (BMFSFJ 2020). Einbezogen wurden bei der Untersuchung der IT-Planungsrat (zentrales politisches Steuerungsgremium zwischen Bund und Ländern) oder der Digitalrat der Bundesregierung.

Die Bundesregierung hat in Bezug auf den digitalen Transformationsprozess u. a. im Rahmen ihrer Umsetzungsstrategie „Digitalisierung gestalten“ schon Maßnahmen in die Wege geleitet. Sie ist laut Artikel 3 Abs. 2 Grundgesetz [GG] auch dazu verpflichtet, die Gleichstellung von Frauen und Männern zu fördern und bestehende Nachteile abzubauen. Daher muss der Einfluss der Digitalisierung der Gesellschaft auf die Geschlechterverhältnisse berücksichtigt werden (BPA 2021).

Wenn Gleichstellung gemäß Sachverständigenkommission für den Gleichstellungsbericht (Deutscher Bundestag 2021) eine Gesellschaft mit gleichen Verwirklichungschancen für alle Menschen, unabhängig vom Geschlecht, fordert (d.h. eine Gesellschaft, in der die Chancen und Risiken über den Lebensverlauf und bei gesellschaftlichen Transformationsprozessen gleich verteilt sind), müssen geschlechtsbezogene Zugangsbarrieren betrachtet werden. Im Dritten

Gleichstellungsbericht wird die Ausgangslage für geschlechtsbezogene Ungleichheiten in der IKT-Branche mit folgenden gleichstellungspolitischen Kennzahlen hinterlegt:

insgesamt nur 16 Prozent Frauenanteil in der Informatikbranche, der Gender Pay Gap in IT-Berufen liegt bei 7 Prozent, je kleiner der Betrieb, desto größer ist der Gender Pay Gap. In Bezug auf den Gender Leadership Gap liegt der Frauenanteil an den Beschäftigten im Verhältnis zum Frauenanteil an der ersten Führungsebene bei 5:1. Ebenso ist ein geringer Teilzeitanteil (Frauen 19 Prozent, Männer 5 Prozent) im Vergleich zu anderen Berufen in der Digitalbranche zu verzeichnen.

Laut D21-Digital-Index 2018/2019 (Initiative D21 e. V. 2019) ist der Digitalisierungsgrad von Frauen und Männern (*digital gender gap*) sehr unterschiedlich. Dies bedeutet, dass Frauen mit der Entwicklung der Digitalisierung weniger gut Schritt halten als Männer. Frauen haben in Deutschland durchschnittlich weniger Zugang zur Digitalisierung, etwa durch Geräteausstattung und Internetzugang. So hängt die Teilhabe an der digitalen Transformation wie die Teilhabe an der Gesellschaft im Allgemeinen vom Geschlecht ab. Daraus leitet sich die Notwendigkeit ab, den Zugang zur Branche und auch den Verbleib geschlechtergerecht zu gestalten, so dass Menschen unabhängig vom Geschlecht von den in diesem Sektor steigenden Beschäftigungs- und Einkommenschancen profitieren können (BMFSFJ 2020).

Eine reduzierte Vielfalt bzw. Geschlechterungleichheit im Bereich der IKT kann zum Beispiel dazu führen, dass Algorithmen durch unbewusste Denkmuster (Unconscious Bias) so programmiert werden, dass Stereotype in IKT-Produkte einfließen (Buolamwini et al. 2018). Fehler können auch entstehen, wenn unpassende Daten verwendet werden oder die Datenqualität Mängel aufweist. Bestimmte Systeme der Künstlichen Intelligenz basieren auf Algorithmen für maschinelles Lernen, die mit bestimmten Daten trainiert werden. Algorithmen, die mit verzerrten Daten trainiert werden, führen zu einer algorithmischen Diskriminierung. So hat sich gezeigt, dass einige Gesichtserkennungssysteme *people of colour*, Frauen und junge Menschen in hohem Maße falsch identifizieren. Es wurde auch festgestellt, dass in der Robotikentwicklung Geschlechterstereotype die Akzeptanz von Robotern erhöhen können, wenn beispielsweise Roboter für typische Frauenberufe (Pflege oder Gastronomie) mit weiblichen Attributen versehen werden, im Gegensatz zu Sicherheitsrobotern, die stereotyp männlich dargestellt werden. (Voss 2014). Abschließend noch ein Beispiel aus der Softwarebranche, wonach ein Unternehmen eine Zeit lang ein Softwaresystem zur Suche und Bewertung von Lebensläufen potenzieller Mitarbeiter*innen im Internet nutzte. Die Software suchte nach Wortmustern, um erfolgreiche Mitarbeiter*innen zu finden. Die Bewertung der Wortmuster folgte jedoch nicht geschlechtsneutralen Vorgaben, sondern stufte Begriffe herab, die auf Frauen schließen ließen. Trainingsdaten für die Software waren Lebensläufe, die hauptsächlich von Männern stammten, die männliche Mehrheit an Beschäftigten in der Technologiebranche (Dastin 2018).

Schließlich hat sich Deutschland mit Inkrafttreten des Übereinkommens des Europarats zur Verhütung und Bekämpfung von Gewalt gegen Frauen und häuslicher Gewalt (Istanbul-Konvention) für Deutschland 2018 in Artikel 17 hinsichtlich des privaten

Sektors und der Medien u.a. verpflichtet, sich im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Medien, an der Ausarbeitung und Umsetzung von politischen Maßnahmen zu beteiligen sowie Richtlinien und Normen der Selbstregulierung festzulegen, um Gewalt gegen Frauen zu verhüten und die Achtung ihrer Würde zu erhöhen (Bundesgesetzblatt 2017). Diesem Grundsatz folgend, sei abschließend das Beispiel der App "Gewaltfreie Zukunft" genannt, die vom Verein "Gewaltfrei in die Zukunft e.V." entwickelt wurde. Die App garantiert absolute Anonymität. Unter anderem enthält sie eine geheime Funktion Notruf und kann mit der Funktion „Tarnmodus“ ein- und ausgeschaltet werden. So können Frauen, die von Gewalt bedroht oder ausgesetzt sind, Hilfe und Unterstützung bekommen.

Geschlechtergerechte Arbeitsorganisation

Eine geschlechtergerechte Arbeitsorganisation, d.h. eine geschlechtergerechte Unternehmenskultur der Vielfalt muss im Unternehmensleitbild verankert sein. Sie wird nach innen und nach außen über Offenheit, Wertschätzung, Vertrauen, Solidarität und Kollegialität vermittelt. Eine Voraussetzung dafür ist das Bekenntnis zu gleichberechtigten Unternehmensstrukturen, die sich zur Geschlechtergleichstellung und zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf bekennen, vorrangig für Frauen, da diese laut Bundesfamilienministerium (BMFSJ 2019) immernoch den größten Anteil der Care-Arbeit verrichten. Aber auch alle anderen marginalisierten Gruppen im Unternehmen müssen für eine Kultur der Vielfalt im Unternehmen mitgenommen werden. Notwendig ist eine vollständige Integration aller Mitarbeiter*innen sowohl strukturell als auch in die informellen Netzwerke, älterer und jüngerer Mitarbeiter*innen, LGBTIQ, sowie die Integration von Menschen mit Behinderungen. Das Bekenntnis zu einer für Diversität offenen Betriebskultur muss auch Grundlage bei der Personalgewinnung sein. Geschlechtergerechte Arbeitsorganisation braucht diskriminierungsfreie Einstellungsverfahren, beispielsweise durch anonymisierte Bewerbungsverfahren, bei denen Namen und Geschlecht für Personalverantwortliche nicht erkennbar sind. Vorurteils- und diskriminierungsfreie Verfahren und Praktiken in der Personalpolitik bauen auf gemischte Teams, die Förderung von Frauen in der Führungsebene oder in bislang klassischen Männerdomänen, die Integration von Menschen aus verschiedenen Sprach- und Kulturräumen sowie unterschiedlichen Lebens- und Herkunftskontexten. Über den Gender pay Gap wird schon seit 1995 die Lohnlücke zwischen Frauen und Männern gemessen, die in Deutschland immer noch auf 18 Prozent beziffert wird (Destatis 2020), wobei sich diese Zahl nur auf die Differenz des durchschnittlichen Stundenverdienstes bezieht. So wird von Wissenschaftler*innen gefordert, gleiche Bezahlung für vergleichbare Arbeit zu fordern, und den Gender Income Gap (Allmendinger 2021) zu bemessen und folgerichtig zu beheben. Innerhalb von Unternehmen sollten die Gehälter so ausgehandelt werden, dass Transparenz darüber besteht, welche Arbeitsinhalte wie und unter Berücksichtigung von Care-Arbeit belohnt werden. Die Grundlage hierzu ist eine lebensphasenorientierte Arbeitszeitgestaltung, so dass Mitarbeiter*innen zeitweilig aus- und wiedereinsteigen können, ohne den Verlust der Karriereoptionen. Wenn Führungsaufgaben in Teilzeit

möglich sind, wird auch die gerechte Aufteilung von Care-Arbeit aller Art auf Männer und Frauen ermöglicht. Innerhalb von Teilzeitstrukturen ist eine Anpassung der Arbeitsorganisation notwendig, so dass vielfältige, familien- und sorgerechte Arbeitszeitoptionen angeboten werden können (ebd.).

Es ist davon auszugehen, dass geschlechtergerechte Strukturen in der Arbeitswelt zu positiven Auswirkungen führen und Unternehmen stärken. Motivierte Arbeitskräfte, die ihre Leistungskraft in gesünderen, nachhaltigeren Strukturen entfalten, können dafür sorgen, dass sich Belegschaften stabilisieren, die Fluktuation reduziert wird und sich das Klima des Umgangs miteinander nachhaltig zum Positiven verändert (ifw Kiel 2019). Dies steigert die Produktivität, Innovation und Kreativität von Unternehmen und reduziert Kosten für Krankheitsvertretungen, vermindert Mobbing und führt zu einem stabilen und gesunden Arbeitsumfeld. So werden durch stereotypes Verhalten begünstigte Bedingungen eingedämmt, wie das Institut für Weltwirtschaft aus Kiel in einer Studie herausfand (ebd.). Derzufolge treffen Gruppen je nach Zusammensetzung unterschiedliche Entscheidungen und sobald ein Geschlecht überrepräsentiert ist, wird stereotypes Verhalten begünstigt. Wodurch reine Männerteams beispielsweise bei Entscheidungen zu viel Risiko eingehen und reine Frauengruppen weniger Chancen nutzen.

Die Forschung zeigt, dass Menschen persönlich profitieren, wenn sie an einem Ort arbeiten, an dem es keine Geschlechterdiskriminierung gibt. So wurde mit der Getting to Equal Research Serie gezeigt, wie der Aufbau einer Kultur der Gleichstellung sowohl für die Mitarbeitenden als auch für Unternehmen von Vorteil sein kann (Accenture 2020). Zahlreiche Untersuchungen zeigen auch, dass die finanzielle Performance von Unternehmen mit hohem Frauenanteil in Führungspositionen deutlich besser ist (Kotiranta, A. et al. 2007).

Längerfristig verbessern nachhaltige und geschlechtergerechte Arbeitsbedingungen den Markenwert von Unternehmen, können die Akquise neuer Zielgruppen begünstigen und die Bindung bestehender Kund*innen erleichtern. Dies gilt insbesondere in Branchen, die Arbeitskräftemangel zu beklagen haben, wie es beispielsweise im Rahmen einer Studie zu Diversity in deutschen Unternehmen deutlich wurde: 97 Prozent der befragten Unternehmen, die die Charta der Vielfalt unterzeichnet haben, sehen mit Vielfalt konkrete Vorteile für das Unternehmen verbunden und für einen Großteil erhöht sich damit dessen Attraktivität für Arbeitnehmer*innen und Zielgruppen (Ernst & Young 2016).

Eine geschlechtergerechte Arbeitswelt kann einen Beitrag zu einer demokratischen, sozialen und freiheitlichen Gesellschaft leisten, in der verschiedenste Menschen ihren Platz finden. Dabei ist es insbesondere wichtig, die Potenziale von Frauen zu nutzen sowie Strukturen und Prozesse zu verändern, die Frauen behindern. Die Unternehmen und Organisationen, in denen Menschen arbeiten, können Standards setzen und eine gesellschaftliche Wende mit anschieben. Gleichwohl braucht es grundlegende gesellschaftliche und politische Veränderungen wie beispielsweise die Umverteilung von Care-Arbeit zwischen den Menschen oder eine Neubewertung von Arbeit und sowie die Wertigkeit von Tätigkeiten (ebd.).

Geschlechtergerechtigkeit in Unternehmen

Es gibt in Deutschland viele Unternehmen, die sich um geschlechtergerechte Arbeitsplätze bemühen, wie 2020 im Rahmen der Studie „Top Karrierechancen für Frauen“ des Instituts für Management- und Wirtschaftsforschung (IFMW 2020) herausgefunden wurde. Sie fördern die Gleichstellung von Frauen durch Mentoring-Programme, aber auch durch gleiche Bezahlung. Hierfür sind bestimmte Voraussetzungen notwendig. Der Begriff Nachhaltigkeit lässt sich grundsätzlich auf viele Aspekte des Unternehmens anwenden, zunächst geht es darum, dass ein Unternehmen über tragfähige Strukturen verfügt, mit denen es auf unbegrenzte Zeit im Wirtschaftssystem bestehen kann. Im Rahmen des betrieblichen Nachhaltigkeitskonzepts spielt die Belegschaft eine wesentliche Rolle. Grundlage eines nachhaltigen Unternehmens sind die Kernarbeitsnormen der ILO (International Labour Organisation). Neben dem Verbot von Ausbeutung oder von Kinderarbeit ist das Verbot der Diskriminierung in Beschäftigung und Beruf zentral. Es handelt sich hierbei um das Übereinkommen 111 (ILO 1958), das bereits 1960 in Kraft getreten ist und schon damals definierte, worin Diskriminierung besteht. Bereits Artikel 1 des Übereinkommens über Diskriminierung der ILO legt fest, in welchen Fällen dieser Sachverhalt im Beschäftigungskontext gilt. Heute fällt dies unter Begriffe wie beispielsweise „Bekanntnis von Unternehmen zur Charta der Vielfalt, zu Corporate Social Responsibility“. Die Forderungen sind also nicht neu, werden unter andere Konzepte gefasst und werden heutzutage intensiver gefordert und gelebt. Große Konzerne bekennen sich dazu, setzen das Thema auf die Agenda, sind durch mittlerweile geltende Gesetze wie beispielsweise das Allgemeine Gleichbehandlungsgesetz (AGG 2006), das 2006 in Kraft trat, dazu verpflichtet.

Diskriminierung aufgrund des Geschlechts ist jedoch auch heute in Deutschland immer noch weit verbreitet, insbesondere am Arbeitsplatz. Vor allem Frauen erleben demnach regelmäßig sexuelle Belästigung am Arbeitsplatz, Entgeltungleichheit, Benachteiligung beim beruflichen Aufstieg oder Diskriminierung aufgrund einer Schwangerschaft oder beim Wiedereinstieg nach der Elternzeit. Die internationale Job- und Recruiting-Plattform Glassdoor hat in ihrer in vier Ländern (USA, Großbritannien, Frankreich und Deutschland) durchgeführten Studie „Diversity & Inclusion Study 2019“ herausgefunden, dass 37 Prozent der deutschen Befragten schon einmal selber von Diskriminierung betroffen gewesen oder Zeuge davon gewesen sind. Die Benachteiligung aufgrund des Geschlechts wird dort von 24 Prozent der Befragten am häufigsten angegeben, gefolgt von Altersdiskriminierung (22 Prozent), Rassismus (21 Prozent) oder Benachteiligung aufgrund von sexueller Orientierung (15 Prozent) (Glassdoor 2019).

Laut Gender Equality Index (GEI) aus dem Jahr 2021 liegt Deutschland bezüglich der Gleichberechtigung in der Kategorie Arbeit in den Mitgliedstaaten der EU auf Platz 17, Schweden hingegen an erster Stelle. In der Kernkategorie "Arbeit" werden im Speziellen fünf Indikatoren untersucht und bewertet:

- die Erwerbsbeteiligung anhand der Beschäftigungsquote - Vollzeitäquivalent (FTE).
- die Dauer des Erwerbslebens
- die sektoralen Segregationsmuster anhand der anteiligen Beschäftigung in den Bereichen Bildung, Gesundheit und Sozialarbeit.
- die Flexibilität der Arbeitszeit anhand der Möglichkeiten, sich für persönliche oder familiäre Angelegenheiten freizunehmen
- die beruflichen Perspektiven anhand des Karriereperspektiven Index.

Der Gender Equality Index wird vom Europäischen Institut für Gleichstellungsfragen (European Institute for Gender Equality - EIGE) in unregelmäßigen Abständen für jedes Land der Europäischen Union erhoben (EIGE 2022). Der Branchenverband bitkom hat festgestellt, dass der Frauenanteil in IKT-Unternehmen von der Unternehmensgröße abhängig ist. Mit zunehmender Unternehmensgröße steigt auch der Frauenanteil (Bitkom Research 2022). So haben sich 24 Prozent der befragten Unternehmen das Ziel gesteckt, den Frauenanteil zu erhöhen, da sie erkannt haben, dass gemischte Teams für den Erfolg von Unternehmen wichtig sind. Zum einen, um dem Fachkräftemangel zu begegnen und damit ein nachhaltiges Wachstum zu sichern. Wenn Frauen unterrepräsentiert sind, gehen aber auch Innovationspotentiale und die Chance auf eine faire Digitalisierung verloren.

Problematisch ist hier auch, dass Frauen in den Führungsebenen unterrepräsentiert sind und sogar in 49 Prozent der Unternehmen arbeitet keine Frau im Top-Management. Je kleiner das Unternehmen, umso weniger Frauen arbeiten dort. Für Geschlechtergerechtigkeit in deutschen Unternehmen und Organisationen gibt es also (noch) kein Patentrezept. Laut Branchenverband bitkom (ebd. 2022) will die digitale Wirtschaft Maßnahmen ergreifen, um den Frauenanteil zu erhöhen. Hierzu zählen Weiterbildungsprogramme zur Förderung von Frauenkarrieren, Schaffung familienfreundlicher Arbeitsbedingungen, sowie eine gezielte Zusammenarbeit mit Hochschulen, um Frauen zu gewinnen und vieles mehr.

Quellen

- Accenture (2020): Getting to equal 2020 Culture Maker heben versteckte Potenziale Wenn sogenannte Culture Maker vorangehen, können Unternehmen ihr Wachstum verdoppeln. Online: https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-3/Accenture-Getting-to-Equal-2020-Research-Report-DE.pdf#zoom=50
- AGG - Allgemeines Gleichbehandlungsgesetz 2006 (BGBl. I S. 1897/BGBl. I S. 768): Online: https://www.antidiskriminierungsstelle.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/AGG/agg_gleichbehandlungsgesetz.pdf?__blob=publicationFile
- Bitkom Research (2022): Frauen in der ITK-Branche 2022. Online: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-03/Bitkom-Charts%20Frauen%20in%20der%20ITK%2007%2003%202022.pdf>
- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil II Nr. 19 (2017): Gesetz zu dem Übereinkommen des Europarats vom 11. Mai 2011 zur Verhütung und Bekämpfung von Gewalt gegen Frauen und häuslicher Gewalt. Online: <https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/verhuetung-und-bekaempfung-von-gewalt-gegen-frauen-und-haeuslicher-gewalt-122282>

- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend Referat Öffentlichkeitsarbeit 11018 BMFSFJ (2020) Gleichstellungsstrategie der Bundesregierung. Online: <https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/gleichstellungsstrategie-der-bundesregierung-158362>
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, BMFSJ (2019): Gender Care Gap – ein Indikator für die Gleichstellung. Online: <https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/themen/gleichstellung/gender-care-gap/indikator-fuer-die-gleichstellung/gender-care-gap-ein-indikator-fuer-die-gleichstellung-137294>
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, BMFSJ (2019): Gender Care Gap – ein Indikator für die Gleichstellung. Online: <https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/themen/gleichstellung/gender-care-gap/indikator-fuer-die-gleichstellung/gender-care-gap-ein-indikator-fuer-die-gleichstellung-137294>
- Buolamwini, J.; Gebru, T. (2018) Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. Online: <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html>
- Dastin, J. (2018): Amazon scraps secret AI recruiting tool that shows bias against women. Online: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight-idUSKCN1MK08G>
- Detlefsen L. et al., Kiel Institut für Weltwirtschaft ifw (2019): Can Gender Quotas Prevent Risky Choice Shifts? The Effect of Gender Composition on Group Decisions under Risk. Online: https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/Katharina_Lima_de_Miranda/KWP-2135.pdf
- Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste (2021). Energieverbrauch von Rechenzentren. Online: <https://www.bundestag.de/resource/blob/863850/423c11968fcb5c9995e9ef9090edf9e6/WD-8-070-21-pdf-data.pdf>
- Ernst & Young GmbH Stuttgart (2016): Diversity in Deutschland, Studie anlässlich des 10-jährigen Bestehens der Charta der Vielfalt. Online: https://www.charta-der-vielfalt.de/fileadmin/user_upload/Studien_Publikationen_Charta/STUDI_E_DIVERSITY_IN_DEUTSCHLAND_2016-11.pdf
- European Institute for Gender Equality – EIGE (2022): Gender Equality Index. Online: <https://eige.europa.eu/gender-equality-index/about>
- Glassdoor, Inc. (2019): Diversity & Inclusion Study 2019. Online: <https://www.glassdoor.com/research/diversity-inclusion-study-2019/>
- Initiative D21 e.V. D21 (2019): Digital Index 2018/2019 Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft. Online: <https://initiated21.de/publikationen/d21-digital-index-2018-2019/>
- Institut für Management- und Wirtschaftsforschung (IFMW) 2020: Siegel-Studie “Top-Karrierechancen für Frauen”. Online: <https://www.marktforschung.de/aktuelles/marktforschung/das-sind-die-top-arbeitgeber-fuer-frauen/>
- International Labour Organization (ILO) (1958): Übereinkommen 111; Übereinkommen über die Diskriminierung in Beschäftigung und Beruf. Online: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/normativeinstrument/wcms_c111_de.htm
- Kotiranta, A.; Kovalainen, A.; Rouvinen, P. (2007): Female Leadership and Firm Profitability. Online: https://www.eva.fi/wp-content/uploads/files/2133_Analyysi_no_003_eng_FemaleLeadership.pdf
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (BPA) (2021): Digitalisierung gestalten Umsetzungsstrategie der Bundesregierung. Online: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/service/information-material-issued-by-the-federal-government/digitalisierung-gestalten-1605002>
- Statistisches Bundesamt (Destatis) 2020. Gender pay Gap. Online: <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Bevoelkerung-Arbeit-Soziales/Arbeitsmarkt/GenderPayGap.html;jsessionid=D40F6183038F2B114933146463686F52.live741>

- Voss, G. (2014): The Second Shift in the Second Machine Age: Automation, Gender and the Future of Work. In: Our Work here is done – Visions of a Robot Economy, ed. by Stian Westlake. Nesta

SDG 6: “Sauberes Wasser”

SDG 6: “Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten”

Das SDG 6 “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen” verfolgt im Prinzip fünf Ziele, von denen zwei für den/die Fachinformatiker/in relevant aufgrund der Wassernutzung im Betrieb und bei der Herstellung von Hardware und Verwendung von Ressourcen sind:

- 6.3 die Verhinderung der Verschmutzung der Wasserressourcen und;
- 6.5 der Schutz der Ökosysteme.

Die Schnittmenge für das SDG 6 ergibt sich aus den Nummern a und b der Standardberufsbildposition (BIBB 2020):

- Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*
- bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen*

Die ökologischen Wirkungen der IKT sind sowohl direkt als auch indirekt:

- Direkt sind die Wirkungen, da für “Sauberes Wasser” die digitale Steuerung von Maschinen und Antriebstechnik und damit die Digitalisierung in der industriellen Wasserwirtschaft die Nutzung vielfältiger Potenziale ermöglicht. So kann die Wasserversorgungs- und Entsorgungssicherheit durch digitale Modellierung erhöht werden, oder durch effizientes Datenmanagement über die gesamte Lebensdauer einer Anlage Verbesserungen in Bezug auf Kosteneinsparung, Personallastung, Anlagenperformance, Grenzwerteinhaltung und Ressourcenschonung erreicht werden. Damit trägt die Digitalisierung in der industriellen Wasserwirtschaft zu einer nachhaltigen Wassernutzung und der Umsetzung der Sustainable Development Goals durch effizienten Umgang mit knappen Wasserressourcen bei (DECHEMA 2018).
- Über digitale Klimamodellierung können Vorhersagen im Hinblick auf künftige Wasserstände und damit Überschwemmungen getroffen werden. Somit ist es möglich, Frühwarnsysteme zu verankern, wodurch Menschen sich in einer betroffenen Region auf Extreme vorbereiten können. Über den Einsatz von IKT werden mehrdimensionale Gleichungssysteme gelöst, um dadurch physikalische Abläufe im Erdsystem zu simulieren. Hierdurch lassen sich Entwicklungen in der Zukunft berechnen, da aufgrund historischer Daten (aus natürlichen Klima-Archiven wie etwa Eisbohrkernen) bestimmte Annahmen zur

Klimaentwicklung getroffen werden. So wird die Klimahistorie der Erde abgebildet und anhand dieser Daten daraus zukünftige Klimaentwicklungen dargestellt (Stock, M. et al. 2009). Klimamodelle können dazu dienen, die regionale Verwundbarkeit in Planungen für die Infrastruktur einzubeziehen und damit Risiken zu mindern. In Bezug auf das Ökosystem Wasser können sie z.B. bei der Bemessung von Deichanlagen einbezogen werden, so dass ein Überschwemmungsrisiko gemindert wird oder dass entsprechende Entscheidungen hinsichtlich der Bebauung hinter dem Deich getroffen werden können. Die steigende Wahrscheinlichkeit stärkerer Schwankungen des Grundwasserspiegels oder der Flusspegelstände bei der Risikobewertung in der Rohstoffgewinnung, beim Gewässerausbau oder in Bezug auf die Schifffahrtswege können in Betracht gezogen werden. So können Anpassungsmaßnahmen getroffen werden, die Extremereignisse wie Hochwasser oder Niedrigwasser abmildern. Diese Erkenntnisse dienen auch der landwirtschaftlichen Planung der Feldfrüchte, um die Auswirkungen von Trockenperioden sowie von Starkregen zu senken (ebd. 2009).

- Indirekt führt die bergbauliche Gewinnung und die Verhüttung der notwendigen Rohstoffe für IKT-Produkte zu großen lokalen oder sogar regionalen Wasserproblemen, wenn die Umweltvorschriften oder deren Umsetzung zur Wassergewinnung und zur Abwasserbehandlung nur unzureichend oder gar nicht beachtet werden. Dies ist in vielen rohstoffreichen Ländern in Südamerika oder Asien häufig der Fall. Deshalb ist hier die Wertschöpfungskette unter dem Aspekt des Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (bekannter unter dem Namen Lieferkettengesetz) von Relevanz.

Die direkten und indirekten Wirkungen lassen sich beispielhaft an der Kupferherstellung erklären, gelten aber auch für viele andere Metalle, ohne die eine IKT nicht möglich wäre. Die Kupferherstellung von dem Bergbau einer Mine über die Verhüttung bis hin zur Elektrolyse des Kupfers zur Herstellung von zahlreichen Komponenten in IKT-Produkten zum Beispiel in Form von Kabeln oder Drähten benötigt sehr viel Wasser. Wasser ist deshalb immer ein zentraler Aspekt der Nachhaltigkeit in der Kupfergewinnung, ist aber je nach Lokalisation der Gruben, der Hütten und der Verarbeiter bis hin zu den Halbzeugen unterschiedlich gelagert. Die Minen liegen zumeist in ariden Gebieten wie z.B. in Chile oder Australien, hier muss Oberflächenwasser über Pumpsysteme oder Tanklaster herbeigeschafft werden oder durch Eingriffe in das tiefe Grundwasser gewonnen werden (UBA 2013, BGR 2020). Beides verschärft die Wasserknappheit in den ariden Regionen, es ergeben sich Nutzungskonkurrenzen sowohl für das Trinkwasser der Menschen als auch für die Landwirtschaft. Liegt die Mine hingegen in Gebieten mit periodisch hohen Niederschlägen und zugleich im Tagebau wie z.B. in Sambia, so laufen die Gruben voll und das Wasser muss abgepumpt, aufgrund der Schwermetallbelastung aus der Grube aufbereitet und dann abgeleitet werden.

Das Kupfer, das für die IKT-Produkte verbaut wird, kann nur mit Wasser als Prozessstoff hergestellt werden. Die Gesamtmenge an Wasser, die schließlich für eine Menge Rohstoff

benötigt wird, nennt man entweder den Wasserfußabdruck oder “virtuelles Wasser”(UBA 2022). Hierbei unterscheidet man “grünes Wasser”, welches aus dem Regen stammt, “blaues Wasser” aus Flüssen oder Grundwasser. “Graues Wasser” ist die Wassermenge, die benötigt wird, um in der Industrie genutztes Wasser so weit zu verdünnen, dass es den gesetzlichen Qualitätsanforderungen genügt. Der internationale Standard zum Wasser-Fußabdruck (ISO 14046) definiert einen Wasserfußabdruck als „Kennzahl(en) zur quantitativen Bestimmung der potenziellen Umweltwirkungen im Zusammenhang mit Wasser“ (UBA 2022).

Wasser wird bei der Kupferherstellung benötigt für die Aufbereitung, das Mahlen und das Flotieren sowie als Transportmedium, um die Aufbereitungsabgänge in das Absetzbecken zu leiten. Der Wasserbedarf für den Bergbau und die Aufbereitung von Kupfererz ist sehr groß, er kann bis zu 350 m³ pro Tonne Kupfer liegen (BGR 2020). Eine der weltgrößten Minen, die Chuquicamata in Chile, verbraucht pro Jahr 60 Mio m³ Wasser (UBA 2013). Die Minenbetreiber greifen hierbei auf Oberflächengewässer in der Umgebung zurück. Im Ergebnis sind in der Umgebung fast alle Flüsse sowie das Ackerland ausgetrocknet, der lokalen Landwirtschaft fehlt das Wasser und die Felder vertrocknen (NDR 2022). Die regionale Wasserentnahme führt deshalb insbesondere in ariden und auch in semi-ariden zu sozialen Konflikten. Die Kupfergewinnung in Chile, Peru oder Sambia erfolgt zudem in Gegenden, die landwirtschaftlich geprägt sind und deren Bevölkerung ein geringes Einkommen hat. Durch die Bergwerke wird das Wasser verknappt für die Landwirtschaft, die Erträge sinken und auch das Einkommen der Landbevölkerung. In Peru haben sich durch den Konflikt mit dem Kupferbergbau - der große Flächenbedarfe hat und regionale Bauern vertreibt - zu Unruhen geführt (DLF 2014).

Neben dem Wasserbedarf ist das Abwasser ein weiteres großes Problem. Die Aufbereitung des Erzes ist nur durch Flotation möglich, bei der das Gestein schlammig gemahlen wird, um Kupferkonzentrat zu erhalten. Hierbei entstehen große Mengen schwermetallhaltiges Abwasser. Aber auch die Stollenentwässerung, die für einen sicheren Abbau nötig ist, erzeugt häufig große Abwassermengen. Im Prinzip können alle Abwässer des Bergbaus und der Aufbereitung zu 70 bis 90% recycelt (BGR 2020) werden, aber dies bringt ökonomische und ökologische Herausforderungen mit sich. Es ist einfacher, Abwässer in Oberflächengewässer zu leiten, da die Wasseraufbereitung aufwändig und teuer ist. Die Abwässer der Chuquicamata-Mine in Chile z.B. werden in einen Salzsee geleitet und bilden eine “Ewigkeitslast”, wie es im deutschen Bergbauvokabular bezeichnet wird. Die Belastung der verbliebenen Süßgewässer im Umfeld der Mine, aus denen u.a. Ackerland bewässert wird, liegt ungewöhnlich hoch. Arsen ist der größte Faktor von insgesamt 66 Stoffen, die dort gefunden wurden (NDR 2022).

Insgesamt ergibt sich ein Zielkonflikt im Berufsbild "Fachinformatikerin / Fachinformatiker" durch die Nutzung vieler Metalle für IKT-Produkte. Sowohl die Wasserentnahme als auch die Abwässer beeinflussen die lokale Hydrologie als auch die Ökologie der Gewässer und dessen Nutzbarkeit durch die lokale Bevölkerung (ebd.).

Auch soziale Konflikte mit der lokalen Bevölkerung können sich ergeben, wenn der Wohlstand nicht gleich verteilt, aber die Lasten ungleich verteilt werden. Aber andererseits ist die Digitalisierung auf all diese Ressourcen angewiesen. Deshalb sollte ein Betrieb der Nachhaltigkeit auch unabhängig von einer Verpflichtung durch das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz nachkommen, indem er seine Wertschöpfungskette wenn möglich unter Nachhaltigkeitsaspekten gestaltet, um die schlimmsten Folgen einer nicht-nachhaltigen Wirtschaftsweise zu vermeiden.

Quellenverzeichnis

- BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2020I): Kupfer - Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe. Online: https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kupfer%202021.pdf
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (2020): Empfehlung des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung vom 17. November 2020 zur „Anwendung der Standardberufsbildpositionen in der Ausbildungspraxis“. BAnz AT 22.12.2020 S4. Online: <https://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA172.pdf>
- DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (2018): POSITIONSPAPIER Industrierwasser 4.0 Potenziale und Herausforderungen der Digitalisierung für die industrielle Wasserwirtschaft. Online: https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Industrierwasser_4.0_DECHEMA_Positionspapier.pdf
- DLF Deutschlandfunk (2014): Bergbau in Peru - Hunger nach Rohstoffen zerstört ein Land. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/bergbau-in-peru-hunger-nach-rohstoffen-zerstoert-ein-land-100.html>
- NDR Norddeutscher Rundfunk (2022): Schmutziges Kupfer - Die dunkle Seite der Energiewende, Film von Michael Höft, Ausstrahlungsdatum 25.10.2022. Online: <https://www.ardmediathek.de>
- Stock, M.; Walkenhorst, O., (2009). Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung, in: EPaper der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Nr. 6, Hannover. Online: [E_Paper_Klimaszenarien_Titelei\(arl-net.de\)](http://www.arl-net.de/E_Paper_Klimaszenarien_Titelei(arl-net.de))
- UBA Umweltbundesamt (2022): Was ist der Wasserfußabdruck? Online: www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserfussabdruck#was-ist-der-wasserfussabdruck
- UBA Umweltbundesamt (2013): Fallstudien zu Umwelt- und Sozialauswirkungen der Kupfergewinnung in Chuquicamata, Chile. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/fallstudien-zu-umwelt-sozialauswirkungen-der-0>

SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”

SDG 7: “Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern”

Das SDG 7 “Bezahlbare und saubere Energie” beinhaltet soziale und ökologische Anforderungen an den Klimaschutz. Für den/die Fachinformatiker/in sind vor allem zwei Unterziele wichtig (Destatis o.J.):

7.2 Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln

7.3 Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen

Im wesentlichen geht es um im SDG 7 um einen Umbau des bisherigen Energiesystems hin zu mehr Erneuerbare Energien und eine Verbesserung der Effizienz der Energienutzung, da ökologische und das Klima schützende Anforderungen schon durch andere SDGs (insbesondere 13, 14 und 15) abgedeckt werden.

“Saubere Energie”, wie dies in SDG 7 genannt wird, bedeutet heute für den Klimaschutz grundsätzlich der Umstieg auf erneuerbare Energien (EE) sowie eine höhere Energieeffizienz. Das SDG 7 steht deshalb unmittelbar im Zusammenhang mit der Tätigkeit des Fachinformatikers und der Fachinformatikerin, da IT zunehmend für einen steigenden Stromverbrauch verantwortlich ist, der nach wie vor nicht nur national sondern mehr noch weltweit aus Kohle und Erdgas erzeugt wird mit allen bekannten Folgen für den Klimawandel.

Die Schnittmenge für das SDG 7 ergibt sich aus den Nummern a und b der Standardberufsbildposition (BGBI 2022):

- a) *Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*
- b) *bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen*

Dieses Kapitel beschreibt am Beispiel des Strombedarfs für die Nutzung von IT und den Betrieb von Rechenzentren die Entwicklung des Stromverbrauchs. Aber gleichzeitig wird auch die Antwort auf steigende Stromverbräuche aufgezeigt: Die Nutzung von erneuerbaren Energien. So wird beispielsweise auf die Wärmepumpe als mögliche Wärmequelle eingegangen. Die Solarthermie wird in Zusammenhang mit solarer Kühlung von Rechenzentren und dem Cloud Computing im Kapitel [SDG 9](#) betrachtet.

Energieverbrauch durch Rechenzentren

Ohne Rechenzentren ist eine digitale Gesellschaft und auch keine digitale Wirtschaft möglich. Aber durch die zunehmende Digitalisierung steigt auch der Stromverbrauch durch die Nutzung, durch Technik in den Unternehmen, durch Infrastruktur für die Datenübertragung und vor allem durch die Rechenzentren.

Die Entwicklung der Datenübertragung gibt einen ersten Hinweis, wie sich die Bedarfe für den Stromverbrauch entwickeln könnten, wobei jedoch technische Innovationen wie der Übergang auf höhere Mobilfunkstandards gleichzeitig die Energieeffizienz steigert. In 2010 lag das Datenvolumen des deutschen Breitbandnetzes bei ca. 3,4 Mrd. Gigabyte (GB, 3,5 Exabyte). Bis 2019 stieg es um 1.600% auf 56 Mrd. GB, in der Coronal-Zeit machte es einen erneuten Sprung in 2020 auf 72 Mrd. GB (Deutscher Bundestag 2021). In 2021 sollen 100 Mrd. GB allein im Festnetz gewesen sein, die Ursache könnte in der Nutzung hochaufgelösten TV-Streamings und Virtual Reality Apps liegen, die hohe

Datenübertragungen voraussetzen (t-online 2022). Die Datenübertragung geht mit mehr Rechenkapazität und damit im Prinzip auch einem höheren Strombedarf einher. Er lag in 2020 bei rund 16 Mrd. kWh und er wird auch weiter steigen (Deutscher Bundestag 2021): *Nach Fachschätzungen [des BMU] wird vor allem der Energiebedarf der Server durch die hohe Nachfrage an Rechenleistung in deutschen Rechenzentren vom Jahr 2015 bis zum Jahr 2025 um mehr als 60 Prozent steigen.* Zum Vergleich:

- Ein großes Kohlekraftwerk (mit mehreren Blöcken) mit 1.000 MW Leistung erzeugt pro Jahr rund 440 Mio. kWh Strom (stromrechner o.J.). Somit müssen rund 36 große Kohlekraftwerke rund um die Uhr laufen, um den Strombedarf der Rechenzentren zu decken. Bei einem Strommix von 400 g THG-Emissionen pro kWh (ein Teil des Stroms stammt immer aus erneuerbaren Energien) ergeben sich Emissionen von 6,4 Mio. t CO₂-Äq.
- Eine große Off-Shore Windenergieanlage kann bis zu 60 Mio. kWh Strom erzeugen (stromrechner o.J.). Es wären somit rund 265 Offshore-Windenergieanlagen notwendig - in 2021 waren rund 1.500 Offshore-Windräder in Nord- und Ostsee installiert. Fast 20% der Windräder Off-Shore versorgen somit im Prinzip nur die Rechenzentren.

Der Stromverbrauch für die Digitalisierung wird von verschiedenen gegenläufigen Entwicklungen geprägt:

- Einerseits steigen die Bedarfe nach digitaler Kommunikation und Entertainment der Haushalte (s.u.).
- Weiterhin bedingt der stetige Ausbau "Industrie 4.0" höhere Bedarfe an Rechenleistung in Gewerbe und Industrie
- Andererseits entwickelt sich die Rechenleistung dynamisch weiter (Deutscher Bundestag): IT-Komponenten wie Server, Storage und Netzwerk benötigten rund 10 Mrd. kWh im Jahr 2020 und somit rund 75% mehr Strom als im Jahr 2010 (5,8 Mrd. kWh). Aber gleichzeitig hat sich der Workload (Verarbeitungsmenge bzw. Auslastung eines Prozesses) verachtfacht (800% Steigerung).

Stromverbrauch und Rechenkapazität bzw. Datenvolumen sind also nicht linear miteinander verbunden (wie derzeit noch Ressourcenkonsum und Wirtschaftswachstum). Dennoch wird der Strombedarf stetig steigen - z.B. aufgrund des zunehmenden Cloud-Working, Bedarfe für Augmented, Virtual und Mixed-Reality sowie Streaming - trotz der Effizienzgewinne durch energiesparende Rechentechnik (Deutscher Bundestag 2021:7). Die Antwort auf das SDG 3 liegt somit in den Unterzielen 7.2 Verbesserung der Energieeffizienz und 7.3 Ausbau der erneuerbaren Energien.

Energieverbrauch durch private IT-Nutzung

Fachinformatiker und Fachinformatikerinnen unterstützen nicht nur Industrie und Gewerbe, öffentliche Verwaltung und öffentliche Institutionen bei der Digitalisierung zur Verbesserung aller Produkte und Prozesse, sie entwickeln auch Angebote für Haushalte im Rahmen ihrer angestellten oder unternehmerischen Tätigkeit. Inzwischen

gibt es zahlreiche Studien, die die Energiebedarfe hinsichtlich IT und Haushalte näher betrachtet haben.

Nach der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen betrug der Anteil der IKT der Endenergie an den Haushaltsverbräuchen ca. 77 PJ (ca. 21.6 GW; 2010: ca. 90 PJ), was einem Anteil am Gesamtendenergieverbrauch der Haushalt von nur 3,2% entspricht und der seit 2010 somit um 16% gesunken ist (AGEB 2022). Absolut gesehen ist der Anteil des Verbrauchs aber mit 3,2 % in 2020 und 3,4% in 2010 nahezu konstant geblieben. Zum Vergleich: Der Endenergieverbrauch der Haushalte für Kälte (Kühlen und Gefrieren sowie ein wenig Klimakälte) betrug 107 PJ und somit über 25% mehr als der Stromverbrauch für IKT (ebd.).

ISI, WI, ifeu und prognos haben in 2021 auf Basis einer Meta-Analyse (Auswertung der wissenschaftlichen Literatur) eine Roadmap Energieeffizienz entwickelt (ISI et al. 2021). Hiernach sind die Energieverbräuche im Haushalt von 2008 bis 2018 um 8,1 PJ gesunken (2.25 GWh). Der Verbrauch in dem Bereich Gewerbe-Handel-Dienstleistungen hingegen ist von ca. 74 PJ auf 95 PJ gestiegen. Die Studie stellt hierbei wesentliche Entwicklungen für mehr Energieeffizienz, aber auch Verschiebungen fest. Zum einen werden vermehrt Laptops mit geringerem Energieverbrauch in Haushalten genutzt. Die bessere Energieeffizienz der Laptops ist der Öko-Design-Richtlinie der EU zu verdanken, die Hersteller eben zu mehr Energieeffizienz verpflichtet. Andererseits kommt es zu einer Verlagerung durch Streaming und Cloud-Working, wo höhere Energieverbräuche in den Sektoren Gewerbe-Handel-Dienstleistungen anfallen. Ungeklärt ist noch, wie sich neue Technologien wie Smart Speaker, Virtual-, Augmented- und Mixed-Reality oder digitale Sicherheitstechnik auf die Entwicklung des Strombedarfs von Haushalten auswirken werden.

Unabhängig davon ist der Weg der Stromerzeugung für Rechenzentren, IKT-Infrastruktur und Strom für Endgeräte in Haushalten nur dann nachhaltig, wenn er mit erneuerbaren Energien hergestellt wird. Im Folgenden wird deshalb die Photovoltaik als Schwerpunkt vorgestellt und um die Windenergie (für Rechenzentren) behandelt.

Erneuerbare Energien

Die einfachste Maßnahme zur Transformation des Energiesystems ist der Umstieg auf erneuerbare Energien. Die Technologien sind mehr als ausgereift und der Energiegehalt der Sonneneinstrahlung übersteigt den menschlichen Energiebedarf um ein Vielfaches (vgl. DLR 2010). In der Praxis muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich durch Drehung und Kugelgestalt der Erde der Einstrahlungswinkel ändert, ein Teil der Sonnenenergie durch die Erdatmosphäre abgelenkt oder absorbiert wird und die Umwandlung in nutzbare Energie teilweise mit erheblichen Verlusten verbunden ist. In Deutschland schreitet der Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung zwar langsam, aber vor allem beim Strom, stetig voran. Zwar fehlen bisher zwei große Nutzungsgruppen: Raum- und Prozesswärme für Wohnungen, öffentliche Gebäude, Gewerbe und Industrie sowie Treibstoffe für Fahrzeuge. Während 2021 die erneuerbare Stromerzeugung bei ca. 41% der Gesamtstromerzeugung lag, betrug die erneuerbare

Wärmeerzeugung lediglich 16,5% und der Anteil an erneuerbaren Kraftstoffen knapp 7% (UBA 2022).

Allerdings ist der Ausbau der Erneuerbaren mit Energie- und Ressourcenaufwand verbunden und ein häufiges Gegenargument. Mit Hilfe von Ökobilanzen lässt sich dieser Aufwand und seine ökologischen Wirkungen jedoch bilanzieren (vgl. Quaschnig o.J.). Bei der Fotovoltaik ist z.B. für die Herstellung des hochreinen Siliziums ein erheblicher Energieaufwand in Höhe von ca. 2.000 bis 19.000 kWh/kWp. und im Mittel von ca. 10.000 kWh/kWp notwendig. Hinzu kommen noch die Energiebedarfe für andere Materialien wie z.B. Aluminium für die Montage und Kupfer für die Leitungen sowie weitere notwendige Anlagenbestandteile (Wechselrichter, Zähler u.a.). Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer einer PV-Anlage von ca. 25 Jahren (ebd.) liegt die energetische Amortisation, also die Zeit, in der die Anlage die zu ihrer Herstellung eingesetzte Energie wieder erzeugt hat, zwischen 1 und 3 Jahren.

Wichtig sind hinsichtlich des Ziel "bezahlbarer Energie" vor allem die Kosten von Strom und Wärme. Die Stromgestehungskosten waren in 2021 wie folgt (ISE 2021, gerundet): Dachkleinanlagen 6-11 Cent/kWh, große Dachanlagen 5-10 Cent/kWh, Freiflächenanlagen 3-6 Cent/kWh. Die Stromgestehungskosten fossiler Stromerzeugung lagen in 2021 zwischen 8-13 Cent/kWh für Gas- und Dampfkraftwerke, zwischen 11-28 Cent/kWh bei Gaskraftwerken, 10-15 Cent/kWh Braunkohlekraftwerke sowie 11-20 Cent/kWh bei Steinkohlekraftwerken. Für Kernkraft, mit Rückbau und Endlagerung werden die Stromgestehungskosten auf 50 bis 100 Cent/kWh geschätzt (Siemens-Stiftung 2015). Die konkreten Stromgestehungskosten sind von einer Reihe von Faktoren abhängig. Dazu zählen der Standort (z.B. Entfernung zwischen Kraftwerk und Abbaugbiet), Größe und Alter der Anlagen, Subventionen, Wartung, Abschreibungen sowie die verbaute Erzeugungstechnologien.

Im Folgenden werden die verschiedenen Systeme der erneuerbaren Energieerzeugung und deren Herausforderungen dargestellt.

Strom

Die einfachste Maßnahme zum Umstieg auf erneuerbare Energien ist der Bezug von Ökostrom. Der Wechsel des Stromanbieters zu einem Versorger mit Ökostrom im Angebot ist mit einem geringen Aufwand verbunden und kann in wenigen Minuten vollzogen werden. Der Strom wird dabei nicht aus fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl, Gas oder Uran erzeugt, sondern aus regenerativen Energieträgern wie Sonne, Wind, Wasser oder Biomasse.

Im ersten Halbjahr 2022 lag der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen bei ca. 52% des ins Netz eingespeisten Stroms. Da die Stromproduktion aus verschiedenen Quellen schwankend ist, zeigt erst die Jahresendbilanz, wie die Verteilung sein wird. In 2021 stammten 23% der gesamten Stromproduktion aus Windkraft, 9,8% aus der Fotovoltaik, 8,8% aus Biomasse und 4% aus Wasserkraft. Braun- und Steinkohle

lieferten 20,7% des Stroms, Erdgas 10,5% und die Kernenergie gut 13,3% (Stromreport 2022).

Die Kosten pro Kilowattstunde erzeugten Strom sind je nach Anlagentyp unterschiedlich (ISE 2021). Sie liegen etwa zwischen 3 (PV-Freiflächenanlagen) und 12 Cent (Wind Offshore). Zum Vergleich: Braunkohle Kraftwerke erzeugen Strom für 10 bis 15 Cent/kWh, modernste Gaskraftwerke haben Kosten von 8 bis 13 Cent/kWh. Mit anderen Worten: Die Erneuerbaren Energien sind großtechnisch kostengünstiger als fossile Kraftwerke zumal deren Stromgestehungskosten aufgrund steigender CO₂ Preise in der Zukunft noch zunehmen werden, während die Stromgestehungskosten von regenerativ erzeugten Strom durch technologische Verbesserung z.B. beim Wirkungsgrad und aufgrund von Massenfertigung weiter sinken.

Aus heutiger Sicht ist in Deutschland der weitere Ausbau nur bei Sonnen- und Windenergie nachhaltig. Wasserkraft ist im Wesentlichen erschöpft, weitere Stauseen sollten aus Landschaftsschutzgründen nicht angelegt werden. Allerdings bedingt die Fluktuation der erneuerbaren Energieträger auch die Herausforderung, Energiespeicher zu bauen. Die kostengünstigste Möglichkeit wären Pumpspeicherkraftwerke. Nachteilig sind der Flächenbedarf und der Landschaftsverbrauch und auch die notwendigen geomorphologischen Voraussetzungen wie Höhenunterschied und Kessellage für das Speicherbecken, sowie der Zugang zu Fließgewässern. Inzwischen gibt es jedoch erste Ansätze, als Alternativen sehr groß dimensionierte Batteriesysteme mit einer Leistung von 100 (Australien - Power und Storage 2019) bis 200 MW Leistung (China - Erneuerbare Energie 2021) zu errichten, Kapitel Speicherung.

Fotovoltaik

Die Fotovoltaik wandelt die Strahlungsenergie des Sonnenlichts direkt in elektrischen Strom um. Dazu werden einzelne oder mehrere Solarzellen aus elektrischen Halbleitern in Modulen eingekapselt und je nach verfügbarer Fläche und gewünschter Leistung zusammengeschaltet und mit dem Stromnetz verbunden.

Die Fotovoltaik ist mit einem Anteil von gut 21% an der erneuerbaren Stromproduktion (Stromreport 2022) seit 2007 stark ausgebaut worden und damit die jüngste breit genutzte Stromquelle (vgl. die Graphik auf Wikimedia 2020). Ab 2013 stagnierte der Zuwachs von Fotovoltaik, weil die Konditionen der Einspeisung verschlechtert wurden. Der Anteil der Photovoltaik an der gesamten Stromerzeugung ist jedoch gestiegen: Lag er im 1.Quartal 2018 noch bei 3,5% betrug er im Vergleichsquartal 2021 bereits bei 4,7% und im ersten Quartal 2022 bei 6,5% (DESTATIS 2022b). Aus heutiger Sicht ist die Fotovoltaik neben der Windenergie und der Erdwärme eine der drei Technologien, die zukünftig die Energieversorgung sicherstellen.

Stromgestehungskosten (ISE 2021, gerundet): Dachkleinanlagen 6-11 Cent/kWh, große Dachanlagen 5-10 Cent/kWh, Freiflächenanlagen 3-6 Cent. Die Stromgestehungskosten fossiler Stromerzeugung liegen aktuell zwischen 4 und 15 Cent/kWh. Diese werden jedoch, im Gegensatz zur erneuerbaren Stromerzeugung, aufgrund steigender CO₂-Preise zukünftig steigen. Für Braunkohle wird für das Jahr 2040 ein

Stromgestehungspreis von mehr als 20 Cent/kWh prognostiziert (ISE 2021). Die Kosten der PV-Technologie sinken zunehmend, denn neben den Kosten der Anlagenerrichtung ist auch der Flächenbedarf deutlich gesunken. Jetzt können auch auf kleineren Dächern nennenswerte Anlagengrößen erreicht werden. Ausnahmslos jede gut dimensionierte Eigenverbrauchsanlage lohnt sich wirtschaftlich. Das gesetzliche Förderregime, etablierte Technik und Branchenstandards sorgen dafür, dass diese Investition risikoarm ist. So können sich Unternehmen gegen hohe Strompreise absichern.

Kunden, Geschäftspartner, Mitarbeiter und auch Geschäftsführer legen zudem immer mehr Wert auf Nachhaltigkeit und darauf, einen echten Beitrag zur Energiewende zu leisten. Eine PV-Anlage ist eine einfache und effektive Maßnahme, die auch über Pressemitteilungen und die PR-Abteilung hinaus eine Wirkung entfaltet. PV-Anlagen nutzen bislang brachliegende Ressourcen und sichern durch die Erzeugung von Solarstrom ein zukünftiges Betriebseinkommen. Schon seit einiger Zeit haben sich die relevanten Rahmenbedingungen hin zu einer Stärkung der Photovoltaik entwickelt, denn durch die deutlich gesunkenen Errichtungskosten ist Photovoltaik die günstigste Energieform in beinahe jedem Markt der Welt; auch in Deutschland. Hieraus ergeben sich neue Chancen und Geschäftsmodelle für Immobilienbesitzer und Gewerbetreibende. Zudem kommt die Solardach Pflicht. In einigen Bundesländern ist sie bereits geregelt – für die Bundesebene hat sie der Bundeswirtschaftsminister am 11. Januar 2022 ebenfalls angekündigt.

Eignung der Dachfläche

Eigenerzeugung von Solarstrom

Da Betriebsgebäude in der Regel über große Dachflächen verfügen, besitzen sie ein hohes Potential zur Eigenerzeugung von Solarenergie. Laut der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) sind bisher lediglich 13,2 Prozent der installierten Anlagenleistung aus erneuerbaren Energien in Besitz von Gewerbetreibenden (AEE 2021) In Frage kommen dabei sowohl thermische Solaranlagen zur Erzeugung von Warmwasser, aber auch für Prozesswärme im Niedertemperaturbereich als auch photovoltaische Anlagen zur Erzeugung von elektrischen Strom. Neben den Dachflächen können auch Fassadenflächen zur Erzeugung sowohl von thermischer als auch elektrischer Solarenergie genutzt werden.

Technische Eignung

Bei der Prüfung der technischen Eignung ist sicherzustellen, dass Statik (inklusive Schneelast) und Brandschutz einer Anlagenerrichtung nicht entgegenstehen. Zudem ist eine sog. Netzverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Dabei prüft der zuständige Netzbetreiber, ob im lokalen Verteilnetz genug Kapazität für die avisierte PV-Anlage vorhanden ist oder ob das Verteilnetz neue Einspeiselasen nicht verträgt und zunächst ausgebaut werden muss.

Rechtliche Eignung

Die rechtliche Eignung der Dachfläche richtet sich nach dem öffentlichen Baurecht. Aufdach-PV-Anlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des Bauordnungsrechts und bedürfen daher einer Baugenehmigung. Allerdings haben fast alle Bundesländer diese Genehmigungspflicht in ihren Bauordnungen bereits abgeschafft. Relevanz kann auch das Bauplanungsrecht nach dem Baugesetzbuch haben, falls die Anlage einem Bebauungsplan z.B. hinsichtlich der Gebäudehöhe widerspricht. Neben dem Bauplanungsrecht kann auch der Denkmalschutz der Errichtung einer PV-Anlage entgegenstehen und die rechtliche Eignung der Dachfläche ausschließen.

Betriebsmodelle

Dachverpachtung und Contracting-Modelle

Die einfachste Möglichkeit, von einem geeigneten Dach zu profitieren, ist die Verpachtung der Dachfläche an Dritte. Diese sind dann an Stelle des Immobilieneigentümers Betreiber der Anlage. Stadtwerke, Energieversorgungsunternehmen und Projektentwickler bieten bereits „schlüsselfertige“ Dachpachtlösungen an. Dabei baut der Betreiber auf seine Kosten die Anlage, bewirtschaftet sie und übernimmt das unternehmerische Risiko. Nachdem der Pachtvertrag abgelaufen ist, wird die Anlage rückgebaut und das Dach in seinen Ursprungszustand zurückgegeben. Vorteil dieser Lösung ist, dass keine Kapitalinvestitionen des Gebäudeeigentümers nötig sind. Sofern der Gebäudeeigentümer seinen Eigenverbrauch mit der PV-Anlage abdecken will, zugleich aber nicht weiter in den Anlagenbetrieb involviert werden möchte, bietet sich eine Dachverpachtung mit Contracting-Modell an. Dabei kann gegen eine monatliche Gebühr eine Eigenverbrauchslösung realisiert werden.

Eigenverbrauch mit Überschusseinspeisung

Besonders attraktiv ist die Gestaltung des Eigenverbrauchs. Hintergrund ist, dass der Strommarkt sich in einer anhaltenden Hochpreisphase mit nie dagewesenen Letztverbraucherpreisen befindet. Dies wird sich auf absehbare Zeit voraussichtlich nicht ändern. Demgegenüber sind die PV-Gestehungskosten auf einem Allzeittief und im Leistungsbereich über 30 kWp sogar niedriger als die statistischen mittleren Gewerbe- und Industriekundentarife. Die betrachteten Stromgestehungskosten aus PV-Anlagen sind teilweise sogar niedriger als die Stromgroßhandelspreise. Jede selbst verbrauchte Kilowattstunde Solarstrom verdrängt teureren Strombezug aus dem Netz. Häufig ist die Einsparung je kWh hierbei höher als die Einspeisevergütung bei einer Volleinspeisung, weshalb die Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils die Wirtschaftlichkeit erhöht. Der Eigenverbrauch wird deshalb vom Gesetzgeber gefördert, indem bestimmte Kosten wie Netzentgelte, Konzessionsabgabe, Stromsteuer sowie die Netzumlagen ganz oder teilweise entfallen. Falls mehr Strom erzeugt als selbst verbraucht wird, kann dieser Anteil in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist werden (Überschusseinspeisung). Dafür erhält der Anlagenbetreiber eine Einspeisevergütung.

Volleinspeisung

In diesem Fall ist der Dacheigentümer auch Betreiber der PV-Anlage. Der gesamte erzeugte Strom wird in das Netz der Allgemeinen Versorgung eingespeist und der Anlagenbetreiber erhält für jede eingespeiste kWh die sog. Einspeisevergütung. Allerdings sinkt diese garantierte Vergütung mit zunehmender Größe der Anlage, denn mit steigender Anlagengröße sinken die Systemkosten. Anlagen ab 100 kWp sind im Regelfall zur Direktvermarktung verpflichtet. Der erzeugte Strom wird hierbei direkt an der Strombörse verkauft und der Betreiber erhält die erzielten Erlöse abzüglich eines Vermarktungsentgelts (Sokianos et al 2022, Uhland et al 2021, ERLP 2017).

Technologien

Solarzellen aus kristallinem Silizium

Solarzellen aus kristallinem Silizium werden mit über 90% am häufigsten verbaut. Als Ausgangsmaterial für ihre Herstellung dient Siliziumdioxid (SiO_2) das als Quarzsand oder Quarzkristall abgebaut wird

Aus SiO_2 wird in einem mehrstufigen und sehr energieaufwendigen Verfahren hochreines, polykristallines Silizium (poly-Si) mit einer Reinheit von 99,99999% hergestellt. Die Herstellung erfolgt in einem Lichtbogenofen bei Temperaturen von etwa 2.000 °C. Entsprechend ist die Errichtung von Anlagen zur Herstellung von hochreinem Solarsilizium besonders kapitalintensiv. In Blöcke gegossen dient das Solarsilizium als Ausgangsmaterial für poly-Si-Solarzellen. Aus eingeschmolzenen poly-Si können in einem weiteren Schritt Silizium-Einkristalle (mono-Si) gezogen werden. Die gewonnenen poly-Si-Blöcke oder mono-Si-Blöcke (Si-Einkristalle) werden in etwa 0,2 mm dicke Scheiben («Wafer») gesägt und in einer Abfolge von mehreren Prozessschritten zu Solarzellen weiterverarbeitet. Solarmodule aus monokristallinem bzw. polykristallinem Silizium haben als bereits lang bewährte Technologie die höchsten Marktanteile. Ihre Vorteile sind die hohen Wirkungsgrade und die gute Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials. Nachteilig ist ihr hohes Gewicht und Einschränkungen hinsichtlich der Modulgeometrie.

Dünnschicht-Solarmodule

Der Herstellungsprozess der Dünnschicht-Solarmodule unterscheidet sich grundsätzlich von dem der Solarmodule aus kristallinem Silizium. Zwar bestehen die Solarzellen ebenfalls aus elektrischen Kontakten und einem absorbierenden Material, in dem im Zusammenspiel mit weiteren Schichten auch die Trennung der Ladungsträger stattfindet. Diese Schichtstapel werden aber direkt aus einem Trägermaterial hergestellt. Die Dicke der Schichtstapel liegt in der Regel unter 5 μm , wobei die -lichtabsorbierende Schicht nur 1-3 μm einnimmt, also etwa hundertmal weniger als bei den Solarzellen aus kristallinem Silizium. Damit sinkt nicht nur der Materialaufwand deutlich, sondern auch die für die Herstellung benötigte Energie. Dadurch lassen sich auch Dünnschichtmodule deutlich einfacher und kostengünstiger produzieren als ein übliches kristallines Photovoltaikmodul

Als Trägermaterial können, je nach Technologie, Glas, Metall- oder Kunststofffolien eingesetzt werden. Werden flexible Trägermaterialien verwendet, lassen sich schnelle Rolle-zu-Rolle-Verfahren für die Herstellung der Schichten in der Fertigung nutzen. Als Schichtmaterialien kommen insbesondere Halbleitermaterialien wie Galliumarsenid (GaAs), Cadmiumtellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) zum Einsatz. Vorteile der Dünnschichtzellen sind ihr geringes Gewicht, ihre guten Erträge bei diffusem und schlechtem sowie die schnelle energetische Amortisation aufgrund des geringen Energieeinsatzes bei ihrer Herstellung. Ein weiterer Vorteil ist ihre Flexibilität, welche bei entsprechenden Substraten flexible sowie weitgehend beliebige Modulformen erlauben, was sie besonders für die Fassadenintegration geeignet macht. Nachteilig ist der im Vergleich zu kristallinen Zellen geringere Wirkungsgrad, der wiederum einen erhöhten Flächenbedarf bedingt. Zudem ist der alterungsbedingte Leistungsabfall höher. Nachteilig sind ferner die teilweise nur begrenzten Rohstoffe wie z.B. Indium sowie die eingeschränkte Recyclierbarkeit des Schichtmaterials.

Weitere Technologien mit hohem Potenzial

Andere Technologien, die auf dem PV-Markt noch nicht messbar sind, aber ein hohes Potenzial haben, sind Farbstoffsolarzellen (auch Grätzel-Solarzellen genannt), organische Solarzellen, Hybridkollektoren und hocheffiziente Solarzellen in Kombination mit einer Optik, die das Sonnenlicht auf die Solarzellen bündelt (Konzentrator-Solarzellen).

Anlagenarten

Hauptsächlich gibt es zwei Arten für Photovoltaikanlagen:

- Aufdachmontage
- Bodenmontage (Freiflächenmontage)

Als dritte Art kann die gebäudeintegrierte Photovoltaik genannt werden, bei der die Module direkt in ein Gebäude z. B. als Fassade integriert sind.

Aufdach Anlagen

Aufdach-Photovoltaikanlagen sind eine weit verbreitete Möglichkeit für Eigenheime, Unternehmen und öffentliche Gebäude ihren eigenen Strom zu erzeugen. Inzwischen sind PV-Anlagen nicht nur weit verbreitet, sondern auch zu einer Art Symbol für grüne Energie, zukunftsorientiertes Denken und Energiebewusstsein geworden. Nicht zuletzt steigert eine Photovoltaikanlage auf dem Hausdach auch den Wert eines Gebäudes. Vorteilhaft ist insbesondere

- Das vorhandene Dach kann optimal genutzt werden.
- Das Dach wird vor eventuellen Umwelteinwirkungen zusätzlich geschützt.
- Aufdachmontierte Anlagen sind meist schnell und einfach zu installieren
- Geringer Wartungsaufwand

Nachteilig ist demgegenüber

- Erst Installationskosten
- Mögliche Dachmodifikationen, bevor die Installation überhaupt durchgeführt werden kann.
- Platzbeschränkungen, abhängig von der Größe und Beschaffenheit des Daches
- Der unveränderbare Winkel und die Ausrichtung der Dachebenen

Bodenmontierte Anlagen

Bodenmontierte Photovoltaikanlagen sind inzwischen ebenfalls weit verbreitet, werden aber vorwiegend von großen Unternehmen bzw. Energieanbietern genutzt. Diese Anlagen arbeiten oftmals mit einer Nachführung. Diese sorgt dafür, dass die Ausrichtung der Solarmodule dem Lauf der Sonne folgt. Somit kann mehr Sonnenlicht erfasst werden, als mit herkömmlichen und fest installierten Photovoltaikanlagen. Vorteile bodenmontierter Anlagen sind (Wirth, 2022; Ritter et al, 2021):

- Aufgrund ihrer Größe ist auch eine größer dimensionierte Stromerzeugung möglich.
- Bodenmontierte Anlagen haben die Möglichkeit die festen Winkelbeschränkungen – wie sie bei der Aufdachmontage gegeben sind – zu umgehen
- Einfache Wartung aufgrund des leichteren Zuganges

Nachteilig ist demgegenüber:

- Bodenmontierte Anlagen nehmen sehr viel Fläche ein, die möglicherweise umgewidmet werden muss.
- Riesige Freiflächenanlagen sind optisch auffällig, was zu Konflikten mit dem gewünschten Landschaftsbild führen kann.

Windkraft

Unter Windkraft wird die großtechnische Nutzung der Bewegungsenergie des Windes verstanden. Unterschieden wird zwischen der Offshore (auf dem Meer) und der Onshore (an Land) Nutzung der Windenergie. Die typischen Komponenten einer Windkraftanlage sind der Turm, die Rotoren und die Gondel, in der die Bewegungsenergie der Rotoren mit Hilfe eines Generators in elektrischen Strom umgewandelt wird. Im Jahr 2021 betrug der Anteil der Windkraft ca. 50 % am gesamten in Deutschland erzeugten erneuerbaren Strom (Stromreport 2022). Der Ausbau hat wesentlich in den Jahren von 2000 bis 2017 stattgefunden. Seitdem ist der Zuwachs geringer, weil sich lokal viele Menschen gegen Windkraftanlagen wehren. Seit Ausbruch des Ukraine-Krieges und dem damit verbundenen Gaslieferstopp Rußlands, sowie seit den deutlichen Auswirkungen der Klimakrise (Waldbrände, Flut), werden wieder höhere Ausbauziele der Windenergie genannt.

Für den Betrieb von Rechenzentren ist die Windkraft nicht unmittelbar eine Lösung, da Kleinwindanlagen (bis zu 20 m Höhe) – die auch in Gewerbegebieten installiert werden könnten – immer hohe Genehmigungsanforderungen haben. Windkraft kann aber dennoch insbesondere für Rechenzentren mit hohem Strombedarf Vorteile haben. Viele

Großunternehmen, die sich in Richtung einer klimaneutralen Produktion weiterentwickeln wollen, nutzen Beteiligungsmodelle an On- oder Offshore-Windparks. Beispielsweise investiert die BASF – einer der größten Stromverbraucher in Deutschland in den Offshore-Windparks Hollandse Kust Zuid (Chemie Technik 2021). Der Chemiekonzern zahlt für die Beteiligung am größten Offshore-Windpark-Projekt der Welt 300 Mio. Euro. Die Leistung dieses Windparks soll 1,5 GW betragen – so viel wie zwei große Kohlekraftwerke und mehr als ein Atomkraftwerk leistet.

Mobilität

Im Rahmen der sogenannten Verkehrswende spielt die Dekarbonisierung der Antriebe eine zentrale Rolle, denn die Treibhausgasemissionen der Mobilität sind, mit rund 149 Mio. t CO₂-Äq bzw. fast 20% aller CO₂-Emissionen allein in Deutschland im Jahr 2021, maßgeblich für den Klimawandel verantwortlich (UBA 2022). Differenziert nach verschiedenen Verkehrsarten zeigt sich, dass der Straßengüterverkehr 2020 rund 46 Mio. t CO₂-Äq bzw. 30% der Verkehrsemissionen verursacht (ebd.) hat. Es sind somit zwei Trends wirksam: Zum einen eine Minderung der Emissionen (insbesondere der Schadstoffe), die aber bei LKWs deutlich größer sind (-32%) als bei PKWs (-5%). Zum anderen stieg für beide die Zahl der gefahrenen Kilometer – die PKW-Fahrleistung hat sich seit 1995 verdoppelt, die des Güterverkehrs per LKW ist um 74% gestiegen (ebd.).

Geschäftsreisen

Bei Geschäftsreisen besteht vielfach die Wahl zwischen Bahn und Pkw-Nutzung, wobei die PKW-Nutzung im Mittel zum Vier- bis Fünffachen an CO₂-Emissionen führt (Mein Klimaschutz o.J.). Bei innerdeutschen Flügen ist man oder Frau aufgrund der langen Check-In-Zeiten im Prinzip kaum schneller als mit der Bahn. Hier kann der UmweltMobilCheck der Deutschen Bahn eine Orientierung geben (Deutsche Bahn o.J.). Eine Fahrt von Berlin nach Hamburg führt bei Pkw-Nutzung zu etwa 54 kg CO₂-Äq, bei Bahnnutzung zu 0,03 kg CO₂-Äq.

Sollten Geschäftsreisen mit dem Flugzeug gelegentlich unvermeidbar sein, bieten sich Kompensationsmodelle zum Ausgleich der Klimawirkung an, bei denen eine Klimakompensation erfolgt. Hierbei wird ein Geldbetrag entsprechend der verursachten Emissionen überwiesen und dieser wird in Klimaschutzprojekte investiert z.B. in den Moorschutz oder Wiederaufforstung (vgl. atmosfair o.J.). Bei einem Hin- und Rückflug von Berlin nach Shanghai entstehen ca. 4.800 kg CO₂ Emissionen. Diese können durch 111 € Ausgleichszahlung kompensiert werden.

Fuhrpark für den motorisierten Individualverkehr

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) wird mit PKW's durchgeführt. Alle Unternehmen besitzen zumindest ein Fahrzeug für den Geschäftsführer, größere Unternehmen stellen Dienstfahrzeuge, große Unternehmen haben ganze Fahrzeugflotten. Laut Statista gab es 2020 mehr als 5 Millionen PKW's mit einem gewerblichen Fahrzeughalter (ca. 11% des Fahrzeugbestandes, Statista 2022b). Um die

Emissionen im Verkehr deutlich zu reduzieren – dies ist unbedingt notwendig, um die international vereinbarten Klimaziele zu erreichen – muss der Fuhrpark auf emissionsarme Fahrzeuge umgestellt werden. Bei der Umstellung des betrieblichen Fuhrparks von Fahrzeugen mit (fossilen) Verbrennungsmotoren auf alternative Antriebskonzepte stehen derzeit Elektrofahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebskonzepten, Wasserstofffahrzeuge mit Brennstoffzellen sowie die Nutzung biogener Kraftstoffe in der Diskussion:

- **Hybrid-Fahrzeuge:** Es gibt verschiedene Typen wie Mild-Hybrid, Voll-Hybrid, Plug-in-Hybrid oder Range Extender, die einen mehr oder weniger starken Verbrenner mit einem Elektroantrieb kombinieren. Solange die Reichweite reiner E-Autos noch begrenzt ist, wird es auch diese Fahrzeuge geben.
- **Elektroauto mit Batterie:** Ein vollelektrisches Fahrzeug (BEV) wird ausschließlich von einem batteriebetriebenen Elektromotor angetrieben. Der wird über das Stromnetz aufgeladen, das heißt: er benötigt keinen fossilen Kraftstoff. Dadurch fährt das Fahrzeug zu 100% emissionsfrei. Allerdings ist hier der Strommix von Bedeutung: Der Anteil von Gas und Kohle führt zu Emissionen bei der Stromerzeugung.
- **Elektroauto mit Brennstoffzelle:** Ein Brennstoffzellenauto (FCEV) wird ausschließlich von einem Elektromotor angetrieben. Der Strom wird in einer Wasserstoff-Brennstoffzelle erzeugt. Bei der Nutzung von Wasserstoff in Fahrzeugen ist von entscheidender Bedeutung, dass dieser mit elektrischem Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt wird, ein sogenannter grüner Wasserstoff – denn nur dann ist sein Einsatz in Fahrzeugen CO₂-frei und damit klimaneutral. Die Herstellung von grünem Wasserstoff erfolgt mittels Elektrolyse von Wasser.
- **Biogene Kraftstoffe:** Hier wird der Kraftstoff aus Pflanzen erzeugt. Dies können Öl-Pflanzen wie Raps sein, aus denen Biodiesel, oder Zuckerrohr, aus dem Ethanol erzeugt wird. Letzteres ist z.B. in Brasilien eine wichtige Kraftstoffquelle. Die Antriebstechnik ist vergleichbar mit konventionellen Verbrennungsmotoren mit der Ausnahme, dass das bei der Verbrennung entstehende CO₂ klimaneutral ist, denn die bei der Verbrennung freigesetzte CO₂-Menge entspricht in etwa derjenigen Menge, die die Pflanze während ihres Wachstums mittels Photosynthese der Atmosphäre entzogen hatte.

Wie wird sich die individuelle und die gewerbliche Mobilität der Zukunft gestalten? Vermutlich wird es die Elektromobilität mit Batterien für PKW und kleine Nutzfahrzeuge bis 3,5 Tonnen sein. Von entscheidender Bedeutung ist, dass der elektrische Strom zur Ladung der Fahrzeugbatterie mit erneuerbaren Energien erzeugt wird. Bei LKW in der Klasse ab 7,5 t ist die Frage noch nicht beantwortet – hier konkurrieren Elektromobilität mit Batterien und Fahrzeuge mit Brennstoffzellen noch miteinander.

Nutzungsverhalten

Neben der Umrüstung der Dienstwagen auf elektrische Antriebe sollte auch der individuelle Umgang mit Mobilität überdacht werden. Es können beispielsweise

THG-Emissionen eingespart werden, wenn die Mitarbeitenden zu Fuß oder mit dem Rad zum Arbeitsplatz im Handel kommen, sofern aus gesundheitlichen Gründen oder einer zu großen Distanz zum Arbeitsort nichts dagegen spricht. Zudem kann der Betrieb die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel z.B. durch ein Jobticket attraktiver gestalten. Auch die Förderung von Dienstfahrrädern ist in einigen Städten und Kommunen möglich. Zusätzlich ist die Bildung von Fahrgemeinschaften denkbar, wenn es sich von den Arbeitszeiten und den Wegen anbietet. Strecken, die mit dem Auto gefahren werden müssen, sollten optimiert werden (Routenoptimierung), insbesondere gilt dies für den Transport von Waren. Außerdem hat die Fahrgeschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf die ausgestoßenen THG-Emissionen. Laut Umweltbundesamt verursachten im Jahr 2020 Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf Bundesautobahnen in Deutschland THG-Emissionen in Höhe von rund 30,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen würden die Emissionen um jährlich 2,0 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert und ein Tempolimit von 100 km/h würde sie um 4,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr mindern (UBA 2022b). Auch ohne generelles Tempolimit kann jede*r die Fahrgeschwindigkeit reduzieren, das spart nicht nur THG-Emissionen sondern auch Kosten ein (mobile.de 2020). Denn bei hohen Geschwindigkeiten verbrauchen Fahrzeuge überdurchschnittlich viel Kraftstoff. Nach Angaben des ADAC verbraucht ein Mittelklasseauto um bis zu zwei Drittel mehr Kraftstoff, wenn es statt 100 km/h mit 160 km/h fährt (ebd.).

Quellenverzeichnis

- AEE Agentur für Erneuerbare Energien (2021): Eigentümerstruktur der Erneuerbaren Energien. Online:
https://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/56121.AEE_EE_in_Buergerhand_2019_mrz_21.jpg
- DESTATIS (2022b) 2,2 Millionen Photovoltaik-Anlagen in Deutschland installiert. Pressemitteilung Nr. N 037 vom 21. Juni 2022. Online:
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/06/PD22_N037_43.html
- DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2010): Frage der Woche: Wie viel Energie schickt uns die Sonne jeden Tag?
<https://www.dlr.de/blogs/home/energie/frage-der-woche-wie-viel-energie-schickt-uns-die-sonne-jeden-tag.aspx>
- EcoTransIT (o.J.): Emissionsrechner für Treibhausgase und Luftschadstoffe. Online:
<https://www.ecotransit.org/de/emissionsrechner/>
- ERLP (2017): Attraktive Geschäftsmodelle mit PV-Anlagen. Studie im Auftrag der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH in Zusammenarbeit mit BET – Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH. Stand: Mai 2017. Online:
https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/broschueren/Energieagentur/Attraktive_Geschaeftsmodelle_mit_PV-Anlagen_201705.pdf
- ISE (2021): Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Fluri, Dominik Peper, Aschkan Davoodi Memar, Thomas Schlegl. Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien: Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme – ise:Online:
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf

- Mein Klimaschutz (o.J.) CO₂ durch Verkehrsmittel im Vergleich
<https://www.mein-klimaschutz.de/unterwegs/a/einkauf/welches-verkehrsmittel-verursacht-im-vergleich-mehr-co2/>
- Pflanzenforschung.de/ Anabel Mechela (2020): Photosynthese 2.0 Von der Jagd nach mehr Effizienz bis zum künstlichen Blatt
<https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/photosynthese-20#>
- Power and Storage (2019): Weltgrößter Tesla-Batteriespeicher in Australien wird erweitert. Online:
<https://www.power-and-storage.de/tesla-batteriespeicher-in-australien-wird-erweitert>
- Quaschnig, Volker (o.J.) Energieaufwand zur Herstellung von Photovoltaikanlagen. Online:
<https://www.volker-quaschnig.de/datserv/kev/index.php>
- Ritter, David; Bauknecht, Dierk und Krieger, Susanne (2021): Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Dachanlagen - Eine differenzierte Betrachtung von Volleinspeise und Eigenverbrauchsanlagen. Umweltbundesamt (Hrsg.) Climate Change 66/2021. Dessau-Roßlau, Oktober 2021. Online:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_66-2021_wirtschaftlichkeit_von_photovoltaik-dachanlagen.pdf
- Sokianos, Janis; Wengert, Christian (2022): Gewerbliche Dachflächen-Photovoltaik: Überblick, Rechtsrahmen, Gestaltungsvarianten. LEGAL UPDATE. Energierecht 3.3.2022 Görg Wirtschaftskanzlei Berlin. Online:
www.goerg.de/sites/default/files/2022-03/20220303_G%C3%96RG_Legal%20Update_Gewerbliche%20Dachfl%C3%A4chen-Photovoltaik.pdf
- Stromreport (2022) Deutscher Strommix - Stromerzeugung Deutschland bis 2022. Online:
<https://strom-report.de/strom/#>
- UBA Umweltbundesamt (2021): Wie hoch sind die Treibhausgasemissionen pro Person in Deutschland durchschnittlich? Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person>
- UBA Umweltbundesamt (2022): Erneuerbare Energien in Zahlen. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>
- UBA Umweltbundesamt (2022b): Tempolimit. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/tempolimit#t>
- Uhland et al (2021): Thomas Uhland, Nicolas Fuchs, Verena Fluri, Christoph Kost: Photovoltaik in Gewerbe und Industrie - Solarenergie erfolgreich einsetzen. Solar Cluster Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.) Stuttgart 2021. Online:
https://solarcluster-bw.de/fileadmin/Dokumente/Downloads/2021_12_Solar_Cluster_BW_PV-Netzwerk_Leitfaden_Photovoltaik_in_Gewerbe_und_Industrie.pdf
- Wikimedia (2020): Installierte PV-Leistung in Deutschland. online:
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90477752>
- Wirth, Harry (2022): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer ISE. Freiburg 30.10.2022. Online:
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

SDG 8 „Menschenwürdige Arbeit“

“Dauerhaftes, inklusives und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern”

In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wird zum SDG 8 auf das Leitbild „Soziale Marktwirtschaft“ verwiesen (Bunderegierung 2021: 2214):

„Soziales Ziel ist es, unternehmerische Freiheit und funktionierenden Wettbewerb mit sozialem Ausgleich und sozialer Sicherheit zu verbinden. Mit Hilfe der Prinzipien der Sozialen Marktwirtschaft, wie fairer Wettbewerb, Unternehmensverantwortung, Sozialpartnerschaft, Mitbestimmung und gerechte Verteilung des erwirtschafteten Wohlstands, werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass wir auch in Zukunft noch Wachstum, Wohlstand und Beschäftigung haben.“

Hinsichtlich des SDG 8 sind zwei Ebenen zu betrachten: Eine nationale Ebene und die globale Ebene.

Auf der nationalen Ebene steht Deutschland laut der "European Working Survey" hinsichtlich der Arbeitsbedingungen sehr gut da – 89% der Befragten geben an, mit ihrem Job zufrieden zu sein und 91% bestätigen einen fairen Umgang mit ihnen als Arbeitnehmer*innen (Eurofond 2021). Jedoch zeigt der Index "Gute Arbeit" des Deutschen Gewerkschaftsbundes (DGB 2022) detailliert, dass es in manchen Branchen, wie dem Gesundheitssektor und bei Beschäftigten in Leiharbeitsverhältnissen noch große Defizite gibt (DGB 2022). Besonders negativ sind hierbei die Kriterien "Arbeitsintensität" und "Einkommen" aufgefallen, die notwendigen Handlungsbedarf in Berufsbildern aufzeigen.

Auch wenn Kinderarbeit und Sklaverei in Deutschland keine Rolle spielen, so ist die Umsetzung der verschiedenen Unterziele des SDG 8 eine dauerhafte Aufgabe im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Noch ein zweites gilt: Aufgrund der komplexen Lieferketten müssen Unternehmen Verantwortung für ihre Produkte auch in den Ländern, wo diese hergestellt werden, übernehmen. An dieser Stelle sollen folgende Unterziele betrachtet werden:

- 8.5 Bis 2030 produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle Frauen und Männer, einschließlich junger Menschen und Menschen mit Behinderungen, sowie gleiches Entgelt für gleichwertige Arbeit erreichen
- 8.6 Bis 2020 den Anteil junger Menschen, die ohne Beschäftigung sind und keine Schul- oder Berufsausbildung durchlaufen, erheblich verringern
- 8.b Bis 2020 eine globale Strategie für Jugendbeschäftigung erarbeiten und auf den Weg bringen und den GLOBALEN BESCHÄFTIGUNGSPAKT DER INTERNATIONALEN ARBEITSORGANISATION umsetzen (ILO o.J.; Destatis o.J.)
- 8.7 Sofortige und wirksame Maßnahmen ergreifen, um Zwangsarbeit abzuschaffen, moderne Sklaverei und Menschenhandel zu beenden und das Verbot und die Beseitigung der schlimmsten Formen der Kinderarbeit, einschließlich der Einziehung und des Einsatzes von Kindersoldaten, sicherstellen und bis 2025 jede Form von Kinderarbeit ein Ende setzen

- 8.8 Die Arbeitsrechte schützen und sichere Arbeitsumgebungen für alle Arbeitnehmer, einschließlich der Wanderarbeitnehmer, insbesondere der Wanderarbeitnehmerinnen, und der Menschen in prekären Beschäftigungsverhältnissen, fördern.

Die Schnittstellen zur neuen Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ ergibt sich über die Beachtung der gesellschaftlichen Folgen des beruflichen sowie der zu entwickelnden Beiträge für ein nachhaltiges Handeln (BMBF 2022)

- a. Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und **Gesellschaft** im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen
- b. bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und **sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit** nutzen
- e. Vorschläge für nachhaltiges Handeln für den eigenen Arbeitsbereich entwickeln
- f. unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und **sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren**

Menschenwürdige Arbeit

Menschenwürdige Arbeit in Deutschland bedeutet vor allem Arbeit, die sich zumindest an internationalen Standards orientiert. Formuliert sind diese in der allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (Vereinte Nationen 1948; UN-Charta, Artikel 23 und 24). Als “menschenunwürdige Arbeit” werden Kinderarbeit, Sklavenarbeit und teilweise Leiharbeit bezeichnet sowie Merkmale bei den Beschäftigungsverhältnissen, die sich nicht an den o.g. Regelwerken orientieren, wie “fehlende soziale Sicherheit”, “mangelnder Arbeitsschutz”, “Ausnutzung von Scheinselbstständigen” und “Ungleichbehandlung von Frauen”.

Saisonarbeit

Alle bei einem in Deutschland ansässigen Unternehmen befristet angestellte Arbeitnehmer: innen aus anderen Ländern werden als Saisonarbeiter bezeichnet. Laut Definition in den relevanten Vorschriften üben sie eine Tätigkeit aus die *“aufgrund eines immer wiederkehrenden saisonbedingten Ereignisses oder einer immer wiederkehrenden Abfolge saisonbedingter Ereignisse an eine Jahreszeit gebunden sind, während der Bedarf an Arbeitskräften den für gewöhnlich durchgeführte Tätigkeiten erforderlichen Bedarf in erheblichem Maße übersteigt”* (Zoll 2022). Folgende Bereiche setzen Saisonarbeitskräfte ein:

- Tourismus: Gaststätten, Hotels für Kellner: innen, Küchenpersonal, Zimmerservice und in Betrieben, die nicht ganzjährig geöffnet sind, wie

Biergärten und Skihütten, oder auch zur Abdeckung von Arbeitsspitzen in Ausflugslokalen.

- Schaustellergewerbe auf Volksfesten, Jahrmärkten etc.
- In der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau (Erntehilfen in Sonderkulturbetrieben wie Obst-, Gemüse- oder Weinbau).

DGB Index Gute Arbeit

Die Qualität von Arbeitsbedingungen wird seit 2012 aufgrund von 42 standardisierten Fragen in einer bundesweiten repräsentativen Erhebung ermittelt (DGB 2022). Elf Kriterien der Arbeitsqualität werden abgefragt. Im November 2022 wurde der DGB-Index Gute Arbeit 2022 veröffentlicht. Wie schon in den vorangegangenen Jahren gibt es zu den Kriterien „Arbeitsintensität“ und „Einkommen“ erhebliche kritische Bewertungen.

Der Index 2022 zeigt z. B. für die Branchen „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (64), „Ver- und Entsorgung“ (69), „Baugewerbe“ (66), „Gastgewerbe“ (62), „Information und Kommunikation“ (69), „Finanz- und Versicherungsdienstleistungen“ (68) und „Gesundheitswesen“ (62) auf, dass die Arbeitsbedingungen noch weit entfernt sind vom Anspruch „Gute Arbeit“.

In der ausführlichen Debatte über die Detailergebnisse für 2022 sticht hervor, dass Beschäftigte in Leiharbeitsverhältnissen ihre Situation auffällig schlecht bewerten (ebd.).

*„Auf Branchenebene kommen Beschäftigte aus dem Gastgewerbe und dem Gesundheitswesen auf die niedrigsten Indexwerte (jeweils 62 Punkte). In der Informations- und Kommunikationsbranche (IuK) liegt der Wert dagegen bei 69 Punkten. Auch in den Branchen treten auf Ebene der Teilindizes zum Teil sehr große Unterschiede zutage. Beim Teilindex „Ressourcen“ kommen IuK-Beschäftigte auf 75 Indexpunkte, Arbeitnehmer*innen aus der Metallerzeugung und -bearbeitung dagegen lediglich auf 68 Punkte. Die höchsten Belastungen finden sich im Bereich Erziehung und Unterricht (54 Punkte) sowie im Gesundheitswesen (56 Punkte), wo häufig sowohl physische als auch psychische Belastungsfaktoren auftreten. Die größte Diskrepanz auf Branchenebene zeigt sich bei der Bewertung von „Einkommen und Sicherheit“. Hier liegen die Befragten aus dem Gastgewerbe mit 54 Punkten um 16 Punkte unter dem Wert der Beschäftigten aus der öffentlichen Verwaltung (70 Punkte).“ (a.a.O., S. 13)*

Darüber hinaus zeigt der Blick in einzelne Branchen und Berufsgruppen, dass noch immer körperliche Belastungen in vielen Bereichen sehr verbreitet sind (ebd.:S. 19).

Einen wesentlichen Einfluss auf die Bewertung der eigenen Arbeitsbedingungen haben die Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten im Arbeitskontext. Im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung ist das Kriterium „Sinn der Arbeit“ eine wesentliche Ressource zur Beurteilung der eigenen Arbeitsbedingungen. Dazu führt der Bericht

„Index Gute Arbeit 2022“ aus: „Der Sinngehalt von Arbeit ist eine Ressource, die sich aus unterschiedlichen Quellen speisen kann. Dazu gehört, dass die Produkte bzw. Dienstleistungen, die produziert oder erbracht werden, als nützlich erachtet werden. Häufig ist dies mit der Einschätzung verbunden, ob die Arbeit einen gesellschaftlichen Mehrwert erzeugt. Sinnhaftigkeit kann dadurch entstehen, dass die Arbeit einen Nutzen für Andere hat. Und wichtig für Sinnempfinden ist auch, dass die eigenen, ganz konkreten Arbeitsaufgaben und -merkmale nicht sinnlos erscheinen. Wird Arbeit als sinnvoll empfunden, wirkt sich das positiv auf die Motivation und das Wohlbefinden der Beschäftigten aus. Dauerhaft einer als sinnlos erachteten Arbeit nachzugehen, stellt dagegen eine mögliche psychische Belastung und damit ein gesundheitliches Risiko dar.

BDA - Die Arbeitgeber

Die Arbeitgeber argumentieren mit positiven Statistiken, dass die Arbeitsbedingungen in Deutschland sehr gut sind (BDA o.J.). So sind laut der European Working survey 89% der in Deutschland Beschäftigten mit ihrem Job zufrieden, 74% gaben in der Befragung an, dass ihnen ihr Job Spaß macht und 91% bestätigen einen fairen Umgang am Arbeitsplatz (Eurofond 2021, BDA o.J.). Auch hinsichtlich der Arbeitssicherheit ist die Entwicklung positiv: Sowohl die Arbeitsunfälle, als auch die Unfallquote hat sich seit 1991 halbiert (BDA o.J.). Diese befinden sich seit 2004 unter 1 Mio. und bewegen sich seitdem zwischen 954.000 und 760.000 gemeldeten Fällen (Statista 2021).

Außerdem wird auf die Prävention und den Gesundheitsschutz hingewiesen, für den 2016 ca. 5 Mrd. € ausgegeben wurden, was 40% der gesamten Ausgaben von 11,7 Mrd. € ausmacht (BDA o.J.). Die betriebliche Gesundheitsförderung, wie Stressmanagement, gesundheitsgerechte Mitarbeiterführung oder Reduktion der körperlichen Belastung kommt dabei sowohl den Beschäftigten als auch den Arbeitgebern zugute. Zuletzt wird noch auf die Eigenverantwortung hingewiesen, die aus selbstverantwortlichen Entscheidungen und flexibleren Arbeitszeiten resultiert.

Prekäre Beschäftigungsverhältnisse

Menschen arbeiten auch in Deutschland teilweise in prekären Beschäftigungsverhältnissen und die „Bedeutung des sogenannten Normalarbeitsverhältnisses nimmt ab, während atypische Formen von Arbeit an Bedeutung zunehmen“ (Jakob 2016). Dazu zählen befristete Arbeitsverträge, geringfügige Beschäftigung, Zeitarbeit, (Ketten-)Werkverträge und verschiedene Formen der (Schein-)Selbstständigkeit oder auch Praktika. Durch die Agenda 2010 wurde das Sicherungsniveau für von Arbeitslosigkeit Betroffene deutlich gesenkt (Arbeitslosengeld I in der Regel nur für ein Jahr, danach Arbeitslosengeld II). Menschen sehen sich eher gezwungen, „jede Arbeit zu fast jedem Preis und zu jeder Bedingung anzunehmen. Das hat dazu geführt, dass die Löhne im unteren Einkommensbereich stark gesunken sind“ (Jakob 2016). 2015 wurde mit der Einführung des Mindestlohns dagegen gesteuert.

Das Thema betrifft auch das SDG 10 “Ungleichheit”, denn jeder Mensch hat das Recht auf faire und gute Arbeitsverhältnisse, dies ist vielen Menschen jedoch verwehrt. Prekäre Beschäftigung widerspricht dem Leitbild von ”Guter Arbeit“, verbaut Entwicklungsmöglichkeiten von Beschäftigten und verstärkt nachweislich den Trend zu psychischen Belastungen und Erkrankungen sowie deren Folgewirkungen (Jakob 2016) (siehe auch SDG “Gesundheit”).

Kinderarbeit

Zur Definition und Umsetzung von menschenwürdigen Arbeitsbedingungen sind global große Unterschiede zu verzeichnen. Ein Beispiel hierfür ist die Kinderarbeit, die weltweit noch immer verbreitet ist. 79 Millionen Kinder arbeiten unter ausbeuterischen Bedingungen, vor allem in Fabriken, die wenig qualifiziertes Personal benötigen oder in der Landwirtschaft sowie im Bergbau (BMZ 2021 und 2022). Nach Angaben der ILO müssen weltweit rund 152 Millionen Kinder zwischen fünf und siebzehn Jahren arbeiten, vor allem in der Landwirtschaft, als Hausangestellte oder in Minen. Viele dieser Tätigkeiten sind gesundheitsgefährdend. Die ILO setzt sich schon lange für die Abschaffung von Kinderarbeit ein, sie ist Partnerorganisation in der „Allianz 8.7“, einer globalen Partnerschaft, die sich zum Ziel gesetzt hat, Zwangsarbeit, moderne Sklaverei, Menschenhandel und Kinderarbeit weltweit zu beseitigen, wie es in den Zielen für nachhaltige Entwicklung 2030 formuliert wurde. (ILO 2021) Unter Mitwirkung der deutschen Bundesregierung wird seit 1992 ein von der ILO betriebenes Internationales Programm zur Abschaffung der Kinderarbeit umgesetzt (International Programme on the Elimination of Child Labour, IPEC, BMZ 2022)

Arbeitsschutz, Gesundheit und Gute Arbeit

Im Bereich “Gesundheit” und “Gute Arbeit” sind durch die Folgen des Klimawandels wesentliche neue Herausforderungen sowohl für die Arbeitskräfte als auch für die Gesellschaft festzustellen. Bei Bauarbeiten im Freien sind alle Arbeitenden durch Extremwetterereignisse wie hohe Temperaturen und lang anhaltende Hitzewellen, oder auch Starkregenereignisse, mit diesen neuen Herausforderungen direkt konfrontiert.

Gender Pay Gap

Unterschiedliche Entlohnung für vergleichbare Tätigkeiten und Qualifikation für Frauen und Männer lassen sich durch die statistischen Erhebungen des Statistischen Bundesamtes aufzeigen. In einer Pressemitteilung vom März 2022 wird betont, dass Frauen pro Stunde noch immer 18% weniger verdienen als Männer: „Frauen haben im Jahr 2021 in Deutschland pro Stunde durchschnittlich 18 % weniger verdient als Männer. Damit blieb der Verdienstunterschied zwischen Frauen und Männern – der unbereinigte Gender Pay Gap– im Vergleich zum Vorjahr unverändert. Wie das Statistische Bundesamt (Destatis) anlässlich des Equal Pay Day am 7. März 2022 weiter mitteilt, erhielten Frauen mit durchschnittlich 19,12 Euro einen um 4,08 Euro geringeren Bruttostundenverdienst als Männer (23,20 Euro). Nach einem Urteil des

Bundesarbeitsgerichtes vom 16.02.2023 müssen Frauen bei gleicher Arbeit auch gleich bezahlt werden, eine individuelle Aushandlung der Lohn- oder Gehaltshöhe ist damit nicht wirksam (Zeit Online 2023).

Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz

Um ihrer Verantwortung zum Schutz der Menschenrechte gerecht zu werden, setzt die Bundesregierung die Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte der Vereinten Nationen mit dem Nationalen Aktionsplan für Wirtschaft und Menschenrechte von 2016 (Nationaler Aktionsplan, Bundesregierung 2017; 2021; 2022) in der Bundesrepublik Deutschland mit einem Gesetz um. Das Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten ist besser unter dem Namen Lieferkettengesetz oder auch Sorgfaltspflichtengesetz bekannt (BMAS 2022, o.a. "Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz"). Dort ist die Erwartung an Unternehmen formuliert, mit Bezug auf ihre Größe, Branche und Position in der Lieferkette in angemessener Weise die menschenrechtlichen Risiken in ihren Liefer- und Wertschöpfungsketten zu ermitteln, ihnen zu begegnen, darüber zu berichten und Beschwerdeverfahren zu ermöglichen.

Das Lieferkettengesetz tritt 2023 in Kraft und gilt dann zunächst für Unternehmen mit mehr als 3.000, ab 2024 mit mehr als 1.000 Angestellten. Es verpflichtet die Unternehmen, in ihren Lieferketten menschenrechtliche und umweltbezogene Sorgfaltspflichten in angemessener Weise zu beachten. Kleine und mittlere Unternehmen werden nicht direkt belastet. Allerdings können diese dann betroffen sein, wenn sie Teil der Lieferkette großer Unternehmen sind.

Unabhängig ob betroffen oder nicht: Es lohnt sich auch für kleinere Unternehmen, sich mit dem Gesetz adressierten Nachhaltigkeitsthemen auseinanderzusetzen, um das eigene Handeln entlang dieser Leitplanken zu überprüfen. Der Nachhaltigkeitsbezug ist unter anderem durch den Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP) gegeben, er gab einen wichtigen Impuls für das Gesetz. Der NAP wurde gemeinsam von Politik und Unternehmen verabschiedet, um zu einer sozial gerechteren Globalisierung beizutragen (Bundesregierung 2017). Ergebnisse einer 2020 im Rahmen des Nationalen Aktionsplans durchgeführten repräsentativen Untersuchungen zeigten jedoch, dass lediglich zwischen 13 und 17 Prozent der befragten Unternehmen die Anforderungen des Nationalen Aktionsplans erfüllen (VENRO 2021). Der gesetzgeberische Impuls war also erforderlich, um die Einhaltung der Menschenrechte zu fördern und damit auch zu einem fairen Wettbewerb zwischen konkurrierenden Unternehmen beizutragen.

Das Lieferkettengesetz rückt internationale Menschenrechtsabkommen und lieferkettentypische Risiken in den Blick: Dazu zählen bspw. das Verbot von Kinderarbeit, der Schutz vor Sklaverei und Zwangsarbeit, die Vorenthaltung eines gerechten Lohns, der Schutz vor widerrechtlichem Landentzug oder der Arbeitsschutz und damit zusammenhängende Gesundheitsgefahren. Es werden zudem internationale Umweltabkommen benannt. Sie adressieren die Problembereiche Quecksilber, persistente organische Schadstoffe und die grenzüberschreitende Verbringung

gefährlicher Abfälle und ihre Entsorgung. Zu den jetzt gesetzlich geregelten Sorgfaltspflichten der Unternehmen gehören Aufgaben wie die Durchführung einer Risikoanalyse, die Verankerung von Präventionsmaßnahmen und das sofortige Ergreifen von Abhilfemaßnahmen bei festgestellten Rechtsverstößen. Die neuen Pflichten der Unternehmen sind nach den tatsächlichen Einflussmöglichkeiten abgestuft, je nachdem, ob es sich um den eigenen Geschäftsbereich, einen direkten Vertragspartner oder einen mittelbaren Zulieferer handelt. Bei Verstößen kann die zuständige Aufsichtsbehörde Bußgelder verhängen. Unternehmen können von öffentlichen Ausschreibungen ausgeschlossen werden.

Quellenverzeichnis

- Agenda 2030: siehe Vereinte Nationen 2015. Online: <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- BDA (o.J.): ARBEITSBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND MIT SPITZENWERTEN [ARBEITSBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND MIT SPITZENWERTEN](#)
- BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2022): Sorgfaltspflichtengesetz – Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten. Online: <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/gesetz-unternehmerische-sorgfaltspflichten-lieferketten.html>
- BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2020) Eckpunkte "Arbeitsschutzprogramm für die Fleischwirtschaft". Online: www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/2020/eckpunkte-arbeitsschutzprogramm-fleischwirtschaft.pdf
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Digitalisierung und Nachhaltigkeit – was müssen alle Auszubildenden lernen? Online: <https://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Nachhaltigkeit im Personalmanagement. Online: nachhaltig-forschen.de/fileadmin/user_upload/FactSheets_LeNa_Personal.pdf
- BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ) 2021: Das Lieferkettengesetz. Online: <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz>
- BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ) 2022: Gemeinsam gegen Kinderarbeit. Online: <https://www.bmz.de/de/themen/kinderarbeit>
- Bundesregierung (2017): Online: Nationaler Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Online: <https://india.diplo.de/blob/2213082/a20dc627e64be2cbc6d2d4de8858e6af/nap-data.pdf>
- Bundesregierung 2021: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021. Online: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv/nachhaltigkeitsstrategie-2021-1873560>
- Bundesregierung (2022): Grundsatzbeschluss 2022 zur Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/2146150/16d54e524cf79a6b8e690d2107226458/2022-11-30-dns-grundsatzbeschluss-data.pdf?download=1>
- destatis (o.J.): Internationale Arbeitsorganisation (ILO)–Arbeitsmarktstatistik. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Methoden/Erlaeuterungen/erlaeuterungen-arbeitsmarktstatistik-ilo.html>
- destatis (2022): Gender Pay Gap. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-1/gender-pay-gap.html>
- Deutsche UNESCO-Kommission (DUK) 2021: Bildung für nachhaltige Entwicklung – Eine Roadmap. BNE / EDS 2030. Online:

- https://www.unesco.de/sites/default/files/2021-10/BNE_2030_Roadmap_DE_web-PDF_nicht-bf.pdf
- Eurofound (2021): Working conditions in the time of Covid-19: Implications for the future. Online: https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef22012en.pdf
 - DGB Deutscher Gewerkschaftsbund (o.J.): Decent work – menschenwürdige Arbeit. Online: www.dgb.de/themen/++co++6157a9a0-2961-11df-48e5-001ec9b03e44
 - DGB (2022): Index Gute Arbeit – Jahresbericht 2022, Ergebnisse der Beschäftigtenbefragung. Online: <https://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++b20b2d92-507f-11ed-b251-001a4a160123>
 - Ferber Personalberatung (o.J.): Was Mitarbeiterführung mit Nachhaltigkeit zu tun hat ... Online: ferber-personalberatung.de/mitarbeiterfuhrung-nachhaltigkeit/
 - Günther, Edeltraud; Ruter, Rudolf (Hrsg. 2015): Grundätze nachhaltiger Unternehmensführung. Online: <https://beckassets.blob.core.windows.net/product/other/15238332/9783503163151.pdf>
 - ILO Internationale Arbeitsorganisation 2021: UN startet Internationales Jahr zur Abschaffung der Kinderarbeit 2021. Online: https://www.ilo.org/berlin/presseinformationen/WCMS_766477/lang--de/index.htm
 - ILO Internationale Arbeitsorganisation (o.J.): Erholung von der Krise: Ein Globaler Beschäftigungspakt. Online: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/publication/wcms_820295.pdf
 - Jakob, Johannes (2016) in: Forum Menschenrechte et al.(2019): Bericht Deutschland und die UN-Nachhaltigkeitsagenda 2016. Noch lange nicht nachhaltig, II.11. Gute und menschenwürdige Arbeit auch in Deutschland. Online: www.2030report.de/de/bericht/317/kapitel/ii11-gute-und-menschenwuerdige-arbeit-auch-deutschland
 - Öko-Institut (o.J.): Nachhaltige Unternehmensführung: Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt. Online: www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/nachhaltige-unternehmen/sfuehrung-verantwortung-fuer-gesellschaft-und-umwelt
 - Schulden, Thorsten; Specht, Johannes (2021): Ein Jahr Arbeitsschutzkontrollgesetz – Grundlegender Wandel in der Fleischindustrie? Online: www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/fleisch-2021/344835/ein-jahr-arbeitsschutzkontrollgesetz/
 - Springer Gabler (o.J.): Gabler Wirtschaftslexikon: Definition Nachhaltiges Nachhaltigkeitsmanagement. Online: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/nachhaltiges-personalmanagement-53887>
 - statista (2021): Arbeitsunfälle in Deutschland. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6051/umfrage/gemeldete-arbeitsunfaelle-in-deutschland-seit-1986/>
 - VENRO Verband Entwicklungspolitik und Humanitäre Hilfe (2021): Vier Jahre Nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP). Online: <https://venro.org/publikationen/detail/vier-jahre-nationaler-aktionsplan-wirtschaft-und-menschenrechte-nap>
 - Vereinte Nationen (1948): Resolution der Generalversammlung 217 A (III). Allgemeine Erklärung der Menschenrechte. Online: <https://www.un.org/depts/german/menschenrechte/aemr.pdf>
 - Vereinte Nationen 2015: Resolution der Generalversammlung „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“. Online: <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
 - Welthungerhilfe (2020): Indien hält bei der Kinderarbeit den traurigen Spitzenplatz. Online: www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/wirtschaft-menschenrechte/indien-haelt-bei-kinderarbeit-den-traurigen-spitzenplatz
 - Zeit Online (2023): Lohnunterschiede bei gleicher Arbeit rechtswidrig. Online: www.zeit.de/arbeit/2023-02/lohngleichheit-bundesarbeitsgericht-frauen-urteil-diskriminierung?
 - Zoll 2022: Verpflegung und Unterkunft für Saisonarbeitskräfte. Online: https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Arbeit/Mindestarbeitsbedingungen/Mindestlohn-Mindestlohngesetz/Berechnung-Zahlung-Mindestlohns/Verpflegung-Unterkunft-Saisonarbeitskraefte/verpflegung-unterkunft-saisonarbeitskraefte_node.html

SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“

“Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen”

Das SDG 9 zielt vor allem auf die Industrie ab, die umweltverträgliche Prozesse etablieren und Ressourcen effizient bzw. im Kreislauf verwenden oder vermeiden sowie Innovationen fördern soll. Exemplarisch sollen hier zwei Unterziele betrachtet werden: (Destatis o. J.):

- Unterziel 9.4: Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen
- Unterziel 9.c: den Zugang zur Informations- und Kommunikationstechnologie erheblich erweitern sowie anstreben, in den am wenigsten entwickelten Ländern bis 2020 einen allgemeinen und erschwinglichen Zugang zum Internet bereitzustellen

Sowohl bei der Modernisierung der Infrastruktur als auch bei der Nachrüstung der Industrie für eine verbesserte nachhaltige Produktion ist die Digitalisierung und damit die Tätigkeit von Fachinformatiker*innen von größter Bedeutung (Unterziel 9.4). Die Steuerung der Infrastrukturnetze, die Strom-, Gas- und Wasserversorgung, Bahnen und Flugzeuge (und zukünftig auch PKWs), die Produktion in Industrie und Gewerbe, das Gebäudemanagement und die Logistik – all dies sind Bereiche, die auf Digitalisierung angewiesen sind. In Politik und Forschung haben hierbei der Begriff Industrie 4.0 geprägt (BMWIK et al. o.J.): *“Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie.”* Auch wenn die Digitalisierung schon ein hohes Niveau erreicht hat, so sind die Defizite nicht zu leugnen (Unterziel 9.c). Schulen verfügen für hunderte Schüler nur über Anschlüsse im höheren MBit-Bereich, auf vielen Bahnstrecken gibt es keinen Netzempfang und in der Corona-Zeit war das Fax ein unverzichtbares Mittel für die Bekämpfung einer nationalen Notlage.

Interessanterweise tut sich hier ein Gegensatz zwischen der Standardberufsbildposition *“Umweltschutz und Nachhaltigkeit”* und den Unterzielen des SDG 9 auf, wenn man das Wirkungsfeld der Fachinformatiker*innen betrachtet. Sowohl die Positionen a) Belastungen vermeiden als auch b) Materialien und Energie sparen werden ohne Frage durch die Digitalisierung unterstützt, denn wann immer Belastungen vermieden und Ressourcen eingespart werden, wird die Produktion effizienter. Effizientere Produktion kann aber zu größeren Absatzchancen und damit zu einem Mehr an Ressourcenverbrauch führen. Die Fachinformatik kann die Effizienz fördern und damit das Gegenteil des Einsparens bewirken. Ein vergleichbares Beispiel gibt es aus dem

Automobilbau: Durch immer mehr Sicherheitstechnik wurden PKW immer schwerer und trotz Optimierung der Motoren steigt der durchschnittliche Benzinverbrauch.

Die Tätigkeit des Fachinformatikers und der Fachinformatikerin steht somit am nächsten in Bezug auf die Standardberufsbildpositionen a) und b) (vgl. BIBB 2020):

- a) *Möglichkeiten zur Vermeidung betriebsbedingter Belastungen für Umwelt und Gesellschaft im eigenen Aufgabenbereich erkennen und zu deren Weiterentwicklung beitragen*
- b) *bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen*

Im Rahmen von PABBNE kann die Digitalisierung in Bezug auf die berufliche Ausbildung jedoch nicht umfassend behandelt, sondern nur gestreift werden. Beispielfhaft wurde hier der Bereich des Cloud Computing betrachtet, das sich innerhalb weniger Jahre zur Basis-Technologie der Digitalisierung entwickelt hat, weil sie betriebliche Prozesse effizienter machen kann und die Entwicklung innovativer, digitaler Geschäftsmodelle möglich macht (KPMG AG 2022).

Im Kontext der Digitalisierung in der Industrie stellt sich zudem die Frage, wie diese so gestaltet werden kann, dass sie zu einer nachhaltigen und demokratischen Transformation der Gesellschaft beiträgt? Die Digitalisierung in der Industrie soll beispielsweise dazu führen, bedarfsorientiert zu produzieren (On-Demand-Produktion), indem durch die digitale Vernetzung mit den Kund*innen nur Produkte hergestellt werden, die auch nachgefragt und abgenommen werden. So können Ressourcen, Energie und Lagerflächen für Produkte eingespart werden. Produktionsprozesse können in einem virtuellen Modell („digitaler Zwilling“) nachgebaut werden, um damit bessere Prognosen für industrielle Prozesse zu erreichen. Beim Cloud Computing werden Prozesse der Datenübertragung in externe Strukturen aus Unternehmen ausgelagert. An dem Beispiel Cloud Computing soll die ökologische Dimension der Digitalisierung im Ausbildungskontext betrachtet werden.

Cloud Computing

Unter Cloud Computing wird die Bereitstellung von IT-Infrastruktur (Hard- und Software) verstanden, auf die eine Person durch ein Netzwerk zugreifen kann, ohne selbst eine ähnlich umfangreiche lokale IT-Infrastruktur zu nutzen. In der Cloud (meistens im Internet) werden Rechenleistung, Speicherkapazität, Anwendungssoftware oder Datenbankdienste zur Verfügung gestellt. Diese müssen nicht lokal bei der Anwenderin installiert sein, sondern können über das Internet abgerufen werden. Es handelt sich also um ein Modell, bei dem IT-Ressourcen über das Internet zur Verfügung gestellt werden.

Die Berkeley Open Infrastructure for Network Computing (BOINC) beispielsweise ist eine Plattform, für die Nutzer*innen ihre Rechenkapazität zur Verfügung stellen, um Radiosignale aus dem All zu untersuchen. In Deutschland hat sich hierfür das Projekt

SETI.Germany zusammengefunden, das größte deutsche BOINC-Team für verteiltes Rechnen. Da die Auswertung der Radiosignale dem Computer gigantische Leistungen abverlangt, wird sie normalerweise von einem Supercomputer durchgeführt, der direkt an das Radioteleskop angeschlossen ist (SETI.Germany 2022). Das Internet besteht aus einer Vielzahl von Rechnern mit enormen Speicherkapazitäten. In der Regel sind die Speicherkapazitäten nicht vollständig ausgelastet. Cloud Computing stellt den Nutzer*innen diese Ressourcen zur Verfügung oder Nutzer*innen stellen ihre Rechenkapazitäten wie beim Projekt SETI.Germany bereit. Dabei werden nicht die eigenen Ressourcen genutzt, sondern die Infrastruktur eines Cloud-Anbieters. Man greift dann über das Internet auf diese Dienste zu und kann direkt auf den Servern der Anbieter arbeiten. Der Vorteil in den Diensten ist, dass sie ortsunabhängig verwendet werden können. Daten werden nicht zentral auf einem PC abgelegt, sondern befinden sich in der Cloud (Druschke et al., 2021).

Als Cloud Computing Beispiele sind die Apple iCloud, Google Drive, Microsoft OneDrive, Amazon Web Services und Open Telekom Cloud etc. zu nennen. Auch werden beispielsweise Software-Anwendungen zur Zeiterfassung, Buchhaltung usw., als Cloud Dienste angeboten.

Digitalisierung und digitale Innovationen bieten sehr große Chancen für Klima und Umwelt, wenn digitale Lösungen für unterschiedliche Anwendungsbereiche genutzt werden. So kann beispielsweise die Netzeffizienz über Smart Grids gesteigert werden, um die fluktuierende Produktion erneuerbarer Energien effizienter zu machen. Wenn Geschäftsreisen wegfallen, weil sich Menschen online treffen, oder wenn Energie eingespart wird, weil Computer virtuell verschaltet werden oder bestimmte Dienste nicht individuell, sondern über Clouds genutzt werden, ergeben sich Chancen zur Energieeffizienz.

Der digitale Branchenverband Bitkom stellt sieben Anwendungsbereiche heraus, in denen durch Digitalisierung die Energieeffizienz gesteigert und der Ressourceneinsatz reduziert werden kann. Genannt werden Fertigung, Mobilität, Energie, Gebäude, Arbeit & Business, Landwirtschaft, Gesundheit. So können in der Fertigung durch die Simulation von physischen Produkten und Prozessen (digitaler Zwilling) Ressourcen eingespart werden, oder im Bereich Mobilität durch intelligente Verkehrssteuerung und Optimierung, intelligente Logistik und vernetzter Individualverkehr THG-Emissionen reduziert werden. Durch die Nutzung digitaler Kollaborationsplattformen und digitaler Services lassen sich gefahrene Kilometer reduzieren und der Energieverbrauch in Büroräumen senken. Der Energieverbrauch von Gebäuden lässt sich durch datenbasierte Überwachung und Automatisierung aller energiebezogenen Prozesse (z. B. Heizung, Kühlung und Beleuchtung) deutlich senken (bitkom 2021).

Ökologische Risiken des Cloud Computing

Zu den ökologischen Wirkungen zählen beispielsweise der steigende Energieverbrauch für die erforderliche Infrastruktur, der hohe Ressourcenverbrauch bei der Herstellung der Komponenten, der Elektroschrott nach der Produktnutzung (je nachdem wie das

Recycling gehandhabt wird) sowie die Rebound-Effekte im Zuge von Effizienzgewinnen. Cloud Computing macht IKT-Leistungen verfügbar, die vorher nicht (oder nicht mobil) in diesem Umfang und zu diesen geringen Kosten zugänglich waren. Laut einer Studie des Umweltbundesamtes zu den Umweltwirkungen des Cloud Computing (UBA 2021) sind als wesentliche ökologische Wirkungen von Rechenzentren insbesondere genannt:

- deren Energiebedarf
- die Treibhausgasemissionen (bei der Herstellung und bei der Nutzung)
- deren Rohstoffbedarf (Mehrverbrauch an wertvollen und kritischen Rohstoffen, deren Gewinnung zu erheblichen Umweltproblemen führen)
- das damit verbundene Elektroschrottaufkommen (durch ausgediente Geräte, deren Entsorgung und sachgerechtes Recycling derzeit nicht gewährleistet werden können)

Der steigende Energiebedarf von Rechenzentren entsteht zunächst durch die enormen Datenströme, die über Endgeräte gesendet und empfangen werden, für die die Daten verarbeitet werden. Gleichzeitig müssen die Server, auf denen Daten verarbeitet bzw. gespeichert werden, sehr aufwändig gekühlt werden, da jede Datenverarbeitung mit einer Wärmeentwicklung verbunden ist. Ursache ist das Stromwärmegesetz von Joule und Lenz (Erstes Joulesches Gesetz, vgl.). Durch die Beschleunigung in einem elektrischen Feld durch Anlegen einer Spannung kommt es zu elastischen Stößen, die Energie abgeben und gestreut werden. Die Stöße erhöhen die Eigenschwingung der metallischen Atome und die Schwingung äußert sich als Wärme.

Laut Borderstep (2015) steigt der Energiebedarf von Rechenzentren, in denen Cloud-Dienste gehostet werden, kontinuierlich an. Durch einen wachsenden Markt von Videodiensten, Tools für Online-Zusammenarbeit oder Online-Shopping steigt der Strombedarf in Rechenzentren. Der Bedarf an elektrischer Energie stieg zwischen 2010 (5,8 Mrd. kWh) und 2020 (10 Mrd. kWh) um ca. 75 Prozent für wesentliche Cloud-Computing-Komponenten (Server, Storage und Netzwerk), insbesondere auch durch den Schub der Corona-Pandemie und damit verbundenen Einschränkungen für das öffentliche Leben. Die Energieeffizienz nahm in den letzten Jahren ebenfalls deutlich zu, durch eine effizientere Infrastruktur (z.B. effizientere Kühlkonzepte für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung) und hohe Einsparpotenziale (mehr als 25 Prozent) bei der Kühlung, Klimatisierung und Lüftung (ebd. 2015).

Die steigende Nachfrage nach Cloud-Diensten führte jedoch auch zu einem starken Ausbau von Rechenzentren (Rebound-Effekt). Im Abschlussbericht von Borderstep und Fraunhofer IZM (ebd. 2015) wurde ermittelt, dass zwar der jährliche Energiebedarf der IKT in Deutschland im Zeitraum von 2010 bis 2015 von 56,0 TWh auf 47,8 TWh um etwa 15 Prozent gesunken ist, sich dieser Trend bis zum Jahr 2020 noch fortsetzen und dann von 45,2 TWh wieder leicht auf 46,2 TWh im Jahr 2025 ansteigen wird. Im Bericht wird diese Absenkung insbesondere auf deutlich energieeffizientere Endgeräte zurückgeführt und mit der europäischen Regulierung zu Standby und Produktkennzeichnung in Verbindung gebracht. Es wurde jedoch eine Verlagerung des Energiebedarfs festgestellt, da sich der Verbrauch von den Endgeräten in die Rechenzentren und Netze verlagert. So wird ein Anstieg des Energiebedarfs der Netze um 34 Prozent auf 8,6 Mrd. kWh und der

Rechenzentren sogar um 56 Prozent auf 16,4 Mrd. kWh zwischen 2010 und 2025 ausgegangen. Der Bundestagsausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (Deutscher Bundestag Drucksache 2022) fasst zusammen, dass im Jahr 2019 in Deutschland rund 14,9 Terawattstunden pro Jahr an Strom für die IKT verbraucht wurden, also ein Anstieg um 45 Prozent im Vergleich zu 2010. Der Strombedarf für Telekommunikationsnetzwerke lag bei 7,1 Terawattstunden pro Jahr gegenüber 6,5 im Jahr 2010. Im Zuge der Digitalisierung findet demnach ein erheblicher Ausbau an Rechenzentrumskapazitäten statt und laut IZM und Borderstep (ebd. 2015) für Deutschland werden Rechenzentren mit 16,4 TWh den größten Einzelbeitrag zum IKT bedingten Strombedarf von insgesamt 46 TWh ausmachen. Zum Betrieb dieser Rechenzentren wird umgerechnet die erzeugte Energiemenge von rund vier Kohlekraftwerken erforderlich sein) wenn zur Berechnung ein Kohlekraftwerk mit 800 MW el. Leistung und einer Jahresproduktion ca. 4 TWh zugrunde gelegt wird (ebd.).

Umweltzeichen

Das Umweltzeichen Blauer Engel für „Energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb“ (DE-UZ161) enthält Kriterien, um Energieverluste bei der Energieversorgung von Rechenzentren zu vermeiden, die Klimatisierung energieeffizienter zu gestalten und die vorhandene Informationstechnik besser auszunutzen. Das Kriterium zur Stromversorgung lautet dort beispielsweise, dass diese zu 100% aus erneuerbaren Energien wie Wasserkraft, Photovoltaik, Windkraft oder Biomasse gedeckt werden muss. Alternativ dazu kann auch Strom aus dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen genutzt werden (Blauer Engel, DE-UZ 161 2019). Das Rechenzentrum muss über ein Monitoring der IT-Last verfügen, eine Mindestauslastung von Servern ist gefordert und Mindestwerte für die Energieeffizienz von Hardware-Komponenten sind vorgesehen.

Laut UBA sind Rechenzentren sehr unterschiedlich effizient. Im Forschungsprojekt „Green Cloud-Computing“ wurden verschiedene Rechenzentren miteinander verglichen, bei denen für die Speicherung von Daten, Bildern oder Präsentationsfolien unterschiedliche Emissionen entstehen (UBA 2021). Je nach Rechenzentrum wurden zwischen 105 Kilogramm und 153 Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro Terabyte Speicherkapazität und Jahr ermittelt.

Wenn die Daten bei Endnutzer*innen über Handy oder Laptop abgerufen werden, entstehen ebenfalls Emissionen unterschiedlichen Ausmaßes. Dies ist abhängig davon, welche Telekommunikationsnetze der Datenstrom nutzt. Beim Videostreaming entstehen im Rechenzentrum etwa 1,45 Gramm CO₂-Äq pro Stunde, bei der Übertragung hängt der Ausstoß von Emissionen vom Netzwerk ab. So sind die Emissionen im Glasfasernetz (FTTH – „fibre to the home“) mit 2 Gramm pro Stunde am niedrigsten, gefolgt vom kabelgebundenen Breitbandanschluss (VDSL – „very high speed digital subscriber line“) mit etwa 4 Gramm CO₂e. Die höchsten Emissionen entstehen bei der Übertragung durch Mobilfunknetze (das 5G-Netz liegt bei rund 5 Gramm, das 4G-Mobilfunknetz (LTE – „long term evolution“) bei rund 13 Gramm und das alte 3G-Netz (UMTS – „universal mobile telecommunications system“) bei 90 Gramm CO₂e pro Stunde Videostreaming).

Von 2010 bis 2020 hat sich der absolute Energiebedarf, trotz der erhöhten Nachfrage nach Cloud-Rechenzentren, jedoch nicht gesenkt. Grund dafür ist, dass die Cloud-Services es nicht geschafft haben, traditionelle Rechenzentren zu ersetzen, sondern zum gesamten Energiebedarf dazu kommen. In Deutschland werden jedoch neue Cloud-Rechenzentren geplant, welche mit erneuerbaren Energien betrieben werden (ebd. 2021).

Nachhaltigkeit von Cloud-Computing

Laut Bundestagsausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (Deutscher Bundestag Drucksache 2022) hängt der Energiebedarf der IKT-Infrastrukturen vor allem von deren Energieeffizienz ab. Dabei besteht die Möglichkeit, den Verbrauch bei der IKT-Hardware, der Klimatisierung und Kühlung der Stromversorgung sowie dem Management von Netzwerkarchitekturen und Software einzusparen. Auch Endgeräte tragen laut Bericht neben Rechenzentren und Telekommunikationsnetzwerken zum IKT-bedingten Gesamtenergieverbrauch bei. Während der Energieverbrauch in diesem Bereich lange Zeit zurückging, scheint sich der Trend wieder in Richtung Mehrverbrauch zu bewegen. Politische Möglichkeiten wie Verbrauchskennzeichnungen sollten daher ausgeschöpft werden. Hinzu kommt ein fehlendes Bewusstsein bei Nutzer*innen, welche Rechenleistung beispielsweise mit einem Klick im Browser angestoßen wird. Hier muss mehr Aufklärung betrieben werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

Zentral für nachhaltiges Cloud-Computing ist die Betrachtung des Beitrags von Rechenzentren zur Stromnetzstabilisierung, indem effiziente Klimatisierungsverfahren wie beispielsweise auch die solare Kühlung und Abwärmenutzung, die Entwicklung von Recyclingverfahren für Elektronikschrott, energie- und ressourceneffiziente Software eingesetzt werden. Bei der solaren Kühlung werden Adsorptions- oder Absorptionskältemaschinen durch solare Wärme betrieben. Sie ersetzen damit Kompressionskälteanlagen zur Kühlung und Klimatisierung, die mit Strom betrieben werden. So kann ein hoher Stromverbrauch für Kühlanlagen gesenkt werden. Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme schätzt das Primärenergieeinsparpotenzial auf 20 bis 50 Prozent für die offenen Systeme der Klimatisierung mittels Sorptionstechnik. Damit ist die Solarthermie sehr effizient in den Sommermonaten, wenn eine hohe Solarstrahlung vorliegt, die zur Kälte bzw. Kühlung direkt eingesetzt werden kann. Der verminderte Stromverbrauch führt zu geringen THG-Emissionen (ikz.de 2015).

In Rechenzentren, die Cloud Computing bereitstellen, gibt es also ein hohes Potenzial, Energieverluste bei der Energieversorgung zu vermeiden, die Klimatisierung energieeffizienter zu gestalten und die vorhandene Informationstechnik besser auszunutzen. Das Umweltzeichen Blauer Engel für Rechenzentren stellt bei diesen Optimierungsmaßnahmen eine Orientierung für die Betreiber von Rechenzentren dar und trägt damit dazu bei, die enormen Energie- und Kosteneinsparpotenziale besser auszuschöpfen.

Im Überblick ergeben sich also bei der Herstellung von IKT-Produkten, beim Betrieb und bei der Entsorgung mögliche Einsparungen. Bei der Herstellung lauten die Stellschrauben umweltfreundliche Materialien und Rohstoffe zur Fertigung, Minimierung der Abfälle, Verbesserung der CO₂-Bilanz durch die Herstellung und den Transport der Geräte.

Einsparpotenziale

Cloud Computing in Rechenzentren bietet auf unterschiedlichen Ebenen, Potenziale für eine effiziente Nutzung:

- effiziente Endgeräte
- Klimatisierung und Kühlung
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Sektorkopplung
- Datenmanagement, Netzwerkarchitekturen, Software
- energieeffiziente Programmierung

Während des Betriebes von Rechenzentren mit Cloud Computing sind möglichst effiziente Endgeräte hilfreich, die kaum Energie verschwenden. Das betrifft sowohl die Möglichkeiten zur aktiven Einschränkung des Energieverbrauchs durch Nutzer (etwa durch physische Power Switches anstatt Standby) aber auch das Design zur Minimierung des Energieverbrauchs während des aktiven Betriebs. Die Klimatisierung und Kühlung im laufenden Betrieb spielt eine wichtige Rolle (z.B. freie Kühlung mit Außenluft statt elektronische Klimatisierung, Flüssigkeitskühlung von Prozessoren, Platinen oder ganzen Servern statt Luftkühlung über Ventilatoren).

Bei der Stromversorgung können Lithium-Ionen-Akkus für die unterbrechungsfreie Stromversorgung eingesetzt werden, auch Brennstoffzellen können eine Notstromversorgung über längere Zeiträume gewährleisten. Durch den Verzicht auf dieselbetriebene Notstromaggregate reduzieren sich THG-Emissionen.

Auch das Prinzip der Sektorkopplung bietet Effizienzpotenziale, dadurch dass die Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Kraftstoffe energetisch verzahnt werden. So können IKT-Infrastrukturen mit dem Strom- und/oder Wärmesektor gekoppelt werden wie beispielsweise bei der Abwärmenutzung, der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen und durch diese fluktuierenden Energiequellen die Anpassung der Rechenlast an die Stromverfügbarkeit (lastadaptive Rechenzentren (Deutscher Bundestag Drucksache 2022)).

Im laufenden Betrieb spielen auch Datenmanagement, Netzwerkarchitekturen und Software eine Rolle bei der Energieeinsparung. Für die Überwachung und Analyse wichtiger Leistungs- und Umweltparameter im Rechenzentrum (z. B. Stromverbrauch einzelner Geräte, Temperaturverteilung, Luftströmungen) können Datacenter-Infrastructure-Management-(DCIM-)Lösungen eingesetzt werden. Hierzu

sind auch sogenannte ERP-Lösungen (Enterprise Resource Planning, bezeichnet eine Softwarelösung zur Ressourcenplanung eines Unternehmens bzw. einer Organisation) zur energetischen Optimierung von IKT-Infrastrukturen sinnvoll (Deutscher Bundestag Drucksache 2022).

Schließlich spielt die energieeffiziente Programmierung eine Rolle, mit der Anwendungen zu einem möglichst niedrigen Energieverbrauch beitragen. Hierbei weisen Rentrop/Augsten (ebd. 2018a, 2018b) darauf hin, dass auf bestimmte Funktionalitäten verzichtet werden muss, oder Hardware effizienter genutzt werden soll. Beispielsweise gibt es Funktionen im Programmcode, die nicht unbedingt notwendig sind und Programme so aufblähen, dass damit Ressourcen verschwendet und die Prozessorlast erhöht wird. Diese könnten in bei Bedarf herunterladbare Programmpakete ausgelagert oder komplett entfernt werden.

Dies widerspricht jedoch der bisherigen Logik, nämlich eine möglichst hohe Anwendungsgeschwindigkeit zu erreichen, was eine starke Auslastung von Prozessoren zur Folge hat, bei der eine plattformübergreifende Programmierung im Vordergrund steht, die ressourcenintensive Laufzeitumgebungen wie z. B. Java. notwendig macht. Für eine klimafreundlichere Entsorgung sollten die verwendeten Materialien recyclebar sein, Bauteile und Rohstoffe wiederverwendbar sein, aber auch Abfälle richtig entsorgt bzw. Geräte einer Zweitnutzung zugeführt werden.

Herausforderungen für Cloud-Computing

Gemäß “Abschlussbericht Green Cloud Computing” besteht der Vorteil von Cloud Computing, also wenn Rechen- und Speicherkapazität in Rechenzentren konzentriert wird, dass ein verbessertes Recycling möglich ist. Die Organisation der Rückführung von IKT-Geräten von Standorten beispielsweise, die diese gemeinsam nutzen, nämlich virtuell über die Cloud, lässt sich gezielter und planbarer durchführen und das Recycling organisieren im Gegensatz zum Recycling von Hardware bei Endnutzer*innen. Damit wird die Rückführung zum Recyclingunternehmen wirtschaftlicher, Recyclingprozesse können effizienter organisiert werden. Dies gilt insbesondere für die Rückgewinnung wichtiger Technologiemetalle aus dem Cloud Computing wie Gallium, Germanium, Indium. Das Umweltbundesamt (UBA 2021) hat in seiner Studie auch festgestellt, dass Rechenzentren ihre Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, mit der sie dem steigenden Strombedarf entgegentreten, noch nicht ausschöpfen. Eine Flexibilität im Lastmanagement wie bei anderen energieintensiven Industrien ist noch nicht gewährleistet. Es wird auch bemängelt, dass es noch sehr wenige Ökobilanzen zu elektronischen Komponenten und Baugruppen der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) gibt und gleichzeitig die Datenlagen aufgrund des technischen Fortschritts schnell veralten, um Strategien zur optimalen Nutzungsdauer und zur Ressourcenschonung zu entwickeln. Das UBA empfiehlt daher eine regelmäßige Anwendung von Methoden der Ökobilanzierung nach ISO 14044. Problematisch ist auch, wenn Cloud-Dienste in Co-Location-Rechenzentren ausgeführt werden und

Diensteanbieter keinen Einblick in den Energieverbrauch der von ihnen genutzten Server haben. Für eine aussagekräftige Datenlage sollten Verträge mit Host- und Co-Location-Anbietern energie- und umweltbezogene Informationen enthalten.

In der vom UBA (ebd. 2021) veröffentlichten Studie ergaben Berechnungen, dass diese vor allem in der Nutzungsphase der Hardware den höchsten Energiebedarf haben und in der Herstellungsphase der Informationstechnik der Ressourcenverbrauch im Vordergrund steht. Dieser kann durch eine verlängerte Lebensdauer von IKT-Produkten reduziert werden. Allerdings sind neue IKT-Geräte mit einer höheren Rechen- oder Speicherleistung bei gleichbleibendem Energiebedarf effizienter. Es entsteht ein Zielkonflikt über den optimalen Zeitpunkt für den Austausch von IKT-Produkten wenn neue Technik gegenüber veralteter Technik effizienter ist.

Einfluss auf den Energie- und Ressourcenbedarf eines Rechenzentrums haben Komponenten und Technologieentwicklung (UBA 2021). Je moderner die Technologie und auch durch verbesserte Kühlkonzepte oder mithilfe neuer Modulationsverfahren bei der Datenübertragung, reduziert sich entsprechend der Energiebedarf.

Wesentlich für die Energieeffizienz von Servern, Datenspeicher- und Netzwerktechnik ist die kontinuierliche Miniaturisierung und Weiterentwicklung elektronischer Komponenten. Ebenso deren anwendungs- und bedarfsspezifische Konfiguration, also ein lastadaptives Energiemanagement auf Geräteebene wie beispielsweise Energiespareinstellungen bei PCs und Notebooks aber auch auf der Ebene von Rechenzentren. Laut "Abschlussbericht Green Cloud" wäre hier ein stringentes Energiemanagement notwendig, bei dem die Auslastung gesteigert werden sollte, so dass Hardware effizient im Rechenzentrum genutzt wird. Im Ansatz wird über das Cloud Computing die Nutzung bzw. Auslastung von Servern durch Migration virtueller Server oder IT-Lasten auf eine kleinere Anzahl von physischen Servern übertragen, wodurch IT-Ressourcen eingespart werden, aber auch Flächeneinsparungen möglich sind.

Verhalten von Verbraucher*innen

Auch Verbraucher*innen haben die Möglichkeit, Ressourcen einzusparen. Laut Umweltbundesamt (UBA 2020) sind rund 80 Prozent des Datenverkehrs in Telekommunikationsnetzen Videoinhalte, die je nach Übertragungsnetz unterschiedlich hohe Emissionen erzeugen. Daher ist es sinnvoll, die Videodatenmenge durch eine geringere Videoqualität, Bildschirmauflösung und eine bewusste Entscheidung für die Übertragungsnetze zu reduzieren (WLAN- statt Mobilfunknetze). Eine weitere Einstellung ist das Abstellen der Autoplay-Funktion auf den Endgeräten, um zu verhindern, dass Werbevideos automatisch starten.

Die Speicherung von Daten verbraucht ebenfalls enorme Ressourcen - auch dies verursachen neben Unternehmen auch Verbraucher*innen, die ihre Daten mit einem Cloud-Backup versehen oder die generell mit verschiedenen Geräten eines gleichen Herstellers arbeiten (z.B. Apple-Geräte). Daher wäre ein möglicher Ansatzpunkt zum

effizienteren Datenmanagement, die zu speichernde Datenmenge zu verringern, also unnötige Kopien von Daten zu vermeiden und nicht mehr benötigte Daten zu löschen. Dies kann in Unternehmen auch nach einem automatisierten Vorgang erfolgen, der organisatorisch in die Arbeitsabläufe integriert ist. Andererseits stellt sich hier auch ein Zielkonflikt ob Nutzer*innen ihre bereits auf unterschiedlichen IKT-Geräten vorhandenen Daten in eine Cloud umziehen und damit neue Kapazitäten nutzen sollten. Hier ist genau zu untersuchen, ob dadurch wirklich Ressourcen eingespart werden können.

Doch nicht nur die Endverbraucher*innen, sondern auch Anbieter von Telekommunikationsdienstleistungen (Strombedarf der IKT 2015/11/18 final (bmwk.de)) tragen zur Erhöhung von CO₂-Emissionen bei. Anreize in Mobilfunktarifen wie beispielsweise Flatrates oder großzügige Datenpakete für Musik- und Videostreaming animieren dazu, Videotelefonate über Messenger-Dienste zu führen. Pro Stunde entsteht hier ein 5-fach erhöhtes mobiles Datenvolumen gegenüber der normalen Sprachtelefonie und entsprechend erhöhten Emissionen.

Quellenverzeichnis

- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (2020): Empfehlung des Hauptausschusses des Bundesinstituts für Berufsbildung vom 17. November 2020 zur „Anwendung der Standardberufsbildpositionen in der Ausbildungspraxis“. BANz AT 22.12.2020 S4. Online: <https://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA172.pdf>
- bitkom (2021): Klimaeffekte der Digitalisierung Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz. Online: https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf
- Blauer Engel Das Umweltzeichen (2019): DE-UZ 161 Vergabekriterien Ausgabe Januar 2019 Version 2. Online: <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20161-201901-de%20Kriterien-V2.pdf>
- Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH (2015): Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland – Abschlussbericht – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Projekt-Nr. 29/14. Online: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Deutscher Bundestag (2022): Energieverbrauch der IKT-Infrastrukturen in Deutschland. Online: <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-914208>
- ikz.de Strobel Verlag GmbH & Co. KG Hrsg. (2015): Mit der Sonne kühlen - Solare Kühlung ist trotz erprobter Technologie und ökonomischem Potenzial immer noch ein Nischenmarkt. Online: <https://www.ikz.de/detail/news/detail/mit-der-sonne-kuehlen-solare-kuehlung-ist-trotz-erprobter-technologie-und-oekonomischem-potenzial-imm/>
- KPMG AG (2022): Cloud-Monitor 2022 Ausgabe Cloud Security & Cloud Compliance. Online: <https://hub.kpmg.de/hubfs/LandingPages-PDF/cloud-monitor-ausgabe-cloud-security.pdf>
- Rentrop, C.; Augsten, S. (2018a): Methoden für die effiziente Programmierung. Dev-Insider. Online: www.dev-insider.de/methoden-fuer-die-effiziente-programmierung-a-783176.
- Rentrop, C.; Augsten, S. (2018b): Programmieren für die Umwelt. Dev-Insider. Online: www.dev-insider.de/programmieren-fuer-die-umwelt-a-783169/
- SETI.Germany Forum (2022). Online: <https://www.seti-germany.de/forum/forum.php>

- Umweltbundesamt UBA Herausgeber (2021); Gröger, J.; Ran, L. Öko-Institut e.V. / Jan Druschke, J.; Richter, N.; Stobbe, L.; Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM): Abschlussbericht Green Cloud Computing Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/digitalisierung/gruene-informationstechnik-green-it/digitale-dienste-cloud-computing>
- UBA Umweltbundesamt (2021): Green Cloud Computing - Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/green-cloud-computing>
- UBA Umweltbundesamt (2020): Video-Streaming: Art der Datenübertragung entscheidend für Klimabilanz. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/video-streaming-art-der-datenertragung>

SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”

SDG 12: “Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen”

Dieses SDG 12 zielt auf die nachhaltige und effiziente Nutzung der Ressourcen ab. Ressourcen sind alle Stoffe der Natur (Mineralien und Metalle, biotische Ressourcen wie Holz oder Baumwolle), aber auch Luft, Wasser und Boden (vgl. ProgRes 2016). Abfälle sollen vermieden oder recycelt und gefährliche Abfälle sicher entsorgt werden. Die Nahrungsmittelverschwendung soll verringert werden (s.u.). Weitere Themen sind die nachhaltige Entwicklung von Unternehmen, eine bessere Verbraucher*innen-Bildung, nachhaltige Beschaffung und der umweltverträgliche Umgang mit Chemikalien. Für die IKT sind aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Ressourcennutzung folgende Unterziele relevant:

- 12.2 Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen
- 12.5 Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern
- 12.8 Bis 2030 sicherstellen, dass die Menschen überall über einschlägige Informationen und das Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung und eine Lebensweise in Harmonie mit der Natur verfügen

Das SDG 12 betrifft im Prinzip alle Fähigkeiten und Kenntnisse der Standardberufsbildposition. Die Nutzung von Energie für IKT-Infrastrukturen wurde oben im Kapitel SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie” beschrieben. Weitere Verbindungen zwischen den SDG und der Standardberufsbildposition werden bei den jeweiligen SDG beschrieben.

Nachhaltiges Handeln bezieht sich auf alle Aspekte, die dazu führen, dass sowohl innerhalb des Ausbildungsbetriebes, als auch bei Kundinnen und Kunden oder Lieferant*innen Arbeits- und Organisationsmittel so eingesetzt werden, dass sie unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen und der Budgetvorgaben wirtschaftlich und nicht klimaschädlich eingesetzt werden, wie es der Rahmenlehrplan (KMK

Kultusministerkonferenz 2016) vorgibt. Bildung ist heute mehr als nur Wissen: Bildung ist auch die Kompetenz, dieses Wissen artikulieren zu können oder die richtigen Fragen stellen zu können. Es ist die Kompetenz, zu erfassen, was der Adressat meint und welche Fragen er hat. Und auf diese Fragen sinnvolle und erklärende Antworten zu geben. Nachfolgende Aspekte wären im (Aus)Bildungskontext zu behandeln bzw. zu diskutieren, um mögliche Antworten zu suchen:

Digitales Kinderspielzeug

Die Tätigkeiten des Fachinformatikers und der Fachinformatikerin betreffen die Digitalisierung der Konsumwelt inzwischen in nahezu jedem Bereich unseres Lebens. Wie dies aus Sicht der Nachhaltigkeit zu bewerten ist, ist eine offene und nicht leicht zu beantwortende Frage, denn es gilt immer die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu betrachten. Dies soll an dem Beispiel "Digitales Kinderspielzeug" erläutert werden.

Die Digitalisierung des Kinderzimmers ist ein nicht-übersehbarer Trend der letzten 20 Jahre. Es ist ein Wandel zu sehen, ausgehend von dem klassischen "elektronischen Spielzeug" mit Eisenbahnen, Rennbahnen, ferngesteuerten Fahrzeugen oder geräusch-animierten Puppen bis hin zu "digitalen Gadgets und zu "Smart Toys".

- **"Digitale Gadgets"** sind Spielzeuge, die einen begrenzten Umfang an Interaktionen bieten. Es sind Insellösungen, bei denen alle Funktionen des Spielzeugs "On-the-Chip" gespeichert sind. Die Interaktionen zwischen Kind und Spielzeug sind somit begrenzt. Das klassische Beispiel ist das Tamagotchi von 2004 (tamagotchi o.J.). Das wie ein Ei geformte Spielzeug zeigte auf einem LCD-Display ein Ei, aus dem ein Küken entschlüpft und das von dem Kind "aufgezogen" werden muss durch Füttern, Tränken und Zuneigung geben. Nach der Einführung entbrannte ein Streit unter (Bildungs-)Experten, ob die Tamagotchies gut oder schlecht für die kindliche Entwicklung sind (spektrum 1998). Studien zeigten, dass das Spielzeug eher ein Problem für die Eltern, die das Küken eher als ein "Lebewesen" betrachteten, war als für die Kinder, die in dem Ei nur ein Spielzeug sahen (ebd.). Aus Sicht der Nachhaltigkeit müssten hier die soziale Dimension und die ökologische Dimension gegeneinander abgewogen werden. Auf der einen Seite stehen die Möglichkeiten zum Wohlbefinden und Bildung, auf der anderen Seite der unvermeidlich anfallende Elektroschrott und der Verlust nicht-erneuerbarer Ressourcen.
- **"Smart Toys mit Netzanbindung"** sind über das Internet mit dem Server des Herstellers verbunden. Ein einfaches Beispiel der Netzanbindung ist die "Tony-Box", ein mehr oder weniger smarterer Lautsprecher (vgl. tonies o.J.a). Wird eine Figur - die im Prinzip den Umsatz des Unternehmens generiert - auf den Lautsprecher gestellt, so werden Musik- oder Hörspiele von den Servern des Herstellers geladen und die Spielfiguren aktiviert. Diese speichern die Medien auf einem Chip und die Verbindung erfolgt über NFC Near Field Communication. Die Box kann ohne Frage von Kindern leicht bedient werden und ist im Vergleich zu klassischen Abspielmedien wie dem Kassetten-Recorder deutlich kindgerechter. Das Unternehmen hat sich der Nachhaltigkeit verpflichtet (Tonie o.J.b).

Pädagogisch - und damit ein Element der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit - ist die Bewertung nicht so einfach. Die Alternativen wie Vorlesen und Erzählen - zentrale Elemente in der Kita-Pädagogik - können auch durch Erzieher*innen wahrgenommen werden. Aber Tonie-Boxen eröffnen den Kindern auch individuelle Zugänge zu Musik, Geschichten und Märchen - und damit zu Fantasie und Kreativität - da sie einfach ohne Hilfe der Erwachsenen bedienbar sind (vgl. Schlinkert o.J.). Stellen Sie einen Ersatz für "zu wenig Zeit um vorzulesen" dar, so ist dies aus Sicht der Pädagogik sicher nicht nachhaltig (vgl. Stiftung Lesen 2022). Die Nutzung setzt aber einen Account voraus, jede Box hat ein individuelles Client-Zertifikat und der Nutzer hat eine Toniebox-ID (vgl. Chip / von Sydow 2019). Wie bei allen Geräten, die ein Kundenkonto voraussetzen, werden die Interaktionen von Unternehmen aufgezeichnet und persönliche Daten gespeichert. Sogar die Bedienschritte werden aufgezeichnet "zum Wohle des Kunden" (ebd.). Die Tonie-Box ist somit ein stark vernetztes Spielzeug, welches ohne den Unternehmenssupport nicht funktionieren würde (im Gegensatz zum elektronischen Spielzeug). In der ökologischen Dimension verbleiben am Ende der Nutzungsphase Elektroschrott und die Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen. Die Toni-Box ist noch ein einfaches Smart-Toy, da es keine Sensoren zwecks Interaktion mit dem Kind hat.

Ein anderes Beispiel, welches die Möglichkeiten des Heranführens der Kinder an die Digitalisierung zeigt, ist das Sphero Mini Activity Kit (vgl. sphero o.J.). Es handelt sich um einen kleinen Ball, dessen Bewegung via Smartphone oder Game-Controller gesteuert wird. Hindernisse ermöglichen den Aufbau eines Parcours. Mit Hilfe Drag-and-Drop können Codierbefehle für die Bewegung "programmiert" werden in der Spehro Edu-App. Der Ball ist mit Gyroskop, Motor-Encoder und Beschleunigungssensoren ausgestattet. Er fördert damit unmittelbar die für BBNE wichtigen MINT-Fähigkeiten. Mit der Play-App kann sphero offline gesteuert werden, erweiterte Funktionen sind über die Edu-App verfügbar (optionale Registrierung mit Cloud-Speicher, Veröffentlichen und Aktivitätsprotokoll).

- **"Smart Toys mit webgesteuerter Interaktion"**: Diese Spielzeuge zeichnen sich durch eine Netzanbindung aus und die Interaktion wird durch externe Computer gesteuert. Diese Toys sind mit unterschiedlich vielen Sensoren ausgestattet und können damit ihre Umgebung "wahrnehmen" und darauf reagieren. Darüber hinaus bietet die Netzanbindung auch die Möglichkeit, komplexe interaktive Programme oder gar KI-Programme - wobei eine Abgrenzung nur schwierig zu treffen ist - mit dem Spielzeug und damit mit dem Kind interagieren zu lassen. Gesteuert werden diese Spielzeuge über eine App auf dem Smartphone oder einem eigenen Controller. Die Vorteile der Smart Toys liegen darin, dass diese mit den Kindern kommunizieren können (Dialoge führen), ihnen beim Lernen helfen (Frage beantworten) und auf die Kinderaktionen reagieren können (Gamification, vgl. bsi o.J.). Die Nachteile sind, dass die Interaktionen extern verarbeitet und aufgezeichnet werden, dass Daten hin- und hergeschickt werden (z.B. Sprachaufzeichnungen), ein Nutzerkonto mit persönlichen Daten angelegt

werden muss (Name, IP-Adresse / ungefährender Wohnort, Adressen der Eltern) sowie dass die Spielzeuge auf Fragen auch Anleitungen zum Handeln geben können (BSI 2022). Sie sind vergleichbar mit Smart Home-Applikationen wie Alexa oder Siri. Da sie in einem sehr sensiblen Bereich eingesetzt werden, müssen sie im Prinzip noch höhere Sicherheitsanforderungen erfüllen als die smarte Technologie für Erwachsene. Und damit hängt die Sicherheit des Spielzeugs auch von der IT-Sicherheit des Unternehmens ab. Und dies ist nicht immer ausreichend, wie der Hack von Spiral Toys, einem Hersteller von smarten Teddybären, zeigte, bei dem massenhaft Nutzerdaten veröffentlicht wurden (Cloud-Pets, vgl. TECHBREAK 2017). Aufgrund erheblicher Sicherheitslücken und den Möglichkeiten, die Geräte zu hacken, verschwand die erste Generation wie z.B. der anki vector (Bauroboter), der i-Que ("humanoider" Roboter) oder der Toy-fi-Teddy (Kommunikation zwischen Eltern und Kind) wieder schnell vom Markt oder werden nicht mehr in Deutschland offiziell gehandelt (vgl. test 2017, Chip 2017). Auch die geplante smarte Barbie-Puppe - die wie Alexa mit dem Kind kommunizieren sollte - wurde schnell wieder eingestellt (Computer Bild 2017). Offen ist, wie sich dieses Segment weiterentwickelt und ob es gelingt z.B. künstliche Intelligenz für die lokale Datenverarbeitung auf ein Smartphone oder in ein Spielzeug zu bringen und die Sensorik (Kameras, Mikrophone) gleichermaßen vor Eingriffen von Dritten zu schützen.

Ressourcenverbrauch

Gegenwärtig steigen sowohl der weltweite Ressourcenverbrauch als auch das globale Abfallaufkommen unvermindert an. Die Gewinnung und Verarbeitung von Ressourcen führen dabei zu hohen Treibhausgasemissionen sowie zu enormen Umweltbelastungen und Biodiversitätsverlusten. Laut Schätzungen des International Resource Panels der Vereinten Nationen gehen etwa 50 % der globalen Treibhausgasemissionen direkt oder indirekt auf die Gewinnung und Verarbeitung von fossilen Rohstoffen, Biomasse, Erzen und Mineralien zurück. Deshalb ist es dringend geboten, den Ressourcenverbrauch auf ein zukunftsverträgliches Ausmaß zu reduzieren und das Wirtschaftswachstum mit der Begrenztheit der Ressourcen in Einklang zu bringen. Das erfordert eine Abkehr vom derzeit dominierenden linearen hin zu einem zirkulären Wirtschaftssystem. Auch Deutschland muss sich dieser Herausforderung stellen und den entsprechenden Transformationsprozess durchlaufen (Global Resources Outlook 2019).

Ziel der Transformation ist es, durch Innovation, Technologie und die Betrachtung des gesamten Systems die Basis für eine zirkuläre Wirtschaftsweise bereitzustellen. Das erfordert die Entwicklung neuer und die Verbesserung bestehender Technologien, Systeme und Prozesse. Im Fokus stehen dabei die Beschaffung und Nutzung recycelbarer, unbedenklicher und möglichst biobasierter Materialien, sämtliche Aspekte des Designs (Materialauswahl, Zerlegbarkeit, Reparierbarkeit, Re-Use) sowie die ressourceneffiziente und emissionsarme Herstellung wiederverwendbarer Produkte (Circular Futures o.J.).

Weitere zentrale Handlungsfelder sind die Rohstoffrückgewinnung (Aufbereitung) und sämtliche Aspekte des Recyclings. Überlegungen zu einem entsprechend angepassten Verhalten der Verbraucher und Verbraucherinnen wie Leasing, Sharing, Re-Use, Refurbishment und Repair sind dabei ebenso von entscheidender Bedeutung wie eine durchgängige Erfassung, Nutzung und Bereitstellung von Daten über den gesamten Lebenszyklus (BMWK 2022).

Bedeutung von Kreislaufwirtschaft

Bei der Transformation von einer linearen Wirtschaft hin zu einer zirkulär organisierten Kreislaufwirtschaft spielt die Infrastruktur der Abfallwirtschaft eine entscheidende Rolle. Das zentrale Ziel einer zirkulär organisierten Kreislaufwirtschaft ist es möglichst viele Anfälle zu vermeiden, indem Altprodukte wieder- oder weiterverwendet, repariert oder aufgearbeitet werden. Um diese Art der Abfallvermeidung zu realisieren kommt den Entsorgungsbetrieben eine zentrale Rolle zu, indem sie z.B. wiederverwendbare Altprodukte aus der gängigen Abfallbehandlung wie der thermischen Verwertung ausschleusen und als Gebrauchsgüter anbieten.

Allerdings ist auch in einer kreislaforientierten Gesellschaft die Entstehung von Reststoffen und Abfall nicht in Gänze vermeidbar. Kreislauffähiges Wirtschaften zielt dabei darauf ab, mittels Recycling unvermeidbarer Abfälle anfallende Reststoffe optimal zu nutzen und Abfallströme ressourceneffizient zu Sekundärrohstoffen aufzubereiten und anschließend in den Produktionskreislauf zurückzuführen. Dabei versteht man unter Recycling die Rückführung von Produktions- und Konsumabfällen in den Wirtschaftskreislauf. Voraussetzung dafür ist jedoch eine Infrastruktur, die über Prozesse und Verfahren verfügt, die in der Lage ist, verschiedenste Materialien sortenrein zu trennen und in unterschiedliche Fraktionen aufzuteilen. Besonders digitale Technologien bergen durch intelligente Datenanalyse, Robotik, Sensorik und Automatisierung großes Potenzial, hochwertige Fraktionen zu gewinnen. Mit ihrer Hilfe lassen sich potenzieller Sekundärrohstoffe effektiv und effizient erkennen, abtrennen und fraktionieren.

Energieeffizienz durch IKT

Ohne Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) funktionieren große Teile unserer Lebens und zahlreiche Arbeitsbereiche nicht mehr, sowohl auf der Ebene des Konsums (online-Käufe) als auch die permanente Verfügbarkeit von Daten (GPS für die Landwirtschaft, GIS für die Architektur oder die tägliche Mobilität) erleichtern IKT Betriebsabläufe und organisieren Wirtschaftsbereiche. Was die Klimawirkung der IKT betrifft, sind sowohl nützliche, als auch sehr schädliche Auswirkungen zu verzeichnen.

Durch neue Technologien kann Energie eingespart und damit die THG-Emissionen reduziert werden, wie beispielsweise durch die intelligente Steuerung von Stromnetzen (Smart Grids), über Plattformen, die die gemeinsame Nutzung von Wirtschaftsgütern steuern oder im Straßenverkehr durch die Vernetzung verschiedener Mobilitätsoptionen Wege und damit Emissionen einsparen. So geht die bitkom in der Studie "Klimaeffekte

der Digitalisierung“ davon aus, dass durch intelligente Mobilität und Logistik 8 bis 13 Prozent der erwarteten Mobilitätsemissionen im Jahr 2030 vermieden werden (bitkom 2021). Ride- und Carsharing-Apps können dabei zu einer verbesserten Verkehrsanbindung führen und damit die Verkehrsbelastung und die Fahrzeugwartung optimieren.

Nach Anthony ergeben sich 2,3 bis 5,1 Mt THG-Einsparungen aus der Veränderung des Modal-Split, weitere 1,6 Mt aus der Ressourceneinsparung für die Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge wenn Car-Sharing-Angebote genutzt werden wenn sich der Pkw-Bestand in privaten Haushalten wird durch Carsharing-Mitgliedschaften um 10 Prozent reduziert (ebd. 2022).

Laut einer Studie des Öko-Institut e.V. können in Häusern oder Wohnungen über Smarthome-Anwendungen zwischen neun Prozent Heizenergie in der Wohnung und 14 Prozent im Haus eingespart werden. Je nach Komfort, Sicherheitsausstattung und Wohnungstyp steigt jedoch auch der Stromverbrauch für die intelligenten und vernetzten Geräte an zwischen drei und maximal 19 Prozent (Gröger J. et al. 2019).

Sharing Plattformen

Durch die Weiterentwicklung der IKT verbreiteten sich auch Online-Vermittlungsplattformen für das Sharing von Gütern von privat zu privat, aber auch Business-to-Business (B2B). Sharing-Plattformen oder Online-Plattformen können einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung leisten. Viele Angebote wurden durch die Verbreitung von Smartphones, Apps und Navigationssystemen erst möglich. Sie dienen der sogenannten Sharing Economy als technologische Basis, um Dinge, die man angeschafft hat, aber nur selten braucht, unter Privatpersonen zu teilen. Dies sind z.B. Garten-, Handwerks- oder Haushaltsgeräte (z.B. frent.me), Büro-, Haushalts- und Küchengeräte (depot o.J.) und vieles andere (utopia o.J.). Weitere Beispiele sind Non-Profit-Plattformen wie Foodsharing (foodsharing o.J.) oder Freecycle, die überschüssiges Essen und Gebrauchsgegenstände kostenfrei zur Verfügung stellen. Mittlerweile gibt es in Deutschland 110 Online-Plattformen, Tendenz steigend. Demgegenüber stehen kommerzielle Plattformbetreiber, die Sharing als Marktpotenzial betrachten, auf der Grundlage einer Kapitalisierung des Sozialen und Privaten. So werden beispielsweise über Airbnb private Wohnungen vermittelt. Auf der Plattform Uber werden Mitfahrgelegenheiten vermittelt. Die Plattformen haben das Ziel, Konsumgüter zu teilen und geben vor, eine „Sharing Society“ zu entwickeln. Die Tendenz geht jedoch eher in Richtung eines anderen Konsum-Modus, der neue Konsumoptionen eröffnet (IÖW 2017).

Trotzdem verspricht das Teilen und gemeinsame Nutzen von Konsumgütern für Verbraucher*innen viele Vorteile: mehr Angebote, mehr Flexibilität und mehr Gemeinschaft bei weniger Kosten und weniger Verschwendung von Ressourcen. Durch digitale Vermittlungsplattformen wächst das Potenzial der Sharing Economy. Damit dieses Potenzial auch zum nachhaltigen Nutzen beiträgt, ist es wichtig, dass dieses Konzept nur für Dienste verwendet werden sollte, bei denen es tatsächlich um das

„Teilen“ oder „gemeinschaftliche Nutzen“ von Gütern geht. Herausforderungen bestehen im Verbraucherschutz und im sensiblen Umgang mit Daten der Sharing Economy (vzbv 2015).

KI-Entwicklung von Chemikalienfässer

Verpackungsabfälle sind eine bisher weitgehend ungenutzte Ressource in Deutschland. Von den ca. 19 Mio. t Verpackungsabfällen in 2019 gingen ca. 72% in das Recycling, insgesamt betrug der Verwertungsquote fast 97% (UBA 2022). Allerdings wurden ca. 5,3 Mio. energetisch verwertet, d.h. sie dienten als Brennstoffersatz in Müllverbrennungsanlagen. Aber auch die stoffliche Verwertung ist nicht immer hochwertig, wenn z.B. aus Verpackungsmaterial ein anderes „Einwegmaterial“ wie z.B. Blumentöpfe hergestellt werden, die nach dem Auspflanzen gleich wieder Abfall werden (GREEN24). Es stellt sich somit die Frage, wie man hochwertige, langlebige Produkte aus Verpackungsabfall herstellen kann. BBM Maschinenbau und Vertrieb

Ein Beispiel zur Optimierung von Prozessen für einen effizienteren Umgang mit Ressourcen ist die Herstellung von Kunststoff-Hohlkörpern der Firma BBM Maschinenbau (ZRE 2021; YouTube 2021). Diese haben die Produktion so weit verbessert, dass bei den Fässern die Innen- und Außenschicht aus neuem Kunststoff, der Rest allerdings zu 80% aus Recyceltem besteht. Das ermöglicht bessere Einsatzmöglichkeiten für die Fässer aus Rezyklat, da sie bisher meist für kurzlebige oder Produkte minderer Qualität verwendet wurden. Durch die innere Beschichtung sind diese aber stabil und können beispielsweise auch mit Chemikalien befüllt werden .

Eine KI hat insofern daran mitgewirkt, dass auf wiederholte Versuche verzichtet werden konnte, bei denen durch das häufige Ausprobieren ein geeignetes Fass gefunden werden soll. Dieses Vorgehen kostet sowohl Energie als auch Materialien. Stattdessen werden digitale Kopien des Wendelverteilers erstellt, der die beiden Kunststoffsorten zusammenführt. Diese werden jeweils etwas abgeändert, sodass tausende Variationen und der mögliche Produktionsprozess simuliert werden. Anschließend sucht eine intelligente Software die stabilsten Ergebnisse mit dem höchsten Rezyklat-Anteil heraus und analysiert diese auf Gesetzmäßigkeiten.

Schließlich wird nach ungefähr 10 Generationen ein optimaler Wendelverteiler und damit ein ressourceneffiziente Kunststoff-Hohlkörper erstellt.

Umweltauswirkungen von IKT

Demgegenüber steht die Herstellung, Nutzung und Entsorgung der IKT-Produkte, also der Liefer- und Produktionsketten, die extreme Umweltauswirkungen, insbesondere durch die Förderung wichtiger Rohstoffe wie Lithium, Kobalt, Tantal, Silber oder Gold, nach sich ziehen. Diese werden häufig unter gefährlichen und ausbeuterischen Bedingungen in den Herkunftsländern abgebaut, wie am Beispiel Kupfer (s.o.) erläutert wurde. IKT-Produkte bestehen aus bestimmten Metallen oder seltenen Erden, die schwerpunktmäßig aus Entwicklungs- oder Schwellenländern wie Südafrika, der Demokratischen Republik Kongo oder China kommen. Der Abbau der Rohstoffe ist mit

großen Umweltschäden verbunden (durch den Einsatz giftiger Chemikalien bei der Bearbeitung des Gesteins) und menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen für die lokale Bevölkerung. (Germanwatch 2009, BMZ 2022, ILO 2021, Welthungerhilfe 2020). Über 20 Millionen Menschen arbeiten weltweit direkt im Bergbau, davon viele als kleine Schürfer ohne jeglichen Schutz. 1 bis 1,5 Millionen von ihnen sind Kinder. Nach einer Schätzung der Umweltorganisation Germanwatch und vieler anderer Organisationen sind insgesamt über 100 Millionen Menschen vom Bergbau abhängig.

Elektroschrott

Auch die Entsorgung von Geräten hat katastrophale Folgen. Elektroschrott landet auf illegalen Mülldeponien im Ausland und hat dort erhebliche soziale und Umweltauswirkungen zur Folge. In Deutschland fallen pro Kopf und Jahr ca. 22 kg Elektroschrott an. Diese Menge beinhaltet entsorgte Computer, Fernseher, Waschmaschinen, Handys und vieles mehr. Im internationalen Vergleich liegt diese Menge weit über dem Durchschnitt: weltweit fallen ca. 6 kg pro Kopf und Jahr an. Nur 35-40 Prozent des Elektroschrotts in Deutschland werden recycelt, 1,03 Millionen Tonnen Elektrogeräte werden deutschlandweit jährlich nicht erfasst, landen im Restmüll oder werden illegal exportiert (AK Rohstoffe 2020).

Ein Teil des Elektroschrotts aus Deutschland wird illegal in Länder wie Ghana, Nigeria, Pakistan, Tansania oder Thailand verschifft. Seit Jahren steigt die Menge an illegal in Entwicklungs- und Schwellenländer verschifften Elektroschrotts kontinuierlich an (Global Ewaste Monitor 2017). Zwar verbietet dies das Elektro- und Elektronikgerätegesetz, das u. a. auf europäische Vorgaben aus der WEEE-Richtlinie (Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall-Richtlinie) zurückgeht. Das Verbot wird jedoch umgangen, indem die Ware als noch funktionstüchtig deklariert wird. Defekte Geräte werden häufig mit bloßen Händen und einfachsten Werkzeugen zerlegt und Metalle z. B. mithilfe brennbarer Hilfsmaterialien wie Autoreifen herausgelöst. Kinder, Frauen und Männer gefährden so ihre Gesundheit, um mit verwertbaren Rohstoffen (z. B. Kupfer aus PVC-Kabeln) ihren Lebensunterhalt zu bestreiten. Ohne ausreichende Vorkehrungen geraten dabei Schwermetalle und andere Schadstoffe in Boden und Luft (Basel Action Network 2018).

Hinzu kommt, dass wertvolle, darin enthaltene Rohstoffe nicht recycelt werden. planet wissen (ebd. 2020) zitiert Schätzungen der Vereinten Nationen, wonach weltweit jedes Jahr zwischen 20 und 50 Millionen Tonnen Elektromüll anfallen. Die Zunahme von Elektroschrott liegt vor allem darin, dass Geräte durch technische Innovationen ausgetauscht werden, obwohl sie noch funktionsfähig sind, wenn sich beispielsweise die Leistung neuer Rechner verdoppelt, oder technische Innovationen herkömmliche Technik ablösen (Flachbildschirme versus Röhrenmonitore, Smartphones statt Handys etc.).

Große Mengen Energie verschlingt allerdings auch die Nutzung all dieser Geräte und Infrastrukturen, wie Rechenzentrum und Serverinfrastruktur bis hin zu sämtlichen mobilen und stationären Endgeräten, obwohl in einigen Bereichen bereits

Effizienzsteigerungen erreicht werden konnten. Obwohl Geräte und Technologien effizienter werden, reduziert sich der Konsum von IKT-Produkten nicht, hier zeigen sich Rebound-Effekte. Laut BMUV (ebd. 2016) entstehen diese, wenn durch Effizienzsteigerungen eine größere Nachfrage entsteht, wodurch geplante Einsparungen nicht in voller Höhe erzielt werden. Problematisch sind auch Rabatt-Aktionen und Angebote für günstige Einkäufe, insbesondere auch im Weihnachtsgeschäft. Der Cyber-Monday verspricht Schnäppchen über den Online-Verkauf, während die Kosten dafür, bei der Herstellung und beim Ressourcenabbau, der globale Süden trägt.

Ein Computerarbeitsplatz stellt mit Mini-PC sowohl ökologisch als auch ökonomisch die beste Variante dar, denn dieser hat geringere Lebenszykluskosten als ein Arbeitsplatz mit Desktop-PC, energiesparsamere Komponenten, sein Stromverbrauch ist niedriger, was bei den Kosten und auch bei den Emissionen zu Buche schlägt. (Prakash, S. et al. 2012) Die Endgeräte werden effizienter und Energieeinstellungen differenzierter und damit auch komfortabler, wobei sich der Stromverbrauch von Endbenutzer*innen zu Rechenzentren, Cloud-Services, Suchmaschinen verlagert. Hierauf wird auch im Kapitel zum [SDG 9](#) "Industrie und Innovation" in diesem Hintergrundpapier detaillierter eingegangen.

Obsoleszenz

Auch wenn Computer und Smartphones tendenziell kleiner und leichter werden, wird die Herstellung kleinerer Technologien noch ressourcenintensiver. Hinzu kommt, dass Elektro- und Elektronikgeräte früher ausgetauscht werden, wenn Nachfolgemodelle mit kleinen funktionalen Verbesserungen auf den Markt kommen. Tendenziell werden auffällig viele Geräte wegen eines Defekts ersetzt, noch bevor eine optimale Lebens- oder Nutzungsdauer erreicht ist (BMUV 2016).

Besonders bei IKT-Produkten kommt durch eine hohe Innovationsgeschwindigkeit eine verkürzte Nutzungsdauer zum Tragen, so dass Notebooks teilweise nur drei Jahre genutzt werden, bevor wieder ein neues Gerät angeschafft wird. Diese Auswirkungen werden unter dem Begriff der Obsoleszenz zusammengefasst, wobei die psychologische Obsoleszenz (der Neukauf von Produkten aufgrund von Innovationen), technische Obsoleszenz (in Bezug auf eine mögliche Reparierbarkeit) und die geplante Obsoleszenz (technische Auslegung von Produkten auf eine bestimmte Lebensdauer) unterschieden werden.

Neben Strategien zur Erreichung einer gesicherten Mindestlebensdauer und Verlängerung der Produktlebensdauer seitens der Politik und der Hersteller, wie beispielsweise Reparierfähigkeit und Möglichkeiten, Ersatzteile einzubauen, werden auch Mindestanforderungen an die Software gestellt. Die Anforderung ist, dass durch Updates oder neue Treiber keine neuen Geräte angeschafft werden müssen oder die Fehleranfälligkeit minimiert ist. Wenn neue Software eingeführt wird, die die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Hardware übersteigt, kann dies zum Ende der Nutzungsphase von Geräten führen. Die gilt auch wenn Sicherheitspatches nicht mehr zur Verfügung gestellt werden oder wenn Support-Verträge für Software ablaufen

(Betriebssystem). In diesem Zusammenhang wird auch von modularer Software gesprochen, also die Wiederverwendbarkeit von Software für Geräte nachfolgender Generationen (BMUV 2016).

CO₂-Fußabdruck von IKT

Der mit Hilfe eines entsprechenden CO₂-Rechners ermittelte ökologische Fußabdruck durch die Nutzung von Produkten und Dienstleistungen der IKT zeigt die wesentlichen Treibhausgasemissionen bei der Nutzung von Digitaltechnik. So liegen die Treibhausgasemissionen mit rund einer dreiviertel Tonne (739 kg) CO₂-Äq pro Anwender*in und Jahr beim individuellen CO₂-Fußabdruck bei der durchschnittlichen Nutzung digitaler Geräte und Dienstleistungen. Dieser kann bei einer intensiven Nutzung digitaler Geräte und Dienstleistungen auf bis zu 1 Tonne CO₂-Äq pro Anwender*in und Jahr ansteigen.

Diese Menge scheint im Verhältnis zu den gesamten Treibhausgasemissionen pro Bundesbürger*in aus Wohnen, Mobilität, Ernährung, öffentlicher Infrastruktur und sonstigem Konsum von insgesamt 11,6 Tonnen (vgl. CO₂-Rechner des Umweltbundesamtes, ifeu 2007) eher gering. Es ist jedoch zu beachten, dass der digitale CO₂-Fußabdruck ein starkes Wachstumspotenzial beinhaltet, vor allem in Bezug auf die Herstellung von IKT-Produkten. In der Herstellungsphase überwiegt der Beitrag der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Stromverbrauch in der Nutzungsphase (61 Prozent bei einer durchschnittlichen Nutzung digitaler Geräte und Dienstleistungen und 52 Prozent bei intensiver Nutzung).

Ansatzpunkte sind also eine höhere Effizienz bei der Nutzung von IKT-Produkten und eine klimafreundlichere Herstellung, aber vor allem auch eine längere Nutzungsdauer wie im nächsten Abschnitt beschrieben.

Die THG-Emissionen bei Herstellung und Nutzung steigen jedoch auch mit der Größe der IKT-Produkte selbst. Beispielsweise haben große Fernseher und leistungsstarke Desktop-Computer einen höheren Herstellungsaufwand und Energieverbrauch als mobile Geräte. Somit ist der Trend zu immer größeren und leistungsstärkeren Geräten kritisch zu bewerten. So liegt der Energieverbrauch bei einem 55 Zoll-Fernseher höher als bei einer energieeffizienten Waschmaschine (Gröger J. 2020).

Nutzungsdauer

Was die Nutzungsdauer anbelangt, hat ein Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes „Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten“ herausgefunden, dass aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes eine möglichst lange Nutzungsdauer unstrittig ist. Beispielsweise wurde untersucht, ob es aus Sicht des Klimaschutzes sinnvoll ist, ein noch funktionierendes Notebook durch ein energieeffizienteres Notebook zu ersetzen. Dabei ergab sich, dass bei einer Energieeinsparung von etwa 10% in der Nutzung gegenüber einem alten Gerät, das neue Gerät über 80 Jahre lang genutzt werden müsste, bis sich der Herstellungsaufwand amortisiert hat (Prakash, S. et al. 2012).

Sie kommen beispielsweise auch zum Ergebnis, dass sich das Treibhauspotenzial in einem Zeitraum von zehn Jahren um ca. 390 kg CO₂-Äq (~28%) pro Computerarbeitsplatz verringert, wenn Notebooks länger genutzt werden oder dass ein Computerarbeitsplatz mit Mini-PC sowohl ökologisch als auch ökonomisch als beste Variante zu betrachten ist. Dieser hat durch energiesparsamere Komponenten geringere Lebenszykluskosten als ein Arbeitsplatz mit Desktop-PC, verbraucht in der Nutzung weniger Strom und verursacht somit geringere Stromkosten.

Da, wie weiter oben erwähnt, die größte Umweltbelastung bei der Gewinnung der Rohstoffe und in der Herstellungsphase der IKT-Produkte entsteht, trägt eine lange Nutzungsdauer dieser Geräte zu einer Verringerung der Umweltbelastung durch die Geräte bei und hilft, natürliche Ressourcen zu schonen. Ebenso wie defekte Geräte zu reparieren, statt diese wegzuworfen, sofern dies technisch möglich ist. Bereits im Beschaffungsprozess sollte darauf geachtet werden, dass diese aufrüstbar und reparierbar sind. Ein weiterer wichtiger Punkt sind funktionale und fachliche Anforderungen, die den gesamten vorgesehenen Nutzungszeitraum berücksichtigen (ebd. 2021).

Alternative Lösungen und Recherchemöglichkeiten

Im Ausbildungsbetrieb kann auf unterschiedlichen Ebenen angesetzt werden, um die negativen ökologischen Auswirkungen der IKT zu reduzieren. Hierzu zählen der Einsatz von Geräten, die einen geringeren Strombedarf haben, sowie eine nachhaltigere Nutzung von IKT, vor allem im Hinblick auf eine längere Lebensdauer von Produkten.

Als Orientierung für nachhaltige IKT können Gütezeichen dienen. Maßnahmen zur Verbesserung der Verbraucherinformationen (z.B. ökologische Vorteile von langlebigen Produkten) und Erhöhung der Informationspflichten der Hersteller (z.B. eindeutige Deklaration von Verschleißteilen) sind weitere wichtige Instrumente, um die Kaufentscheidung zu Gunsten von langlebigen Produkten zu beeinflussen (BMUV 2016).

Laut Expertengruppe Ressourceneffizienz in der IKT (Expertengruppe Green-IT 2021) kann der Vergleich von Gütezeichen durch ihre unterschiedliche Ausrichtung mit unterschiedlichen Kriterien, Anforderungen und auch Grenzwerten sinnvoll und eine Unterstützung bei der Auswahl von Geräten sein. Als relevante Kriterien verschiedener Gütezeichen wie TCO certified, Blauer Engel, EPEAT Gold, EnergyStar gelten zum Beispiel Energiemessungen/Benchmarks im Testlabor, Betrachtung des "Total Cost of Ownership" (Energie und Verbrauchsmaterial), lange Lebenszyklen von PC oder Notebooks, die Verwendung von Druckern und Monitoren bis Produktlebensende, Geräusentwicklung (PC, Notebooks), Austauschbarkeit von Komponenten, recyclingfähige Kunststoffteile, Emission flüchtiger organischer Verbindungen, Partikelemissionsrate (Drucker), aber auch die Einhaltung der ILO Kernarbeitsnormen als Entscheidungsgrundlage. Auch praktische Einsparmöglichkeiten sollten nicht außer Acht gelassen werden, wie etwa Etagedrucker oder auch das Thema Geräteverpackungen.

Hierfür empfiehlt sich die Webseite „Siegelklarheit“, eine Initiative der deutschen Bundesregierung, die Konsument*innen eine Orientierung zu einer Vielzahl von Gütezeichen gibt. Auf der Webseite kann nach kann Gütesiegeln für Computer-Hardware und für Mobiltelefone gesucht und recherchiert werden, welche Phasen des Produktlebensweges vom Siegel abgedeckt werden, wobei Rohstoffproduktion, Herstellung, Transportwege, Nutzungsphase und End-of-Life unterschieden werden.

Nachhaltige Beschaffung

So empfiehlt die Expertengruppe Green-IT (ebd. 2021) unterschiedliche Maßnahmen für die Beschaffung, die Nutzungsphase und nach dem Ende der Nutzungsphase. Für die Beschaffung sollen (im Unternehmen) Ziele zur nachhaltigen Beschaffung festgelegt, Nachhaltigkeitskriterien und Aspekte verankert werden. Dies geht einher mit der Sensibilisierung der Mitarbeiter*innen, die am Beschaffungsprozess beteiligt sind. Diese Kriterien sollten auch gegenüber Lieferanten und in Aufträgen transparent gemacht werden, Lieferanten sollten, wie beispielsweise nach EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) oder nach ISO 14001 zertifiziert sein. Die Geräte sollten aufrüstbar und langlebig sein, Kriterien von Gütezeichen gerecht werden, wie weiter oben beispielhaft genannt, etc. Innerhalb des Unternehmens wird empfohlen, Checklisten zur nachhaltigen Beschaffung anzulegen und einen Informations- und Erfahrungsaustausch zu etablieren.

Das Umweltbundesamt hat das Excel-Tool „Öko-APC-Tool“ entwickelt, in das die Kennzahlen verschiedener IKT-Ausstattungen eingegeben werden und je nach Nutzungsdauer der Geräte miteinander verglichen werden können. Um die monetären Auswirkungen unterschiedlich langer Nutzungsdauern und auch die Umweltwirkungen transparent zu machen, berechnet das Programm neben den Kosten für Hardware und Strom, Personalkosten für Beschaffung und Rollout auch die Treibhausgasemissionen für einen Betrachtungszeitraum von bis zu zwölf Jahren inklusive Herstellung der beschafften Hardware und des Energiebedarfs in der Nutzung (Expertengruppe Green-IT 2021).

Die Herausforderungen für Fachinformatiker*innen liegen also vor allem darin, Unternehmen, für die sie arbeiten, nachhaltige IKT-Lösungen anzubieten, die das vorhandene Budget berücksichtigen, sowie das Verhalten von Endnutzer*innen und die organisatorischen Abläufe im Betrieb kennen.

Es ist sinnvoll, wenn außer Betrieb genommene IKT-Geräte einer weiteren Nutzungsphase zugeführt werden, indem sie kostenlos an soziale Einrichtungen oder Schulen abgegeben werden oder auch innerhalb des Betriebes in anderen Abteilungen weiter genutzt, an private Nutzer*innen verkauft oder an Aufbereiter, Wiederverwender abgegeben werden (Expertengruppe Green-IT 2021). Es existieren unterschiedliche Projekte, die IT-Geräte sammeln, die nicht mehr benötigt werden. So gibt es beispielsweise das gemeinnützige Unternehmen AfB gGmbH, das als sogenannter Refurbisher durch Aufarbeitung und Verkauf gebrauchter IT- und Mobilgeräte Arbeitsplätze für Menschen mit Behinderung schafft. Das Unternehmen übernimmt

gebrauchte IT von Unternehmen und arbeitet diese nach zertifizierter Datenlöschung für die Wiederverwendung auf. Dies erweitert den Produktlebenszyklus, natürliche Ressourcen werden geschont und THG-Emissionen reduziert.

Es existieren bereits Geschäftsmodelle für Unternehmen, die sich auf Runderneuerung und Verkauf gebrauchter Geräte, das sogenannte Refurbishment spezialisiert haben. Dieses Geschäftsmodell verfolgt auch Online-Marktplätze wie asgoodasnew.de oder refurbished.de. Das Unternehmen "Das macht Schule gemeinnützige GmbH" aus Hamburg vermittelt gebrauchte Hardware an Schulen, die diese selbst abholen und schließlich auch über deren Einsatz berichten.

Quellenverzeichnis

- AK Rohstoffe c/o PowerShift e.V (2020): 12 Argumente für eine Rohstoffwende. Online: <https://power-shift.de/12-argumente-fuer-eine-rohstoffwende/>
- Basel Action Network (2018): Holes in the circular economy. Online: http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes_in_the_Circular_Economy-WEEE_Leakage_from_Europe.pdf
- bitkom (2021): Klimaeffekte der Digitalisierung Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz. Online: https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2015): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) II. Online: Deutscher Bundestag (2022): Energieverbrauch der IKT-Infrastrukturen in Deutschland. Online: <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-914208>
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2016): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“: Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf
- BMWK (2022): Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMWK): FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft – Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Online: <https://fdoc.ffg.at/s/vdb/public/node/content/8nKEL-hcRnqkwYOL8MHgxg/1.0?a=true>
- BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ) 2022: Gemeinsam gegen Kinderarbeit. Online: <https://www.bmz.de/de/themen/kinderarbeit>
- BSI (2022): Smart Toys - wenn der Teddybär gefährlich wird. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=LEV1dPlufYI>
- bsi (o.J.): Smarte Spielzeuge - Lernhilfen oder Spione? Online: <https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Internet-der-Dinge-Smart-leben/Smart-Home/Smart-Toys/smart-toys.html>
- Chip; von Sydow, Elisabeth (2019): Toniebox: Sicherheit und Datenschutz. Online: https://praxistipps.chip.de/toniebox-sicherheit-und-datenschutz-alle-infos_107532
- Circular Futures (o.J.): - Plattform Kreislaufwirtschaft Österreich: SDGs & Kreislaufwirtschaft. Online: <https://www.circularfutures.at/themen/kreislaufwirtschaftspolitik/sdgs-and-kreislaufwirtschaft/>
- Computer Bild (2017). Mattel Aristotle: Überwachungssystem für Kids eingestellt. Online: <https://www.computerbild.de/artikel/cb-News-Vernetztes-Wohnen-Mattel-Aristotle-17107203.html>
- depot (o.J.): Viele Orte, ein Depot. Online: <https://depot.social/>

- Expertengruppe Green-IT im Rahmen der Allianz für nachhaltige Beschaffung der Bundesregierung, unter der Leitung des Umweltbundesamts (UBA) 2021: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen Nachhaltige Beschaffung und Nutzungsdauerverlängerung von IKT basierend auf einer Umfrage durch die Expertengruppe Green-IT. Online: https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Bericht_-_nachhaltige_Beschaffung_und_Nutzungsdauerverlaengerung_von_IKT.pdf
- foodsharing (o.J.): Willkommen bei foodsharing – Gemeinsam für mehr Lebensmittelwertschätzung. Online: <https://foodsharing.de/>
- German Watch (2009): Hättest du gern eine Handy aus Gold. Online: <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/6464.pdf>
- Global Ewaste Monitor (2017). Online: <https://globalewaste.org/>
- Global Resources Outlook (2019): UN-Ressourcenrat (International Resource Panel): Online: [https://resourcepanel.org/rGlobal-E-waste-Statistics-Partnership-\(globalewaste.org\)reports/global-resources-outlook](https://resourcepanel.org/rGlobal-E-waste-Statistics-Partnership-(globalewaste.org)reports/global-resources-outlook)
- GREEN24: Recycling Pflanztöpfe. Online: <https://www.green24.de/Anzucht-Vermehrung/Pflanztoepfe-Anzuchttoepfe/Vierkanttoepfe/11-x-11-cm/100-Stck-Recycling-Pflanztoepfe-Profi-11x11x12cm-Farbe-Taube-RC-Vierecktopf::3206.html>
- Gröger, J. Öko-Institut e.V.; Hrsg. BUND (2020): Digitaler CO₂-Fußabdruck Datensammlung zur Abschätzung von Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Nutzung digitaler Endgeräte und Dienste Berlin. Online: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/digitaler-co2-fussabdruck>
- ILO Internationale Arbeitsorganisation 2021: UN startet Internationales Jahr zur Abschaffung der Kinderarbeit 2021. Online: https://www.ilo.org/berlin/presseinformationen/WCMS_766477/lang--de/index.htm
- IÖW: Behrendt, S.; Henseling, Ch.; Flick, Ch.; Ludmann, S.; Scholl, G.; Herausgeber Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (2017): Zukünfte des Peer-to-Peer Sharing Diskurse, Schlüsselfaktoren und Szenarien PeerSharing Arbeitsbericht 5. Online: https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user_upload/Dateien/PeerSharing_AP_5.pdf
- KMK Kultusministerkonferenz (2016): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf
- Planet Wissen (2020) Elektroschrott – Giftmüll und Ressourcenschatz. Online: <https://www.planet-wissen.de/sendungen/sendung-elektroschrott-100.html>
- Prakash, S., Liu, R., Schiscke, K., Stobbe, L. (2012): Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten, Öko-Institut in Zusammenarbeit mit Fraunhofer IZM, im Auftrag des Umweltbundesamtes. Online: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zeitlich-optimierterersatz-eines-notebooks-unter>
- Schlinkert, Heinz (o.J.): Tonies – ein neues Medium für kleine Kinder. Online: <https://www.kindergartenpaedagogik.de/fachartikel/paedagogik/2430/>
- Spektrum; Gründwald, Stephan (1998): Tamagotchis psychologisch völlig ungefährlich. Online: <https://www.spektrum.de/news/tamagotchis-psychologisch-voellig-ungefaehrlich/340327>
- sphero (o.J.): Sphero Mini Activity Kit – Programmier-Aktivitätskit für Kinder. Online: <https://sphero.com/products/mini-kit>
- Stiftung Lesen (2022): Frühe Impulse für das Lesen – Realitäten in den Familien. Online: https://www.stiftunglesen.de/fileadmin/PDFs/Vorlesestudie/Vorlesemonitor_2022.pdf
- Tamagotchie (o.J.): Tamagotchie. Online: <https://tamagotchi.com/de/home/>
- TECHBREAK (2017): CLOUD PETS HACK LEAKS RECORDINGS AND PASSWORDS. Online: <https://twit.tv/shows/twit-bits/episodes/3772>
- Tonies (o.J.a.): So funktioniert. Online: <https://tonies.com/de-de/so-funktioniert/>

- Tonies (o.J.b): Nachhaltigkeit bei tonies. Online: <https://tonies.com/de-de/ueber-uns/nachhaltigkeit-bei-tonies/>
- UBA 2022: Verpackungsabfälle. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlt-er-abfallarten/verpackungsabfaelle>
- utopia (o.J.): Sharing Economy: Plattformen zum Teilen & Verleihen. Online: <https://utopia.de/bestenlisten/sharing-economy-plattformen-teilen-verleihen/>
- VDI ZRE (2021)- LO erjät dem Rezyklateinsatz. Online: <https://www.ressource-deutschland.de/werkzeuge/ressourceneffizienz-in-der-praxis/gute-praxis-beispiele/suchergebnis/>
- Verbraucherzentrale Bundesverband vzbv (2015): TEILEN, HABEN, TEILHABEN. VERBRAUCHER IN DER SHARING ECONOMY, Diskussionspapier. Online: <https://www.vzbv.de/sites/default/files/sharing-econoy-diskussionspapier-vzbv-deutscher-verbrauchertag-2015.pdf>
- Welthungerhilfe (2020): Indien hält bei der Kinderarbeit den traurigen Spitzenplatz. Online: www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/wirtschaft-menschenrechte/indien-haelt-bei-kinderarbeit-den-traurigen-spitzenplatz
- Youtube: VDI ZRE (2021): Kunststoffrecycling 4.0: Künstliche Intelligenz und digitaler Zwilling spart Ressourcen. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=LxafPcpqOf4>

Die Projektagentur Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (PA-BBNE) des Partnernetzwerkes Berufliche Bildung am IZT erstellt für eine Vielzahl von Ausbildungsberufen umfangreiche Materialien, um die neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ konkret auszugestalten. Dabei werden in den Hintergrundmaterialien die 17 Sustainable Goals (SDG) der Agenda 2030 und ihre Unterziele aus einer wissenschaftlichen Perspektive der Nachhaltigkeit im Hinblick auf das jeweilige Berufsbild betrachtet. In den sogenannten Impulspapieren werden ausgehend von den Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrplänen die Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ sowie die jeweiligen Berufsbildpositionen beleuchtet und die Möglichkeiten der integrativen Vermittlung der Nachhaltigkeitsthemen aufgezeigt. Darüber hinaus werden wichtige Zielkonflikte sowie die spezifischen Herausforderungen der Nachhaltigkeit mittels Grafiken zur Diskussion gestellt. <https://www.pa-bbne.de>

Das IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH ist eine unabhängige Forschungseinrichtung in Berlin und adressiert seit mehr als 40 Jahren die großen gesellschaftlichen Herausforderungen mit Blick auf die notwendige tiefgreifende Transformation der Gesellschaft. Es ist der Nachhaltigkeit und der Gestaltbarkeit von Zukünften verpflichtet. Als gemeinwohlorientierte inter- und transdisziplinäre Forschungseinrichtung integriert das IZT die wissenschaftlichen Möglichkeiten der Zukunftsforschung, gesellschafts- und naturwissenschaftliche Expertise sowie Praxiswissen. Gesellschaftlich relevante Themen werden frühzeitig erkannt, in den wissenschaftlichen und öffentlichen Diskurs eingebracht und in strategische Forschungsprojekte umgesetzt sowie auch in Bildungsangebote für Allgemeinbildung, berufliche Aus- und Weiterbildung sowie Hochschulbildung übersetzt. <https://www.izt.de>

Impressum

Herausgeber

IZT – Institut für Zukunftsstudien und
Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Schopenhauerstr. 26, 14129 Berlin
www.izt.de

Projektleitung

Dr. Michael Scharp
Forschungsleiter Bildung und Digitale Medien am IZT

m.scharp@izt.de | T 030 80 30 88-14

Förderhinweis

Dieser Bericht wurde im Rahmen des Projekts
„Projektagentur Berufliche Bildung für Nachhaltige
Entwicklung“ (PA-BBNE) des Partnernetzwerkes
Berufliche Bildung (PNBB) am IZT“ erstellt und mit
Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und
Forschung unter dem Förderkennzeichen 01J02204
gefördert. Die Verantwortung der Veröffentlichung
liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Dieses Bildungsmaterial berücksichtigt die Gütekriterien für digitale BNE-Materialien gemäß Beschluss der Nationalen Plattform BNE vom 09. Dezember 2022.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Lizenzhinweis



Diese Texte unterliegen der Creative Commons Lizenz
„Namensnennung – Weitergabe unter gleichen
Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC)“