

*Hintergrundmaterial zu den SDG's (HGM)*

# **Wasserwirtschaft** **Wasserbauer\*in** **FK Abwassertechnik** **FK Wasserversorgungstechnik**

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH  
Pia Paust-Lassen, [p.paust-lassen@izt.de](mailto:p.paust-lassen@izt.de)  
Kathrin Gegner, [k.gegner@izt.de](mailto:k.gegner@izt.de)  
Dr. Michael Scharp, [m.scharp@izt.de](mailto:m.scharp@izt.de)  
Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin  
Webseite: [www.pa-bbne.de](http://www.pa-bbne.de)  
Telefon: 030-308088-14

GEFÖRDERT VOM



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
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	7
1.3.1 Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”	7
1.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung	8
1.4 Glossar	8
1.5 Quellenverzeichnis	9
<b>SDG 3: Gesundheit und Wohlergehen</b>	<b>9</b>
Wasserqualität in Deutschland	11
Trinkwasserqualität	11
Nitratbelastung des Grundwassers	12
Gesundheitsschutz bei Arbeiten im Freien	13
Arbeitsschutz und Witterungsbedingungen	13
Persönliche Schutzausrüstung	14
Textilsiegel	15
Quellenverzeichnis	17
<b>SDG 4: “Hochwertige Bildung”</b>	<b>19</b>
10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE	20
Schritt 1 – Richtig anfangen:	
Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE	20
Schritt 2 – Selbstwirksamkeit schaffen:	
Eröffnung von Nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven	21
Schritt 3 – Ganzheitlichkeit:	
Gestaltung transformativer Lernprozesse	21
Schritt 4 – Lernort Betrieb:	
Entwicklung nachhaltiger Lernorte	22
Quellenverzeichnis	22
<b>SDG 6: “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen”</b>	<b>23</b>
Die Bedeutung der Agenda 2030 für Deutschland	25
Abwasserreinigung	26
Phosphorfällung	27
Spurenstoffe im Wasserkreislauf	27
Umweltdelikte	28
Nachhaltige Abwassertechnik	29
Neuartige Sanitärsysteme (NASS)	29
Abwasseraufbereitung und Wasserwiederverwendung	29

Gewässer- und Wasserqualität in Deutschland	30
Oberflächengewässer	30
Grundwasser	31
Verschmutzung und wassergefährdende Stoffe	32
Mikroplastik	33
Naturnahe Gewässerstrukturen	35
Renaturierung von Fließgewässern	35
Fischaufstiegshilfen	36
Vertiefung der Elbfahrrinne	37
Quellenverzeichnis	38
<b>SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”</b>	<b>42</b>
Erneuerbare Energien	43
Photovoltaik	44
Solarwärme	46
Bioenergie	46
Erd- und Umgebungswärme	47
Beleuchtung	48
Rationelle Energienutzung und Energiesparen	49
Mobilität	50
Nutzungsverhalten	50
Logistik	51
Geschäftsreisen	51
Geschäftsfahrzeuge und Antriebskonzepte	52
Fuhrpark für den motorisierten Individualverkehr	52
Nutzungsverhalten	53
Alternative Mobilität	54
Kraftstoffe	54
Elektromobilität	55
Brennstoffzellen	57
Nutzfahrzeuge: Elektrisch oder mit Brennstoffzellen?	58
Energiespeicherung	60
Rohstoffe für Akkus	61
Batterien als Energiespeicher	62
Folgen für Ökologie und Gesundheit der Energienutzung	64
Fracking	65
Feinstaub	65
Flächenkonkurrenz	66
Quellen	67
<b>SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit”</b>	<b>71</b>
Menschenwürdige Arbeit	73
Saisonarbeit	73

DGB Index Gute Arbeit	73
BDA - Die Arbeitgeber	75
Prekäre Beschäftigungsverhältnisse	75
Kinderarbeit	76
Arbeitsschutz, Gesundheit und Gute Arbeit	76
Gender Pay Gap	76
Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz	77
Unternehmensführung	78
Personalführung	79
Quellenverzeichnis	79
<b>SDG 12: “Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen”</b>	<b>82</b>
Liefer- und Wertschöpfungsketten	83
Lieferkettengesetz (LkSG) in Deutschland	84
Europäisches Lieferkettengesetz	85
Ressourcenverbrauch	85
Ressourcen Rückgewinnung aus Abwasser	87
Baumaterialien	88
Wasserdurchlässige Pflasterflächen	88
Natursteine	89
Natursteinsiegel	91
Nachhaltiger Zement	94
Anlage von Wegen und Straßen	95
Betonstraßen	96
Asphalt	96
Warmasphalt	96
Substitution von Asphalt durch Altkunststoffe	97
Weitere Asphalt-Substitution	98
Nachhaltigkeitssiegel für Holz	98
Baurestmassen	100
Quellenverzeichnis	101
<b>SDG 13: “Maßnahmen zum Klimaschutz”</b>	<b>106</b>
Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft	108
Hochwasser	108
Wassertemperatur und ökologischer Zustand der Gewässer	108
Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	108
Küsten	109
Klimaschutz und Klimaanpassung im Wassersektor	109
Hochwasserschutz	110
Regenwassermanagement und blau-grüne Infrastruktur	111
Senkung der Wassertemperaturen und Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer	112

Grundwasserressourcen schonen, Grundwasserneubildung fördern	112
Küstenschutz	112
Minimierung der Treibhausgasemissionen der Abwassersysteme	113
Energiesparendes Fahrverhalten	113
Umweltfreundliche Beschaffung am Beispiel Papier	115
CO <sub>2</sub> -Fußabdruck	115
Individueller CO <sub>2</sub> -Fußabdruck	116
Digitaler CO <sub>2</sub> -Fußabdruck	117
SCOPE-Bilanzierung für THG-Emissionen von Unternehmen	118
Quellenverzeichnis	119
<b>SDG 14: “Leben unter Wasser”</b>	<b>121</b>
Bedeutung der Meere	122
Bedrohung der Küsten- und Meeresökosysteme	122
Schutz der Meere	123
Reduktion der Nährstoffeinträge	123
Reduktion von Plastikeinträgen	123
Bewirtschaftung und Schutz der Meere und Küstenökosysteme	124
Quellenverzeichnis	124
<b>SDG 15: “Leben an Land”</b>	<b>125</b>
SDG 15 und Wasserwirtschaft	126
Feuchtgebiete	127
Auen	128
Kühkopf-Knoblochsau am Rhein	128
Schutz der Moore	129
Königsmoor in Schleswig Holstein	130
Süßwasser-Ökosysteme	131
Boden	132
Bodenfunktionen im Wasserkreislauf	132
Bodenschutz	132
Wald und Wasserkreislauf	133
Nachhaltige Waldwirtschaft	133
Invasive Arten	136
Quellenverzeichnis	138

# 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 um Nachhaltigkeit erweiterte neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ mit Leben füllen soll. Mit „Leben zu füllen“ deshalb, weil „Nachhaltigkeit“ ein Ziel ist und wir uns den Weg suchen müssen. Wir wissen beispielsweise, dass die Energieversorgung künftig klimaneutral sein muss. Mit welchen Technologien wir dies erreichen wollen und wie unsere moderne Gesellschaft und Ökonomie diese integriert, wie diese mit Naturschutz und Sichtweisen der Gesellschaft auszugestalten sind, ist noch offen.

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

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

## 1.2 Die Materialien der Projektagentur

Die neue Standardberufsbildposition gibt aber nur den Rahmen vor. Selbst in novellierten Ausbildungsordnungen in Berufen mit großer Relevanz für wichtige Themen der Nachhaltigkeit wie z.B. dem Klimaschutz werden wichtige Fähigkeiten, Kenntnissen und Fertigkeiten in den berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen nicht genannt – obwohl die Berufe deutliche Beiträge zum Klimaschutz leisten könnten. Deshalb haben wir uns das Ziel gesetzt, Auszubildenden und Lehrkräften Hinweise im Impulspapier zusammenzustellen im Sinne einer Operationalisierung der Nachhaltigkeit für die unterschiedlichen Berufsbilder. Zur Vertiefung der stichwortartigen

Operationalisierung wird jedes Impulspapier ergänzt durch eine umfassende Beschreibung derjenigen Themen, die für die berufliche Bildung wichtig sind. Dieses sogenannte Hintergrundmaterial orientiert sich im Sinne von BNE an den 17 SDGs, ist faktenorientiert und wurde nach wissenschaftlichen Kriterien erstellt. Ergänzt werden das Impulspapier und das Hintergrundmaterial durch einen Satz von Folien, die sich den Zielkonflikten widmen, da „*Nachhaltigkeit das Ziel ist, für das wir den Weg gemeinsam suchen müssen*“. Und dieser Weg ist nicht immer gleich für alle Branchen, Betriebe und beruflichen Handlungen, da unterschiedliche Rahmenbedingungen in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökonomie, Ökologie und Soziales – gelten können. Wir haben deshalb die folgenden Materialien entwickelt:

1. BBNE-Impulspapier (IP): Betrachtung der Schnittstellen von Ausbildungsordnung, Rahmenlehrplan und den Herausforderungen der Nachhaltigkeit in Anlehnung an die SDGs der Agenda 2030. Das Impulspapier ist spezifisch für einen Ausbildungsberuf erstellt, fasst aber teilweise spezifische Ausbildungsgänge zusammen (z.B. den Fachmann und die Fachfrau zusammen mit der Fachkraft sowie die verschiedenen Fachrichtungen);
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 "Organisation des Ausbildungsbetriebs, Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht", "Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit", "Umweltschutz und Nachhaltigkeit" sowie "Digitalisierte Arbeitswelt" aufgenommen werden (BiBB 2021). Insbesondere die letzten beiden Positionen unterscheiden sich deutlich von den alten Standardberufsbildpositionen.

Diese Positionen begründet das BIBB wie folgt (BIBB o.J.a): "Unabhängig vom anerkannten Ausbildungsberuf lassen sich Ausbildungsinhalte identifizieren, die einen

grundlegenden Charakter besitzen und somit für jede qualifizierte Fachkraft ein unverzichtbares Fundament kompetenten Handelns darstellen" (ebd.).

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

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

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

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

### **1.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung**

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

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

Während die Grundlage in den Impulspapieren die Ausbildungsordnungen und die Rahmenlehrpläne der beruflichen Bildung waren, die mit den SDG vernetzt wurden, geht das Hintergrundpapier den umgekehrten Weg: Wir betrachten die SDG im Hinblick auf ihre Bedeutung für die berufliche Bildung.

## 1.4 Glossar

Folgende Abkürzungen werden in diesem Dokument verwendet:

- AO Ausbildungsordnung
- BBNE: Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung
- BNE: Bildung für nachhaltige Entwicklung
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
- CO<sub>2</sub>-Äq Kohlendioxid-Äquivalente
- DNK Deutscher Nachhaltigkeitskodex
- DNS Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
- EE Erneuerbare Energien
- EU Europäische Union
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IKZM Integriertes Küstenzonenmanagement
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- KMU kleine und mittlere Unternehmen
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- THG Treibhausgase bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq)
- VDI Verein deutscher Ingenieure
- WHG Wasserhaushaltsgesetz
- ZK Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte

## 1.5 Quellenverzeichnis

- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (2021): Vier sind die Zukunft. Online: [www.bibb.de/de/pressemitteilung\\_139814.php](http://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](http://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](http://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](http://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174)

## SDG 3: Gesundheit und Wohlergehen

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

In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Weiterentwicklung 2021) wird Gesundheit als Voraussetzung für Wohlstand, sozialen Zusammenhalt und gesellschaftliche Teilhabe betont. Gesundheit ist verknüpft mit den drei Dimensionen für nachhaltige Entwicklung, Soziales, Ökonomie und Ökologie. “Die Verbesserung der Gesundheit aller Menschen weltweit ist ein zentrales Anliegen der Agenda 2030. Gesundheit ist ein Menschenrecht, das das Recht für alle auf ein erreichbares Höchstmaß an körperlicher, geistiger und sozialer Gesundheit anerkennt und bei dessen Verwirklichung niemand zurückgelassen werden darf. ... Insofern ist SDG 3 nicht nur mit den SDGs 2 „Kein Hunger/Bessere Ernährung“, SDG 6 „Sauberes Wasser“ oder SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“ verknüpft, sondern mit allen SDGs, insbesondere auch mit SDG 16 „Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen“. (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 150)

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

Zu diesem Unterziel 3.9 werden in Deutschland drei Indikatoren erfasst (Destatis 2022):

- Sterblichkeitsrate infolge von Verschmutzung der Raum- bzw. Außenluft;
- Sterblichkeitsrate infolge von Kontakt mit verunreinigtem Wasser, unzureichenden sanitären Verhältnissen und mangelnder Hygiene (Gefährdung durch unzureichende Leistungen im Bereich "Wasser, Sanitärversorgung und Hygiene (WASH) für alle);
- Sterblichkeitsrate infolge von unbeabsichtigten Vergiftungen

Diese Indikatoren sind für die Wasserwirtschaft im Zusammenhang mit den Ausführungen zur Verschmutzung von Wasser und zu gesundheitsgefährdenden Stoffen (Absatz 2) bemerkenswert. Denn in den Ausführungen zu SDG 3 in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2021 werden die Zielsetzungen für Deutschland in Bezug auf die Stärkung der Prävention und Vorsorge bzgl. Gesundheit und Umweltverschmutzung deutlich (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 151):

*"Aber auch die gesundheitsförderliche Gestaltung der Lebenswelten spielt eine entscheidende Rolle. Ebenso relevant im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes sind gesundheitsförderliche Umweltbedingungen. Das gilt auch für die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit, z. B. durch längere Hitzeperioden und höhere Belastungen durch UV-Strahlung."*

Wasserbauer\*innen sowie die Fachkräfte für Wasserversorgungs- und Abwassertechnik haben eine hohe Relevanz für das SDG 3, insbesondere für das Unterziel 3.9. Sauberes Wasser ist ein elementares Gut, ohne dass ein gesundes Leben nicht möglich ist. Auf der individuellen Ebene der Arbeitenden sind aus Sicht der Nachhaltigkeit aber noch die Arbeitsbedingungen relevant, da Wasserbauer und die Fachkräfte für Wasserversorgungs- und Abwassertechnik auch in Außenbereichen arbeiten und somit einerseits den Umweltbedingungen (Hitze, Kälte, Gewitter und Nässe) ausgesetzt sind, andererseits tlw. mit gesundheitsgefährdenden Abfällen (Fäkalien) umgehen müssen.

Für die Berufsbilder Wasserbau, Abwassertechnik, Wasserversorgungstechnik und Wasserwirtschaft sind die Auswirkungen des Klimawandels unmittelbar relevant, weil einerseits zunehmende bislang nicht in dem Ausmaß in Deutschland bekannte Wetterereignisse wie längere Trockenperioden oder Starkregenereignisse sowohl auf den Wasserkreislauf, als auch auf Flüsse, Seen, Küstengewässer und auf das Grundwasser einwirken. Andererseits finden viele Arbeiten in diesen Berufsfeldern im Freien statt, so dass Hitze, Trockenheit und Starkregen direkt die Arbeitsabläufe und Arbeitsbedingungen beeinflussen.

## Wasserqualität in Deutschland

Im SDG 3 wird besonders auf Todesfälle und Erkrankungen durch Wasserverschmutzung hingewiesen. Hierbei ist zu bedenken, dass die Agenda 2030 mit den SDGs eine globale Vereinbarung ist. Die Wasserverschmutzung im Sinne einer Belastung des Trinkwassers mit Chemikalien oder Bakterien oder die Ableitung von ungereinigten Industrie- und Gewerbeabwässern sowie eine fehlende Aufbereitung häuslicher Abwässer sollten eigentlich kein besonderes Problem in Deutschland sein angesichts des hohen Standes der Infrastruktur, der Technologien zur Wasser- und Abwasseraufbereitung und der sehr hohen Investitionen der Wasserwirtschaft.

Von 1990 bis 2020 haben die Wasserversorgungsunternehmen rund 77 Mrd. Euro in Wassergewinnung, Aufbereitung und Speicherung, in Wassertransport- und Wasserverteilungsanlagen sowie in Zähler und Messgeräte investiert (BDEW 2022). Die Wasserversorgung der Bevölkerung erfolgt vor allem aus Grundwasser mit ca. 62%, fast 30% stammen aus Oberflächengewässern, der Rest von ca. 8% aus Quellwassern (ebd.). Weiterhin sind 97% der Bevölkerung an die öffentliche Kanalisation angeschlossen, das häusliche Abwasser wird also den Kläranlagen zugeleitet (destatis 2018). In 2019 wurden rund 5 Milliarden Kubikmeter Abwasser in öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen geklärt, dies waren 56% der gesamten Abwassermenge (Regenwasser: 26%, Fremdwasser bzw. in die Kanalisation eindringendes Grundwasser, Fluss- oder Drainagewasser 17%, statista 2022). Das Kanalnetz in Deutschland hat eine Länge von 610.000 km (statista 2022), also eine Strecke, die 15 mal um den Erdball führen würde.

### Trinkwasserqualität

Die Trinkwasserqualität in Deutschland ist nach Einschätzung des Umweltbundesamtes gut bis sehr gut, Mikroorganismen oder Stoffe sind nur selten im Trinkwasser (UBA 2019a, UBA 2021a). In Deutschland werden pro Jahr bis zu 120.000 Messungen pro Parameter der Trinkwassergüte durchgeführt, und es zeigte sich, *“dass nahezu alle mikrobiologischen und chemischen Qualitätsparameter mit Ausnahme weniger Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe zu mehr als 99 Prozent eingehalten wurden. Grenzwerte wurden nur vereinzelt überschritten”*.

Grenzwertüberschreitungen gab es im Berichtsjahr 2018 bei dem Parameter *“coliforme Bakterien”* (2018: 1,3% der Proben im Wasserwerk sowie 0,6% am Wasserhahn der Verbraucher, UBA 2021a). Oft handelte es sich um spontane Überschreitungen, die bei näherer Untersuchung nicht bestätigt wurden. Bei den coliformen Bakterien handelt es sich um einen Indikator, der auf eine Verschlechterung der Wasserqualität hinweist, aber nicht immer als direkte Gesundheitsgefährdung zu deuten ist (ebd.).

## Nitratbelastung des Grundwassers

Sowohl für Trinkwasser als auch für Grundwasser gelten gesetzlich festgeschriebene Grenzwerte für Nitrat von 50 mg pro Liter (TrinkwV 2021 und GrwV 2017).

Nitratbelastungen im Trinkwasser sind die seltene Ausnahme (UBA 2021a). Messungen des Grundwassers zeigen, dass dieser Grenzwert oft überschritten wird. Rund 30 Prozent der Grundwassermessstellen in Deutschland überschreiten den Grenzwert von 50 Milligramm Nitrat pro Liter (BMUV und BMEL 2020: 5, 10, 21). Dies betrifft insbesondere Einzugsgebiete, die landwirtschaftlich genutzt werden, z. B. als Ackerflächen, Grünland oder Gemüseanbauflächen. Da Grundwasser die überwiegend genutzte Ressource für die Trinkwassergewinnung in Deutschland ist, gilt dieser Zustand auch in Fachkreisen als besorgniserregend.

Die Entfernung des Nitrats aus Wasser in Wasserwerken ist mit verschiedenen Verfahren - sofern der Nitratgehalt nicht durch Mischen mit unbelastetem Wasser reduziert wird - möglich und auch der Grund für die gute Qualität des Trinkwassers (BLfU 2013):

- Ionenaustausch: Das zu filternde Trinkwasser wird über einen Ionentauscher geführt. Es kann ein mit Kationenaustauscher (z.B.  $\text{Na}^+$ ) oder Anionenaustauscher (z.B.  $\text{Cl}^-$ ) beladenes Harz sein. Andere Ionen wie Calcium (Wasserhärte) oder Nitrat verbleiben am Ionenaustauscher, und Natriumionen oder Chlorid gehen in Lösung. Das CARBEX-Verfahren arbeitet mit stark sauren und basischen Ionenaustauschern, so dass Wasserstoffionen und Hydrogencarbonat in Lösung gehen ("Kohlensäure"). Es wird vor allem zur Nitratentfernung eingesetzt.
- Umkehrosmose: Das zu filtrierende Wasser wird durch eine semipermeable Membran mit hohem Druck gepresst. Nur das Wasser (und sehr kleine Ionen) kann die Membran passieren. Es dient zur Enthärtung sowie zur Sulfat- und Nitratentfernung. Osmose Prozesse sind sehr energieaufwändig und dienen auch zur Meerwasserentsalzung.
- Nanofiltration: Diese ist ähnlich der Osmose, findet aber bei geringerem Druck statt. Sie entfernt Viren, Bakterien, hochmolekulare organische Stoffe sowie große einwertige und mehrwertige Ionen (Sulfat, Calcium, Nitrat = großes Molekül).
- Biologische Verfahren: Hierbei werden nitrifizierende Bakterien genutzt, die Nitrat in Stickstoff umwandeln. Das Verfahren ist aufwändig und wird nicht häufig eingesetzt.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, 2013) stuft Nitrat selbst als gesundheitlich unbedenklich ein. Gesundheitlich problematisch ist der Stoff Nitrit, der im Lebensmittel oder während der Verdauung durch die Einwirkung von Bakterien aus Nitrat entstehen kann. Nitrit im Körper sorgt dafür, dass der rote Blutfarbstoff, das Hämoglobin, in Methämoglobin umgewandelt und dadurch die Sauerstoffbindung im Blut unterbunden wird. Die Folge ist eine mangelnde Sauerstoffversorgung des Gewebes und der Organe

des menschlichen Körpers. Ein gesundheitliches Risiko durch zu hohe Nitrat- bzw. Nitritaufnahme besteht vor allem für Säuglinge. Ein weiteres Risiko besteht, wenn nitrathaltige Lebensmittel bei einer bakteriellen Infektion des Magen-Darm-Traktes aufgenommen werden, da in diesem Fall Nitrat im Darm verstärkt zu Nitrit umgewandelt wird. Insbesondere bei Kindern wird dann zu nitratarmer Kost geraten (ebd.). Die Aufnahme von Nitrat erfolgt in erster Linie über den Verzehr von Frischgemüse, Getreide und Obst.

## Gesundheitsschutz bei Arbeiten im Freien

Zum Gesundheitsschutz und zur Arbeitssicherheit gelten u.a. folgende Vorschriften und Regelungen:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Arbeitssicherheitsgesetz (AsiG),
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV),
- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BGV),
- Sozialgesetzbuch und Handbuch zum Arbeitsschutzmanagement (BMVBS).

Eine Gefährdungsanalyse und -beurteilung sollte im Betrieb regelmäßig erfolgen, um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess durchführen zu können, aus dem entsprechende Schutzmaßnahmen für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten ergriffen werden können. Die erforderlichen Betriebsanweisungen sind an neue Erkenntnisse anzupassen und zu aktualisieren. Hier sind entsprechende Erkenntnisse zu Auswirkungen auf eine nachhaltige Entwicklung und auf Maßnahmen zum Klimaschutz einzuarbeiten. Die folgenden arbeitsrechtlichen Vorgaben zu kennen, ermöglicht es den Arbeitskräften, erforderliche Schutzmaßnahmen selbst zu ergreifen bzw. vom Arbeitgeber einzufordern.

## Arbeitsschutz und Witterungsbedingungen

“Das Arbeitsschutzgesetz schreibt vor, dass Arbeitgeber die Arbeit so gestalten müssen, dass eine Gefährdung für das Leben (...) möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten“ wird. Bei den Maßnahmen sind laut Paragraph 4 unter anderem der Stand der Technik sowie „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ zu berücksichtigen. ...Konkret wären das zum Beispiel Schattenspende auf der Baustelle, mehr Pausen bei heißen Tagen oder sehr kalten Wintertagen sowie kostenlose Sonnencreme, Wasser und Sonnenbrillen bzw. Thermobekleidung im Winter oder Wärmepacks (z.B. heizende Einlegesohlen) für Mitarbeiter\*innen” (Handwerk 2022).

Auch die **Berufsgenossenschaft Bauwirtschaft** gibt Tipps zum Hitzeschutz am Arbeitsplatz. Wirksame Mittel lassen sich in den folgenden vier Handlungsfeldern ergreifen:

- Schutz vor übermäßiger Wärmeeinwirkung von außen: Hierfür empfiehlt sich die Arbeitszeitverlagerung in kühlere Tageszeiten, das Nutzen von Schattenspendern, Klimatisierung (zum Beispiel von Fahrerinnen) und die Vermeidung oder Minimierung zusätzlicher Wärmequellen.
- Reduzierung der inneren Wärmeproduktion: Dieses Ziel erreicht man beispielsweise mit der Senkung des Arbeitspensums. Auch die Minderung der Arbeitsbelastung durch Hilfsmittel trägt dazu bei. Zusätzliche Pausen und das Vermeiden von „schweren“ Mahlzeiten sind ebenfalls ein Beitrag.
- Erleichterung der Wärmeabgabe: Hitzebelastung erzeugt Wärme im Körper. Kühlung erreicht man beispielsweise durch Kopfbedeckungen mit angefeuchtetem Nackenschutz. Auch an Helmen lassen sich Nackenschutztücher befestigen. Ventilatoren erzeugen zusätzliche kühlende Luftbewegungen und auch Pausen in einer kühleren Umgebung sorgen für Abkühlung.
- Sicherstellung einer ausreichenden Flüssigkeitszufuhr: Die Bereitstellung von genügend Wasser, Tee oder verdünnten Fruchtsäften ist ein weiterer, einfacher Schutz vor Hitze. Natürlich sollten dann aber auch regelmäßige Trinkpausen eingeplant werden.
- Materialien
  - Checkliste der BG BAU: [www.bgbau.de/sonne-hitze](http://www.bgbau.de/sonne-hitze)
  - Information der BGBAU [www.bgbau.de/mitteilung/hitzeschutz-am-arbeitsplatz](http://www.bgbau.de/mitteilung/hitzeschutz-am-arbeitsplatz)
  - Informationsbroschüre BG BAU: [www.bgbau.de/service/angebote/medien-center-suche/medium/gut-geschuetzt-durch-den-sommer](http://www.bgbau.de/service/angebote/medien-center-suche/medium/gut-geschuetzt-durch-den-sommer)

### **Persönliche Schutzausrüstung**

Nachhaltigkeit in der Textilbranche betrifft sowohl faire Arbeitsbedingungen bei der Produktion der Rohstoffe und im Bereich der Textilherstellung für Arbeitskleidung, als auch Umweltaspekte beim Anbau von Baumwolle und anderen Rohstoffen und für den Gebrauch eine langfristige Haltbarkeit und den Austausch von Verschleißteilen ohne großen Aufwand. Natürliche Fasern wie Baumwolle, Leinen, Wolle und Seide weisen eine besonders gute Bilanz in Sachen Nachhaltigkeit auf. “Da im Bereich der Arbeitskleidung jedoch vielfach die Vorteile von Kunstfasern unverzichtbar sind, kann Polyesterkleidung zu einem großen Teil aus recyceltem Polyester hergestellt werden. Vor allem im Bereich der T-Shirts gibt es bereits ein großes Angebot von Modellen aus Kunstfasern, welche durch das Recycling von Plastikflaschen hergestellt werden” (Ratgeber Bradusch o.J.).

Für die persönliche Schutzausrüstung (PSA) sollte darauf geachtet werden, dass sie mit Nachhaltigkeitssiegeln versehen ist, um zum einen gesundheitsgefährdende Chemikalien in und an der Kleidung vermeiden zu können und zum anderen auf fairer Arbeitsbedingungen bei der Herstellung der Kleidung achten zu können.

Ein Beispiel für die Herstellung von Schutzausrüstungen, die die Anforderungen an Nachhaltigkeit erfüllt ist das Unternehmen AlSCO, das nach eigenen Angaben als erster Textildienstleister jetzt auch Schutzkleidung (PSA) anbietet, die mit dem staatlichen Nachhaltigkeitssiegel „Grüner Knopf“ ausgezeichnet ist und die Richtlinien der PSA-Verordnung (EU) 2016/425 erfüllen: *„Die Multinorm-PSA-Kollektionen 'ecoRover Safety' und 'SafetyPlus' von Teamdress beweisen, dass ein Höchstmaß an Sicherheit das Thema Nachhaltigkeit nicht vernachlässigen muss“*, heißt es in einer Mitteilung von AlSCO. Die beiden Kollektionen ergänzen die ebenfalls mit dem „Grünen Knopf“ zertifizierte Workwear-Kollektion „ecoRover“ von Teamdress, welche das Unternehmen bereits letztes Jahr vorgestellt hatte. Mit dem grünen Knopf werden Produkte und Unternehmen ausgezeichnet, die sozial und ökologisch hergestellte Kleidung anbieten. Das Textilsiegel „Grüner Knopf“ umfasst derzeit zwei Säulen: *“Zum einen die Unternehmensprüfung, wobei das gesamte Unternehmen anhand von 20 Kriterien seine menschenrechtliche, soziale und ökologische Verantwortung nachweisen muss. Und zum zweiten die individuelle Produktprüfung, hierbei müssen 26 soziale und ökologische Bedingungen erfüllt sein.”* (Verlagshaus Gruber 2022)

## Textilsiegel

Um zwischen “guten”, “besseren” oder “schlechten” Produkten zu entscheiden, kann man auf Siegel vertrauen. Es gibt jedoch inzwischen eine kaum überschaubare Vielfalt an Siegeln – Herstellersiegel, Siegel, die von Institutionen und Verbänden herausgegeben werden und staatliche Siegel. Manche umfassen die ganze Lieferkette oder den Lebenszyklus des Produktes mit ökologischen und sozialen Vorgaben, manche setzen bestimmte Schwerpunkte wie z.B. die Rohstoffherstellung oder fokussieren sich auf soziale Aspekte. Einen Wegweiser für Textilsiegel bietet z.B. das Informationsportal Siegelklarheit (ebd. o.J.), Label-online (ebd. o.J.) der Verbraucherinitiative und der Ethik.Guide (ebd. o.J.). Hier werden u.a. die wichtigsten und gebräuchlichsten Bio- und Fair-Siegel (z.B. GOTS, Naturtextil IVN best, FairTrade, FairWertung), der “grüne Knopf” sowie der “Umweltengel” besprochen, die als Orientierung für Konsumenten und Konsumentinnen dienen können:

- EU-Ecolabel: Das EU-Ecolabel wird von der deutschen Vergabestelle (RAL gGmbH) verliehen und wird für verschiedene Produkte und Dienstleistungen vergeben. Das EU-Ecolabel Textilien kennzeichnet umweltfreundliche Produkte aus Natur- und Chemiefasern und bezieht sich auf den gesamten Produktionsweg (eu-ecolabel, o.J.; Müller et al 2021,16).

- Naturtextil IVN zertifiziert best: Das Label des Internationalen Verbandes der Naturtextilwirtschaft kennzeichnet Naturfasern (100 %), die unter sozialverträglichen und ökologischen Kriterien hergestellt werden und zwar auf allen Produktionsstufen (Naturtextil IVN zertifiziert best, o.J.).
- Global Organic Textile Standard (GOTS): Das Label kennzeichnet von der Rohstoffherzeugung bis zum Verbraucher ökologische und soziale Bedingungen der Textilherstellung mit ökologisch erzeugten Rohstoffen (mindestens 70 % ökologisch erzeugte Naturfaser)
- Der Grüne Knopf: Das staatliche Siegel kennzeichnet nachhaltige Textilien und prüft, ob Unternehmen Verantwortung für die Einhaltung von Menschenrechten und Umweltstandards in ihren Lieferketten übernehmen. Die Kriterien werden fortlaufend weiterentwickelt (Grüner Knopf, o.J.; Müller et al 2021:18).
- Oeko-Tex Made in Green: Das Label kennzeichnet auf Schadstoffe geprüfte Textilien und Produkte aus Leder, die in umweltfreundlichen Betrieben und unter sozialverträglichen Bedingungen und transparenten Lieferketten hergestellt werden (Oeko-Tex Made in Green o.J.).
- bluesign: Ziel des Siegels der bluesign technologies AG ist, den ökologischen Fußabdruck der Textilindustrie zu reduzieren. Das Zeichen garantiert den Verzicht auf schädliche Substanzen mit strengen Kriterien im Bereich Verbraucherschutz, Wasser- und Luftemissionen, Arbeitsschutz und -sicherheit und Ressourcenschonung (Bluesign o.J.).
- cradle to cradle Certified: Das Label, das neben Textilien auch für andere Produkte umfasst, bewertet die Kriterien "Materialgesundheit, Kreislauffähigkeit, Saubere Luft und Klimaschutz, Verantwortungsvoller Umgang mit Boden und Wasser sowie Soziale Gerechtigkeit" in vier Stufen (cradle to cradle Certified o.J.).
- Global Recycled Standard (GRS): Der GRS der gemeinnützigen Organisation "Textile Exchange" zielt darauf, den Anteil von recycelten Materialien in einem Produkt zu erhöhen. Der GRS gibt Kriterien zu den verwendeten Zusatzstoffen sowie Richtlinien zu Umweltmanagement und sozialer Verantwortung im Unternehmen vor (Global Recycled Standard o.J.)
- Umweltengel: Der Umweltengel ist seit über 40 Jahren das Umweltzeichen der Bundesregierung und wird vom Umweltbundesamt "herausgegeben". Inzwischen sind mehr als 20.000 Produkte und Dienstleistungen von über 1.600 Unternehmen ausgezeichnet (UBA o.J.): *Zweck des Umweltzeichens ist es, privaten Verbraucherinnen und Verbrauchern, institutionellen Großverbrauchern und öffentlichen Einrichtungen eine verlässliche Orientierung beim umweltbewussten Einkauf zu geben. Denn eine gezielte Nachfrage nach umweltschonenden Produkten fördert ökologische Produktinnovationen und reduziert Umweltbelastungen. Der Blaue Engel steht für eine unabhängige, transparente und ambitionierte Kennzeichnung.* Der blaue Engel - Textilien kennzeichnet Produkte, die ohne

- gesundheitsgefährdende Chemikalien und unter Einhaltung hoher Umweltstandards hergestellt wurden (Müller et al 2021:17).
- FairTrade Cotton: Das Fairtrade-Produktsiegel für Baumwolle steht für fair angebaute und gehandelte Rohbaumwolle, die getrennt von Nicht-Fairtrade-Baumwolle weiterverarbeitet wird und über alle Produktionsschritte direkt rückverfolgbar ist. Das Siegel garantiert sozialverträgliche Lebens- und Arbeitsbedingungen insbesondere der Kleinbauern beim Baumwollanbau und stellt zusätzlich auch Anforderungen an den umweltverträglichen Anbau der Baumwolle. Bäuerinnen und Bauern sowie Beschäftigte auf Plantagen erhalten eine zusätzliche Fairtrade-Prämie für Gemeinschaftsprojekte. (Fairtrade o.J.).
  - Fairtrade Textile Production: Schwerpunkt des Labels ist es, die Lebensbedingungen der Textilarbeiter\*innen zu verbessern und eine umweltverträgliche Produktion zu unterstützen (Fairtrade Textile Production o.J.)
  - Fair Wear: Siegel der gemeinnützigen Fair Wear Foundation, der es um die Verbesserung der Arbeitsbedingungen in den Lieferketten der Textilindustrie geht. (Fair wear foundation o.J.)

## Quellenverzeichnis

- 1.Sozialgesetzbuch und Handbuch zum Arbeitsschutzmanagement (BMVBS): [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/umwelttechnische\\_berufe/downloads/wasserbauer\\_ha\\_ndbuch-fuer-auszubildende.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/umwelttechnische_berufe/downloads/wasserbauer_ha_ndbuch-fuer-auszubildende.pdf)
- Arbeitsrechte: <https://www.arbeitsrechte.de/hitzefrei-auf-dem-bau/>
- Arbeitsschutzgesetz (ArbschG): <https://www.arbeitsschutzgesetze.com/>
- Arbeitssicherheitsgesetz (AsiG): <https://www.arbeitssicherheit.de/service/lexikon/artikel/arbeitssicherheitsgesetz.html>
- BDEW (2022): Wasserfakten im Überblick. Online: [https://www.bdew.de/media/documents/Wasserfakten\\_im\\_Ueberblick\\_o\\_November\\_2022\\_j\\_Ot\\_t\\_online\\_17112022.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Wasserfakten_im_Ueberblick_o_November_2022_j_Ot_t_online_17112022.pdf)
- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BGV): <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/vorschriften-und-regeln>
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV): <https://www.dgwz.de/gesetze/betriebssicherheitsverordnung>
- BfR Bundesamt für Risikobewertung (2013): Fragen und Antworten zu Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. Online: [https://www.bfr.bund.de/de/fragen\\_und\\_antworten\\_zu\\_nitrat\\_und\\_nitrit\\_in\\_lebensmitteln-187056.html](https://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_nitrat_und_nitrit_in_lebensmitteln-187056.html)
- BLfU Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013): Möglichkeiten der Nitratentfernung aus dem Trinkwasser. Online: [www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1\\_grundwasserwirtschaft/doc/nr\\_162.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_162.pdf)
- Bluesign (o.J.), Online: <https://bluesign.com>
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2021: Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben
- cradle to cradle Certified (o.J.), Online: <https://www.c2ccertified.org/>

- destatis (2018): 97 % der Bevölkerung an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Online: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/12/PD18\\_471\\_322.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/12/PD18_471_322.html)
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele 2022. Online unter: <http://sdg-indikatoren.de/>
- DNS Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (2021): Weiterentwicklung 2021. online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf> Die Bundesregierung: "Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Weiterentwicklung 2021", 2021. Online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1873516/7c0614aff0f2c847f51c4d8e9646e610/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1>
- EU-Ecolabel (o.J.): Das EU-Eco-Label. Online: [https://eu-ecolabel.de/fileadmin/user\\_upload/Content/30\\_Jahre/EU\\_Ecolabel\\_Flyer\\_DE.pdf](https://eu-ecolabel.de/fileadmin/user_upload/Content/30_Jahre/EU_Ecolabel_Flyer_DE.pdf)
- eu-ecolabel (o.J.): Was ist das EU Ecolabel? Online: <https://eu-ecolabel.de/>
- EU - Grundwasserrichtlinie: <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/wasser/wrrl/wrrl-gw/grrl>
- Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU - WRRL): [https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html)  
EU-WRRL: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt Nr. L 327 vom 22/12/2000 S.0001-0073.
- Fair Trade Deutschland (o.J.) "Was ist Fairtrade" und "Fair Trade Siegel". Online: <https://www.fairtrade-deutschland.de/>
- Fairtrade Textile Production (o.J.), Online: <https://www.fairtrade.net/about/the-fairtrade-textile-programme>
- Fair wear foundation (o.J.), Online: <https://www.fairwear.org>
- Global Recycelt Standard (o.J.): Online: <https://textileexchange.org/recycled-claim-global-recycled-standard/>
- Grüner Knopf (o.J.): Zeichen vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, [www.gruener-knopf.de/](http://www.gruener-knopf.de/)
- GrwV Grundwasserverordnung (2017): Verordnung zum Schutze des Grundwassers. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/grwv\\_2010/](https://www.gesetze-im-internet.de/grwv_2010/)
- Handwerk 2022: Handwerk.com: Hitzewelle 2022: Das gilt rechtlich für die Arbeit auf dem Bau, Juli 2022. Online: <https://www.handwerk.com/bei-hitze-auf-dem-bau-arbeiten-das-gilt-rechtlich>
- IG BAU 2019: Das Hitze-Einmaleins der IGBAU. Online: <https://igbau.de/das-hitze-einmaleins-der-ig-bau-tipps-fuer-die-heisesten-jobs.html>
- Müller et al (2021): Katrin Müller, Anna Schlüter, Carolin Friedrich, Burcu Gözet, Sina Kummer, Kristin Stechemesser: Abfallvermeidung von Textilien - Übersicht zu gesetzlichen Regelungen, Leitfäden, Strategien, Umweltzeichen und Siegel, Hintergrundpapier, Umweltbundesamt Dezember 2021
- Naturtextil IVN zertifiziert best (o.J.): Zeichen vom Internationalen Verband der Naturtextilwirtschaft e.V. Online: <https://naturtextil.de/qualitaetszeichen/qualitaetszeichenbest/>
- Oeko-TEX Made in Green (o.J.). Online: <https://www.oeko-tex.com/de/unsere-standards/oeko-tex-made-in-green>
- Öko-Planet (o.J.) Die wichtigsten Textilsiegel. Online: [www.oeko-planet.com/magazin/die-wichtigsten-textilsiegel](http://www.oeko-planet.com/magazin/die-wichtigsten-textilsiegel)
- Ratgeber Bradusch (o.J.): Nachhaltige Arbeitskleidung. Online: <https://www.bardusch.com/de/de/textilservice/wissen/nachhaltigkeit/nachhaltige-arbeitskleidung.html>

- Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM:l28180>
- Siegelklarheit (GIZ): GEZIELT INFORMIEREN. BEWUSST EINKAUFEN. NACHHALTIG HANDELN.. Online <https://www.siegelklarheit.de/> (Ende 2021 überarbeitet)
- Siegelklarheit (GIZ o.J.): Siegelverzeichnis. Online; [https://www.siegelklarheit.de/siegelverzeichnis#/textilien;sort:rating\\_desc](https://www.siegelklarheit.de/siegelverzeichnis#/textilien;sort:rating_desc)
- Siegelklarheit (GIZ o.J.): Siegelverzeichnis. Online; [https://www.siegelklarheit.de/siegelverzeichnis#/textilien;sort:rating\\_desc](https://www.siegelklarheit.de/siegelverzeichnis#/textilien;sort:rating_desc)
- statista (2022): Statistiken zur Abwasserwirtschaft. Online: <https://de.statista.com/themen/3492/abwasserwirtschaft-in-deutschland/>
- TrinkwV (2021): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. September 2021 (BGBl. I S. 4343). Online: [http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv\\_2001/BJNR095910001.html](http://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2001/BJNR095910001.html)
- UBA o.J. Der Blaue Engel. Online: [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de) AlSCO: Persönliche Schutzausrüstung. Online: [https://www.alsco.de/produktgruppe/persoенliche\\_schutzausruestung/](https://www.alsco.de/produktgruppe/persoенliche_schutzausruestung/) und UV-Schutzkleidung: <https://www.alsco.de/kollektionen/uv-schutzkleidung/>
- UBA Umweltbundesamt (2019a): Trinkwasserqualität. Online: [www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet](http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet)
- UBA Umweltbundesamt (2021a): Qualität des Trinkwassers aus zentralen Versorgungsanlagen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/qualitaet-des-trinkwassers-aus-zentralen>
- Verlagshaus Gruber 2022: Schützt nicht nur die Träger. Online: <https://app.verlagshaus-gruber.de/zeitschriften/2/ausgaben/90/artikel/4501>
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG): <https://dejure.org/gesetze/WHG>

## SDG 4: “Hochwertige Bildung”

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

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

- *Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des*

## *Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung*

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

- e) *Vorschläge für nachhaltiges Handeln für den eigenen Arbeitsbereich entwickeln*
- f) *unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren*

## **10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE**

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

### **Schritt 1 - Richtig anfangen:**

#### **Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE**

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

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

Wichtig ist dabei, dass Auszubildende nicht mit den „Megaproblemen“ unserer Zeit überfordert werden, sondern zur Verantwortung im eigenen Wirkungsraum herausgefordert werden – sowohl im Betrieb als auch im Privaten. Denn Auszubildende sind selbst Konsument/-innen, die durch eine angeleitete Reflexion des eigenen

Konsumverhaltens die Gelegenheit erhalten, ihre „Wirkungsmacht“ im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit in ihrer eigenen Branche zu verstehen.

### **Schritt 2 - Selbstwirksamkeit schaffen:**

#### **Eröffnung von Nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven**

4. **Handlungsfolgen:** Berufliches Handeln ist nie folgenlos: Machen Sie weitreichende und langfristige Wirkungen erkennbar!
5. **Selbstwirksamkeit:** Bleiben Sie nicht beim „business as usual“, sondern unterstützen Sie Schüler\*innen dabei, Alternativen und Innovationen zu entdecken!
6. **Zielkonflikte:** Verstecken Sie Widersprüche nicht hinter vermeintlich einfachen Lösungen, sondern nutzen Sie sie als Lern- und Entwicklungschancen!!
7. **Kompetenzen:** Bildung für nachhaltige Entwicklung verbindet Wahrnehmen, Wissen, Werten und Wirken!

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

### **Schritt 3 - Ganzheitlichkeit:**

#### **Gestaltung transformativer Lernprozesse**

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

Aber wie können Lernsituationen in der Praxis so gestaltet werden, dass sie ganzheitlich aktivierend für die Auszubildenden sind? Es sollte ein lebendiges Lernen mit Hilfe kreativer, erfahrungsbasierter Methoden ermöglicht werden. Dies ist ein grundlegender

(kein neuer) didaktischer Ansatz für die Förderung einer nachhaltigkeitsorientierten Handlungskompetenz. Im Kern bedeutet dies: Lernen mit Lebensweltbezug, welches ausgerichtet ist auf individuelle Lebensentwürfe und das eigene (auch künftige) berufliche Handlungsfeld, z.B. indem Recherchen im eigenen Unternehmen zu Möglichkeiten der Energieeinsparung durchgeführt werden. Lernen soll vor diesem Hintergrund vor allem unter Berücksichtigung der Sinne stattfinden, d. h. mit Körper und Geist erfahrbar sowie sinnlich-stimulierend sein. Die Auszubildenden sollen sich dabei zudem als Teil einer gestalterischen Erfahrungsgemeinschaft erleben. Dies kann durch gemeinsame Reflexionen über das eigene Verhalten und persönliche Erfahrungen gefördert werden, beispielsweise durch die Entwicklung und Verkostung eigener Lebensmittelkreationen unter Nachhaltigkeitsaspekten. Hierfür muss unbestritten immer auch der „Raum“ zur Verfügung stehen (siehe z.B. Hantke 2018 „Resonanzräume des Subpolitischen‘ als wirtschaftsdidaktische Antwort auf ökonomisierte (wirtschafts-)betriebliche Lebenssituationen“). Ebenso können motivierende Beispiele helfen – wie z.B. Erfolgsgeschichten und inspirierende Vorbilder.

### **Schritt 4 – Lernort Betrieb: Entwicklung nachhaltiger Lernorte**

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

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

## **Quellenverzeichnis**

- ARD (2020): Ungenießbar. Online: <https://programm.ard.de/TV/Themenschwerpunkte/Dokus--Reportagen/Alle-Dokumentationen/Sartseite/?sendung=287252703317494>
- Kastrup, J.; Kuhlmeier, W.; Nölle-Krug, M. (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
- Kearney (2019): Was hilft wirklich – Persönliche Klimaschutzmaßnahmen und ihre Wirkung. Repräsentative Befragung von erwachsenen Deutschen. Online: [www.de. Kearney.com/documents/1117166/5477168/CO2+Aufklärung.pdf/d5fba425-3aec-6a4e-fb2d-9b537c7dd20b?t=1583241728000](http://www.de. Kearney.com/documents/1117166/5477168/CO2+Aufklärung.pdf/d5fba425-3aec-6a4e-fb2d-9b537c7dd20b?t=1583241728000)

- Költze, H. (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, H. (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, C.; Kuhlmeier, W.; Kretschmer, S. (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>
- Scharp, M. (Hrsg. 2019): Das KEEKS-Projekt – Eine klimafreundliche Schulküche. Online: [www.keeks-projekt.de](http://www.keeks-projekt.de) (Materialien: <https://elearning.izt.de/course/view.php?id=118>)
- Schütt-Sayed, S.; Casper, M.; Vollmer, T. (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>
- Statista; Pawlik, V. (2022): Interesse der Bevölkerung in Deutschland an gesunder Ernährung und gesunder Lebensweise von 2018 bis 2022. Online; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170913/umfrage/interesse-an-gesunder-ernaehrung-und-lebensweise/>
- UBA Umweltbundesamt (2022a): Umweltbewusstsein in Deutschland. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltbewusstsein-in-deutschland>

## SDG 6: “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen”

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

Im SDG 6 sind erstmals internationale Ziele zum Zugang zu Trinkwasser, zur Sanitärversorgung und Hygiene für alle Menschen vereinbart worden (6.1 und 6.2). Es werden auch Ziele für Abwassermanagement und Gewässerschutz (6.3), für die langfristige Wasserverfügbarkeit und für die effiziente Wassernutzung sowie für die Förderung von integriertem Wasserressourcenmanagement (6.4 und 6.5) benannt. Die nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und die Gewährleistung von Sanitärversorgung sind zentrale Aufgaben der Wasserwirtschaft, weshalb alle Unterziele des SDG 6 “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen” für die Wasserwirtschaft relevant sind (Destatis 2022):

- 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

6.4 Bis 2030 die Effizienz der Wassernutzung in allen Sektoren wesentlich steigern und eine nachhaltige Entnahme und Bereitstellung von Süßwasser gewährleisten, um der Wasserknappheit zu begegnen und die Zahl der unter Wasserknappheit leidenden Menschen erheblich zu verringern

6.5 Bis 2030 auf allen Ebenen eine integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen umsetzen, gegebenenfalls auch mittels grenzüberschreitender Zusammenarbeit

6.6 Bis 2020 wasserverbundene Ökosysteme schützen und wiederherstellen, darunter Berge, Wälder, Feuchtgebiete, Flüsse, Grundwasserleiter und Seen

In Deutschland sind die Unterziele 6.1 (Zugang zu Trinkwasser) und 6.2 (Zugang zur Sanitärversorgung) gewährleistet. Diese gilt es, durch nachhaltiges Planen und Handeln auch in Zukunft sicherzustellen.

Die Schnittmenge für das SDG 6 ergibt sich aus den Nummern a und b der Standardberufsbildposition (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*

Das SDG 6 ist für den Wasserbau, für die Abwassertechnik und für die Wasserversorgung insbesondere hinsichtlich der Unterziele 6.3 und 6.6. beachtenswert, weil auch in Deutschland die Wasserqualität noch nicht den auf europäischer Ebene vereinbarten Güte-Kriterien entspricht. Auch die wasserverbundenen Ökosysteme hätten bis 2020 geschützt oder wiederhergestellt werden müssen. Für den Wasserbau ist daher zu beachten, dass die Auswirkungen von Baumaßnahmen die entsprechenden Ökosysteme nicht zusätzlich weiter belasten oder schädigen. Für die Abwassertechnik werden Maßnahmen zur Entfernung von Spurenstoffen und Krankheitserregern immer relevanter.

Zur Eliminierung von anthropogenen Spurenstoffen aus Abwasserströmen sind verschiedene oxidative, adsorptive und membranbasierte Verfahren im Einsatz. Diese Verfahren können direkt in den Abwasserreinigungsprozess integriert oder in nachgeschalteten Stufen eingesetzt werden. Für die Behandlung von unterschiedlichen Krankheitserregern im Abwasser (Viren, Bakterien, Protozoen, Pilze, Würmer) können Desinfektionsverfahren (UV-Strahlung, Membranfiltration, Ozonierung oder

organische Peroxidverbindungen) eingesetzt werden, was z.B. an der oberen Isar und an der Spree erfolgt. (vgl. Pinnekamp, Schröder 2018)

Für die Wasserversorgung, die sich häufig aus Uferfiltraten speist, ist die Qualität der Oberflächengewässer entscheidend für den Aufwand, der für die Wasseraufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser betrieben werden muss. Aber auch die Belastungen des Grundwassers mit z.B. Nitrat aus der Düngung bzw. Überdüngung von Ackerflächen steigert den Aufwand zur Wasseraufbereitung.

In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (2021) wird betont, dass der Erhalt von Wasserkreisläufen und die dauerhafte Versorgung mit Wasser den Schutz aller Wasserressourcen vor Verschmutzung und Übernutzung erforderlich macht. "Dies umso mehr, weil durch die Auswirkungen des Klimawandels saisonale und/oder regionale Wasserknappheit zunimmt und verstärkt zu erwarten ist." "Das Wassermanagement in Deutschland beeinflusst damit weitere deutsche Nachhaltigkeitsziele direkt oder indirekt und besitzt eine sektorübergreifende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung in Deutschland" (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 198).

Abwassertechnik, Wasserbau und Wasserwirtschaft nehmen eine wichtige Rolle im Bereich der Sicherstellung der Wasserqualität und der Wiederherstellung wasserverbundener Ökosysteme ein. In der Abwasserreinigung werden zunehmend weitergehende Reinigungsstufen bedeutend und in der Abwassertechnik tragen Kreislaufführung und neuartige Sanitärsysteme zur Ressourcenschonung bei. Im Wasserbau verbessern Renaturierungsmaßnahmen und die Herstellung der Durchgängigkeit den ökologischen Zustand der Oberflächengewässer.

## Die Bedeutung der Agenda 2030 für Deutschland

"In Deutschland ist das SDG 6 bezüglich der Sicherung der Trinkwasser- und Sanitärversorgung im Rahmen der öffentlichen Daseinsvorsorge jetzt und in Zukunft sichergestellt." (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 198).

*"Es besteht jedoch Verbesserungsbedarf bei der Gewässer- bzw. Wasserqualität (6.3). Hier sind noch weitere Anstrengungen erforderlich. Mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) sind die Ziele für den guten Zustand für Oberflächengewässer und Grundwasser bereits auf europäischer Ebene festgelegt und national in das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und verschiedene Verordnungen überführt worden. Die Ziele müssen bis spätestens 2027 erreicht werden."*  
(Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 198)

Im SDG 6 sind erstmals internationale Ziele zum Zugang zu Trinkwasser, zur Sanitärversorgung und Hygiene für alle Menschen vereinbart worden. (6.1 und 6.2) Es werden auch Ziele für Abwassermanagement und Gewässerschutz (6.3), für die

langfristige Wasserverfügbarkeit und für die effiziente Wassernutzung sowie für die Förderung von integriertem Wasserressourcenmanagement (6.4 und 6.5) benannt. In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (2021) wird betont, dass der Erhalt von Wasserkreisläufen und die dauerhafte Versorgung mit Wasser den Schutz aller Wasserressourcen vor Verschmutzung und Übernutzung erforderlich macht. *“Dies umso mehr, weil durch die Auswirkungen des Klimawandels saisonale und/oder regionale Wasserknappheit zunimmt und verstärkt zu erwarten ist. Das Wassermanagement in Deutschland beeinflusst damit weitere deutsche Nachhaltigkeitsziele direkt oder indirekt und besitzt eine sektorübergreifende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung in Deutschland.”* (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 198).

Das Problem ist nur, dass der Gewässerschutz insgesamt nicht ausreichend ist, wie in der Nachhaltigkeitsstrategie deutlich festgestellt wird (ebd: 199):

*“Trotz der erheblichen Fortschritte im Gewässerschutz haben alle der 9.900 Oberflächenwasserkörper und gut ein Drittel der 1.000 Grundwasserkörper in Deutschland den guten Zustand oder das gute Potenzial nach WRRL nicht erreicht. Hierfür sind hohe Nährstoffbelastungen, in Fließgewässern vor allem durch Phosphat, sowie die Belastung mit ubiquitär vorhandenen Stoffen wie Quecksilber, dessen Grenzwert in allen Gewässern überschritten wird, verantwortlich, die insgesamt zu einer flächendeckenden Verfehlung des guten chemischen Zustands führen. Hauptgründe dafür, dass die Oberflächengewässer den guten ökologischen Zustand nicht erreichen, sind Verbauung, Begradigung und die durch Querbauwerke unterbrochene Durchgängigkeit der Fließgewässer.”* (ebda, S. 199)

## Abwasserreinigung

In Kläranlagen wird das Abwasser bestmöglich aufbereitet. , arbeiten üblicherweise mit mehreren Reinigungsstufen, wie das Beispiel der Jenaer Kläranlage zeigt (Jena Wasser o.J.).

- Mechanische Stufe - Zuhebwerke und Rechenanlage: Diese besteht aus einer Rechenanlage oder Siebanlage, die grobe Verschmutzungen abscheidet.
- Mechanische Stufe - Sand- und Fettfang: In einem Sandfang oder Absetzbecken werden weitere, aber schwere Verunreinigungen entfernt.
- Mechanische Stufe - Vorklärung: In einem Vorklärbecken wird die Strömungsgeschwindigkeit soweit herabgesetzt, dass sich ungelöste organische Stoffe (Fäkalien, Papier) absetzen.
- Biologische Stufe - Belebungsbecken: Im Belebungsbecken wird das Abwasser biologisch gereinigt. Mikroorganismen (Belebtschlamm) bauen mithilfe von

eingeblassenem Sauerstoff (belüftete und unbelüftete Beckenzonen) schädliche Verbindungen aus Kohlenstoff und Stickstoff ab.

- Biologische Stufe - Anaerobbecken: Dieses Becken ist unbelüftet. Durch den fehlenden Sauerstoff können Mikroorganismen besser Phosphorverbindungen (aus Wasch- und Reinigungsmitteln) abbauen.
- Biologische Stufe - Nachklärbecken: Im Nachklärbecken wird der Belebtschlamm abgetrennt, indem er sich absetzt. Überschüssiger Schlamm wird abgesaugt und weiterbehandelt.
- Faulturm: Hier werden biologische Stoffe im Schlamm von Bakterien abgebaut. Das entstehende Faulgas aus Methan und Kohlendioxid wird in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Die Kläranlage kann so fast energieautark arbeiten.

## Phosphorfällung

Zusätzlich zur biologischen Phosphatentfernung kommt auf Kläranlagen auch häufig das chemisch-physikalische Verfahren zur Phosphorelimination zum Einsatz, um den Phosphatgehalt des Abwassers weiter zu senken: Durch Zugabe eines Fällmittels (in der Regel Eisen- und Aluminiumsalze) wird Phosphor in eine unlösliche Form überführt (ausgefällt) und mit dem Klärschlamm abgetrennt (BLfU o. J.).

## Spurenstoffe im Wasserkreislauf

Arzneimittel und deren Metabolite und Transformationsprodukte gelangen, nachdem sie Menschen oder Tieren verabreicht wurden, über deren Ausscheidungen auf verschiedene Wege in die Umwelt. Humanarzneimittel gelangen größtenteils über das Abwasser in die Kläranlagen und werden dort kaum eliminiert oder zurückgehalten, da Spurenstoffe nicht mit den konventionellen Verfahren entfernt werden können. Das gereinigte Abwasser, das in Bäche und Flüsse eingeleitet wird, enthält weiterhin Arzneimittelrückstände und andere Spurenstoffe. Antibiotika aus der Tierhaltung gelangen über Gülle und Mist auf die Felder und reichern sich im Oberboden an und können auch in Oberflächengewässer oder oberflächennahe Grundwässer gelangen (durch Abschwemmung bzw. Versickerung) (UBA 2022a). Neben Arzneistoffen können auch andere problematische Spurenstoffe wie Haushalts- und Industriechemikalien, Pestizide, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) etc. in die Oberflächengewässer gelangen (BDEW o.J.).

Zentrale Bedeutung zur Reduktion von Spurenstoffen in Gewässern hat die Anwendung des Verursacherprinzips zur Vermeidung von Stoffeinträgen an der Quelle. Dies kann zum Beispiel über Anwendungsbeschränkungen oder -verbote umgesetzt werden. Bei Humanarzneimitteln erfolgen zwar in Zulassungsverfahren Bewertungen der Umweltrelevanz, jedoch keine Anwendungsverbote oder -einschränkungen bei

nachgewiesener Umweltrelevanz (UBA 2021b). Zur Reduktion der Spurenstoffeinträge in die Gewässer wurde der Stakeholder-Dialog "Spurenstoffstrategie des Bundes" ins Leben gerufen, der sich zum Ziel setzt "den Eintrag von relevanten Spurenstoffen in die aquatische Umwelt zu vermeiden beziehungsweise zu reduzieren" (BMUV 2019).

Technisch möglich ist die Entfernung von Medikamentenrückständen durch eine vierte Reinigungsstufe, die mit Ozonisierung, Membranfiltration oder Aktivkohlefiltern arbeitet. Dies ist für die Abwasserwirtschaft kostenintensiv (BDEW 2022). Anlagen müssen nachträglich eingebaut werden, wodurch hohe Investitionen fällig sind. Allein die Kosten, die die Abwasserbetriebe für die Beseitigung von Diclofenac – einem beliebten Schmerzmittel – aufbringen müssten, belaufen sich auf 1,5 Mrd. Euro jährlich (so der BDEW). Eine vierte Reinigungsstufe würde eine Erhöhung der Abwassergebühren um 17 Prozent erforderlich machen (BDEW o.J.). Eine Umlage auf Arzneimittel würde ca. 2,5 Euro Cent betragen (Pharmazeutische Zeitung 2022).

### Umweltdelikte

Das Umweltbundesamt analysiert kontinuierlich Umweltstraftaten gemäß der Umweltgesetzgebung. Der Anteil der Gewässerverunreinigung an den Umweltstraftaten betrug mit 2.364 Fällen fast 11%, der Anteil von Straftaten mit Bodenverunreinigung lag mit 507 Fällen bei nur etwas mehr als 2%. Die Aufklärungsquote bei Gewässerverunreinigungen lag bei 45%, bei Bodenverunreinigung bei rund 62% (UBA 2022b).

Im August 2022 wurde an der Oder ein massives Fischsterben beobachtet, bei dem etwa 360 Tonnen Fisch verendeten. Die Europäische Union stellt in ihrem Bericht (Free et al. 2023) zur Umweltkatastrophe fest, dass die Ursache des Fischsterbens fast sicher einer giftigen Algenblüte der Algenart *Prymnesium Parvum* zuzuordnen ist. Als wichtiger Schlüsselfaktor der Verbreitung dieser Algenart wurde der hohe Salzgehalt der Oder zu dieser Zeit identifiziert. Wahrscheinlich wurde dieser (zumindest zum Teil) durch industrielle Abwassereinleitungen mit hohem Salzgehalt (zum Teil aus dem Bergbau) verursacht. Hinzu kamen weitere Faktoren wie die Trockenheit und der daraus resultierende niedrige Wasserstand, der Verdünnungseffekte reduzierte und hydromorphologische Veränderungen am Fluss verursachte. Des Weiteren förderten hohe Nährstoffkonzentrationen, insbesondere an Phosphor und Stickstoff, die Algenblüte (Free et al. 2023).

Folgende Präventionsmaßnahmen (Auswahl) werden als zentral angesehen, um Umweltkatastrophen dieser Art in Zukunft zu verhindern (Europäische Kommission 2023):

- Monitoring

- proaktive Kommunikation mit Betroffenen, Öffentlichkeit und flussabwärts gelegenen Ländern
- Verbesserung von Reaktion und Risikomanagement
- Überprüfung bestehender Genehmigungen, Verifizierung sowie Verstärkung der Durchsetzung
- Anpassung der Bestimmungen für zulässige Schadstofffrachten an die jeweiligen Wasserstände in den aufnehmenden Gewässern

## Nachhaltige Abwassertechnik

### Neuartige Sanitärsysteme (NASS)

Zur Sicherung der Abwasserentsorgung in ländlichen Räumen werden neuartige Sanitärsysteme als geeigneter Ansatz betrachtet (Wolf/Londong 2020). Das wesentliche Prinzip der NASS liegt in der getrennten Erfassung, Ableitung, Behandlung und Wiedernutzung der verschiedenen Abwasserteilströme (DWA 2010):

- Gelbwasser (Urin mit Spülwasser)
- Braunwasser (Fäzes mit Spülwasser (und Toilettenpapier))
- Grauwasser (Abwasser ohne Fäkalien; aus Küche, Bad, Waschmaschine etc.)
- Schwarzwasser (Fäkalien mit Spülwasser (und Toilettenpapier))

Im Bereich der NASS gibt es unterschiedliche Systemgruppen. Ein Beispiel sind Trenn-Toiletten mit Wasserspülung, die die getrennte Erfassung von Gelb- und Braunwasser ermöglichen. Bei Behandlung des Gelbwassers/Urins kann flüssiger oder fester mineral-organischer Dünger gewonnen werden. Aus dem Braunwasser kann organischer Dünger oder Energie durch Biogas hergestellt werden (DWA 2010).

Modellprojekte wie der Hamburg Water Cycle® in der Jenfelder Au verfolgen ganzheitliche Ansätze zur Abwasserentsorgung und Energieversorgung im urbanen Raum. Verschiedene Teilströme des Abwassers werden getrennt erfasst und genutzt. Schwarzwasser wird zusammen mit weiterer Biomasse in einer Vergärungsanlage behandelt und so Biogas erzeugt, Grauwasser wird in einer Anlage vor Ort geklärt und das gereinigte Wasser in das lokale Gewässer eingeleitet. Das Niederschlagswasser wird in Teiche geleitet oder in Mulden versickert (HWC 2023).

### Abwasseraufbereitung und Wasserwiederverwendung

Gereinigtes kommunales Abwasser kann durch Kombination verschiedener Aufbereitungstechnologien (z. B. Ultrafiltration, Umkehrosmose, Aktivkohlefiltration, UV-Desinfektion) in unterschiedlichen Qualitäten für unterschiedliche Nutzungszwecke erzeugt werden. Mögliche Einsatzmöglichkeiten sind zum Beispiel als Wasch- oder Betriebswasser in der Industrie, zur Straßenreinigung, zur Grundwasseranreicherung

sowie zu Bewässerungszwecken. Durch die Substitution von Trinkwasser durch Brauchwasser können die Grundwasserressourcen geschont werden (WAVE 2022).

Mit rund 1,3 Prozent (Stand 2016) ist der Anteil der landwirtschaftlichen Bewässerung an den Gesamt Wasserentnahmen in Deutschland noch sehr gering. Der Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft kann sich jedoch regional aufgrund des Klimawandels erhöhen und die Grundwasserneubildung übersteigen (UBA 2021c). Die Wiederverwendung von Wasser (Reuse) rückt daher stärker in den Fokus von Forschungsprojekten. Eine Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung ist technisch möglich. Während Länder mit größerer Wasserknappheit wie Spanien, Frankreich und Zypern bereits aufbereitetes Abwasser erfolgreich zur Bewässerung nutzen, sind Bedarf und Umsetzung in Deutschland umstritten. Mit der Einrichtung einer weitergehenden Abwasserreinigung zur Entfernung von Arzneimittelrückständen steht dem Einsatz des gereinigten Abwasser kaum noch etwas im Wege. Im Mittelpunkt sollten jedoch ganzheitliche Wassernutzungskonzepte stehen, da weitere Nutzungsbedarfe bestehen, wie der Mindestabfluss der Gewässer oder die Grundwasserneubildung (Rose 2021).

## Gewässer- und Wasserqualität in Deutschland

Das SDG 6 ist in Deutschland, bezogen auf die Trinkwasser- und Sanitärversorgung, sichergestellt. Im Bereich der Gewässer- bzw. Wasserqualität (6.3) sind jedoch noch weitere Anstrengungen erforderlich, um die Ziele für den guten Zustand von Oberflächengewässer und Grundwasser zu erreichen, wie sie mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) festgelegt sind. National wurde die EU-WRRL in das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und verschiedene Verordnungen überführt (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021). Im aktuellen Bewirtschaftungszeitraum (2022-2027) zur Umsetzung der EU-WRRL sollen bis 2027 möglichst viele Maßnahmen verwirklicht werden, um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen (UBA 2021i).

### Oberflächengewässer

Gegenwärtig (2021) erreichen 9 Prozent der Oberflächengewässer in Deutschland einen guten oder sehr guten ökologischen Zustand bzw. Potenzial (UBA 2021i). Zentraler Faktor in der Bewertung des ökologischen Zustands der Wasserkörper (i.e. Fluss, Flussabschnitt, See, Speicherbecken oder Teil eines Kanals; BMUV 2017) ist die Gewässerbiologie. Hierbei wird der Zustand der biologischen Gruppen Fischfauna, Makrozoobenthos, Makrophyten und Phytobentos bewertet (gefundene Arten, Häufigkeit etc., UBA 2021i). Hauptgründe dafür, dass die überwiegende Anzahl der Oberflächengewässer den guten ökologischen Zustand nicht erreichen sind Verbauungen, Begradigungen sowie Querbauwerke, welche die Durchgängigkeit der Fließgewässer unterbrechen (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021). Da Fische zu

bestimmten Zeiten verschiedene Lebensräume benötigen, reagieren sie besonders empfindlich auf Unterbrechungen im Flusslauf. Phytobenthos hingegen reagiert stark, wenn zu viele Nährstoffe ins Gewässer gelangen (UBA 2021i).

Der chemische Zustand aller Wasserkörper in Deutschland wird als nicht gut bewertet. Maßgeblich sind hier ubiquitäre Stoffe (ubiquitär = überall verbreitet) wie Quecksilber, Bromdiphenylether (BDE), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) (insgesamt acht). So sind in Fischen überall die Umweltqualitätsnormen für bestimmte Flammschutzmittel sowie für Quecksilber überschritten (UBA 2021i). Werden die ubiquitären Stoffe bei der Bewertung des chemischen Zustands nicht berücksichtigt, sind 84 Prozent der Oberflächengewässer in einem guten Zustand (BMUV 2017).

Zur Verbesserung des Zustandes der Oberflächengewässer sind im Rahmen des Bewirtschaftungsplans zur Umsetzung der EU-WRRL verschiedene Maßnahmen bis 2027 vorgesehen (UBA 2021i:73):

- Reduzierung von Abflussregulierungen und morphologischen Veränderungen – durch Renaturierungen, Herstellung der Durchgängigkeit etc.
- Reduzierung von Belastungen durch Wasserentnahmen – in der Regel zur Garantie einer ökologische Mindestwasserführung
- Reduzierung der Belastungen aus Punktquellen (Eintrag von Nähr- und Schadstoffen) – u.a. durch Maßnahmen an kommunalen Kläranlagen und Behandlung von Misch- und Niederschlagswasser
- Reduzierung der Belastungen aus diffusen Quellen – durch Verminderung von Belastungen aus der Landwirtschaft
- Beratungen und Forschungsvorhaben

## Grundwasser

Die Grundwasserkörper in Deutschland befinden sich zu rund 95 Prozent in einem guten mengenmäßigen Zustand. Der chemische Zustand wird zu rund 67 Prozent als gut bewertet und zu rund 33 Prozent als schlecht (UBA 2021i, S. 63,64). Die Hauptursache für einen schlechten chemischen Zustand sind nach wie vor Belastungen des Grundwassers durch Nitratverbindungen (UBA 2021i).

Zur Verbesserung des Zustandes der Grundwasserkörper sind im Rahmen des Bewirtschaftungsplans zur Umsetzung der EU-WRRL verschiedene Maßnahmen bis 2027 vorgesehen (UBA 2021i:73):

- Reduzierung von Belastungen durch Wasserentnahmen
- Reduzierung der Belastungen aus Punktquellen – vorrangig im Bereich Altlasten und Altstandorte

- Reduzierung von Nähr- und Schadstoffen aus der Landwirtschaft
- Beratungen und Forschungsvorhaben

## Verschmutzung und wassergefährdende Stoffe

Zum Thema "Schadstofffreie Umwelt" – ein Transformationsbereich in der Fortschreibung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie – wird festgestellt: "Ein hohes Schutzniveau für Mensch und Umwelt stärkt gesundheitliche ebenso wie gesellschaftliche und wirtschaftliche Resilienz. "Dies kann letztlich nur erreicht werden durch weitgehende Substitution schädlicher Stoffe bzw. durch Vermeidung der Absonderung schädlicher Stoffe in die Umwelt." (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S.59) Zur Umsetzung dieser Ziele soll die europäische Chemikalienverordnung REACH (EU-Chemikalienverordnung) dienen mit "ggf.entsprechenden Risikomanagementmaßnahmen" (ebda., S. 66).

Wassergefährdende Stoffe werden in vier Gefährdungsstufen eingeteilt: "allgemein wassergefährdend" (awg), "schwach wassergefährdend" (WGK 1), "deutlich wassergefährdend" (WGK 2) und "stark wassergefährdend" (WGK 3). (Verordnung über Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen – AwSV, die die Fortschreibung der Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe – VwVwS – ist (UBA 2019b).

Wenn Stoffe oder Gemische / Materialien als wassergefährdend erkannt werden, ist eine Prüfung von Ersatzstoffen angebracht, eine "Substitutionsprüfung". Dabei soll für die gleiche Anwendung und Produktqualität ein Ersatz gefunden werden, um einen möglichst nicht gefährdenden Stoff etc. einsetzen zu können.

Die Feststellung der Gefährdung durch Stoffe oder Gemische ist kompliziert, weil es kein allgemein verbindliches System dafür gibt. Aber die Beurteilung von gefährdenden Stoffen ist sowohl für die Ökosysteme als auch für die Gesundheit der damit Arbeitenden und für die ggf. betroffenen Menschen in unmittelbarer Umgebung einer Baustelle von hoher Relevanz. Daher sollte möglichst frühzeitig im Planungsprozess von Baumaßnahmen über die Verwendung von Alternativstoffen beraten werden (weitere Informationen: UBA-Fachinformationsveranstaltung 2020; Rigoletto -Suchmaschine Stoffeinstufungen; Bundesanzeiger neue und geänderte Stoffeinstufungen).

Wichtige gesetzliche Grundlagen in Bezug auf die Vermeidung von Verschmutzung oder Verunreinigung von Wasser sind die folgenden:

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU - WRRL),
- Grundwasserrichtlinie,
- Oberflächengewässerverordnung (OGewV),
- Bodenschutzgesetz (BBodSchG)

- Richtlinie über Umweltqualitätsnormen und
- Wassergesetze der Bundesländer.

Wesentliche betriebliche Maßnahmen zum Schutz vor Verunreinigungen und Verschmutzungen sind zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, zur Lagerung und zum Transport von Ölen und Treibstoffen, zum Einsatz von Chemikalien, Farben und Sondermüll zu treffen. Für den Umgang mit Antifoulingstoffen mit biozider Wirkung bei der Verarbeitung, beim Schleifen, Absanden und Reinigen ist darauf zu achten, dass anfallende Abschlammungen aufgefangen und als Sondermüll entsorgt werden.

Zusätzlich zu diesen Vorgaben ist der Einsatz von nicht wassergefährdenden Stoffen zu prüfen. Damit ist der Einsatz von Verbrauchsstoffen, die biologisch abbaubar sowie lösungsmittelarm, schadstoffarm und emissionsarm sind, so oft wie möglich zu bevorzugen. Grundsätzlich sind Geräte, Werkstoffe, Arbeitsmaterialien und Baustoffe vorzuziehen, die gewässer- und umweltschonend hergestellt wurden. Bei der Auswahl von Produkten sollte auf Unternehmen zugegriffen werden, die über Zertifizierungen wie "Umwelt-Audit" verfügen oder die den DNK - Deutschen Nachhaltigkeitskodex anwenden (DNK o.J.). Bei Auftragsvergaben und Ausschreibungen ist auf nachhaltige Herstellung und Beschaffenheit der Produkte zu achten.

### **Mikroplastik**

Mikroplastik spielt im Hinblick auf Wasser und Wäsche 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 (UBA 2020a, 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. Primäres Mikroplastik Typ A wird bereits in diesem Größenbereich eingesetzt. Dazu 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).

### ***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 (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.

### ***Mikroplastik in urbanen Wasserkreisläufen***

Verschiedene Forschungsprojekte beschäftigen sich mit Lösungsmöglichkeiten zur Entfernung von Mikroplastik aus dem Wasserkreislauf. Spezielle Probenahme und Probenbehandlung zur Analyse von Mikroplastik befinden sich noch im Aufbaustadium, um in Zukunft fundiertere Aussagen über Mikroplastik in urbanen Wasserkreisläufen treffen zu können (TU Berlin 2017). In Pilotversuchen werden Filtermaterialien zum Rückhalt von Mikroplastik auf Kläranlagen sowie in Mischwasserüberläufen und Straßenabflüssen entwickelt und getestet (KWB o.J.; DECHEMA o.J.).

### ***Mikroplastik in uns***

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).

## Naturnahe Gewässerstrukturen

### Renaturierung von Fließgewässern

Für den Bereich Wasserbau sind die Planungen zur Renaturierung von Flüssen und Auen relevant. Das Bundesprogramm “Blaues Band Deutschland” zielt darauf ab, insbesondere im Nebennetz der Bundeswasserstraßen Flüsse, Ufer und Auen zu renaturieren und auch im Kernnetz der Bundeswasserstraßen sogenannte Trittsteinbiotope zu schaffen (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 329). Durch Renaturierungsmaßnahmen können viele Ökosystemdienstleistungen von Fließgewässern reaktiviert werden. Flussauen bieten Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und dienen als natürliche Überschwemmungsgebiete bei Hochwasser (siehe auch SDG 15, Unterkapitel “Auen”). Intakte Flüsse und Auen (mit ihren Kies- und Sandschichten, Insekten, Würmern, Muscheln, Schnecken etc.) funktionieren wie große Reinigungsanlagen, die Schmutzstoffe zum großen Teil abbauen. In Städten haben Fließgewässer eine ausgleichende Wirkung auf das Lokalklima und naturnahe Gewässer dienen als attraktive Erholungs- und Freizeitgebiete (UBA 2021d).

#### **Beispiel: Renaturierung der Fulda bei Breitenbach**

Die Fulda in Hessen wurde bei Breitenbach auf einer Länge von einem Kilometer verbreitert und aufgespalten. Ein Nebenarm wurde neu geschaffen. Als Strukturelemente und Strömunglenker wurden Baumstämme eingebaut. Die Steilufer, Flachwasserzonen und Kiesflächen entwickeln sich seitdem frei. Die Vegetation im Umfeld wächst ohne Eingriffe. Dadurch entstanden typische Lebensräume einer natürlichen Flussaue neu. Z.B. haben sich Vogelarten wie Flussläufer, Uferschwalbe und Eisvogel wieder angesiedelt (UBA 2019f).

## Fischaufstiegshilfen

Durch Flussverbauungen sind die Wanderwege von Fischen flussaufwärts in ihre Laichgebiete stark gestört. Zur Überwindung von Staustufen werden Fischaufstiegshilfen – auch Fischtreppen oder Fischpässe – gebaut. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) schreibt Fischtreppen als notwendigen Bestandteil eines Absperrbauwerkes für ein Wasserkraftwerk vor. Diese ermöglichen den Fischen die Wanderung stromaufwärts und -abwärts vorbei am Absperrbauwerk. Eine Fischtreppe verbindet Unter- und Oberwasser und besteht aus vielen Kammern, die treppenartig angeordnet sind und den Fischen die Wanderung ermöglichen (EnArgus o.J.). Da Wanderfische immer gegen den Strom schwimmen, werden sie durch eine sogenannte Lockströmung veranlasst, zum Eingang eines künstlichen Wasserlaufs zu schwimmen (Zukunftleben o.J.). Durch Zwischenwände abgegrenzte Zonen beruhigen die Strömung im Becken und bieten den Fischen die Möglichkeit auszuruhen. In der naturnahen Variante werden Fischpässe als Gesteinstreppen ausgebildet und den natürlichen Flussläufen nachempfunden (EnArgus o.J.).

### **Beispiel: Rhein-Fischtreppe**

Eine der größten Fischtreppen Europas befindet sich “an der Staustufe in Gamsheim. Sie ist Teil der Passage 309 – eines grenzüberschreitenden Projekts zur Schaffung eines ökotouristischen Raumes. Da Wanderfische immer gegen den Strom schwimmen, werden sie durch eine sogenannte Lockströmung veranlasst, zum Eingang eines künstlichen Wasserlaufs zu schwimmen. Innerhalb des Fischpasses gibt es dann eine Reihe aufeinanderfolgender Becken, die durch Spalten in den Abtrennungen miteinander verbunden sind. Jedes nachfolgende Becken liegt etwas höher als das vorherige und ermöglicht es den Tieren, das Wasserkraftwerk zu umgehen und die gesamte Höhendifferenz in vielen kleinen Abschnitten zu bewältigen.” (Zukunftleben o.J.)

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) schreibt Fischtreppen als notwendigen Bestandteil eines Absperrbauwerkes für ein Wasserkraftwerk vor. Diese ermöglicht den Fischen die Wanderung stromaufwärts und stomanwärts vorbei am Absperrbauwerk. “Eine Fischtreppe besteht aus vielen Kammern, die treppenartig neben dem Absperrbauwerk angeordnet sind. Sie verbindet so Oberwasser und Unterwasser ohne die Aufstauung negativ zu beeinflussen. Die einzelnen Stufen sind durch verschiedene Zwischenwände getrennt. Diese sorgen dafür, dass die Strömung im Becken beruhigt wird und die Fische dort ausruhen können. Fischtreppen werden ... zunehmend, als Gesteinstreppen natürlichen Flussläufen nachempfunden.” (EnArgus o.J.)

### **Beispiel: Fischtreppe in Geesthacht**

Die größte Fischtreppe in Europa befindet sich in Geesthacht, mehr als 2 Millionen Fische hätten die Aufstiegshilfe am Nordufer der Elbe seit Inbetriebnahme 2010 genutzt. Ungefähr 50 verschiedenen Arten sind zum Laichen elbaufwärts geschwommen. Durch

Schäden am Geesthachter Stauwehr funktioniert die Fischtreppe nicht mehr, der Schaden war entstanden, weil die Strömung Teile des Damms angegriffen und eine Spundwand weggedrückt hatte. Dadurch wurden Rinnen, die den großen Fischen den Weg zur Fischtreppe wiesen, mit mehreren Tonnen Sandgemisch und Wasserbausteinen verfüllt. „Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt, eine Bundesbehörde, ließ die kleine Fischtreppe am Südufer gleich mit zuschütten. Hier kann zurzeit kein Fisch mehr passieren, und auf der Nordseite der Elbe finden nur noch wenige Tiere den Weg in die Aufstiegsanlage von Vattenfall. 90 Prozent der wandernden Fische könnten nicht mehr aufsteigen, schätzt die Initiative „Rettet die Elbe“. Genaue Zahlen über den Umfang der Schäden für die Fischwelt gibt es allerdings nicht, weil Vattenfall seit 2018 keine Zählungen mehr vornimmt.“ (taz 2021)

Im Dezember 2021 wurde gemeldet, dass der Bund die Fischtreppe für Moorburg von Vattenfall übernimmt. Die Geesthachter Fischtreppe unterhalb der Elbbrücke der B 404 – offizieller Begriff Fischaufstiegsanlage Nord – wird ab 1.1.2022 von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes übernommen (Hamburger Abendblatt 2021).

Die mit 550 Metern Länge größte Fischtreppe in Europa befindet sich in Geesthacht in Schleswig-Holstein. Seit der Inbetriebnahme im Jahr 2010 nutzten die Aufstiegshilfe an der Elbe mehr als 2 Millionen Fische, darunter Fischarten wie Lachse, Stinte, Zander, Streifenbarsche und Sibirische Störe (GDWS/WSV 2021).

### Vertiefung der Elbfahrrinne

Der Hamburger Hafen vermeldete Anfang 2022: „Das Mammutprojekt Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe ist abgeschlossen. Seit Ende Januar 2022 können Schiffe einkommend eine zulässige Fahrrinnentiefe bis zu 16,10 Meter nutzen. Das ist ein großer Vorteil für die Wettbewerbsfähigkeit des Hamburger Hafens. Ein sogenanntes Bemessungsschiff, ein Containerschiff mit einer Länge von 350 Meter und einer Breite von 46 Meter, kann tideunabhängig nun einen Tiefgang bis zu 13,80 Meter nutzen. Vor der Anpassung waren es lediglich 12,70 Meter. Einkommend sind auf der Flutwelle sogar 16,10 Meter möglich (vorher: 15,10 Meter). Ausgehend sind immerhin noch 14,80 Meter möglich. Hier waren es zuvor 13,80 Meter. Megamax-Containerschiffe mit einer Breite bis zu 62,50 Meter und einer Länge von 400 Meter können den Hafen tideunabhängig mit einem Tiefgang von bis zu 13,10 Meter befahren. Vor der Anpassung waren es lediglich 11,40 Meter. Tideabhängig ausgehend sind es jetzt 14,10 Meter (vorher: 12,20 Meter). Einkommend ist sogar ein Tiefgang von 15,40 Meter möglich. Hier waren es zuvor lediglich 13,60 Meter.“ (Hamburger Hafen 2022)

Im Oktober 2022 wird berichtet, dass die Probleme mit Schlick so gravierend sind, dass die eigentlich vorgesehene Tiefe nicht gewährleistet werden kann. Die

Schifffahrtsverwaltung des Bundes nennt dafür drei Gründe: “Die neu gebaggerten Böschungen unter Wasser sind offenbar nicht stabil genug, immer wieder bricht etwas. Daneben habe es im vergangenen Winter mehrere Sturmfluten gegeben, die mehr Schlick gebracht haben. Und drittens kommt aktuell weniger Wasser als sonst vom Oberlauf der Elbe.” (NDR 2022)

An vielen Stellen ist die Elbe nicht nur vertieft worden, die Fahrrinne wurde auch verbreitert. Die neuen, unter Wasser liegenden Böschungen sind wohl nicht stabil genug, brechen immer wieder ab. “In Höhe Stade etwa ist die gesamte Fahrrinne aktuell rund 60 Zentimeter flacher als vorgesehen. Vor rund einem Monat meldete die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung Höhe Brokdorf rund einen Meter mehr Schlick als geplant. Große Schiffe sollen dort nur mit stark gedrosselter Geschwindigkeit fahren.” (NDR 2022)

Die Elbvertiefung wirkt sich zum einen auf die Lebewesen am Grund der Elbe - Krebstiere, Würmer, Schnecken und Muscheln - aus, weil diese bei den Ausbaggerungen am Sediment vollständig mit aufgesogen werden. Auch an den Ufern treten Schäden für die Lebensräume von Pflanzen und Tieren auf. Vor allem werden die Uferlebensräume mit den Salzwiesen, Röhrichten und seltenen Tideauenwäldern als wichtige ökologische Nischen geschädigt, in denen seltene Pflanzen wie der Schierlingswasserfenchel, der europaweit nur noch an der Elbmündung zu finden ist. Durch die Änderungen der Wasserstände nach dem Ausbaggern drückt das Wasser schneller und stärker stromaufwärts, spült Sedimente und Schlick aus der Nordsee in den Fluss und in seine Nebenarme. Diese eingetragenen Materialien werden bei Ebbe nicht mehr vollständig abtransportiert, weil das Wasser langsamer fließt. Das hat zur Folge, dass Flachwasserbereiche verschlickt und trocken fallen, auch Seitenarme können vollständig verlanden. Diese Wasserzonen in Ufernähe gelten als besonders sauerstoffreich und bieten Nahrung für viele Arten im Süßwasserbereich. Wenn das Meerwasser stärker in die Elbe hineindrückt, droht eine Versalzung dieser Süßwasserbereiche, was die dort angesiedelte Flora und Fauna schädigt (vgl. WWF 2020).

Durch Ausbau von Wasserstraßen und Regulierung von Flüssen zeichnen sich Zielkonflikte ab, da die zu erwartenden höheren Strömungsgeschwindigkeiten zu größeren Risiken für Hochwasserereignisse mit großflächigen Überschwemmungen führen können.

## Quellenverzeichnis

- ADAC (2022): Dem Mikroplastik auf der Spur: Weniger Reifenabrieb ist möglich. Online: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/reifenabrieb-mikroplastik/>

- BDEW (o.J.): Quo vadis 4. Reinigungsstufe auf Kläranlagen. Online: <https://www.bdew.de/wasser-abwasser/spurenstoffe-in-gewaessern/quo-vadis-vierte-reinigungsstufe/>
- BDEW (2022): Umweltreinigungskosten in Höhe von rund 1,5 Milliarden Euro allein durch Diclofenac. <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/umweltreinigungskosten-in-hoehe-von-rund-15-milliarden-euro-allein-durch-diclofenac/>
- BLfU Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.J.): Phosphorelimination. Online: [https://www.lfu.bayern.de/wasser/kommunale\\_klaeranlagen/phosphorelimination/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/kommunale_klaeranlagen/phosphorelimination/index.htm)
- 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](http://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit)
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2017): Zustand der Oberflächengewässer. Online: <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/binnengewasser/fluesse-und-seen/zustand-der-oberflaechengewasser>
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2019): Ergebnisse der Phase 2 des Stakeholder-Dialogs “Spurenstoffstrategie des Bundes” zur Umsetzung von Maßnahmen für die Reduktion von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer. Online: <https://www.bmuv.de/download/ergebnisse-der-phase-2-des-stakeholder-dialogs-spurenstoffstrategie-des-bundes>
- BMUV und BMEL (2020): Nitratbericht 2020. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft. Online: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/nitratbericht\\_2020\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2020_bf.pdf)
- DECHEMA MachWas (o.J.): OEMP: Optimierte Materialien und Verfahren zur Entfernung von Mikroplastik aus dem Wasserkreislauf. Online: <https://machwas-material.de/Verbundprojekte/Materialien+f%C3%BCr+weitere+Anwendungen+in+der+Wassertechnik/OEMP.html>
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele 2022. Online unter: <http://sdg-indikatoren.de/>
- DNK Deutscher Nachhaltigkeitskodex (o.J.): Deutscher Nachhaltigkeitskodex (DNK). Online: <https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/>
- Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie DNS (2021): Weiterentwicklung 2021. online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0bc8cf43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf>
- 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. Online:
- EnArgus (o.J.): Fischtreppe. Online: [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3764-2/\\*/\\*Fischtreppe.html?op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3764-2/*/*Fischtreppe.html?op=Wiki.getwiki)
- Europäische Kommission (2023): Fischsterben in der Oder: EU-Bericht zieht Lehren aus der Umweltkatastrophe vom Sommer 2022. Online: [https://germany.representation.ec.europa.eu/news/fischsterben-der-oder-eu-bericht-zieht-lehren-aus-der-umweltkatastrophe-vom-sommer-2022-2023-02-17\\_de](https://germany.representation.ec.europa.eu/news/fischsterben-der-oder-eu-bericht-zieht-lehren-aus-der-umweltkatastrophe-vom-sommer-2022-2023-02-17_de)
- Fraunhofer Umsicht (2021): Fraunhofer UMSICHT untersucht Nachhaltigkeit von Kunstrasenplätzen. Online:
- Free, G., Van De Bund, W., Gawlik, B., Van Wijk, L., Wood, M., Guagnini, E., Koutelos, K., Annunziato, A., Grizzetti, B., Vigiak, O., Gnechchi, M., Poikane, S., Christiansen, T., Whalley, C., Antognazza, F., Zenger, B., Hoeve, R. and Stielstra, H., (2023): An EU analysis of the ecological disaster in the Oder

- River of 2022, EUR 314,18 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, ISBN 978-92-76-99314-8, doi:10.2760/067386. Online: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132271>
- GDWS Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt/ WSV Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (2021): Zukunft der Fischaufstiegsanlage Nord in Geesthacht gesichert! – Verständigung zwischen Vattenfall und Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Online: [https://www.gdws.wsv.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/20211221\\_FAA\\_Nord\\_Geesthacht.html](https://www.gdws.wsv.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/20211221_FAA_Nord_Geesthacht.html)
  - Hamburger Abendblatt 2021: Bund übernimmt die Fischtreppe von Vattenfall 21.12.2021.. Online <https://www.abendblatt.de/region/kreis-lauenburg/geesthacht/article234147941/Bund-uebernimmt-die-Fischtreppe-von-Vattenfall.html>
  - Hamburger Hafen (2022): Die Fahrrinne ist bereit für tiefgehende Schiffe. Online: <https://www.hafen-hamburg.de/de/special/fahrrinnenanpassung/>
  - HWC, Hamburg Wasser (2023): Hamburg Water Cycle. Online: <https://www.hamburgwatercycle.de/index.html>
  - Jena Wasser (o.J.): Die Funktionsweise einer Kläranlage. Online: [https://www.jenawasser.de/fileadmin/inhalte/1\\_Zweckverband/Aqua-Agenten-Arbeitsblaetter/Arbeitsblatt\\_Abwasser\\_1-von-2\\_Funktion\\_einer\\_Klaeranlage.pdf](https://www.jenawasser.de/fileadmin/inhalte/1_Zweckverband/Aqua-Agenten-Arbeitsblaetter/Arbeitsblatt_Abwasser_1-von-2_Funktion_einer_Klaeranlage.pdf)
  - KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin (o.J.): Entfernung von Mikroplastik aus dem Wasserkreislauf. Online: <https://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/oemp>
  - 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
  - NDR (2022): Fehlschlag Elbvertiefung? Schlickbagger kommen kaum noch hinterher. Online: <https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Fehlschlag-Elbvertiefung-Schlickbagger-kommen-kaum-hinterher,hafenschlick258.html>
  - Oberflächengewässerverordnung (OGewV): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserrecht/recht-der-oberflaechengewaesser>
  - Pharmazeutische Zeitung (2022): Abgabe auf Medikamente gefordert. Online: <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/abgabe-auf-medikamente-gefordert/>
  - Quarks (2022): Wie gefährlich ist Mikroplastik? Online: [www.quarks.de/umwelt/muell/fakten-zu-mikroplastik/](http://www.quarks.de/umwelt/muell/fakten-zu-mikroplastik/)
  - Rose, E. (2021): Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser – ein Weg für die Landwirtschaft? KWB Kompetenzzentrum Wasser Berlin. Online: <https://www.kompetenz-wasser.de/de/newsroom/news/n156-aktuelles>
  - 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](http://www.cvua-mel.de/index.php/aktuell/138-untersuchung-von-mikroplastik-in-lebensmitteln-und-kosmetika)
  - taz 2021 Tageszeitung vom 6. 4. 2021: Defekte Fischtreppe in Geesthacht- Endstation für den Stint. Online: <https://taz.de/Defekte-Fischtreppe-in-Geesthacht/!5763789/>
  - TU Berlin (2017): Mikroplastik im Wasserkreislauf. Online: <https://www.fona.de/de/mikroplastik-im-wasserkreislauf#nav--container>
  - UBA Umweltbundesamt (2019b): Wassergefährdende Stoffe. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/wassergefaehrdende-stoffe>
  - UBA Umweltbundesamt (2019f): Fulda: Kommunen teilen sich die Kosten naturnahen Hochwasserschutzes. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/fulda-kommunen-teilen-sich-kosten-naturnahen#film-natur-nahe-hochwasserschutz-an-der-fulda>

- UBA Umweltbundesamt (2020a): Was ist Mikroplastik? Online: [www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-mikroplastik](http://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-mikroplastik)
- UBA Umweltbundesamt (2021b): Arzneimittel in der Umwelt: Eintrag und Vorkommen. Online: [www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/humanarzneimittel/arzneimittel-umwelt](http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/humanarzneimittel/arzneimittel-umwelt)
- UBA Umweltbundesamt (2021b): Umweldelikte 2019. Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2021-12-28\\_text\\_e\\_180-2021\\_umweldelikte\\_2019.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2021-12-28_text_e_180-2021_umweldelikte_2019.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2021c): Wasserwiederverwendung. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung#nutzung-aufbereiteten-wassers-zur-ressourcenschonung-in-der-europaischen-union>
- UBA Umweltbundesamt (2021d): Leistungen und Nutzen renaturierter Flüsse. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/leistungen-nutzen-renaturierter-fluesse#oekosystemleistungen-von-flie%C3%BCgew%C3%A4ssern>
- UBA Umweltbundesamt (2021i): Die Wasserrahmenrichtlinie. Gewässer in Deutschland 2021. Fortschritte und Herausforderungen. Online: [https://gewaesser-bewertung.de/files/221010\\_uba\\_fb\\_wasserrichtlinie\\_bf.pdf](https://gewaesser-bewertung.de/files/221010_uba_fb_wasserrichtlinie_bf.pdf)
- Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften (2000): Richtlinie 2000/60/eg des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Online: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF)
- UBA Umweltbundesamt (2022a): Arzneimittelrückstände in der Umwelt. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/chemikalien/arzneimittelrueckstaende-in-der-umwelt#zahl-der-wirkstoffe-in-human-und-tierarzneimitteln>
- UBA Umweltbundesamt (2022b): Umweltordnungswidrigkeiten und Umweltstraftaten. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltrecht/umweltordnungswidrigkeiten-umweltstraftaten>
- UBA Umweltbundesamt (o.J.): Chemikalien / REACH. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/reach-chemikalien-reach>
- Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S.2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S.2254) geändert worden ist. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/whg\\_2009/](https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/)
- WavE BMBF – Fördermaßnahme “Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung” (2022): Themenfeld Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalen Abwasser. Online: [https://bmbf-wave.de/Publikationen/WavE+Publikationen/ /WavE\\_Themenheft\\_Kommunal\\_ez\\_Links.pdf](https://bmbf-wave.de/Publikationen/WavE+Publikationen/ /WavE_Themenheft_Kommunal_ez_Links.pdf)
- Wolf, M.; Londong, J. (2020): Transformation der Siedlungswasserwirtschaft - Steuerungsmechanismen im Diskurs ressourcenorientierter Systemansätze am Beispiel Thüringen. Raumforschung und Raumordnung, 2020, 78(4)1-15. Online: [https://kommunen-innovativ.de/sites/default/files/18694179\\_-\\_raumforschung\\_und\\_raumordnung\\_spatial\\_research\\_and\\_planning\\_transformation\\_der\\_siedlungswasserwirtschaft\\_-\\_steuerungsmechanismen\\_im\\_diskurs\\_ressourcenorientierter\\_systemansaetze\\_am\\_beispiel.pdf](https://kommunen-innovativ.de/sites/default/files/18694179_-_raumforschung_und_raumordnung_spatial_research_and_planning_transformation_der_siedlungswasserwirtschaft_-_steuerungsmechanismen_im_diskurs_ressourcenorientierter_systemansaetze_am_beispiel.pdf)
- 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.
- WWF (2020): Die Folgen der Vertiefung für Fluss und Umwelt. Online: <https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/tideelbe/folgen-fuer-fluss-und-umwelt>
- [www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/reifenabrieb-mikroplastik/](http://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/reifen/reifenkauf/reifenabrieb-mikroplastik/)
- [www.derstandard.at/story/2000134377806/ein-mensch-isst-pro-woche-eine-kreditkarte](http://www.derstandard.at/story/2000134377806/ein-mensch-isst-pro-woche-eine-kreditkarte)
- Zukunftleben (o.J.): Wanderhilfe für Lachs & Co.: So funktioniert eine Fischtreppe. Online: <https://www.zukunftleben.de/natur-schuetzen/fischtreppe-rhein>

# SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”

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

Das SDG 7 “Bezahlbare und saubere Energie” beinhaltet soziale und ökologische Anforderungen an den Klimaschutz. Für die Wasserwirtschaft sind vor allem zwei Unterziele wichtig (Destatis 2022):

- 7.2 Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln
- 7.3 Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen

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

“Saubere Energie”, wie dies in SDG 7 genannt wird, bedeutet heute für den Klimaschutz grundsätzlich der Umstieg auf erneuerbare Energien (EE) sowie eine höhere Energieeffizienz. 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 (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*

Dieses Kapitel beschreibt die Grundlagen der verwendeten Energieformen und eingesetzten Verfahren. Die Wasserbauberufe sind allesamt technische Berufe, die in hohem Umfange auf die Nutzung von Energie angewiesen und deshalb umfassende Kenntnisse unseres Energiesystems erfordert.

## 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.

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/m<sup>2</sup> 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 ( $\text{SiO}_2$ ), das als Quarzsand oder Quarzkristall

abgebaut wird. Aus SiO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 m<sup>2</sup> bis hin zu Großflächenkollektoren mit 10 bis 12 m<sup>2</sup>
- **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 Holzsnitzel- oder -pellets. Aber auch Biogas aus der Vergärung von Bioabfällen, Ernterückständen oder von tierischen Abfällen wie Mist und Gülle-Exkrementen. Obwohl bei der

Verbrennung von Biomasse oder Biogas Kohlendioxid freigesetzt wird, wird die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie als klimaneutral angesehen, denn das freigesetzte CO<sub>2</sub> wurde während des Pflanzenwachstums der Atmosphäre entzogen. Allerdings verursacht die Verbrennung von Biomasse weitere Luftschadstoffe wie NO<sub>x</sub> 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 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 (Eigen Sonne 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.

## Rationelle Energienutzung und Energiesparen

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. Durch optimierte Prozesse sollen die quantitativen und qualitativen Verluste, die im Einzelnen bei der Umwandlung, dem Transport und der Speicherung von Energie entstehen, minimiert werden, um einen vorgegebenen (energetischen) Nutzen bei sinkendem Primär- bzw. Endenergieeinsatz zu erreichen.
- **Energieeffizienz kennzeichnung:** In der EU gibt die Energieeffizienz kennzeichnung gemäß Verordnung (EU) 2017/1369 Auskunft über die Energieeffizienz von Elektrogeräten und weiteren Energieverbrauchern. Die Kennzeichnung erfolgt für verschiedene Gerätegruppen in Form von Etiketten auf den Geräten und in Werbematerialien. Ab dem Jahr 2021 erfolgt die Kennzeichnung der Energieeffizienz in Form von 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. Bekannt ist der amerikanische Energy Star für energiesparende Geräte, Baustoffe, öffentliche/gewerbliche Gebäude oder Wohnbauten. Der Energy Star bescheinigt die jeweiligen Stromsparkriterien der US-Umweltschutzbehörde EPA und des US-Energieministeriums ([www.energystar.gov](http://www.energystar.gov)). Auch nationale Umweltzeichen wie der Blaue Engel können, je nach ausgezeichnetem Produkt, aufgrund vergleichsweise hoher Energieeffizienz vergeben werden ([www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)). Für PKW's gibt es ein eigenes Kennzeichen, welches die Bewertung und Kennzeichnung der Energieeffizienz neuer Personenkraftwagen hinsichtlich Kraftstoff- und Stromverbrauch regelt (Pkw-EnVKV 2020).
- **Stromsparen:** 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. Die wichtigsten Stromsparmaßnahmen im Haushalt sind energieeffiziente Geräte (Kühl- und Gefriergeräte, Flachbildschirme u.a.m.) sowie LED-Beleuchtung. Eine Vielzahl von Energiespartipps sind z.B. bei CO<sub>2</sub>-Online zu finden (ebd. o.J.). Selbst kleine Maßnahmen wie Reduzierung des Standby-Verbrauchs summieren sich im Großen (UBA 2015a). 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 erzeugt und dabei etwa 20 Mio. t CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre emittieren (ebd.).

## 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 CO<sub>2</sub>-Äq bzw. fast 20% aller CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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.).

## 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 CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen würden die Emissionen um jährlich 2,0 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente reduziert und ein Tempolimit von 100 km/h würde sie um 4,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-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.).

## Logistik

Die Wahl der Verkehrsmittel entlang der Wertschöpfungskette ist sehr relevant für die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Emissionen aus der Logistik können leicht mit Hilfe kostenloser Online Tools ermittelt werden wie z.B. mit carboncare ( o.J.), die die Emissionen nach EN 16258-Standard berechnet. Darin ist auch der Emissionsanteil für die Erzeugung und Bereitstellung des Kraftstoffes enthalten. Die folgende Tabelle stellt beispielhaft die CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschiedlicher Transportmittel dar, die bei einem Transport von einer Tonne Gewicht von Shanghai nach Berlin freigesetzt werden. Die Datenauswertung zeigt deutlich, dass Ferntransporte per Schiff zu den energieeffizientesten Transporten gehören. Bereits 1.000 km per Lkw emittieren genauso viel CO<sub>2</sub> wie bei 20.000 km Schiffstransport. Die Daten zeigen auch, dass selbst bei einem Transport von Elektronikbauteilen mit geringem Gewicht per Flugzeug, um ein Vielfaches mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt wird als ein Transport mit anderen Verkehrsmitteln.

**Tabelle: Emissionen für einen Langstreckentransport - Shanghai nach Berlin.**

Transportmittel	Strecke (km, gerundet)	WTW-CO <sub>2</sub> -Äq
Schiff LKW	19.900 km (Schiff) 200 km (LKW) 20.100 km (gesamt)	73 kg (nur Schiff) 15 kg (LKW) 88 kg (gesamt)
Bahn (im Bau)	10.400 km	120 kg
Flugzeug	8.500 km	6.900 kg

Quelle: Eigene Berechnungen mit carboncare (ebd. o.J.).

## Geschäftsreisen

Bei Geschäftsreisen besteht vielfach die Wahl zwischen Bahn und Pkw-Nutzung, wobei die PKW-Nutzung im Mittel zum Vier- bis Fünffachen an CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Äq, bei Bahnnutzung zu 0,03 kg CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> Emissionen. Diese können durch 111 € Ausgleichszahlung kompensiert werden.

## Geschäftsfahrzeuge und Antriebskonzepte

Darüber hinaus stellt sich die Frage nach den “Kraftstoffen” für die Mobilität der Zukunft. In der Diskussion stehen Elektrofahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebskonzepten, Wasserstofffahrzeuge mit Brennstoffzellen sowie biogene Kraftstoffe.

## 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> klimaneutral ist, denn die bei der Verbrennung freigesetzte CO<sub>2</sub>-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 verursachen im Jahr 2020 Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf Bundesautobahnen in Deutschland THG-Emissionen in Höhe von rund 30,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen würden die Emissionen um jährlich 2,0 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente reduziert und ein Tempolimit von 100 km/h würde sie um 4,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-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

Im Jahre 2022 wurden rund 52 Mio. t Kraftstoffe genutzt (FNR 2023). Davon entfielen 32 Mio. t (62%) auf Dieselmotoren, 15,8 Mio. t auf Ottomotoren (31%) und 3,8 Mio. t auf Biokraftstoffe (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 CO<sub>2</sub> klimaneutral ist, denn die bei der Verbrennung freigesetzte CO<sub>2</sub>-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 Super Benzin 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 Emissionen eines sparsamen Dieselfahrzeugs mit 5 l Verbrauch auf 100 km liegen bei 23 kg (myclimate o.J.).

## 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 % CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 – CO<sub>2</sub>-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 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 – CO<sub>2</sub>-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 Regelernergie 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 Regelernergie 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  $\text{CO}_2$  zu Methan ( $\text{CH}_4$ ), 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).

## 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 von Lithium häufig weder sozial noch umweltverträglich. Obwohl die Bodenrechte in der argentinischen Region der Großen Seen ungeklärt sind, schaffte die Regierung für internationale 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).<sup>9</sup> 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 besseren Einfluss nehmen können. Eine nachhaltige EU-Batterie Kreislaufwirtschaft erfordert somit entsprechend sichere, etablierte Marktstrukturen (Fraunhofer 2018). Hilfreich zur Erreichung der geforderten Standards ist das im Juni 2022 in Deutschland beschlossene Lieferkettengesetz, sodass 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 Primär-Förderländern 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 Zellmanagement 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 wichtige 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 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 Blei Akku hält rund 600 Ladezyklen. Lithium-Phosphat-Batterien werden sowohl für mobile als auch stationäre Anwendungen verwendet, sowohl im Eigenheim Bereich 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 ein 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 Langzeit-Anwendungen 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 Katholyt, sie ist skalierbar durch das Volumen und den Salzgehalt. Zentral ist eine Ionenselektive 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 der geringe Wartungsaufwand. Der Nachteil ist die geringe Energiedichte (10 - 25 Wh/l). Anwendungsmöglichkeiten sind das Lastmanagement und die 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.

## 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.

## Fracking

Von 2008 an stieg der Absatz von Erdgas-Fahrzeugen von ca. 30.000 auf etwa 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 ein 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 Emissions-Tests 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). Ein 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 Auspuff-Emissionen 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 [www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/benzin-und-diesel/e10-tanken/](http://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](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-auto-hersteller-elektro-zukunft/>
- bfp (2022): Online: Der Nutzfahrzeugbereich wird hydrogen. [www.fuhrpark.de/der-nutzfahrzeugbereich-wird-hydrogen](http://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.): CO<sub>2</sub>-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.umweltmobilcheck.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](https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Energie/Wasserstoff/210622_Mythenpapier_E-Fuel.pdf)
- Dumke, H. (2017): Erneuerbare Energien für Regionen - Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen. Online: [repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/8290](http://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-mobilit%C3%A4t/a-61283790>
- EcoTransIT (o.J.): Emissionsrechner für Treibhausgase und Luftschadstoffe. Online: <https://www.ecotransit.org/de/emissionsrechner/>
- e-fuels (o.J.): Einfach genial CO<sub>2</sub>-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](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](http://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](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](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/>
- 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](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#>
- 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/BJNR103700004.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>
- Safe 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](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](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](http://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 (2015a): 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](http://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 (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](http://www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/naturschutz-und-energie/naturschutz-und-bioenergie)

- UBA Umweltbundesamt (2022): Bioenergie. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#AnbauBiomasse>
- UBA Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an. Online: [www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen](https://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](https://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.de/fileadmin/site/publikationen/rep0440.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/fileadmin/site/publikationen/rep0440.pdf)
- Unwerth, Thomas (2020): Wasserstoff und Brennstoffzellen als Fahrzeugantrieb. Online:  
[www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb](https://www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb)
- VDI und VDE (2019): Brennstoffzellen und Batterie Fahrzeuge. Online:  
[www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/brennstoffzellen-und-batteriefahrzeuge](https://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](https://www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90477752)
- Wikimedia (2020): Installierte PV-Leistung in Deutschland. online:  
[www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90477752](https://www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90477752)

## SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit”

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

In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wird zum SDG 8 auf das Leitbild „Soziale Marktwirtschaft“ verwiesen (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, Unternehmerverantwortung, 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:

- **8.4** Bis 2030 die weltweite Ressourceneffizienz in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung anstreben, im Einklang mit dem

Zehnjahres-Programmrahmen für nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster, wobei die entwickelten Länder die Führung übernehmen.

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

Weitere Relevante Indikatoren zur Messung des Fortschrittes sind:

- 8.4.1 Rohstoff-Fußabdruck, Rohstoff-Fußabdruck pro Kopf und Rohstoff-Fußabdruck im Verhältnis zum BIP
- 8.4.2 Inländische Materialnutzung, inländische Materialnutzung pro Kopf und inländische Materialnutzung im Verhältnis zum BIP
- 8.8.2 Grad der nationalen Einhaltung der Arbeitsrechte (Vereinigungsfreiheit und Tarifverhandlungen) basierend auf Textquellen der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) und nationalen Gesetzesgrundlagen, nach Geschlecht und Migrationsstatus

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”.

## Saisonarbeit

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

- Tourismus: Gaststätten, Hotels für Kellner: innen, Küchenpersonal, Zimmerservice und in Betrieben, die nicht ganzjährig geöffnet sind, wie Biergärten und Skihütten, oder auch zur Abdeckung von Arbeitsspitzen in Ausflugslokalen.
- Schaustellergewerbe auf Volksfesten, Jahrmärkten etc.
- In der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau (Erntehilfen in Sonderkulturbetrieben wie Obst-, Gemüse- oder Weinbau).

## DGB Index Gute Arbeit

Die Qualität von Arbeitsbedingungen wird seit 2012 aufgrund von 42 standardisierten Fragen in einer bundesweiten repräsentativen Erhebung ermittelt (DGB 2022). Elf Kriterien der Arbeitsqualität werden abgefragt. Im November 2022 wurde der DGB-Index Gute Arbeit 2022 veröffentlicht. Wie schon in den vorangegangenen Jahren

gibt es zu den Kriterien „Arbeitsintensität“ und „Einkommen“ 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 Metallerzeugung und –bearbeitung dagegen lediglich auf 68 Punkte. Die höchsten Belastungen finden sich im Bereich Erziehung und Unterricht (54 Punkte) sowie im Gesundheitswesen (56 Punkte), wo häufig sowohl physische als auch psychische Belastungsfaktoren auftreten. Die größte Diskrepanz auf Branchenebene zeigt sich bei der Bewertung von „Einkommen und Sicherheit“. Hier liegen die Befragten aus dem Gastgewerbe mit 54 Punkten um 16 Punkte unter dem Wert der Beschäftigten aus der öffentlichen Verwaltung (70 Punkte).“ (a.a.O., S. 13)*

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

Einen wesentlichen Einfluss auf die Bewertung der eigenen Arbeitsbedingungen haben die Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten im Arbeitskontext. Im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung ist das Kriterium „Sinn der Arbeit“ eine wesentliche Ressource zur Beurteilung der eigenen Arbeitsbedingungen. Dazu führt der Bericht „Index Gute Arbeit 2022“ aus: „Der Sinngehalt von Arbeit ist eine Ressource, die sich aus unterschiedlichen Quellen speisen kann. Dazu gehört, dass die Produkte bzw. Dienstleistungen, die produziert oder erbracht werden, als nützlich erachtet werden. Häufig ist dies mit der Einschätzung verbunden, ob die Arbeit einen gesellschaftlichen Mehrwert erzeugt. Sinnhaftigkeit kann dadurch entstehen, dass die Arbeit einen Nutzen für Andere hat. Und wichtig für Sinnempfinden ist auch, dass die eigenen, ganz konkreten Arbeitsaufgaben und –merkmale nicht sinnlos erscheinen. Wird Arbeit als sinnvoll empfunden, wirkt sich das positiv auf die Motivation und das Wohlbefinden der

Beschäftigten aus. Dauerhaft einer als sinnlos erachteten Arbeit nachzugehen, stellt dagegen eine mögliche psychische Belastung und damit ein gesundheitliches Risiko dar.

## BDA - Die Arbeitgeber

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

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

## Prekäre Beschäftigungsverhältnisse

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

Das Thema betrifft auch das SDG 10 "Ungleichheit", denn jeder Mensch hat das Recht auf faire und gute Arbeitsverhältnisse, dies ist vielen Menschen jedoch verwehrt. Prekäre Beschäftigung widerspricht dem Leitbild von "Guter Arbeit", verbaut Entwicklungsmöglichkeiten von Beschäftigten und verstärkt nachweislich den Trend zu

psychischen Belastungen und Erkrankungen sowie deren Folgewirkungen (Jakob 2016) (siehe auch SDG "Gesundheit").

## Kinderarbeit

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

## Arbeitsschutz, Gesundheit und Gute Arbeit

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

## Gender Pay Gap

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

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

## Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz

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

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

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

Das Lieferkettengesetz rückt internationale Menschenrechtsabkommen und lieferkettentypische Risiken in den Blick: Dazu zählen bspw. das Verbot von Kinderarbeit, der Schutz vor Sklaverei und Zwangsarbeit, die Vorenthaltung eines gerechten Lohns, der Schutz vor widerrechtlichem Landentzug oder der Arbeitsschutz

und damit zusammenhängende Gesundheitsgefahren. Es werden zudem internationale Umweltabkommen benannt. Sie adressieren die Problembereiche Quecksilber, persistente organische Schadstoffe und die grenzüberschreitende Verbringung gefährlicher Abfälle und ihre Entsorgung. Zu den jetzt gesetzlich geregelten Sorgfaltspflichten der Unternehmen gehören Aufgaben wie die Durchführung einer Risikoanalyse, die Verankerung von Präventionsmaßnahmen und das sofortige Ergreifen von Abhilfemaßnahmen bei festgestellten Rechtsverstößen. Die neuen Pflichten der Unternehmen sind nach den tatsächlichen Einflussmöglichkeiten abgestuft, je nachdem, ob es sich um den eigenen Geschäftsbereich, einen direkten Vertragspartner oder einen mittelbaren Zulieferer handelt. Bei Verstößen kann die zuständige Aufsichtsbehörde Bußgelder verhängen. Unternehmen können von öffentlichen Ausschreibungen ausgeschlossen werden.

## Unternehmensführung

Nachhaltige **Unternehmensführung** stellt einen integrativen und holistischen Managementansatz dar, der auf die Berücksichtigung und das Management der Nachhaltigkeit im und durch das Unternehmen fokussiert ist. Dabei werden die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigt:

- Die Ökonomie (Sach- und Finanzkapital)
- die Ökologie (natürliche Ressourcen)
- das Soziale (Humankapital).

5 Grundsätze der Nachhaltigkeit in der Unternehmensführung existieren nach Günther und Ruter (2015):

1. Ziel: langfristige Erhaltung des Unternehmens
2. Umsetzung der Nachhaltigkeit im strategischen und operativen Geschäft
3. Bildung eigener Indikatoren der nachhaltigen Unternehmensführung
4. Erfolg der nachhaltigen Unternehmensführung durch Orientierung an Werten und Regeltreue
5. Umsetzung der Basisprinzipien nachhaltiger Unternehmensführung: Solidarität, Transparenz und Risikomanagement (öko-Institut o.J.).

Wer seinen Betrieb nachhaltig aufstellen will, hat den Blick nach außen und nach innen zu richten. Der Blick nach außen bezieht sich auf die Gesellschaft und die Umwelt. Der Blick nach innen bezieht sich auf die ressourcen-orientierte Ökonomie und Ökologie, d. h. die Bereiche Beschaffung, Produktion, Absatz und Marketing so zu gestalten, dass die Umwelt geschützt und der Verbrauch von Ressourcen frei nach dem Prinzip so wenig wie möglich, so viel wie nötig, minimiert werden. Kosten für Umweltauswirkungen werden

berechnet und in die Preisbildung mit einbezogen. Weiterhin gehören zu dem Blick nach innen die Mitarbeiter\*innen.

Es gibt eine Reihe Gemeinwohl-orientierter Wirtschaftsansätze. Dazu zählt die Gemeinwohl-Ökonomie, entwickelt von Christian Felber (ebd. 2015). Dabei basiert das Unternehmen auf gemeinwohl-fördernden Werten wie Kooperation statt auf Konkurrenz und Gewinnmaximierung. Vertrauen, Verantwortung, Teilen und Solidarität sollen gefördert werden. Die Basis des Modells ist die Gemeinwohl-Bilanz, die den unternehmerischen Erfolg nicht nur aus dem monetären Gewinn ableitet (wie in konventionellen Bilanzen), sondern aus den positiven wie negativen Folgen eines Unternehmens für Gesellschaft, Umwelt und Volkswirtschaft. Es geht um das Messen der Punkte, "die wirklich zählen". Im Vergleich zum jetzigen Wirtschaften seien das sozialer, ökologischer, demokratischer, solidarischer (ebd.).

## Personalführung

Nachhaltige Führung baut auf den Erhalt der Arbeitsfähigkeit (Können) und der Motivation (Wollen) der Mitarbeiter\*innen auf (gabler o.J., BMBF 2017). Es geht um die Nutzung der Ressourcen bei Erhalt der Arbeitsfähigkeit. Um letztere zu erhalten, kann und sollte der Arbeitgeber in verschiedene Bereiche investieren, z. B. in Weiterbildung, Kommunikationstrainings, Maßnahmen zur Gesundheitsfürsorge und ergonomische Arbeitsmittel. Auch flexible Arbeitszeiten können Stress reduzieren. Qualifizierte Mitarbeiter\*innen können besser zum betriebswirtschaftlichen Unternehmenserfolg beitragen.

Die **Motivation** der Mitarbeiter\*innen ist genauso wichtig wie die Arbeitsfähigkeit. Nachhaltig agierende Unternehmenslenker\*innen und Vorgesetzte erhalten die Motivation ihrer Mitarbeiter\*innen, indem sie daran glauben, dass Menschen von innen motiviert sind und einen sinnvollen Beitrag leisten wollen, indem sie ihnen mit ehrlichem Interesse begegnen. Wird Mitarbeiter\*innen zusätzlich zum Lob und Anerkennung in Form von Dank entgegengebracht, können sie das positive Menschenbild noch verstärken. Gesteigert wird die Anerkennung, wenn der Dank individuell und verbal begründet wird. Mitarbeiter\*innen können so ihre Arbeit als sinnvoll erleben und motiviert bleiben, denn sie haben das Gefühl, zum Unternehmenserfolg beitragen zu können.

## Quellenverzeichnis

- Agenda 2030: siehe Vereinte Nationen 2015. Online: <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Ressourceneffizienz im Bayerischen Handwerk - Ergebnisse einer Potenzialanalyse, Ressourceneffizienz-Zentrum Bayern. Online:

- [Ressourceneffizienz im Bayerischen Handwerk - Ergebnisse einer Potenzialanalyse](#) BDA (o.J.): ARBEITSBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND MIT
- 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](http://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit)
  - BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2022): Sorgfaltspflichtengesetz – Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten. Online: <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/gesetz-unternehmerische-sorgfaltspflichten-lieferketten.html>
  - BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2020) Eckpunkte "Arbeitsschutzprogramm für die Fleischwirtschaft". Online: [www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/2020/eckpunkte-arbeitsschutzprogramm-fleischwirtschaft.pdf](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/2020/eckpunkte-arbeitsschutzprogramm-fleischwirtschaft.pdf)
  - BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Digitalisierung und Nachhaltigkeit – was müssen alle Auszubildenden lernen? Online: <https://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit>
  - BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Nachhaltigkeit im Personalmanagement. Online: [nachhaltig-forschen.de/fileadmin/user\\_upload/FactSheets\\_LeNa\\_Personal.pdf](http://nachhaltig-forschen.de/fileadmin/user_upload/FactSheets_LeNa_Personal.pdf)
  - BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ) 2021: Das Lieferkettengesetz. Online: <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz>
  - BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (BMZ) 2022: Gemeinsam gegen Kinderarbeit. Online: <https://www.bmz.de/de/themen/kinderarbeit>
  - Bundesregierung (2017): Online: Nationaler Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte. Online: <https://india.diplo.de/blob/2213082/a20dc627e64be2cbc6d2d4de8858e6af/nap-data.pdf>
  - Bundesregierung 2021: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021. Online: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv/nachhaltigkeitsstrategie-2021-1873560>
  - Bundesregierung (2022): Grundsatzbeschluss 2022 zur Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/2146150/16d54e524cf79a6b8e690d2107226458/2022-11-30-dns-grundsatzbeschluss-data.pdf?download=1>
  - destatis (o.J.): Internationale Arbeitsorganisation (ILO)-Arbeitsmarktstatistik. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Methoden/Erlaeuterungen/erlaeuterungen-arbeitsmarktstatistik-ilo.html>
  - destatis (2022): Gender Pay Gap. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-1/gender-pay-gap.html>
  - Deutsche UNESCO-Kommission (DUK) 2021: Bildung für nachhaltige Entwicklung – Eine Roadmap. BNE / EDS 2030. Online: [https://www.unesco.de/sites/default/files/2021-10/BNE\\_2030\\_Roadmap\\_DE\\_web-PDF\\_nicht-bf.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2021-10/BNE_2030_Roadmap_DE_web-PDF_nicht-bf.pdf)
  - Eurofound (2021): Working conditions in the time of Covid-19: Implications for the future. Online: [https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef\\_publication/field\\_ef\\_document/ef22012en.pdf](https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef22012en.pdf)
  - DGB Deutscher Gewerkschaftsbund (o.J.): Decent work – menschenwürdige Arbeit. Online: [www.dgb.de/themen/++co++6157a9a0-2961-11df-48e5-001ec9b03e44](http://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>
- Ferber Personalberatung (o.J.): Was Mitarbeiterführung mit Nachhaltigkeit zu tun hat ... Online: [ferber-personalberatung.de/mitarbeiterfuhrung-nachhaltigkeit/](https://ferber-personalberatung.de/mitarbeiterfuhrung-nachhaltigkeit/)
- Günther, E.; Ruter, R. (Hrsg. 2015): Grundsätze nachhaltiger Unternehmensführung. Online: <https://beckassets.blob.core.windows.net/product/other/15238332/9783503163151.pdf>
- ILO Internationale Arbeitsorganisation 2021: UN startet Internationales Jahr zur Abschaffung der Kinderarbeit 2021. Online: [https://www.ilo.org/berlin/presseinformationen/WCMS\\_766477/lang--de/index.htm](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](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/publication/wcms_820295.pdf)
- Jakob, J. (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](http://www.2030report.de/de/bericht/317/kapitel/ii11-gute-und-menschenwuerdige-arbeit-auch-deutschland)
- Netzwerk Ressourceneffizienz (o.J.): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III (ProgRes III). Online: <https://www.neress.de/themenspiegel/progress/progress-iii/?L=0>
- Öko-Institut (o.J.): Nachhaltige Unternehmensführung: Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt. Online: [www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/nachhaltige-unternehmen-sfuehrung-verantwortung-fuer-gesellschaft-und-umwelt](http://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/nachhaltige-unternehmen-sfuehrung-verantwortung-fuer-gesellschaft-und-umwelt)
- Pinkawa, P. (2022): Nachhaltigkeitsleistung nimmt zu - EcoVadis veröffentlicht sechste Ausgabe des Business Sustainability Risk & Performance Index. Online: <https://resources.ecovadis.com/de/neuigkeiten/nachhaltigkeitsleistung-nimmt-zu-ecovadis-veroeffentlicht-sechste-ausgabe-des-business-sustainability-risk-performance-index>
- Schulzen, Thorsten; Specht, Johannes (2021): Ein Jahr Arbeitsschutzkontrollgesetz - Grundlegender Wandel in der Fleischindustrie? Online: [www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/fleisch-2021/344835/ein-jahr-arbeitsschutzkontrollgesetz/](http://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/fleisch-2021/344835/ein-jahr-arbeitsschutzkontrollgesetz/)
- Springer Gabler (o.J.): Gabler Wirtschaftslexikon: Definition Nachhaltiges Nachhaltigkeitsmanagement im Personalmanagement. Online: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/nachhaltiges-personalmanagement-53887>
- statista (2021): Arbeitsunfälle in Deutschland. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6051/umfrage/gemeldete-arbeitsunfaelle-in-deutschland-seit-1986/>
- UBA Umweltbundesamt (2016): Zweites deutsches Ressourceneffizienzprogramm beschlossen. ProgRes II Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/zweites-deutsches-ressourceneffizienzprogramm>
- VENRO Verband Entwicklungspolitik und Humanitäre Hilfe (2021): Vier Jahre Nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP). Online: <https://venro.org/publikationen/detail/vier-jahre-nationaler-aktionsplan-wirtschaft-und-menschenrechte-nap>
- Vereinte Nationen (1948): Resolution der Generalversammlung 217 A (III). Allgemeine Erklärung der Menschenrechte. Online: <https://www.un.org/depts/german/menschenrechte/aemr.pdf>
- Vereinte Nationen 2015: Resolution der Generalversammlung „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“. Online: <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>
- Welthungerhilfe (2020): Indien hält bei der Kinderarbeit den traurigen Spitzenplatz. Online: [www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/wirtschaft-menschenrechte/indien-haelt-bei-kinderarbeit-den-traurigen-spitzenplatz](http://www.welthungerhilfe.de/welternaehrung/rubriken/wirtschaft-menschenrechte/indien-haelt-bei-kinderarbeit-den-traurigen-spitzenplatz)

- Zeit Online (2023): Lohnunterschiede bei gleicher Arbeit rechtswidrig. Online: [www.zeit.de/arbeit/2023-02/lohngleichheit-bundesarbeitsgericht-frauen-urteil-diskriminierung?](http://www.zeit.de/arbeit/2023-02/lohngleichheit-bundesarbeitsgericht-frauen-urteil-diskriminierung?)
- Zoll 2022: Verpflegung und Unterkunft für Saisonarbeitskräfte. Online: [https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Arbeit/Mindestarbeitsbedingungen/Mindestlohn-Mindestlohngesetz/Berechnung-Zahlung-Mindestlohns/Verpflegung-Unterkunft-Saisonarbeitskraefte/verpflegung-unterkunft-saisonarbeitskraefte\\_node.html](https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Arbeit/Mindestarbeitsbedingungen/Mindestlohn-Mindestlohngesetz/Berechnung-Zahlung-Mindestlohns/Verpflegung-Unterkunft-Saisonarbeitskraefte/verpflegung-unterkunft-saisonarbeitskraefte_node.html)

## SDG 12: “Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen”

### “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. BMU o.J.). 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 den Wasserbau sind aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Ressourcennutzung folgende Unterziele relevant:

- 12.1 Die Umsetzung des Zehnjahresprogramms für nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster der UNO
- 12.2 Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen
- 12.3 Bis 2030 die weltweite Nahrungsmittelverschwendung pro Kopf auf Einzelhandels- und Verbraucherebene halbieren und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste einschließlich Nachernteverlusten verringern
- 12.4 Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen...
- 12.5 Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern
- 12.6 Die Unternehmen, insbesondere große und transnationale Unternehmen, dazu ermutigen, nachhaltige Verfahren einzuführen und in ihre Berichterstattung Nachhaltigkeitsinformationen aufzunehmen
- 12.7 In der öffentlichen Beschaffung nachhaltige Verfahren fördern, im Einklang mit den nationalen Politiken und Prioritäten

- 12.8 Bis 2030 sicherstellen, dass die Menschen überall über einschlägige Informationen und das Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung und eine Lebensweise in Harmonie mit der Natur verfügen

Das SDG 12 betrifft im Prinzip alle Fähigkeiten und Kenntnisse der Standardberufsbildposition. Ein umweltverträglicher Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklusses wurde oben in Kapitel SDG 6 “Wasserqualität und Verringerung der Verschmutzung” unter “wassergefährlichen Stoffen” beschrieben. Zudem wurde die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen oben in Kapitel SDG 8: “Ressourceneffizienz und Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung” behandelt.

## Liefer- und Wertschöpfungsketten

Durch die Globalisierung ist seit Jahren ein Umdenken in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft entstanden. Es ist bekannt, dass die Globalisierung auch mit der Verlagerung von Problemen verbunden ist, die durch nationale Standards und Gesetzgebung in vielen Ländern angegangen wurden. Beispiele sind die Umweltschutzgesetzgebung oder die Regulierung der Arbeitsbedingungen in den Industrieländern. Es hat sich gezeigt, dass durch die Verlagerung der Produktion in Länder des globalen Südens oder in Richtung Asien sich nicht gleichzeitig auch Standards für Produktionsbedingungen verlagert haben. Das bekannteste Beispiel ist die Textile Kette (vgl. Europäisches Parlament 2020) oder der Umgang mit Elektroschrott in Afrika (vgl. Greenpeace 2019). Die Bundesregierung hat in vielfältiger Art auf diese Problematik reagiert z.B. mit der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, dem Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte sowie einer CSR-Richtlinie:

- *“Nachhaltige Produktion fokussiert in der gesamten Wertschöpfungskette auf einen effizienteren Einsatz natürlicher Ressourcen, die Vermeidung und Verminderung von Schadstoffeinträgen und von Treibhausgasemissionen sowie die Vermeidung der Zerstörung von Ökosystemen. Sie legt Wert darauf, die Natur intakt zu erhalten sowie Menschenrechte und Arbeits- und Sozialstandards zu achten und Handel fair zu gestalten. Nachhaltige Produkte sollen möglichst langlebig gestaltet, ressourceneffizient und nach ihrer Nutzung so weit wie möglich wiederverwertbar sein (Kaskadennutzung). Zudem darf von ihnen keine Gefahr für die Gesundheit ausgehen. Transparente und unabhängige Zertifizierungs- und Zeichensysteme sollen erkennbar machen, ob die Produkte Nachhaltigkeitskriterien entsprechen, damit Kaufentscheidungen entsprechend informiert getroffen werden können. Nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion sind damit ‘zwei Seiten derselben Medaille’.”* (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 286)

- *“Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, dass Unternehmen ihrer Verantwortung entlang von globalen Liefer- und Wertschöpfungsketten nachkommen und Menschenrechte, Umweltbelange sowie internationale Arbeits- und Sozialstandards achten. In dem 2016 verabschiedeten Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP) beschreibt die Bundesregierung die Erwartungen gegenüber Unternehmen, ihrer menschenrechtlichen Sorgfaltspflicht nachzukommen und Menschenrechte entlang ihrer Liefer- und Wertschöpfungsketten zu achten (SDG 8). Darüber hinaus sind der Verbrauch natürlicher Ressourcen, das Entstehen von Abfall sowie der Gehalt und insbesondere die Freisetzung von gefährlichen Stoffen noch stärker zu vermindern. Negative Auswirkungen des Konsums auf Gesellschaft und Umwelt (mit besonderem Fokus auf die biologische Vielfalt) müssen minimiert werden. Dem Ansatz der Kreislaufwirtschaft folgend ist das erneute umwelt- und sozialverträgliche Nutzen von Abfall als Wertstoff oder Energieträger besser als bisher zu ermöglichen. Ebenso gilt es, in der Abwasserwirtschaft vorhandene Potenziale zur Energiegewinnung und zur Stoffrückgewinnung zu nutzen.” (ebda, S. 287)*

Die “CSR - Richtlinie” regelt die Berichterstattung über die Verantwortung von Unternehmen im Sinne eines nachhaltigen Wirtschaftens, was soziale, ökologische und ökonomische Aspekte umfasst (vgl. CSR Allgemein o.J.). Grundlagen sind die internationalen Referenzdokumente zur Unternehmensverantwortung und Sozialpolitik, wie die ILO-Grundsatzerklärung, die OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen, die UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte, oder auch der UN Global Compact und die ISO 26000. Die Berichterstattung bezieht sich konkret auf faire Geschäftspraktiken, mitarbeiterorientierte Personalpolitik, den sparsamen Einsatz von natürlichen Ressourcen, den Schutz von Klima und Umwelt sowie auf ernst gemeintes Engagement vor Ort und Verantwortung in den Lieferketten (CSR-Grundlagen). In Deutschland wurde diese Richtlinie zertifiziert durch das CSR-Richtlinien-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG), dem seit März 2017 bestimmte Unternehmen unterliegen. Im April 2021 hat die EU diese RL erweitert, so dass bis zum Berichtsjahr 2023 Unternehmen ihre Reporting-Prozesse anpassen müssen. Diese “Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)” führt zudem verbindliche Berichtsstandards ein und schreibt externe Prüfungspflichten vor. Siehe auch “EU - Taxonomie-Verordnung”.

### **Lieferkettengesetz (LkSG) in Deutschland**

Am 1. Januar 2023 tritt das Gesetz in Kraft. Die Verantwortung der Unternehmen für die Einhaltung von Menschenrechten wird in diesem Gesetz zu den unternehmerischen Sorgfaltspflichten geregelt.

*“Zu den Kernelementen der Sorgfaltspflichten gehört die Einrichtung eines Risikomanagements, um die Risiken von Menschenrechtsverletzungen und Schädigungen der*

*Umwelt zu identifizieren, zu vermeiden oder zu minimieren. Das Gesetz legt dar, welche Präventions- und Abhilfemaßnahmen notwendig sind, verpflichtet zu Beschwerdeverfahren und regelmäßiger Berichterstattung. Die Sorgfaltspflichten beziehen sich auf den eigenen Geschäftsbereich, auf das Handeln eines Vertragspartners und das Handeln weiterer (mittelbarer) Zulieferer. Damit endet die Verantwortung der Unternehmen nicht länger am eigenen Werkstor, sondern besteht entlang der gesamten Lieferkette.” (Lieferkettengesetz 2020)*

## **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 (eqs Group 2022).

## **Ressourcenverbrauch**

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

In Deutschland wird unter dem Blickwinkel der Rohstoffproduktivität mit den nationalen Programmen zur Ressourceneffizienz auf den steigenden Rohstoffverbrauch

reagiert (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 229): *“Die Bundesregierung setzt unter Federführung des BMU mit dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) und dessen Fortschreibungen einen wichtigen Rahmen für Fortschritte in Bezug auf den Indikator”*. Im Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) II war im Jahr 2016 das Ziel gesetzt, dass die Gesamtrohstoffproduktivität weiterhin steigen soll. *“In den Jahren 2000 bis 2010 nahm sie bereits um durchschnittlich rund 1,6 % jährlich zu. Ein solch positiver Trend soll bis zum Jahr 2030 fortgesetzt werden.”* (ebda, S. 228). Mit ProgRess will die Bundesregierung erreichen, dass Wirtschaftswachstum, Wohlstand und Treibhausgasemissionen voneinander entkoppelt werden. Dies bedeutet nicht der Verzicht auf die Ressourcennutzung und Produkte, sondern eine Kreislaufwirtschaft die nachhaltig ist, d.h. nicht zur Umweltzerstörung, Ausbeutung der Ressourcen und Klimawandel hinausläuft (Netzwerk Ressourceneffizienz o.J.; BMUV o.J.).

Ein Mittel hierzu ist die Steigerung der Materialeffizienz. Laut einer Umfrage in Bayerischen Handwerksbetrieben werden folgende Maßnahmen als zielführend beschrieben (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021):

- Auswahl ressourcenoptimierter bzw. -schonender Materialien
- Enge Zusammenarbeit mit Zulieferern, um Prozesse zu optimieren
- Abstimmung von Mengen und Zeitpunkten der Bestellung an die Bedarfe
- Erfassung und Analyse von Ausschuss,
- Entsorgungskosten, Reklamationen
- Investition in moderne und ressourcenschonende Maschinen
- Schulung/Ausbildung der Mitarbeiter im Bereich Materialeffizienz
- Einbindung der Mitarbeiter
- Verbesserung der Lagerbedingungen
- Verbesserung der Wiederverwendung bzw. Verwertung von Reststoffen im Betrieb
- Digitalisierung der Auftragsplanung,
- Bestellprozesse und Lagerlogistik
- Beauftragung externer Berater bei der Suche nach Einsparungen
- Förderprogramme zur Verbesserung der Materialeffizienz
- Austausch mit anderen Betrieben über Möglichkeiten von Materialeinsparungen

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

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

## Ressourcen Rückgewinnung aus Abwasser

Im Bereich der kommunalen Abwässer steht die Rückgewinnung von Phosphor im Fokus. Nach Berechnungen aus dem Jahr 2016 sind in kommunalen Klärschlämmen rund 54 Millionen Kilogramm Phosphor enthalten, was etwa 57 Prozent des jährlichen Mineraldünger-Absatzes entspricht (UBA 2022d: 5). Die im Zuge der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) erwartbare Phosphorrückgewinnung liegt bei über 65 Prozent der Gesamtphosphormenge im kommunalen Klärschlamm (UBA 2022d: 181). Unter Berücksichtigung kommender gesetzlicher Randbedingungen (Düngeverordnung, Klärschlammverordnung) wird zukünftig die Klärschlamm Entsorgung per Monoverbrennung als primäre Option angewandt und die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammmasche erfolgen (UBA 2019c).

Während die Rückgewinnung von Phosphor gesetzlich vorgeschrieben ist, ist es das tatsächliche Recycling, also die Anwendung des gewonnenen Produkts nicht. Hier gilt es, die gesamte Wertschöpfungskette stärker in den Blick zu nehmen und die Produkteigenschaften an die Bedarfe der potenziellen Anwender anzupassen, um die Rezyklat-Produkte zukünftig erfolgreich am Markt etablieren zu können (UBA 2019c).

Da die verschiedenen Ziele der Abwasserreinigung (Spurenstoffentfernung; Energie- bzw. Treibhausgas Neutralität; Phosphorrückgewinnung) in der praktischen Umsetzung nicht alle gleichzeitig zu 100 Prozent erreicht werden können, ist je nach Kläranlage, zwischen verschiedenen Zielen zu priorisieren und eine sinnvolle Abwägung anhand einer Gesamtbetrachtung zu treffen (UBA 2019c).

Die Nutzung von Klärschlamm als erneuerbarer Brennstoff erfolgt als Beigabe in Verbrennungsprozessen (Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen oder Zementwerke) oder als Mono-Verbrennung. Die dabei entstehende Asche wird meist deponiert. Bei den thermischen Verfahren wird der Wasseranteil verdampft und der organische Anteil oxidiert. Das energetische Potenzial wird durch den im Klärschlamm enthaltenen organischen Anteil bestimmt. Der Heizwert von getrocknetem Klärschlamm ist mit dem Heizwert von Braunkohle vergleichbar. (vgl. Pinnekamp, Schröder 2021).

Neben kommunalen Abwässern enthalten auch industrielle Abwässer Wertstoffe, deren Rückgewinnungspotenzial jedoch erst noch weiter erforscht werden müsste.

Beispielsweise gewinnen Platingruppenelemente oder seltene Erden an Bedeutung für die Industrie und könnten einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Auch scheint in Abwässern der Milchindustrie ein Potenzial zur Rückgewinnung von Kalium vorzuliegen (UBA 2022d).

## Baumaterialien

### Wasserdurchlässige Pflasterflächen

Um der Flächenversiegelung entgegenzuwirken, bieten sich wasserdurchlässige Pflasterflächen an. Der Klassiker der wasserdurchlässigen Pflasterfläche ist sicherlich der auch befahrbare Rasengitterstein. Denn dann kann Regenwasser dort, wo es niederfällt, direkt in den Erdboden versickern und damit am biologischen Wasserkreislauf teilnehmen. Zudem tragen entsiegelte Flächen mit einer hohen Versickerungsleistung dazu bei, bei Starkregenereignisse Überflutungen zu vermeiden. Wasserschäden bleiben überschaubar und die öffentliche Kanalisation wird geschont. Versickerungsfähige Pflaster sind allerdings nicht an jedem Ort ökologisch. Auf stark belasteten Verkehrsflächen, wo das Regenwasser viele Schadstoffe aufnimmt, wäre es sogar umweltschädlich, wenn die verschmutzten Niederschläge ins Erdreich versickern würden. In solchen Fällen ist daher nicht das Versickern, sondern das Ableiten und Reinigen des Regenwassers sinnvoll. Versickerungsfähige Pflastersteine eignen sich auch aufgrund ihrer geringeren Belastbarkeit, also nicht für Straßen oder sonstige stark belastete Flächen. Sie sind aber eine gute Wahl für Fuß- und Radwege, für gepflasterte Hofflächen und Pkw-Parkplätze. Nicht zuletzt sind sie für den heimischen Garten und die Terrasse eine gute Alternative zu Waschbetonplatten.

Da Pflasterbeläge aus vielen Einzelsteinen bestehen, lässt sich ein gewisses Ausmaß an Wasserdurchlässigkeit ganz einfach über die Fugen sicherstellen. Schon bei 1 cm breiten Fugen, die mit losem Sand und Splitt gefüllt sind, werden gute Versickerungsergebnisse erzielt. Um die Einhaltung der Fugenbreite dauerhaft zu garantieren, kommen bei vielen künstlichen Steinsystemen spezielle Abstandhalter zum Einsatz. Wenn die Flächen ansonsten aus stabilen Betonsteinen oder Natursteinen bestehen, sind sie trotz breiter Fugen sehr belastbar und können zum Beispiel auch mit Wohnmobilen befahren werden.

Damit die Versickerung funktioniert, ist es jedoch erforderlich, die Fugen in ungebundener Bauweise auszuführen, denn bei gebundener Bauweise, bei der das Fugenmaterial aus Mörtel besteht, ist eine Versickerung kaum möglich. Ungebundene Fugen sind allerdings anfällig für unerwünschten Pflanzenwuchs. Sehr breite Fugen optimieren zwar die Versickerung, bergen aber das Risiko, dass die Fugen ausgeschwemmt werden und dadurch die Stabilität des Pflasterbelags verloren geht.

Die Versickerungsleistung einer Pflasterfläche ließe sich weiter erhöhen, wenn nicht nur die Fugen, sondern auch die Pflastersteine selbst wasserdurchlässig ausgeführt sind. Um das zu erreichen, werden Pflastersteine mit haufwerksporiger Struktur wie zum Beispiel Leicht- oder Dränbeton. Sie werden auch als Filter- oder Porensteine bezeichnet. Dafür wären Baustoffe mit haufwerksporiger Struktur vonnöten, wie sie zum Beispiel bei Mauerwerk aus Leichtbeton und bei Dränbeton für den Straßen- und Wegebau üblich sind. Tatsächlich gibt es auch für den Garten- und Landschaftsbau solche haufwerksporigen Betonsteinpflaster. Man bezeichnet sie auch als Filter- oder Porensteine. Porensteine sind allerdings nicht so stark belastbar wie ein normaler Betonstein. Mit einem Pkw sind sie meist noch befahrbar. Haufwerksporige Pflastersteine empfehlen sich daher eher für den Gehwegbereich (Grimm 2018).

## Natursteine

Aus ökologischer und sozialer Sicht sind Naturwerksteine aus lokaler Produktion der ideale Baustoff. Im Vergleich zu anderen Baustoffen ist der Abbau von Naturstein energie- und ressourcenschonend, denn nicht mehr benötigte Steine lassen sich gefahrlos in den natürlichen Stoffkreislauf zurückführen. Zudem ist die Lebensdauer von Naturstein mit bis zu mehreren hundert Jahren deutlich länger als Beton mit ca. 30 Jahren. In Deutschland werden jedoch bedeutend weniger Natursteine abgebaut als verbraucht, denn der Großteil des in Deutschland verwendeten Natursteins wird als Rohmaterial oder verarbeitetes Produkt importiert.

Für das Jahr 2017 lag in Deutschland der Verbrauch an Rohmaterial bei ca. 0,9%. Davon wurden jedoch lediglich 0,75 Mio. t heimisch produziert, 0,3 Mio. wieder exportiert und 0,4 Mio. t importiert. Für Fertigwaren lag der nationale Verbrauch im selben Jahr bei ca. 1,9 Mio. t. Davon wurden lediglich 0,5 Mio. heimisch produziert, 0,2 Mio. t wieder exportiert und 1,6 Mio. t importiert. Damit liegt die Importquote des heimischen Verbrauchs für Rohmaterialien bei ca. 47% und für Fertigware bei 84% (Markt Naturstein 2019, Montani 2021)

Hintergrund ist eine starke Öffnung für den Import von Natursteinen aus Asien in den 2000er Jahren aufgrund der im Vergleich zur heimischen Produktion geringeren Preise für Importware. Allerdings liegen die Arbeitsrechts-, Sicherheits- und Umweltstandards in den Steinbrüchen und steinverarbeitenden Betrieben der Importländer häufig unterhalb derer in Deutschland. Zudem sind mit dem Transport negative Umweltauswirkungen verbunden.

Zwar verfügt Deutschland über große Mengen und eine reiche Vielfalt abbaufähiger Natursteine. Gleichwohl wird ein Großteil des Bedarfs aber aufgrund des günstigen Preises mit Natursteinen aus Niedriglohnländern gedeckt.

Pflastersteine, Terrassensteine oder auch Grabsteine, die in Deutschland zum Einsatz kommen, stammen zu mehr als 50 % aus China. Jedoch wird die Rückverfolgbarkeit der Steine aufgrund von Dreieckshandel, zwischen Rohstoffgewinnung, Weiterverarbeitung und Endnutzung erschwert. China exportiert vorwiegend bearbeitete Werksteine. Das Rohmaterial bezieht China zu einem nicht unerheblichen Teil aus Drittländern wie Indien und der Türkei. Im Straßen- und Tiefbau, aber auch im Garten- und Landschaftsbau wird chinesischer Granit in der Regel als Massenware aus chinesischen Steinbrüchen angeboten. Es ist aber davon auszugehen, dass für bearbeitete Werksteine wie Grabsteine oder höherwertige Produkte wie Küchenarbeitsplatten China überwiegend Rohmaterial aus Indien eingesetzt wird.

Die Natursteingewinnung und -verarbeitung erfolgt zunehmend in industrieller Fertigung und die Handarbeit nimmt ab. Dadurch sinkt auch die Kinderarbeit in Steinbrüchen. Sowohl China als auch Indien verfügen inzwischen über Steinbrüche, die vom Arbeitsstandard mit deutschen oder europäischen Steinbrüchen vergleichbar sind. Allerdings gibt es von Steinbruch zu Steinbruch sowie zwischen den Verarbeitungsbetrieben große Unterschiede. Vor allem für Steine aus Indien ist Kinderarbeit nicht völlig auszuschließen, aber häufig sind Familien auf ein zusätzliches Einkommen der Kinder angewiesen. Daher ist auch die Modernisierung von Betrieben kein Garant für die Beendigung von Kinderarbeit. Denn für Kinder werden neue Arbeitsgebiete geschaffen wie die Weiterverwertung der Blockabfälle, die Herstellung kleiner Blöcke oder das Polieren von Steinen. Aber auch die Arbeitsbedingungen für erwachsene Arbeiter\*innen sind alles andere als akzeptabel: niedrige Löhne unterhalb des gesetzlichen Mindestlohns, unsichere und ungesunde Arbeitsbedingungen durch hohe Staubbelastung, fehlende Sicherheitsmaßnahmen, extreme Temperaturen und ein Mangel an Trinkwasser. In Indien ist zudem moderne Sklaverei durch Schuldknechtschaft verbreitet, die auch auf Kinder übertragen wird.

Die Situation in China, dem größten Anbieter auf dem deutschen Markt, ist besser. Doch auch in vielen chinesischen Unternehmen gibt es erhebliche Missstände, die denen in Indien ähneln. Schwere körperliche Arbeiten werden auch hier meist ohne angemessene Schutzkleidung ausgeübt und die Lebenserwartung liegt aufgrund der tödlich verlaufenden Lungenkrankheit Silikose, die durch eine kontinuierlich hohe Staubbelastung ausgelöst wird, bei nur 40 Jahren.

Seit einigen Jahren geht die chinesische Regierung massiv gegen Steinbrüche und Verarbeitungsbetriebe vor, die nicht den chinesischen Gesetzen entsprechen und gegen Umwelt- und Sozialauflagen verstoßen. Ganze Steinbrüche werden geschlossen. Von daher ist von einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen in China auszugehen. Bezüglich Kinderarbeit gehen wissenschaftliche Studien jedoch auch davon aus, dass auch wenn es keine aktuellen, substantiell belegten Berichte über Kinderarbeit im

Natursteinsektor in China gibt, auch Verstöße im Natursteinsektor wahrscheinlich sind. Denn in anderen Sektoren ist belegt, dass es vielfache und schwere Kinderarbeit (einschließlich staatlich organisierter Zwangsarbeit, z.B. für straffällige Jugendliche) gibt (WEED 2019).

### Natursteinsiegel

Vor diesem Hintergrund gibt es für die Gewinnung und Weiterverarbeitung von Natursteinen ein Zertifizierungssystem, das insbesondere die Einhaltung von Arbeits-, Sozial- und Umweltstandards sicherstellen soll. Die bekanntesten sind:

- Fair Stone (vgl. <http://fairstone.org>): Das Siegel wird von Fair Stone e.V. vergeben. Der zugrundeliegende Standard wurde 2007 von der WiN=WiN GmbH in Zusammenarbeit mit einem deutschen Natursteinhändler, sowie Expert:innen der ISSA (International Social Security Association) und internationalen Arbeitsrechts- und Sozialexpert:innen im Rahmen eines ko-finanzierten DeveloPPP-Projekts entwickelt. Zielsetzung und Schwerpunkt des Siegels sind die Überprüfung und Verbesserung der Arbeitsbedingungen in Steinbrüchen und steinverarbeitenden Betrieben in Entwicklungs- und Schwellenländern. Fair Stone ist seit 2018 bei der Deutschen Gesellschaft Nachhaltiges Bauen DGNB akkreditiert. Importeure von Natursteinen erhalten das Siegel erst, nachdem die Einhaltung von Mindestkriterien in der Lieferkette durch unabhängige Auditor:innen überprüft wurde. Jährliche Audits, mit steigenden Anforderungen, bereiten die Lieferant:innen auf eine umfangreiche Prüfung der Fair Stone Standardinhalte nach einer Phase von maximal 36 Monaten vor. Die Abgabe einer Selbstverpflichtung oder Eigenbestätigung durch die Lieferant:innen ist nicht ausreichend für die Siegel-Nutzung.
- Xertifix (vgl. <http://www.xertifix.de>): Xertifix ist eine NGO, die als Verein organisiert ihren Sitz in Hannover hat. Sie setzte sich für bessere Arbeitsbedingungen und Umweltschutz im asiatischen Steinsektor ein. Für die so genannten "Third-Party-Audits" beauftragt Xertifix in Indien, China und Vietnam Auditor:innen mit den Kontrollen der Lieferketten. Dabei werden regelmäßig Fabriken und Steinbrüche in Indien, China und Vietnam überprüft, um sicherzustellen, dass die Standardkriterien erfüllt werden: Der Standard umfasst die IAO-Kernarbeitsabkommen, darunter das Verbot von Kinderarbeit und Sklaverei, einen besseren Schutz der Gesundheit und Sicherheit von erwachsenen Arbeitnehmer:innen, gerechte Löhne und Arbeitszeiten, Umweltschutz und Rechtmäßigkeit. Neben der Bekämpfung von Kinder- und Sklavenarbeit werden schulische und berufliche Bildung gefördert und die deutsche Öffentlichkeit für sozialverträglich hergestellte Produkte aus Naturstein sensibilisiert. Xertifix versteht seine Audits nicht nur als Prüfinstrument, sondern als langfristig

angelegte Bausteine zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und des Umweltschutzes.

- IGEP (vgl. <http://www.igep.org/>): Das Siegel wird von der IGEP Consult Pvt. Ltd. vergeben. IGEP steht ursprünglich für Indo German Export Promotion, ein gemeinsames Projekt der deutschen und indischen Regierung, welches bis 2005 von der GIZ (ehemals GTZ) durchgeführt wurde. Seit 2005 wird IGEP unabhängig als privates Beratungsunternehmen fortgeführt. IGEP setzt sich unverändert für die Förderung der wirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen indischen und deutschen Unternehmen ein. Ziel des Siegels ist es, Kinderarbeit in der Natursteinindustrie in Indien und China zu verhindern und die Eignung für den europäischen Markt sicherzustellen. Dies geschieht durch den ISES 2020-Standard, der zusätzlich zu Kinderarbeit Managementsysteme, Zwangsarbeit, Gesundheit und Sicherheit an Arbeitsplatz, Vereinigungsfreiheit und Recht auf Kollektivverhandlungen, Diskriminierung, Disziplinarpraktiken, Arbeitszeiten, Vergütung, Zulieferer und Umweltaspekte umfasst. Die Gebühr für die IGEP-Zertifizierung fließt nicht nur in die Organisation selbst, sondern wird auch für die Finanzierung sozialer Aktivitäten, wie Ausbildungsinitiativen und Gesundheitsversorgung an Schulen, in ganz Indien verwendet

Neben diesen Zertifikat Systemen, die speziell für Natursteine angelegt sind, existieren weitere Kennzeichnungs- und Zertifikat Systeme, Lieferketteninitiativen und Richtlinien. Sie lassen sich den CSR-Initiativen (Corporate Social Responsibility) zuordnen und fußen auf der gesellschaftliche Unternehmensverantwortung (unternehmerische Sozialverantwortung) und verstehen sich als freiwilligen Beitrag der Wirtschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung. Im Folgenden werden ausgewählte CSR-Initiativen im Zusammenhang mit Natursteinen aufgeführt:

- INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS (ICMM, vgl. <https://www.icmm.com/en-gb>): Der International Council on Mining and Metals (ICMM) ist seit 2001 der Handelsverband für den Bergbausektor. Als Unternehmen können Sie Mitglied werden, was eine Verpflichtung zur Einhaltung der 10 Grundsätze erfordert. Auf der Website finden Sie auch weitere Informationen und Hilfsmittel.
- VOLUNTARY PRINCIPLES ON SECURITY AND HUMAN RIGHTS (vgl. <http://www.voluntaryprinciples.org/for-companies/>): Die Voluntary Principles on Security and Human Rights sind freiwillige Richtlinien für die Öl- und Gasindustrie und den Bergbau. Sie entstanden aus Gesprächen zwischen der amerikanischen Regierung, der britischen Regierung, Unternehmen und NGOs. Ziel ist es, die Sicherheit ihrer Operationen zu gewährleisten. Die Einhaltung der Menschenrechte und die Gewährung der Grundfreiheiten durch die Unternehmen

ist von zentraler Bedeutung. Die Initiative enthält Leitlinien zur Einschätzung der Auswirkungen auf die Menschenrechte sowie zu Fragen der öffentlichen und privaten Sicherheit.

- SPONSIBLE MINERALS INITIATIVE (<http://www.responsiblemineralsinitiative.org/>): Die Responsible Minerals Initiative wurde von der Responsible Business Alliance und der Global e-Sustainability Initiative gegründet und unterstützt Unternehmen aus einer Reihe von Branchen dabei, sich mit der verantwortungsvollen Mineralienbeschaffung in ihren Lieferketten zu beschäftigen. Ihr „Responsible Minerals Assurance Process“ bietet Unternehmen und ihren Lieferanten eine unabhängige, externe Prüfung, anhand festgelegt wird, welche Schmelzanlagen und Raffinerien entsprechend der geltenden weltweiten Standards als „Responsibly Sourced“ bestätigt werden können. Die Initiative stellt eine Online-Liste der konformen Hütten und Raffinerien zur Verfügung.

Darüber hinaus sind noch folgende CSR-bezogene Datenbanken und Information Tools erwähnenswert:

- ITC Standards Map (vgl. <https://sustainabilitymap.org>): enthält Informationen zu über 150 Standards, Verhaltenskodizes und Audit-Protokollen, die sich mit Nachhaltigkeits-Hotspots in globalen Lieferketten befassen.
- Ecolabel Index (<http://www.ecolabelindex.com/>): größtes globales Verzeichnis von Umweltzeichen, derzeit 460 Umweltzeichen in 25 Branchen weltweit.
- Der Stand der Nachhaltigkeitsinitiativen 2014 (<http://www.iisd.org/>): Der Bericht "State of Sustainability Initiatives" gibt einen Überblick über die Markt- und Leistungstrends in 16 der gängigsten Standardinitiativen, die in zehn verschiedenen Rohstoff Sektoren durchgeführt werden".

Abschließend sei auf den Kompass zur nachhaltigen Beschaffung hingewiesen (Kompass Nachhaltigkeit 2022). Dort finden sich für zahlreiche Produkte ein Gütezeichenfinder, unter anderen auch für eine Reihe von Natursteinen sowie Gestaltungshinweise und Praxisbeispiel für öffentliche Ausschreibungen zur sozial verantwortlichen Beschaffung von Natursteinen (vgl. BA Berlin 2020)

Zudem findet sich dort ein Zugang zum CSR Risiko Check. Dabei handelt es sich um ein Online-Tool zur Einschätzung der lokalen Menschenrechtssituation sowie Umwelt-, Sozial- und Governance Themen. Es wurde von MVO Nederland entwickelt und wird vom niederländischen Außenministerium finanziert. Die deutsche Version des CSR Risiko-Check wird von dem Helpdesk Wirtschaft und Menschenrechte der Bundesregierung in der Agentur für Wirtschaft & Entwicklung finanziert. Der CSR

Risiko-Check liefert für Unternehmen vertiefte Informationen über länderspezifische CSR-Risiken und deren Vermeidung für ausgewählte Produktgruppen und Wirtschaftsbereiche. Für Natursteine sind insbesondere die Produktgruppe „Steine, Sand und Kies“ sowie der Wirtschaftsbereich „Dienstleistungen für die mineralgewinnende Industrie & Bergbau“ von besonderer Relevanz (CSR Risiko Check 2022)

## Nachhaltiger Zement

Beton ist das zentrale Konstruktionsmaterial der deutschen Bauwirtschaft. Er prägt wie kein anderer Baustoff unsere gebaute Umwelt. Mit mehr als 10 Mrd. m<sup>3</sup> weltweiter Jahresproduktion ist Beton der häufigste Baustoff (BFT International 2015). Dafür wurden im Jahr 2021 weltweit geschätzte 4,4 Milliarden Tonnen Zement produziert. Im Vergleich zum Jahr 1995 entspricht dies einer Produktionssteigerung von knapp drei Milliarden Tonnen oder einer Vervierfachung (Statista 2022b).

Zement ist der Kleber im Beton, das hydraulische Bindemittel, das Sand, Wasser und Kies zusammenhält. Um ihn herzustellen, braucht es Zementklinker, der aus Kalkstein, Sand und Ton bei ca. 1.450 Grad gebrannt wird. Genau bei diesem Prozess entsteht allerdings jede Menge klimaschädliches CO<sub>2</sub>. Unterschieden wird zwischen prozessbedingten und energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die prozessbedingten Emissionen machen ca. 2/3 der Gesamtemissionen aus. Sie stammen aus dem eingesetzten Kalkstein und betragen 530 kg pro produzierte Tonne Zementklinker (NIR 2022). Insgesamt bedeutet 1 t Portlandzement circa 1 t CO<sub>2</sub> (BFT International 2018).

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen aus der Verbrennung fossiler Energieträger wie Stein- oder Braunkohle, um den Drehofen auf mehr als 1400°C zu erhitzen. Aufgrund der hohen Temperaturen im Drehofen werden die Kohlen oft durch sogenannte Ersatzbrennstoffe wie Tiermehl, Klärschlamm, Altreifen, Altöl oder Siedlungsabfälle ersetzt, die in ganz unterschiedlicher Höhe CO<sub>2</sub>-Emissionen freisetzen. Weltweit fallen durch die Herstellung von Zement ca. 2,8 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> an. Das sind fast acht Prozent der weltweiten Emissionen und damit mehr als der Flugverkehr und die Rechenzentren zusammen ausstoßen. Und angesichts der steigenden Nachfrage in Schwellenländern wie Indien, Asien und Afrika dürfte dieser Wert in den nächsten Jahren sogar noch steigen. Auch in Deutschland wäre eine Bauwirtschaft ohne Beton natürlich undenkbar. Hierzulande wurden 2019 immerhin 34 Millionen Tonnen verbaut – und 20 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert (Handelsblatt 2022).

Weil ein Großteil der CO<sub>2</sub> Emissionen aus dem Zement stammt, steht Beton als Baustoff grundsätzlich in der Diskussion. Im Gebäudebereich spielen zwar Holz und Lehm als klimafreundlicher Betonersatz eine zunehmende Rolle, doch eine wirkliche Alternative zu Beton ist noch nicht in Sicht. Eine Möglichkeit, die eingesetzte Betonmenge zu

reduzieren, stellt der sogenannte Carbonbeton dar, bei dem als Bewehrung der Stahl durch Kohlenstofffasern ersetzt wird und sich aufgrund dessen größere Zugfestigkeit (ca. 3000 N/mm<sup>2</sup> statt der ca. 550 N/mm<sup>2</sup> des üblichen Bewehrungsstahls) dadurch die Betonmenge reduzieren lässt (Schneider et al 2017).

Eine weitere Möglichkeit, um die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementherstellung zu senken, ist die Substitution des gebrannten Portlandzementklinkers durch Kompositmaterialien. Dabei geht es darum, die klimaschädliche Umwandlung von Calciumcarbonat zu verringern. Dazu bieten sich neben den traditionellen Materialien wie Hüttensand und Flugasche, deren nutzbare Mengen zukünftig zurückgehen werden, insbesondere calcinierte Tone, Gesteinsmehl, Vulkanasche aber auch modifizierte Stahlwerksschlacken an (BFT International 2018).

Möglichkeiten werden auch in neuen CO<sub>2</sub>-armen Bindersystemen gesehen, die nicht auf klassischem Portlandzementklinker basieren. Viele dieser alternativen Binder weisen allerdings nicht das Potenzial für einen Massenbaustoff auf. Große Potenziale bieten jedoch alternative, hochreaktive Belitzemente (LTBB), die bei deutlich niedrigeren Brenntemperaturen und verbesserter Leistungsfähigkeit eine wesentlich bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz als Portlandzemente aufweisen (BFT International 2018).

Für die deutsche Zementindustrie wird die CO<sub>2</sub>-Abscheidung im Zementwerk und dessen anschließende Nutzung bzw. Speicherung (CCUS) bei der Dekarbonisierung von Zement und Beton eine entscheidende Rolle spielen. Für eine klimaneutrale Zementindustrie wird es dabei erforderlich sein, nach Ausschöpfung aller übrigen Potenziale ab 2050 jährlich rund 10 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> abzuscheiden. Für die Nutzung oder Speicherung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> bedarf es jedoch einer entsprechenden CO<sub>2</sub>-Infrastruktur, die insbesondere in Gestalt von Pipeline-Systemen und anderen Transportkapazitäten wie Tankwagen, Kesselwagen oder Schiffe noch aufzubauen ist. Allerdings wird sich der Strombedarf der Klinkerherstellung bei einem breiten Einsatz von Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung mehr als verdoppeln, was eine hinreichende Verfügbarkeit von regenerativ erzeugtem Strom und entsprechender elektrischer Übertragungsnetze erfordert (VDZ 2020).

## Anlage von Wegen und Straßen

Wasserbauer müssen sich auch um die Unterhaltungswege kümmern (BGBl 2004):

- Verkehrs- und Transportwege auf ihre Eignung beurteilen, Maßnahmen zur Nutzung veranlassen
- Unterhaltungswege herstellen, kontrollieren und Instandsetzen

Infolgedessen sollten die Wasserbauberufe Grundkenntnisse über die Anlage von Straßen und Wegen haben.

## Betonstraßen

Beim Bau nachhaltiger Betonstraßen stehen besonders die Ziele Lärminderung, Verbesserung des Fahrkomforts und Nachhaltigkeit der Konstruktion im Hinblick auf Planung, Bauausführung und Erhaltung im Mittelpunkt. Sowohl die Nutzenden als auch die Eigentümer\*innen erwarten von Betonstraßen hohe Dauerhaftigkeit bei geringem Wartungsaufwand sowie gute Oberflächeneigenschaften (Wolf 2022). Für Straßenoberfläche von Betonstraßen hat sich die sogenannte Grinding-Struktur, die durch eingefräste Rillen erzeugt wird, als eine erfolgversprechende Variante herausgestellt. Vorteilhaft ist nicht nur die Lärminderung von bis zu 5 dB(A) gegenüber der üblichen Waschbeton Struktur, sondern auch Griffbarkeit, Herstellung, Verfügbarkeit der Gesteinskörnung und Fahrkomfort stellen weitere Vorteile dar. Auch die Dauerhaftigkeit ist besser. Bisher werden Straßen Konstruktionen nach geltenden Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) auf eine Nutzungsdauer von 30 Jahren ausgelegt. Rechnerisch können Betondecken jedoch auf deutlich längere Lebensdauern dimensioniert werden, zumal bereits eine geringe Erhöhung der Betondicke der Decke um zwei Zentimeter die Dauerhaftigkeit um zehn und mehr Jahre verlängern kann. Bei der Waschbetonbauweise ist bereits heute die Verfügbarkeit von Rohstoffen problematisch. Die betrifft insbesondere die Verfügbarkeit von Gesteinen mit einem hohen Widerstand gegen schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Betonoberflächen mit Grinding-Struktur hingegen ermöglichen die Anwendung neuer Materialien wie zum Beispiel grobe Rundkiese und Splitte und können damit dem Rohstoffmangel entgegenwirken (Wolf 2012).

## Asphalt

Im Jahr 2020 wurden in Deutschland 38 Mio Tonnen Asphalt als Mischgut produziert. Der Anteil der Wiederverwendung lag bei 31% (Dav 2022). Als Baustoff eignet sich Bitumen wie nur wenige andere Baustoff für eine Mehrfachverwendung, denn die temperaturbedingte Erweichung und Erhärtung ist umkehrbar. Durch diese thermoplastische Eigenschaft des Bindemittels Bitumen kann Asphalt vollständig wiederverwendet werden. Dies geschieht in erster Linie in den Mischwerken durch Zugabe von Ausbauasphalt bei der Herstellung von neuem Asphalt. Daneben gibt es auch Verfahren zum Recycling von Asphalt direkt auf der Baustelle. Die vorhandene alte Deckschicht wird dabei erwärmt, aufgenommen und nach Zugabe von Gesteinskörnungen, Bitumen oder neuem Asphalt qualitativ verbessert und wieder eingebaut.

## Warmasphalt

Eine Möglichkeit, den Straßenbau nachhaltiger zu machen, ist die Reduktion des Energieeinsatzes und damit die CO<sub>2</sub> Reduktion bei der Herstellung von Asphalt. Denn nahezu zwei Drittel der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen aus dem Straßenbau entstehen in

Asphaltmischanlagen (Porr o.J.). Eine Möglichkeit ist der sogenannte Warmasphalt. Während beim konventionellen Heißasphalt die Temperatur über 150°C beträgt, liegt sie beim Warmasphalt darunter und der Einbau erfolgt bei 120°C. Zudem wird eine längere Haltbarkeit der Asphaltsschicht erwartet, denn durch die niedrigere Mischtemperatur wird das Bitumen weniger stark beansprucht. Zudem profitieren auch Arbeiter\*innen und Anlieger\*innen der Asphaltmischanlagen und Baumaßnahmen davon, denn die geringere Misch- und Verarbeitungstemperatur führt auch zu einer Reduktion der vom erhitzten Asphalt freigesetzten Dämpfe und Aerosole. Ihre Toxikologie ist in den vergangenen Jahren zunehmend in Verruf geraten und das enthaltene Bitumen steht in dem Verdacht krebserzeugend zu sein. So wurden die Expositionen von oxidierten Bitumina und deren Emissionen bei Dacharbeiten von der internationalen Krebsforschungsagentur IARC im Jahr 2013 in die Gruppe 2A der wahrscheinlich krebserzeugender Stoffe eingestuft, während „Hartbitumina“ und deren Emissionen bei Gussasphaltarbeiten sowie „Straight-Run-Bitumina“ und deren Emissionen im Straßenbau der Gruppe 3 der möglicherweise krebserzeugend zugeordnet wurde (ASU 2020).

### Substitution von Asphalt durch Altkunststoffe

Eine Möglichkeit, ganz auf bitumenhaltigen Asphalt zu verzichten, ist deren Substitution durch Kunststoff. Schon länger wird zur Reparatur von Straßen Kunststoff eingesetzt. In Indien ist das seit 2015 sogar Pflicht. Allerdings ersetzt der recycelte Kunststoff nur einen kleinen Teil des Bitumens.

Neu ist, dass ganze Straßen aus Plastik gebaut werden. Dazu werden vorgefertigten Module zusammengesetzt, die aus recycelten Kunststoffen hergestellt werden. Durch die Modulbauweise und weil keine schweren Fundamente und keine aufwendigen Aushubarbeiten benötigt werden, lassen sich insbesondere Geh- und Fußwege deutlich schneller und unkomplizierter herstellen. Zudem sind die leichten Module innen hohl. Dies ermöglicht die einfache Verlegung und spätere Reparatur von Rohren und Leitungen. Ferner kann der Hohlraum bis zu 300 Liter Regenwasser pro Quadratmeter speichern. Dadurch lassen sich Überschwemmungen aufgrund von klimabedingt zunehmenden Starkregenereignissen vermeiden. Das im Hohlraum gespeicherte Wasser wird nach und nach an den Boden abgegeben und erhält damit die biologische Funktion des Bodens und hilft mit, Grundwasserverluste zu verringern (PlasticRoad 2020). Zudem lassen sich mit der Verwendung von Altkunststoffen im Straßenbau zwei Probleme gleichzeitig lösen. Im Straßenbau kann auf den Einsatz von Asphalt mit dem kanzerogenen Bindemittel Bitumen sowie dem Einsatz mineralischer Zuschlagstoffe verzichtet werden. Darüber hinaus wird zudem der Kunststoffabfall einer stofflichen Verwertung zugeführt und braucht nicht verbrannt zu werden. Die maximale CO<sub>2</sub>-Reduktion soll bei 72 % liegen (Porr o.J.).

## Weitere Asphalt-Substitution

Beim Bau von Straßen werden zum größten Teil neue Rohstoffe verwendet und nur zum Teil recycelte Materialien. Straßen sollten daher wie jedes Produkt nach den Regeln der Kreislaufwirtschaft idealerweise aus einem bereits produzierten oder schon geförderten Rohstoff hergestellt werden, sodass der Stoffkreislauf vollständig geschlossen verläuft und keine neuen Rohstoffinputs benötigt werden.

Straßen bestehen aus vier Schichten: Dem Untergrund, dem Unterbau, der Tragschicht mitsamt Planum und dem Oberbau. Neben dem Asphalt für den Oberbau besteht der überwiegende Anteil einer Straße aus stets neu geförderten Steinen und Quarzsand. Dies bedeutet letzten Endes, dass eine jede neue, umgebaute oder sanierte Straße in der Gesamtrechnung äußerst viele Rohstoffe verschwendet. Statt auf Rohmaterialien zu setzen, lässt sich jedoch ein Mischmaterial aus Bauschutt und Altreifen herstellen, das sich als Tragschicht für Straßen eignet. Genauso wie Bauschutt, stellen auch alte Reifen ein großes Entsorgungsproblem dar. Jährlich werden weltweit rund eine Milliarde Altreifen „produziert“. In Deutschland werden Altreifen in Zementwerken als Brennstoff eingesetzt. Die Möglichkeit zur gemeinsamen Wiederverwendung von Reifen und Bauschutt bietet gleichzeitig eine sehr gute funktionale Performance hinsichtlich der Flexibilität, der Festigkeit und bleibenden Verformungen. Um maximale Festigkeit und optimale Kohäsion zwischen den beiden Inputmaterialien zu erreichen, liegt das optimale Verhältnis bei 99,5% Bauschutt und 0,5% Altreifen, die zuvor zu feinem Gummigranulat verarbeitet werden. Das Mischmaterial ist sehr gut für den Straßenbau geeignet und kann einen Beitrag zu einem nachhaltigen Straßenbau leisten (FCC o. J).

## Nachhaltigkeitssiegel für Holz

Kein Bauprojekt kommt ohne die Nutzung von Holz aus. Die Holzwirtschaft ist wie viele andere Produktionen inzwischen globalisiert. Deutschland importiert einen großen Teil seines Holzbedarfes für den Bausektor aus dem Ausland. Im Jahr 2018 wurden rund 7,1 Millionen Kubikmeter Rohholz nach Deutschland importiert. Das ist fast die dreifache Menge wie noch vor 15 Jahren. Im selben Jahr wurden mit 3,5 Mio. Kubikmeter Rohholz deutlich weniger Rohholz aus Deutschland exportiert (statista 2021). Der Holzeinschlag in Deutschland lag in 2021 bei insgesamt ca. 83 Mio Kubikmeter (BMEL 2022).

Um zwischen „guten“, „besseren“ oder „schlechten“ Produkten zu entscheiden, kann man auf Zertifizierungssiegel achten. Es gibt jedoch inzwischen eine kaum überschaubare Vielfalt an Siegeln – bedingt ist dies durch die Gründung von Organisationen, die ihren Betrieb mit dem Vertrieb von Siegeln finanzieren. Der für das Zimmererhandwerk zentrale Werkstoff ist Holz. Als natürlicher, nachwachsender Rohstoff bietet er sich für konstruktive Bauelemente (Dach, Fachwerk- und Ständerbau) an und ist bei einer entsprechenden Holzbewirtschaftung und den Lieferketten gemäß

anerkannter Zertifizierungen als nachhaltig zu bewerten. Im Folgenden wird im Überblick auf die verschiedenen eingeführten Zertifizierungen eingegangen. Die Zertifizierung ist eine freiwillige Selbstverpflichtung der Forstbetriebe, über die gesetzlichen Mindestanforderungen der Wald- und Naturschutzgesetze hinaus weitere Mindestnormen im ökologischen, ökonomischen und sozialen Bereich einzuhalten. Mit der Zertifizierung nach einem anspruchsvollen Zertifizierungssystem dokumentieren die Waldbesitzer ihre Bereitschaft, bei der Bewirtschaftung ihrer Flächen Erfordernisse der Nachhaltigkeit sowie des Natur- und Artenschutzes über den gesetzlich vorgegebenen Standard hinaus zu berücksichtigen (UBA 2021f). Im folgenden wird ein Vergleich forstlicher Zertifizierungssysteme vorgestellt (Fraunhofer-Institut 2015):

- Beim FSC (Forest Stewardship Council) werden Entscheidungen durch ein 3-Kammern-System (Sozial-, Umwelt-, Wirtschaftskammer) getroffen. In diesen Kammern sind neben weiteren Akteur\*innen hauptsächlich Vertreter der Umweltverbände aktiv
- Beim PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) werden Entscheidungen durch den Forstzertifizierungsrat, der neben weiteren Akteur\*innen hauptsächlich durch Vertreter verschiedener Waldeigentumsarten besetzt ist getroffen
- Bei den Systemen DFSZ (Deutschen Forst-Service-Zertifikat) und KFP (Kompetente Forst Partner) erfolgt die Entwicklung (erstmalige Ausarbeitung des Standards) mit einer sog. Stakeholderbeteiligung, d.h. unter Einbeziehung verschiedener Interessenvertreter\*innen der Branche. Weiterentwicklungen des Standards und der Systembeschreibung werden bei diesen Systemen ausschließlich vom Systemträger selbst und unter Einbeziehung der Zertifizierungsstelle und der Auditor\*innen vorgenommen
- Entscheidungen zur weiteren Entwicklung des KUQS-Systems (Kompetenznachweis in Umwelt-, Qualitäts- und Sicherheitsmanagement) trifft ein Zertifizierungsbeirat, in dem neben Vertreter\*innen weiterer Interessengruppen hauptsächlich (Forst-) Unternehmer\*innen ihre Belange einbringen
- Beim RAL (Reichsausschuss für Lieferbedingungen) Gütezeichen werden Entscheidungen durch einen Güteausschuss getroffen, in dem neben Vertreter\*innen weiterer Interessengruppen hauptsächlich Vertreter\*innen der Wissenschaft und Waldeigentümer\*innen ihre Anforderungen einbringen

Weitere anerkannte Zertifizierungssysteme:

- natureplus-Umweltzeichen: Es bestätigt die Einhaltung hoher Qualitätsnormen auf allen für die Nachhaltigkeit relevanten Gebieten. Das natureplus-Qualitätszeichen wurde bislang an über 600 Bauprodukte in Europa vergeben und

verfügt über eine europaweite Anerkennung bei Baufachleuten, Verbraucher\*innen, Umweltverbänden, Regierungsorganisationen und Systemen zur Gebäudebewertung. Die Prüfungen zur Verifikation dieser Anforderungen werden von akkreditierten Laboren und Gutachter\*innen nach anerkannten internationalen Standards durchgeführt. Damit ist das natureplus-Qualitätszeichen für Bauprodukte das einzige europäische Umweltlabel, dem strenge wissenschaftliche Kriterien zu Grunde liegen (natureplus 2022)

- Naturland: Die Naturland Richtlinien zur Ökologischen Waldnutzung regeln Aspekte einer nachhaltigen und naturverträglichen Waldbewirtschaftung. Da die Richtlinie die FSC-Anforderungen übertrifft, kann gleichzeitig ein Naturland und ein FSC-Zertifikat ausgestellt werden. Darüber hinaus hat Naturland mit den „Verarbeitungsrichtlinien für Holz aus ökologischer Waldnutzung“ die Grundlagen für die Zertifizierung verarbeiteter Holzprodukte geschaffen. Diese Richtlinie umfasst neben der Rückverfolgbarkeit auch Aspekte einer ökologischen und gesundheitsverträglichen Produktion (Naturland 2022).

Die Bundesregierung geht bei der Beschaffung mit gutem Beispiel voran: Der Beschaffungserlass fördert eine zertifizierte Forstwirtschaft: Seit 2007 beschaffen die Dienststellen des Bundes nur noch Produkte aus Holz, die nach PEFC, FSC oder vergleichbaren Systemen zertifiziert sind oder denen per Einzelnachweis die Erfüllung entsprechender Standards nachgewiesen wurde (FNR o.J.).

## Baurestmassen

Ein besonders hohes Verwertungspotential besitzen Baurestmassen, denn sie machen über die Hälfte des gesamten Abfallaufkommens aus (DESTATIS 2022 b). Jährlich sind es über 80 Millionen Tonnen, die einer Verwertung oder einer Beseitigung zugeführt werden müssen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Bauschutt, Straßenaufbruch, Baustellenabfällen sowie die Fraktion Boden und Steine. Dabei sind größere Mengen an Aushubmaterial, wie Boden und Steine, typisch für bauvorbereitende Handlungen im Hoch- und Tiefbau. Abbruchabfälle hingegen sind inhomogene Gemische, die aus einer Vielzahl von Materialien, wie Boden, Sand, Natursteinen, Betonstücken, Keramik, Ziegel, Fliesen, behandelten und unbehandelten Hölzern, Metallteilen oder Asphalt zusammengesetzt sein können. Auch Installationselemente aus dem Elektrobereich wie beispielsweise Kabel und Geräte sowie Isolationsmaterialien und Rohrleitungen gehören dazu.

Die Verwertungsmöglichkeiten für Bau- und Abbruchabfälle und daraus gewonnene Materialien sind vielfältig. Bei guter und gesicherter Qualität können Gesteinskörnungen aus Beton- und Mauerwerksbruch für die Herstellung von Betonen im Hochbau

eingesetzt werden. Ansonsten stellen landschaftsbauliche Maßnahmen, Unterbau- und Tragschichtherstellung im Straßen- und Wegebau sowie der Bau von Sicht- und Lärmschutzanlagen gängige Verwertungswege dar.

Trotz dieser guten Verwertungsmöglichkeiten wird eine hochwertige Kreislaufführung unter Weiternutzung der stofflichen-technischen Eigenschaften für die mineralischen Fraktionen noch zu selten praktiziert. Denn nur ein Bruchteil wird wieder als hochwertiger Betonzuschlagstoff eingesetzt. Der überwiegende Teil wird weniger hochwertig bodennah eingesetzt, wie beispielsweise im Landschafts- und Wegebau, als Ausgleichsmaterial, als Verfüllungsmaterial von Aushebungen oder im stillgelegten Bergbau. Der Einsatz von Recycling-Gesteinskörnungen mit definierten technischen Eigenschaften in Anwendungen, die keine besonderen Anforderungen an das Material stellen, entspricht jedoch einem Downcycling.

Eine hochwertige Verwertung von Baurestmassen in anspruchsvollen Anwendungen erfordert allerdings entsprechende Verfahren zur Gewinnung und Herstellung hochwertiger und gütegesicherter mineralischer Rezyklate. Denn die späteren Verwertungsmöglichkeiten werden maßgeblich von den bautechnischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials und der Zusammensetzung des Bauschutts bestimmt. Daher sind selektive Rückbau- und Abbruchverfahren, bei denen die Baustofffraktionen bereits an der Abbruchstelle sorgfältig getrennt und Schadstoffe frühzeitig ausgeschleust werden, von zentraler Bedeutung. Denn sortenreine mineralische Bauabfälle lassen sich durch Zerkleinern, Sieben und Klassieren zu Recycling-Baustoffen aufbereiten und können dann im konstruktiven Bau als gleichwertiger Betonzuschlag eingesetzt werden und auf diese Weise dazu beitragen wertvolle Rohstoffvorkommen zu schonen.

## Quellenverzeichnis

- Allianz (o.J.): Wie funktioniert die Berechnung von Treibhausgasen? Online: <https://allianz-entwicklung-klima.de/toolbox/wie-funktioniert-die-berechnung-von-treibhausgasen/>.
- Allianz Stiftung (o.J.): Was sind Scopes (Geltungsbereiche) bei der Berechnung der unternehmensbezogenen Treibhausgasemissionen? Online <https://allianz-entwicklung-klima.de/toolbox/was-sind-scopes-geltungsbereiche-bei-der-berechnung-der-unternehmensbezogenen-treibhausgasemissionen/>
- ASU (2020) Eberhard Nies (2020): Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung. In: ASU- Zeitschrift für medizinische Prävention. Ausgabe 02-2020. Alfons W. Gentner Verlag. Stuttgart 2020. Online: <https://www.asu-arbeitsmedizin.com/praxis/auf-gewundenen-strassen-zum-verbindlichen-arbeitsplatzgrenzwert-daempfe-und-aerosole-aus>
- BA Bundesagentur für Arbeit (2022a): Geschäftsbericht der Bundesagentur für Arbeit 2021. Online: [www.arbeitsagentur.de/datei/geschaeftsbericht-2021\\_ba147450.pdf](http://www.arbeitsagentur.de/datei/geschaeftsbericht-2021_ba147450.pdf)
- Basel Action Network (2018): A Report of the e-Trash Transparency Project Holes in the Circular Economy: WEEE Leakage from Europe. Online: [wiki.ban.org/images/f/f4/Holes\\_in\\_the\\_Circular\\_Economy\\_-\\_WEEE\\_Leakage\\_from\\_Europe.pdf](http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes_in_the_Circular_Economy_-_WEEE_Leakage_from_Europe.pdf)

- BFT (International 2015) BFT International (2015): Neue Bindemittel und Oberflächentechnologien –Perspektiven in der Betontechnologie BFT International Ausgabe 02/2015 Bauverlag BV GmbH Gütersloh 2015 Online  
[https://www.bft-international.com/de/artikel/bft\\_Perspektiven\\_in\\_der\\_Betontechnologie\\_2272330.html](https://www.bft-international.com/de/artikel/bft_Perspektiven_in_der_Betontechnologie_2272330.html)
- BFT (International 2015) BFT International (2015): Neue Bindemittel und Oberflächentechnologien –Perspektiven in der Betontechnologie BFT International Ausgabe 02/2015 Bauverlag BV GmbH Gütersloh 2015 Online  
[https://www.bft-international.com/de/artikel/bft\\_Perspektiven\\_in\\_der\\_Betontechnologie\\_2272330.html](https://www.bft-international.com/de/artikel/bft_Perspektiven_in_der_Betontechnologie_2272330.html)
- BFT International (2018) BFT International (2018): Chancen und Risiken alternativer, nachhaltiger Zemente. Wo bleibt die Zementwende? BFT International Ausgabe 02/2018 Bauverlag BV GmbH Gütersloh 2018 Online:  
[https://www.bft-international.com/de/artikel/bft\\_Wo\\_bleibt\\_die\\_Zementwende\\_3118716.html](https://www.bft-international.com/de/artikel/bft_Wo_bleibt_die_Zementwende_3118716.html)
- BFT International (2018) BFT International (2018): Chancen und Risiken alternativer, nachhaltiger Zemente. Wo bleibt die Zementwende? BFT International Ausgabe 02/2018 Bauverlag BV GmbH Gütersloh 2018 Online:  
[https://www.bft-international.com/de/artikel/bft\\_Wo\\_bleibt\\_die\\_Zementwende\\_3118716.html](https://www.bft-international.com/de/artikel/bft_Wo_bleibt_die_Zementwende_3118716.html)
- BGBl Bundesgesetzblatt (2004): Verordnung über die Berufsausbildung zum Wasserbauer/zur Wasserbauerin. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/wabau-ausbv\\_2004/Wabau-AusbV\\_2004.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/wabau-ausbv_2004/Wabau-AusbV_2004.pdf)
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (2021):Erläuterungen zu den modernisierten Standardberufsbildpositionen Auszug aus der Broschüre: VIER SIND DIE ZUKUNFT. DIGITALISIERUNG. NACHHALTIGKEIT. RECHT. SICHERHEIT. Die modernisierten Standardberufsbildpositionen anerkannter Ausbildungsberufe (Ausbildung Gestalten). Online: [www.bibb.de/dokumente/pdf/HA\\_Erlaeuterungen-der-integrativ-zu-vermittelnden-Fertigkeiten-Kenntnisse-und-Faehigkeiten.pdf](http://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA_Erlaeuterungen-der-integrativ-zu-vermittelnden-Fertigkeiten-Kenntnisse-und-Faehigkeiten.pdf)
- bitkom (2021): Klimaeffekte der Digitalisierung Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz. Online: [www.bitkom.org/sites/main/files/2021-10/20211010\\_bitkom\\_studie\\_klimaeffekte\\_der\\_digitalisierung.pdf](http://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf)
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022): Forst und Holzwirtschaft. Online: <https://www.bmel-statistik.de/forst-holz/tabellen-zu-forst-und-holzwirtschaft/>
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): TEXTE 11/2016 Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit Forschungskennzahl 3713 32 315 UBA-FB 002290 Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (o.J.): Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm. Online: <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm>
- BMWK (2022): Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMWK): FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft – Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Online: <https://fdoc.ffg.at/s/vdb/public/node/content/8nKEL-hcRnqkwYOL8MHgXg/1.0?a=true>
- BMZ Bundesministerium für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (2022): Zusammenarbeit mit Ländern in Afrika, berufliche Bildung fördern. Online: [www.bmz.de/de/laender/zusammenarbeit-mit-laendern-in-afrika/berufliche-bildung-18136](http://www.bmz.de/de/laender/zusammenarbeit-mit-laendern-in-afrika/berufliche-bildung-18136)

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2016): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“: Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_11\\_2016\\_einfluss\\_der\\_nutzungsdauer\\_von\\_produkten\\_obsoleszenz.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf)
- Circular Futures (o.J.): Plattform Kreislaufwirtschaft Österreich: SDGs & Kreislaufwirtschaft. Online: <https://www.circularfutures.at/themen/kreislaufwirtschaftspolitik/sdgs-and-kreislaufwirtschaft/>
- CSR Allgemein (o.J.): EU-Richtlinie 2014/95/EU: <https://www.csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/csr-allgemein.html;jsessionid=3DA33187C77F412ADD4EA35B794D983D.delivery1-master>
- CSR Risiko Check (2022): MVO Nederland (2022): CSR Risiko Check. Utrecht, NL. 2022. Online : <https://www.mvorisicochecker.nl/de>
- CSR Verantwortung Unternehmen (o.J.): CSR - Grundlagen. Online: <https://www.csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/CSR-Grundlagen/csr-grundlagen.html>
- DAV- Deutscher Asphaltverband (o. J.): Der richtige Weg: Wiederverwendung. Bonn. Online: <https://www.asphalt.de/themen/umwelt/wiederverwendung/>
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022b): Abfallbilanz 2020. Online: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile)
- Eco consult o.J.: Fahrtraining. Online: <http://www.ecofahr.com/Produkte.html>
- eqs Group (2022): EU-Lieferkettengesetz verpflichtet Unternehmen zu fairer und nachhaltiger Wirtschaft. Online: <https://www.eqs.com/de/compliance-wissen/blog/eu-lieferkettengesetz/>
- EU-Taxonomie-Verordnung (2020): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852&from=DE>
- Expertengruppe Green-IT im Rahmen der Allianz für nachhaltige Beschaffung der Bundesregierung, unter der Leitung des Umweltbundesamts (UBA) 2021: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen Nachhaltige Beschaffung und Nutzungsdauerverlängerung von IKT basierend auf einer Umfrage durch die Expertengruppe Green-IT. Online: [www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/Bericht\\_-\\_nachhaltige\\_Beschaffung\\_und\\_Nutzungsdauerverlaengerung\\_von\\_IKT.pdf](http://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Bericht_-_nachhaltige_Beschaffung_und_Nutzungsdauerverlaengerung_von_IKT.pdf)
- FCC (o.J) FCC Austria Abfall Service (o.J.): Aus alten Reifen und Bauschutt: Wissenschaftler entwickeln neues Material für Nachhaltigen Strassenbau. FCC Abfall Service online. Humberg, Österreich. Online: <https://www.abfallserviceonline.at/de/news/aus-alten-reifen-und-bauschutt-wissenschaftler-entwickeln-neues-material-fur-nachhaltigen-stras.html>
- FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (o.J.): Forstwirtschaft in Deutschland ist nachhaltig und zertifiziert. Online: <https://www.kiwuh.de/service/wissenswertes/wissenswertes/forstwirtschaft-in-deutschland-ist-nachhaltig-und-zertifiziert>
- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF (2015): Vergleich und Bewertung forstlicher Zertifizierungssysteme. Online: <https://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/fz4coc.html>
- Global Ewaste Monitor (2017). Online: [globalewaste.org](http://globalewaste.org)
- Global Resources Outlook 2019: UN-Ressourcenrat (International Resource Panel): Global Resources Outlook 2019. Online: [resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook](http://resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook)
- Grefe, Ch. (2020) Grün und digital – wie geht das zusammen? Sowohl Klimakiller als auch nachhaltig: Digitalisierung als Risiko und Chance erschienen in: machbar 2020 smart, aber fair wie digitalisierung alle mitnehmen kann Herausgeber\*innen: venro und andere im Rahmen des VENRO-Projekts Agenda 2030. Online: [www.dbjr.de/fileadmin/PDFtmp/machbar2020.pdf](http://www.dbjr.de/fileadmin/PDFtmp/machbar2020.pdf)

- Grimm (2018) Roland Grimm (2018) Entwässerung: Wasserdurchlässige Pflasterflächen 24. Juli 2018 BaustoffWissen. Rudolf Müller Mediengruppe. Köln. Online: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/garten-landschaftsbau-tiefbau/wasserdurchlaessige-pflaster-entwaesserung-fugenversickerung-haufwerksporiges-betonsteinpflaster-filtersteine-porensteine-rasengittersteine/>
- Gröger, J. Öko-Institut e.V.; Hrsg. BUND (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Datensammlung zur Abschätzung von Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Nutzung digitaler Endgeräte und Dienste Berlin. Online: [www.oeko.de/publikationen/p-details/digitaler-co2-fussabdruck](http://www.oeko.de/publikationen/p-details/digitaler-co2-fussabdruck)
- Handelsblatt (2022) 25.11.2022 Katrin Witsch: Klimakiller Beton: So will die deutsche Zementindustrie CO<sub>2</sub>-neutral werden. Online: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/klimaschutz-klimakiller-beton-so-will-die-deutsche-zementindustrie-co2-neutral-werden-/26652040.html>
- ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung (2007): Die CO<sub>2</sub> Bilanz des Bürgers. Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO<sub>2</sub> Bilanzen Endbericht Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA). Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3327.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3327.pdf)
- ILO International Labour Organization (2017): Dreigliedrige Grundsatzklärung über multinationale Unternehmen und Sozialpolitik 1977, 2000, 2006 und 2017. Online: [https://www.ilo.org/empent/Publications/WCMS\\_579897/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/empent/Publications/WCMS_579897/lang--en/index.htm)
- ISI Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2021): Recycling von Lithium-Ionen Batterien: Chancen und Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau. Online: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2021/VDMA\\_Kurzstudie\\_Batterierecycling.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2021/VDMA_Kurzstudie_Batterierecycling.pdf)
- KIT Karlsruher Institut für Technologie: Neue Produktionstechnologie für schwere Nutzfahrzeuge. Online: [https://www.kit.edu/kit/pi\\_2020\\_108\\_neue-produktionstechnologie-fur-schwere-nutzfahrzeuge.php-9b537c7dd20b?t=1583241728000](https://www.kit.edu/kit/pi_2020_108_neue-produktionstechnologie-fur-schwere-nutzfahrzeuge.php-9b537c7dd20b?t=1583241728000)
- Kompass Nachhaltigkeit (2022): IHR WEG ZUR NACHHALTIGEN BESCHAFFUNG. Online: <https://www.kompass-nachhaltigkeit.de/>
- Lieferkettengesetz (2020): (<https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Gesetz-ueber-die-unternehmerischen-Sorgfaltspflichten-in-Lieferketten/gesetz-ueber-die-unternehmerischen-sorgfaltspflichten-in-lieferketten.html>)
- Markt Naturstein (2019) Die Naturstein-Fachzeitschrift des Ebner Verlags (Hrsg.) (2019): Markt Naturstein, Stand: Februar 2019. Online: [https://www.ebnermedia.de/fileadmin/user\\_upload/naturstein/Markt\\_Naturstein\\_Ebner\\_Verlag\\_Stand\\_2019.pdf](https://www.ebnermedia.de/fileadmin/user_upload/naturstein/Markt_Naturstein_Ebner_Verlag_Stand_2019.pdf)
- Montani, C. (2021): XXXII World Marble and Stone Report 2021 Carrara, Italy 2021. Online: <https://www.worldstonereport.com/>
- My Climate (o.J.): Was sind CO<sub>2</sub>-Äquivalente? Online: [www.myclimate.org/de/website/fEq/detail/was-sind-co2-aequivalente/](http://www.myclimate.org/de/website/fEq/detail/was-sind-co2-aequivalente/)
- Natureplus (2022): Geprüft nachhaltig. Online: <https://www.natureplus.org/index.php?id=17>
- Naturland (2022): Richtlinien Waldnutzung. Online: <https://www.naturland.de/de/naturland/wofuer-wir-stehen/qualitaet/qs-richtlinien/rili-waldnutzung.html>
- Netzwerk Ressourceneffizienz (o.J.): Online <https://www.neress.de/startseite/>
- NIR (2022): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022 Nationaler Inventarbericht zum Deutschen. Treibhausgasinventar 1990 – 2020. UBA Climate Change 24/2022: Online:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-7>

- Pinnekamp, Schröder et al. (2018): Energie in Abwasseranlagen - Handbuch NRW, 2. vollständig überarbeitete Fassung. Online:  
[https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/energie\\_abwasseranlagen.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/energie_abwasseranlagen.pdf)
- PlasticRoad BV(2020): Circular, lightweight solutions for a sustainable infrastructure Made From Recycled Plastik. Online: <https://plasticroad.com/en>
- PORR AG (o.J.): Nachhaltige Lösung: Straßen aus Plastik. Online:  
<https://worldofporr.com/de/storys/nachhaltige-loesung-strassen-aus-plastik/>
- Prakash, S., Liu, R., Schiscke, K., Stobbe, L. (2012): Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten, Öko-Institut in Zusammenarbeit mit Fraunhofer IZM, im Auftrag des Umweltbundesamtes. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/publikationen/zeitlich-optimierterersatz-eines-notebooks-unter](https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zeitlich-optimierterersatz-eines-notebooks-unter)
- Schneider et al. (2017) Schneider, K.; Butler, M.; Mechtcherine, V.: Carbon Concrete Composites C<sup>3</sup> - Nachhaltige Bindemittel und Betone für die Zukunft. In: Beton- und Stahlbetonbau. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 2017.
- Statista (2021): Import von Rohholz nach Deutschland in den Jahren 2003 bis 2018  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162622/umfrage/holzwirtschaft-einfuhr-von-rohholz-seit-2003/>
- Statista (2022b): Statista Research Department (2022b): Weltweite Produktion von Zement im Zeitraum von 1995 bis 2021. Statista Research Department, 19.07.2022. Online:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1320914/umfrage/weltweite-produktion-von-zement/>
- UBA Umweltbundesamt (2019c): Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung und Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung. Abschlussbericht. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekobilanzieller-vergleich-der-p-rueckgewinnung-aus>
- UBA Umweltbundesamt (2020c): Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung. Etappen und Hilfestellungen. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_fb\\_weg\\_zur\\_treibhausgasneutralen\\_verwaltung\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_fb_weg_zur_treibhausgasneutralen_verwaltung_bf.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2021f): Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland. Online:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_hgp\\_umweltschutzwald\\_u\\_nachhaltigeholznutzung\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_hgp_umweltschutzwald_u_nachhaltigeholznutzung_bf.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2022d): Abschätzung zusätzlich aus Abwasser und Klärschlamm kommunaler und gewerblicher Herkunft extrahierbarer Wertstoffe. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/abschaetzung-zusaetzlich-aus-abwasser>
- umicor (o.J.): Umicore stellt neue Generation von Recyclingtechnologien für Li-Ionen-Batterien vor. Online:  
<https://www.umicore.de/de/presse/news/umicore-stellt-neue-generation-von-recyclingtechnologien-fur-li-ionen-batterien-vor-und-gibt-vereinbarung-mit-acc-bekannt/>
- Unwerth, T. (2020): Wasserstoff und Brennstoffzellen als Fahrzeugantrieb. Online:  
[www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb](https://www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb)
- VDZ (2020) VDZ - Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg.) (2020) Martin Schneider: Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien Eine CO<sub>2</sub> - Roadmap für die deutsche Zementindustrie. Düsseldorf November 2020. Online:

[https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie\\_Dekarbonisierung\\_von\\_Zement\\_und\\_Beton.pdf](https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_Dekarbonisierung_von_Zement_und_Beton.pdf)

- Verbraucherzentrale NRW (2021): Rohstoffabbau schadet Umwelt und Menschen. Online: [www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/umwelt-haushalt/nachhaltigkeit/rohstoffabbau-schadet-umwelt-und-menschen-11537](http://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/umwelt-haushalt/nachhaltigkeit/rohstoffabbau-schadet-umwelt-und-menschen-11537)
- Volvo (o.J.): Elektro-Lkw von Volvo Trucks. <https://www.volvotrucks.de/de-de/trucks/alternative-antriebe/elektro-lkw.html>
- WEED (2019) WEED – Weltwirtschaft, Ökologie & Entwicklung e.V. (Hrsg.) (2019) Juliane Kühnrich: Handbuch: Sozial verantwortliche Beschaffung am Beispiel von Natursteinen und IT-Produkten. Berlin 2019. Online: [https://www2.weed-online.org/uploads/weed\\_handbuch\\_sozial\\_verantwortliche\\_beschaffung\\_mobil.pdf](https://www2.weed-online.org/uploads/weed_handbuch_sozial_verantwortliche_beschaffung_mobil.pdf)
- Wolf, T. (2022): Betonstraßen von heute und morgen. Nachhaltiger Straßenbau. In: Bauingenieur, 2022, Volume 97, Issue 6, pp 24-8. Springer-VDI-Verlag. Online: <https://trid.trb.org/view/1998949AK> Rohstoffe c/o PowerShift e.V (2020): 12 Argumente für eine Rohstoffwende. Online: [power-shift.de/12-argumente-fuer-eine-rohstoffwende/](http://power-shift.de/12-argumente-fuer-eine-rohstoffwende/)

## SDG 13: “Maßnahmen zum Klimaschutz”

*“Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen”*

Das SDG 13 gehört zu den zentralen Nachhaltigkeitszielen und zielt darauf ab, den Klimawandel als globale Bedrohung, die bereits heute jedes Land auf allen Kontinenten betrifft und sich negativ auf die Volkswirtschaften und das Leben jedes Einzelnen auswirkt, zu begrenzen.

Für jedes Berufsbild ist insbesondere das folgende Unterziel von Relevanz (Destatis 2022):

- *13.1 Die Widerstandskraft und Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken.*
- *13.3: Die Aufklärung und Sensibilisierung sowie die personellen und institutionellen Kapazitäten im Bereich der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung, der Reduzierung der Klimaauswirkungen sowie der Frühwarnung verbessern”*

Die Schnittmengen mit der Standardberufsbildposition liegen vor allem in der Reduzierung der direkten und indirekten Emissionen (Belastung der Umwelt) sowie der nachhaltigen Nutzung von Energie ( BIBB 2021):

- 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) *Vorschläge für nachhaltiges Handeln für den eigenen Arbeitsbereich entwickeln*
- d) *unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren*

Der Klimawandel wird durch die Emission von Treibhausgasen verursacht. Zahlreiche Gase sind verantwortlich für den Klimawandel. Ihnen gemeinsam ist ihre Undurchlässigkeit für die (Infrarot-)Wärmestrahlung der Erde. Dies führt bekanntlich zum Klimawandel. Jedes dieser Gase trägt in unterschiedlichem Maße zum Klimawandel bei. Die Stoffe bleiben zudem unterschiedlich lange in der Atmosphäre, weshalb sie unterschiedlich zum Treibhauseffekt beitragen. Das IPCC (International Panel for Climate Change) definiert deshalb ein GWP Global Warming Potential (Erwärmungswirkung für den Klimawandel) eines Stoffes in hundert Jahren im Vergleich zu Kohlendioxid CO<sub>2</sub> wie folgt (vgl. My Climate (o.J.)):

- Kohlendioxid CO<sub>2</sub>: 1 (Bezugswert)
- Methan CH<sub>4</sub>: 28
- Stickstoffdioxid N<sub>2</sub>O: 265
- FCKW (verboten) > 12.000

Ein durchschnittlicher Bundesbürger / eine Bürgerin verursacht 2020 pro Jahr rund 11 t CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr (UBA 2021). Auf die öffentliche Infrastruktur entfallen 8%, auf den Konsum 34%, die Mobilität 15%, Strom 6% und Wohnen 18%.

Die Auswirkungen des Klimawandels sind bereits heute Realität: Die Wetterverhältnisse ändern sich, der Meeresspiegel steigt, die Wetterereignisse werden immer extremer und die Treibhausgasemissionen erreichen heute die höchsten Werte in der Geschichte. Ohne entsprechende Maßnahmen dürfte die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Welt in diesem Jahrhundert 3 Grad Celsius überschreiten. Am stärksten betroffen sind die Ärmsten und die Schwächsten. Doch erschwingliche und ausbaufähige Lösungen sind bereits jetzt verfügbar, denn immer mehr Menschen greifen auf erneuerbare Energien und eine Reihe anderer Maßnahmen zurück, welche die Emissionen von Treibhausgasen reduzieren und die Anpassung an den Klimawandel stärken. Der Klimawandel ist jedoch eine globale Herausforderung, die keine nationalen Grenzen kennt. Für die Lösung dieses globalen Problems ist daher eine Koordination auf internationaler Ebene unverzichtbar (UNRIC o. J.).

Wasserbauer\*innen sowie Fachkräfte für Wasser- und Abwassertechnik können auf vielfältigen Ebenen Beiträge zum Klimaschutz leisten. Die Möglichkeiten zur Transformation des Energiesystems wurden schon im SDG 7 "Bezahlbare und saubere

Energie beschrieben". Im Rahmen des SDG 13 werden zum einen generelle Themen klimabedingten Anpassung der Wasserwirtschaft (Unterziel 13.1) und zum anderen unternehmensbezogene Themen (Unterziel 13.3) behandelt:

- Hochwasserschutz (Unterziel 13.1)
- Mobilität (Unterziel 13.3)
- Umweltfreundliche Beschaffung (Unterziel 13.3)
- CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (Unterziel 13.3)

## Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft sind vielfältig und können im Folgenden nur grob umrissen werden.

### Hochwasser

Im Zuge des Klimawandels ist eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter zu erwarten und mit vermehrtem Starkregen zu rechnen. Durch mildere Winter wird weniger Niederschlag in Form von Schnee gespeichert. Zukünftig ist in Deutschland mit einer Zunahme von Hochwasserabflüssen (insbesondere in den Mittelgebirgen und in Ostdeutschland) zu rechnen (UBA 2022e). Auch Sturzfluten (lokal begrenztes Hochwasser als Folge von lokalen Starkniederschlägen) mit hohem Schadenspotenzial aufgrund des Versagens von Entwässerungseinrichtungen und Überflutungsschutz Systemen können auftreten (UBA 2022e).

### Wassertemperatur und ökologischer Zustand der Gewässer

Zukünftig ist aufgrund des Klimawandels von einer Erhöhung der Wassertemperaturen auszugehen. Höhere Wassertemperaturen mindern die Sauerstoffversorgung von Gewässern, da die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser mit steigenden Temperaturen sinkt und zudem chemische und physikalische Prozesse beschleunigt ablaufen, die so den Sauerstoffverbrauch erhöhen. Auch steigt die Gefahr der Eutrophierung von Gewässern, was zur Blaualgenbildung und zu Blaualgenblüten führen kann (UBA 2022e).

### Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Grundwasser ist in Deutschland die wichtigste Quelle der Trinkwasserversorgung (Anteil des Trinkwassers aus Grundwasser rund 74 Prozent) (UBA 2022g). Da Grundwasser über den Niederschlag gespeist und hauptsächlich im Winter gebildet wird, kann eine mögliche Zunahme der Winterniederschläge zu mehr Grundwasserneubildung führen. Gleichzeitig bewirken steigende Temperaturen erhöhte Verdunstungsraten und verlängerte Vegetationsperioden, die eine ggf. erhöhte Neubildung wieder kompensieren (UBA 2022e). Für die meisten Regionen Deutschlands werden gleichbleibende

Verhältnisse bei der Grundwasserneubildung bzw. ein leichter Anstieg erwartet (DVGW 2022). Es ist jedoch eine regionale Differenzierung zu beachten. In einigen Regionen sind geringe Grundwasserneubildungsmengen zu erwarten (DVGW 2022). Zu beachten ist auch die Entnahmeseite. Wenn die landwirtschaftliche Bewässerung zunimmt und wasserintensive industrielle Nutzungen hinzukommen, wird der Nutzungsdruck auf die Grundwasserressourcen weiter steigen (UBA 2022g). Da durch den Klimawandel Klimaextreme wie Dürren und Hitzewellen (sowie Nassperioden) zunehmen und länger andauern können, ist insbesondere in den Sommermonaten mit einem erhöhten Bewirtschaftungsdruck auf die Wasserressourcen zu rechnen (DVGW 2022). Regionale Engpässe bei der Wasserversorgung (kleine Grundwasser Reservoirs betreffend) werden mittelfristig nicht mehr ausgeschlossen sein (LAWA 2020).

## Küsten

Infolge des Meeresspiegelanstiegs sind Küsten steigenden Risiken ausgesetzt. Weltweit sind Infrastrukturen und Siedlungen in Küstenregionen von Beschädigung oder Zerstörung bedroht. An der Nordseeküste können Wattflächen und Salzwiesen im Wattenmeer zurückgehen. In tiefliegenden und somit überflutungsgefährdeten Gebieten an der deutschen Nord- und Ostsee kann eine Überlastung der Entwässerungseinrichtungen zukünftig häufiger auftreten (UBA 2022e).

## Klimaschutz und Klimaanpassung im Wassersektor

Unternehmen in der Wasserwirtschaft und damit auch Wasserbauer\*innen sowie Fachkräfte für Wasser- und Abwassertechnik können auf vielfältigen Ebenen Beiträge zum Klimaschutz leisten. Die Möglichkeiten zur Transformation des Energiesystems wurden schon im SDG 7 "Bezahlbare und saubere Energie beschrieben". Im Rahmen des SDG 13 werden zum einen generelle Themen der klimabedingten Anpassung der Wasserwirtschaft (Unterziel 13.1) und zum anderen unternehmensbezogene Themen (Unterziel 13.3) behandelt:

Unterziel 13.1 *"Die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken"* (DESTATIS 2022)

- Hochwasserschutz und Regenwassermanagement (Unterziel 13.1)
- Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer (Unterziel 13.1)
- Grundwasserressourcen schonen, Grundwasserneubildung fördern (Unterziel 13.1)
- Küstenschutz (Unterziel 13.1)

Unterziel 13.3 *"Die Aufklärung und Sensibilisierung sowie die personellen und institutionellen Kapazitäten im Bereich der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung, der Reduzierung der Klimaauswirkungen sowie der Frühwarnung verbessern"* (DESTATIS 2022)

- Mobilität (Unterziel 13.3): Die Mobilität hat einen erheblichen Maße zum Klimawandel bei. Inzwischen gibt es viele Optionen für eine (elektrifizierte) individuelle Mobilität. Unternehmen können die umweltfreundliche Mobilität ihrer Mitarbeiter\*innen aber auch durch weitere Maßnahmen fördern.
- Umweltfreundliche Beschaffung (Unterziel 13.3): Jedes Unternehmen benötigt für das Büro und für handwerkliche Tätigkeiten viele Materialien und Geräte. Durch eine umweltfreundliche Beschaffung kann die Nachhaltigkeit gefördert werden.
- CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (Unterziel 13.3): Anhand des persönlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes bekommt jeder und jede ein Gefühl, wie der persönliche Lebensstil mit dem Klimawandel zusammenhängt. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck kann auch auf Unternehmensebene als SCOP-Bilanzierung durchgeführt werden.

## Hochwasserschutz

Eine Anpassung der Hochwasserschutzsysteme an steigende Starkregen Gefahren kann technisch erfolgen – durch Verstärkung oder Neubau von Hochwasserschutzanlagen wie Dämme, Deiche, Talsperre, Hochwasserrückhaltebecken, mobile Wände etc. Von großer Bedeutung ist jedoch auch die Schaffung von Retentionsräumen zum Rückhalt von Wasser in der Fläche sowie die Renaturierung von Gewässern, da mäandrierende Flüsse und Bäche die Fließgeschwindigkeiten verringern und damit die Abflussspitzen von Hochwasser mindern (UBA 2022f).

Nach § 73 WHG wurde eine neue Gebietskategorie eingeführt: “Risikogebiete”. Damit sind Gebiete mit einem hohen Risiko für Hochwasserereignisse gemeint. *“Für diese Gebiete sind von den zuständigen Behörden Gefahren- und Risikokarten (vgl. § 74 Absatz 2 WHG und § 74 Absatz 4 WHG) zu erstellen. Auf der Grundlage der Gefahren- und Risikokarten müssen dann Risikomanagementpläne (§ 75 WHG) erstellt werden”* (UBA 2022n).

Das WHG verlangt also, größere Flächen für die Ausbreitung von Flüssen vorzusehen. In der Raumordnung ist im §2 Abs.2 Nr.6 ROG der Grundsatz zur “nachhaltigen Raumentwicklung” geregelt, was besagt, dass an der Küste und im Binnenland für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu sorgen ist. Das bedeutet für das Binnenland vor allem eine Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und Entlastungsflächen. Zu den Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhaltes zählen Deichrückverlegungen, Flutungspolder, Talsperren oder Hochwasserrückhaltebecken und Hochwasserschutzanlagen. In den Hochwasserrisikomanagementplänen werden die Risikogebiete festgelegt, die bei der Wirtschafts-, Siedlungs- sowie bei der Verkehrs- und Infrastrukturentwicklung zur Minderung von Schadenspotenzialen berücksichtigt werden müssen. Für diese Gebiete gilt, Nutzungen, die einen durch Hochwasser entstehenden Schaden verursachen oder erhöhen könnten, zu vermeiden oder entsprechende Schutzvorkehrungen zu treffen, wie z.B. Vermeidung der Lagerung von

wassergefährdenden Stoffen, die Sicherung von Heizöltanks oder die Vermeidung von Rohstoffabbau (Götze und Müller-Wiesenhaken 2020).

Eine weitere Maßnahme zum Hochwasserschutz ist die Rückverlegung von Deichen, was Retentionsflächen schafft und auch dazu beiträgt, Gewässer zu renaturieren, indem ihnen mehr Platz zur Ausbreitung gewährt wird, auch können Gewässerauen wieder an den Fluss angeschlossen werden (vgl. SDG 15).

Folgende Vorhaben zur Anbindung der Gewässer an ihre Auen sind hochwassermindernde Renaturierungsmaßnahmen (UBA 2022m):

- Verlängerung des Gewässerverlaufs
- Verringerung des Längsgefälles
- Abflachung des Querprofils
- Sohleanhebung
- Diversifizierung der Ufer- und Sohlenstrukturen (z. B. Verbau entfernen, Steine und Totholz als Strömungslenker einbringen)
- Etablierung hochwasserwirksamer Ufergehölze
- Wiederanbindung von Altarmen, Nebenrinnen und Flutmulden
- Rückbau von künstlichen Rückstauen und Herstellen einer naturnahen Abflussdynamik
- eigendynamische Entwicklung des Gewässers zulassen

Sinnvoll ist eine Kombination von Maßnahmen zur Nutzungsänderung und Schaffung von naturnahen Auenstrukturen mit Maßnahmen im Ufer- und Außenbereich. Dazu zählen folgende Maßnahmen (UBA 2022m):

- Bereitstellung und Sicherung von Überflutungsflächen
- Einhalten von Bauverboten in Überschwemmungsgebieten
- Wiederherstellung von Auenwäldern, Feuchtwiesen und Auengewässern (ggf. durch Nutzungsänderung)
- Rückbau von versiegelten Flächen und Freihalten von Bebauung
- Anlage von Uferstreifen
- Reaktivierung der Auen (z.B. Rückverlegung von Deichen und Dämmen, Abtragen von Uferhöhlungen)
- Gestaltung eines typischen Auenreliefs mit Mulden und Rinnen
- Herstellung einer Sekundäraue

## **Regenwassermanagement und blau-grüne Infrastruktur**

Ein nachhaltiges Regenwassermanagement im urbanen Raum befolgt das Ziel, mehr Wasser im lokalen Wasserkreislauf zu halten. Niederschlagswasser soll möglichst vor Ort

verdunsten oder versickern, anstatt in Kanälen abgeleitet zu werden, die bei Starkregen auch schnell überlastet sein können.

Hierfür gilt es, Flächenversiegelung zu vermeiden bzw. vorhandene Flächenversiegelungen zu reduzieren. Nicht oder gering belastetes Niederschlagswasser von Rad- und Gehwegen in Wohngebieten oder von wenig befahrenen Verkehrsflächen kann in Mulden oder Rigolen gespeichert und über die Bodenzone versickert werden. Stärker belastetes Niederschlagswasser von Parkplätzen, Industriegebieten usw. kann zum Beispiel mit Filteranlagen in Schächten (statt auf der Kläranlage) dezentral behandelt werden (UBA 2022k).

Für die (Um-)gestaltung von urbanen Räumen zu wasserbewussten Städten und Siedlungen werden Elemente wie Wasserflächen, Parks und Bäume sowie Gründächer ergänzt und erweitert. Diese sog. blau-grünen Infrastrukturen sammeln, versickern und verdunsten Regenwasser (Schwammstadt-Prinzip) und sorgen für bessere Wasserverfügbarkeit in Trockenphasen und Kühlungseffekten bei Hitzeperioden. Grün- und Freizeitflächen können multifunktional als Überflutungsflächen bei Starkregen genutzt werden und so umliegenden Gebäude vor Überflutung schützen (DWA 2020).

### **Senkung der Wassertemperaturen und Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer**

Um Eutrophierungen bei höheren Wassertemperaturen zu mindern, sind die Nährstoffeinträge in die Gewässer (durch Düngermengen, Bodenerosion und Abschwemmung) zu verringern. Die Anlage von Gewässerschutzstreifen hilft, Nährstoffe zurückzuhalten, bei kleineren Gewässern kann eine Beschattung durch Ufervegetation zu verminderter Erwärmung des Wassers beitragen (UBA 2022f).

### **Grundwasserressourcen schonen, Grundwasserneubildung fördern**

Die Grundwasserressourcen können durch die Nutzung alternativer Wasserressourcen wie Grau- oder Regenwasser geschont werden. Auch höhere Wasserentnahmeentgelte in wassernutzenden Betriebszweigen, wie Landwirtschaft und Bergbau, sowie Sparanreize für Privatverbraucher\*innen, können den Trinkwasserverbrauch senken (UBA 2022f). In der landwirtschaftlichen Bewässerung können vermehrt wassersparende Techniken (wie zum Beispiel Tröpfchenbewässerung) eingesetzt werden. Außerdem kann die Grundwasseranreicherung über die planmäßige Versickerung weiterer Wassermengen sowie durch einen Umbau von Nadel- zu Laubwald gefördert werden (UBA 2022f).

### **Küstenschutz**

Zur Anpassung der Küsten an naturräumliche Veränderungen können die Unterstützung der Vegetationsentwicklung und der Biotopschutz beitragen. Im Zuge von

Renaturierungsmaßnahmen können zum Beispiel Flachwasserbereiche und Naturraum typische Vorland Vegetation gefördert und Wellendämpfer gebaut werden (UBA 2022f). Zum Schutz von Siedlungen und Infrastruktur an der Küste sind die Küstenschutzsysteme an zukünftige Erfordernisse anzupassen (Erhöhung bzw. Ertüchtigung von Deichen, Bau bzw. Verstärkung von Sturmflutsperrwerken etc.). Darüber hinaus sind auch Nutzungsbeschränkungen und baufreie Zonen in gefährdeten Gebieten zu erwägen (UBA 2022f).

## **Minimierung der Treibhausgasemissionen der Abwassersysteme**

Wie in der Nationalen Wasserstrategie des BMUV dargelegt, sollen die Treibhausgasemissionen der Wasserinfrastrukturen so minimiert werden, dass sie den notwendigen Beitrag zum Ziel der Treibhausgas Neutralität bis 2045 leisten können (BMUV 2023).

Im Bereich Abwasser werden Treibhausgasemissionen durch den Betrieb von Kläranlagen (und abflusslosen Gruben) verursacht (UBA 2019d). Das starke Treibhausgas Lachgas entsteht vornehmlich durch den Stickstoffabbau in der biologischen Reinigungsstufe. Es kann bis zu 40 Prozent der Treibhausgasemissionen einer Kläranlage ausmachen (FIW 2022). Durch Optimierung der Prozessschritte (bei der biologischen Reinigung) ließen sich die Treibhausgasemissionen einer Abwasserreinigungsanlage um 75 Prozent verringern (Eawag 2022). Auch eine fleischarme Ernährung mit reduzierter tierischer Proteinzufuhr kann die Abwasserzusammensetzung und in Folge die Emission von Treibhausgasen mindern (UBA 2019c). Nach gegenwärtigem Kenntnisstand sind Treibhausgasemissionen aus der Abwasserwirtschaft jedoch nicht vollständig vermeidbar. Eine vollständige Treibhausgas Neutralität kann durch Kompensationsmaßnahmen (Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre und langanhaltende Bindung oder Einspeicherung) unter Nutzung natürlicher Senken oder durch nachhaltige Holzwirtschaft erreicht werden (UBA 2021d). Klärgas kann als erneuerbare Ressource und als vielseitig einsetzbarer Energieträger zur Energiewende und damit zum Klimaschutz beitragen. Derzeit wird Klärgas hauptsächlich zur Erzeugung von Eigenstrom verwendet. Werden die Prozesse der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs für die Abwasserbehandlung entkoppelt, können diese getrennt voneinander optimiert werden (UBA 2018).

## **Energiesparendes Fahrverhalten**

Eine weitere Möglichkeit im Sinne des Unterziels 13.3 “Sensibilisierung für den Klimawandel” sind Schulungen für ein energiesparendes Fahren. “Rasende Transporter” sind ein überall zu beobachtendes Phänomen im Alltag. Ursachen sind entweder ein fehlendes Bewusstsein der Fahrer und Fahrerinnen für die Emissionen

(“Der Betrieb tankt voll”) oder eine zu enge Auftragsplanung, die keine Zeitverluste in der Auftragsbearbeitung einplant. Für letzteres ist die Disposition zuständig, dem Energie verschwendenden Fahrverhalten kann mit Fahrtrainings entgegengewirkt werden.

Der ADAC schätzt, dass bis zu 20% Kraftstoff eingespart werden kann durch eine angepasste Fahrweise (ADAC 2022). Bei einem Unternehmen mit 20 Fahrzeugen, einem Durchschnittsverbrauch von 9 Litern für die Kleintransporter (VW T4-6, carwiki o.J.) und einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 km ergibt sich ein Kraftstoffverbrauch von 18.000 l Diesel. Eine Einsparung von 10% durch ein angepasstes Fahrverhalten führt zu einer Emissionsminderung von 4.770 kg CO<sub>2</sub>-Äq.

Unternehmen können die Aufklärung und Sensibilisierung ihrer Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen bei der Mobilität in vielen Bereichen unterstützen wie die Empfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA 2009) oder von B.A.U.M. (o.J.) zeigen:

- durch das Angebot von “Eco-Fahrtrainings”, in denen die Fahrer und Fahrerinnen lernen, niedertourig und vorausschauend zu fahren, langsam anfahren und gleichmäßig fahren,
- das Fuhrparkmanagement immer auf den Reifendruck und die richtige Bereifung achtet, Leichtlauföle verwendet, Zündkerzen und Luftfilter wartet sowie ein “Warmlaufen” zu Beginn der Nutzung unterbindet
- die Disposition Kurzstrecken und eine zu enge Zeitplanung vermeidet sowie die für die Tätigkeiten kleinstmöglichen Fahrzeuge auswählt
- die Fachkräfte angehalten werden, bei der Beladung einerseits auf Vollständigkeit zu achten (Vermeidung von Zusatzfahrten wegen vergessener Materialien) und andererseits nicht zu viel Masse zu beladen (das Gewicht der Ladung ist wesentlich für den Kraftstoffverbrauch)
- das Unternehmen die umweltfreundliche Anfahrt zum Arbeitsplatz unterstützt z.B. durch die Bildung von Fahrgemeinschaften, Mitarbeiter\*innen-Tickets für den ÖPNV oder wenn möglich einen Fahrdienst mit einem Bus

Umweltfreundliches Fahrverhalten - welches immer die Geschwindigkeit aus dem Fahren “herausnimmt” hat noch einen zweiten Sinn: Es fördert die Sicherheit im Straßenverkehr und damit verhindert es auch Unfälle. Allein 15.000 Verkehrsunfälle mit Personenschaden erfolgten mit Güterkraftwagen (ca. 6% aller Unfälle, Destatis o.J.). 7.600 Menschen wurden bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen verletzt (ebd., 9% aller Verletzten).

## Umweltfreundliche Beschaffung am Beispiel Papier

Rohstoffe wie Holz und Altpapier werden immer knapper. Im Jahr 2020 wurden rechnerisch in Deutschland 219 Kilogramm Pappe, Papier und Karton pro Kopf verbraucht (UBA 2022i). Diese Zahl bezieht sich neben dem Verbrauch in den privaten Haushalten auch auf den gesamten Verbrauch an Papier in Wirtschaft, Medien und Verwaltungen. Dies entspricht einem rechnerischen Gesamtverbrauch von 18,3 Millionen Tonnen (Mio. t)(ebd.). Bei der Herstellung von Zellstoff und Papier werden nicht nur Zellstoff und Chemikalien, sondern auch große Mengen Wasser und viel Energie benötigt. Auch vom Abfall geht eine ständig wachsende Umweltbelastung aus. (UBA 2014).

Die Verwendung von Altpapier bei der Herstellung von grafischen Papieren trägt zur Schonung von Ressourcen und zur Verminderung des Abfallaufkommens bei. Die mit der Zellstoff- und Holzstofferzeugung unmittelbar verbundenen Umweltbelastungen können so vermieden werden. Die neue Ökobilanz für u.a. graphische Papiere, also alle Papiere, die für Zeitungen, Zeitschriften, Schreib- oder Kopierpapiere verwendet werden, sieht in fast allen betrachteten Kategorien Recyclingpapier nach wie vor als erste Wahl (UBA 2022h). Betrachtet man die Auswirkungen auf die Wälder, zeigt sich die Notwendigkeit des hochwertigen Papierrecyclings. Die Produktion von Recyclingpapier spart im Durchschnitt 78 Prozent Wasser, 68 Prozent Energie und 15 Prozent CO<sub>2</sub>-Emissionen (ebd.). "Neu" ist die Diskussion qualitativer Aspekte wie Biodiversität, Landnutzungswandel und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern. Hier zeigt die aktualisierte Ökobilanz, dass die Verwendung von Recyclingpapier einen wichtigen Beitrag leistet, um dem Verlust der biologischen Vielfalt, dem Risiko von Landnutzungsänderungen und dem Klimawandel entgegenzuwirken" (ebd.). Die Vorteile von Altpapier sind:

- Weniger Holzverbrauch
- Weniger Bleichung
- Hälfte an Energieverbrauch
- Ein Siebtel bis ein Drittel weniger Wassermenge.
- 15% Weniger Treibhausgas-Emissionen (UBA 2022i)

Das Umweltbundesamt nennt ein anschauliches Beispiel: "Wer beim Kauf von einem Paket Papier mit 500 Blatt, das etwa 2,5 Kilogramm (kg) wiegt, zu Recycling Qualität greift, spart 5,5 kg Holz." Mit den 7,5 Kilowattstunden Energie, die man beim Kauf eines Paketes Recyclingkopierpapier zusätzlich spart, kann man 525 Tassen Kaffee kochen. Der Wald wird geschont" (ebd.).

## CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Eine gute Möglichkeit für die Sensibilisierung über Treibhausgasemissionen ist die Bestimmung des eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Unternehmen können über die SCOPE-Klassifizierungen ihren "Fußabdruck" bestimmen (Allianz Stiftung o.J.). Im Folgenden soll der individuelle CO<sub>2</sub>-Fußabdruck besprochen werden.

Ein Bundesbürger oder eine Bundesbürgerin verursachte im Jahr 2020 im Durchschnitt 10,8 t CO<sub>2</sub>-Äq (UBA 2021h). Dieser Wert lässt sich auch als CO<sub>2</sub>-Fußabdruck oder auch "Carbon Footprint" bezeichnen. Darunter versteht man das "Erfassen klimawirksamer Treibhausgase und das Zusammenstellen dieser in einer Treibhausgasbilanz" (Bayerisches Landesamt für Umwelt o.J.). Ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck lässt sich nicht nur für Personen oder private Haushalte, sondern auch für Länder oder Regionen, Produkte, Dienstleistungen, Veranstaltungen, für einzelne Unternehmen (sog. Corporate Carbon Footprint) oder ganze Branchen bestimmen.

Im oben genannten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in Deutschland entfielen 24 Prozent dieser durchschnittlichen Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen von 20,8 t CO<sub>2</sub>-Äq auf den Bereich Wohnen und Strom, 19 Prozent auf die Mobilität, 15 Prozent auf Ernährung. 34 Prozent auf die Kategorie "Sonstiger Konsum", zu der auch die Herstellung von Büromaterialien, Computer und Drucker, Möbel, Textilien und anderen Gütern sowie Materialien für Dienstleistungen zählt (UBA 2021h).

### Individueller CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Seinen eigenen, individuellen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck - die Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, die man in einem Jahr verursacht - kann man relativ leicht und recht genau ermitteln. Einen entsprechenden CO<sub>2</sub>-Rechner, in den sich die eigenen Parameter beispielsweise in den Bereichen Wohnen, Mobilität und Ernährung eingeben lassen, bietet das Umweltbundesamt (UBA o.J.: [CO<sub>2</sub>-Rechner](#)).

Ebenso lassen sich mit einer solchen Bilanzierung schnell die sog. "Big Points" eines nachhaltigen Konsums veranschaulichen, also diejenigen Maßnahmen aus den größten Emissions-Bereichen Mobilität, Wohnen und Ernährung, die schon für sich eine sehr große Umweltrelevanz aufweisen. Solche entscheidenden Stellschrauben sind im Hinblick auf den persönlichen CO<sub>2</sub>-Äq-Ausstoß zum Beispiel

- bei der Mobilität: Zahl der Fernreisen, zurückgelegte Autokilometer und durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch des Autos
- beim Heizenergieverbrauch: Größe der Wohnfläche und Dämmstandard

Der CO<sub>2</sub>-Rechner zeigt schnell, welche großen Auswirkungen Abweichungen vom Durchschnitt in die eine oder andere Richtung haben, z.B. wenn eine Person in ein Passivhaus zieht. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß berechnet sich beim Thema "Wohnen" aus den Emissionen für den Wohnraum sowie aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern (z.B. Öl oder Gas) unter Berücksichtigung vorgelagerter Prozesse. Die Vermeidung

berechnet sich aus Energie aus erneuerbaren Quellen und Energieeffizienz (ebd.). So liegen laut UBA große Potentiale (UBA 2021h) im persönlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß zum Beispiel bei

- Zahl der Fernreisen, zurückgelegte Autokilometer und Kraftstoffverbrauch des Autos im Bereich Mobilität
- Größe der Wohnfläche und Dämmstandard in Bezug auf den Heizenergieverbrauch

### Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Der Rechner bilanziert nicht den digitalen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, also die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die im Zusammenhang mit unserem digitalen Lebensstil stehen, z.B. Cloud Computing, Videokonferenzen, Video- und Musikstreaming, Fernsehen, Social Media oder E-Mails. Einige angenäherte Beispielrechnungen, die den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch unseren digitalen Lebensstil beschreiben, hat das Öko-Institut durchgeführt (Öko-Institut 2020b). Diese Berechnungen sind jedoch mit viel Unsicherheit verbunden wegen des technologischen Fortschritts, den Konsumgewohnheiten und den Rahmenbedingungen wie dem Strommix (bei der Herstellung und Nutzung). Bei der Bilanzierung sind folgenden Wertschöpfungs- und Nutzungsstufen zu berücksichtigen:

- Gewinnung der Rohstoffe,
- Herstellung der Halbzeuge und Bauteile
- Herstellung der digitalen Endgeräte
- Nutzung der digitalen Endgeräte
- Datenübertragung (Festnetz und Mobilfunk)
- Rechenzentren zur Verarbeitung

Insgesamt ergibt sich daraus der folgende Fußabdruck aller digitalen Aktivitäten:

- Herstellung Endgeräte 346 kg CO<sub>2</sub>e pro Jahr
- Nutzung Endgeräte 189 kg CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr
- Datennetzwerke 76 kg CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr
- Rechenzentren 239 kg CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr
- **Summe total 850 kg CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr**

Die beliebte Frage "Wie viel CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht eine Google-Anfrage?" wird angesichts dieser Bilanz aus den geschätzten CO<sub>2</sub>-Emissionen der digitalen Aktivitäten schnell nachrangig (Öko-Institut 2020b).

*"Die Herstellung und Nutzung von Endgeräten, die Übertragung von Daten über das Internet sowie die Nutzung von Rechenzentren verursachen pro Jahr einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Person von insgesamt 850 Kilogramm." Dies ist bereits knapp die*

*Hälfte des uns pro Person zur Verfügung stehenden CO<sub>2</sub>-Budgets, wenn der Klimawandel in noch erträglichen Grenzen gehalten werden soll. Nimmt man noch weitere Treibhausgasemissionen hinzu, die durch die Nutzung von weltweit verteilten Webseiten, Musik- und Videostreaming-Diensten, sozialen Netzwerken, vernetzten Haushaltsgeräten, Videoüberwachung, Big-Data-Analysen und so weiter entstehen, so summiert sich der individuelle CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch Informationstechnik leicht auf 1 Tonne pro Jahr oder mehr. "Unser digitaler Lebensstil ist in der vorliegenden Form nicht zukunftsfähig."*

Im Kontext der Digitalisierung stellt sich die Frage, wie diese so gestaltet werden kann, dass sie zu einer nachhaltigen und demokratischen Transformation der Gesellschaft beiträgt. Dabei ist im Ausbildungs-Kontext die ökologische Dimension der Digitalisierung zu betrachten, die nachfolgend dargestellt wird.

### **SCOPE-Bilanzierung für THG-Emissionen von Unternehmen**

Auch Unternehmen können ihren Emissionsausstoß bilanzieren, um zu verstehen, aus welchen Quellen diese entstehen und wo das größte Einsparpotential ist. Dieser ist unter dem Namen Corporate Carbon Footprint (CCF) bekannt und wird als wichtiger Schutz für den Klimaschutz angesehen, da er, wie der individuelle oder digitale footprint, genaue Informationen zur Ausgangslage liefert und anhand dessen realistische und messbare Reduktionsziele gesetzt werden können (Climate Partner o.J.). Bei der Bilanzierung werden die Emissionen in 3 Geltungsbereiche oder Kategorien, sogenannte SCOPES, eingeteilt, bei denen in direkten und indirekten Quellen unterschieden wird:

- In Scope 1 werden die direkten Emissionsquellen beachtet, die dem Unternehmen selbst gehören, wie beispielsweise ein Fuhrpark oder ein eigener Ofen (Stiftung Allianz Entwicklung und Klima o.J.). Außerdem wird hier noch die Energieproduktion bilanziert, für den Fall, dass diese selbst produziert wird.
- Scope 2 fokussiert sich auf die indirekten Emissionen der eingekauften Energie, die also nicht in einem Unternehmen selbst hergestellt wird. Dazu zählt der Stromverbrauch, Wärme oder Kühlung, für die die Energie verwendet wird (ebd. o.J.). Hier liegt bei vielen Industrien ein großes Reduzierungspotential, indem auf die Verwendung von Ökostrom umgestellt wird.
- Zuletzt werden in Scope 3 die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten bilanziert. Das sind Emissionen, die z.B. bei Geschäftsreisen oder beim Abfallmanagement anfallen, also nicht direkt zum Unternehmen gehören (ebd. o.J.).

Eines der meistverwendetsten internationalen Standards zur Berechnung der unternehmensbezogenen TGH Emissionen ist das Greenhouse Gas (GHG) Protokoll. Bei einer solchen Berichterstattung sind nur SCOPE 1 und SCOPE 2 verpflichtend, SCOPE 3

dagegen ist optional (ebd. o.J.). Aber da die Emissionen, die in Scope 3 bilanziert werden, oftmals einen großen Teil an den gesamten THG Emissionen ausmachen, ist die Bilanz für einen ganzheitlichen Klimaschutz unausweichlich (Climate Partner o.J.).

## Quellenverzeichnis

- ADAC (2022): Sprit sparen: Die 11 besten Tipps. Online: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/tipps-zum-tanken/sprit-sparen-tipps/>
- B.A.U.M. e.V. o.J.: Eco Fahrsicherheitstraining senken Mobilitätskosten. Online: <https://www.baumev.de/News/7914/ECOFahrsicherheitstrainingsenkenMobilitatskosten.html>)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.J.): Carbon Footprint. Online: [www.umweltpakt.bayern.de/energie\\_klima/fachwissen/279/carbon-footprint](http://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/279/carbon-footprint)
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (2021): Vier sind die Zukunft. Online: [www.bibb.de/de/pressemitteilung\\_139814.php](http://www.bibb.de/de/pressemitteilung_139814.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>
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Nationale Wasserstrategie. Online: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/nationale\\_wasserstrategie\\_2023\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf)
- carwiki (o.J.): VW Transporter Verbrauch. Online: <https://carwiki.de/vw-transporter-verbrauch/>
- Climate Partner (o.J.): Was sind Scope 1-, Scope 2-, und Scope 3-Emissionen? Online: [Was sind Scope 1-, Scope 2- und Scope 3-Emissionen? | ClimatePartner](https://www.climatepartner.com/de/faq/was-sind-scope-1-scope-2-und-scope-3-emissionen/)
- Destatis (o.J.): Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/hauptverursacher-fahrzeugart.html>
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele 2022. Online unter: <http://sdg-indikatoren.de/>
- DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (2022): Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot Deutschlands. Überblick zu aktuellen Ergebnissen der deutschen Klimaforschung. Online: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/zukunftsprogramm/auswirkung-klimawandel-wasser-dargebot-zukunft-wasser-factsheet.pdf>
- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2020): Im Klartext. Blau/Grün/Grau: Die wassersensible Zukunftsstadt. Online: [https://de.dwa.de/files/\\_media/content/DIVERSES/Flyer/FlippingBook10/Klartext-wassersensible-Stadt/Klartext-wassersensible-Stadt/index.html](https://de.dwa.de/files/_media/content/DIVERSES/Flyer/FlippingBook10/Klartext-wassersensible-Stadt/Klartext-wassersensible-Stadt/index.html)
- Eawag - Das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs (2022). Online: <https://www.eawag.ch/de/news-agenda/news-plattform/news/klimaschutz-in-der-abwasserreinigung/>
- FiW Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V. (2022): Klimabilanz von Kläranlagen: Lachgas als Stolperstein auf dem Weg zur Klimaneutralität? Online: <https://www.fiw.rwth-aachen.de/en/news-events/news/lachgas-auf-klaeranlagen>
- LAWA Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder. Online: [https://www.lawa.de/documents/lawa-klimawandel-bericht\\_2020\\_1618816705.pdf](https://www.lawa.de/documents/lawa-klimawandel-bericht_2020_1618816705.pdf)

- myclimate (o.J.): CO<sub>2</sub>-Rechner. Online:  
[https://co2.myclimate.org/de/portfolios?calculation\\_id=5596842](https://co2.myclimate.org/de/portfolios?calculation_id=5596842)
- Öko-Institut (2020b): Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unseres digitalen Lebensstils. Online:  
[blog.oeko.de/digitaler-co2-fussabdruck/](https://blog.oeko.de/digitaler-co2-fussabdruck/)
- Stiftung Allianz Entwicklung und Klima (o.J.): Was sind Scopes (Geltungsbereiche) bei der Berechnung der unternehmensbezogenen Treibhausgasemissionen? Online: [Was sind Scopes \(Geltungsbereiche\) bei der Berechnung der unternehmensbezogenen Treibhausgasemissionen? - Stiftung Allianz für Entwicklung und Klima \(allianz-entwicklung-klima.de\)](https://www.allianz-entwicklung-klima.de/was-sind-scopes)
- UBA Umweltbundesamt (2009): Sprit sparen und mobil sein. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3705.pdf>
- UBA Umweltbundesamt (2014): ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE – ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH. Online: [www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0440.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0440.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2014): Zellstoff- und Papierindustrie. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/holz-zellstoff-papierindustrie/zellstoff-papierindustrie#anlagenbestand-in-deutschland](https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/holz-zellstoff-papierindustrie/zellstoff-papierindustrie#anlagenbestand-in-deutschland)
- UBA Umweltbundesamt (2018): Klimaschutz und Abwasserbehandlung. Sinnvolle Beiträge zur Energiewende. Online:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190111\\_uba\\_pos\\_klimaschutz\\_und\\_abwasserbehandlung\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190111_uba_pos_klimaschutz_und_abwasserbehandlung_bf.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2019c): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie. Online:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue\\_studie\\_c\\_c\\_36-2019\\_wege\\_in\\_eine\\_ressourcenschonende\\_treibhausgasneutralitaet.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_c_c_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.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 (2021g): Treibhausgasneutralität in Kommunen. Online:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2021-03-24\\_fact\\_sheet\\_treibhausgasneutralitaet\\_in\\_kommunen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2021-03-24_fact_sheet_treibhausgasneutralitaet_in_kommunen.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2021h): Konsum und Umwelt: Zentrale Handlungsfelder. Online, Bedarfsfelder:  
[www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#konsummuster](https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#konsummuster)
- UBA Umweltbundesamt (2022e): Klimafolgen: Handlungsfeld Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-wasser-hochwasser>
- UBA Umweltbundesamt (2022f): Anpassung: Handlungsfeld Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-laenderebene/handlungsfeld-wasser-hochwasser-kuestenschutz>
- UBA Umweltbundesamt (2022g): Grundwasser. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser>
- UBA Umweltbundesamt (2022h): Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier spotlight report. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierte-oekobilanz-von-grafik-hygienepapier](https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierte-oekobilanz-von-grafik-hygienepapier)

- UBA Umweltbundesamt (2022i): Altpapier. Online: [www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altpapier#vom-papier-zum-altpapier](http://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altpapier#vom-papier-zum-altpapier)
- UBA Umweltbundesamt (2022j): Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierte-oekobilanz-von-grafik-hygienepapier>
- UBA Umweltbundesamt (2022k): Regenwasserbewirtschaftung. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/regenwasserbewirtschaftung>
- UBA Umweltbundesamt (2022l): Natürlicher Hochwasserschutz durch Flussauen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/hochwasser-durch-renaturierung-entschaerfen#natuerlicher-hochwasserschutz-durch-flussauen>
- UBA Umweltbundesamt (2022m): Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. Online: [www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren#entwicklung-des-endenergieverbrauchs-nach-sektoren-und-energietraegern](http://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren#entwicklung-des-endenergieverbrauchs-nach-sektoren-und-energietraegern)
- UBA 2022n: Hochwasserschutzrecht. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserrecht/hochwasserschutzrecht>
- UBA Umweltbundesamt (o.J.): CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamtes. Online: [uba.co2-rechner.de/](http://uba.co2-rechner.de/)
- UNRIC o. J. UNRIC (o. J.) Regionales Informationszentrum der Vereinten Nationen: SDG 13 Maßnahmen zum Klimaschutz. Online: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-13/>

## SDG 14: “Leben unter Wasser”

*“Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen”*

Das SDG 14 zielt vor allem auf den Erhalt der Meere durch Reduzierung der Meeresverschmutzung und Versauerung, den Erhalt der Küstenökosysteme, der nachhaltigen Fischerei und den Schutz der Bestände ab. Hintergrund ist, dass viele Länder die Meere immer noch zur Müllentsorgung nutzen, anstelle Plastikmüll zu vermeiden, Küstengebiete für den Tourismus umzuwandeln oder die Fischbestände ohne Rücksicht ausbeuten.

Zwei Unterziele sind für den Wasserbau und die Abwassertechnik relevant:

- 14.1 Bis 2025 alle Arten der Meeresverschmutzung, insbesondere durch vom Lande ausgehende Tätigkeiten und namentlich Meeresmüll und Nährstoffbelastung, verhüten und erheblich verringern.
- 14.2 Bis 2020 die Meere und Küstenökosysteme nachhaltig bewirtschaften und schützen, um unter anderem durch Stärkung ihrer Resilienz erhebliche nachteilige Auswirkungen zu vermeiden und Maßnahmen zu ihrer Wiederherstellung ergreifen, damit die Meere wieder gesund und produktiv werden.

Die Schnittmengen mit der Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit" wären dann (vgl. BMBF 2022):

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

## **Bedeutung der Meere**

70 Prozent unseres Planeten werden von Weltmeeren bedeckt. Sie sind von entscheidender Bedeutung für das wirtschaftliche, ökologische und kulturelle Wohlergehen der Bevölkerung. Heute leben etwa 40 Prozent der Menschen in einer Entfernung von weniger als 100 Kilometer vom Meer und deren Anteil steigt weiter, insbesondere in Asien. Zu den wichtigsten marinen Wirtschaftssektoren zählen Fischerei, Schifffahrt, Tourismus und Energie (Öl, Gas und Wind) sowie der marine Bergbau. Meere und Küsten erbringen wichtige Ökosystemleistungen. Mangrovenwälder, Seegraswiesen und Korallenriffe beherbergen eine große biologische Vielfalt, sind hochproduktive Fischgründe und schützen die Küsten vor Extremwetterereignissen (GIZ o.J.). Die Meere nehmen darüber hinaus Treibhausgase aus der Atmosphäre auf und wirken so klimaregulierend und temperatursenkend (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021).

## **Bedrohung der Küsten- und Meeresökosysteme**

Küsten- und Meeresökosysteme sind einem hohen Nutzungsdruck ausgesetzt und durch Stoffeinträge aus Landwirtschaft, Industrie und Verkehr sowie durch Einträge von (Plastik-)Müll zunehmend gefährdet (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021). Bereits 33 Prozent der Fischbestände sind überfischt, 29 Prozent der Seegraswiesen und 20 bis 35 Prozent der Mangrovenwälder sowie 19 Prozent der Korallenriffe sind bereits zerstört. Durch den Klimawandel erhöht sich die mittlere Oberflächentemperatur, wodurch sich der CO<sub>2</sub>-Eintrag erhöht, der wiederum eine Versauerung der Meere bewirkt (GIZ o.J.). Hohe Stickstoffeinträge in die Meere können Eutrophierungseffekte bewirken und so zur Zerstörung von Fischauszugsgebieten und zum Verlust von Biodiversität führen (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021).

In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS 2021) wird der Zusammenhang von Nährstoffeinträgen in Oberflächengewässer und Grundwasser mit den Auswirkungen auf die Meere thematisiert. So soll der Eintrag von Nährstoffen über die Bodenpassage in

Gewässer und Meere unter anderem mit der im Jahr 2017 novellierten und im Jahr 2020 erneut geänderten Düngeverordnung verringert werden. Mit Hinweis auf die EU-WRRL und auf die Schutzrichtlinien für die Meere wird darauf verwiesen, dass noch immer zu hohe Nährstoffeinträge in die Gewässer zu beklagen sind. (DNS 2021)

## Schutz der Meere

### Reduktion der Nährstoffeinträge

SDG 14 (Unterziel 14.1) hat das Ziel, dass die Meeresverschmutzung durch Müll und Nährstoffe bis zum Jahr 2025 erheblich verringert wird (DESTATIS 2022). Für Deutschland betrachtet verursachen hauptsächlich Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft die Nord- und Ostsee (über deren Zuflüsse). Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021 sieht deshalb Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen sowie die Förderung des ökologischen Landbaus als wichtige Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge in die Meere an (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021). Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2030 einen Anteil von 30 Prozent Öko-Landbau in Deutschland zu erreichen (BMEL 2023). Auch der Stand von kommunalen Kläranlagen soll (in Zusammenarbeit mit den Bundesländern) im Hinblick auf die Nährstoffanforderungen in der Abwasserverordnung überprüft und ggf. angepasst werden (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021).

Der Indikator 14.1.a der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie misst den Stickstoffeintrag über die Zuflüsse in Nord- und Ostsee. Denn *“hohe Konzentrationen von Stickstoff in den Meeren können zu Eutrophierungseffekten wie Sauerstoffmangel und dadurch zum Verlust an Biodiversität und zur Zerstörung von Fisch-Aufzugsgebieten führen. Daher soll der Eintrag von Stickstoff unter 2,8 mg Stickstoff pro Liter Abfluss für die in die Nordsee einmündenden Flüsse und unter 2,6 mg Stickstoff pro Liter für die in die Ostsee einmündenden Flüsse liegen. Dies entspricht den im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie vereinbarten Bewirtschaftungszielen der Oberflächengewässerverordnung sowie den Zielen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie und des Ostseeaktionsplans.”* (ebd., S. 321)

### Reduktion von Plastikeinträgen

Nach Einschätzungen des Umweltbundesamts (UBA 2015b) leistet primäres Mikroplastik, das in Duschgels, Peelings etc. zum Einsatz kommt, einen Beitrag zur Umweltverschmutzung. Mengenmäßig bedeutsamer ist jedoch sekundäres Mikroplastik, das durch Zersetzung größerer Plastikteile entsteht. Große Plastikteile wie zum Beispiel Tüten und Fischernetze gelangen über Flüsse oder direkt ins Meer und werden durch Wetter und Gezeiten zerkleinert und zermahlen. Im Meer landen rund sechs bis zehn Prozent der globalen Kunststoffproduktion (UBA 2015b). So treiben weltweit in den Meeren 150 Millionen Tonnen Plastikmüll (Die Bundesregierung 2022). Zum Schutz der

Meere muss deshalb der Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt drastisch reduziert werden. Auf der fünften UN-Umweltkonferenz wurden wichtige Eckpunkte für ein Abkommen zur Reduktion von Meeresmüll und Umweltbelastung benannt. Bis 2024 soll ein rechtlich verbindliches Abkommen ausgehandelt werden (Die Bundesregierung 2022).

## Bewirtschaftung und Schutz der Meere und Küstenökosysteme

Für die Tätigkeiten im Bereich des Wasserbaus, der Abwassertechnik und der Wasserversorgung sind die Hintergründe zur Meeresverschmutzung, zur Beeinträchtigung der Ökosysteme an den Küsten und die Auswirkungen des Klimawandels für ein umfassendes Verständnis für nachhaltige Entwicklung in diesem Bereich relevant.

Als ein Baustein für dieses Verständnis sei hier "Das Integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM)" erwähnt, das angesichts zunehmender Nutzungsansprüche im deutschen Küstenraum dazu beitragen soll, den Küsten- und Meeresbereich als ökologisch intakten und wirtschaftlich prosperierenden Lebensraum zu erhalten und nachhaltig zu entwickeln. (DNS 2021:319)

Die Auswirkungen des Klimawandels können bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einem Anstieg vom Meeresspiegel von 30 cm bis zu einem Meter führen - je nach Berechnungsmodell. Das könnte extreme Wetterereignisse zur Folge haben, wie z.B. hohe Sturmfluten. Daher sind wirksame Strategien zum Küstenschutz dringend erforderlich: Deichbau, Sandaufspülungen, Küstenschutz Dünen, Wellenbrecher (Buhnen, Tetrapoden), Deckwerke und Absperrbauwerke sind erprobte bauliche Maßnahmen zum Küstenschutz.

## Quellenverzeichnis

- Aichi-Biodiversitätsziele (2010): siehe IBN (o.J.)
- 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](http://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit)
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2023): Öko-Landbau stärken: Prozess zur Weiterentwicklung der Zukunftsstrategie ökologischer Landbau. Online: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/zukunftsstrategie-oekologischer-landbau.html>
- DESTATIS-Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele 2022. Online unter: <http://sdg-indikatoren.de/>
- Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie DNS (2021): Weiterentwicklung 2021. online: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf>

- Die Bundesregierung (2022): Kampf gegen Plastikverschmutzung. Globales Abkommen gegen Meeressmüll. Online:  
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/abkommen-gegen-plastikmuell-2009376>
- GIZ Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (o.J.): Meeresschutz. Online:  
<https://www.giz.de/fachexpertise/html/62556.html>
- IBN Institut für Biodiversität (o.J.): Aichi-Biodiversitätsziele 2010. Online:  
<https://biodiv.de/biodiversitaet-infos/konvention-ueber-die-biologische-vielfalt/aichi-biodiversitaets-ziele-2020.html>
- IGB Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (o.J.): 9 Gründe warum wir Menschen die Biodiversität im Süßwasser zwingend brauchen. Online:  
<https://www.igb-berlin.de/news/9-gruende-warum-wir-menschen-die-biodiversitaet-im-suesswasser-zwingend-brauchen>
- UBA Umweltbundesamt (2019): Fulda: Kommunen teilen sich die Kosten naturnahen Hochwasserschutzes. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/fulda-kommunen-teilen-sich-kosten-naturnahen#film-naturnaher-hochwasserschutz-an-der-fulda-UBA>
- Umweltbundesamt (2015b): Mikroplastik im Meer - wie viel? Woher? Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/mikroplastik-im-meer-wie-viel-woher>
- UN United Nations (1992): Convention on Biological Diversity. Online:  
<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- UN United Nations (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Online: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>
- UN United Nations (1992): UN CCD Konvention der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Desertifikation. Online:  
<https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-02/German%20%28including%20all%20annexes%29.pdf>
- Wasser Abwasser Technik (2023): Biologische Vielfalt der Binnengewässer. Online:  
<https://wasser-abwasser-technik.com/biologische-vielfalt-der-binnengewaeser/>

## SDG 15: “Leben an Land”

*“Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen”*

Die Schnittmengen mit der Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit” sind nicht unmittelbar einsichtig, aber der Wasserbau als Kunde in der Wertschöpfungskette kann einen Einfluss auf die Nachhaltigkeit nehmen. Hierbei kommt am ehesten noch das Unterziel 15.1 (internationale Übereinkünfte) und 15.8 (Maßnahmen invasiver, gebietsfremder Arten zu verhindern) in Frage:

- 15.1 Bis 2020 im Einklang mit den Verpflichtungen aus internationalen Übereinkünften die Erhaltung, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land- und Binnensüßwasser-Ökosysteme und ihre Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete, der Berge und der Trockengebiete, gewährleisten.
15. 8 Bis 2020 Maßnahmen einführen, um das Einbringen invasiver gebietsfremder Arten zu verhindern, ihre Auswirkungen auf die Land- und Wasserökosysteme deutlich zu reduzieren und die prioritären Arten zu kontrollieren oder zu beseitigen.

Die Bezüge zur Standardberufsbildposition wären dann (vgl. 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*

## **SDG 15 und Wasserwirtschaft**

Im Mittelpunkt des SDG 15 steht die Wiederherstellung, der umfassende Schutz und die nachhaltige Nutzung von Land- und Binnen Süßwasser-Ökosystemen, insbesondere von Wäldern und Feuchtgebieten, die Beendigung von Bodendegradation und der Erhalt der biologischen Vielfalt. Für eine nachhaltige Wasserwirtschaft sind Erhalt bzw. Wiederherstellung intakter Binnensüßwasser-Ökosysteme von zentraler Bedeutung. Auch Böden und Wälder erfüllen wichtige Funktionen im Wasserkreislauf. Je besser die natürlichen Ökosysteme ihre Funktionen erfüllen können (z.B. Filterfunktion intakter Böden; Auwälder als Überflutungsgebiete zum vorsorgenden Hochwasserschutz), desto weniger müssen technische, oft ressourcen- und energieaufwendige, wasserwirtschaftliche Maßnahmen ergriffen werden (z.B. zusätzliche Aufbereitungsstufen oder technischer Hochwasserschutz).

Für den Bereich Wasserbau sind die Planungen zur Renaturierung von Flüssen und Auen relevant (vgl. SDG 6 - Naturnahe Gewässerstrukturen). Das Bundesprogramm "Blaues Band Deutschland" zielt darauf ab, insbesondere im Nebennetz der Bundeswasserstraßen Flüsse, Ufer und Auen zu renaturieren. "Auch im Kernnetz der Bundeswasserstraßen sollen sogenannte Trittsteinbiotope geschaffen werden, wenn diese mit den verkehrlichen Zielen vereinbar sind. Damit sollen neue Akzente in Richtung Hochwasservorsorge, Naturschutz, Freizeittourismus und Erholung gesetzt

werden” (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, S. 329). Hier zeichnen sich Zielkonflikte zwischen dem Hochwasserschutz und dem Ausbau der Wasserstraßen (Elbvertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne; Oder-Vertiefung und Regulierung, etc.) ab. Durch den Ausbau von Wasserstraßen sind höhere Strömungsgeschwindigkeiten zu erwarten, die zu größeren Risiken von Hochwasserereignissen mit großflächigen Überschwemmungen führen können.

## Feuchtgebiete

Im November 2022 hat die UNO-Konferenz für Feuchtgebiete (Ramsar-Konvention) alle Staaten dazu aufgerufen, verstärkte Maßnahmen zur Sicherung und Wiederherstellung der Feuchtgebiete zu übernehmen. Feuchtgebiete werden definiert als *“Feuchtwiesen, Moor- und Sumpfgebiete oder Gewässer, die natürlich oder künstlich, dauernd oder zeitweilig, stehend oder fließend, Süß-, Brack- oder Salzwasser sind, einschließlich solcher Meeresgebiete, die eine Tiefe von sechs Metern bei Niedrigwasser nicht übersteigen”* (Ramsar 1971).

Feuchtgebiete stellen wichtige Ökosystemleistungen bereit, weshalb deren Erhalt bzw. Wiederherstellung eine besondere Bedeutung zukommt (Kanton Aargau 2021, S. 5 f):

- Feuchtgebiete können auftretende Wassermengen bei Starkniederschlägen speichern und dienen so dem Hochwasserschutz
- Feuchtgebiete können Sedimente, Nährstoffe und toxische Stoffe speichern und gesundheitsgefährdende organische Verbindungen abbauen und so die Wasserqualität verbessern
- Feuchtgebiete erhalten und fördern die Biodiversität, indem sie Lebensraum für eine große Vielfalt an spezialisierten Tieren, Pflanzen und Pilzen sind - darunter auch seltene und bedrohte Arten
- Intakte Moorböden sind essentiell für den Klimaschutz (vgl. Unterkapitel *“Schutz der Moore”*)
- Die Schaffung und Aufwertung naturnaher Lebensräume für mehr Landschafts- und Lebensqualität.
- Feuchtgebiete dienen dem Hochwasserschutz, indem sie auf Grund des Klimawandels vermehrt auftretende Starkniederschläge speichern und später in gleichmäßigen Mengen wieder abgeben.
- Feuchtgebiete verbessern die Wasserqualität, indem sie Sedimente, Nährstoffe und toxische Stoffe speichern und gesundheitsgefährdende organische Verbindungen abbauen.
- Die Wiederherstellung von Feuchtgebieten ist eine günstige Alternative zur kostspieligen Sanierung von Drainagen.

- Eine standortangepasste Nutzung der Moorböden verhindert den Abbau des organischen Materials, welcher ansonsten einen enormen Ausstoß von Kohlenstoff in die Atmosphäre zur Folge hätte.
- In Feuchtgebieten lebt eine außergewöhnliche Vielfalt an spezialisierten Tieren, Pflanzen und Pilzen. Die Wiederherstellung und Vernetzung von Lebensräumen tragen deshalb maßgeblich zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität bei. Vor allem seltene und bedrohte Arten werden dadurch gefördert.

## Auen

Naturnahe Auenflächen sind wertvolle Lebensräume für eine große Vielfalt an Pflanzen und Tieren. Neben der Stärkung der Biodiversität ist die Rückgewinnung von Überschwemmungsflächen eines der wichtigsten Ziele bei der Renaturierung von Auen (BMUB 2015) (siehe auch SDG 6, Unterkapitel "Renaturierung von Fließgewässern"). An den Bundeswasserstraßen in Deutschland sind zwei Drittel der ehemaligen Auen durch den Bau von Deichen oder anderen Hochwasserschutzmaßnahmen verloren gegangen. Etwa ein Drittel der Auen sind als Überschwemmungsflächen erhalten geblieben (Blaues Band Deutschland 2016). Ziel des Programms "Blaues Band" der Bundesregierung ist es, die Lebensräume Fluss, Ufer und Aue wieder zu vernetzen. Bis 2035 sollen 15 Prozent der Bundeswasserstraßen ihre naturtypische Funktion zurück erhalten (UBA 2019e). Durch den Rückbau von Deichen oder deren Rückverlegung ins Hinterland können Flächen für artenreiche Auen Ökosysteme wiedergewonnen werden. Die Auenflächen dienen u.a. als natürliche Rückhalteräume für den vorsorgenden Hochwasserschutz (BMUB 2015). Renaturierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung naturnaher Auenlandschaften unterliegen jedoch aufgrund des Flächenbedarfs unter Umständen vielfältigen Nutzungskonkurrenzen. Die Belange der Auenentwicklung sind deshalb in der Landschaftsplanung und räumlichen Entwicklungsplanung (Landesentwicklungsplan, Flächennutzungsplan etc.) geltend zu machen. Für die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen zur Auenrenaturierung sollten verschiedene Interessen frühzeitig eingebunden und abgestimmt sowie Synergien ausgeschöpft werden (u.a. Wasserwirtschaft, Naturschutz, Naherholung, Landwirtschaft) (BMUB 2015: 14-16).

## Kühkopf-Knoblochsau am Rhein

In den Jahren 1828/1829 wurde westlich der Halbinsel bei Stockstadt am Rhein ein Durchstich gemacht, um den Fluss zu begradigen. Der ehemalige Hauptstrom des Rheins wurde zum Altarm, aus der ehemaligen Halbinsel wurde eine Rheininsel. Die Wiederherstellung der Überflutungsflächen begann durch große Hochwasserereignisse in den 1980er Jahren. Es brachen Dämme, die im Nachgang nicht wieder verschlossen wurden. Die Auenflächen, bestehend aus Strom-Auenwäldern und Stromtalwiesen, sind nun wieder an das Überflutungs Regime des Rheins angeschlossen. Mit ihrer großen Bedeutung für Brutvögel und ihrem außergewöhnlichen Artenreichtum bildet die

Kühkopf-Knoblochsau eines der größten Auenschutzgebiete in Deutschland (BMUB 2015, NABU Hessen o.J.).

## Schutz der Moore

Moore sind die Hinterlassenschaften der Eiszeit vor rund 12.000 Jahren (vgl. Böll-Stiftung o.J.). Beim Rückzug der Eismassen entstanden viele große Seen, die Niederschläge erhöhten sich und der Grundwasserspiegel stieg. Täler, Senken und Niederungen wurden überflutet und in diesen Seen lagerten sich organische Pflanzenbestandteile in großen Mengen ab (Krumbach o.J.). Bei unzureichender Sauerstoffzufuhr - z.B. wenn Eismassen den Abfluss verhinderten und sich tiefe Seen gebildet hatten - wurden die Pflanzenreste nicht abgebaut und über Jahrtausende hinweg bildeten sich die Moore.

Es wird geschätzt, dass rund 4% der Fläche von Deutschland einst Moore waren (1,8 Mio. Hektar, Böll-Stiftung o.J.). Die meisten Moore in Deutschland befinden sich mit einer Fläche von 600.000 ha in Niedersachsen. Allerdings werden 70% dieser Moorflächen landwirtschaftlich vor allem für Grünland (Viehweiden), aber auch für den Ackerbau genutzt (ebd.). An zweiter Stelle steht Mecklenburg-Vorpommern mit rund 12% der Landesfläche (ca. 146.000 Hektar). Hier wird etwas mehr als die Hälfte für die Landwirtschaft genutzt. Nach der Böll-Stiftung liegen in diesen Mooren noch 7.000 km Entwässerungsleitungen aus DDR-Zeiten, um die Flächen für die landwirtschaftliche Nutzung trockenzulegen. Heutzutage gelten nur noch 5% der ehemaligen Moorflächen als naturnah (90.000 Hektar, Sielmann-Stiftung o.J.).

Als die Bedeutung der Moore für den Klimaschutz noch nicht erkannt war, wurden die Moore im großen Umfang in Ackerland umgewandelt. 1950 wurde vom Bundestag der "Emsland-Plan" beschlossen. Dieser umfasste eine jährliche Investition von 1% des Bundeshaushalts in das Emsland. Mit den Mitteln wurden im Laufe der Jahre rund 130.000 Hektar Moorland entwässert und der Landwirtschaft zur Verfügung gestellt (ebd.).

Moore sind essentiell für den Klimaschutz. Es wird geschätzt, dass sich 30% des erdgebundenen Kohlenstoffs in Mooren befindet, die aber nur 3% der globalen Landfläche bedecken (ebd.). Die Trockenlegung der Moore hat erhebliche Folgen für den Klimawandel. Es gelangt Sauerstoff in die trocken gelegten Moorböden, der Zersetzungsprozesse in der Torfschicht anregt. Durch diese Prozesse wird der in Mooren gespeicherte Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> freigesetzt und trägt als Treibhausgas zur Erwärmung der Erde, mit negativen Folgen für Ökosysteme und die Landwirtschaft, bei (UBA & DEHst 2022). Politische, wirtschaftliche und ökologische Akteure stehen nun vor folgendem Dilemma: Intakte Moore könnten einerseits als wertvolle Kohlenstoffsinken dienen und überschüssiges CO<sub>2</sub> speichern. Andererseits spielt die Nutzung von Torf als Blumenerde, als Kultursubstrat oder zur Bodenverbesserung eine wirtschaftliche Rolle,

führt aber dazu, dass durch den Abbau der Moorböden gebundener Kohlenstoff in großem Umfang als CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.

Im November 2022 wurde die “Nationale Moorschutzstrategie” von der Bundesregierung beschlossen (BMUV 2022). *“Die Nationale Moorschutzstrategie knüpft an die gemeinsam vom Bund und den Ländern im Herbst 2021 beschlossene Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz an und bildet die dortigen Ziele und Maßnahmen für die Bereiche der Land- und Forstwirtschaft ab. Wie die Bund-Länder-Zielvereinbarung baut die Strategie auf eine enge Kooperation mit den Landnutzer\*innen und setzt stark auf finanzielle Anreize für Wiedervernässungsmaßnahmen und angepasste Bewirtschaftungsformen sowie den Aufbau von Wertschöpfungsketten. Durch Wiedervernässungsmaßnahmen sollen die jährlichen Treibhausgasemissionen aus Moorböden bis zum Jahr 2030 um mindestens fünf Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent reduziert werden. Der Bund will mit Wiedervernässungsmaßnahmen auf eigenen Flächen beispielhaft vorangehen. Die Strategie verfolgt weiterhin den konsequenten Schutz noch naturnah erhaltener Moore, verstärkte Forschung und Bildung zum Moorschutz sowie eine Stärkung der internationalen Zusammenarbeit. In der Moorschutzstrategie steht die langfristige Perspektive der klimaverträglichen Nutzung der Moorböden in Deutschland im Mittelpunkt. Von entscheidender Bedeutung ist hier die Wiedervernässung der in der Vergangenheit entwässerten und intensiv genutzten Moorböden. Dies wird ein generationsübergreifender Weg werden. Die Strategie versucht eine ausgewogene Balance zwischen den Bedürfnissen der Menschen in den Moor-Regionen und unseren Verpflichtungen gegenüber zukünftigen Generationen zu formulieren.”*

### **Königsmoor in Schleswig Holstein**

Die Renaturierung von Mooren ist ein äußerst effektiver Beitrag zum Klimaschutz, da es einerseits Emissionen aus der Trocknung verhindert und andererseits das Moor Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnimmt und bindet. Das Königsmoor in Schleswig-Holstein (zwischen Buchholz und Rotenburg) umfasst eine Fläche von 1.200 Hektar und wurde im 20. Jahrhundert durch Gräben und Drainagen entwässert, um die Fläche landwirtschaftlich als Grünland zu nutzen (Moor Futures o.J.). Die Stiftung Naturschutz hat eine Fläche von rund 30 Hektar bei Christiansholm erworben. Die Fläche ist nach wie vor für die landwirtschaftliche Nutzung zugelassen, aber ohne Düngung und ohne Grünlandpflege (z.B. Umbruch oder Einsatz von Herbiziden). Gräben und Drainagen wurden geschlossen. Aus Torf wurden Wälle errichtet, um das Wasser aufzustauen. Der Torf im Moor wird so konserviert, die Zersetzung der Torfschichten wird zumindest gemindert. Die Finanzierung des Projektes erfolgt über Klimaschutzzertifikate. Diese sind ein Ausgleich, wenn Unternehmen fossile Energieträger nutzen müssen (z.B. Zementindustrie, Gaskraftwerke oder Kraftstoffraffinerien).

## Süßwasser-Ökosysteme

Der Schutz der biologischen Vielfalt der Süßwasserökosysteme ist noch immer eine große Herausforderung. Die Tier- und Pflanzenarten im Süßwasser sind besonders gefährdet. Von der biologischen Vielfalt in Binnengewässern sind wichtige Funktionen im Ökosystem insgesamt abhängig. So sind diese Süßwasserökosysteme von entscheidender Bedeutung für die Speicherung und Bindung von Kohlenstoff und Methan, was zur Klimaregulation wichtig ist. Für die Regulierung des Wasserhaushaltes in der Landschaft sind Ufer- und Wasserpflanzen wichtig, weil sie die Wasserfließgeschwindigkeit verringern, die Ufer Stabilität verbessern, Sedimente zurückhalten und Nähr- und Schadstoffe filtern. Für die Trinkwassergewinnung ist von entscheidender Bedeutung, dass die Selbstreinigung in den Gewässern erfolgen kann, das heißt, die Stoffkreisläufe zwischen Milliarden von Mikroorganismen, Pflanzen, Algen und Tieren sorgen dafür, dass Nährstoffe verwertet werden, Schadstoffe und Krankheitserreger gefiltert werden und dadurch das Wasser gereinigt werden kann. Ein zu hoher Eintrag von Nährstoffen kann aber zur Eutrophierung führen, was die Selbstreinigungsfunktionen des Ökosystems empfindlich stören kann (IGB o.J.).

Der Verlust der biologischen Vielfalt in Binnengewässern könnte künftig auch für den Menschen zum Problem werden, wenn die Gewässer wichtige Funktionen wie beispielsweise die Versorgung mit Trinkwasser, die Bereitstellung von Fischereiresourcen, den Abbau von Schadstoffen oder die Naherholung nicht mehr leisten können. "Der dramatische Rückgang der Biodiversität, also das Verschwinden von Arten, Populationen, Lebensräumen oder gar ganzen Ökosystemen, verläuft in Binnengewässern deutlich schneller als an Land oder im Meer." Nirgendwo sonst können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler so viele aussterbende Arten dokumentieren wie in Flüssen, Seen, Küstengebieten und im Grundwasser. "Auch in Deutschland stehen Süßwasserarten und ihre Lebensräume an der Spitze der Roten Liste." (Wasser Abwasser Technik 2023)

Für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern sind naturbasierte Verfahren für die Biodiversität besser geeignet als technische Lösungen. Zur Wasseraufbereitung und im Wasserbau werden häufig technische Strukturen angewendet, wie Dämme, Kanäle oder Deiche. Zum Hochwasserschutz kann es viel sinnvoller sein, Auen zu nutzen als höhere Dämme zu bauen (siehe SDG 13 - Hochwasserschutz).

Mit Süßwasser Pflanzen können Ufer stabilisiert, Überschwemmungen, Bodenerosion und Wasserverschmutzung reduziert werden. "Sogar Betreiber von Stauanlagen erkennen diesen Wert einer naturbasierten Lösung und halten es für kosteneffizient, eine intakte Ufervegetation in den oberen Einzugsgebieten wiederherzustellen und zu erhalten, um Erosion zu verhindern, die Sedimentfracht in den Stauseen zu verringern,

die Kosten für Ausbaggerungen zu senken und die Lebensdauer der Dämme zu verlängern” (IGB o.J.).

## Boden

### Bodenfunktionen im Wasserkreislauf

Intakte Böden übernehmen wichtige Funktionen im Wasserkreislauf. Die Beschaffenheit des Bodens nimmt Einfluss darauf, welche Anteile des Niederschlagswassers “über den Oberflächenabfluss, den Zwischenabfluss und die Grundwasserneubildung in die Gewässer gelangen” (StMUV o.J., S. 202). Boden trägt wesentlich zur Qualität des Trinkwassers bei, indem verschmutztes und belastetes Sickerwasser durch die Bodenpassage gereinigt wird. Er hat außerdem durch die Aufnahme von Niederschlagswasser eine Ausgleichsfunktion. Kann der Boden jedoch aufgrund von Verdichtung und Versiegelung kaum Wasser aufnehmen, verstärkt sich der Oberflächenabfluss und erhöht unter Umständen die Scheitel von Hochwasserganglinien (StMUV o.J.).

### Bodenschutz

Die gesetzliche Grundlage zum Bodenschutz ist das Bodenschutzgesetz (BBodSchG). Zur Sicherung bzw. Wiederherstellung der Funktionen des Bodens sind “*schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen*” (BBodSchG §1).

Für die Planung und Durchführung von Baumaßnahmen könnte eine übergeordnete Beratung in Form von Umweltbaubegleitung, ökologischer Baubegleitung oder hydrologischer Baubegleitung herangezogen werden. Diese Beratungen tragen entscheidend zur Vermeidung oder Minderung von Umweltauswirkungen bei. Ein wesentlicher Aspekt wäre dabei die Ausarbeitung eines Bodenschutzkonzeptes. Um die Verwertung oder Entsorgung von überschüssigem Material regeln zu können, kann zusätzlich ein Bodenverwertungskonzept in Auftrag gegeben werden (BfN 2021, 11). Konkrete Maßnahmen zum Bodenschutz bei Baumaßnahmen sind hierbei (BfN 2021):

- Maßnahmen zur Lastverteilung auf Bauflächen und Zuwegen, um Bodenverdichtungen aufgrund des Einsatzes schwerer Fahrzeuge zu mindern
- Beobachtung des Witterungsverlaufes und regelmäßige Bestimmung der Bodenfeuchte zur Beurteilung der Befahrbarkeit des Bodens (ausreichend Zeitpuffer für mögliche Bauunterbrechungen im Bauzeitenplan einplanen) (LLUR 2021)

- Vermeidung einer Vermischung von Bodenschichten beim Aus- und Wiedereinbau des Bodens: Sorgfältige Trennung der Bodenschichten bzw. Bodenhorizonte beim Aushub, fachgerechte Zwischenlagerung und Wiedereinbau in natürlicher Schichtung
- Vermeidung bzw. Reduktion des Einsatzes von Schmiermitteln, Hydraulikölen, Rostlösern etc., wo möglich Verwendung umweltverträglicher Alternativen

## Wald und Wasserkreislauf

Bewaldete Gebiete sind wichtige Komponenten des Wasserkreislaufs. Sie regulieren den Wasserabfluss, fördern die Grundwasserneubildung und tragen durch Evapotranspiration<sup>1</sup> zu Wolkenbildung und Niederschlag bei (Springgay 2019). Intakter Wald bietet Erosionsschutz (durch mechanischen Schutz, Verfestigung der Bodenoberfläche und durch Transpiration) sowie natürlichen und kostengünstigen Hochwasserschutz, indem der Waldboden überschüssiges Wasser aufnimmt und so Hochwasserspitzen streckt (Huber 2006, Keller 1971). Waldboden bildet den größten Süßwasserspeicher Deutschlands und über 40 Prozent der Wasserschutzgebiets Flächen in Deutschland liegen im Wald (BMEL 2021b). Das Grundwasser unter Wäldern ist sauber und sauerstoffreich, da das Wasser auf dem Weg durch den Waldboden gereinigt und gefiltert wird (BMEL 2021a). „98 Prozent der im Wald gewonnenen Trinkwassermenge hat Trinkwasserqualität“ (BMEL 2021c, S.6).

## Nachhaltige Waldwirtschaft

Heute verstehen wir unter nachhaltiger Waldwirtschaft weit mehr als die Sicherstellung der Holzmengen. Die Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (FOREST EUROPE) hat 1993 in der Helsinki-Deklaration eine nachhaltige Waldbewirtschaftung definiert als „(...) die Betreuung und Nutzung von Wäldern und Waldflächen auf eine Weise und in einem Ausmaß, welche deren biologische Vielfalt, Produktivität, Regenerationsfähigkeit und Vitalität erhält und ihre Fähigkeit, gegenwärtig und in Zukunft wichtige ökologische, wirtschaftliche und soziale Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, gewährleistet, ohne dass dies zu Schäden an anderen Ökosystemen führt“ (BMEL 2017).

FOREST EUROPE hat in diesem Zusammenhang sechs übergreifende Kriterien einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung erarbeitet (UBA 2022n):

- Erhaltung und angemessene Verbesserung der forstlichen Ressourcen und Sicherung ihres Beitrags zu den globalen Kohlenstoffkreisläufen
- Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen

---

<sup>1</sup> Evapotranspiration: Verdunstung von Wasser, von Pflanzen (Transpiration) sowie von Boden- und Wasseroberflächen aus (Evaporation) (Wasser-Wissen o.J.)

- Erhaltung und Förderung der Produktionsfunktion der Wälder, sowohl für Holz als auch für Nicht-Holzprodukte
- Erhaltung, Schutz und adäquate Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen
- Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der Schutzfunktion bei der Waldbewirtschaftung, vor allem in den Bereichen Boden und Wasser
- Erhaltung sonstiger sozio-ökonomischer Funktionen und Konditionen

Dies wird aus Sicht des Umweltbundesamtes nur durch eine umweltverträgliche, naturnahe und multifunktionale Waldbewirtschaftung ermöglicht (ebd.).

Die Waldstrategie 2050 des BMEL entwirft folgendes Leitbild für den Wald im Jahr 2050:

*“Die Wälder in Deutschland sind mit ihren vielfältigen Ökosystemleistungen für den einzelnen Menschen und die Gesellschaft, die Natur sowie die Wirtschaft erhalten und an die sich weiter ändernden klimatischen Bedingungen angepasst. Sie sind in einer Weise im staatlichen, Körperschaftlichen und privaten Waldbesitz weiterentwickelt und integrativ bewirtschaftet, dass ihre Stabilität, ihre biologische Vielfalt, ihre Produktivität und ihre vielfältigen Schutzleistungen sowie ihre Erlebbarkeit zum Wohl der gesamten Gesellschaft nachhaltig gewährleistet sind. Damit bleiben auch für künftige Generationen die gleichen Chancen und Nutzungsoptionen erhalten. Die Ökosystemleistungen des Waldes werden angemessen von der Gesellschaft honoriert (BMEL 2021c, S.17).”*

In der Waldstrategie 2050 wurden 10 zentraler Handlungsfelder<sup>2</sup> zur Erreichung des Leitbilds identifiziert, darunter das Handlungsfeld 5 “Boden und Wasser”. Die nachfolgende Tabelle zeigt wichtige Meilensteine, die bis zum Jahr 2030 im Handlungsfeld erreicht werden sollen (BMEL 2021c):

Meilensteine “Boden”	Meilensteine “Wasser”
1) keine Zunahme der Umwandlung von Waldflächen in andere Nutzungsarten	1) Integration von Wäldern in Konzepte zum Landschaftswasserhaushalt
2) Ausgebaute Informationsgrundlage zu Waldböden (Gefährdung und Vitalisierung)	2) Verstärkte Berücksichtigung der Bedeutung von Wasser in forstliche Entscheidungen (Einbezug der Aspekte Landschaftswasserhaushalt und Wasserrückhalt)
3) gestärkter Bodenschutz im Wald	

<sup>2</sup>Handlungsfelder der Waldstrategie 2050: 1) Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel; 2) Biodiversität und Waldnaturschutz; 3) Holzerzeugung und -verwendung; 4) Erholung, Sport und Gesundheit; 5) Boden und Wasser; 6) Waldentwicklung, nachhaltige Bewirtschaftung und Jagd; 7) Waldeigentum und neue Wertschöpfung; 8) Waldarbeit, Digitalisierung und Technologie; 9) Forschung und Entwicklung; 10) Kommunikation und Information (BMEL 2021c)

(weitgehender Verzicht auf Kahlschläge etc.)	
4) Reduzierter Eintrag von schädlichen Stoffen (atmosphärischer Eintrag von Stickstoff und Säuren) in die Waldböden	

Die Bedeutung der Wälder für den Klimaschutz und die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder werden in Handlungsfeld 1 “Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel” in den Blick genommen. Als Klimaschutz Elemente des Waldes werden der Waldspeicher, (Bindung von Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre als Kohlenstoff in der Biomasse) sowie die Waldbewirtschaftung und die Holzverwendung benannt (BMEL 2021c). Der Wald leistet jedoch nicht nur Klimaschutz, sondern wird auch durch den Klimawandel selbst verändert. Der Anstieg der Temperatur, die Änderung der Niederschlagsverteilung und die Zunahme von Extremereignissen führen zu erheblichen Störungen der Wälder. So kam es infolge der trockenen und heißen Jahre 2018 und 2019 zu verbreiteten, massiven Waldschäden. Die Förderung einer Entwicklung hin zu resilienten und anpassungsfähigen Wäldern ist somit essentiell und sollte, wo nötig, durch waldbauliche Maßnahmen unterstützt werden (zum Beispiel Mischung von Baumarten statt Reinbestände). Auch im Hinblick auf Gewässer- und Grundwasserschutz ist die Förderung resilienter Wälder mit einem hohen Anteil an Laubbäumen von großer Bedeutung, um die Ökosystemfunktionen der Wälder wie Wasserrückhalt, Dämpfung von Abflussspitzen etc. zu erhalten (WBW 2021). Die Waldstrategie des BMEL sieht für das Zieljahr 2030 folgende Meilensteine zum Klimaschutz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel vor (BMEL 2021c):

Meilensteine “Klimaschutz”	Meilensteine “Anpassung der Wälder an den Klimawandel”
1) Erhalt und Ausbau des Klimaschutzbeitrags von Wald und Holz	5) Umgesetzte Maßnahmenpläne zur Anpassung der Wälder
2) Ausbau der Holzverwendung aus heimischer Waldwirtschaft	6) Verstärkter Umbau von Wäldern, die besonders von Trockenheit bedroht sind
3) Etablierung eines Modells zur Honorierung von Klimaschutzleistungen des Waldes	7) Maßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel
4) Windenergieanlagen an geeigneten und verträglichen Standorten im Wald zur Sicherung treibhausgasneutraler und umweltverträglicher Energieversorgung	8) Etablierung eines Monitoring des Klimawandels und seiner Folgen für den Wald

## Invasive Arten

Gebietsfremde oder nichtheimische Arten, die durch den Einfluss des Menschen meist unbeabsichtigt durch Verschleppung von Pflanzensamen mit Handelsgütern oder von Larven im Ballastwasser von Schiffen (z.B. Körbchenmuschel) in andere Gebiete gelangt sind, werden als *Neobiota* oder für Pflanzen als *Neophyten* bezeichnet. Wenn diese gebietsfremden Arten unerwünschte Auswirkungen auf andere Arten haben, werden sie im Naturschutz als *invasiv* bezeichnet (DeutscherTierschutzBund o.J.).

Insbesondere Wasserbauer und Wasserbauerinnen sollten sich mit den invasiven Arten, die im oder am Wasser leben, besonders gut auskennen. Durch ihre Tätigkeit in der freien Natur können sie frühzeitig Exemplare dieser Arten erkennen (und fotografieren). Ihr Unternehmen kann dann eine Meldung machen, damit Maßnahmen seitens der Behörden ergriffen werden können.

Eine beabsichtigte Einfuhr von gebietsfremden Arten oder auch unbeabsichtigtes Einschleppen sind Gefährdungen für die biologische Vielfalt. Es wurden Kriterien und Instrumente zum Umgang mit derartigen Arten entwickelt. Die EU hat eine Verordnung mit Durchführungsanweisungen erlassen, die sogenannte Unionsliste (EU-Nr. 1143/2014), die von der EU-Kommission regelmäßig fortgeschrieben wird (Nehring, Skowronek 2017, S. 6). *“Um in diese Liste aufgenommen zu werden, muss eine gebietsfremde Art verschiedene Kriterien erfüllen. So muss u.a. nachgewiesen werden, dass sie nach vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen wahrscheinlich erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Biodiversität (z.B. durch Konkurrenz, Prädation, Hybridisierung) oder die damit verbundenen Ökosystemleistungen (z.B. Wasserqualität, Nährstoffkreislauf, Bestäuberleistung) hat. Zusätzlich können nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Wirtschaft vorliegen. Den Hintergrund dieser Maßnahmen bildet der auf dem Vorsorgeprinzip beruhende dreistufige hierarchische Ansatz zum Umgang mit invasiven Arten der Biodiversitätskonvention mit „Prävention - Früherkennung und Sofortmaßnahmen - Kontrolle“.*

Die Mitgliedstaaten können zusätzlich Listen invasiver Arten von nationaler Bedeutung festlegen. Behörden in Deutschland können gemäß §40 Abs.3 BNatSchG anordnen, dass gebietsfremde Arten zu beseitigen sind, sobald es zur Abwehr von Gefährdungen des Ökosystems erforderlich ist oder wenn es zu Gefährdungen für die menschliche Gesundheit kommen könnte. Eine Liste mit Steckbriefen zur Bewertung der Invasivität wird vom Bundesamt für Naturschutz erarbeitet (BfN o.J. a).

Eine Meldung und eine Recherche, ob eine Art invasiv ist oder nicht, kann über ein öffentlich zugängliche Online-Datenbank recherchiert werden (EASIN Notsys o.J.). *“Dort sind alle Angaben zum jeweiligen Fall inklusive der geplanten oder schon umgesetzten Sofortmaßnahmen sowie ggfs. die schon vorliegende Angabe zum Erfolg (beseitigt /*

nicht beseitigt) verfügbar” (BfN o.J. b). Im Internet finden sich verschiedene Auszüge aus dem EASIN-System z.B. beim BUND (o.J.). Beispielsweise folgende Tier- und Pflanzenarten – die im oder am Wasser leben – gelten als invasiv:

Wissenschaftliche Name	Deutscher Name	Vorkommen in Deutschland	Jahr
<i>Eriocheir sinensis</i>	Chinesische Wollhandkrabbe	etabliert	2016
<i>Faxonius rusticus</i>	Amerikanischer Rostkrebs	kommt bisher nicht vor	2022
<i>Orconectes limosus</i>	Kamberkrebs	etabliert	2016
<i>Orconectes virilis</i>	Nördlicher Flusskrebs / Viriler Flusskrebs	kommt bisher nicht vor	2016
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Signalkrebs	etabliert	2016
<i>Procambarus clarkii</i>	Roter Amerikanischer Sumpfkrebs	etabliert	2016
<i>Procambarus fallax f. virginalis</i>	Marmorkrebs	etabliert	2016
<i>Weichtiere</i>			
<i>Limnoperna fortunei</i>	Goldene Muschel	kommt bisher nicht vor	2022
<b>Fische</b>			
<i>Ameiurus melas</i>	Schwarzer Zwergwels	etabliert	2022
<i>Channa argus</i>	Argus-Schlangenkopffisch	kommt bisher nicht vorbei	2022
<i>Fundulus heteroclitus</i>	Zebra-Killifisch	kommt bisher nicht vor	2024
<i>Gambusia affinis</i>	Westlicher Mosquitofish	kommt bisher nicht vor	2022
<i>Gambusia holbrooki</i>	Östlicher Mosquitofish	Einzelfunde	2022
<i>Lepomis gibbosus</i>	Gemeiner Sonnenbarsch	etabliert	2019
<i>Morone americana</i>	Amerikanischer Streifenbarsch	kommt bisher nicht vor	2022
<i>Perccottus glenii</i>	Amurgrundel	unbeständig	2016
<i>Plotosus lineatus</i>	Gestreifter Korallenwels	kommt bisher nicht vor	2019
<i>Pseudorasbora parva</i>	Blaubandbärbling	etabliert	2016
<b>Lurche und Kriechtiere</b>			
<i>Lampropeltis getula</i>	Kettennatter	kommt bisher nicht vor	2022
<i>Lithobates (Rana) catesbeianus</i>	Amerikanischer Ochsenfrosch	etabliert	2016
<i>Trachemys scripta</i>	Gelbwangen-Schmuckschildkröte / Nordamerikanische Buchstaben-Schmuckschildkröte	unbeständig	2016

Xenopus laevis	Krallenfrosch	kommt bisher nicht vor	2024
<b>Pflanzen</b>			
Eichhornia crassipes	Dickstielige Wasserhyazinthe	Einzelfunde	2016
Elodea nuttallii	Schmalblättrige Wasserpest	etabliert	2017
Hydrocotyle ranunculoides	Großer Wassernabel / Hahnenfuß-Wassernabel	etabliert	2016
Lagarosiphon major	Wechselblatt-Wasserpest / Krause Afrikanische Wasserpest	etabliert	2016
Rugulopteryx okamurae	Braunalge	kommt bisher nicht vor	2022
Salvinia molesta (Salvinia adnata)	Riesen-Schwimmfarn	kommt bisher nicht vor	2019

## Quellenverzeichnis

- Aichi-Biodiversitätsziele (2010): siehe IBN (o.J.)
- BfN Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2021: Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben. Online: <https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-03/Skript606.pdf>
- BfN Bundesamt für Naturschutz (o.J.a): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung gebietsfremder Arten. Online: <https://neobiota.bfn.de/invasivitaetsbewertung.html>
- BfN Bundesamt für Naturschutz (o.J.b): Früherkennung. online: <https://neobiota.bfn.de/unionsliste/art-16-frueherkennung.html>
- Blaues Band Deutschland (2016): Fachliche Grundlagen zum Bundesprogramm “Blaues Band Deutschland” (erarbeitet durch: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesamt für Naturschutz, Umweltbundesamt). Online: [https://www.blaues-band.bund.de/Projektseiten/Blaues\\_Band/DE/neu\\_05\\_Informationen/Fachinformationen/Fachstudie\\_BBD.pdf](https://www.blaues-band.bund.de/Projektseiten/Blaues_Band/DE/neu_05_Informationen/Fachinformationen/Fachstudie_BBD.pdf)
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2017): Forest Resolution H1, 1993: Online: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Wald/ForestEuropeResolution.pdf](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Wald/ForestEuropeResolution.pdf)
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021a): Waldböden. Online: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/boden-wald.html>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021b): Waldbericht der Bundesregierung 2021. Online: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf>
- BMEL Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021c): Waldstrategie 2050. Nachhaltige Waldbewirtschaftung - Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima. Online: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldstrategie2050.pdf>
- BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, BfN Bundesamt für Naturschutz (2015): Den Flüssen mehr Raum geben. Renaturierung von Auen in Deutschland. Online: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/auen\\_in\\_deutschland\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/auen_in_deutschland_bf.pdf)

- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Kabinett beschließt Nationale Moorschutzstrategie. Online: <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/kabinett-beschliesst-nationale-moorschutzstrategie>)
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (o.J.): SDG 15: Leben an Land. Online: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/17-nachhaltigkeitsziele-sdgs/sdg-15-leben-an-land>
- Böll-Stiftung (o.J.): Im Norden und Süden zuhause: Diese Bundesländer sind reich an Mooren. Online: <https://www.boell.de/de/2023/01/10/diese-bundeslaender-sind-reich-mooren>
- BUND (o.J.): Die EU-Liste invasiver gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten. Online: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/artenschutz/invasive-arten/unionsliste.html>
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2021: Hinweise und Empfehlungen zu Vermeidungsmaßnahmen bei Erdkabelvorhaben. Online: <https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-03/Skript606.pdf>
- Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG): <https://dejure.org/gesetze/BBodSchG>
- DeutscherTierschutzBund (o.J.): Invasive Arten. Online: [Invasive Arten \(tierschutzbund.de\)](https://www.tierschutzbund.de/invasive-arten)
- EASIN Notsys (o.J.): EASIN – Europäisches Informationsnetz für gebietsfremde Arten - Meldesystem. Online: <https://easin.jrc.ec.europa.eu/notsys>
- Europäische Kommission (o.J.): Invasive fremde Arten. Online [https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm)
- Springgay, E. (2019): Forests as nature-based solutions for water. In: FAO Food and Agriculture Organization. unasylva - An international journal of forestry and forest industries. Online: <https://www.fao.org/3/ca6842en/ca6842en.pdf>
- Huber, T. (2006): Wald – ein natürlicher und kostengünstiger Hochwasserschutz. Online: <https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/schutzfunktion/hochwasser/guenstiger-hochwasserschutz-mit-wald>
- IBN Institut für Biodiversität (o.J.): Aichi-Biodiversitätsziele 2010. Online: <https://biodiv.de/biodiversitaet-infos/konvention-ueber-die-biologische-vielfalt/aichi-biodiversitaets-ziele-2020.html>
- IGB Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (o.J.): 9 Gründe warum wir Menschen die Biodiversität im Süßwasser zwingend brauchen. Online: <https://www.igb-berlin.de/news/9-gruende-warum-wir-menschen-die-biodiversitaet-im-suesswasser-zwingend-brauchen>
- Kanton Aargau (2021): Das Potenzial für die Wiederherstellung entwässerter Feuchtgebiete erkennen, erhalten und nutzen. Online: <https://www.ag.ch/media/kanton-aargau/bvu/umwelt-natur/natur-und-landschaftsschutz/oekologische-vernetzung/faktenblatt-feuchtgebiete-v2021-web-def.pdf>
- Keller, H. M. (1971): Der Einfluss des Waldes auf den Kreislauf des Wassers. Online: [https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A17499/datastream/PDF/Keller-1971-Der\\_Einfluss\\_des\\_Waldes\\_auf-%28published\\_version%29.pdf](https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A17499/datastream/PDF/Keller-1971-Der_Einfluss_des_Waldes_auf-%28published_version%29.pdf)
- Krumbach (o.J.): Entstehung eines Moores. Online: [https://www.krumbach.at/Moore\\_Krumbach/Moorbiotope/Entstehung\\_eines\\_Moores](https://www.krumbach.at/Moore_Krumbach/Moorbiotope/Entstehung_eines_Moores)
- LLUR Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2021): Leitfaden zum Bodenschutz beim Bauen. Online: [https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/geologie/praxisleitfaden\\_bodenschutzbau.pdf](https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/geologie/praxisleitfaden_bodenschutzbau.pdf)
- Moor Futures (o.J.): Königsmoor (Schleswig-Holstein). Online: <https://moorfutures-schleswig-holstein.de/Koenigsmoor>

- NABU Hessen (o.J.): Naturwald Kühkopf-Knoblochsaue. Online: <https://hessen.nabu.de/naturundlandschaft/waelder/naturwaelder/hessensnaturwaelder/26793.html>
- Nehring, S.; Skowronek, S. (2020): Die invasiven gebietsfremden Arten der Unionsliste. Online: [Die invasiven gebietsfremden Arten der Unionsliste der Verordnung \(EU\) Nr. 1143/2014 – Erste Fortschreibung 2017 \(bfn.de\)](#)
- Ramsar (1971): Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung. Online: [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_text\\_g.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_g.pdf)
- Ramsar-Konvention (1971): Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung. Online: [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_text\\_g.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_g.pdf)
- Sielmann-Stiftung (o.J.): Moor-Wissen. Online: <https://www.sielmann-stiftung.de/natur-schuetzen/lebensraeume/moore>
- StMUV Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (o.J.): Reservoir und Filter – Die Rolle des Bodens im Wasserkreislauf. Online: [https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort\\_boden/doc/modul\\_d.pdf](https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort_boden/doc/modul_d.pdf)
- UBA & DEHst Umweltbundesamt und Deutsche Emissionshandelsstelle(2022) – Umweltbundesamt und Deutsche Emissionshandelsstelle: Factsheet Moorschutz ist Klimaschutz. Online: [www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/Factsheet\\_Moore.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](http://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/Factsheet_Moore.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- UBA Umweltbundesamt (2019e): Blaues Band. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/blauges-band#bundesprogramm-blaues-band-und-deutschland>
- UBA Umweltbundesamt (2022n): Nachhaltige Waldwirtschaft. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft#die-vielfaeltigen-funktionen-des-waldes>
- UN United Nations (1992): Convention on Biological Diversity. Online: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- UN United Nations (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Online: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>
- UN United Nations (1992): UN CCD Konvention der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Desertifikation. Online: <https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-02/German%20%28including%20all%20annexes%29.pdf>
- Wasser Abwasser Technik (2023): Biologische Vielfalt der Binnengewässer. Online: <https://wasser-abwasser-technik.com/biologische-vielfalt-der-binnengewasser/>
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG): <https://dejure.org/gesetze/WHG>
- Wasserwissen (o.J.): Verdunstung (Evapotranspiration). Online: <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/v/verdunstung.htm>
- WBW Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik. Online: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/waldpolitik/gutachten-wbw-anpassung-klimawandel.pdf](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/waldpolitik/gutachten-wbw-anpassung-klimawandel.pdf)

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](http://www.izt.de)

### Projektleitung

Dr. Michael Scharp  
Forschungsleiter Bildung und Digitale Medien am IZT

[m.scharp@izt.de](mailto: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)“