

KFZ-Mechatroniker und KFZ-Mechatronikerin

InVETOS UG
Günter Schröder
Laagbergstraße 50A
38440 Wolfsburg
guenter.schroeder@invetos.com
+491734791001

IZT
Dr. Michael Scharp
Schopenhauerstraße 26
14129 Berlin
m.scharp@izt.de

GEFÖRDERT VOM



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
1.1. BBNE und BNE – Ziele der Projektagentur PA-BBNE	5
1.2. Die Materialien der Projektagentur	6
1.3. Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung	6
1.3.1 Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”	6
1.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung	7
1.4. Glossar	8
1.5. Quellenverzeichnis	9
SDG 2: “Kein Hunger”	9
Energie vom Acker	11
Bio-Kraftstoff	11
Verminderung von THG als Preistreiber für Nahrungsmittel	12
Verminderung von THG als Zerstörer von Biodiversität	12
Zusammenfassung	13
Quellen	13
SDG 4: “Hochwertige Bildung”	14
10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE	15
Schritt 1 - Richtig anfangen: Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE	15
Schritt 2 - Selbstwirksamkeit schaffen: Eröffnung von Nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven	15
Schritt 3 - Ganzheitlichkeit: Gestaltung transformativer Lernprozesse	16
Schritt 4 - Lernort Betrieb: Entwicklung nachhaltiger Lernorte	17
Quellenverzeichnis	17
SDG 5 “Geschlechtergleichstellung”	18
Der Rahmen für die Geschlechtergleichstellung	18
Geschlechtergerechtigkeit in der Praxis	19
Betriebliche Vorteile für die Geschlechtergerechtigkeit	21
Geschlechtergleichstellung im Kfz-Gewerbe	22
Quellen	23
SDG 6: “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen”	25
Primäres Mikroplastik aus der Nutzungsphase	27
Mikroplastik in Reifen	28
Mikroplastik in der Nahrungskette	29

Gesundheitsbelastung durch Mikroplastik	29
Wasserbedarf durch die E-Mobilität	30
Wasserverbrauch durch E-Auto- Fertigung	31
Quellen	32
SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”	33
Erneuerbare Energien	35
Photovoltaik	36
Solarwärme	38
Bioenergie	39
Erd- und Umgebungswärme	39
Beleuchtung	40
Mobilität	41
Logistik	41
Geschäftsreisen	42
Fuhrpark für den motorisierten Individualverkehr	42
Nutzungsverhalten	43
Alternative Mobilität	44
Kraftstoffe	44
Energiebilanz e-Fuel versus e-mobilität	45
Elektromobilität	46
Brennstoffzellen	48
Nutzfahrzeuge: Elektrisch oder mit Brennstoffzellen?	49
Energiespeicherung	51
Rohstoffe für Akkus	52
Batterien als Energiespeicher	54
Rationelle Energienutzung	56
Energieeffizienz	56
Energiesparen	57
Folgen für Ökologie und Gesundheit der Energienutzung	58
Energiespeicherung	58
Fracking	59
Feinstaub	60
Flächenkonkurrenz	61
Quellen	61
SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum”	65
Menschenwürdige Arbeit	67
DGB Index Gute Arbeit	67

BDA - Die Arbeitgeber	68
Prekäre Beschäftigungsverhältnisse	69
Kinderarbeit	69
Gender Pay Gap	70
Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz	70
Europäisches Lieferkettengesetz	72
Quellenverzeichnis	73
SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”	74
Individuelle Mobilität	75
Alternative zum Individualverkehr	76
Carsharing	77
On-Demand-Shuttle	77
Radschnellwege	78
Mobility-Apps	78
Ressourcenschonender Individualverkehr	79
CO ₂ -Flottenzielwerte für Pkw	79
Altölverwertung	80
Ölwechselintervalle verlängern	81
Fahrzeugmasse und Verbrauch	81
Fazit	82
Nachhaltigkeitssiegel	83
Reifen und die Umweltfolgen	84
Historie	84
Reifenabfall	85
Reifenabrieb als Ursache von Feinstaub	85
Abrollgeräusche	86
Reifenmaterialien	87
Reifenverwertung	88
Stoffliches Recycling	90
Granulierung	90
Warmvermahlung	90
Kaltvermahlung	90
Depolymerisationsverfahren	91
Anwendung des Granulats	91
Wiederverwendung - Runderneuerung	92
Schlussfolgerung	93

Lieferkettengesetz	94
Verantwortung für kleine Unternehmen	94
Relevanz für die Automobilhersteller	95
Quellen	96

Einleitung

1.1. BBNE und BNE – Ziele der Projektagentur PA-BBNE

Das Ziel der *Projektagentur Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung* (PA-BBNE) ist die Entwicklung von Materialien, die die neue Standardberufsbildposition *Nachhaltigkeit mit Leben erfüllen*. Mit “Leben erfüllen” deshalb, weil *Nachhaltigkeit* ein Weg ist, den wir suchen müssen. Wir wissen, dass die Energieversorgung künftig klimaneutral sein muss. Mit welchen Technologien wir dies erreichen und wie diese in unsere moderne Gesellschaft und Ökonomie zu integrieren sind, wie diese mit Naturschutz und Sichtweisen der Gesellschaft auszugestalten sind, ist ein noch offener Weg.

Um sich diesen Fragen zu nähern, entwickelt die Projektagentur BBNE zwei Szenarien, die von unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden.

- Zum einen betrachten wir die berufliche Ausbildung, denn die Nachhaltigkeit der nächsten Jahrzehnte wird durch die jungen Generationen ausgestaltet werden. Die berufliche Ausbildung orientiert sich an den Ausbildungsordnungen und den Rahmenlehrplänen spezifisch für jedes Berufsbild. Hierzu haben wir ein Impulspapier erstellt (dieses Dokument), das die Bezüge zur wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskussion praxisnah aufzeigt.
- 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 Goals (SDG), die jeweils besondere Herausforderungen der Nachhaltigkeit benennen (vgl. destatis 2022). Hierzu haben wir ein umfangreiches Hintergrundmaterial (HGM) im Sinne der Bildung für Nachhaltigkeit (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) und Handreichung (HR): 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. Das Material liegt auch als Handreichung (HR) mit der Folie und Notizen vor.

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 "Umweltschutz und Nachhaltigkeit", Digitalisierte Arbeitswelt", Organisation des Ausbildungsbetriebs, Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht" sowie "Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit" aufgenommen werden (BIBB 2021). 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
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
- BNE Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Care, Segment der AHV, hier Krankenhäuser, Pflegeheime
- CO₂-Äq Kohlendioxid-Äquivalente
- FS Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- KI Künstliche Intelligenz

- ÖPNV Öffentlicher Personennahverkehr.
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- THG Treibhausgase bzw. CO₂-Äquivalente (CO₂-Äq)

1.5. Quellenverzeichnis

- 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 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
- BMBF (o.J.): Was ist BNE. Online: <https://www.bne-portal.de/bne/de/einstieg/was-ist-bne/was-ist-bne.html>
- Bundesregierung (o.J.): Globale Nachhaltigkeitsstrategie – Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. Online: www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174

SDG 2: “Kein Hunger”

“Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern”

Das SDG 2 zielt primär auf die Welternährung im Kampf gegen den Hunger vor allem durch eine nachhaltigere Landwirtschaft ab. Zwei Unterziele sind (Destatis o.J.):

- 2.1 ... sicherstellen, dass alle Menschen, insbesondere die Armen und Menschen in prekären Situationen, einschließlich Kleinkindern, ganzjährig Zugang zu sicheren, nährstoffreichen und ausreichenden Nahrungsmitteln haben
- 2.3 Maßnahmen zur Gewährleistung des reibungslosen Funktionierens der Märkte für Nahrungsmittelrohstoffe und ihre Derivate ergreifen und den raschen Zugang zu

Marktinformationen, unter anderem über Nahrungsmittelreserven, erleichtern, um zur Begrenzung der extremen Schwankungen der Nahrungsmittelpreise beizutragen

Die Schnittmenge für das SDG 2 ergibt sich aus der Position a und b der Standardberufsbildposition (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 in Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen, Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen*

Der KFZ-Mechatroniker und die KFZ-Mechatronikerin sind nicht nur verantwortlich für die Sicherheit und Fahrtüchtigkeit eines Fahrzeugs, sondern auch für die Kraftstoffeffizienz. Der Kraftstoffverbrauch wird derzeit vor allem über fossile Energieträger gedeckt (Erdöl). Darüber hinaus werden im großen Umfange auch pflanzenbasierte Kraftstoffe gewonnen (Bio-Diesel, E10-Alkohol, Alkohol-Treibstoffe aus Zuckerrohr, v.a. in Brasilien etc.). Hierdurch ergibt sich die bekannte "Tank-oder-Teller"-Problematik. Die Zukunft der Mobilität ist aber sehr wahrscheinlich elektrisch - Strom aus erneuerbaren Energien ohne die obige Problematik. KFZ-Mechatroniker*innen sollten Kunden und Kundinnen deshalb auch beraten können, welche globalen Probleme bei Fahrzeugen mit Benzin und Diesel verbunden sind.

Die Mobilität der Zukunft muss CO₂-neutral gestaltet werden, um die Folgen von THG-Emissionen zu vermindern. Wie dies erfolgen kann, ist gegenwärtig Gegenstand von kontroversen Diskussionen. Von Pflanzen basierten Kraftstoffen, E-Fuels bis hin zur E-Mobilität mit gespeicherter Energie mittels einer Batterie oder erzeugt per Brennstoffzelle reichen die angebotenen Konzepte. Kraftfahrzeugmechatroniker*innen sollten in der Lage sein Kunden*innen Informationen zu geben und Beratungen zu den Antriebskonzepten durchführen zu können. Hierbei sollten auch Zielkonflikte aufgezeigt werden, um einen Entscheidungsrahmen für den Kauf zu finden. Diese könnten z.B. sein, dass dem Kunden der Vorteil der emissionsfreien Mobilität von E-Fahrzeugen mit Batterie verdeutlicht wird, aber auch darauf hingewiesen wird, dass der schwere Akkumulator das Gewicht des Fahrzeugs oft auf über 2 Tonnen erhöht. (Im Vergleich dazu der Golf I Bj. 1975 wog 780 kg) Auf Grund der erhöhten Masse nimmt der durchschnittliche Verbrauch des Elektrofahrzeuge in kWh pro 100 km zu und ließe sich nur rechtfertigen, wenn 100% der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gewährleistet wäre. Wenn zur Stromerzeugung eine Brennstoffzelle genutzt wird, dann ist der erhöhte Verbrauch wegen des hohen Gewichts des Fahrzeuges nicht gegeben,

aber die Gewinnung des Wasserstoffs muss klimaneutral erfolgen, um eine Mobilität ohne THG zu gewährleisten. Betrachtet man nun den CO₂-Ausstoß von der Produktion bis hin zur Verwertung eines Kraftfahrzeugs, so ergibt es Sinn die ca. 46 Millionen Fahrzeuge in Deutschland langfristig mit nicht fossilen, Klimaneutralen Kraftstoffen zu betreiben, um einen positiven Beitrag zur Verminderung von THG zu leisten. E-Fuels sind dann nur eine Alternative, wenn ihre energieintensive Herstellung zu 100% aus erneuerbaren Energien betrieben würde. Anders verhält es sich bei Pflanzen basierten Kraftstoffen, die auf dem Acker erzeugt werden und nur Sonne und Regen bedürfen, um zu wachsen.

Energie vom Acker

Um nunmehr 8 Milliarden Menschen vor dem Leiden an Hunger zu bewahren, bedarf es großer Anstrengungen. Dabei ist die Versorgungslage in einer Welt, geprägt von globalen Lieferketten für Grundnahrungsmittel, davon abhängig, dass keine Krise oder Ungleichverteilung die Abläufe behindert. Wenn ein Teil der Ackerfläche zur Erzeugung von Kraftstoffen auf pflanzlicher Basis genutzt wird, dann ist eine Situation der Flächenkonkurrenz eingetreten und somit eine Reduzierung der zur Verfügung stehenden Fläche für die Erzeugung von Nahrungsmitteln.

Bio-Kraftstoff

In Deutschland hat die Bundesregierung jene Unternehmen, die Otto- und Dieselmotoren in Verkehr bringen, dazu verpflichtet, jedes Jahr ihre THG-Emissionen um einen bestimmten gesetzlich festgelegten Prozentsatz zu verringern. Die Minderungsquote wurde in dieser Form 2015 eingeführt, um den Einsatz von Biokraftstoffen stärker auf die Minderung von THG-Emissionen auszurichten. Das bedeutet, dass E10-Super zu zehn Prozent Ethanol vom Acker enthält. Um die Umwelt- und Naturverträglichkeit von Biokraftstoffen zu gewährleisten, hat die Bundesregierung eine Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung erlassen. Danach gelten Biokraftstoffe nur dann als nachhaltig hergestellt, wenn sie – unter Einbeziehung der gesamten Herstellungs- und Lieferkette – im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen mindestens 65 Prozent an Treibhausgasen einsparen (BMUV 2022). Weiterhin gibt es Einschränkungen welche Flächen zur Erzeugung von Bio-Kraftstoffen genutzt werden dürfen, aber Maßnahmen zur Erhaltung der Kapazität oder die Pflicht Ersatzflächen zur Produktion von Nahrungsmitteln zu schaffen, sind nicht Thema der Verordnung (ebd.). Das muss nicht, aber kann bedeuten, dass etwaige Produktionsausfälle durch Zukauf auf dem Markt kompensiert werden. Entsprechend den Gesetzen des Handels ist die Folge von erhöhter Nachfrage ein Anstieg des Preises.

Verminderung von THG als Preistreiber für Nahrungsmittel

Die globale Nahrungsmittelpreiskrise 2007 – 2008 und die dadurch ausgelöste Tortilla-Krise in Mexiko wird auch als die Geburtsstunde der „Tank-oder-Teller-Debatte“ gesehen. Die gestiegene Nachfrage nach Bioenergie in Europa und den USA war einer der Gründe für den Preisanstieg von Mais in Mexiko. Da Mais auch der Hauptbestandteil für die Herstellung von Tortillas ist, führte der schnell ansteigende Preis für dieses Grundnahrungsmittel zu Demonstrationen und wütenden Protesten der mexikanischen Bevölkerung, die in Ihrer Ernährungsgrundlage bedroht wurden (Kirchner 2011).

In der Tat ist nach Aussage des International Food Policy Research Institute (IFPRI) die verstärkte Produktion von Biokraftstoffen zumindest für 30 Prozent des Preisanstiegs von Mais zwischen 2000 und 2007 verantwortlich.

Ein weiterer Verbraucher von Flächen ist die Nutzung von Mais als Energiepflanze zum Betreiben von Biogasanlagen. Ihr Anteil an der Stromerzeugung beträgt über die Jahre gesehen nahezu konstant 6% (destatis, 2022). Wenngleich auch nicht mit einem verstärkten Ausbau von Biogasanlagen in Deutschland zu rechnen ist, leisten sie einen Beitrag zum Flächenverbrauch. Gegenwärtig werden etwa 14 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland für den Anbau von Energiepflanzen genutzt – das entspricht 2,3 Millionen Hektar. Davon entfallen etwa 1,5 Millionen Hektar auf die Biogaserzeugung und knapp 0,8 Millionen Hektar auf die Biokraftstoffproduktion. (tagesspiegel, Meier, 2022)

Bei anhaltend starkem Ausbau der Produktion von Biokraftstoff ist zukünftig mit einer wachsenden Nutzungskonkurrenz zu rechnen (OECD 2007). Inzwischen wurden zwar regionale Strategien (Koppel- und Kaskadennutzung) entwickelt, die zu einer Erhöhung der Wertschöpfung je Fläche und damit zu einer Entschärfung der Flächen- bzw. Nutzungskonkurrenz führt (BMELV o.J.). Doch hat sich die Erzeugung von Rapsöl für Biodiesel in der Europäischen Union mittlerweile verdoppelt und somit anteilig auch in Deutschland (OECD 2007). Damit relativieren sich die Maßnahmen zur Entschärfung der Flächenkonkurrenz.

Verminderung von THG als Zerstörer von Biodiversität

Die größten Produzenten von Bio-Kraftstoff sind die USA, die Europäische Union, Brasilien und China. (OECD) In Brasilien ist die Nutzung von Pflanzen zur Herstellung von Kraftstoff durchaus in einem größeren Umfang gegeben. Um die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren, werden pflanzliche Öle genutzt. Der Betrieb von Maschinen zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität (Mähdrescher,

Traktoren, Häcksler etc.) benötigt Energie und Kraftstoffe, die für viele ländliche Regionen in Entwicklungsländern aktuell nicht erschwinglich sind (Kirchner 2011). Zusätzliche Flächen werden für den Anbau kultiviert. Dabei belegen zahlreiche Studien – unter anderem im Auftrag der EU –, dass dafür bislang unbewirtschaftete Flächen neu erschlossen werden (Greenpeace 2022). Hierfür kann als Beispiel die geplante Verdoppelung der Produktion von Bioethanol in Brasilien angeführt werden (OECD 2007). Wenn man von einem Planungsziel der Brasilianischen Regierung von ca. 110.000 Quadratkilometer zum Anbau von Pflanzen für die Nutzung als Energieträger ausgeht (rund die Hälfte der Fläche Deutschlands), dann würde ca. 90% Prozent diese Zusatzfläche aus ehemaligen Viehweiden bestehen. Die so verdrängten Rinderzüchter müssten nach Ansicht der Wissenschaftler ca. 120.000 Quadratmeter Waldfläche abholzen, um neuen Weideplatz für ihr Vieh zu kultivieren. Der Effekt: Die Biotreibstoffe tragen unmittelbar zur Regenwaldabholzung bei (Zeit 2010).

Zusammenfassung

Die weltweit vorhandene Agrarfläche ist begrenzt: Die Konkurrenz zwischen Tankfüllung, Tierfutter und Ernährung treibt die Preise für pflanzliche Grundnahrungsmittel in die Höhe. Krisen wie Kriege, die Pandemie oder die zunehmende Erderhitzung verknappen das Angebot an Nahrungsmitteln weiter. Das UN-Welternährungsprogramm gibt an, dass derzeit schon 30 Prozent mehr für Nahrungsmittel zu zahlen sind, als noch im Jahr 2019. (Greenpeace 2022)

Von globalen Fehlentwicklungen sind die ärmsten Menschen unserer Weltbevölkerung am schnellsten betroffen und leiden im schlimmsten Fall Hunger aufgrund der Erzeugung von Biokraftstoff.

Quellen

- BiomassMuse, Biokraftstoffe und die Sorge um steigende Nahrungsmittelpreise, Hunger und Flächenkonkurrenz, Ron Kirchner Online:
<https://www.biomasse-nutzung.de/biokraftstoffe-bioenergie-nahrungsmittelpreise-hunger/>
- BMUV (2022): E10 – Mehr Bio im Benzin. Online:
www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/kraftstoffe/e10-mehr-bio-im-benzin
- Bundesministeriums der Justiz, Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung v. 02.12.2021 online:
- Greenpeace (2022): Biosprit ist ein umweltpolitischer Unfug. Online:
<https://www.greenpeace.de/klimaschutz/mobilitaet/biosprit-umweltpolitischer-unfug?>
- http://www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nachv_2021/Biokraft-NachV.pdf
- OECD (2007): Growing biofuel demand underpinning higher agriculture prices, says joint OECD-FAO report. Online:
www.oecd.org/general/growingbio-fueledemandunderpinninghigheragriculturepricesaysjointoecd-faoreport.htm

- Statistisches Bundesamt, Anteil erneuerbarer Energien. Online: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html
- Zeit-online (2010), Biodiesel und Ethanol, Gift für Brasiliens Regenwald. Online: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2010-02/studie-biosprit-urwald/seite-2?>

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 Standardberufsposition (BIBB 2020):

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 (Schütt-Sayed u.a. 2021; Kastrup u. a. 2012; Melzig u.a. 2022). 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 kognitive, affektive und psychomotorische Bereiche 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. Hierfür muss unbestritten immer auch der „Raum“ zur Verfügung stehen (Hantke 2018). 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 Kraftfahrzeugmechatroniker*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

Der Bezug zur Standardberufsbildposition lautet (vgl. BIBB 2020):

- b) bei Arbeitsprozessen und im Hinblick auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen, Materialien und Energie unter wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sozialen Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit nutzen

Der Rahmen für die Geschlechtergleichstellung

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 (IMWF 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 “Bekenntnis von Unternehmen zur Charta der Vielfalt, zu Corporate Social Responsibility” und so weiter. 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. Ein riesiges Feld, auf dem mittlerweile stärker differenziert und geschlechter spezifisch geforscht wird. Für dieses Problem in deutschen Unternehmen und Organisationen, gibt es (noch) kein Patentrezept. Es gibt allerdings wichtige Voraussetzungen für eine geschlechtergerechte Arbeitswelt, die nachfolgend vorgestellt wird, wobei die Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Geschlechtergerechtigkeit in der Praxis

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. Im Jahr 2021 wird der Gender Pay Gap in Deutschland unbereinigt immer noch auf 18% und bereinigt auf 6% beziffert. Über die vergangenen 15 Jahre sank der Gender Pay Gap kontinuierlich. Im Jahr 2006 lag

er noch bei 23 % (Destatis 2022). Im EU-Vergleich liegt Deutschland damit auf Platz 22. Der europäischen Durchschnitt liegt bei 13%. Spitzenreiter ist Luxemburger mit 0,7% und Schlusslicht Lettland mit 22% (Europäische Kommission 2022). Doch was ist der Gender Pay Gap eigentlich? Er beziffert die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Bruttostundenverdienst von Frauen und dem von Männern. Der *“unbereinigte”* Gender Pay Gap vergleicht dabei ganz allgemein den Durchschnittsverdienst aller erwerbstätigen Männer und Frauen miteinander. Doch dabei wird auch der Teil des Verdienstunterschieds erfasst, der beispielsweise durch unterschiedliche Berufe oder Karrierestufen verursacht wird. Da der Verdienstabstand jedoch unter anderem darauf beruht, dass Frauen häufiger in Branchen und Berufen arbeiten, in denen schlechter bezahlt wird und sie seltener höher bezahlte Führungspositionen erreichen, misst der *“bereinigte”* Gender Pay Gap den Verdienstunterschied zwischen Männern und Frauen mit vergleichbaren Qualifikationen, Tätigkeiten und Erwerbsbiografien. Strukturbedingte Faktoren sind hier also weitgehend herausgerechnet. Demnach verdienen Arbeitnehmerinnen im Durchschnitt auch bei vergleichbarer Tätigkeit und Qualifikation im Jahr 2021 pro Stunde 6 % weniger als Männer. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Unterschiede geringer ausfallen würden, wenn weitere Informationen über lohnrelevante Einflussfaktoren für die Analysen zur Verfügung stünden (zum Beispiel Angaben zu Erwerbsunterbrechungen aufgrund von Schwangerschaft, Geburt von Kindern oder Pflege von Angehörigen). Der bereinigte Gender Pay Gap ist daher als Obergrenze für Verdienstdiskriminierung zu verstehen (Destatis 2022).

Daher empfehlen Wissenschaftler*innen für vergleichbare Arbeit auch eine gleiche Bezahlung zu fordern und den Gender Income Gap (Allmendinger 2020) 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 aussteigen und wieder einsteigen können, ohne 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.

Betriebliche Vorteile für die Geschlechtergerechtigkeit

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. 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 (ifw Kiel 2017). 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 ist (Accenture 2020). Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass die finanzielle Performance von Unternehmen mit hohem Frauenanteil in Führungspositionen deutlich besser ist (Kotiranta, A. et al. 2007).

Dies wirkt sich auf die Gesundheit von Arbeitnehmer*innen aus. Längerfristig verbessern nachhaltige und geschlechtergerechte Arbeitsbedingungen den Markenwert von Unternehmen, können die Akquise neuer Zielgruppen erleichtern und die Bindung bestehender Kund*innen, die Haltung, Bekanntheit 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 besonders 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.).

Geschlechtergleichstellung im Kfz-Gewerbe

Der Beruf des Kfz-Mechatronikers ist bei Jungs nach wie vor der Spitzenreiter bei den Ausbildungsberufen. Bei Mädchen rangiert er auf Platz 58 ziemlich weit hinten. Die Ausbildungszahlen sind entsprechend. Im Kfz-Handwerk liegt der Anteil von Mädchen unter den Kfz-Mechatronikern bei 2,3 Prozent, in der Industrie bei gut acht Prozent. Dabei hat sich der Beruf stark gewandelt. Statt mit ölverschmierten Händen im dreckigen Blaumann Schrauben anzuziehen, erfordert die Arbeit am Auto heute genaue Kenntnis von Mess- und Diagnosegeräten. Muskelkraft spielt eine untergeordnete Rolle. Köpfchen ist gefragt. (IGM 2012). In vielen Sozialräumen für Kraftfahrzeugmechatroniker*innen, sogar in für Kunden zugänglichen Bereichen, war die Darstellung eines Pirelli-Kalender mit Pin-up-Girls keine Seltenheit. Erst 2016 rückte Pirelli von dieser Art der Gestaltung des Kalenders ab. (Welt 2016). Gerade das Auto als Synonym für Leistung und Kraft ist Anziehungspunkt für männliche Auszubildende, die eine Gesellschaft vorfinden, in der Männer gerne unter sich bleiben.

Die Frauen, die es trotzdem geschafft haben und einen Kfz-Beruf ausüben, wurden jetzt in einer Studie des Bundesinstituts für Berufliche Bildung (BIBB) befragt. In der Untersuchung mit dem beziehungsreichen Titel „Lippenstift und Motoröl“ (ISBN-Nummer 978-3-7639-5031-7) forschte die Autorin Bärbel Bertram nach den Motiven junger Kfz-Mechatronikerinnen bei der Berufswahl und nach ihren Erfahrungen. Viele fanden Zugang zu dem Beruf, weil sie im Elternhaus oder bei Bekannten positive Erfahrungen mit Technik gemacht hatten. „Ich habe oft meinem Vater beim Basteln am Motorrad zugeschaut, das fand ich total spannend“, berichtet ein Mädchen. Beim Girls Day oder Praktikum im Betrieb wurde vielen klar: „Was Technisches ist mein Ding“. Im Ausbildungsalltag erweisen sich Kfz-Mechatronikerinnen als gleich gut oder sogar besser als ihre männlichen Kollegen. Wer von den Frauen den Beruf wählt, hat nicht nur Interesse an Technik, sondern auch Selbstbewusstsein und Durchsetzungsvermögen (IGM 2012). Auch wenn sich die Mehrheit der Kfz-Betriebe Mitarbeiterinnen gegenüber offen zeigt, haben die Frauen mit einigen Vorbehalten zu kämpfen. Das ergab eine exklusive Umfrage von »kFz-betrieb«. Darin zeigt sich auch, dass Frauen im Kfz-Gewerbe keine Seltenheit, aber eine Minderheit sind und sich daran so schnell auch nichts ändern wird. Frauen haben insbesondere gegenüber Kunden mit erheblichen Vorbehalten zu kämpfen, was ihre Glaubwürdigkeit angeht. Das sagen zumindest mehr als 40 Prozent der befragten Kfz-Unternehmen. Sie glauben, dass ihre Kunden den Aussagen der männlichen Mitarbeiter mehr vertrauen als denen der Mitarbeiterinnen. Das ist das Ergebnis einer exklusiven Befragung von »kFz-betrieb«, die im Juli 2022 unter jeweils 100 Markenbetrieben und 100 freien Werkstätten durchgeführt wurde. Sich selbst halten die Betriebe – unabhängig davon, ob sie markengebunden oder frei sind – dagegen für

deutlich offener. So äußerten nur wenige der Befragten Vorurteile oder gar Ablehnungen gegenüber Frauen in ihren Betrieben. Im Gegenteil: Fast 80 Prozent glauben, die Mitarbeit von Frauen beeinflusse das Betriebsklima positiv (Kfz-Betrieb 2022).

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
- Allmendinger J. (2021): Es geht nur gemeinsam! Wie wir endlich Geschlechtergerechtigkeit erreichen. Ullstein-Verlag.
- BMFSJ Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (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>
- 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>
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend Referat Öffentlichkeitsarbeit 11018 (2020) Gleichstellungsstrategie der Bundesregierung. Online: <https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/publikationen/gleichstellungsstrategie-der-bundesregierung-158362>
- Buolamwini, J; Gebru, T. (2018) Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. Online: <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html>
- 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>
- Dastin, J. (2018): Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women, in: Reuters Business News. Online: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scrap-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>
- Destatis (2022): Gender Pay Gap 2021: Frauen verdienten pro Stunde weiterhin 18 % weniger als Männer. Pressemitteilung Nr. 088 vom 7. März 2022. Online: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_088_621.html#:~:text=Der%20Verdienstabstand%20ist%20demnach%20unter,dem%20bereinigten%20Gender%20Pay%20Gap
- 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 Drucksache 19/30750 19. Wahlperiode 10.06.2021 Unterrichtung durch die Bundesregierung (2021): Dritter Gleichstellungsbericht der Bundesregierung. Online: <https://www.dritter-gleichstellungsbericht.de/>
 - Europäische Kommission (2022): The gender pay gap situation in the EU. 2022 Factsheet on the gender pay gap. November 2022. Online: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/aid_development_cooperation_fundamental_rights_equal_pay_day_factsheet_2022_en_1.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/>
 - IG-Metall: Lippenstift und Motoröl 22. August 2012, Online: <https://www.igmetall.de/jugend/auszubildende/lippenstift-und-motoroel#:~:text=Im%20Kfz%2DHandwerk%20liegt%20der,sich%20der%20Beruf%20stark%20gewandelt.>
 - 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
 - Kfz-betrieb (18.08.2022) : Voreingenommen zeigen sich nur die Kunden, Online: <https://www.kfz-betrieb.vogel.de/voreingenommen-ist-vor-allem-die-kundschaft>
 - 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
 - Welt (2016): Neuer Pirellikalender bricht mit der Tradition, online: <https://www.welt.de/vermishtes/gallery149459934/Neuer-Pirelli-Kalender-bricht-mit-der-Tradition.html>

SDG 6: “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen”

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

Das SGD 6 “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen” verfolgt im Prinzip fünf Ziele, von denen drei für das Kraftfahrzeugmechatroniker Handwerk relevant sind . Aufgrund der Wassernutzung/Entsorgung im Betrieb und durch Leckage an Fahrzeuge:

6.3 “Bis 2030 die Wasserqualität durch Verringerung der Verschmutzung, Beendigung des Einbringens und Minimierung der Freisetzung gefährlicher Chemikalien und Stoffe, Halbierung des Anteils unbehandelten Abwassers und eine beträchtliche Steigerung der Wiederaufbereitung und gefahrlosen Wiederverwendung weltweit verbessern die Verhinderung der Verschmutzung der Wasserressourcen”

Die Schnittmenge für das SDG 6 ergibt sich aus den Nummern a -d, f der Standardberufsbildposition (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*
- c) Abfälle vermeiden sowie Stoffe und Materialien einer umweltschonenden Wiederverwertung oder Entsorgung zuführen*
- f) unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren*

Besonders relevant für Deutschland ist das Unterziel 6.3 der Verschmutzung der Wasserressourcen. Im Hinblick auf die nationale Perspektive geht es primär um den schonenden Umgang mit dem Grundwasser in Deutschland. Hier sind Kfz-Werkstätten in einem besonderen Maße angesprochen. Gelten auch strenge Verordnungen bezüglich der Entsorgung von schädlichen Flüssigkeiten, so gibt es doch Verschmutzungen aus Betriebsmitteln (Öl, Benzin), Hilfsmitteln (Chemikalien wie Rostlöser oder Schmierstoffe) oder Nutzung (Mikroplastik aus Reifenabrieb oder Feinstaub von Bremsbelägen), die mehr oder minder ungewollt auftreten oder nicht zu vermeiden sind.

Je nach Austrittsort fließen diese mit Reinigungswasser oder Regen in die Kanalisation oder den Boden (und damit langfristig ins Grundwasser. Zwar kann es eine lange Zeit dauern, bis die unerwünschten Chemikalien im Grundwasser landen, jedoch bleiben sie dort für mehrere Jahrzehnte – insbesondere bei einer langsamen Wasserzirkulation. Die Grundwasserverschmutzung erfolgt zwar nicht sofort, dafür hält sie länger an und lässt sich nur schwer bis gar nicht umkehren. (vgl. cieau)

Die Wasserverschmutzung durch einen unsachgemäßen Ölwechsel oder ein undichte Ölwanndichtung ist von sehr großer Bedeutung: 1 Tropfen Öl kann 600 - 1.000 l Wasser verunreinigen (in Abhängigkeit der Ölsorte, KRS-Versicherungsmakler 2017). Aber auch alltägliches Handeln bei den Werkstätten führt zur Wasserverschmutzung: Ein achtlos weggeworfener Zigarettenstummel in der Pause oder eines wartenden Kundens auf dem Hof kann bis zu 1000 l Wasser verunreinigen (BUND-Bremen o.J.). Zwei Drittel aller gerauchten Zigarettenstummel landen auf dem Boden. Im Filter stecken die hochkonzentrierten Giftstoffe. Sobald die Filter (konventionell aus Kunststoff hergestellt) nun mit Wasser in Berührung kommen, lösen sich die Stoffe auf und treten in das Wasser ein. (vgl. Ökotoxzentrum/WHO 2022).

Mikroplastik

Mikroplastik spielt im Hinblick auf Wasser eine bedeutende Rolle. Es handelt sich hierbei um feste, unlösliche, partikuläre und nicht biologisch abbaubare synthetische Polymere in einem Größenbereich von weniger als 5 Millimetern bis 1.000 Nanometer (vgl. UBA 2020, Quarks 2022). Mikroplastik wird unterschieden in primäres und sekundäres Mikroplastik. Als primäres Mikroplastik werden Partikel bezeichnet, die bei Eintritt in die Umwelt bereits im Größenbereich von Mikroplastik sind. Zum primären Mikroplastik Typ A gehören beispielsweise Partikel, die in der Kosmetik- und Körperpflege-Industrie eingesetzt werden. Primäres Mikroplastik Typ B entsteht während der Nutzungsphase. Hierzu gehören zum Beispiel der Abrieb von Autoreifen oder Fasern aus synthetischen Textilien, die beim Waschen ins Abwasser gelangen. Sekundäres Mikroplastik entsteht bei dem Zerfall größerer Kunststoffteile im Verwitterungsprozess z.B. durch Wellenbewegung und Sonneneinstrahlung (vgl. Quarks 2022).

Primäres Mikroplastik aus der Nutzungsphase

Für Deutschland schätzt das Fraunhofer Institut UMSICHT die gesamten Kunststoff-Emissionen für Mikroplastik A auf 330.000 t/a bzw. 4.000 g/ pro Kopf pro Jahr (cap/a). Zu den Hauptquellen des Mikroplastiks gehört der Reifenabrieb, gefolgt von der Abfallentsorgung. Diese Positionen machen alleine einen ca, 1.500 g/cap*a aus. Das Problem der Substitutionslosigkeit von künstlichen Polymeren zeigt sich in vielen

Einsatzgebieten, so dass die Freisetzung von Mikroplastik durch Reifenabrieb den Löwenanteil der Emissionen ausmacht. Kfz-mechatroniker*innen sollten Kunden aufklären und beraten können bezüglich defensiver Fahrweise zur Verminderung von Abrieb. Aber auch verdeutlichen, dass Traktion nur mittels Schlupf an den Reifen erfolgt. Bei Schlupf kommt es zu Verschleiß. Ist der Schlupf gering, entsteht zwar dementsprechend weniger Verschleiß, gleichzeitig sinkt aber auch die übertragende Kraft. In einem gewissen Maß ist Schlupf beim Fahren immer vorhanden und sogar notwendig, um vorwärts zu kommen. Um dies zu vermeiden zur Senkung von Mikroplastikemissionen, empfiehlt sich die Nutzung Öffentlichem Nahverkehr. Dies verdeutlicht einmal mehr, warum eine intensive und sensible Auseinandersetzung mit dem Thema essentiell für eine Reduktion des Gesamtaufkommens ist.

Tabelle: Auszug aus “Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik”

Nr.	Quelle	UMSICHT Emissionen [g/cap a]
1	Abrieb Reifen	1228,5
2	Freisetzung bei der Abfallentsorgung	302,8
2.4	Kunststoffrecycling	101
5	Verwehungen Sport- und Spielplätze	131,8
6	Freisetzung Baustelle	117,1
6.1	Abrieb auf der Baustelle bei Abbrucharbeiten	90
11	Abrieb Farben und Lacke	65
11.1	Abrieb Gebäudefassaden	37
11.2	Abrieb lackierte Oberflächen	inkl.
11.3	Abrieb Schiffsfarben	inkl.
11.4	Abrieb Windkraftanlagen	inkl.

Mikroplastik in Reifen

Der Abrieb von Autoreifen ist mit Abstand die größte Quelle für Plastikeinträge in die Umwelt. Erst seit kurzem ist bekannt: Mikroplastik kann nun doch entgegen vorheriger

Annahmen – die Zellmembranen von Menschen und Tieren – direkt schädigen. Es ist mittlerweile überall sowohl in der Umwelt als auch in unseren Körpern zu finden und wirkt wie ein Magnet auf Umweltgifte, zieht also Schadstoffe geradezu magisch an. Kinder kommen mittlerweile vorbelastet auf die Welt. Die sogenannten "Nicht-Abgas-Emissionen" wie Feinstaub, also auch Mikroplastik, werden deshalb stärker in den Fokus rücken. Diese Verschmutzung kann 1000 Mal schädlicher sein, als die Emissionen aus dem Auspuff – und das bereits bei guten Bedingungen (optimaler Reifendruck und Straßenbelag). Unter ungünstigeren Umständen könnte der Faktor sogar noch höher liegen. (BUND 2021). Bisher ist bekannt, dass

- die Emissionen von Autoreifen (100%) sind wesentlich höher als die anderer Mikroplastikquellen, z. B. Flugzeugreifen (2%), Kunstrasen (12–50%), Bremsverschleiß (8%) und Straßenmarkierungen (5%).
- Die Emissionen und Wege des Autoreifenabriebs in das Grundwasser hängen von lokalen Faktoren wie Straßentyp oder Abwassersystemen ab.
- Der relative Beitrag des Reifenverschleißes zur weltweiten Gesamtmenge an Kunststoffen, die in unseren Ozeanen landet, wird auf 5–10% geschätzt.
- In der Luft sind schätzungsweise 3–7% der Partikel auf Reifenverschleiß zurückzuführen. Luftverschmutzung wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als eine Ursache der globalen Gesundheitsbelastung geführt (Wasser 3.0 , 2020).

Derzeit ist kein alternatives Material für Autoreifen verfügbar. Die Forscher der Dutch Open University schlagen jedoch mehrere mildernde Maßnahmen vor. Der Verschleiß von Reifen wird durch die Verwendung von verschleißfesten Reifen, offenem Asphaltbeton für Straßen und selbstfahrenden Autos verringert. Darüber hinaus schlagen die Forscher vor, dass eine höhere Effizienz der Entfernung von Mikroplastik z.B. am Ort der Entstehung (ebd). Der Reifenabrieb liegt insbesondere in Kurven und an Ampeln. Mit Straßenkehrmaschinen und dezentralen Filteranlagen könnte er dort gezielt reduziert werden. Zudem haben Fahrverhalten und Geschwindigkeit Einfluss auf die Abriebmengen: Dies spricht unter anderem für ein Tempolimit. Dennoch bleibt auch bei Umsetzung solcher Maßnahmen immer noch eine Menge Reifenabrieb in der Umwelt. Eine Mobilitätswende und damit weniger Autos auf unseren Straßen wäre eine Lösung zur Vermeidung von Mikroplastikemissionen bis hin in das Grundwasser

Mikroplastik in der Nahrungskette

Diese kleinsten Kunststoffteilchen werden vor allem mit der Kosmetik in Verbindung gebracht (z.B. in Peelings, Haarshampoo oder als Binde- und Füllmittel in flüssigen Waschmitteln). Auch Plastikflaschen mit (Mineral-) Wasser enthalten Mikroplastik

(Schymanski 2018). Allerdings können sie auch in Putzlappen und Schwämmen verwendet werden und sind somit relevant für die Gastronomie (Quarks 2022). Über das Abwasser gelangen diese Stoffe ins Meer. Dort ziehen sie Gifte an, werden von Tieren aufgenommen und gelangen so in die Nahrungskette. Allerdings konnte bisher mit Relevanz für die Nahrungskette vor allem in Fischen Mikroplastik nachgewiesen werden, welches wir dann schlussendlich aufnehmen (Quarks 2022). Das Bundesamt für Risikobewertung (BfR) und auch die WHO sehen die Aufnahme (der bisherigen Mengen?) nicht als gesundheitsrelevant an. So sagt das BfR über die richtige Verwendung mit Kosmetikprodukten wie Cremes: "Bei dieser Partikelgröße ist bei vorhersehbarem Gebrauch der Produkte eine Aufnahme über die gesunde und intakte Haut nicht zu erwarten" (BfR zitiert nach Quarks 2022). Maria Neira von der WHO beschreibt das Risiko von Mikroplastik in Trinkwasser und in PET-Flaschen wie folgt: "Nach allen aktuell verfügbaren Informationen gehe von der derzeitigen Mikroplastik-Konzentration in Trinkwasser allerdings auch keine Gefahr aus". Relevant aber unbeantwortet ist hierbei die Frage, wie es um die aerosolen Bestandteile des Mikroplastiks aus dem Reifenabrieb oder von Kunstrasenplätzen steht, die eine wesentliche Quelle für Mikroplastik sind (ADAC 2022, Fraunhofer Umsicht 2021). Alles in allem ist der Stand der Forschung zu den Risiken von Mikro- oder gar Nano-Plastik (kleinste Plastikteilchen) unbefriedigend, weshalb ein nachhaltiges Verhalten und ein nachhaltiger (Mikroplastik-freier) Einkauf angeraten sind.

Gesundheitsbelastung durch Mikroplastik

Mikroplastik wird von uns Menschen sowohl über die Nahrungskette als auch durch Einatmen aufgenommen. Laut einer Studie der Medizinischen Universität Wien aus dem Jahr 2019 gelangen durchschnittlich pro Person und Woche 5 Gramm Plastik in den menschlichen Magen-Darm-Trakt (Schwab et al. 2019). Dieses Gewicht entspricht in etwa dem Gewicht einer Kreditkarte. In die Nahrungskette gelangen Mikro- und Nanoplastikpartikel (MNP) unter anderem aus Verpackungsabfall. In den Körper werden die Plastikteilchen nicht nur über Lebensmittel wie insbesondere Fisch und andere Meeresbewohner sowie über das Meersalz in den Körper geschleust. Auch Getränke in Plastikflaschen spielen eine Rolle. Deshalb empfiehlt es sich, auf Plastikflaschen zu verzichten. "Wer die empfohlenen 1,5 bis zwei Liter Wasser pro Tag aus Plastikflaschen trinkt, nimmt [...] allein auf diese Weise rund 90.000 Plastikpartikel pro Jahr zu sich. Wer zu Leitungswasser greift, kann – je nach geografischer Lage – die Menge auf 40.000 reduzieren" (DERSTANDARD 2022:1, Wright et al. 2019). Eine neue Studie hat erstmals Mikroplastik im menschlichen Blut nachgewiesen. Drei Viertel der Getesteten hatten laut der Studie der Freien Universität Amsterdam nachweislich Kunststoff im Blut. Die Untersuchung waren der erste Beweis dafür, dass Kunststoffpartikel in den

menschlichen Blutkreislauf gelangen können. Die Gesamtkonzentration von Kunststoffpartikeln im Blut der 22 Probandinnen und Probanden betrug durchschnittlich 1,6 µg/ml, was einem Teelöffel Kunststoff in 1.000 Litern Wasser (zehn große Badewannen) entspricht. Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen und Polymere von Styrol waren die häufigsten Kunststoffarten, gefolgt von Poly(methylmethacrylat), die in den Blutproben gefunden wurden. Auch Polypropylen wurde analysiert, aber die Konzentrationen waren zu gering für eine genaue Messung (Leslie et al., 2022).

Wasserbedarf durch die E-Mobilität

Der Lithiumabbau steht schon lange in der Kritik. Wegen des Elektroauto-Booms und der Verwendung als Akkumulator in Mobilfunkgeräten steigt die Nachfrage nach Lithium rasant an. Die größten Lithiumvorkommen befinden sich im sogenannten Lithium-Dreieck zwischen Bolivien, Argentinien und Chile. Diese Region ist gekennzeichnet durch extreme Trockenheit und starke vulkanische Aktivitäten. Die Kombination beider Phänomene führte dazu, dass aus Salzseen die heutigen Salzwüsten bzw. Salzpflanzen entstanden. In diesen Salzpflanzen lagert tonnenweise Lithium.

In ihnen gibt es Salzseen, aus denen salzhaltiges Grundwasser, Sole genannt, aus tiefen Brunnen gefördert und in künstliche Becken gepumpt wird. Nach zahlreichen Verdunstungsschritten ist das Wasser in den Becken so weit reduziert, dass ein Gemisch mit hoher Lithiumkonzentration übrig bleibt. Um die gewünschte Lithiumkonzentration zu erreichen, müssen circa 97 % des Wassers verdunsten und können somit nicht wieder in den Untergrund verbracht werden. Durch weitere Trocknungs- und Reinigungsvorgänge wird schließlich der Rohstoff Lithiumcarbonat gewonnen. Das Lithiumcarbonat wird vor allem zur Herstellung von Akkus eingesetzt. (WFD o.J.) Um Lithium zu gewinnen, werden also große Mengen Wasser benötigt – und das in einer der trockensten Regionen weltweit. Obwohl das verwendete Salzwasser nicht als Trinkwasser oder für die Landwirtschaft genutzt werden kann, greift das Abpumpen auf lange Sicht auch die Trinkwasservorräte an. Sinkt der Salzwasserspiegel zu stark, könnte Süßwasser nachströmen und sich mit dem Salzwasser mischen (ebd.). Der Wasserverbrauch pro Tonne Lithium liegt bei etwa 900.000 Liter (eon o.J.). Tesla gab 2016 an, für sein Model S mit einer 86 Kilowattstunden Batteriekapazität 12 Kilogramm Lithium zu benötigen. Die Forscherin Linda Ellingsen ermittelte 2014 für einen Ford Focus electric, der eine Batteriekapazität von 27 Kilowattstunden hatte, einen Lithiumanteil von 19 Kilogramm. Man kann von einem durchschnittlichen Verbrauch von 15 kg Lithium-Ionen pro gefertigter Batterie ausgehen. Ein Elektroauto-Akku ist

also für einen Sole-Verbrauch zwischen 6.000 und 30.000 Liter Wasser verantwortlich (ebd.).

Wasserverbrauch durch E-Auto- Fertigung

Das verarbeitende Gewerbe nutzte in Deutschland im Jahr 2016 rund 4,5 Milliarden Kubikmeter Wasser (letzte verfügbare Daten). Das sind 23 Prozent weniger als im Jahr 1995. Es entsprach rund 16 % der gesamten wirtschaftlichen und privaten Wassernutzung in Deutschland. Davon benötigte allein die chemische Industrie im Jahr 2016 für die Herstellung chemischer Erzeugnisse knapp 2,6 Milliarden Kubikmeter (Mrd. m³) – das entsprach fast 58 % der gesamten Wassernutzung im verarbeitenden Gewerbe (Umweltbundesamt 2021). Insgesamt gesehen ist der Konsument mit dem höchsten Wasserverbrauch die Energieversorgung. Die Energieversorger entnahmen 8,8 Mrd. m³ Wasser für die Eigenversorgung und nutzten dieses vor allem als Kühlwasser. Das sind 5,0 % des gesamten Wasserdargebotes von 176 Mrd. m³ bzw. 44,2 % der Gesamtentnahmen von 20 Mrd. m³ (Umweltbundesamt 2021). Ein weiterer Aspekt, die Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien voranzutreiben. Denn der Klimawandel führt dazu, dass häufiger auftretende Dürreperioden den Grundwasserspiegel absinken lassen. Auch wenn der Anteil des verarbeitenden Industrie mit 16 % der Wasserentnahme gering erscheint, sollte mit der Ressource Wasser verantwortungsvoll umgegangen werden.

Das Tesla-Werk in Brandenburg soll so viel Wasser wie eine 40.000-Einwohner-Stadt benötigen, mitten in einer der trockensten Regionen Deutschlands. In den Genehmigungsunterlagen ist von einem jährlichen Spitzenverbrauch von 1,4 Millionen Kubikmetern Wasser die Rede. Das entspricht etwa dem Jahresbedarf einer Stadt mit 40.000 Einwohnern. Benötigt wird das Wasser vor allem für das Presswerk, die Lackiererei, die Batteriefertigung und auch für Löschwasser, falls es im Werk mal brennen sollte. Angenommen, die Gigafactory arbeitet nach der Inbetriebnahme bei voller Auslastung im Drei-Schicht-Betrieb rund um die Uhr an 250 Tagen im Jahr, ergibt sich ein Wasserbedarf von gut 2,2 Millionen Kubikmetern pro Jahr (tagesspiegel, 2022).

Zum Vergleich: Das VW-Werk in Zwickau, in dem der elektrische ID.3 und weitere E-Modelle gebaut werden, brauchte zuletzt bei gleicher Auslastung 350.000 Kubikmeter Wasser. Im BMW-Werk Leipzig, das unter anderem den elektrischen i3 produziert, wurden an etwas weniger Arbeitstagen (237) bis zu 250.000 Kubikmeter Wasser im Jahr eingesetzt. Nach dieser Rechnung würde Tesla also fast zehn Mal mehr Wasser verbrauchen als der deutsche Wettbewerber BMW.

Wasser ist eine kritische Ressource für Autobauer. Im „Global Water Report“ der Organisation CDP (früher Carbon Disclosure Project) geben Dreiviertel aller Unternehmen an, dass die Verfügbarkeit von Wasser ein substanzielles Risiko für die eigenen Aktivitäten beziehungsweise die der Zulieferer darstelle. Entsprechend sorgsam gehen die Autohersteller mit Wasser um und dokumentieren dies in ihren Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichten (ebd.).

Quellen

- ADAC (2022): Dem Mikroplastik auf der Spur: Weniger Reifenabrieb ist möglich. Online: www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/reifenabrieb-mikroplastik/
- 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>
- BUND 2021: Tausende Tonnen Mikroplastik durch Reifenabrieb: Von der Straße in unsere Lungen
- BUND-Bremen (o.J.): "Giftiger Sondermüll" Zigarettenkippen und ihre Folgen für die Umwelt. Online: <https://www.bund-bremen.net/meer/stoppt-kippen-in-der-umwelt/>
- cieau Le centre d'information sur l'eau (o.J.): Wie verschlechtert die Wasserverschmutzung Ökosysteme? Online: <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/comment-la-pollution-de-leau-degrade-les-ecosystemes/>
- DERSTANDARD (2022): Ein Mensch isst pro Woche eine Kreditkarte. Diese Menge an Mikro- und Nanokunststoffpartikeln nehmen wir laut Med-Uni Wien im Magen-Darm-Trakt auf. 24. März 2022. Online: <https://www.derstandard.at/story/2000134377806/ein-mensch-isst-pro-woche-eine-kreditkarte>
- eon (o.J.): E-Auto Mythen Teil 3: Dreckige Rohstoffe für saubere Autos, online: <https://www.eon.de/frag-eon/themen/e-mobility/article/e-auto-mythen-teil-3-dreckige-rohstoffe-fuer-saubere-autos--2/>
- KRS-Versicherungsmakler 2017: Wie viel Trinkwasser verseucht ein Tropfen Öl? Online: <https://www.kvs-versicherungsmakler.de/blog/wie-viel-trinkwasser-verseucht-oel>
- Leslie et al (2022): Heather A. Leslie, Martin J.M.van Velzen, Sicco H.Brandsma, A. DickVethaak, Juan J.Garcia-Vallejo, Marja H.Lamoree: Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International Volume 163, May 2022.
- online: <https://www.bund.net/themen/aktuelles/detail-aktuelles/news/tausende-tonnen-mikroplastik-durch-reifenabrieb-von-der-strasse-in-unsere-lungen/>
- Quarks (2022): Wie gefährlich ist Mikroplastik. Online: www.quarks.de/umwelt/muell/fakten-zu-mikroplastik/
- Schwab et al. (2019): Philipp Schwabl, Sebastian Köppel, Philipp Königshofer, Theresa Bucsics, Michael Trauner, Thomas Reiberger, and Bettina Liebmann: Detection of Various Microplastics in Human Stool. Annals of Internal Medicine. DOI: 10.7326/M19-0618i.
- Schymanski, Dana (2018) / Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Münsterland-Emscher-Lippe: Untersuchung zu Mikroplastik in Lebensmitteln und Kosmetika.

Zusammenfassung einer Studie der Universität Münster. Online:

www.cvua-mel.de/index.php/aktuell/138-untersuchung-von-mikroplastik-in-lebensmitteln-und-kosmetika

- Tagesspiegel (2020): 372.000 Liter pro Stunde. Wofür braucht Teslas Gigafactory in Grünheide so viel Wasser? Online: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/wofur-braucht-teslas-gigafactory-in-grunheide-so-viel-wasser-5952250.html>
- Umweltbundesamt (2021): Wassereinsatz des verarbeitenden Gewerbes. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/industrie/wassereinsatz-des-verarbeitenden-gewerbes#wassernutzung-im-verarbeitenden-gewerbe>
- Umweltbundesamt (2021): Wasserressourcen und ihre Nutzung. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#wassernachfrage>
- Wasser 3.0 (2020): Was hat Autofahren mit Mikroplastik zu tun? Online: <https://wasserdreinnull.de/blog/was-hat-autofahren-mit-mikroplastik-zu-tun/>
- Weltfriedensdienst (o.J.): <https://wfd.de/thema/lithiumabbau>
- Weltfriedensdienst (o.J.): Lithiumabbau in Südamerika online: <https://wfd.de/thema/lithiumabbau>
- Wright S et al. (2019): Stephanie Wright, Ian Mudway The Ins and Outs of Microplastics. Editorial. Annals of Internal Medicine. DOI: 10.7326/M19-2474.

SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”

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

Das SDG 7 beinhaltet soziale und ökologische Anforderungen an den Klimaschutz. Für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft sind daher vor allem drei Unterziele wichtig (Destatis 2022):

- **SDG 7.1:** “Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen sichern.”
- **SDG 7.2:** “Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen.”
- **SDG 7.3:** “Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln.”

Beim SDG 7 “Bezahlbare und saubere Energie” geht es im wesentlichen um den “allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen” sowie darum den “Anteil erneuerbarer Energie zu erhöhen”(Destatis 2022) , 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. Weitere Probleme der Energieerzeugung mit der Nachhaltigkeit betreffen

- Umweltschutz und Arbeitsbedingungen bei der Rohstoffgewinnung
- Ökologische und Gesundheitsfolgen der Energienutzung, insbesondere bei der Verbrennung
- Flächenkonkurrenzen bei dem Anbau von Energiepflanzen (Mais, Zuckerrohr u.a.)

Die Schnittmenge für das SDG 7 ergibt sich aus den Nummern a und b der Standardberufsbildposition (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*

Dieses Kapitel beschreibt die Grundlagen einer nachhaltigen Energiewende. Aufgezeigt werden die verschiedenen regenerativen Energieträger und die technischen Möglichkeiten der Erzeugung regenerativer Energie, deren stationären und mobilen Einsatzmöglichkeiten sowie Hinweise zur rationellen Energieverwendung. Ferner wird auf einige für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft relevante Aspekte zur energiebedingten Rohstoffgewinnung hingewiesen.

Die menschliche Entwicklung ist weltweit auf Energie angewiesen. Bisher wurde die Energie vor allem aus fossilen Energieträgern erzeugt, bei deren Verbrennung Treibhausgase in die Atmosphäre freigesetzt werden und dort den Klimawandel bewirken. Um weitere erhebliche Schäden des Klimawandels mit enorme Zerstörungen und Kosten in weiten Teilen der Welt entgegenzuwirken, ist die Decarbonisierung der Wirtschaft und insbesondere des Energiesystems zwingend notwendig für das Überleben auf diesem Planeten.

Für die Betriebe des Kraftfahrzeuggewerbes sind die Fixkosten ein wesentlicher Bestandteil ihrer Kalkulation der Kosten für eine Arbeitsstunde. Insbesondere die Energiekosten sind ein gravierender Faktor. Bedingt durch ein- und ausfahrende Fahrzeuge im Werkstattbetrieb treten Wärmeverluste auf, die aufgefangen werden müssen. Für Diagnose und Wartung sind sehr viele elektrisch betriebene Werkzeuge im Einsatz, die Stromkosten erzeugen. Um konkurrenzfähig zu bleiben, müssen die Betriebe ein gutes Preis-Leistungs-Angebot für ihre Dienstleistung anbieten. Hier gibt es Sinn

nachhaltig die Fixkosten für Energie zu senken, mit Hilfe selbst erzeugter Energien, wofür ihre benötigte Infrastruktur die besten Voraussetzungen bietet.

Erneuerbare Energien

Die einfachste Maßnahme zum Umstieg auf erneuerbare Energien ist der Bezug von Ökostrom. Die Produktion erfolgt dabei in der Regel aus Wind, Sonne, Biomasse und Wasserkraft. Im ersten Halbjahr 2022 lag der Anteil der Erneuerbaren bei 51,6%. 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 Photovoltaik, 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).

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. Allerdings sind diese Vergleiche vor dem Hintergrund des Krieges von Russland gegen die Ukraine hinfällig geworden, da die Untersuchung 2021 mit einem funktionierenden und ausgeglichenen Markt von Angebot und Nachfrage erfolgte.

Im Folgenden wird eine Übersicht über die wichtigsten Technologien zur Nutzung der Erneuerbaren Energien gegeben:

- **Solarenergie:** Solarenergie mit Hilfe von Photovoltaik ist mit gut 21% der EE-Stromproduktion (Stromreport 2022) seit 2007 stark ausgebaut worden und damit die jüngste breit genutzte erneuerbare Stromquelle (vgl. die Graphik auf Wikimedia 2020). Ab 2013 stagnierte der Zuwachs von Solarenergie, weil die Konditionen der Einspeisung verschlechtert wurden. Insbesondere die Energiekrise im Zuge des Ukraine Krieges zeigt, dass der Ausbau jetzt stark beschleunigt werden muss.

- **Solarthermie:** Es stehen jährlich 1.050 kWh/m² Solarstrahlung für die Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme zur freien Verfügung. Hiermit lassen sich Strom sowie Wärme für Heizung und Warmwasser erzeugen. In Deutschland wird Solarthermie dennoch nur in weniger als 10% (co2online 2021) der Heizanlagen für Häuser und Wohnungen genutzt.
- **Windenergie:** 50 % des EE-Stromes in Deutschland wurden 2021 aus Windenergie erzeugt (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.
- **Wärmeerzeugung:** Zur Wärmeerzeugung können Bioenergie (insbesondere Festbrennstoffe wie Holz) sowie die Umgebungs- bzw. bodennahe Erdwärme eingesetzt werden. Wie bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft gibt es für die Verbrennung von Biomasse kein Wachstumspotenzial mehr, sondern muss auf "ein naturverträgliches Maß begrenzt" werden (UBA 2021b). Im Gegensatz dazu setzt die Bundesregierung auf den Ausbau der Nutzung von Umgebungswärme, wozu auch die bodennahe Erdwärme gehört (Tagesschau 2022).

Photovoltaik

Photovoltaik ist die Umwandlung von Sonnenlicht in Strom. Dies geschieht mit Hilfe von PV-Modulen, in denen die Solarstrahlung Strom erzeugt. Der Strom wird über Leitungen zu einem Wechselrichter geführt, der den Gleichstrom aus den PV-Modulen in Wechselstrom umwandelt. Die Kosten der PV-Technologie sind bei höherer Leistung - trotz Preissteigerungen aufgrund des Krieges - deutlich günstiger als vor 20 Jahren. Für den Betrieb von Photovoltaik-Anlagen gibt es drei Betriebsmodelle:

- **Dachverpachtung:** Die einfachste Möglichkeit, von einem geeigneten Dach zu profitieren, ist die Verpachtung der Dachfläche an Dritte. Diese sind dann 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.
- **Eigenverbrauch mit Überschusseinspeisung:** Besonders attraktiv ist die Gestaltung des Eigenverbrauchs. Der Eigentümer errichtet die Anlage auf eigene Kosten und versucht, seine Stromnutzung so zu gestalten, dass bei Sonnenschein Strom entweder verbraucht oder in Batterien gespeichert wird.

- **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.

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Technologien zur Solarstromerzeugung vorgestellt:

- **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. Anschließend werden Silizium-Einkristalle (mono-Si) gezogen. Die gewonnenen Einkristalle werden in etwa 0,2 mm dicke Scheiben («Wafer») gesägt und in einer Abfolge von mehreren Prozessschritten zu Solarzellen und dann zu PV-Modulen weiterverarbeitet.
- **Dünnschicht-Solarmodule:** Die Module bestehen wie die obigen PV-Module ebenfalls aus elektrischen Kontakten und einem absorbierenden Material, allerdings werden auf dem Trägermaterial verschiedene Schichten von Metallen aufgetragen. Die Dicke der lichtabsorbierenden Schicht liegt in der Regel bei 1–3 μm , also etwa hundertmal weniger als bei den Solarzellen aus kristallinem Silizium. Als Trägermaterial können, je nach Technologie, Glas, Metall- oder Kunststofffolien eingesetzt werden. 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 Sonnenlicht und schlechtem Wetter sowie die schnelle energetische Amortisation aufgrund des geringen Energieeinsatzes bei ihrer Herstellung.

Hauptsächlich gibt es zwei Arten für Photovoltaikanlagen:

- **Aufdachmontage:** Aufdach-Photovoltaikanlagen sind eine weit verbreitete Möglichkeit für Eigenheime, Unternehmen und öffentliche Gebäude um ihren eigenen Strom zu erzeugen. Vorteile sind: Das vorhandene Dach kann optimal genutzt werden; das Dach wird vor eventuellen Umwelteinwirkungen zusätzlich geschützt; aufdach-montierte Anlagen sind meist schnell und einfach sowie mit geringem Wartungsaufwand zu installieren. . Nachteile sind höhere Kosten der Montage, mögliche Probleme bei der Befestigung und Tragfähigkeit,

Platzbeschränkungen durch die Dachfläche sowie der unveränderliche Winkel des Daches (der nicht immer optimal zur Nutzung der Solarstrahlung ist).

- **Bodenmontage (Freiflächenmontage):** Bodenmontierte Photovoltaikanlagen sind inzwischen ebenfalls weit verbreitet, werden aber vorwiegend von großen Unternehmen, professionellen Investoren bzw. Energieanbietern genutzt. Vorteile sind: Aufgrund ihrer Größe ist auch eine größer dimensionierte Stromerzeugung möglich; bodenmontierte Anlagen haben die Möglichkeit die festen Winkelbeschränkungen zu umgehen und sie haben einfache Wartungsmöglichkeiten. Nachteilig sind die Flächenbedarfe ("ganze Äcker") und ihre optische Auffälligkeit (Landschaftsbild).

Solarwärme

Solarthermie erzeugt warmes oder heißes Wasser, zusammen mit einem Wärmespeicher kann dann insbesondere in den Sommermonaten ein erheblicher Teil des Wärmebedarfs mit Solarenergie CO₂-frei bereitgestellt werden. Das Prinzip ist ganz einfach: Das Sonnenlicht erwärmt die Solarflüssigkeit (Wasser-Glykol-Gemisch) und über einen Wärmetauscher erwärmt die heiße Solarflüssigkeit Wasser. Im folgenden werden die beiden wichtigsten Kollektortypen sowie die Wärmespeicherung und die Einbindung der Solarwärme vorgestellt:

- **Flachkollektoren:** Bei Flachkollektoren ist der metallische Solarabsorber zwischen einer transparenten Abdeckung und einer Wärmedämmung eingefasst. Dies minimiert die Wärmeverluste des Kollektors, wodurch in Abhängigkeit der Bauart Nutzttemperaturen bis 100 °C effizient bereitgestellt werden können. Das Spektrum reicht von kompakten Kollektormodulen mit ca. 2 m² bis hin zu Großflächenkollektoren mit 10 bis 12 m²
- **Vakuurröhrenkollektoren:** Bei Vakuurröhrenkollektoren können die Wärmeverluste durch Konvektion und Wärmeleitung deutlich reduziert und somit mehr Wärme erzeugt werden. Der sinnvolle Einsatzbereich dieser Kollektoren bei 80 bis 130 °C, der höhere Wert wird mit Spiegeln auf der Rückseite erzeugt.
- **Speicherung:** In der Regel ist ein Pufferspeicher zentraler Bestandteil einer solaren Prozesswärmanlage, da das Solarangebot nicht immer mit dem Wärmebedarf der zu versorgenden Verbrauchsstellen zeitlich übereinstimmt. Zur Einbindung des Speichers gibt es mehrere Möglichkeiten: Typischerweise wird der mit einem Wasser-Glykol-Gemisch betriebene Solarkreis durch einen Wärmeübertrager vom Speicherkreis getrennt.
- **Einbindung von Solarwärme:** Bei der Einbindung von Solarwärme lässt sich grundsätzlich die Versorgungs- von der Prozessebene unterscheiden. Viele

Industrie- oder Gewerbebetriebe haben ein zentrales Kesselhaus zur Erzeugung von Wärme und ein Rohrnetz zur Verteilung der Wärme an die Verbrauchsstellen. Je nach Nutztemperatur wird die Wärme über Dampf (140–200 °C), Heißwasser (90–160 °C) oder Warmwasser (<100 °C) verteilt und direkt oder indirekt über einen Wärmeüberträger an die Wärmesenke abgegeben.

Bioenergie

Unter Bioenergie wird die energetische Nutzung biogener Energieträger verstanden. Biogene Energieträger sind pflanzlicher oder tierischer Herkunft. Zu den typischen biogenen Energieträgern zählen Holz und Stroh sowie ihre Derivate wie Holzschnittel- oder -pellets. Aber auch Biogas aus der Vergärung von Bioabfällen, Ernterückständen oder von tierischen Abfällen wie Mist und Gülle-Exkrememente. Obwohl bei der Verbrennung von Biomasse oder Biogas Kohlendioxid freigesetzt wird, wird die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie als klimaneutral angesehen, denn das freigesetzte CO₂ wurde während des Pflanzenwachstums der Atmosphäre entzogen. Allerdings verursacht die Verbrennung von Biomasse weitere Luftschadstoffe wie NO_x und insbesondere Feinstaub (Kamine im Eigenheimbereich).

Der typische Einsatz von Biogas zur Energieerzeugung erfolgt über Blockheizkraftwerke (BHKW), die sowohl Wärme als auch Strom erzeugen. Problematisch ist der Anbau von Energiepflanzen wie z.B. Mais, Raps, Futterrüben, Hanf, Chinaschilf, schnellwachsende Bäume (Pappeln, Weiden), Zuckerrohr und Algen. In der Regel erfolgt deren Anbau in schnell wachsenden Monokulturen und haben damit einen erheblichen Einfluss auf Landschaft und Boden. Zudem kann der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zum Verlust von Biodiversität, die Düngung zur Belastung des Grundwassers und der Verbrauch von Trinkwasser zur regionalen Verknappung von führen (vgl. BUND o.J. sowie UBA 2021a). Des Weiteren ist der energetische Wirkungsgrad der Biomassenproduktion mit 0,5 - 1,5% (Pflanzenforschung 2020) wesentlich geringer als der von Photovoltaik, der in der Regel 15 - 22% beträgt (Eigensonne o.J.). Zudem gibt es eine Flächenkonkurrenz - anstelle von Energiepflanzen könnten auch Feldfrüchte oder Getreide angebaut werden - im Sinne des SDG 1 "Kein Hunger".

Erd- und Umgebungswärme

Eine Möglichkeit der Wärmeerzeugung ist die Nutzung von Temperaturunterschieden zwischen Gebäuden und ihrer Umgebung oder dem Erdreich mit Wärmepumpen. Eine Wärmepumpe funktioniert wie ein Kühltank oder eine Klimaanlage (Tagesschau 2022). Die Pumpe entzieht der Umgebung (z.B. dem Erdreich) mit einem Kältemittel Wärme und kühlt sie dabei ab. Ein Kompressor verdichtet das Kältemittel und erhöht

dabei dessen Temperatur, die dann zur Raumheizung genutzt wird. Das Kältemittel kondensiert und gibt die Wärme frei. In einem Ventil verdampft das Kühlmittel wieder, kühlt sich dabei stark ab und kann aufs Neue der Umgebung Wärme entziehen. Zum Antrieb einer Wärmepumpe wird elektrischer Strom benötigt, der allerdings aus erneuerbaren Quellen stammen sollte. Bei der Nutzung von Erdwärme wird zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie unterschieden.

Die oberflächennahe Geothermie nutzt den Untergrund bis zu einer Tiefe von ca. 400 m und Temperaturen von bis zu 25 °C für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden, technischen Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen. Hierzu wird die Wärme oder Kühlenergie aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder aus dem Grundwasser gewonnen. Als Tiefengeothermie bezeichnet man die Nutzung der Erdwärme in Tiefen zwischen 400 und 5.000 Metern. Im Vergleich zur oberflächennahen Geothermie sind dort die Temperaturen weitaus höher. Der Vorteil der Geothermie ist ihre ständige Verfügbarkeit. Die geothermische Stromerzeugung in Deutschland steht noch am Anfang und ist noch ausbaufähig

Beleuchtung

Beleuchtung ist in allen Berufen ein Handlungsfeld, bei dem viel Energie eingespart werden kann. Der Standard für Energieeffizienz in der Beleuchtung sind LED-Lampen und LED-Röhren. In 2009 wurde die "Glühbirne" aus Initiative der EU vom Markt genommen, anstelle dessen wurde im breiten Umfange die Energiesparlampe bzw. Leuchtstofflampe (Fachbegriff: Kompaktleuchtstofflampen) verwendet, die bei gleicher Lichtstärke wie eine 75 Watt Glühbirne nur rund 10 Watt verbraucht. Die technische Entwicklung ging jedoch weiter hin zu LED-Lampen, die wiederum im Vergleich zur Glühbirne rund 70% bis 90% der Energie einsparen (enterga o.J., energieexperten o.J.). In Haushalten und kleinen Gewerbebetrieben ohne eigene Produktion fallen rund 10% des Stromverbrauchs für die Beleuchtung an - dies sind zwischen 350 und 600 kWh/a.

Die Bedeutung des technischen Wandel weg von der Glühbirne (und auch der Halogenbirne) hin zu LED-Technik lässt sich im Rückblick zeigen. In 2003 wurden ca. 71 TWh/a (Terawattstunden pro Jahr) Strom für die Beleuchtung verwendet. Dies waren 71.000 Gigawattstunden. Ein Atomkraftwerk erzeugt zwischen 9.000 und 13.000 GWh Strom, rein rechnerisch mussten fast 9 Atomkraftwerke nur die Beleuchtung laufen (in 2003, stromrechner.com o.J.).

Für Gewerbetreibende mit Büro und Werkstatt sind die LED-Leuchtstoffröhren besonders interessant, da bisher immer Leuchtstofflampen installiert wurden. Heutzutage gibt es LED-Röhren, die ohne Umbau in die vorhandenen Lichtkästen

eingebaut werden können. Nur das Vorschaltgerät muss ggf. ausgewechselt werden. Die Einsparung liegt bei 50% des bisher genutzten Stroms (LEDONLINE o.J.). Die Vorteile neben der Energieeinsparung sind offensichtlich: Die Röhren zerbrechen nicht, sie enthalten kein Quecksilber, sie flimmern nicht und haben einen hohen Leistungsfaktor (ebd.)

Eine weitere mögliche Stellschraube bei der Beleuchtung ist die Verwendung von Strom aus regenerativen Energiequellen. Eine eigene PV-Anlage auf dem Bürogebäude oder auf dem Betriebsgelände in Verbindung mit einem Batteriespeicher kann erheblich Strom aus Sonnenlicht bereitstellen. Allerdings ist die Solarstrahlung in den Wintermonaten – gerade dann, wenn die Anzucht stattfindet, nur gering. In diesem Falle sollte zumindest der Strom aus erneuerbaren Energien – im Winter fast ausschließlich aus Windenergie – bezogen werden.

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.).

Logistik

Die Wahl der Transportmittel hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Treibhausgasemissionen, wie folgende Tabelle zeigt (Statista 2022b, UBA 2021b, FIS 2012, carboncare o.J):

Transportmittel	Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen pro Tonnenkilometer in Gramm
Hochsee-Massengutfrachter (UBA bzw. carboncare)	17 bzw. 6-7
LKW (alle Quellen)	105 bis 118
Binnenschiff (FIS 2012, Statista 2022b und UBA 2021b)	30 - 33

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.).

Alternative Mobilität

Kraftstoffe

In 2022 wurden rund 52 Mio. t Kraftstoffe genutzt (FNR 2023). Davon entfielen 32 Mio. t (62%) auf Dieselkraftstoff, 15,8 Mio. t auf Ottokraftstoffe (31%) und 3,8 Mio. t auf Bio-Kraftstoffe (ca. 6%). Gas ist vernachlässigbar mit rund 0,7% bzw. 340.000 t.

Biogene Kraftstoffe: Bei biogenen Kraftstoffen handelt es sich um flüssige Energieträger, die aus Pflanzen, Pflanzenresten und -abfällen oder Gülle statt aus Erdöl gewonnen werden. 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 welche die Pflanze während ihres Wachstums mittels Photosynthese der Atmosphäre entzogen hatte. Biogene Kraftstoffe werden bisher als Bio-Diesel und als Ethanol im E10-Benzin eingesetzt (ADAC 2022). Der Benzin-Verbrauch mit E10 ist nur geringfügig höher als bei "Normalbenzin", so dass die durchschnittlichen THG-Emissionen sinken (ebd.). Biogene Kraftstoffe sind aber immer mit dem 'Tank-oder-Teller-Problem' verbunden (UBA 2022). In Brasilien, das einen hohen Anteil von Ethanol im Benzin hat (E25), führt der Zuckerrohranbau zur Gewinnung von Ethanol zur Vernichtung des Regenwaldes (Regenwald 2011). Palmöl wurde bis 2020 in größerem Umfang für Biodiesel importiert, seit 2022 wurde der Einsatz beschränkt, in 2023 sogar verboten aus Umweltschutzgründen (Schutz des Regenwaldes in Indonesien und anderen tropischen Ländern, UBA 2023)

Synthetische Kraftstoffe: Alternativ können aus nachwachsenden Rohstoffen auch synthetische Kraftstoffe gewonnen werden, die die Anforderungen an Superbenzin oder

Kerosin (Flugverkehr) erfüllen. Hiermit soll Mineralöl gegen nachwachsende Rohstoffe ersetzt werden. Der Grundgedanke ist, dass biogene Quellen Klimaneutral sind und die bisherige Mobilität, die auf Verbrennungsmotoren beruht, beibehalten werden kann. Diese sogenannten XtL-Kraftstoffe (Energieträger zu Liquid = Treibstoff) können aus Biogas (GtL) oder Biomasse (BtL) gewonnen werden. Der Energieaufwand für synthetische Kraftstoffe ist hoch, die Klimaneutralität kann nur erreicht werden, wenn Strom und Wärme aus erneuerbaren Quellen eingesetzt werden (vgl. Greenpeace 2023). Dies ist bisher noch nicht gegeben, auch fehlt die Technologie für die großtechnische Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen (ADAC 2023).

Wasserstoff: 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. Bei dem dazu eingesetzten elektrischen Strom handelt es sich oftmals um Strom aus Offshore-Windkraftanlagen, bei dem der Wasserstoff als Speicher genutzt wird und auf diese Weise eine zeitliche und örtliche Entkopplung zwischen Erzeugung und Verbrauch erreicht wird sowie kostenintensive Übertragungsleitungen überflüssig werden. Die Nutzung von grünem Wasserstoff in Fahrzeugen erfolgt in Brennstoffzellen. Diese kann als umgekehrte Elektrolyse aufgefasst werden, bei der der Wasserstoff wieder mit Sauerstoff zu Wasser reagiert und dabei elektrischer Strom entsteht.

Strom: Derzeit ist Strom aus erneuerbaren Energiequellen (vor allem Photovoltaik und Windenergie) der 'Hoffnungsträger' für die Mobilität der Zukunft. Die Autoindustrie hat vielfach verkündet, dass der Verbrennungsmotor ein Auslaufmodell ist. Strom ist aber nur dann Klimaneutral, wenn er auch ohne Gas- und Kohlekraftwerke produziert wird. Zur Zeit liegt der sogenannte Strommix noch bei 420 g CO₂-Äq pro kWh (UBA 2022). Ein Hyundai Kona Elektro hat somit eine 'Emission' von rund 5,6 kg THG-Äq pro 100 km (eigenes Fahrzeug des Autors). Zum Vergleich: Die Emission eines sparsamen Dieselfahrzeugs mit 5 l Verbrauch auf 100 km liegen bei 23 kg (myclimate o.J.).

Energiebilanz e-Fuel versus e-mobilität

E-Fuels sind klimaneutrale Kraftstoffe mit den gleichen Eigenschaften wie Benzin, Diesel oder Kerosin. Sie werden mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energien, Wasser und CO₂ aus der Luft hergestellt und setzen damit im Gegensatz zu herkömmlichen Kraft- und Brennstoffen kein zusätzliches CO₂ frei, sondern sind in der Gesamtbilanz klimaneutral. Sie sind kompatibel mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren – somit sind keine teuren Technologiewechsel und Änderungen in der Infrastruktur erforderlich

(e-fuels o.J.). Die Herstellung von E-Fuels ist sehr energieintensiv. Aufgrund hoher Umwandlungsverluste geht etwa die Hälfte der eingesetzten Energie im Produktionsprozess verloren. Die Klimawirkung von E-Fuels ist deshalb in höchstem Maße abhängig davon, woher die eingesetzte Energie stammt. Jedoch reicht die heimische Fläche zur Erzeugung von E-Fuels mit rein erneuerbaren Energien nicht aus. Der nötige Ökostrom für E-Fuels muss zusätzlich erzeugt werden, es müssen also extra dafür neue Wind- bzw. Solarkapazitäten geschaffen werden. Schon für die Produktion einer relativ kleinen Menge von 100 Petajoule (PJ) E-Fuels wären in Deutschland – zusätzlich zu den bestehenden Ausbauplänen – rund 2.000 neue Offshore- bzw. weit über 7.000 neue Onshore-Windkraftanlagen erforderlich. 100 PJ entspricht etwa 3,5 % des derzeitigen Kraftstoffverbrauchs im Verkehr in Deutschland pro Jahr (Deutsche Umwelthilfe 2021). Im Betrieb hat der Elektromotor im Vergleich zum Verbrennungsmotor deutliche Kostenvorteile. Spätestens wenn ein Elektrofahrzeug gleich viel kostet, wie ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, dann ist auch das Fahren mit Batterie deutlich günstiger. Das liegt vor allem an den hohen Umwandlungsverlusten von Kraftstoffen in Verbrennungsmotoren: Rund zwei Drittel der Energie geht dabei als Abwärme verloren. Elektromotoren dagegen können rund 95 Prozent der eingesetzten Energie tatsächlich in Fortbewegung umsetzen. Sie brauchen im Vergleich nur ein Drittel der Energie (DW 2021). Das heißt, auch wenn die Energie zur Produktion von E-Fuels zu 100% aus erneuerbaren Energien bestehen würde, dann müssten in Deutschland 70% mehr Solar- und Windkraftanlagen installiert werden, um den Bedarf an Mobilität mit Verbrennungsmotoren zu gewährleisten. Betrachtet man den THG-Emissionen entlang des Lebenszyklus, dann schneidet auch hier das E-Fahrzeug deutlich besser ab, als ein Fahrzeug, das mit e-Fuels betrieben wird. Think Tank Transport & Environment (T&E) hat dafür die gesamten Lebenszyklusemissionen von Autos, die im Jahr 2030 gekauft werden analysiert. Ein Auto, das mit einer Mischung aus E-fuels und Benzin betrieben wird, würde seine Lebenszyklusemissionen im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen nur um 5 % reduzieren. Ein batteriebetriebenes Elektrofahrzeug, das mit dem für 2030 erwarteten durchschnittlichen EU-Strommix hergestellt und aufgeladen wird, würde über seinen Lebenszyklus 78 % weniger Emissionen verursachen als ein Verbrenner.

Elektromobilität

Die Mobilität ist für einen wesentlichen Teil des Klimawandels verantwortlich. In Deutschland verantwortet die Mobilität rund 20% der Emissionen (Bundesregierung o.J.b). Der Verkehrssektor ist damit nach der Energiewirtschaft und der Industrie mit je rund 20 % CO₂-Ausstoß der drittgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen. Den weitaus größten Teil der Verkehrsemissionen verursacht der Straßenverkehr 96 % (Stand 2019). Für etwa 61 % davon sind Benzin- und Diesel-Pkw und für 36 %

entsprechende Lkw verantwortlich. Seit 1995 ist der CO₂-Ausstoß des Personenverkehrs nicht gesunken, obwohl die Fahrzeuge energieeffizienter sind. Denn es werden fast 60 % mehr Personenkilometer gefahren als Anfang der 90er Jahre. Das hebt den Einspareffekt auf. Auch die Beförderungsleistung auf der Straße nahm erheblich zu: Verglichen mit dem Jahr 2000 haben sich bis 2021 die zurückgelegten Tonnenkilometer (zurückgelegte Entfernung multipliziert mit beförderten Gütermenge) um fast 50% erhöht (Destatis 2022e). Um die Klimaziele zu erreichen, muss der Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben zunehmen. Im Schwerlastverkehr sind es jedoch nur wenige Modellprojekte, in denen LKW mit alternativen Antrieben wie Batterien oder Brennstoffzellen fahren. Positiv hingegen ist der Trend bei den PKW: Im Jahresverlauf 2020 stiegen die Neuzulassungen von Elektroautos deutlich: von Januar 2020 mit 3 % auf 14 % Ende des Jahres (KBA 2022). Auch bei den Kleintransportern gibt es Bewegung (bfp 2022): Nach dem Branchenverband ACEA wurden in 2021 rund 44.600 leichte Nutzfahrzeuge mit reinem Batterieantrieb neu zugelassen (2,9 % der Neuzulassungen).

Derzeit sind die vier wichtigsten Fahrzeugtypen die folgenden (Beispiel PKW und leichte Nutzfahrzeuge):

- Vollhybrid: Ein Vollhybrid (sHEV) hat einen Verbrennungs- und einen batteriebetriebenen Motor. Bei niedrigen Geschwindigkeiten bis zu 50 km/h und auf kurzen Strecken bis etwa 3 km ist ein reiner Elektroantrieb möglich. Die für den Betrieb des Elektromotors erforderliche Elektrizität wird vom Verbrennungsmotor erzeugt.
- Plug-in-Hybrid: Im Vergleich zum Vollhybrid kann ein Plug-in-Hybridfahrzeug (PHEV) rein elektrisch schneller und weiter fahren. Der Verbrennungsmotor lädt die Batterie auf, wenn die Leistung nicht ausreicht. Der Akku kann über ein externes Netzteil geladen werden.
- Vollelektrisches Fahrzeug: Dieser BEV genannte Typ 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.
- Elektroauto mit Brennstoffzelle: Ein Brennstoffzellenauto (FCEV) wird ausschließlich von einem Elektromotor angetrieben. Im Gegensatz zum vollelektrischen Fahrzeug wird der Strom nicht mit Batterien, sondern mit Wasserstoff Brennstoffzellen erzeugt. Wasserstoffbrennstoffzellen erzeugen Strom, indem sie Wasserstoff mit Sauerstoff kombinieren. Auch ein Auto mit Brennstoffzelle ist lokal zu 100% emissionsfrei.

Zum 01.01.2022 waren insgesamt 2.815.122 Fahrzeuge mit alternativen Antrieben angemeldet. Dazu zählen sowohl Fahrzeuge mit Elektroantrieben wie BEV, Brennstoffzellen als auch Fahrzeuge mit Hybrid-Antrieben sowie Gas. Das entspricht

4,7% aller knapp 60 Mio. Fahrzeuge im Bestand. Davon entfielen 4,5% alleine auf Pkw's. Mit großem Abstand folgen Lkws mit 0,13% und Krafträder mit 0,03%. Omnibusse, Zugmaschinen und sonstige Kfz haben lediglich einen Anteil von 0,01% bis 0,007% an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (KBA 2022).

Schon heute verursacht ein Elektrofahrzeug der Kompaktklasse über den gesamten Lebensweg bis zu 30 % weniger Treibhausgase als ein vergleichbares Benzin- oder Dieselfahrzeug (Bundesregierung o. J.b). Im Betriebsalltag ist das Elektrofahrzeug wesentlich effizienter. Ein Hyundai Kona verbraucht im Stadtverkehr rund 14,5 kWh, dies entspricht bei einem Stromfaktor von 450 g CO₂-Äq/kWh rund 65 g THG-Emissionen/km/100 km. Ein vergleichbarer Kona-Diesel verbraucht ca. 4,5 l Diesel, dies entspricht Emissionen von ca. 120 g/km (eigenes Fahrzeug der Autoren, Berechnung nach (vgl. My Climate o.J.).

Brennstoffzellen

In der gewerblichen Wirtschaft sind die mit fossilen Treibstoffen wie Diesel betriebenen Verbrennungsmotoren ab 3,5 t bis hin zu den üblichen 40 Tonnen und auch die schweren Nutzfahrzeuge (z.B. Abfall-Sammelfahrzeuge, Schwertransporter, Zementmischer) von besonderer Relevanz. Während es im PKw-Bereich eher batteriebetriebene Konzepte sind, kommen diese im Bereich der Nutzfahrzeuge aufgrund des schweren und teils voluminösen Elektrostrangs mit Batterie weniger in Betracht. Stattdessen bieten immer mehr Hersteller von Nutzfahrzeugen Brennstoffzellen an. Maßgeblich angeschoben wird dies durch die EU-Klimaziele, den CO₂-Ausstoß von neuen Pkw bis 2030 um 37,5 Prozent zu senken und dies bereits in fünf Jahren auch auf schwere Nutzfahrzeuge auszudehnen. Um bis zum Jahr 2025 bei schweren Nutzfahrzeugen 15 Prozent CO₂-Emissionen und bis 2030 sogar 30 Prozent einzusparen, erscheint die Brennstoffzellentechnologie daher besonders vielversprechend. Denn einerseits sind konventionelle Lkw-Antriebsstränge mit Dieselaggregaten bereits in hohem Maße optimiert und bieten daher nur noch wenig Einsparpotenzial. Andererseits lassen sich bestehende Lösungen zum batterieelektrischen Antrieb von Pkw nicht direkt von Pkw's auf Lkw's übertragen, da die benötigte Batterie zu schwer und die Ladezeiten zu lang wären.

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sind leiser, wartungsärmer und – bei Herstellung des Wasserstoffs aus regenerativen Quellen – CO₂-neutral. Umweltzonen und emissionsbedingte Durchfahrtsverbote stellen keine Probleme mehr dar. Zwar sind erste Fahrzeuge bereits auf dem Markt verfügbar, jedoch muss die Brennstoffzellenentwicklung bei einer Einführung bis 2025 deutlich beschleunigt werden (KIT 2020).

Gleichwohl ist die Entwicklung von Lkw-Antrieben auf Wasserstoffbasis branchenweit auf einem nie dagewesenen Höchststand. Etablierte Unternehmen, darunter Hersteller wie Hyundai oder Daimler Trucks, aber auch völlig neue Anbieter wie die US-amerikanische Firma Nikola, die in Kooperation mit IVECO und Bosch an der Marktreife von Brennstoffzellen-Lkw feilt, überbieten sich im Rennen um Effizienz, Reichweite und Fortschrittlichkeit. Verwunderlich ist diese Entwicklung angesichts der Vorteile von grünem Wasserstoff nicht: Große Tanks ermöglichen hohe Reichweiten mit einer Tankfüllung. Verschiedene Hersteller arbeiten mit Konzepten, die Reichweiten zwischen 400 und über 1000 Kilometern versprechen. Der Tankprozess ähnelt dabei dem bisherigen Ablauf. Ein Umstellen ganzer Prozesse auf längere Lade- und Standzeiten ist daher nicht nötig. Und Innenstädte, die lärm- und feinstaubbelastet sind, können schon in wenigen Jahren deutlich entlastet werden.

Zwischen Pkw und schweren Nutzfahrzeugen liegen leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t. Genau die nehmen immer mehr Hersteller als Versuchsballon für den Wasserstoffantrieb mit Brennstoffzelle, meist in Verbindung mit einer Plug-in-Ladelösung. So lässt Stellantis, der Mutterkonzern von Opel, Peugeot und Citroën, in den kommenden zwei Jahren in Rüsselsheim eine Kleinflotte von 2000 Fahrzeugen von Elektro auf Wasserstoff umrüsten, jeweils mit einer Reichweite von 400 Kilometern (bfp 2022). Die Brennstoffzellentechnologie wird sich vermutlich nicht im PKW-Segment durchsetzen. Eine Studie des österreichischen Umweltbundesamtes kam schon 2014 mit einer Ökobilanz zum Schluss, dass Elektroantriebe die klimafreundlichsten Antriebe noch vor der Brennstoffzellentechnologie sind (Umweltbundesamt 2014). Neuere Untersuchungen zeigen aber, dass die Brennstoffzellentechnologie mit zunehmender Verbesserung der Herstellung von Wasserstoff sich durchaus im Lastverkehr durchsetzen könnte (Reichweite, Tankzeiten, Temperaturstabilität u.a., vgl. VDI und VDE 2019).

Nutzfahrzeuge: Elektrisch oder mit Brennstoffzellen?

In der gewerblichen Wirtschaft sind die mit fossilen Treibstoffen wie Diesel betriebenen Verbrennungsmotoren ab 3,5 t bis hin zu den üblichen 40 Tonnen und auch die schweren Nutzfahrzeuge (z.B. Abfall-Sammelfahrzeuge, Schwertransporter, Zementmischer) von besonderer Relevanz. Maßgeblich angeschoben wird die Verkehrswende im Schwerlastverkehr durch die EU-Klimaziele, den CO₂-Ausstoß von neuen Pkw's bis 2030 um 37,5 Prozent zu senken und dies bereits in fünf Jahren auch auf schwere Nutzfahrzeuge auszudehnen. Während es im PKW-Bereich fast ausschließlich batteriebetriebene Konzepte sind, kommen im Bereich der Nutzfahrzeuge möglicherweise neben Batterie-angetriebenen Fahrzeugen auch Brennstoffzellen in Betracht. Wie sich dies entwickeln wird, ist noch nicht klar.

Batteriefahrzeuge haben zwei Nachteile. Zum einen den schweren und teils voluminösen Elektrostrang. Zum anderen fehlt bisher gänzlich eine Ladeinfrastruktur für Elektro-LKW's, so dass diese Langstreckenfahrzeuge nur zwischen zwei definierten Stationen pendeln können, um z.B. beim Abladen erneut geladen zu werden. Alternativ sind jedoch die kleineren Modelle ("7,5-Tonner"), die besonders gut für den innerstädtischen Lieferverkehr geeignet sind. Volvo z.B. bietet seit Mitte 2022 Elektro-LKWs unterschiedlicher Größe an (vgl. Volvo o.J.). Die Volvo-Modelle sind alle für den regionalen Verkehr konstruiert. Der FM Electric hat ein Gesamtzuggewicht von 44 t, eine Leistung von 490 kW, eine Batterieleistung von bis zu 540 kWh (zum Vergleich: Der Hyundai Kona / Midi-SUV hat eine Leistung von 64 kWh) und eine Reichweite von bis zu 390 km (im Sommer). Die Zuladung des Volvo-LKWs beträgt 23 t. Die Vorteile sind der niedrige Geräuschpegel (Anlieferung auch in Nachtstunden) und die Emissionsfreiheit (keine Fahreinschränkungen in städtischen Gebieten mit Emissionsbeschränkungen). Bei Gleichstromladung mit 250 kW ist eine Vollladung in 2,5 h möglich.

Alternativ zum E-LKW gibt es viele Hersteller von Nutzfahrzeugen mit Brennstoffzellen. Um bis zum Jahr 2025 bei schweren Nutzfahrzeugen 15 Prozent CO₂-Emissionen und bis 2030 sogar 30 Prozent einzusparen, erscheint die Brennstoffzellentechnologie daher besonders vielversprechend. Denn einerseits sind konventionelle Lkw-Antriebsstränge mit Diesellaggregaten bereits in hohem Maße optimiert und bieten daher nur noch wenig Einsparpotenzial. Andererseits lassen sich bestehende Lösungen zum batterieelektrischen Antrieb von Pkw nicht direkt von Pkw's auf Lkw's übertragen, da die benötigte Batterie zu schwer und die Ladezeiten zu lang wären.

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sind leiser, wartungsärmer und – bei Herstellung des Wasserstoffs aus regenerativen Quellen – CO₂-neutral. Umweltzonen und emissionsbedingte Durchfahrtsverbote stellen keine Probleme mehr dar. Zwar sind erste Fahrzeuge bereits auf dem Markt verfügbar, jedoch muss die Brennstoffzellenentwicklung bei einer Einführung bis 2025 deutlich beschleunigt werden (KIT 2020).

Gleichwohl ist die Entwicklung von Lkw-Antrieben auf Wasserstoffbasis branchenweit auf einem nie dagewesenen Höchststand. Etablierte Unternehmen, darunter Hersteller wie Hyundai oder Daimler Trucks, aber auch völlig neue Anbieter wie die US-amerikanische Firma Nikola, die in Kooperation mit IVECO und Bosch an der Marktreife von Brennstoffzellen-Lkws feilt, überbieten sich im Rennen um Effizienz, Reichweite und Fortschrittlichkeit. Verwunderlich ist diese Entwicklung angesichts der Vorteile von grünem Wasserstoff nicht: Große Tanks ermöglichen hohe Reichweiten mit einer Tankfüllung. Verschiedene Hersteller arbeiten mit Konzepten, die Reichweiten

zwischen 400 und über 1000 Kilometern versprechen. Der Tankprozess ähnelt dabei dem bisherigen Ablauf. Ein Umstellen ganzer Prozesse auf längere Lade- und Standzeiten ist daher nicht nötig. Und Innenstädte, die lärm- und feinstaubbelastet sind, können schon in wenigen Jahren deutlich entlastet werden.

Zwischen Pkw und schweren Nutzfahrzeugen liegen leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t. Genau die nehmen immer mehr Hersteller als Versuchsballon für den Wasserstoffantrieb mit Brennstoffzelle, meist in Verbindung mit einer Plug-in-Ladelösung. So lässt Stellantis, der Mutterkonzern von Opel, Peugeot und Citroën, in den kommenden zwei Jahren in Rüsselsheim eine Kleinflotte von 2000 Fahrzeugen von Elektro auf Wasserstoff, jeweils mit einer Reichweite von 400 Kilometern (bfp 2022) umrüsten. Die Brennstoffzellentechnologie wird sich vermutlich nicht im PKW-Segment durchsetzen. Eine Studie des österreichischen Umweltbundesamtes kam schon 2014 mit einer Ökobilanz zum Schluss, dass Elektroantriebe die klimafreundlichsten Antriebe noch vor der Brennstoffzellentechnologie sind (Umweltbundesamt 2014). Neuere Untersuchungen zeigen aber, dass die Brennstoffzellentechnologie mit zunehmender Verbesserung der Herstellung von Wasserstoff sich durchaus im Lastverkehr durchsetzen könnte (Reichweite, Tankzeiten, Temperaturstabilität u.a., vgl. Unwerth 2020).

Energiespeicherung

Eine zentrale Herausforderung bei der Nutzung erneuerbarer Energie ist ihre Fluktuation, denn Solarstrahlung steht nachts nicht zur Verfügung und auch der Wind weht nicht kontinuierlich. Eine ausgeglichene Balance von Stromerzeugung und Stromnachfrage ist aber unabdingbar für die Versorgungssicherheit sowie die Netzstabilität. Um eine gleichmäßige Frequenz im Stromnetz aufrechtzuerhalten, müssen Erzeugung und Nutzung aufeinander abgestimmt werden. Andernfalls muss die Differenz und mögliche Frequenzschwankungen durch die sogenannte Regelenergie ausgeglichen werden. Möglichkeiten dazu sind:

- Abschaltung von EE-Anlagen (geringere Einspeisung)
- Zuschaltung von Speicherkraftwerken (höhere Einspeisung)
- Abschaltung großer Verbraucher (geringere Entnahme)

Die Abschaltung ist aber meist ohne ökologischen Nutzen und zudem unwirtschaftlich. Ferner muss benötigte Regelenergie kostenintensiv im nationalen oder europäischen Verbundnetz eingekauft werden. Um dies zu vermeiden, bieten sich Energiespeicher an, die bei Bedarf zugeschaltet werden, wenn nicht genug erneuerbarer Strom zur Verfügung steht. Diese sind:

- Pumpspeicherkraftwerke: Kostengünstig, nur für gebirgige dünn besiedelte Regionen (z.B. Norwegen, Öst. Alpen), benötigen einen Netzanschluss z.B. durch sehr lange und teure DC-Leitungen durch die Ost- und Nordsee
- Druckluft: einfache Technologie, gut nutzbar bei Anbindung an WKA, aber nur begrenztes Speicherpotential und bisher eher ein Forschungsgegenstand
- Schwungräder: einfache Technologie, aber hohe Masse des Rades und noch in der Entwicklung
- chemisch als Wasserstoff: Elektrolyse von Wasser zur Stromerzeugung, gut erforscht für Kleinanlagen, derzeit erfolgt ein großtechnischer Aufbau, wichtiger Zielkonflikt: Wasserstoff ist auch relevant für die Stahl-, Zement- und chemische Industrie sowie zum Antrieb von Lkws (evt. Flugzeuge), teure Technologie
- chemisch als Methan: Elektrolyse von Wasser zur Stromerzeugung, dann Reduktion von CO₂ zu Methan (CH₄), relevant für Gebäudeheizungen, teure Technologie

Allen obigen Technologien ist gemeinsam, dass die Umwandlung von Kraft oder innerer Energie immer mit hohen Verlusten verbunden ist, aufgrund der Thermodynamik (Wärmeverluste). Bekannt ist dies auch aus dem geringen Wirkungsgrad von Verbrennungskraftmaschinen (Motoren).

Rohstoffe für Akkus

Für den Umstieg auf erneuerbare Energien werden allgemein Speichermedien benötigt. Im Strombereich sind dies z.B. Akkus für E-Autos. Für ihre Herstellung benötigen Elektrofahrzeuge mehr Technologiemetalle als konventionelle Fahrzeuge. Vor allem Lithium und Kobalt sind wichtige Rohstoffe für die Batterien. Elektromotoren enthalten Magnete, für sie werden meistens Metalle der Seltenen Erden benötigt. Auch bei einem schnellen weltweiten Zuwachs an Elektrofahrzeugen und anderen Elektrogeräten übersteigen die weltweiten Vorkommen an den für die Elektromobilität wichtigen Rohstoffen, also etwa Lithium, Kobalt oder Gallium, den prognostizierten Bedarf deutlich. Kurzfristig können aber durchaus Verknappungen oder Preissteigerungen auftreten – insbesondere bei Lithium und Kobalt (BMUV 2020). Dabei liegen viele derzeit geförderte Rohstoffe geografisch gesehen noch konzentrierter vor als Erdöl: Kobalt stammt derzeit zu rund 70 Prozent aus dem Kongo. Der Großteil des Lithiums kommt aus Australien (52 Prozent), Chile (22 Prozent) und China (13 Prozent). Rund die Hälfte der Nickelproduktion kommt aus Indonesien, Russland und den Philippinen.

Eine noch viel stärkere Konzentration, und zwar auf ein einzelnes Land, gibt es beim Veredeln der Rohstoffe zu gebrauchsfertigen Substanzen: Auf China entfallen demnach bei Nickel 35 Prozent der weltweiten Produktion, bei Lithium 58, bei Kobalt 65 und bei

Seltenen Erden fast 90 Prozent. Letztere sind 17 Metalle, die wichtig zur Produktion technischer Geräte sind. Hinzu kommen mögliche schädliche Auswirkungen auf die Umwelt. Lithium stammt zwar vor allem aus dem Erzbergbau in Australien, aber auch aus Salzwüsten in Südamerika (geo 2022).

Bisher erfolgt der Abbau des hierfür meist genutzten Lithiums häufig weder sozial noch umweltverträglich. Obwohl die Bodenrechte in der argentinischen Region der Großen Seen ungeklärt sind, verschaffte die Regierung internationalen Unternehmen bestmögliche Investitionsbedingungen. So haben sich die Konzerne Förderlizenzen für viele tausend Hektar Hochland gesichert, ohne jegliche Beteiligung der indigenen Menschen, die auf diesem Land seit Generationen leben. Ihr Vorgehen verletzt eindeutig das Recht indigener Gemeinden auf Mitsprache bei der Nutzung ihrer Ländereien (nach dem ILO-Abkommen 169).⁹ Kobalt, das in vielen Akkus, Legierungen und Werkzeugen steckt, kommt vor allem aus dem Kongo, wo laut Bericht der Entwicklungsorganisationen viele Menschen durch den Bergbau verdrängt werden, aber insbesondere die kleinen Minen auch wichtige Arbeitsplätze bieten. Doch gerade in diesen gebe es Kinderarbeit und Menschenrechtsverletzungen. Wenig beachtet wird der Umweltschaden beim Abbau von Nickel, etwa auf den Philippinen. Aufgrund schlecht gebauter Rückhaltebecken gelangt das Schwermetall immer wieder in Flüsse und Meerwasser. Fischer müssen weiter rausfahren, „Aquakulturen werden vernichtet (Geo 2022).

Um Abhängigkeiten zu entgehen, Umweltschäden zu vermeiden und soziale Standards einhalten zu können, muss eine umweltverträgliche Kreislaufwirtschaft geschaffen werden. Dafür muss Einfluss auf alle Schritte der Wertschöpfung genommen werden können. So müssen bereits am Anfang der Kette Arbeits- und Umweltbedingungen bei der Rohstoffgewinnung verbessert werden. Mit der steigenden Nachfrage steigt auch die Verantwortung der Vertragspartner, mit Minenkonzernen ökologische und humane Bedingungen bei der Rohstoffgewinnung sicherzustellen. Auch hier zeigt sich, dass die EU bzw. EU-Unternehmen nur mit starken Materialproduzenten und der Unterstützung starker Erstausrüster besser Einfluss nehmen können. Eine nachhaltige EU-Batteriekreislaufwirtschaft erfordert somit entsprechend sichere, etablierte Marktstrukturen (Frauenhofer 2018). Hilfreich zur Erreichung der geforderten Standards ist das im Juni 2022 in Deutschland beschlossene Lieferkettengesetz oder das deutsche Autounternehmen, die Rohstoffe vermehrt direkt bei den Produzenten kaufen, um die Förderung besser zu kontrollieren (geo 2022).

Doch die nachhaltigste Nutzung von Ressourcen ist das Recycling der Materialien aus Altakkus. Für die EU ist eine umfassende Recyclingstruktur der Rohstoffe von zusätzlicher Bedeutung, um die Rohstoffanbieter zu diversifizieren und die Abhängigkeit

von Primärförderländern zu reduzieren. Ein Recycling führt ebenso zu einer Preisdämpfung, wie man am Rohstoff Platin bei der Verwendung in Katalysatoren bereits sehen kann (Agora Verkehrswende 2017)

Batterien als Energiespeicher

Nach derzeitigem Stand der Technik bieten sich als Stromspeicher nur unterschiedliche Batterietypen an. Im Folgenden werden die verschiedenen Technologien besprochen und auf Probleme der Nachhaltigkeit eingegangen:

- **Lithium-Ionen-Batterien** (GRS o.J.) Dieser Batterietyp ist derzeit der wichtigste, sowohl für die Versorgung von Kleingeräten (Mobiltelefone, Tablet, Notebooks, Werkzeuge) als auch für Fahrzeuge und Fahrräder sowie als Hausspeicher (s.a.u.). Batterien im Kleinstbereich und für die Elektromobilität müssen ein geringes Gewicht beim höchsten Energiegehalt haben. Weitere Faktoren sind die Kosten, die Brandsicherheit, die Ladefähigkeit und die Lebensdauer. Bei dieser Batterie übernehmen Lithium-Ionen den Stromtransport, es erfolgt keine chemische Reaktion sondern nur eine Ionen-Einlagerung). Die Kathode enthält Kobalt-Oxid (CoO), die Anode besteht aus Graphit. Als Elektrolyt dienen Li-organische Verbindungen. Die Vorteile sind die höchste Energiedichte aller im großen Maßstab produzierten Batterien, kein Memory-Effekt und eine gute Zyklenfestigkeit. Die Nachteile sind ein hoher Preis, ein aufwändiges Zell-Management aufgrund der geringen Größe und damit verbunden einer hohen Anzahl von Zellen. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist insbesondere die Gewinnung von Cobalt in Sambia und der Demokratischen Republik Kongo, dem wichtigsten aller Lieferländer, sehr gewichtig, da dies meist illegal (FAZ-net 2022, Safe the Children 2022) und unter Zerstörung der Natur abgebaut wird. Lithium hingegen ist ein Salz, das in verschiedenen Ländern in Salzseen vorkommt. Der größte Produzent ist Australien (51.000 t) vor Chile (13.000 t). Hierbei spielt insbesondere die Bereitstellung von Wasser und die Abwasserbehandlung eine gewichtige Rolle, da die Gewinnung meist in ariden Regionen stattfindet. Die bekannten Reserven übersteigen die Bedarfe um ein Vielfaches, Lithium ist somit kein "knappes" Metall (ebd.)
- **Lithium-Eisenphosphat-Batterien** (Energieexperten 2019; Pylontech o.J.; Chemie-Schule o.J. und RCT Power o.J.): Diese Batterien befinden sich derzeit in einer intensiven Phase der Weiterentwicklung und werden vermutlich ein Ersatz für die Lithium-Ionen-Batterien in vielen Bereichen (Wohnungen, Lkw, gewerbliche Anlagen mit geringeren Stromverbräuchen) sein. Anstelle von Cobalt wird Eisen in der Kathode verwendet, die Anode besteht aus Graphit. Sie benötigen

nur Nur 80 g Li (4,5 Gewichts-%, LiCo-Batterien 160 g Li) für 1.000 Wh und haben ein geringes Brandrisiko aufgrund der geringen Energiedichte (<90 Wh/kg) sowie keinen freien Sauerstoff in der Redoxreaktion. Der Memory-Effekt ist vernachlässigbar, der Wirkungsgrad beträgt 93-98%. Sie haben zudem eine hohe Zyklenfestigkeit (mehr als 6.000) bei geringem Kapazitätsverlust (5%). Zum Vergleich: Ein Bleiakku hält rund 600 Ladezyklen. Lithium-Phosphat-Batterien werden sowohl für mobile als auch stationäre Anwendungen verwendet, sowohl im Eigenheimbereich als Speicher für PV-Strom bis hin zu Großanlagen. Tesla ist hierbei einer der Vorreiter. Das Unternehmen hat 2017 in Australien den (damaligen) größten Energiespeicher mit Lithium-Batterien errichtet: 100 MW Leistung und 125 MWh Speicherkapazität (Erneuerbare Energien 2021). Inzwischen gibt es aber Speichersystem mit einer Kapazität bis zu 300 MWh (Ingenieur.de 2021).

- **Lithium-Mangandioxid** (GRS o.J.): Dieser Batterietyp ist besonders wichtig in der Elektronik, da Lithium die größte Kapazität hat (ca. 4 Ah/g). Lithium ist aber auch sehr wasserempfindlich (auch Feuchte), weshalb die Batterien feuchtedicht verkapselt werden müssen. Die Kathode besteht aus Mangandioxid, die Anode aus Lithium, der Elektrolyt ist organisch. Die Vorteile sind eine hohe Energiedichte, sie sind lagerfähig, es findet nur eine geringe Selbstentladung statt und es sind extrem dünne Batterien möglich (0,4 mm). Die Nutzung erfolgt vor allem für Langzeitanwendungen in der Elektronik, bei IKT, in der Messtechnik und der Fotografie. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist anzumerken, dass es Einweg-Batterien sind. Ein Recycling ist prinzipiell möglich, aber die Rückführung ist schwierig weil z.B. Batterien vor allem über Verkaufsstellen gesammelt werden. Mangan ist ein häufiges Metall ohne besondere gefährliche Eigenschaften, es spielt eine wichtige Rolle in der Photosynthese in Pflanzen (ISE o.J.). Es wird aus Erzen gewonnen. Aus der Nachhaltigkeitsperspektive sind derzeit keine besonderen Bedenken vorhanden.
- **Redox-Flow-Batterien** (RF-Batterie, Batterieforum o.J.; Wikipedia o.J.): Die Basis dieser Batterie ist eine redox-aktive Flüssigkeit in einem Tank, die mit einer zweiten Flüssigkeit in dem anderen Tank (reversibel) reagiert. Ein Beispiel ist eine Vanadium-Salz-Batterie, bei der Vanadium unterschiedliche Oxidationszustände einnimmt. Die Leistung ist unabhängig von der Kapazität von Anolyt und Katolyt, sie ist skalierbar durch das Volumen und den Salzgehalt. Zentral ist eine Ionen-selektive Membran, die den ganzen Prozess erst möglich macht (im Unterschied zu obigen Batterietypen). Der Wirkungsgrad erster Großanlagen soll bei größer 60% liegen, die Zyklenfestigkeit bei größer 10.000. Vorteile sind die Millisekunden-Ansprechbarkeit, keine Selbstentladung, und die geringen Wartungsaufwand. Der Nachteil ist die geringe Energiedichte (10 - 25 Wh/l).

Anwendungsmöglichkeiten sind das Lastmanagement und Möglichkeit für "Back-up-Power", d.h. die Stabilisierung des Stromnetzes. Die bisher größte Batterie dieses Typs wurde 2013 in China errichtet aus zehn Einheiten a 20 MW und einer Speicherkapazität von 800 MWh (Erneuerbare Energien 2021). Zum Vergleich: Das größte Pumpspeicherkraftwerk in Deutschland (Markersbach) hat eine Speicherkapazität von 4.000 MWh und eine Leistung von 1.050 MW (Vattenfall o.J.). Vanadium ist ein häufiges Metall ohne besondere gefährliche Eigenschaften, es spielt eine wichtige Rolle in der Phosphorylierung in allen Lebewesen. Es wird aus Erzen und Erdölrückständen gewonnen. Aus der Nachhaltigkeitsperspektive sind derzeit keine besonderen Bedenken vorhanden.

Rationelle Energienutzung

Neben dem Einsatz erneuerbarer Energien zählt auch die rationelle Energienutzung zu den Maßnahmen, um das Energiesystem in Richtung Nachhaltigkeit zu transformieren. Typische Handlungsfelder der rationellen Energienutzung sind die Energieeffizienz und das Energiesparen, die beide eng miteinander verknüpft sind.

Energieeffizienz

Bei der Energieeffizienz geht es darum, Geräte und Maschinen zu nutzen, die bei gleicher Funktionserfüllung einen geringeren Energiebedarf haben. Effizienz ist dabei eine relationale Größe, die sich auf mindestens zwei vergleichbare Arten bezieht, Energie zu nutzen. Dann kann bestimmt werden, welche Art effizienter ist. Unter Energieeffizienz wird somit also die rationelle Verwendung von Energie verstanden. Durch optimierte Prozesse sollen „die quantitativen und qualitativen Verluste, die im Einzelnen bei der Wandlung, dem Transport und der Speicherung von Energie“ entstehen, minimiert werden, „um einen vorgegebenen (energetischen) Nutzen bei sinkendem Primär- bzw. Endenergieeinsatz zu erreichen. Nützliche Orientierung, um die Energieeffizienz zu überprüfen, können dabei Kennzeichnungen geben. Im Europäischen Wirtschaftsraum gibt die Energieeffizienzkennezeichnung gemäß Verordnung (EU) 2017/1369 Auskunft über die Energieeffizienz von Elektrogeräten und weiteren Energieverbrauchern. Die Kennzeichnung des Energieverbrauchs erfolgt für verschiedene Gerätegruppen in der EU in Form von Etiketten auf den Geräten und in den Werbematerialien für diese. Ab dem Jahr 2021 erfolgt die Kennzeichnung der Energieeffizienz in Form Effizienzklassen. Deren Skala reicht von „A“ bis „G“, wobei Geräte mit der höchsten Effizienz mit der Kennzeichnung „A“ ausgezeichnet werden.

Daneben gibt es zahlreiche weitere Kennzeichen, die auch Auskunft über die Energieeffizienz geben können. Bekannt ist der Energy Star, ein US-amerikanisches

Umweltzeichen für energiesparende Geräte, Baustoffe, öffentliche/gewerbliche Gebäude oder Wohnbauten. Der Energy Star bescheinigt z. B. elektrischen Geräten, dass sie die Stromsparkriterien der US-Umweltschutzbehörde EPA und des US-Energieministeriums erfüllen (www.energystar.gov). Auch nationale Umweltzeichen wie der Blaue Engel können, je nach ausgezeichnetem Produkt, auf Grund vergleichsweise besonders hoher Energieeffizienz vergeben werden (www.blauer-engel.de).

Neben der Kennzeichnung von Geräten gibt es noch weitere Kennzeichnungen, die sich an diese anlehnen, so zum Beispiel die Pkw-Energieverbrauchskennzeichnung welche die Bewertung und Kennzeichnung der Energieeffizienz neuer Personenkraftwagen hinsichtlich Kraftstoff- und Stromverbrauch regelt (Pkw-EnVKV 2020). Bisher werden die möglichen Kundinnen und Kunden mit dem [Pkw-Label](#) über die CO₂-Emissionen des Fahrzeugs und über die absoluten Verbrauchswerte informiert sowie darüber, wie effizient das Fahrzeug verglichen mit anderen Modellen ist. Um wegen der strukturell nicht direkt vergleichbaren Angaben bei batterieelektrischen Fahrzeugen, extern aufladbaren Hybridelektrofahrzeugen und Brennstoffzellenfahrzeugen im Unterschied zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren Missverständnisse zu vermeiden, wird das geplante neue PKW-Label überarbeitet. Kundinnen und Kunden sollen nach der Novellierung über weitaus detailliertere Einzelangaben in verschiedenen antriebsspezifischen Pkw-Label-Formaten transparenter und besser informiert werden. Neben detaillierten Angaben zum Kraftstoffverbrauch, Strom- und Wasserstoffverbrauch sowie zum CO₂-Ausstoß eines Fahrzeugs soll mit der Novellierung gleichzeitig der Umstellung auf den realitätsnahen Prüfzyklus WLTP (World Harmonised Light Vehicles Test Procedure) gemäß der Verordnung (EU) 2017/1151 Rechnung getragen werden (BMW 2022).

Energiesparen

Eine weitere Art Energie rationell zu nutzen ist das Energiesparen. Die Abgrenzung des Energiesparens zur Energieeffizienz ist allerdings nicht immer eindeutig, denn die Nutzung eines energieeffizienten Gerätes stellt immer auch eine Energieeinsparung gegenüber einem weniger effizienten Gerät dar. Eine typische Maßnahme, um Energie zu sparen, ist der Verzicht auf den „Stand-by-Betrieb“ von Elektrogeräten. Damit wird vermieden, dass Geräte durchgängig „unter Strom“ stehen und das spart gleichzeitig jährlich mehrere Kilowattstunden ein. Allein in Deutschland kostet der Stromverbrauch durch Leerlaufverluste mehrere Milliarden Euro pro Jahr. EU-weit werden die Leerlaufverluste auf jährlich 51 Mrd. Kilowattstunden geschätzt. Dies entspricht einer Energiemenge, die etwa 14 Großkraftwerke mit jeweils 800 Megawatt Leistung pro Jahr erzeugen und dabei etwa 20 Mio. t CO₂ in die Atmosphäre emittieren. Insbesondere elektrische Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik, wie sie für die

betriebseigene Verwaltung zum Einsatz kommen, aber auch Elektromotoren, Transformatoren, Netzteile und Steckerleisten haben im "Stand-By-Betrieb" erhebliche Leerlaufverluste die zwischen 8 und bis zu 20% der elektrischen Nennleistung ausmachen können (UBA o.J.).

Folgen für Ökologie und Gesundheit der Energienutzung

Ohne Frage führt die Nutzung fossiler Energieträger aufgrund des verursachten Klimawandels aber auch der Atomkraft aufgrund der ungelösten Endlagerfrage zu wesentlich größeren Problemen als die Nutzung erneuerbarer Energieträger. Die Energienutzung hat jedoch viele Probleme erzeugt. Bis Ende des letzten Jahrhunderts waren Smog und Saurer Regen mit ihren gesundheitlichen (Atemwegserkrankungen) bzw. Umweltfolgen (Baumsterben und Versauerung von Gewässern) die offensichtlichen Folgen der Nutzung fossiler Brennstoffe. Durch neue Technologien und europaweit geltende Verordnungen mit fest definierten Grenzwerten, die im Betrieb regelmäßig überprüft werden, ist eine Verbesserung eingetreten. Auch der Umstieg auf E-Mobilität trägt zur Reduktion dieser Schadstoffe bei, da diese in Elektromotoren nicht entstehen. Dennoch verursacht die Nutzung von Energie zum Ermöglichen von Mobilität diverse Folgen für die Ökologie und / oder Gesundheit auf, die im Folgenden dargestellt werden.

Energiespeicherung

Eine zentrale Herausforderung bei der Nutzung erneuerbarer Energie ist ihre Fluktuation, denn Solarstrahlung steht nachts nicht zur Verfügung und auch der Wind weht nicht kontinuierlich. Eine ausgeglichene Balance von Stromerzeugung und Stromnachfrage ist aber unabdingbar für die Versorgungssicherheit sowie die Netzstabilität. Um eine gleichmäßige Frequenz im Stromnetz aufrechtzuerhalten, müssen Erzeugung und Nutzung aufeinander abgestimmt werden. Andernfalls muss die Differenz und mögliche Frequenzschwankungen durch die sogenannte Regelenergie ausgeglichen werden. Möglichkeiten dazu sind:

- Abschaltung von EE-Anlagen (geringere Einspeisung)
- Zuschaltung von Speicherkraftwerken (höhere Einspeisung)
- Abschaltung großer Verbraucher (geringere Entnahme)

Die Abschaltung ist aber meist ohne ökologischen Nutzen und zudem unwirtschaftlich. Ferner muss benötigte Regelenergie kostenintensiv im nationalen oder europäischen Verbundnetz eingekauft werden. Um dies zu vermeiden, bieten sich Energiespeicher an,

die bei Bedarf zugeschaltet werden, wenn nicht genug erneuerbarer Strom zur Verfügung steht. Diese sind:

- Pumpspeicherkraftwerke: Kostengünstig, nur für gebirgige dünn besiedelte Regionen (z.B. Norwegen, Öst. Alpen), benötigen einen Netzanschluss z.B. durch sehr lange und teure DC-Leitungen durch die Ost- und Nordsee
- Druckluft: einfache Technologie, gut nutzbar bei Anbindung an WKA, aber nur begrenztes Speicherpotential und bisher eher ein Forschungsgegenstand
- Schwungräder: einfache Technologie, aber hohe Masse des Rades und noch in der Entwicklung
- chemisch als Wasserstoff: Elektrolyse von Wasser zur Stromerzeugung, gut erforscht für Kleinanlagen, derzeit erfolgt ein großtechnischer Aufbau, wichtiger Zielkonflikt: Wasserstoff ist auch relevant für die Stahl-, Zement- und chemische Industrie sowie zum Antrieb von Lkws (evt. Flugzeuge), teure Technologie
- chemisch als Methan: Elektrolyse von Wasser zur Stromerzeugung, dann Reduktion von CO_2 zu Methan (CH_4), relevant für Gebäudeheizungen, teure Technologie

Allen obigen Technologien ist gemeinsam, dass die Umwandlung von Kraft oder innerer Energie immer mit hohen Verlusten verbunden ist, aufgrund der Thermodynamik (Wärmeverluste). Bekannt ist dies auch aus dem geringen Wirkungsgrad von Verbrennungskraftmaschinen (Motoren).

Fracking

Von 2008 an stieg der Absatz von Erdgas-Fahrzeugen von ca. 30.000 auf ca. 85.000 (statista 2022). Der Anteil an den gesamten PKW ist somit verschwindend gering mit 0,17% (eigene Berechnung mit UBA 2022). Fracking wird bei der Erdgas- und Erdölgewinnung und zur Erschließung von Tiefengeothermie eingesetzt. Unter hohem Druck wird Wasser mit Zusatzstoffen in das Speichergestein gepumpt, da es von sich aus nicht durchlässig genug ist. Es können Verunreinigungen von Grund- und Trinkwasser sowie Luftemissionen auftreten und es besteht ein hoher Flächen- und Wasserverbrauch. Kritisch sind besonders die eingesetzten Chemikalien, die deshalb in Deutschland stark reglementiert sind. Besonders kritisch ist der Prozess bei der Erdgasförderung, weshalb "die Erdgasgewinnung in Schiefer-, Ton-, Mergel- und Kohleflöz-Gestein (sogenannte unkonventionelle Fracking-Vorhaben) aufgrund der fehlenden Erfahrungen und Kenntnisse in Deutschland grundsätzlich verboten ist." (UBA 2017).

Feinstaub

Bis Ende des letzten Jahrhunderts waren Smog und saurer Regen mit ihren gesundheitlichen Folgen (Atemwegserkrankungen) bzw. Umweltfolgen (Baumsterben und Versauerung von Gewässern) eine offensichtliche Wirkung der Nutzung fossiler Brennstoffe. Durch Rußfilter, Verwendung schwefelarmer Brennstoffe und der Entschwefelung von Rauchgasen wurden diese Probleme in der EU weitgehend gelöst. Geblieben sind Gesundheitsfolgen durch Feinstaub und Stickoxiden, denen mit neuen Filteranlagen, Katalysatoren, AdBlue und strengen Abgasnormen begegnet wird. In diesem Zusammenhang zeigen die Maßnahmen auch Zielkonflikte auf. Um den Kraftstoffverbrauch zu senken, wurde der Einspritzdruck des Kraftstoffes von Dieselmotoren kontinuierlich erhöht, was zur Verkleinerung der eingespritzten Tröpfchen führte, die durch hohen Verdichtungsdruck zur Selbstentzündung gebracht wurden. Zwar wurde eine effizientere Verbrennung des Kraftstoffs erreicht, aber die Reduzierung des Verbrauchs geht einher mit der Verkleinerung der Rußpartikel. Die mikroskopisch kleinen Rußteilchen können über die Atemwege in die Lunge gelangen. Von den Dieselrußpartikeln, die kleiner als 0,0025 mm sind, kann eine Gesundheitsgefährdung, besonders für ältere und angeschlagene Menschen, ausgehen. Wo hingegen die größeren Partikel sowie Staub, Pollen und Bakterien durch die Schleimhäute in der Nase und den Flimmerhärchen in den Bronchien gefiltert und nach draußen befördert werden. (KFZ-tech.de 2022). Deshalb ist ein Partikelfilter zur Reinigung der Abgase notwendig, um zu verhindern, dass Rußpartikel einen gesundheitlichen Schaden anrichten. In Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des Filters wird durch Einspritzung von Kraftstoff in den Abgasstrang eine Verbrennung der Rußpartikel im Partikelfilter eingeleitet. Tests an zwei der beliebtesten Mittelklassefahrzeuge haben gezeigt, dass die Feinstaubemissionen der neuesten Diesel-PKW auf mehr als das Tausendfache des Normalbetriebs hochschnellen können. Diese gefährlichen Emissionsspitzen entstehen durch die Reinigung der Dieselpartikelfilter im Fahrbetrieb. Die Filterreinigung kann auch im Stadtverkehr auftreten und für eine Fahrtstrecke von bis zu 15 km andauern, wird jedoch von offiziellen Emissionstests effektiv ausgeklammert. In Europa sind mehr als 45 Millionen Fahrzeuge mit Dieselpartikelfiltern ausgerüstet. Dementsprechend kommt es in der EU zu ca. 1,3 Milliarden Reinigungsvorgängen pro Jahr. (Transport & Environment 2020). Trotz solcher Negativbeispiele haben sich seit 1995 die als besonders gefährlich geltenden Feinstaubemissionen fast halbiert von ca. 345.000 t auf 180.000 t (Statista 2022). Eine wirksame Alternative gegen Feinstaub ist vor allem der Umstieg auf E-Mobilität, da diese in Elektromotoren nicht entstehen. Allerdings gibt es eine neue konterkarierende Entwicklung: Es werden immer mehr Kaminöfen in Betrieb genommen: Mehr als 11 Millionen (tagesschau 2022). Das Umweltbundesamt sieht

diesen Trend sehr kritisch (ebd.): “Die Kaminöfen, die sich immer stärkerer Beliebtheit erfreuen, belasten die Luftqualität beachtlich ...Die Feinstaubemissionen aus der Holzverbrennung übersteigen in Deutschland die Auspuffemissionen von Lkw und Pkw bei weitem”.

Flächenkonkurrenz

Flächenkonkurrenz gibt es grundsätzlich für alle Einrichtungen und Aktivitäten. Wo ein Auto parkt, kann kein Fahrrad stehen, wo eine Schule gebaut wird, finden keine Wohngebäude mehr Platz. Bei fossilen Energien ist die im Tagebau gewonnene Braunkohle das offensichtliche Beispiel für Flächenverbrauch und damit Konkurrenz für andere Nutzungen über Jahrzehnte hinweg. Erneuerbare Energien haben eine geringere Energiedichte als (abgebaute) fossile Brennstoffe. Es wird mehr Fläche benötigt, um (pro Jahr) eine bestimmte Menge an Energie zu gewinnen. Deshalb muss beim Umstieg auf die Erneuerbaren besonders auf eine Minimierung des Flächenverbrauchs geachtet werden. Dies geschieht insbesondere durch Doppelnutzung von Flächen, wo immer dies möglich ist (z.B. Solaranlagen auf Hausdächern) und durch die Nutzung biogener Abfallstoffe (Gülle, Mist, Pflanzenreste) zur Biogasgewinnung, die nicht extra angebaut werden müssen. Innerhalb der erneuerbaren Energien ist Bioenergie besonders flächenintensiv. Ihr Energieertrag liegt zwischen 1,5 und 7 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr [$\text{kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2/\text{a}$]. Für andere Erneuerbare liegen die Werte z.B. für die bodennahe Geothermie bei 30 - 40 und für Solarwärme bei 100 bis 230 $\text{kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2/\text{a}$ (Dumke, 2017). Photovoltaik liegt mit der Energiedichte in der Nähe von Solarwärme, für Wind ist der Wert noch höher. Hier hängt die Angabe aber davon ab, wie der “Flächenverbrauch” definiert wird. Die Fläche wird zwar bis auf wenige Meter um die Anlage nicht verbraucht, kommt aber bspw. für Wohnnutzung in einem wesentlich größeren Bereich nicht mehr infrage.

Quellen

- ADAC (2022): Online: E10: Das beste Mittel gegen die hohen Spritpreise. Online: www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/benzin-und-diesel/e10-tanken/
- ADAC (2023): Synthetische Kraftstoffe: Sind E-Fuels die Zukunft der Mobilität? Online: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/>
- Agora Verkehrswende (2017): Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität. Online: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Nachhaltige_Rohstoffversorgung_Elektromobilitaet/Agora_Verkehrswende_Synthesepapier_WEB.pdf
- atmosfair gGmbH (o.J.): Flüge kompensieren. Online: <https://www.atmosfair.de/de/kompensieren/flug/>

- Auto Motor Sport (2023): VW ab 2024 in Norwegen nur noch vollelektrisch. Online: <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/verbrenner-ausstieg-automobil-hersteller-elektro-zukunft/>
- bfp (2022): Online: Der Nutzfahrzeugbereich wird hydrogen. www.fuhrpark.de/der-nutzfahrzeugbereich-wird-hydrogen
- BMUV (2020): Energiespeicher-Monitoring 2018 Leitmarkt- und Leitanbieterstudie: Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität. Online: <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/ressourcenbilanz>
- BUND (o.J.): Mais & Umwelt. Online: <http://www.bund-rvso.de/mais-umwelt.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022) :Energieverbrauchskennzeichnung von neuen Pkw. Online: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energieverbrauchskennzeichnung-von-pkw.html>
- Carboncare-Rechner (o.J.): CO₂-Äq/a für internationale Transporte: Online: <https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner>
- CO2Online (o.J.): Strom sparen im Haushalt: 25 einfache Tipps. Online: <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartipps/strom-sparen-tipps-und-tricks/>
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele 2022. Online unter: <http://sdg-indikatoren.de/>
- Deutsche Bahn (o.J.): Der Mobilitätscheck der Deutschen Bundesbahn. Online: <https://www.umweltemobilcheck.de>
- Deutsche Umwelthilfe (2021): Mythenpapier: E-Fuels für Pkw. Online: https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Energie/Wasserstoff/210622_Mythenpapier_E-Fuel.pdf
- Dumke (2017): Erneuerbare Energien für Regionen – Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen. Online: repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/8290
- DW (2021): Batterien oder E-Fuels: Was ist besser? Online: <https://www.dw.com/de/batterien-oder-e-fuels-was-ist-besser-synthetische-kraftstoffe-e-mobilitaet/a-61283790>
- EcoTransIT (o.J.): Emissionsrechner für Treibhausgase und Luftschadstoffe. Online: <https://www.ecotransit.org/de/emissionsrechner/>
- e-fuels (o.J.): Einfach genial CO₂-neutral. Online: <https://www.e-fuels.de/>
- Eigensonne (o.J.): Der Wirkungsgrad moderner Solarzellen – einfach und verständlich erklärt. Online: <https://www.eigensonne.de/wirkungsgrad-solarzelle/>
- energieexperten (o.J.): Ratgeber: Kennwerte für den Stromverbrauch von Beleuchtungen. Online: <https://www.energie-experten.org/energie-sparen/energieverbrauch/stromverbrauch-berechnen/stromverbrauch-beleuchtung>
- entega (o.J.): STROMVERBRAUCH VON LICHT: LEUCHTEN IM VERGLEICH. Online: <https://www.entega.de/blog/stromverbrauch-licht/>
- EU 2017/1369 zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung und zur Aufhebung der Richtlinie 2010/30/EU. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF>
- FAZ-Net Frankfurter Allgemeine Zeitung (2022 online): Die dunkle Seite der Verkehrswende. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/schneller-schlau/kobalt-aus-kongo-der-dunkle-preis-der-verkehrswende-17731386.html>
- FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2023): Kraftstoffverbrauch in Deutschland 2022. Online: <https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/aktuelle-marktsituation>

- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (2018). Online: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energiespeicher-Monitoring_2018.pdf
- Greenpeace (2023): Synthetische Kraftstoffe für Pkw zu teuer und ineffizient. Online: www.greenpeace.de/klimaschutz/mobilitaet/synthetische-kraftstoffe-pkw-teuer-ineffizient
- GRS Batterieforum (o.J.): Lexikon. Online <https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/lexikon/redox-flow-batterien/>
- 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
- Kfz-tech (2022): Rußpartikel im Abgas des Dieselmotors. online: <https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/abgas/partikel.htm>
- KIT – Karlsruher Institut für Technologie (2020): Neue Produktionstechnologie für schwere Nutzfahrzeuge. Online: https://www.kit.edu/kit/pi_2020_108_neue-produktionstechnologie-fur-schwere-nutzfahrzeuge.php-9b537c7dd20b?t=1583241728000
- LEDONLINE (o.J.): Was sind die Vor- und Nachteile einer LED-Beleuchtung?. Online: <https://ledonline.de/blog/alle-vor-und-nachteile-einer-led-beleuchtung/>
- Mein Klimaschutz (o.J.) CO2 durch Verkehrsmittel im Vergleich <https://www.mein-klimaschutz.de/unterwegs/a/einkauf/welches-verkehrsmittel-verursacht-im-vergleich-mehr-co2/>
- myclimate (o.J.): CO2-Rechner. Online: https://co2.myclimate.org/de/portfolios?calculation_id=5596842
- Ökostromanbieter (o.J.): Ökostrom Zertifizierung. Online: <https://www.oekostrom-anbieter.info/oekostrom-zertifizierung.html>
- 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#>
- Pkw-EnVKV (2004): Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung vom 28. Mai 2004 (BGBl. I S. 1037), Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/pkw-envkv/BINR103700004.html> Zuletzt geändert am 14. Juni 2022. Online: <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/suchergebnis?12>
- Regenwald (2011): E10 und Biodiesel sofort stoppen!. Online: <https://www.regenwald.org/regenwaldreport/2011/320/e10-und-biodiesel-sofort-stoppen>
- Save the Children e.V. (2021): Kinderrechte in der Kobaltlieferkette. Online: https://www.savethechildren.de/fileadmin/user_upload/Downloads_Dokumente/Berichte_Studien/2022/kinderrechte-in-der-kobaltlieferkette-drc-save-the-children.pdf
- Siemens AG (2011): LED-Licht im Gewächshaus spart Strom und Dünger. Online: https://www.k-online.de/de/News/Archiv_Science/LED-Licht_im_Gew%C3%A4chshaus_spart_Strom_und_D%C3%BCnger
- statista (2022): Anzahl der Erdgas-PKW in Deutschland bis 2021. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150913/umfrage/erdgas-pkw-in-deutschland/>
- Stiftung GRS Batterien (o.J.): Die Welt der Batterien – Funktion, Systeme, Entsorgung. Online: <https://www.grs-batterien.de/newsroom/bibliothek/>
- stromrechner (o.J.): Wie viel Strom produziert ein Atomkraftwerk? Online: <https://stromrechner.com/wie-viel-strom-produziert-ein-atomkraftwerk/>

- Stromreport (2022) Deutscher Strommix - Stromerzeugung Deutschland bis 2022. Online: <https://strom-report.de/strom/#>
- Tagesschau (2022): Gehört Wärmepumpen die Zukunft? Online: www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/waermepumpe-klimaschutz-ukraine-energiepreise-viessmann-heizung-101.html
- Transport & Environment (2020): Feinstaub-Ausstoß neuer Diesel-PKW. online: <https://www.transportenvironment.org/discover/feinstaub-aussto%C3%9F-neuer-diesel-pkw-e-missionsspitzen-tests-1000-mal-%C3%BCber-normalbetrieb/>
- Transport & Environment (2022): Neue Analyse bestätigt: Autos mit E-Fuels sind weit weniger umweltfreundlich als Elektroautos. Online: <https://www.transportenvironment.org/discover/neue-analyse-bestaetigt-autos-mit-e-fuels-sind-weit-weniger-umweltfreundlich-als-elektroautos/>
- UBA (2015): EU sagt Leerlaufverlusten den Kampf an. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/leerlaufverluste>
- UBA (2022): Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand>
- UBA Umweltbundesamt (2009): Beleuchtungstechnik mit geringerer Umweltbelastung Online: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/UBA_Licht_Ausgabe_03.pdf
- 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 (2021a): Bioenergie. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld->
- UBA Umweltbundesamt (2021b): Naturschutz und Bioenergie. Online: www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/naturschutz-und-energie/naturschutz-und-bioenergie
- UBA Umweltbundesamt (2022): CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an. Online: www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen
- UBA Umweltbundesamt (2022): Erneuerbare Energien in Zahlen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>
- UBA Umweltbundesamt (2022): Was ist der Wasserfußabdruck? Online: www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserfussabdruck
- UBA Umweltbundesamt (2022b): Tempolimit. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/tempolimit#t>
- UBA Umweltbundesamt (o. J.): Leerlaufverluste. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/leerlaufverluste>
- UBA Umweltbundesamt 2023: Kraftstoffe und Antriebe. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/kraftstoffe-antriebe##konventionelle-kraftstoffe>
- Umweltbundesamt (2014): ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE – ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH. Online: www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0440.pdf
- Unwerth, Thomas (2020): Wasserstoff und Brennstoffzellen als Fahrzeugantrieb. Online: www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb
- VDI und VDE (2019): Brennstoffzellen und Batteriefahrzeuge. Online: www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/brennstoffzellen-und-batteriefahrzeuge

- Viessmann (o.J.): Der Kältekreisprozess als Teil der Funktionsweise. Online: <https://www.viessmann.at/de/wissen/technologie-und-systeme/luft-wasser-waermepumpe/funktionsweise.html>
- Volvo (o.J.): Elektro-Lkw von Volvo Trucks. <https://www.volvotrucks.de/de-de/trucks/alternative-antriebe/elektro-lkw.html>
- VW o.J.: Glossar Batterie. Online: <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2019/09/battery-glossary--assembly--research-and-strategy.html>
- Weinhold, Nicole (2021): Redox-Flow-Batterie Größte Batterie ohne Lithium. In: Erneuerbare Energie. TFV Technischer Fachverlag GmbH Stuttgart 07.10.2021. Online: <https://www.erneuerbareenergien.de/transformation/speicher/redox-flow-batterie-groesste-batterie-ohne-lithium>
- Wikimedia (2020): Installierte PV-Leistung in Deutschland. online: www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90477752

SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum”

“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 (Bundesregierung 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.; Statistisches Bundesamt - 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 „mensenunwürdige 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“.

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“ erheblich 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 Metallherstellung 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 (vertiefende Ausführungen, s.a. SDG 3).

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 (Mini-Jobs), 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)

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 (Statistisches Bundesamt – Destatis 2022) 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 (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.

Europäisches Lieferkettengesetz

Am 23. Februar 2022 hat die EU-Kommission ihren Vorschlag für ein Gesetz über Nachhaltigkeitspflichten von Unternehmen, die Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), vorgelegt. Das Gesetz soll Firmen zum sorgfältigen Umgang mit den sozialen und ökologischen Wirkungen in der gesamten Lieferkette, inklusive des eigenen Geschäftsbereichs, verpflichten. Das EU-Lieferkettengesetz geht deutlich über das ab Januar 2023 geltende deutsche Lieferkettengesetz (LkSG) hinaus. Der Entwurf für das europäische Lieferkettengesetz verpflichtet EU-Firmen zum sorgfältigen Umgang mit den sozialen und ökologischen Auswirkungen entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette, inklusive direkten und indirekten Lieferanten, eigenen Geschäftstätigkeiten, sowie Produkten und Dienstleistungen. Das Ziel ist die weltweite Einhaltung von geltenden Menschenrechtsstandards und des Umweltschutzes, um eine fairere und nachhaltigere globale Wirtschaft sowie eine verantwortungsvolle Unternehmensführung zu fördern (Europäische Kommission: EU-Lieferkettengesetz-Entwurf 2022).

Für Lieferverträge und Kooperationen könnten bereits in Eigeninitiative Kriterien zur nachhaltigen Gestaltung der Rohstoffe, Zwischenprodukte und Transportwege vereinbart werden und die Arbeitsbedingungen entlang der Wertschöpfungskette nach den o.g. Standards festgeschrieben werden. Anhaltspunkte sind zu finden in Zertifizierungen als "Fair gehandelte Produkte". Eine Orientierung bei der Auswahl von Lieferanten können derweil unabhängige privatwirtschaftliche Plattformen bieten. Z.B. die Onlineplattform Ecovadis, die in der Studie des Handelsblatt-Research-Instituts erwähnt wird. Die Organisation arbeitet international mit Fachexperten und Nichtregierungsorganisationen zusammen und hat bislang ca. 90.000 Unternehmen bewertet. Sie bewertet Unternehmen nach 21 Nachhaltigkeitskriterien aus den Bereichen: Umwelt, Arbeits- und Menschenrechte, Ethik und Nachhaltige Beschaffung. Für die Transparenz derartiger Zertifikate spielen digitale Technologien eine zentrale Rolle. Auch über die Verfügbarkeit von Beurteilungen derartiger Organisationen hinaus können heutzutage digitale Medien eine reichhaltige Informationsressource sein, die Informationen über politische, wirtschaftliche und soziale Lagen in fernen Ländern zugänglich machen. Die Methodik basiert auf internationalen Standards für Nachhaltigkeit, z.B. der Global Reporting Initiative, dem United Nations Global Compact und der ISO 2600. Im EcoVadis - Bericht vom Oktober 2022 wird festgestellt, dass Unternehmen aller Größenordnungen weltweit ihre Nachhaltigkeitsleistungen in den letzten 5 Jahren verbessert hätten. Interessant ist die Feststellung, dass „nur 11 % der Unternehmen in 2021 eine Lieferantenbewertung und 5 % eine interne Risikobewertung für Kinder- und Zwangsarbeit durchgeführt haben. Dies ist besonders besorgniserregend, da die Gesetze zur Sorgfaltspflicht im Bereich der Menschenrechte

zunehmen, während die Internationale Arbeitsorganisation schätzt, dass die Zahl der Menschen, die Opfer von moderner Sklaverei sind, in den letzten fünf Jahren um 10 Millionen gestiegen ist.” (Pinkawa 2022)

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>
- 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>
- 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>
- 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-b251-001a7a160123>
- 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
- Europäische Kommission (2022): RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit und zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937. Online: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:bc4dcea4-9584-11ec-b4e4-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=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
- statista (2021): Arbeitsunfälle in Deutschland. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6051/umfrage/gemeldete-arbeitsunfaelle-in-deutschland-seit-1986/>
- Statistisches Bundesamt - destatis (o.J.): Internationale Arbeitsorganisation (ILO)-Arbeitsmarktstatistik. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Methoden/Erlaeuterungen/erlaeuterungen-arbeitsmarktstatistik-ilo.html>
- Statistisches Bundesamt - destatis (2022): Gender Pay Gap. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-1/gender-pay-gap.html>
- Statistisches Bundesamt - destatis (2023): Bedeutung der energieintensiven Industriezweige in Deutschland. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/produktionsindex-energieintensive-branchen.html>
- 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>
- Zeit Online (2023): Lohnunterschiede bei gleicher Arbeit rechtswidrig. Online: https://www.zeit.de/arbeit/2023-02/lohngleichheit-bundesarbeitsgericht-frauen-urteil-diskriminierung?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.ecosia.org%2F

SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”

“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. ProgRess 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 das Kraftfahrzeugmechanikerhandwerk sind aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Ressourcennutzung folgende Unterziele relevant:

- 12.4einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken
- 12.5das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern.

Die Schnittmenge für das SDG 2 ergibt sich aus der Position a und b der Standardberufsbildposition (BIBB 2020):

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

Individuelle Mobilität

Die individuelle Mobilität ist ein wesentlicher Teil unseres Lebens. Die Herstellung von Kraftfahrzeugen ist eine wesentliche Ursache unseres Wohlstandes. Aber die Mobilität ist auch eine der größten Ursachen für den Ressourcenkonsum mit all ihren Umweltfolgen und vor allem eine der größten Ursachen für den Klimawandel. Das Betreiben eines Fahrzeugs von der Herstellung, dem Gebrauch bis hin zur Entsorgung verbraucht Energie, verursacht umweltschädliche Abfälle und emittiert Schadstoffe. Doch inzwischen versteht sich die Automobilindustrie als Vorreiter für die Implementierung von Nachhaltigkeit in der Fertigung. So wird das Interieur aus nachwachsenden Rohstoffen wie Flachs, Hanf, Kenaf, Papier, Zellulose, Baumwolle und Holz gefertigt. (Merkur 2017). Beim Elektrofahrzeug BMW i3 kommen rund 20 Prozent Recyclingmaterial zum Einsatz, bei herkömmlichen BMW 15 Prozent. Je nach Ausstattung sind bis zu 80 Prozent aller Flächen im Sichtfeld des Fahrers aus nachwachsenden oder nachhaltig verarbeiteten Rohstoffen. Dass die Hersteller auf nachwachsende Rohstoffe setzen, hat nicht nur mit Umweltbewusstsein zu tun. Die europäische Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG gibt Verwertungsquoten für Pkw vor - 85

Prozent der Autos müssen stofflich recyclingfähig und zu 95 Prozent verwertbar sein. Damit sind Maßnahmen zur Gewährleistung einer Kreislaufwirtschaft geschaffen, die vermeiden sollen, dass umweltschädigende Stoffe freigesetzt und das Grundwasser verschmutzt wird (Alt-Auto-Verordnung, vgl. BGBl 1997). Darüber hinaus wurden Maßnahmen ergriffen, um die CO₂-Emissionen bei der Produktion und während des Betriebes zu senken. In diesem Zusammenhang ist bei Neuzulassungen ab 2030 in der EU das Verbot des Verbrennungsmotors zu sehen. Zwar verringert sich der Ausstoß von Kohlendioxid entlang der gesamten Kette bei der Umstellung von Verbrennern auf E-Fahrzeuge auf ein Drittel, aber noch ist nicht abschließend geklärt, wie umweltfreundlich ein Elektroauto im Vergleich zum Verbrenner ist (Transport & Environment 2022). Alles in allem ist die Mobilität mit Kraftfahrzeugen eine der größten Herausforderungen der Nachhaltigkeit. Im Folgenden sollen deshalb die folgenden Themen vorgestellt werden:

Alternative zum Individualverkehr

Der Individualverkehr führt zu erheblichen Beeinträchtigungen in Lebensqualität, Gesundheit und erzeugt Umweltbelastungen. Deshalb werden in Metropolregionen verstärkt Anstrengungen unternommen, um den Individualverkehr so gering wie möglich zu halten. Hierfür entwickelten sie Konzepte, die dazu dienen, die Anzahl der Fahrten zu unterschiedlichen Anlässen zu minimieren.

Mit dem Leitprojekt „Mobilitätsmanagement“ will die Metropolregion Hamburg die Nutzung nachhaltiger Verkehrsmittel fördern und die Pkw-Nutzung verringern. Auf dem Arbeitsweg herrscht der motorisierte Individualverkehr vor. Deshalb sind Lösungen für umweltfreundliche Mobilität in Unternehmen und für deren Beschäftigte zu entwickeln. Es geht um die Frage, was einzelne Betriebe oder Organisationen tun können, um Autofahrten zu verringern. Arbeitgeber könnten beispielsweise die Kosten der ÖPNV-Nutzung bezuschussen, um zum Autoverzicht auf dem Arbeitsweg zu motivieren. Es wird das Ziel verfolgt, ein betriebliches Mobilitätsmanagement aufzubauen und Unternehmen dafür begeistern zu können. Konkret könnte beispielsweise eine App für Mitfahrgelegenheiten entwickelt werden. Weitere Stichpunkte sind Car Sharing und On-Demand-Shuttle. (Business & People 2022) Ähnlich verfährt der Landkreis Ortenau. Steigende Pendlerzahlen in der Ortenau, Staus, Lärm-, Feinstaub- und Emissionsbelastungen sowie die öffentliche Diskussion über die Verkehrswende macht es für die Kommunen immer wichtiger, sich mit Mobilitätsfragen zu befassen. Geplant ist unter anderem die Einführung einer Smartphone-App. Die zehn Kommunen teilen zahlreiche Visionen für eine Mobilität der Zukunft. Dazu gehört zum Beispiel, dass zukünftig ein Carsharing-Auto in Kommune A ausgeliehen und in Kommune B

zurückgegeben werden kann. Der nahtlose Wechsel zwischen ÖPNV und Leihrad, Lastenpedelec und Carsharing-Autos soll durch gemeinsame Buchungs- und Ausleihsysteme über Anbietergrenzen hinweg möglich werden. App-basierte Mobilitätsassistenten liefern dafür die entsprechenden Routenempfehlungen, die alle Verkehrsträger verbinden. Teil der Vision ist auch, dass Pendler perspektivisch für ihren täglichen Arbeitsweg vom Auto auf das Fahrrad wechseln, weil die nötige Infrastruktur, wie gut ausgebaute Radwege und Ladesäulen für Pedelecs, vorhanden ist (Sonnenseite 2019).

Carsharing

Bislang bleibt dem Konzept des Carsharing der Erfolg versagt. Die Zahl der Pkw in Deutschland ist seit 2009 um 5,8 Millionen auf 47,1 Millionen Fahrzeuge gestiegen. Das entspricht einem Wachstum von 10,4 Prozent. Damit hat auch die Pkw-Dichte von 504 auf 567 Fahrzeuge pro 1000 Einwohner zugenommen. Das Flottenwachstum ist nicht nur im gesamten Land, sondern auch in den Großstädten zu beobachten. In Berlin beispielsweise hat die Zahl der Pkw in den vergangenen zehn Jahren um 11,3 Prozent zugelegt, in München um 18,5 Prozent und in Leipzig um 21,2 Prozent. Kritiker erhalten in Ihrer Einstellung Recht, wenn nach zehn Jahren die Bestandszahlen noch sehr niedrig sind. Der Anteil der Sharing-Autos an der deutschen Pkw-Flotte liegt bei 0,04 Prozent. Befürworter des Carsharing-Konzepts hingegen betonen, die Politik habe Privatautos und persönliche Dienstwagen jahrzehntelang gefördert und die Industrie "mit ungeheuren Marketing-Budgets" dafür geworben. Pkw-Besitz ist für viele Deutsche zum Mobilitäts-Paradigma schlechthin geworden. Deshalb wird gefordert, dass Bund, Länder und Kommunen auch die flächendeckende Bereitstellung von Carsharing-Angeboten endlich systematisch fördern" (ntv 2019)

Was letztendlich die Gründe sind, dass dem Carsharing der Erfolg versagt bleibt, darüber lässt sich nur spekulieren. Sei es die Höhe der Nutzungsgebühren oder die Ungewissheit, nicht spontan mobil zu sein. Erkennen lässt sich aber, dass der Trend eher zur Nutzung des Fahrzeugs zur Mobilität besteht, als der Notwendigkeit, ein Fahrzeug zu besitzen. Der Kunde will schnell entscheiden und flexibel bleiben, daher bekommen Konzepte wie das Auto Abo immer mehr Bedeutung.

On-Demand-Shuttle

Gerade im ländlichen Bereich wird das Konzept des On-Demand-Shuttle propagiert. Hier ist das Nachfragepotenzial oft zu gering, um ein adäquates ÖPNV-Angebot und alternative Mobilitätsangebote finanzieren zu können. Der Landkreis Cuxhaven stellt sich dieser Herausforderung und sucht nach Lösungen, um ein verändertes

Mobilitätsverhalten zu fördern. Im Fokus steht hier das Thema Anruf-Sammeltaxi (AST) als Alternative zum Linienbus (Business & People 2022). Es fährt nur, wenn ein Fahrgast vorab mitteilt, dass er befördert werden möchte. Der Einstieg zum AST erfolgt an den im Fahrplan ausgewiesenen Haltestellen. Das AST ist frei in seinem Fahrweg. Es bedient zum Ausstieg jede gewünschte KVG-Haltestelle im Linienverlauf sowie die an der jeweiligen Strecke liegenden Orte in Form einer Haustürbedienung in ihrer gesamten Fläche (KVG-Braunschweig o.J.). Das Konzept des On-Demand-Shuttle lässt erkennen, dass es momentan eher ein Nischenprodukt ist und nicht im großen Stil die Mobilität auf dem Lande gewährleisten kann.

Radschnellwege

Um nicht die gleichen Nachteile wie motorisierte Verkehrsteilnehmer zu haben, sollten Fahrradpendler schneller ins Zentrum der Stadt gelangen. Hierfür bedarf es Richtlinien für Fahrradschnellwege, die den folgenden Kriterien entsprechen. Radschnellwege müssen besondere Anforderungen hinsichtlich der Linienführung, des Querschnitts und der Knotenpunktgestaltung erfüllen. Zur Gewährleistung eines schnellen Radverkehrs mit einer hohen Verkehrssicherheit müssen sie eine möglichst direkte Linienführung, wenige Haltepunkte (z.B. an Knotenpunkten und Querungsstellen) und Fahrbahndecken mit hoher Qualität hinsichtlich Griffbarkeit und Ebenheit bieten. Sie sind in der Regel getrennt von anderen Verkehrsarten zu halten und sollen ein sicheres und attraktives Befahren mit hohen Reisegeschwindigkeiten ermöglichen. Die Wartezeiten für den Radverkehr sind grundsätzlich möglichst gering zu halten. Zur Minimierung von Wartezeiten an Lichtsignalanlagen empfiehlt sich der Einsatz von Detektionssystemen. Die Trassierung soll ein sicheres Befahren mit Geschwindigkeiten ≥ 30 km/h ermöglichen. Die mittleren Zeitverluste pro Kilometer durch Anhalten und Warten sollten als Zielgröße außerorts ≤ 15 Sekunden und innerorts ≤ 30 Sekunden sein (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr 2019). Darüber hinaus sollte eine Anbindung an Park-Ride-Plätze für Pendler, die für die Anfahrt ein PKW benutzen und die zeitraubenden letzten Kilometer in der Stadt auf dem Radschnellweg bewältigen möchten.

Mobility-Apps

Was eine App leisten kann, zeigt die seit langem im asiatischen Raum verwendete Grab-App. Sie umfasst alle Produkte des Unternehmens: GrabCar (Personenkraftwagen), GrabBike (Motorradtaxi), GrabHitch (Fahrgemeinschaften) und Grab Express (Lieferung auf der letzten Meile). Seit 2016 besitzt Grab auch seinen eigenen Bezahlendienst. (freeMalaysiatoday 2014) Die Handhabung ist denkbar einfach. Man wählt das Verkehrsmittel, bestimmt das Fahrtziel und bekommt sofort den Fahrpreis

angezeigt. Innerhalb von Sekunden antwortet ein Fahrer*in. Es werden das Kennzeichen und die momentane Position des gemieteten Fahrzeugs angezeigt. Nun lässt sich der Individualverkehr in Europa nicht mit Tuk Tuks und einer Heerschar von Fahrer*innen ermöglichen, aber wenn der Gesetzgeber das autonome Fahren genehmigt, dann bedarfs es keiner allzu großen Visionen sich ein Szenario vorzustellen, indem per App gleichwohl auf dem Lande oder in der Stadt ein Fahrzeug gerufen wird und es einem zu dem Ziel bringt, dass ausgewählt wurde. Dafür könnten Pools von Fahrzeugen mit Ladestationen flächendeckend installiert werden, sodass ähnlich einem Notruf ein selbstfahrendes Fahrzeug innerhalb von zwanzig Minuten beim Kunden sein muss. Hierfür sollten schmale, kleine zweisitzige Fahrzeuge wie der Messerschmitt Kabinenroller (oder das Konzeptfahrzeug VW L1 (1 l-Fahrzeug) dienen, weil im Durchschnitt 1,5 Personen ein Fahrzeug nutzen und Ressourcen effektiv eingesetzt werden sollten (FIS 2019) Eine KI könnte die Bedarfe an den einzelnen Pools zu entsprechenden Zeiten erkennen und dementsprechend den Fahrzeugeinsatz steuern.

Um den großen Wurf bei der Verringerung des Individualverkehrs zu erreichen, Bedarf es einer Städte- Landkreisgrenzen überschreitenden Aktionsplan, wie das Leitprojekt „Mobilitätsmanagement“ der Metropolregion Hamburg Es basiert auf dem OECD-Gutachten aus dem Jahr 2019, in dem unter anderem empfohlen wurde, die Zusammenarbeit im Bereich der Mobilität zu stärken (Business & People 2019).

Dass eine überregionale Zusammenarbeit funktionieren kann und eine Erfolgsgeschichte darstellt, ist an der Bahn-App “DB-Navigator” ersichtlich. Man kann seine Reise von Haustür zu Haustür planen und bekommt Hinweise auf die entsprechende Buslinie des ÖPNV in dem jeweiligen Reiseziel. Es ist sogar ein Ticket buchbar und stellt eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Studium der Fahrescheinautomaten und Ermittlung der Tarifzonen am gewünschten Reiseziel dar.

Ressourcenschonender Individualverkehr

CO₂-Flottenzielwerte für Pkw

Vorrangig gilt es die Ressourcen einzusparen, die verantwortlich für die größten Schäden sind. Es ist wesentlich, die THG-Emissionen verursacht durch den Individualverkehr drastisch zu reduzieren. Hierfür schafft der Gesetzgeber Rahmenbedingungen, die Anreize schaffen, mitzuwirken. Hierbei sind CO₂-Flottenzielwerte ein wirksames Instrument.

CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (auch CO₂-Standards, CO₂-Emissionsnormen oder umgangssprachlich CO₂-Flottengrenzwerte genannt)

wurden für die EU mit Zielwerten für die Jahre 2015 und 2020 erstmals im Jahr 2009 beschlossen und inzwischen bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben. Mit ihnen besteht die Verpflichtung für die Automobilhersteller, die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen pro gefahrenem Kilometer (in g CO₂/km) der in Europa neu zugelassenen Pkw über die Zeit abzusenken. Auf diese Weise reduzieren sich die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen im Fahrzeugbestand kontinuierlich und die CO₂-Emissionen des Verkehrs sinken über die Zeit, solange eine steigende Fahrleistung nicht die positiven Effekte kompensiert. Liegen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neufahrzeugflotte eines Herstellers über den festgelegten Zielwerten, fallen Strafzahlungen an, die sich aus der Höhe der Emissionsüberschreitung und der Anzahl der neuzugelassenen Fahrzeuge ergeben (Umweltbundesamt 2022)

Altölverwertung

Auch wenn das Verbot, ab 2030 in der EU keine Neuwagen mit Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen, in Kraft tritt, so werden doch noch viele Fahrzeuge, die einen jährlichen Ölwechsel benötigen, im Bestand bleiben. Die breite Palette der Mineralöle, Schmierstoffe oder Kühlschmierstoffe fällt nach Gebrauch als Altöl an. Altöle bestehen ganz oder teilweise aus Mineralöl, synthetischem oder biogenem Öl. Zur klaren Unterscheidung wurden vier Sammelkategorien von Altölen entsprechend ihrer Eignung zur Aufbereitung definiert. Altöle dürfen nicht mit anderen Abfällen vermischt werden, unterschiedliche Sammelkategorien sind voneinander getrennt zu halten. Gesetzliche Grundlage dafür ist die im Jahr 2002 novellierte Altölverordnung. Dem Gesamtabsatz von Schmierstoffen in Höhe von 1.090.000 Tonnen steht ein Altölrücklauf von 467.000 t gegenüber sowie – inklusive der Importe in Höhe von 129.000 Tonnen – ein Altölaufkommen von 596.000 Tonnen. Oder anders ausgedrückt: 88 % des Altölaufkommens (526.000 Tonnen) werden stoffliche verwertet (bvse o.J.). Recycling-Technologien für Altöle gibt es bereits. Doch wird nach wie vor ein beträchtlicher Anteil gebrauchter Schmierstoffe verbrannt, nach Angaben des Schmierstoffverbands VSI beispielsweise als Brennstoff bei der Zementherstellung. Der weltweite Schmierstoffverbrauch wurde 2020 auf etwa 36 Millionen Tonnen geschätzt, ein Viertel davon Industrieöle (Zeit 2022). Altöle der Kategorie 1 lt. Altölverordnung können uneingeschränkt aufbereitet werden. Hierzu gehören unter anderem Motoren-, Getriebe- und Hydrauliköle. Alle anderen Altöle werden zur Aufbereitung zugelassen, wenn sie keine schädlichen Stoffe enthalten, die sich in den Produkten anreichern. (UBA 2014) Hier nun greifen neue Technologien, die den Anteil des zu verbrennenden Öls reduzieren. Sie soll es möglich machen, den Schmierstoffverbrauch stark zu reduzieren: «Weniger Bedarf an frischem Öl heißt weniger Ölförderung, weniger aufwändige Raffinerieprozesse, weniger Ölverbrennung und damit weniger CO₂-Ausstoß.

Schmierstoffe in Motoren, Maschinen, Kugellagern und anderen Anwendungen nehmen im Laufe der Zeit Verschleißstoffe und andere Schmutzpartikel auf. In dem neuen Verfahren werden diese Schmutzpartikel zunächst chemisch vom Schmierstoff separiert und anschließend herausgefiltert (ebd).

Ölwechselintervalle verlängern

Doch die effizienteste Art, den Schmierölverbrauch zu senken, wird erreicht, indem in die Fahrzeuge Downsizing-Motoren mit Turbolader eingebaut werden. Diese benötigen konstruktionsbedingt eine geringere Füllmenge an Öl im Vergleich zu einem großvolumigen V8-Motor. Eine weitere Maßnahme zur Senkung des Ölverbrauchs ist die Verwendung von Longlife-Ölen. Durch ihren Einsatz lässt sich das Wechselintervall des Motoröls verlängern. Häufig ist ein [Ölwechsel](#) dann z.B. nur alle 30.000 km oder mehr, oder alle zwei Jahre fällig. Die Autos vieler Hersteller (etwa von VW, Audi oder BMW) haben heute einen Longlife-Service, wofür ein Longlife-Öl verwendet werden muss. Für Fahrzeuge mit Longlife-Service ist es notwendig, dass entsprechendes Longlife-Öl verwendet wird. Dieses Öl muss die für das Fahrzeug vorgeschriebene [Herstellerfreigabe](#) erfüllen. Das ist wichtig und muss unbedingt beachtet werden, da bei Verwendung eines nicht freigegebenen Öls ein Motorschaden eintreten kann. Üblicherweise lässt sich ein Fahrzeug zwar auch auf „Nicht-Longlife-Betrieb“ umstellen, doch wenn man die Vorzüge von Longlife in Anspruch nehmen will, dann ist eben entsprechendes Motoröl nötig. Die Herstellerfreigabe findet man zum Beispiel im Handbuch seines Fahrzeugs und ist auch auf dem Motoröl aufgedruckt. Beim Longlife-Konzept prüft das Fahrzeug über verschiedene Sensoren ständig zahlreiche Messwerte und berechnet daraus, wie lange man noch mit dem Öl fahren kann, bis wieder ein Ölwechsel fällig wird. Zur Berechnung bezieht das Steuergerät verschiedene Daten mit ein: zum Beispiel den Ölstand, Öltemperatur, Bremsenverschleiß, Beschleunigungsverhalten, Geschwindigkeit, Drehzahl und Verbrauch. Der Fahrstil hat dabei einen großen Einfluss auf das Wechselintervall. Wer den Motor regelmäßig warm fährt und längere Strecken ohne extreme Belastungen fährt, hat gute Voraussetzungen, um die Dauer bis zum nächsten Ölwechsel im maximal möglichen Bereich zu halten. Häufige Kurzstreckenfahrten wirken sich dabei negativ aus und führen dazu, dass das Longlife Öl früher ausgetauscht werden muss (Motoröl-Portal o.J.)

Fahrzeugmasse und Verbrauch

Die Fahrzeugmasse beeinflusst die Fahrzeugdynamik und den Kraftstoffverbrauch. Vor Jahren wurde für ein Mehrgewicht von 100 kg ein Kraftstoffmehrverbrauch von 1,0 l/100 km angesetzt. Heute rechnet man noch mit einem Mehrverbrauch beim Kunden von etwa 0,4 l bis 0,6 l pro 100 km, je nach Fahrzeugtyp und Motorbauart. (Motorlexikon o.J.).

Jeder Rennradfahrer*in in seiner/ihrer persönlichen Leistungsentfaltung wird gewahrt, wenn das Sportgerät 1 kg mehr wiegt. Ebenso verhält es sich mit dem Fahrzeuggewicht, wog ein Golf 1 BJ1976 750–805 kg, so wiegt ein Golf 8 zwischen 1.260 und 1.590 Kilogramm. Der Zuwachs an Masse erklärt sich durch gestiegene Komfortansprüche wie z. B. elektrische Aktuatoren für Fenster, Schiebedach, Spiegel und Sitze, Klimaanlage, Sitzheizung, Servolenkung, Automatikgetriebe und durch weiterentwickelte Sicherheitseinrichtungen wie Antriebs- und Bremsschlupfregelsysteme, Fahrdynamikregelungen, aktive Stoßdämpfer und Querstabilisatoren, Airbags und Gurtstraffer. Der Trend zu leistungsstärkeren Motorisierungen und den damit verbundenen massiven Bauteilen im Antriebsstrang sowie den größeren Bremsen wirkt ebenso wie die zunehmende Verwendung von Dieselmotoren gewichtserhöhend. Auch die Verbrauchsmaßnahmen am Motor und die Einführung von immer größeren Katalysatoren (Vorkatalysator und Unterbodenkatalysator) sowie zunehmende Karosseriestrukturen zur Erhöhung der Crashesicherheit erhöhen die Fahrzeugmasse (ebd.). Wenn auch die Entwicklung der Motoren zu immer geringeren Verbrauch führt, ist es eine Überlegung wert, sich die Verbrauchswerte eines Fahrzeugs mit dem Gewicht eines Golf 1 ausgestattet mit moderner Motorentechnologie auszumalen. Mit zunehmendem Marktanteil von E-Fahrzeugen rücken die Verbrauchswerte immer mehr in den Focus. Immerhin wiegt ein ID.3, vergleichbar mit dem Golf, 1.813 bis 1.936 kg, also nahezu 2 Tonnen. Bei der Überwindung des Rollwiderstandes und Beschleunigungswiderstandes für die Leistung benötigt wird, ist die Fahrzeugmasse ein wesentlicher Faktor. Bei den Fahrzeugen mit dem geringsten Verbrauch sind dann auch in der Regel Kleinwagen vorzufinden, die am leichtesten sind (Fiat 500e (23,8 kWh), Dacia Spring Essential und Hyundai Kona Elektro (39,2 kWh) (ADAC 2022). Am unteren Ende der Verbrauchsangaben sind dann sehr sportliche Fahrzeuge und schwere SUV's mit Allradantrieb vorzufinden. Es gibt aber auch Vertreter der Oberklasse, die mit guten Verbrauchswerten aufwarten. Der Mercedes-Benz EQS 450+ und der Lucid Air Dual Motor Dream Edition Range AWD fallen durch überdurchschnittlich gute Verbrauchswerte auf (ebd.). Hierfür sind die effiziente Auslegung des Antriebsstrangs, konsequenter Leichtbau sowie Bestnoten im CW-Wert verantwortlich.

Fazit

Insgesamt war der [Straßenverkehr für 26 % aller CO₂-Emissionen der EU im Jahr 2019](#) verantwortlich. 1990 lag der Anteil noch bei 15 %. Denn während der CO₂-Gesamtausstoß seit 1990 um 23 % sank, erhöhten sich die CO₂-Emissionen im Straßenverkehr im gleichen Zeitraum um 29 % (destatis o.J.). Die bisher angewandten Methoden, die Umweltbelastungen und den immensen Rohstoffverbrauch des Individualverkehrs zu reduzieren, haben bislang nicht zum Erfolg geführt. Eine

Alternative zum Individualverkehr stellt der ÖPNV nicht dar, weil die spontane Entscheidung, mobil zu sein, nicht gegeben ist und nicht flächendeckend angeboten wird. Insbesondere viele ältere Menschen haben Probleme, Bahn und Busse zu nutzen, weil das Umsteigen mit Gepäck für sie schwierig ist. Überregional wirkende Konzepte sind kaum vorhanden, Landkreise und Kommunen planen Mobilität bis zu ihren jeweiligen Grenzen. Auch carsharing wird nicht in dem Maße von Kund*innen angenommen. Es lässt sich nur spekulieren, welche Gründe hier anzuführen sind. Wenn die Nutzungsgebühr in der Höhe der Kosten eines Leihwagens liegt, dann ist das Angebot für viele zu kostspielig. Solange keine kostengünstige, bequeme Möglichkeit von Tür zu Tür transportiert zu werden, angeboten wird, bleibt das eigene Fahrzeug die bessere Alternative.

Auch wenn die einzelnen Fahrzeuge deutlich sauberer und leiser geworden sind, verursacht der motorisierte Verkehr durch die Emission von Klimagasen, Luftschadstoffen und Lärm sowie Flächeninanspruchnahme und Ressourcenverbrauch nach wie vor viele negative Umweltwirkungen. Mit der Zunahme der Verkehrsleistung hat sich der Energieverbrauch des Verkehrs in Deutschland seit 1960 mehr als verdreifacht (UBA 2020). Deshalb müssen drastische Maßnahmen ergriffen werden, wie das Verbot von Neuzulassungen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor in der EU, ist dafür anzuführen. Auch eine CO₂-Flottenabgabe ist ein notwendiges Lenkungsinstrumente den Energieverbrauch im Individualverkehr einzuschränken. In Bezug auf den Ressourcenverbrauch bestehen noch Möglichkeiten zur Ausschöpfung. Schmier- und Hilfsstoffe sollten effizienter genutzt und in einem hohen Maße recycelt werden. Das allseits beliebte SUV wird in seinem Lebenszyklus selten den Allradantrieb nutzen. Zusätzliches Fahrzeuggewicht treibt den Kraftstoffverbrauch in die Höhe und damit auch die THG-Emissionen. Dies gilt auch für ein E-Fahrzeug, solange der Strom zum Laden nicht zu 100% aus erneuerbaren Energien kommt. Selbst dann bedeutet jede kWh, die mehr verbraucht wird, das Aufstellen zusätzlicher Solaranlagen und Windparks. Idealerweise sollte ein E-Fahrzeug nicht mehr als 1300kg wiegen und einen CW-Wert von 0,2-0,25 haben.

Nachhaltigkeitssiegel

Seit 2011 ist die Kennzeichnung von Autos in Form eines CO₂ Labels verpflichtend. Das soll den Verbrauchern zeigen, wie effizient ein Automodell mit dem Kraftstoff umgeht. Das Siegel weist allerdings Probleme bei der Berechnung und Interpretierbarkeit auf.

Zunächst basiert die Angabe der CO₂ Emissionen auf der inzwischen veralteten NEFZ Methode, anstatt auf der neueren WLTP Zyklus Prüfung (ADAC 2021). Das WLTP Verfahren ist allerdings genauer und praxisnäher, da die Daten auf realen Fahren in 14

Ländern basieren, aus denen durchschnittliche Fahrprofile entstehen. Zudem verlängert sich die Testdauer von 20 auf 30 min und damit auch die gefahrene Strecke von 11 auf 23 km. Seit 2021 gibt es die Verpflichtung durch die EU, alle Neuwagen mit dem WLTP Verfahren zu prüfen und auch die Kfz Steuer bezieht sich auf diese Angaben (ADAC 2022).

Ein weiteres Problem des CO₂-Siegels ist die fehlende Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Fahrzeugklassen. Denn es werden nicht die absoluten Werte, sondern die Werte in Relation zum Gewicht des Autos betrachtet (ADAC 2021). Demnach ist es möglich, dass ein verbrauchsarmer Kleinwagen in eine rote Effizienzklasse eingeteilt wird, während ein großer Pkw mit hohem Verbrauch als „grün“ eingestuft wird. Mit dem Siegel können demnach nur Autos verglichen werden, die ein ähnliches Gewicht haben. Das stiftet Verwirrung bei den Käufern, da die Farbeinteilung vermittelt, dass alle grün gekennzeichneten Autos bessere CO₂ Bilanzen als rot gekennzeichnete haben.

Ein alternatives Siegel ist der ADAC Ecotest, der mit eigenen Messwerten alle Autoklassen auf ihre Umweltfreundlichkeit überprüft. Dabei wird nicht nur auf den CO₂ Ausstoß geachtet, sondern auch auf andere Schadstoffe, wie Partikel oder Stickoxide. Bei diesem kann man sich anhand von Sternen orientieren, welche Modelle klimafreundlich und schadstoffarm sind (ADAC 2021).

Reifen und die Umweltfolgen

Historie

Ohne Übertreibung kann man das Rad für die wichtigste technische Erfindung überhaupt halten. Umso bedauerlicher, dass es offensichtlich mehrmals erfunden werden musste. Denn die Ägypter wussten wohl ca. 2000 v.Chr. nicht, dass es das Rad schon bei den Sumerern ungefähr 5000 v.Chr. gegeben hatte. Vielleicht konnten diese aber auch noch nicht so recht damit was anfangen. So wie die Ureinwohner Amerikas, die das Rad angeblich bis ins 18. Jahrhundert nicht gekannt haben sollen. Zunächst bleibt es beim Werkstoff Holz, nur das z.T. sehr schöne Speichen herausgearbeitet werden, um bei gleicher Festigkeit Gewicht zu sparen. Schon zur Römerzeit kommt Eisenwerkstoff hinzu. Er wird außen um das Holzrad gelegt und macht innen zusammen mit Schmierstoff die Lagerung haltbarer. Wegen der schlechten Wege ist der Aufbau gegenüber den Achsen mit Lederriemen gefedert. (Kfz-tech o.J)

Im 19. Jahrhundert entwickelte der irische Tierarzt John Boyd Dunlop den Luftreifen. Eigentlich ist dieser nur für das Dreirad seines Sohnes gedacht. Ein luftdichter Gummischlauch ist mit Leinenstoff umwickelt. Muss der Schlauch geflickt werden, ist die Leinenschicht für Schicht abzulösen. Name des ersten Exemplars: 'Mumien-Reifen'.

Das alles datiert aus dem Jahr 1888, als es gerade mal ein Sicherheitsrad mit Kette und Pedalen anstelle des Hochrades gab. In England werden jetzt in rascher Folge der Wulst aus Metalldrähten mit Tiefbett (Charles Welch, William Bartlett, bis 1900), das Ventil (Charles Woods) und in Frankreich der Reifen mit austauschbarem Luftschlauch (Édouard Michelin) erfunden. Doch waren Reparaturen an der Tagesordnung und sehr mühselig. Deshalb wird es schon als ein Segen empfunden, als endlich 1905 die abnehmbare Felge herauskommt. Reifenbezeichnungen und entsprechende Normierungen gibt es seit 1903 (Friedrich Veith). Profil am Reifen (Bild unten) liefert Continental erstmals 1904 (ebd). Heute sind Reifen sehr häufig im Gebrauch für alle Arten von bewegten Fahrzeugen.

Reifenabfall

Nach EU-Statistiken beträgt die durchschnittliche Reifenlaufleistung bei Fahrern, die für gewöhnlich einen normalen Fahrstil pflegen, zwischen 25.000 und 50.000 Kilometern (Pirelli 2019) . Bei einer entspannten Fahrweise sind als Spitzenwert sogar 75.000 Kilometer möglich . Die durchschnittliche Jahresfahrleistung je Pkw mit Dieselmotor beträgt ca. 20000 km. Ein Pkw mit sonstigem Antrieb lag in 2020 bei durchschnittlich ca. 15.000 km pro Jahr. Für Pkw mit Benzinmotor gingen die Kilometer pro Jahr auf 10.000 km zurück (KBA inländer Fahrleistung). Lasst man die prozentualen Anteile der Antriebsarten außer Acht, so ist von einer gemittelten Fahrleistung von ca. 15000 km/jährlich auszugehen. Bei einer angenommenen Laufleistung der Reifen 50.000 km, müsste 30% der 48,5 Millionen PKW (Umweltbundesamt, Stichtag 01.01.2022)) einen Reifenwechsel durchführen. Das bedeutet, es fallen jährlich ca. 60 Millionen Reifen als Müll an (Berechnung: $48,5 \text{ Mio.} * 4 * 30\%/100\%$). Bei einem durchschnittlichen Reifengewicht eines Standardreifens mit einem Gewicht von 12 kg sind dies $(60000000 * 12 \text{ kg}/1000) = 720000 \text{ t}$.

Reifenabrieb als Ursache von Feinstaub

Reifen werden zum größten Teil einer Entsorgung zugeführt, aber der entstehende Abrieb wird unkontrolliert in der Umwelt verteilt. Ein gängiger PKW-Reifen wiegt am Ende seines im Durchschnitt 50.000 km langen Lebens gut 1 bis 1,5 kg weniger als zu Beginn (Fraunhofer Umsicht 2018). Bei fast 48,5 Millionen[2] zugelassenen PKW in Deutschland summiert sich der Reifenabrieb innerhalb eines Jahres gerechnet auf eine Belastung von 48.500 bis 72.750 Tonnen Reifenabrieb – allein von PKW – entspricht. Hinzu kommt Reifenabrieb durch weitere Verkehrsteilnehmer wie LKW, Busse, Traktoren oder auch Baufahrzeuge, ebenso Krafträder und Fahrräder. Fachleute diskutieren das Thema Reifenabrieb seit Jahren im Kontext verschiedener Umweltprobleme. Der Abrieb gilt nachweislich als Mitverursacher für

Feinstaubbelastungen in den Städten, ist u. a. verantwortlich für nanopartikulären Ruß und laut einer Studie der Weltnaturschutzunion IUCN eine der größten Quellen für Mikroplastik in der Umwelt (ebd. 2017). Eine Alternative zur Vermeidung von Feinstaub durch Reifenabrieb bietet sich nicht an, lediglich eine Ausgrenzung des Fahrzeugs aus den Städten ist hilfreich.

Abrollgeräusche

Bei modernen Pkw-Reifen gibt es große Unterschiede bei den Abrollgeräuschen. Geräuschoptimierte, lärmarme Reifen können daher einen wirksamen Beitrag zur Minderung des Straßenlärms leisten. Ab einer Geschwindigkeit von 35 km/h wird das externe Rollgeräusch des Reifens zur dominanten Lärmquelle eines Fahrzeugs mit Verbrennermotors und übertönt das Motorengeräusch. Der Reifen verursacht deshalb den Großteil des von Fahrzeugen verursachten Lärms (Reifenlabel-info o.J.) Mit Hilfe des europaweit eingeführten Reifenlabel kann der Kunde Reifen nach der Höhe der Schallemissionen auswählen. Eine Wertung erfolgt durch die grafisch dargestellten drei Schallwellen. Dabei ist der Reifen umso leiser, je weniger die Wellen schwarz sind. Der Unterschied zwischen einer und drei schwarzen Wellen beträgt mindestens 3 Dezibel (dB). Wichtig zu wissen ist, dass eine Reduktion des Geräusches um 3 dB(A) einer Halbierung der Schallenergie entspricht. Zur Orientierung können folgende Werte als Vergleich dienen

- 10 dB (A) Blätterrauschen im Wald
- 60 dB (A) Gespräch / Zimmerlautstärke
- 70 dB (A) Rasenmäher
- 80 dB (A) PKW (mit 50 km/h in 1m Abstand)
- 90 dB (A) PKW (mit 100km/h in 1m Abstand)
- 110 dB (A) Passagierflugzeug
- 130 db (A) Kampffjet

Das menschliche Ohr nimmt eine Minderung des Geräuschpegels um 3 dB(A) als Reduzierung der Lautstärke um ca. 20 Prozent wahr. Reifen, die mit einer schwarzen Welle gekennzeichnet werden, können vergleichsweise leise bezeichnet werden.

Um diese Standards zu erreichen, wird von namhaften Reifenherstellern eine Technologie angewandt, die die Innengeräusche auf allen Fahrbahnoberflächen reduziert (Continental o.J.). Die Reifen sind mit einem innenliegenden Absorber, einem Polyurethanschaum, ausgestattet, der mit einem Klebstoff an der Innenseite der Lauffläche angebracht wird. Selbst bei hoher Geschwindigkeit reduziert der Absorber Fahrgeräusche im Fahrzeuginneren um bis zu 9 dB(A). Ein PKW mit 50 km

Geschwindigkeit hat dann noch die Lautstärke eines Rasenmähers. Ob diese Werte auch für den Außenbereich gelten, ist jedoch nicht verifizierbar. Diese Emissionsreduzierung wird jedoch mit zusätzlichem Aufwand bei der Entsorgung und Wiederverwertung erkauft.

Reifenmaterialien

Reifen bestehen aus einem Grundkörper (Karkasse) und einer Lauffläche. Die Karkasse besteht in der Regel aus gummiummantelten Textilseilen, die vorwiegend aus Rayon und Nylon sind, dem Gürtel und der Wulst, die aus Drähten besteht und besonders bei LKW-Reifen stark ausgeprägt ist (Kfz-tech.de o.J.). Die Rohstoffe, aus denen Reifen gefertigt werden, bestehen zu 47% aus Naturkautschuk und Synthetischem Kautschuk zu nahezu gleichen Teilen, zu 21% aus Russ, zu 16,5% aus Stahl (Umweltbundesamt). Der Naturkautschuk wird aus speziellen, in großen Plantagen gezüchteten Bäumen gewonnen. Die durch Ritzen gewonnene austretende Flüssigkeit (Latex) wird mittels Essigsäure eingedickt, mit Wasser gereinigt und anschließend in Ballen gepresst. Er ist der wichtige Rohstoff des Reifens; 75 Prozent der Weltproduktion sind alleine für die Reifenherstellung vorgesehen. Manche Produzenten verfügen sogar über eigene Gummibaum-Plantagen, um sich den Rohstoff zu sichern. (Kfz-tech o.J.) Von den über 23 Millionen Tonnen Kautschuk, die heute weltweit produziert werden, werden inzwischen jedoch rund 60% synthetisch aus Erdöl hergestellt. Naturkautschuk ist mit 40% an der Gesamtmenge nach wie vor extrem gefragt. Naturkautschuk wird schonend von Hand gewonnen und ist ein nachwachsender Rohstoff. Der Energieaufwand zur Gewinnung, Herstellung und Transport des Naturkautschuks beträgt etwa 10% des Aufwands bei der Gewinnung und Herstellung der chemischen Herstellung von Syntheselatex. Naturlatex ist frei von Lösungsmitteln, FCKW und krebserregenden chemischen Weichmachern (rajapack.de 2018). Bei allen Vorteilen darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Situation der Flächenkonkurrenz zur Nutzung der Fläche zur Erzeugung von Nahrungsmitteln gegeben ist.

Hochfester Stahl dient als Ausgangsmaterial zur Herstellung der Stahlgürtel (Stahlcords) und Wulstkerne (Stahldraht). Es ist ein legierter Stahl, der bessere mechanische Eigenschaften und eine höhere Korrosionsbeständigkeit aufweist als herkömmlicher Kohlenstoffstahl. Die Legierungsbestandteile für Stahl in Autoreifen Molybdän, Nickel und Vanadium sind in ihrer Gewinnung und Aufbereitung energieintensiv und aufwändig (Institut für seltene Erden, strategische Metalle).

Auch sehr wichtig ist Ruß, der dem Reifen nicht nur eine höhere Abriebfestigkeit und Stabilität, sondern auch eine schwarze Farbe gibt. Ruß oder Carbon Black ist ein unter festgelegten Bedingungen und bei weit über 1.000 Grad Celsius hergestellter

Industrieruß. Die Gewinnung von Carbon Black erfolgt durch ein gezieltes, unvollständiges Verbrennen von flüssigen oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen (pt-Magazin 2006). Es ist somit ein energie- und ressourcen-verbrauchendes Herstellungsverfahren.

Die Kunstfasern (Rayon, Nylon, Polyester und Aramidfasern) werden als Grundmaterialien zur Herstellung der Cords verwendet. Sie dienen dem Reifen als Verstärkungsmaterial. Auch diese werden nicht der Wiederverwertung zugeführt (ebd.).

Reifenverwertung

Altreifen wird als Abfall eine besondere Aufmerksamkeit zuteil und werden dabei als ein Hauptabfallstrom betrachtet. Das Aufkommen an Altreifen beträgt in Deutschland ca. 720000 Tonnen. Der Gesetzgeber untersagt die Deponierung von Altreifen. Die meisten Altreifen fallen bei Reifen- und Autohändlern, Kraftfahrzeugwerkstätten, Abschleppdiensten, Tankstellen, Unternehmen mit einem großen Fuhrpark (z.B. öffentliche Verkehrsbetriebe) oder bei Reifenlieferanten an. Die Rücknahme erfolgt dort durch ein Rücknahmesystem auf freiwilliger Basis bzw. auf Grundlage von Regelungen zur Produzentenverantwortung. Die Altreifen sind dann von Altreifenentsorgern zu übernehmen und als erstes zu sortieren. Dabei gilt es drei Gruppen von Altreifen zu beachten (Umweltbundesamt Datenblatt: SWSM-04_TYR) :

- Profilreifen Reifen in gebrauchsfähigen Zustand, die keine wesentlichen Beschädigungen aufweisen und noch eine ausreichende Mindestprofiltiefe (in EU mindestens 1,6 mm) haben. Sie können wieder im Straßenverkehr eingesetzt werden.
- Karkassen Reifen, die nicht älter als 6 Jahre sind und deren Karkasse und insbesondere deren Seitenwände unbeschädigt sind und sich somit für eine Runderneuerung eignen.
- Schrottreifen sind Altreifen, die sich weder für eine Wiederverwertung noch für eine Erneuerung eignen.

Wiederverwendet werden nur Profilreifen. Hierfür besteht eine hohe Nachfrage aus Ländern mit niedrigeren Einsatzanforderungen und -vorgaben. Die Möglichkeiten der Weiterverwendung sind sehr vielfältig (ebd).

- in der Landwirtschaft: als Beschwerung von Mietenabdeckungen
- in Hafenanlagen: als Aufprallschutz
- im Landschaftsbau: als Erosionsschutz für Erdwälle und Abhänge
- im Küstenschutz: als Wellenbrecher

- in der Fischindustrie: als künstlicher Riff für Fischzucht: Bei allen diesen Möglichkeiten, werden die lange Lebensdauer und die gute Elastizität der Reifen ausgenutzt. (Umweltbundesamt, Stoffströme, Reifen)

Die Wiederverwendung von Profilreifen in Ländern mit niedrigeren Einsatzanforderungen und -vorgaben erscheint fragwürdig und erweckt den Eindruck, dass die Verordnung in Kauf nimmt, dass ein Sicherheitsstandard nicht für alle Menschen auf der Welt gleichermaßen gilt. Auch die aufgeführten Verwendungsbeispiele sind aus der Perspektive der Nachhaltigkeit letztendlich nichts anderes als eine Deponie. Allerdings stellt sich auch die Frage nach den Alternativen. Die THG-Emissionen der Herstellung von Reifen betragen nach einer älteren Ökobilanz, beauftragt von Continental, ca. 23 kg CO₂-Äq pro Reifen (Continental 1999). Der WWF hat in einer Ökobilanz für die Zementindustrie berechnen lassen, dass Beton ein THG-Potential von 587 kg CO₂-Äq pro Tonne hat. Um einen Reifen hinsichtlich der Masse von 10 kg zu ersetzen, würde man ca. kg Zement benötigen (plus 5 kg Kies und 2 l Wasser, die als Naturstoffe aber nur sehr geringe THG-Werte haben). 5 kg Beton haben einen THG-Wert von 3 kg CO₂-Äq. Es wäre also möglich, Reifen in obigen Verwendungsweisen teilweise durch klimaeffizientere Produkte zu ersetzen sofern man nicht die Nutzungszeit in die Abschätzung aufnimmt. Auch das Argument der Nutzungszeit - Reifen können Dekaden verwendet werden - würde hier nicht greifen, da die Differenz der THG-Emissionen zu groß ist und Beton gleichfalls Dekaden halten wird.

Die thermische Verwertung scheint dann derzeit noch die sinnvollste Verwertungsmöglichkeit zu sein, solange Technologien zum Recycling noch in den Kinderschuhen stecken. Altreifen haben einen Heizwert (Hi) von 26 bis 32 MJ pro Tonne. Damit eignen sie sich sehr gut als Ersatzbrennstoff. Sie können in Zementwerken, Papiermühlen und Kraftwerken eingesetzt werden (Ê Siehe auch Datenblatt "Industrielle Mitverbrennung", Datenblattindex WT/I-01_ICC). Sowohl in Europa, als auch in vielen außereuropäischen Ländern ist die thermische Verwertung derzeit eine der wichtigsten Entsorgungsmethoden für Altreifen. (Umweltbundesamt, Stoffströme Reifen)

In großem Umfang werden Altreifen jedoch nur bei der Sekundärfeuerung verwendet. Hier können sie unzerkleinert eingesetzt werden und geben zusätzlich zum Energiewert auch einen Rohstoff ab. Damit erfolgt bei dieser Anwendungsmethode sowohl eine thermische als auch eine stoffliche Verwertung. Der Stahl in den Reifen ergänzt den Eisengehalt des Rohmaterials, und Zink und Schwefel oxidieren und werden im Zement gebunden. Leider wird dafür hochfester Stahl verwendet, weil die Karkasse aus Gründen der Festigkeit des Reifens nicht mit gängigen Baustahl auskommt, der für die Anreicherung des Zements vollkommen ausreichend wäre. Der hochfeste Stahl macht 16,5% des Gewichts eines Reifens aus. Bei einer jährlichen Gesamtmenge von 60

Millionen Reifen, die der Entsorgung zugeführt werden, und einem Gewicht von 12 kg für einen gängigen Reifen der Größe 225/45 R17 (Versandreechner Sperrgut), lässt sich die Gesamtmenge von hochfesten Stahl folgendermaßen ermitteln: $60.000.000 * 12 \text{ kg} * 16,5\% / 100\% = 118.800 \text{ t}$. Es werden ca. 120.000 t hochfester Stahl entsorgt (Umweltbundesamt), wo ein einfacher Baustahl die gleiche Wirkung gezeigt hätte.

Stoffliches Recycling

Weitere Verfahren zum Recycling in Form von Gewinnung von Granulat oder zur Erzeugung von Ruß gewährleisten sogar, dass 99% aller eingesetzten Stoffe bei der Herstellung wiederverwertet werden können. Doch sind die Prozesse alle energieintensiv und tragen zur Freisetzung THG bei.

Granulierung

Als erstes werden die Reifen vor der Zerkleinerung entwulstet. Diese würden bei nachfolgenden Geräten zu hohem Verschleiß führen. Die hierzu speziell entwickelte "Debeader"-Technik zieht hydraulisch gleichzeitig beide Wulste heraus und entfernt die Seitenflächen. Anschließend werden die entwulsteten Reifenteile auf eine Korngröße von ca. 50 mm zerkleinert. Für die anschließende Vermahlung gibt es zwei Verfahren (UBA O.J.)

Warmvermahlung

Dieses Verfahren wird als warmes oder ambientes Verfahren bezeichnet, weil das Material bei Umgebungstemperatur zerkleinert wird. Die Mühlen werden nur gekühlt, um die Reibungstemperatur abzuleiten. Mit diesem Verfahren können Korngrößen bis zu 800 Mikrometer erreicht werden.

Kaltvermahlung

Bei der Kaltvermahlung werden die vorzerkleinerten Reifenschnipsel mittels flüssigen Stickstoffs auf ca. minus 100°C gekühlt. Die gemahlene Partikel haben eine glatte Oberfläche, so dass in Mischungen eine schwächere mechanische Bindung als bei der Warmvermahlung zu erreichen ist. Außerdem können deutlich geringere Partikelgrößen erreicht werden, was das Einsatzspektrum der Gummigranulate/-mehle deutlich erhöht.

Die so gewonnenen Granulate und Mehle können unter anderem bei der Produktion von Neureifen eingesetzt werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen gibt es Einschränkungen bei der Einsatzmenge (in Deutschland maximal 1,5 Gew.-%). Größere Mengen können in Produkten verwendet werden, an die keine besonderen

physikalischen und chemischen Anforderungen bestehen (Fußbodenbeläge, Teppichrücken, Sportplatzböden, Fahrbahnschwellen) (ebd.)

Depolymerisationsverfahren

Ein neuartiges ist das FORMEX-Verfahren. Bedingt durch die Prozessführung wird die Generierung von Schadstoffen weitestgehend vermieden. Der entstehende FORMEX-Ruß (FORMEX CARBON BLACK®) kann in der Gummiproduktion wieder eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren werden die Altreifen in einem Schredder vorzerkleinert. Über ein Schleusensystem wird das Schreddergut dem Reaktor zudosiert. Durch eine spezielle Prozessgestaltung und Anlagenkonfiguration ist der Ausschluss von Luftsauerstoff im Reaktionsraum gesichert. Die Depolymerisation läuft in einem flüssigen Zinnbad bei einer Temperatur unterhalb 500°C ab. Durch die niedrige Temperatur können konstante Verweilzeiten des Feststoffes in der Reaktionszone gesichert werden. Dabei entstehen Gase, die in Gasspeichern und Öle, die in Tanks gesammelt werden. Die festen Produkte werden in der Feststoffaufbereitung weiterverarbeitet. Die Stahlcordanteile werden in einem Magnetabscheider abgetrennt. In einem Taumelsieb werden die Textilbestandteile abgesiebt. Das Ruß-Feststoff-gemisch wird in einer Strahlmühle auf eine Korngröße kleiner 40 µm zerkleinert. Bei diesem Verfahren sind 99 % der Recyclingprodukte wiederverwendbar (DBU o.J.)

Inwieweit dieses Verfahren beim CO₂-Ausstoß mit Herstellung von Neureifen konkurrieren kann, bleibt noch zu bewerten. In Bezug auf Ressourcenverbrauch ist das Verfahren eine deutliche Verbesserung.

Anwendung des Granulats

Gummigranulat kann neben der Wiederverwendung in der Reifenproduktion auch im Garten-, Landschafts- und Straßenbau eingesetzt werden. Gummiasphalt zeichnet sich durch eine höhere Griffigkeit, Haltbarkeit und Lärmabsorbierung aus. Hierbei wird Gummigranulat normalen Asphaltmischungen in bestimmter Menge beigemischt. Um der Bodenverdichtung entgegen zu wirken, kann Gummigranulat auch Bodensubstraten (mit einem Anteil von ca. 10–15 %) beigemischt werden. Diese Methode wird inzwischen bei Fußball- und Golfplätzen sowie öffentlichen Parks angewendet. Hierbei besteht auch keinerlei Gefahr durch Emissionen aus dem Gummigranulat. Des Weiteren kann das Granulat auch sehr gut als Ölbindemittel verwendet werden. Es ist sowohl im Straßenverkehr als auch auf Gewässern einsetzbar. Die Vorteile liegen in der Schwimmfähigkeit, einer ausschließlichen Bindung von Öl und nicht von Wasser und der einfach durchzuführenden Verbrennung des gebrauchten Granulat (UBA 2020)

Wiederverwendung - Runderneuerung

Ein weiteres Verfahren zur Weiterverwendung von Reifen ist die Runderneuerung. Runderneuert werden können Reifen mit unbeschädigten Karkassen. Diesem Prozess können generell alle Reifen unterzogen werden. Kfz-Reifen sollten aus Sicherheitsgründen nur einmal erneuert werden, bei Lkw-Reifen ist dies bis zu drei Mal möglich. Mit Hilfe spezieller Mess- und Prüfverfahren wird sichergestellt, dass die Runderneuerung nur mit vollkommen intakten Reifen erfolgt. Bei einwandfreien Karkassen wird die Lauffläche abgeschält und eine neue Lauffläche aufgebracht. Hierfür gibt es zwei Verfahren: Heißrunderneuerungsverfahren und Kaltrunderneuerungsverfahren. Bei der Runderneuerung werden für Pkw-Reifen etwa zwei bis drei Kilogramm und bei Lkw-Reifen 16 bis 20 Kilogramm neue Gummimasse benötigt. Der Energiebedarf liegt etwa bei 30 Prozent desjenigen zur Reifenneuproduktion. (Umweltbundesamt, Stoffströme Reifen). Nimmt man die Daten von Continental zur Ökobilanz von 23 kg CO₂-Äq pro Reifen (ebd.) und 60 Millionen ausgetauschten Reifen pro Jahr (eigene Berechnung), so ergeben sich ca. 1,4 Mio. t CO₂-Äq, von denen fast 0,5 Mio. t CO₂-Äq eingespart werden könnten.

Für runderneuerte Pkw-Reifen gelten strenge gesetzliche Vorgaben. So darf eine Karkasse nur einmal runderneuert werden. Seit 2006 dürfen zudem nur runderneuerte Reifen verkauft werden, die nach der EU-Norm ECE R 108 gefertigt und geprüft wurden. Wie komplett neu gefertigte Reifen müssen sie mit einem E-Prüfzeichen versehen sein, das mit einem Zahlencode für das Land, das die Zulassung erteilt hat, kombiniert ist. Für Deutschland ist dies "E1". (ADAC, Runderneuerte Reifen, 23.04.2020). Diese Maßnahme erhöht wiederum die Kosten und rückt den Preis in die Nähe eines Billigreifens aus Fernost. Darüber hinaus hat der Runderneuerte Reifen ein Imageproblem. Der ADAC hat von 2003 bis 2011 mehrfach runderneuerte Reifen in sein normales Reifentestprogramm integriert. Während sich die recycelten Winterreifen der ersten Testjahre mit Schwächen auf Schnee, Nässe und trockener Fahrbahn noch sehr unausgewogen präsentierten, wurde das Niveau in den Folgejahren vor allem beim Grip auf Schnee etwas besser. Allerdings – und das ist ein Grundproblem von allen Runderneuertem – war der Reifen sehr laut. Hier merkt man, dass die Verbindung zwischen Unterbau und Laufstreifen eben doch nicht aus einem Guss ist. Doch es gibt noch eine größere Schwäche: Kauft der Kunde einen Reifensatz, ist nicht garantiert, dass alle vier Reifen auf einer identischen Karkasse aufbauen. Das Profil ist zwar identisch, aber der Unterbau stammt möglicherweise von verschiedenen Herstellern – und dann kann jedes Rad völlig unterschiedliche Fahreigenschaften aufweisen (ADAC Runderneuerte Reifen 23.04.2020).

Schlussfolgerung

Die gesetzliche Vorgabe wirkt nicht schlüssig, es erschließt sich nicht, warum ein LKW-Reifen mit einer weitaus höheren Belastung drei Mal runderneuert werden darf, im Gegensatz zu einem PKW-Reifen. Ein anderes Extrembeispiel ist der Flugzeugreifen, der beim Landen u.U. von -50°C aus den höheren Luftschichten auf bis zu 120°C gebracht wird, von 0 auf über 200 km/h innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde beschleunigt. Gerade diese Art von Reifen wird noch am häufigsten runderneuert. (kfz-tech.de).

Bei der Runderneuerung ist der Energiebedarf - und damit die THG-Emissionen, um 30% geringer als bei neuen Reifen. Es gibt aber qualitative Nachteile von Runderneuerten, diese sind größtenteils durch das Aufziehen einer neuen Lauffläche begründet. Zudem ist die Akzeptanz bei den Kunden und Kundinnen nicht sehr hoch, wozu erschwerend hinzukommt, dass Billigprodukte aus Fernost nicht viel teurer als Runderneute sind.

Die derzeitigen Möglichkeiten zur Weiterverwendung (Landwirtschaft, Küstenschutz, Fischereiindustrie) sind vor allem den geringen Kosten für die Altreifen geschuldet. Insbesondere die Emissionen von Mikroplastik aus Altreifen durch mechanische Beanspruchung im Wasser ist noch nicht erforscht. Zudem bestehen hier Alternativen durch andere - im Vergleich vermutlich klimaeffizientere - Materialien wie Beton oder Natursteine, die nur geringe THG-Werte aufweisen (nur Emissionen durch Abbau und Transport).

Die thermische Verwertung z.B. in der Zementindustrie kann man hingegen derzeit als beste Möglichkeit der Nachhaltigkeit betrachten, da hier fossile Rohstoffe eingespart werden und zudem der Metallanteil zur Verbesserung des Zements führt (und die eingebrachten Metalle zudem nicht abgebaut werden müssten).

Allerdings wird die Zementindustrie sich weiterentwickeln und in einigen Jahren auf Wasserstoff umsteigen, der mit Hilfe von Erneuerbaren Energien gewonnen wird. Wenn dies eintritt, wäre die thermische Nutzung der Altreifen nicht mehr nachhaltig.

Der Weg zur Nachhaltigkeit kann nur über ein verbessertes Recycling verlaufen.

Die Verwendung von runderneuerten Reifen wäre eine ressourcenschonende und nachhaltige Maßnahme, um eine Reduzierung von Rohstoffen und Senkung des Energieverbrauchs bei der Herstellung von Reifen zu erreichen. Aber nur ein kleiner Teil der Kunden*innen wählen runderneuerte Reifen, da ihre persönliche Werthaltung Sicherheit und Komfort über den ökonomischen und ökologischen Aspekt stellt. Eine

Änderung der Haltung Kann nur über eine Qualitätssteigerung der runderneuerten Reifen und der Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen erfolgen, wie z.B.:

- Imagekampagne für runderneuerte Reifen
- CO₂-Abgabe für Transport von Billigreifen aus Fernost
- Freigabe von Laufflächenmischung renommierter Hersteller für Recycler von Altreifen
- Gesetzliche Rahmenbedingungen hinsichtlich der Möglichkeit mehrfacher Runderneuerung von Reifen ändern
- Rücknahmepflicht von Altreifen für Hersteller von Neureifen einführen

Alles in allem ist die Nachhaltigkeit der Reifennutzung nur schwierig zu bewerten. Mobilität ist eine Säule unserer Gesellschaft, und ohne Reifen ist sie derzeit nicht denkbar.

Lieferkettengesetz

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) 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.

Verantwortung für kleine Unternehmen

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 typische Risiken der Lieferkette 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. Mit internationale Umweltabkommen werden 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 mittelbareren Zulieferer handelt. Bei Verstößen kann die zuständige Aufsichtsbehörde Bußgelder verhängen. Unternehmen können von öffentlichen Ausschreibungen ausgeschlossen werden.

Relevanz für die Automobilhersteller

Der Daimlerkonzern hat sich der Nachhaltigkeit verpflichtet. Da sind hohe Investitionen und Bemühungen nötig. Nachhaltigkeit ist nicht gratis. Das gilt für die Erreichung der CO₂-Ziele ebenso wie für eine nachhaltige Geschäftsstrategie im sozialen Bereich. Die Motivation ist, Kunden wollen kein Produkt kaufen mit Materialien, die unter Verletzung von Menschenrechten und Umweltstandards hergestellt wurden. Die Produkte werden so attraktiver, und die Glaubwürdigkeit des Unternehmens steigt. Das sind Werte, die essentiell sind. Aber das Wichtigste ist: Die Lebensbedingungen vor Ort für die Menschen werden verbessert (Tagesspiegel 2020)

Das Image eines Automobilkonzerns in Hinsicht auf Nachhaltigkeit und Menschenrechte ist essentiell, um Autos verkaufen zu können. Doch darüber hinaus droht z.B. dem VW-Konzern, dass Bußgelder verhängt werden können. In der chinesischen Provinz Xingjiang wird die Minderheit der Uiguren systematisch unterdrückt. Auf deutsche Unternehmen wie Volkswagen, die dort aktiv sind, können nun weitreichende Konsequenzen zukommen. Denn wie ein Gutachten des Wissenschaftlichen Dienstes des Bundestags zeigt, schafft das Lieferkettengesetz eine neue Rechtslage. Mit Inkrafttreten des Lieferkettengesetzes erscheine "eine Pflicht deutscher Unternehmen zum Abbruch der Geschäftsbeziehungen zu ihren chinesischen Zulieferern fast unausweichlich", wenn diese Zwangsarbeiter einsetzen. Andernfalls drohten ihnen demnach Bußgelder. In Einzelfällen könne sich auch eine "individuelle strafrechtliche Verantwortlichkeit von Unternehmensmitarbeitern" ergeben. Das Lieferkettengesetz sieht für große Unternehmen Bußgelder von bis zu zwei Prozent des jährlichen Umsatzes vor, wenn sie nicht gegen Menschenrechtsverletzungen und Umweltverstöße bei ihren weltweiten Zulieferern vorgehen (ntv 2021).

Quellen

- ADAC (2020): Runderneuerte Reifen: Eine gute Alternative zu Neureifen? Online: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/runderneuerte-reifen/>
- 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 (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>
- BMJ Bundesministerium für Justiz (1997, 2002 und 2020): Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Verordnung – AltfahrzeugV). Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/altautov/BjNR166610997.html>
- 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>
- 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 (2017): Online: Nationaler Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Online: <https://india.diplo.de/blob/2213082/a20dc627e64be2cbc6d2d4de8858e6af/nap-data.pdf>

- Business & People (2022): Alternativen zum Individualverkehr. Online: <https://www.business-people-magazin.de/2022/1-april-2022/alternativen-zum-individualverkehr-30926/>
- bvse (2014): ALTÖLAUFKOMMEN IN DEUTSCHLAND. Online: <https://www.bvse.de/fachbereiche-sonderabfall-altoel/altoel-themen/altoelaufkommen-in-deutschland.html>
- Continental (1999): Produkt-Ökobilanz eines PKW-Reifens. Online: https://www.dgengineering.de/download/open/Studie_Continental_Oekobilanz.pdf
- Continental (o.J.): Woraus besteht ein Reifen? Online: <https://www.continental-reifen.de/autoreifen/reifenwissen/reifen-grundlagen/reifenmischung>
- DStatis (o.J.): Straßenverkehr: EU-weite CO₂-Emissionen seit 1990 um 29 % gestiegen. Online: https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Umwelt-Energie/CO2_Strassenverkehr.html
- FIS (2019): Pkw-Besetzungsgrad bei der privaten Autonutzung. Online: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/79638/>
- Fraunhofer Umsicht link nicht gefunden <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/studien/2017/Studie-VCI-Circular-Economy-Gesamtstudie.pdf>
- freeMalaysiatoday (2014): MyTeksi launches GrabCar service. Online: <http://www.freemalaysiatoday.com/category/business/2014/05/17/myteksi-launches-grabcar-service/>
- ISE Institut für seltene Erden und Metalle AG (o.J.): strategische Metalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/stategische-metalle-2>
- IUCN International Union for Conservation of natural resources (2017): Primary microplastics in the ocean. Online: <https://portals.iucn.org/library/node/46622>
- KBA Kraftfahrtbundesamt (2021): Inländer Fahrleistung. Online: https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2020/2020_vk_kurzbericht.html
- Kfz-tech (o.J.): Räder (Geschichte) 1. Online: <https://www.kfz-tech.de/Biblio/Raeder/Raeder.htm>
- Kfz-Tech (o.J.): Reifenherstellung. Online: <https://www.kfz-tech.de/Biblio/Raeder/Reifenherst.htm>
- KVG-Braunschweig (o.J.): AST (ANRUF-SAMMEL-TAXI) online: <https://www.kvg-braunschweig.de/Service/OEPNV-von-A-Z/A/Anruf-Sammel-Taxi/>
- Merkur (2017): Öko-Trend? Nachwachsende Rohstoffe im Autobau online: <https://www.merkur.de/auto/nachwachsende-rohstoffe-im-autobau-zr-7359033.html>
- Motorölportal (o.J.): LONGLIFE-ÖL - ALLE FAKTEN UND MOTORÖLE IM ÜBERBLICK. Online: <https://www.motoroel-portal.de/longlife-oel/>
- ntv (2021): Firmen müssen aus Uiguren-Region abziehen. Online: <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Firmen-muessen-aus-Uiguren-Region-abziehen-article22557436.html>
- Pirelli (2019): Wie viele Kilometer kann ein Reifen zurücklegen? Online: <https://www.pirelli.com/global/de-de/road/wie-viele-kilometer-kann-ein-reifen-zuruecklegen>
- Pt-Magazin (2006): Ruß im Reifen Online: https://www.pt-magazin.de/de/wirtschaft/innovation/ru%C3%9F-im-reifen_15j.html
- Reifenlabel (o.J.): Lärmschutz erkennen. Online: <https://reifenlabel-info.de/leise/>
- Sonnenseite (2019): Nachhaltige Alternativen zum Individualverkehr im Mittelpunkt. Online: <https://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/nachhaltige-alternativen-zum-individualverkehr-im-mittelpunkt/>

- Tagesspiegel (2021): "Nachhaltigkeit ist nicht gratis" Warum Daimler das Lieferkettengesetz befürwortet. Online:
<https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/warum-daimler-das-lieferkettengesetz-befurwortet-4234441.html>
- TE Transport & Environment (2022): Neue Analyse bestätigt: Autos mit E-Fuels sind weit weniger umweltfreundlich als Elektroautos. Online:
<https://www.transportenvironment.org/discover/neue-analyse-bestaetigt-autos-mit-e-fuels-sind-weit-weniger-umweltfreundlich-als-elektroautos>
- UBA Umweltbundesamt (2017). Die richtigen Reifen Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/die-richtigen-reifen>
- UBA Umweltbundesamt (2021): Klimaschutzinstrumente im Verkehr CO2-Flottenzielwerte für Pkw. Online:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/uba-kurzpapier_flottenzielwerte_pkw_kliv.pdf
- UBA Umweltbundesamt (o.J.): Best Practice Municipal Management. Online:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/stoffstrom_altreifen_tyr.pdf (jahr & titel überprüfen)
- 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-napd>
- 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-napd>
- ADAC (2022): Top 30: Das sind die sparsamsten Elektroautos. Online:
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/autokosten/sparsamste-elektroautos/>
- Versandrechner (o.J.): Versandrechner. Online: <https://versandrechner.de/sperrgut-autorad.htm>
- WWF (2019): Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie. Online:
https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-und_Zementindustrie_WEB.pdf
- Zeit-Online (2022): EU fördert Altöl-Recycling: Pilotanlage in Schweinfurt. Online:
<https://www.zeit.de/news/2022-02/01/eu-foerdert-altoel-recycling-pilotanlage-in-schweinfurt>
-

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)“