

*Didaktisches Begleitmaterial - Impulspapier (IP)*

**Elektroniker und Elektronikerin**

**Alle Fachrichtungen nach  
Handwerksordnung und  
Berufsbildungsgesetz**

**Projektaufgaben**

1. Elektroniker\*in für Geräte und Systeme (IH)
2. Elektroniker\*in für Betriebstechnik (IH)
3. Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme (IH)
4. Elektroniker\*in für Gebäudesystemintegration (Hw)
5. Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik (BBG)
6. Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik (HW)
7. Elektroniker\*in - FR Energie- und Gebäudetechnik (Hw)
8. Elektroniker\*in - FR Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Hw)
9. Elektroniker\*in für Automatisierungs-Systemtechnik (IH)
10. Informationselektroniker\*in (Hw)
11. Elektroniker\*in für Informations- und Systemtechnik (IH)
12. IT-System-Elektroniker\*in (IH)

IZT Institut für Zukunftsstudien und  
Technologiebewertung gGmbH  
Dr. Michael Scharp, [m.scharp@izt.de](mailto:m.scharp@izt.de)  
Sabine Meyer, [shabeenamaya@gmail.com](mailto:shabeenamaya@gmail.com)  
Malte Schmidthals, [m.schmidthals@izt.de](mailto:m.schmidthals@izt.de)  
Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin  
Webseite: [www.pa-bbne.de](http://www.pa-bbne.de)

GEFÖRDEBT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



izt Institut für  
Zukunftsstudien und  
Technologiebewertung



PA-BBNE  
Projektagentur  
Berufliche Bildung  
für nachhaltige Entwicklung  
das Partnernetzwerk Berufliche Bildung am IZT



4  
QUALITÄT  
BILDUNG

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1 BBNE und BNE – Ziele der Projektagentur PA-BBNE	9
1.2 Die Materialien der Projektagentur	10
1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung	10
1.3.2 Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”	10
1.3.1 Ausbildungen zum Elektroniker und zur Elektronikerin	11
1.3.3 Materialien für “Elektroniker und Elektronikerinnen”	13
<b>1.4 Glossar</b>	<b>13</b>
1.5 Quellenverzeichnis	13
1.6 Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne	14
Berufsinformationen	14
Rahmenlehrpläne	15
Ausbildungsordnungen	16
für die handwerklichen Elektroberufe:	16
für die industriellen Elektroberufe:	16
zum/zur IT-System-Elektroniker*in:	17
<b>2. Hintergrund zu den Projektaufgaben</b>	<b>17</b>
2.1 Deutsches Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz	17
2.2 Europäisches Lieferkettengesetz	18
2.3 Wertschöpfungskettenanalysen (WKA)	19
2.3.1 Ökologische Wertschöpfungskettenanalysen	20
2.3.2 Sozial-Ökonomische Wertschöpfungskettenanalysen	21
2.4 Wertschöpfungskette “Lithium-Ionen-Batterie”	23
Tabelle: Wertschöpfungskette “Lithium-Ionen-Batterien”	23
2.5 Wertschöpfungsketten und digitaler Produktpass	36
2.6 Kumulierter Rohstoff- und Energieaufwand	37
Tabelle: Jährliche Primärproduktion Mengen und kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für ausgewählte Rohstoffe (UBA 2017):	37
Tabelle: Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA) bezogen auf 1 t Rohmaterial sowie die jährliche Welt Gesamtproduktion (KEAglobal)	40
Quellenverzeichnis	41
<b>3 Didaktische Hinweise</b>	<b>44</b>
3.1 THG-Wertschöpfungskettenanalyse	44
3.2 SDG-Wertschöpfungskettenanalyse	46
Tabelle: Themen und Aufgaben für eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse	48
3.3 Projektaufgaben für die unterschiedlichen Berufsausbildungen	50
3.4 Einführung in die SDGs	51
<b>4. THG-Analyse einer Wertschöpfungskette</b>	<b>52</b>
4.1 Metalle und ihre Verbindungen	52

4.2 Kunststoffe für Elektro- und Elektronikprodukte	53
Tabelle: Primärenergiebedarf für Kunststoffe	53
Materialien für Kunststoffe	53
4.3 SDG 12 / 13: Primärenergiebedarf bestimmen	54
Indikator: Primärenergiebedarf für ein Bauteil	55
Beispiel Kupferkabel für eine Wallbox	56
Aufgabe: Hochspannungsleitungen	56
Indikator Stromerzeugung (Strommix)	57
Aufgabe: Mehrkosten für elektronische Bauteile	58
4.4 SDG 12 / 13 -Primärenergiebedarf für Bauteile und Produkte	59
Aufgaben: Bestimmung des KEA für Bauteile und Produkte	59
Aufgabe: Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils	59
Aufgabe: Kleine Elektro- oder Elektronikgeräte (KEEG)	60
Aufgabe: Leiterplatten	61
Aufgabe: Produkte mit hohen Metallanteilen	63
4.5 Arbeitsblätter: THG-Wertschöpfungskette	64
Aufgabe: Indikator: Primärenergiebedarf für ein Bauteil und Hochspannungsleitungen	64
Aufgabe: Indikator Stromerzeugung (Strommix) und Mehrkosten für elektronische Bauteile	64
Aufgaben: Bestimmung des KEA für Bauteile und Produkte	65
Aufgabe: Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils	66
Aufgabe: Kleine Elektro- oder Elektronikgeräte (KEEG)	67
Aufgabe: Leiterplatten	68
Aufgabe: Produkte mit hohen Metallanteilen	69
Quellenverzeichnis	69
<b>5 SDG-Bewertung einer Wertschöpfungskette</b>	<b>71</b>
5.1 Rohstoffe und die ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit	71
5.1.1 SDG 15 - Biodiversität	71
Indikator Biodiversität & Vegetationszonen	72
Tabelle: Bewertung der Biodiversität anhand der Vegetationszonen (Bewertungsskala kann nach eigenem Ermessen verändert werden).	73
Bewertungsschema "Biodiversität / Vegetationszonen"	73
Tabelle: Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik - Aluminium aus Kanada und Indonesien/Borneo	73
Quellenverzeichnis	73
5.1.2 SDG 3 - Abraum, Stäube und Gesundheit	74
Abraum	74
Stäube	74
Indikator Stäube & Bevölkerungsdichte	75
Tabelle: Bewertung der Belastung der Bevölkerung in der Nähe von zwei Kupferminen	75
5.1.3 SDG 6 - Wasserverbrauch	75

---

Indikator Wasser & Minenbedarfe	77
Bewertungsschema Wasser & Minenbedarfe	77
Tabelle: Bewertungsschema "Wasser"	78
Tabelle: Bewertung des Wasserverbrauchs und der Wasserverfügbarkeit für zwei Kupferminen	78
5.1.4 SDG 7 / 13 - Energieressourcen und Emissionen	78
Indikator Stromerzeugung (Strommix)	80
Bewertungsschema "Strommix"	80
Tabelle: Bewertungsschema für den Strommix	81
Tabelle: Bewertung des Strommixes für ein Bauteil hergestellt in unterschiedlichen Ländern	81
5.1.5 Optionale Indikatoren für die ökologische Dimension	81
5.1.6 SDG 12/13 - Nutzung von IT-Produkten	81
Indikator Primärenergieaufwand, Energieverbrauch und CO2-Budget	82
Bewertungsschema Primärenergieaufwand, Energieverbrauch und CO2-Budget	83
Tabelle: Bewertung des Primärenergieaufwands, des Energieverbrauchs und sein Anteil am CO2-Budget - Beispiel Tablets	83
Aufgabe: Berechnen Sie den Anteil verschiedener IT-Produkte an ihrem jährlichen CO2-Budget	83
5.1.7 SDG 12/13 - Stromverbrauch in der Nutzungsphase	84
Indikator Energieverbrauch während der Nutzung	85
Bewertungsschema "Energieverbrauch durch die Nutzung"	85
Tabelle: Bewertungsschema für den Energieverbrauch durch die Nutzung	85
Tabelle: Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik in einer Waschmaschine	86
5.2 Rohstoffe und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit	86
Bewertungsschema	87
Tabelle: Indikatoren für die soziale Dimension der Wertschöpfungskette eines Rohstoffes für eine Elektronik - Kupfer aus Kanada und Chile	88
Tabelle: Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik - Kupfer aus Kanada und Chile	88
5.3 Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit	89
Indikator "Ökonomischen Dimension"	89
Bewertungsschema "Ökonomischen Dimension"	90
5.4 Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit	91
Indikator "Recycling "	92
Bewertungsschema "Recycling "	92
Tabelle: Bewertung der Elektronik für eine Waschmaschine	93
5.5 Kommunikation und Nachhaltigkeit	93
Aufgabe 1: Rohstoffe - Beispiel Kupfer	94
Intention und Ziel der Aufgabe	94
Kupfer: Aufgabenstellung A:	95
Kupfervorkommen im Verhältnis zum Bedarf	95

Produktionsschritte: Energie- und Emissionen	95
Kupfer Aufgabenstellung B	96
Kupfer: Aufgabenstellung C	96
Kupfer: Aufgabenstellung D	96
Kupfer: Zusammenfassung	97
Aufgabe 2: Errichtung einer Windkraftanlage	
- Argumenten Pro-und-Contra	97
Aufgabenstellung und Ablauf	97
Windenergie: Arbeitsblatt	99
Windenergie: Hintergrundinformation	100
Klimaschutz und Erneuerbare Energien	100
Materialaufwand von Windkraftanlagen	100
Energierücklaufzeit und Amortisation	100
Windkraft, Naturschutz und Flächenbedarf	100
Windkraft, Gesundheitsschutz und Akzeptanz	101
Wartung und Instandhaltung von WKA	101
Recycling von WKA	101
Quellenverzeichnis	102
5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse	105
SDG 15 - Biodiversität	105
Bewertungskriterien der Biodiversität anhand der Vegetationszonen	105
Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik	105
SDG 3 - Gesundheit & Stäube	106
Bewertungskriterien Bevölkerungsdichte	106
Bewertung der Belastung der Bevölkerung in der Nähe einer Mine	106
SDG 7 / 13 - Energieressourcen und Emissionen	106
Bewertungskriterien EE-Anteil	106
Bewertung des Strommixes für ein Bauteil hergestellt in unterschiedlichen Ländern	106
SDG 6 - Wasserverbrauch	107
Bewertungskriterien Wasser	107
Bewertung des Wasserverbrauchs und der Wasserverfügbarkeit	107
SDG 12 - Nutzung von IT-Produkten	108
Bewertungskriterien Anteil der Primärenergie am jährlichen CO2-Budget	108
Bewertung des Primärenergieaufwands, des Energieverbrauchs und sein Anteil am CO2-Budget - Beispiel Tablets	108
SDG 12/13 - Stromverbrauch in der Nutzungsphase	109
Bewertungskriterien: Nutzenergie (2 Fragen, s.u.)	109
Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik eines Gerätes	109
Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik eines Gerätes	109
Rohstoffe und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit	110
Bewertungskriterien Soziale Dimension	110

Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik	110
Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit	111
Bewertungskriterien Nutzen des Produktes für die SDG	111
Bewertung der Elektronik für ein Produkt ..... im Einsatzgebiet .....	111
Bewertung mit den SDG	112
6 Projektaufgaben	113
final 6.1 Elektroniker*in für Geräte und Systeme (IH)	114
Didaktische Hinweise	114
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	114
Die Projektaufgabe	115
Materialien zum Aufbau von Thermostaten	116
Quellen	117
Berufsprofil	117
final 6.2 Elektroniker*in für Betriebstechnik (IH)	117
Didaktische Hinweise	118
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	118
Die Projektaufgabe	118
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	120
Tabelle: Zusammensetzung und spezifische Eigenschaften verschiedener Lithium-Ionen-Batterien	120
Tabelle: Kumulierter Rohstoff- und Primärenergieaufwand (KRA bzw. KEA)	120
Literatur	121
Berufsprofil	121
Final 6.3 Elektroniker*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme (IH)	122
Didaktische Hinweise	122
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	122
Die Projektaufgabe	123
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	124
Quellen	124
Berufsprofil	124
6.4 Elektroniker*in für Gebäudesystemintegration (Hw)	125
Didaktische Hinweise	125
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	125
Die Projektaufgabe	126
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	128
Tätigkeiten einer Pflegefachkraft	128
Was können Smart Speaker alles?	128
Literatur	129
Berufsprofil	129
6.5 Elektroniker*in für Maschinen und Antriebstechnik (BBG)	130
Didaktische Hinweise	130

Die Projektaufgabe	130
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	131
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	133
Tabelle: Spezifischer Materialbedarf der Elektro Antriebsmotoren (BEV bzw. PHEV)	134
Tabelle: Kriterien für Kritische Rohstoffe (UBA 2019)	134
Abbildung: Indikatorwerte für die Vulnerabilität der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität (IZT und Adelphi 2011)	135
Abbildung: Indikatorwerte für das Versorgungsrisiko der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität (IZT und Adelphi 2011)	136
Abbildung: Kritische Rohstoffe nach UBA 2019.	137
Kategorien von kritischen Rohstoffen (UBA 2019)	137
Abbildung: Recyclingquoten wichtiger Metalle (UBA 2017)	138
Tabelle: Verwendung von Gleichstrommotoren	138
Berufsprofil	140
6.6 Elektroniker*in für Maschinen und Antriebstechnik (HW)	140
Didaktische Hinweise	140
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	141
Die Projektaufgabe	141
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	142
Literatur	143
Berufsprofil	143
Final 6.7 Elektroniker*in - FR Energie- und Gebäudetechnik (Hw)	143
Didaktische Hinweise	143
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	144
Die Projektaufgabe	144
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	146
Tabelle: Beispielhafte Parameter für den Online-Rechner	147
Tabelle: Beispielhafte Ergebnisse für obige Parameter	147
Tabelle: Entsorgung	147
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	148
Literatur	148
Berufsprofil	148
final 6.8 Elektroniker*in - FR Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Hw)	149
Didaktische Hinweise	149
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	149
Die Projektaufgabe	150
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	151
Literatur	151
Berufsprofil	151
6.9 Elektroniker*in für Automatisierungs-Systemtechnik (IH)	152
Didaktische Hinweise	152

Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	152
Die Projektaufgabe	153
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	157
Literatur	159
Berufsprofil	160
6.10 Informationselektroniker*in (Hw)	161
Didaktische Hinweise	161
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	161
Die Projektaufgabe	162
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	163
Literatur	163
Berufsprofil	163
6.11 Elektroniker*in für Informations- und Systemtechnik (IH)	164
Didaktische Hinweise	164
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	164
Die Projektaufgabe	165
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	166
Literatur	167
Berufsprofil	167
6.12 IT-System-Elektroniker*in (IH)	168
Didaktische Hinweise	168
Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)	168
Die Projektaufgabe	169
Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe	170
Tabelle: THG-Emissionen von IT-Technik	170
Literatur	171
Berufsprofil	171
Quellenverzeichnis	171
<b>7. SDGs für Elektroniker*innen</b>	<b>176</b>
SDG 2 Kein Hunger und Elektronik	176
SDG 6 Sauberes Wasser und Elektroniker	177
SDG 2: “Kein Hunger”	177
SDG 3: “Gesundheit und Wohlergehen”	178
SDG 4: “Hochwertige Bildung”	179
SDG 6: “Sauberes Wasser”	179
SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”	180
SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum”	181
SDG 9: “Industrie, Innovation und Infrastruktur”	182
SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”	183
SDG 13: “Maßnahmen zum Klimaschutz”	184
6. Unterrichts- und Ausbildungsmodul	184

6.1 Unterrichtseinheit: Umsetzung der SDG's	185
6.2 Durchführung	185
6.1.2.1 Einstieg (schülerbezug, Motivation)	185
6.1.2.2 Information/Planung (Erkennen)	186
6.1.2.3 Durchführung	186
Quellenverzeichnis	186
<b>Anhang - SDGs der Agenda 2023</b>	<b>188</b>

## 1. 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). Hierzu haben wir ein Hintergrundmaterial (HGM) im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE, vgl. BMBF o.J.) 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/die Fachkraft sowie die verschiedenen Fachrichtungen);
2. BBNE-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

### 1.3.2 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.a sowie 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*

### 1.3.1 Ausbildungen zum Elektroniker und zur Elektronikerin

Es gibt insgesamt 12 verschiedene Ausbildungsgänge und Fachrichtungen zur Ausbildung als Elektroniker und Elektronikerin. Die folgende Tabelle stellt diese dar unter Berücksichtigung der Neuordnung der handwerklichen Berufsausbildungen in 2021 (vgl. HWK Rheinhessen o.J.):

**Tabelle: Übersicht über die Elektroniker\*innen-Berufe nach HWO und IH**

Neuordnung der Elektronikerberufe im Handwerk (HWK Rheinhessen o.J. und BIBB o.J.)	Alte Elektronikerberufe nach Hwo	Elektronikerberufe IH (BIBB o.J.)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Geräte und Systeme / Elektronikerin für Geräte und Systeme (IH)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Betriebstechnik / Elektronikerin für Betriebstechnik (IH)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Gebäudesystemintegration / Elektronikerin für Gebäudesystemintegration (Hw)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme / Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme (IH)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker / Elektronikerin in 2 Fachrichtungen (Hw)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Maschinen- und Antriebstechnik</li> <li>Energie- und Gebäudetechnik</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung / Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung (Hw)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz / Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz (IH)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker / Elektronikerin - Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik (Hw)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker / Elektronikerin - Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Hw)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker / Elektronikerin - Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Hw)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Automatisierungstechnik / Elektronikerin für Automatisierungstechnik (IH)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>Systemelektroniker / Systemelektronikerin (nicht mehr vorhanden)</del></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informationselektroniker / Informationselektronikerin (Hw)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informationselektroniker / Informationselektronikerin (Hw)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroniker für Informations- und Systemtechnik / Elektronikerin für Informations- und Systemtechnik (IH)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>Informationselektroniker – Schwerpunkt Geräte und Systeme (nicht mehr vorhanden)</del></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IT-System-Elektroniker / IT-System-Elektronikerin (IH)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>Informationselektroniker – Schwerpunkt Bürosystemtechnik (nicht mehr vorhanden)</del></li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Fluggeräteelektroniker/Fluggeräteelektronikerin (IH)</a></li> </ul>

### 1.3.3 Materialien für “Elektroniker und Elektronikerinnen”

Im Unterschied zu den Materialien für die anderen Berufsbilder wurden für Elektroniker und Elektronikerinnen drei Impulse Papiere entwickelt:

- Elektroniker\*in IP1 - Alle Fachrichtungen-Umweltschutz und Nachhaltigkeit-IZT
  - Dieses Dokument umfasst eine Operationalisierung der Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit” für alle Fachrichtungen sowie eine Beschreibung von möglichen Zielkonflikten.
- Elektroniker\*in IP 2 - Alle Fachrichtungen - Projektaufgaben 3. Lehrjahr - IZT
  - Dieses Dokument orientiert sich an dem Konzept der Wertschöpfungskettenanalyse, die in verschiedenen Varianten beschrieben wird und mit einer Vielzahl von Aufgabenstellungen untersetzt ist. Es ist eine umfassende Darstellung, wie die neue Standardberufsbildposition in Verbindung mit der Nachhaltigkeit unterrichtet werden kann.
- Elektroniker\*in IP3 - FR Maschinen-Antriebstechnik - Tab 2 - IZT
  - Dieses Dokument zeigt auf, wie die berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen der Ausbildungsordnung für Elektroniker\*innen der Maschinen- und Antriebstechnik integrativ unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit vermittelt werden kann.

### 1.4 Glossar

- AO Ausbildungsordnung
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung
- CO<sub>2</sub>-Äq Kohlendioxid-Äquivalente
- FS Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- KEA Kumulierter Primärenergieaufwand
- LG Lerngebiet
- QS Qualitätsstandards
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- SuS Schülerinnen und Schüler

- THG Treibhausgase bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq)
- WKA Wertschöpfungskettenanalyse

## 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 Berufliche Bildung (o.J.): Suche nach “Elektroniker”. Online. [https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php](https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php)
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.a): FAQ zu den modernisierten Standardberufsbildpositionen. Online: <https://www.bibb.de/de/137874.php>
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.b): Ausbildung gestalten. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/series/list/2>
- BMBF (o.J.): Was ist BNE. Online: <https://www.bne-portal.de/bne/de/einstieg/was-ist-bne/was-ist-bne.html>
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Digitalisierung und Nachhaltigkeit – was müssen alle Auszubildenden lernen? Online: [www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit](http://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/berufliche-bildung/rahmenbedingungen-und-gesetzliche-grundlagen/gestaltung-von-aus-und-fortbildungsordnungen/digitalisierung-und-nachhaltigkeit/digitalisierung-und-nachhaltigkeit)
- Bundesregierung (o.J.): Globale Nachhaltigkeitsstrategie – Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. Online: [www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174](http://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174)
- HWK Rheinhessen (2021): Neuordnung der Handwerksberufe im Elektrobereich zum 01.08.2021. Online: <https://www.hwk.de/neuordnung-der-elektroberufe-zum-01-08-2021/>

## 1.6 Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne

### Berufsinformationen

- IH Information: BIBB (o.J.): Elektroniker für Betriebstechnik/Elektronikerin für Betriebstechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/544554](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/544554)
- IH Information: BIBB (o.J.a): Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme/Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme (Ausbildung). Online: [https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/212121](https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/212121)
- IH Information: BIBB (o.J.b): Elektroniker für Geräte und Systeme/Elektronikerin für Geräte und Systeme (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/753159](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/753159)
- IH information: BIBB (o.J.c): Elektroniker für Automatisierungstechnik/Elektronikerin für Automatisierungstechnik (Ausbildung): Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/655665](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/655665)
- IH Information: BIBB (o.J.d): Elektroniker für Informations- und Systemtechnik/Elektronikerin für Informations- und Systemtechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/147852](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/147852)

- IH Information: BIBB (o.J.d) Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz/Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz (Ausbildung). Online: [https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elan21](https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elan21)
- HW Information: BIBB (o.J.e): Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung/Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/258omn4](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/258omn4)
- HW Information: BIBB (o.J.f): Informationselektroniker/Informationselektronikerin (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/kiu51uu](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/kiu51uu)
- HW Information: BIBB (o.J.g): Elektroniker für Gebäudesystemintegration/Elektronikerin für Gebäudesystemintegration (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/857plo7](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/857plo7)
- HW Information: BIBB (o.J.h): Elektroniker/Elektronikerin – Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/xsw478](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/xsw478)
- HW Information: BIBB (o.J.i): Elektroniker/Elektronikerin – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elekauto](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elekauto)

## Rahmenlehrpläne

- IH RLP: KMK (2018a): R A H M E N L E H R P L A N für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Betriebstechnik/ Elektronikerin für Betriebstechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker für Betriebstechnik/Elektronikerin für Betriebstechnik](#)
- IH RLP: KMK (2028b): R A H M E N L E H R P L A N für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme/Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme/Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme](#)
- IH RLP: KMK (2018c): R A H M E N L E H R P L A N für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Geräte und Systeme/Elektronikerin für Geräte und Systeme (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018) [Rahmenlehrplan Elektroniker für Geräte und Systeme/Elektronikerin für Geräte und Systeme](#)
- IH RLP: KMK (2018d): R A H M E N L E H R P L A N für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Automatisierungstechnik/Elektronikerin für Automatisierungstechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker für Automatisierungstechnik/Elektronikerin für Automatisierungstechnik](#)
- IH RLP: KMK (20218e): R A H M E N L E H R P L A N für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Informations- und Systemtechnik und Elektronikerin für Informations- und Systemtechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker für Informations- und Systemtechnik/Elektronikerin für Informations- und Systemtechnik](#)
- IH & HW RLP: KMK (2020a): Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz und Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz sowie Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung und Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020) BIBB (2020) Online:

[Rahmenlehrplan Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz/Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz](#)

- HW RLP: KMK (2020b): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Informationselektroniker und Informationselektronikerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020). Online: [Rahmenlehrplan Informationselektroniker/Informationselektronikerin](#)
- HW RLP: KMK (2020c): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Gebäudesystemintegration und Elektronikerin für Gebäudesystemintegration (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker für Gebäudesystemintegration/Elektronikerin für Gebäudesystemintegration](#)
- HW RLP: KMK (2020d): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker und Elektronikerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020). Online: [Rahmenlehrplan Elektroniker/Elektronikerin – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik](#)

## Ausbildungsordnungen

### *für die handwerklichen Elektroberufe:*

- Bundesministerium für Justiz BMJ (2021): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 15, ausgegeben zu Bonn am 9. April 2021: Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in handwerklichen Elektroberufen vom 30. März 2021. Online: <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav>
- BMJ HW Maschinen-Antrieb (2021a): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik **nach der Handwerksordnung**: Artikel 1, S. 662ff. Online: [Nr. 15 vom 09.04.2021 – Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in handwerklichen Elektroberufen](#), <https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbhwoausbv/BJNR066210021.html>
- BMJ HW Informationselektronik (2021b): Verordnung über die Berufsausbildung zum Informationselektroniker\*in: Artikel 2, S. 674ff. Online: <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav> sowie <https://www.gesetze-im-internet.de/infoelekausbv/InfoElekAusbV.pdf>
- BMJ HW Gebäudeintegration (2021c): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker für Gebäudesystemintegration\*in: Artikel 3, S. 687ff. Online: [Nr. 15 vom 09.04.2021 – Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in handwerklichen Elektroberufen](#), <http://www.gesetze-im-internet.de/gsiausbv/BJNR068700021.html>
- BMJ HW Automatisierung (2021d): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: – Fachrichtung Automatisierungs-Systemtechnik: Artikel 4 (S. 662ff). Online: [Nr. 15 vom 09.04.2021 – Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in handwerklichen Elektroberufen](#), [https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv\\_2021/ElekAusbV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv_2021/ElekAusbV.pdf)
- BMJ HW Energie-Gebäude (2021d): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: – Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik: Artikel 4 S. 699ff. Online: [Nr. 15 vom 09.04.2021 – Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in handwerklichen Elektroberufen](#), [https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv\\_2021/ElekAusbV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv_2021/ElekAusbV.pdf)

### *für die industriellen Elektroberufe:*

- BMJ IH Elektro – Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff). Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
  - BMJ IH Elektro Gebäude-Infrastruktur (2018a): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme: Teil 2, S. 898ff. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)

- BMJ IH Betriebstechnik (2018b): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Betriebstechnik: Teil 3, S. 900ff. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Automatisierung (2018c): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*Automatisierungs- und Systemtechnik: Teil 4, S. 902ff. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Geräte-Systeme (2018d): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Geräte und Systeme: Teil 4, S. 904ff. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Info-Systemtechnik (2018e): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*Informations- und Systemtechnik: Teil 6, S. 905ff. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ BBG Maschinen-Antrieb (2021e): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: (2021e): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik **nach dem Berufsbildungsgesetz**: Artikel 5, S. 714ff. Online:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbbbigausbv/BJNR071400021.html>

### *zum/zur IT-System-Elektroniker\*in:*

- Bundesministerium für Justiz BMJ (2020): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 9, ausgegeben zu Bonn am 5. März 2020, S. 268ff: Verordnung über die Berufsausbildung zum IT-System-Elektroniker\*in vom 28. Februar 2020. Online:  
[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#\\_bgbl\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D\\_1678726674892](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D_1678726674892)

## 2. Hintergrund zu den Projektaufgaben

Die Projektaufgabe verbindet zwei heutzutage wichtige Themen:

- das neue Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, welches auf
- eine Wertschöpfungskettenanalyse unter der Perspektive der Nachhaltigkeit

übertragen wird. Beide Themen werden nachfolgend vorgestellt.

### 2.1 Deutsches Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz

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 trat 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.

## 2.2 Europäisches Lieferkettengesetz

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

Für Lieferverträge und Kooperationen könnten bereits in Eigeninitiative Kriterien zur nachhaltigen Gestaltung der Rohstoffe, Zwischenprodukte und Transportwege vereinbart werden und die Arbeitsbedingungen entlang der Wertschöpfungskette nach den o.g. Standards festgeschrieben werden. Anhaltspunkte sind zu finden in Zertifizierungen als "Fair gehandelte Produkte". Eine Orientierung bei der Auswahl von Lieferanten kann derweil unabhängige privatwirtschaftliche Plattformen bieten. Z.B. die Onlineplattform Ecovadis, die in der Studie des Handelsblatt-Research-Instituts erwähnt wird. Die Organisation arbeitet international mit Fachexperten und Nichtregierungsorganisationen zusammen und hat bislang etwa 90.000 Unternehmen bewertet. Sie bewertet Unternehmen nach 21 Nachhaltigkeitskriterien aus den Bereichen Umwelt, Arbeits- und Menschenrechte, Ethik und Nachhaltige Beschaffung. Für die Transparenz derartiger Zertifikate spielen digitale Technologien eine zentrale Rolle. Auch über die Verfügbarkeit von Beurteilungen derartiger Organisationen hinaus können heutzutage digitale Medien eine reichhaltige Informationsressource sein, die Informationen über politische, wirtschaftliche und soziale Lagen in fernen Ländern zugänglich machen. Die Methodik basiert auf internationalen Standards für Nachhaltigkeit, z. B. der Global Reporting Initiative, dem United Nations Global Compact und der ISO 2600. Im EcoVadis - Bericht wird festgestellt, dass Unternehmen aller Größenordnungen weltweit ihre Nachhaltigkeitsleistungen in den letzten 5 Jahren verbessert haben (Pinkawa 2019). Interessant ist die Feststellung, dass „nur 11 % der Unternehmen in 2021 eine Lieferantenbewertung und 5 % eine interne Risikobewertung für Kinder- und Zwangsarbeit durchgeführt haben. Dies ist besonders besorgniserregend, da die Gesetze zur Sorgfaltspflicht im Bereich der Menschenrechte zunehmen, während die Internationale Arbeitsorganisation schätzt, dass die Zahl der

Menschen, die Opfer von moderner Sklaverei sind, in den letzten fünf Jahren um 10 Millionen gestiegen ist.” (Pinkawa 2019).

## 2.3 Wertschöpfungskettenanalysen (WKA)

Eine Wertschöpfungskettenanalyse (WKA) untersucht alle Stufen einer Produktion oder einer Dienstleistung (vgl. refa o.J.). Jede dieser Tätigkeiten schafft einen Mehrwert und kann nachhaltiger oder weniger nachhaltig gestaltet werden. Aber für jede der Tätigkeiten werden auch stoffliche und humane Ressourcen genutzt. Die Ressourcen selbst als auch die Gewinnung können nicht vollständig nachhaltig sein. Und es gilt auch die soziale und die ökonomische Dimension zu beachten, wie die folgenden Beispiele zeigen:

### 2.3.1 Ökologische Wertschöpfungskettenanalysen

Die ökologische WKA betrachtet die Umweltwirkungen, die mit der Gewinnung von Rohstoffen, der Nutzung von Ressourcen (Luft, Wasser, Biomasse, Fläche) verbunden sind. Darüber hinaus werden die Umweltwirkungen der Prozesskette betrachtet - z.B. vom Bergbau über die Verhüttung zur Halbzeugproduktion und danach über die Herstellung der Produkte, über ihre Nutzung bis hin zur Entsorgung oder dem Recycling. Die Ressourcen selber (z.B. Erdöl) als auch die Gewinnung (Emissionen im Rahmen der Ölförderung) können nicht vollständig nachhaltig sein. Die folgenden Beispiele zeigen dies:

- Die Mobilität ist derzeit noch auf fossile Treibstoffe angewiesen. Die Verbrennung von Erdöl führt unweigerlich zur Emissionen von Treibhausgasen. Nutzt man Erdöl zum Betrieb eines Solarkraftwerks (in vielen Ländern üblich, nicht in Deutschland), so würde pro Kilowattstunde gewonnener Strom rund 0,9 kg CO<sub>2</sub>-Äq emittiert. Dieser Wert gilt unter Anrechnung der Vorketten und auf den Lebenszyklus eines Kraftwerkes bezogen (Deutscher Bundestag 2007). Zum Vergleich: Erzeugt man Strom durch Windenergieanlagen, so werden 0,08-0,016 kg CO<sub>2</sub>-Äq verursacht (ebd.). Erdöl und alle Technologien, die auf Erdöl und seine Verarbeitungsprodukte angewiesen sind, sind deshalb weniger nachhaltig als vergleichbare Produkte, die erneuerbare Energien nutzen.
- Aluminium wird weltweit gewonnen und zu Halbzeug verarbeitet. Ein wichtiger Prozessschritt ist die Schmelzflusselektrolyse. Das aufbereitete Aluminiumoxid wird mit Kryolith Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> und weiteren Fluorverbindungen versetzt und auf 950 Grad erhitzt. Es wird eine Spannung von 5 bis 6 Volt angelegt und ein Strom von 150.000 Ampere (zum Vergleich: Wallbox zum Laden eines E-Autos hat einen Ladestrom von 16 Ampere, allerdings bei 380 Volt). Entscheidend für die Frage, ob die Produktion als nachhaltig anzusehen ist oder nicht, ist der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung.

- Wird das Aluminium aus Norwegen importiert, so ist die Elektrolyse sehr nachhaltig: Norwegen erzeugt 98,5% seines Stroms aus erneuerbaren Energien, d.h. es werden nur sehr, sehr geringe Emissionen erzeugt (statista 2023).
- Wird das Aluminium in Deutschland hergestellt, so ist der Strommix deutlich höher mit Treibhausgasen belastet. Pro Kilowattstunden Strom wurden in 2020 rund 420 g CO<sub>2</sub>-Äq erzeugt (UBA 2022).
- Bezieht man das Aluminium aus China, so werden noch höhere Emissionen pro Kilowattstunde emittiert. Im Jahr 2011 lag der Strommix bei rund 840 g pro kWh auf Basis einer Analyse von Greenpeace (Zeit online 2012). Offiziell gibt die oberste Planungsbehörde für 2020 eine Emission von rund 305 g CO<sub>2</sub>-Äq/kWh an (Wirtschaftswoche 2021). Obwohl China weltweit am meisten in Erneuerbare Energie investiert, erscheint dieser Wert viel zu niedrig, da China mit Abstand der größte Verursacher von Treibhausgasen ist (ebd.). Noch ein zweites ist zu bedenken. Seit 2015 nimmt die Konzentration an Tetrafluormethan und Hexafluorethan in der Atmosphäre wieder zu (spektrum 2021). Die beiden Gase haben einen um den Faktor 1.000 höheren Treibhausgaspotential als Kohlendioxid. Mit Hilfe von Luftproben in Südkorea und Wetter Simulationen erscheint es sehr wahrscheinlich, dass die Emissionen aus der Elektrolyse stammen.

### 2.3.2 Sozial-Ökonomische Wertschöpfungskettenanalysen

Nachhaltigkeit hat drei Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziales. Insbesondere die letzte ist nur schwierig zu bilanzieren. Hierbei sind aber SDG Sustainable Development Goals sehr hilfreich, da das SDG 8 "Menschenwürdige Arbeit" einen deutlichen Standard auch für die Elektronikindustrie vorgibt (destatis 2022):

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

Die Sozial-Ökonomische WKA ist ein zentraler Teil des Sorgfaltspflichtigen Gesetzes (s.o.), allerdings zeigen viele Beispiele, dass die Elektronikindustrie weltweit noch Defizite hat.

- Kobalt wird vor allem in der Demokratischen Republik Kongo (DRK, 60% der Weltproduktion, ca. 90-100.000 t von 2019-22) gewonnen (elektroniknet / Arnold 2021; ISE o.J.). Eine bergbauliche Besonderheit liegt beim Hauptproduzenten in der DRK vor. Hier liegt das Kobalterz oberirdisch in einem sehr weichen Gestein

vor. Es wird sowohl von global tätigen Minenkonzernen, von lokalen Genossenschaften oder durch Zwangsarbeit von Milizen abgebaut (kleiner handwerklicher Bergbau, vgl. Save the Children 2022). Der sogenannte artesiale Kleinbergbau (ASM) ist die Einkommensgrundlage für mehr als 200.000 Menschen in der Region. Er ist jedoch zumeist illegal und nicht reguliert (analog dem Goldrausch in Alaska). Dieser Bergbau ist aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Bedingungen vor Ort auch mit Kinderarbeit verbunden.

- 2015 berichtete die US-Arbeitsrechts Organisation China Labor Watch über einen taiwanesischen Zulieferer für Apple in Shanghai: Schimmel, Wanzen und 14 Personen in einem Schlafrum. Obwohl der Zustand schon seit 2013 bekannt war, wurde nichts unternommen. Informationen für die Arbeiter und Arbeiterinnen, wo Quecksilber und Arsen in der Produktion eingesetzt werden, lagen nicht vor (Handelsblatt 2015).
- 2019 schrieb die Zeitschrift Südasiens über eine vergleichbare Problematik in Indonesien. Das Beispiel zeigt auf, was vielerorts Realität zu sein scheint: Es gibt drei Typen von Beschäftigten: Reguläre oder unbefristete Beschäftigte, Kontraktarbeiter\*innen oder befristete Beschäftigte sowie Beschäftigte aus Leiharbeitsfirmen. Trotz gleicher Arbeit erhalten die Beschäftigten unterschiedliche Löhne und Sozialleistungen. Zudem werden Grenzwerte für Industriechemikalien erheblich überschritten, was zu Gesundheitsschäden führt (Südostasien 2019).

Während obige Beispiel vor allem aus Ländern stammen, in denen keine mit den Industrienationen vergleichbaren Sozialstandards beachtet werden, heißt dies nicht, dass es auch in der westlichen Welt nicht-nachhaltige Wertschöpfungsketten gibt. Auch hierzu geben die SDGs eindeutige Richtungen vor, wie z.B.:

- *SDG 8.8: Die Arbeitsrechte schützen und sichere Arbeitsumgebungen für alle Arbeitnehmer, einschließlich der Wanderarbeitnehmer, insbesondere der Wanderarbeitnehmerinnen, und der Menschen in prekären Beschäftigungsverhältnissen, fördern*
- *SDG 8.4: Bis 2030 die weltweite Ressourceneffizienz in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung anstreben, ...*
- *SDG 8.2: Eine höhere wirtschaftliche Produktivität durch Diversifizierung, technologische Modernisierung und Innovation erreichen, einschließlich durch Konzentration auf mit hoher Wertschöpfung verbundene und arbeitsintensive Sektoren*

Dieser ökonomische Anteil der Analyse ist aber auch sehr mit Zielkonflikten behaftet, denn die Unternehmen streben nach Umsatz und Gewinn, der durch den Verkauf von Produkten erzielt wird, die zu ihrer Erstellung Ressourcen verbrauchen und

Umweltgüter nutzen. Die beiden nachfolgenden Beispiele sind der psychologischen und der technologischen Obsoleszenz zuzuordnen.

- Die beiden großen Smartphone-Hersteller Samsung und Apple bringen jedes Jahr eine neue Generation von Smartphones auf den Markt. Hierbei werden die neuen Smartphones mit von den Verbrauchern kaum zu bewertenden funktionalen Verbesserungen wie z.B. der Auflösung der Kameras auf den Markt beworben, die dann überschwänglich angepreist werden (vgl. apple 2022). Diese "hohe" Innovationsgeschwindigkeit bei IKT-Produkten führt möglicherweise zu einer verkürzten Nutzungsdauer, so dass Notebooks oder Smartphones teilweise nur zwei oder drei Jahre genutzt werden, bevor wieder ein neues Gerät angeschafft wird. Dies nennt man auch psychologische Obsoleszenz, nach der ein funktionierendes Produkt als nicht "gut" nutzbar eingeschätzt wird, auch wenn es noch gut funktioniert (vgl. Öko-Institut o.J.). Hinzu kommt, dass auch die steuerliche Abschreibung es ermöglicht, Hardware alle drei Jahre abzuschreiben (Handwerk 2022), so dass auch der Gesetzgeber noch die Ressourcennutzung fördert.
- Bei IT-Produkten kommt häufig noch der Sonderfall ökonomische Obsoleszenz hinzu (vgl. Öko-Institut o.J.). Dies kann zum einen bedeuten, dass die Reparaturkosten nicht im Verhältnis zu einem Neukauf stehen. Ein Beispiel hierfür ist die Apple Watch, wo die Reparatur des Deckglases ca. 140 € kostet und eine neue Uhr für ca. 370 € zu kaufen ist. Gleiches gilt für den Bildschirm des MacBook Pro: Eine Reparatur kostet 800 Euro, ein neues MacBook ca. 2.200 Euro (eigene Recherche der Preise des Autors). Auch Software von IT-Geräten kann funktionstüchtige Geräte unattraktiv machen, wenn sie anfälliger für Hackerangriffe werden. So listen sowohl Samsung, Microsoft als auch Apple ältere Geräte (Samsung und Apple) oder Betriebssysteme (Windows) aus und vergeben keine Updates mehr. Im Ergebnis gibt es keine neuen Sicherheitspatches oder die Geräte werden nicht mehr zur Reparatur angenommen.

## 2.4 Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterie"

Im folgenden wird beispielhaft die Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien in Bezug auf die Nachhaltigkeit dargestellt, um die Komplexität einer Nachhaltigkeitsbewertung darzustellen (manager Magazin 2016 soweit nicht anders ausgewiesen):

*Tabelle: Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterien"*

	Wertschöpfungsstufe	Nachhaltigkeit: Bezug zu den SDGs
--	---------------------	--------------------------------------

<p>Rohstoff Lithium</p>	<p>Lithium wird vor allem in Australien (4,6% Weltmarktanteil, 55.000 t), Chile (24%, 26.000 t) und China (16%, 14.000 t) gewonnen. In Australien wird es im Bergbau (Hartgestein), in Chile aus Sole, in Bolivien aus Salzseen gewonnen. Perspektivisch können Argentinien, Simbabwe und Bolivien aufgrund ihrer Vorkommen und Reserven wichtige Förderländer werden (IG 2022).</p> <p>In Chile und Argentinien wird unterirdisches Salzwasser (Salare) an die Oberfläche gepumpt und das Wasser in großen flachen Becken auf den Salzseen durch Sonneneinstrahlung verdampft (VW o.J.). Zur Aufbereitung wird kein Trinkwasser genutzt, allerdings führt das Abpumpen dazu, dass Grundwasser in die Salare nachströmt - konsequenterweise sinkt der Grundwasserspiegel und führt an der Oberfläche zu Trockenheit mit Schäden für die Vegetation und die Landwirtschaft. Das Lithium wird mit Natriumcarbonat aus der Salzlösung gefällt (ISE o.J.).</p> <p>In Australien wird Lithium z.B. im Bergbau aus Hartgestein in Greenbushes gewonnen (Ein Drittel des Weltbedarfes, DLF 2022). Im Tagebau werden die üblichen Bergwerkspraktiken wie Bohren, Sprengen, Mahlen, Flottieren und Entwässerung angewendet, um die Gangart abzutrennen. Das ca. 6%ige Nasskonzentrat wird unter Druck mit Natriumcarbonat oder Schwefelsäure ausgelaugt. Im Ergebnis erhält man Lithiumcarbonat von 98 und mehr Prozent Reinheit (Mineral Processing o.J.).</p> <p>Anschließend wird in beiden Fällen das <math>\text{LiCO}_3</math> mit Salzsäure in <math>\text{LiCl}</math> umgewandelt zu <math>\text{LiCl}</math> und dieses abschließend mit Schmelzflusselektrolyse reduziert zu metallischem Lithium (Mineral Processing o.J. und ISE o.J.).</p>	<p><b>SDG 3 - Gesundheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abraumhalden sind mit Schwermetallen belastet - die Stäube führen zu Gesundheitsschäden der lokalen Bevölkerung</li> </ul> <p><b>SDG 6 - Wasser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wassereinsatz             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Wasser steht in ariden Regionen nicht für die Landwirtschaft zur Verfügung</li> <li>◦ Grundwasserabsenkung möglich mit Folgen für Vegetation und Landwirtschaft</li> <li>◦ Vergiftung von Gewässern durch Ableitung von Abwässern der Produktion</li> </ul> </li> </ul> <p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die größte Wertschöpfung findet oft nicht in den produzierenden Ländern statt (Bolivien, Simbabwe)</li> <li>• Länder mit geringem Bruttosozialprodukt können erheblich von der Gewinnung profitieren</li> <li>• es gibt große Unsicherheiten, wer von dem Verkauf der Ressourcen profitiert</li> <li>• der Umweltschutz und der Gesundheitsschutz der Bevölkerung bei Gewinnung ist nur in wenigen Ländern gewährleistet</li> </ul> <p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Energieeinsatz bei Elektrolyse - der Strommix entscheidet über die THG-Emissionen</li> <li>• Lithium ist ein zentraler "Baustein" für die Energiewende und den Klimaschutz</li> </ul> <p><b>SDG 15 - Leben an Land</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbau von Salaren findet in meist unberührten, aber an Biodiversität armen Landschaften statt, eine Ausnahme ist z.B. der Lithium-Abbau in Serbien (vgl.</li> </ul>
-----------------------------	---	---

		<p>TAZ o.J.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionen von Metallstäuben schädigen im erheblichen Maße die Biodiversität und die Landwirtschaft im weiten Umkreis der Produzenten</li> </ul>
<p>Rohstoff Nickel</p>	<p>Nickel wird vor allem in Indonesien (1,6 Mio. t), Philippinen (0,3 Mio. t), Russland (0,2 Mio. t) und Kanada/Neukaledonien (0,2 Mio. t) und Australien (0,2 Mio. t) im Bergbau von Hartgestein gewonnen (statista 2023). Nickel kommt zumeist zusammen mit Eisen und Kupfer vor, weshalb die Aufbereitungsprozesse miteinander verwoben sind (ISE o.J.). Durch Flotation wird das gemahlene Nickelerz aufkonzentriert, durch Pressung getrocknet und dann mit Kohle geröstet. Eisensulfid wird hierbei in Eisenoxid umgewandelt. Durch weitere Röstprozesse mit Koks und Silikaten wird Eisenoxid zu Eisensilikat verschlackt. Die Hütte erhält so Kupfer-Nickel-Feinstein mit 80% Kupfer und Nickel sowie 20% Schwefel. Kupfer und Nickel werden mit Natriumdisulfid (Na<sub>2</sub>S) getrennt. Das Nickelsulfid wird geröstet und mit Koks zu Nickel reduziert.</p>	<p><b>SDG 3 - Gesundheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Nickelproduktion ist in hohem Maße mit gesundheitsschädlichen Emissionen verbunden - Gefährdung für die Arbeitnehmer*innen sowie anliegenden Anwohner*innen im weiten Umkreis der Unternehmen</li> <li>• Abraumhalden sind mit Schwermetallen belastet - die Stäube führen zu Gesundheitsschäden der lokalen Bevölkerung</li> </ul> <p><b>SDG 6 - Sauberes Wasser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergiftung von Gewässern durch Ableitung von Abwässern der Produktion</li> </ul> <p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe THG-Emissionen durch Röstprozesse (SO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Nickel ist eventuell ein wichtiger "Baustein" für die Energiewende und den Klimaschutz</li> </ul> <p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die größte Wertschöpfung findet nicht in den produzierenden Ländern statt (außer Kanada)</li> <li>• Länder mit geringem Bruttosozialprodukt können erheblich von der Gewinnung profitieren</li> <li>• es gibt große Unsicherheiten, wer von dem Verkauf der Ressourcen profitiert</li> <li>• der Umweltschutz und der Gesundheitsschutz der Bevölkerung bei Gewinnung ist nur in wenigen Ländern gewährleistet</li> <li>• es bestehen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich des</li> </ul>

		<p>Unterziels "Menschenwürdige Arbeit"</p> <p><b>SDG 15 - Leben an Land</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionen von Metallstäuben schädigen im erheblichen Maße die Biodiversität im weiten Umkreis der Produzenten</li> </ul>
<p>Rohstoff Kobalt</p>	<p>Kobalt wird vor allem in der Demokratischen Republik Kongo (DRK, 60% der Weltproduktion, ca. 90-100.000 t von 2019-22), Russland (6.300 t in 2020), Australien (5.700 t, 2019), den Philippinen (4.700 t, 2019) sowie Kanada und Kuba (3.800 bzw. 3.200 t, 2019) gewonnen (elektroniknet / Arnold 2021; ISE o.J.).</p> <p>Eine bergbauliche Besonderheit liegt beim Hauptproduzenten für Cobalt, der DRK, vor. In der DRK liegt das Cobalterz oberirdisch in einem sehr weichen Gestein vor. Es wird sowohl von global tätigen Minenkonzernen, von lokalen Genossenschaften als auch durch Zwangsarbeit von Milizen abgebaut (kleiner handwerklicher Bergbau, vgl. Save the Children 2022). Der sogenannte artesiale Kleinbergbau (ASM) ist die Einkommensgrundlage für mehr als 200.000 Menschen in der Region. Er ist jedoch zumeist illegal und nicht reguliert (analog dem Goldrausch in Alaska). Dieser Bergbau ist auch mit Kinderarbeit aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Bedingungen vor Ort verbunden.</p> <p>Kobalt wird aus Kupfer-Nickel-Erz gewonnen (s.o. Nickel). Aus dem Rohstein mit Kobalt, Nickel, Kupfer und Eisen wird mit Natriumcarbonat und Natriumnitrat der Schwefel entfernt und es bilden sich u.a. Arsensulfate und Arsenate, die mit Wasser ausgelaugt werden. Die zurückbleibenden Metalloxide werden mit Schwefel- oder Salzsäure behandelt, Nickel, Cobalt und Eisen gehen in Lösung. Mit Chlorkalk wird Cobalhydroxid gefällt und durch Erhitzen in Cobaltoxid umgewandelt. Mit Koks oder Aluminiumpulver wird es zu Cobalt reduziert.</p>	<p><b>SDG 3 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 6 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 7 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 8 - siehe Nickel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbau in der DRK <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Kinderarbeit</li> <li>◦ extrem gefährliche Arbeit im ASM</li> </ul> </li> </ul> <p><b>SDG 15 siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 16 - siehe Nickel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbau in der DRK: Zerrüttung demokratischer Strukturen (Korruption, Milzen, Menschenhandel)</li> </ul>

<p>Rohstoff Mangan</p>	<p>Mangan wird im Bergbau in Südafrika, Australien und Gabun gewonnen (ca. 58% der Bergwerksförderung von ca. 22-24 Mio.t, DERA 2019). Mangan ist mit Eisen verschwistert, so dass es bei der Eisenherstellung zwischendurch meist als Ferro-Mangan (78% Mangan) abgetrennt wird (ISE o.J.). Dies erfolgt über die Reduktion oxidischer Eisen-Mangan-Erze mit Koks in elektrischen Öfen zu Ferro-Mangan. Reines Mangan wird durch Hydrometallurgie gewonnen (Oxidation, Laugung und Elektrolyse). Alternativ kann es durch Aluminothermie (Verbrennen mit Aluminiumpulver) gewonnen werden.</p>	<p><b>SDG 3 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 6 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 7 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 8 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 15 - siehe Nickel</b></p> <p><b>SDG 16 - siehe Nickel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gewinnung in Südafrika und Gabun: Zerrüttung demokratischer Strukturen aufgrund von Korruption</li> </ul>
<p>Rohstoff Kupfer</p>	<p>Kupfer wird im Bergbau als Kupfererz abgebaut oder in Verbindung mit anderen Erzen (s.o. Eisen und Nickel). Die größten Produzenten sind Chile (5,7 Mio. t im Mittel von 2014-2018 BGR 2020), gefolgt von Peru (2,0 Mio. t), China (1,7 Mio. t), den USA (1,3 Mio. t) und die Demokratische Republik Kongo (DRK, 1,0 Mio.t).</p> <p>Kupfer wird pyrometallisch und elektrolytisch gewonnen. Die Bergbauprozesse umfassen Bohren und Sprengen, Malen und Flottieren um ein Kupferkonzentrat herzustellen. Bei der Verhüttung wird das Konzentrat geröstet und Einsatz von Kohle zur Oxidation des Eisens. Hierbei entstehen hohe Emissionen (SO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> sowie Schwermetalle auf Stäuben). Durch Schmelzen mit Kohle und Koks wird das Eisen verschlackt und es entsteht Kupferstein mit 30-80% Kupfer. Dieser wird mehrfach konvertiert bis eine Reinheit von 94-97% erzeugt und Kupferplatten gegossen sind. Durch Elektrolyse werden Metallverunreinigungen abgeschieden und reines Elektrolytkupfer gewonnen (Auflösung des Kupfers an der Anode und Abscheidung reinen Kupfers an der Kathode).</p>	<p><b>SDG 3 - Gesundheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Chile, Peru und DRK: s. oben "Lithium"</li> </ul> <p><b>SDG 6 - Sauberes Wasser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Chile <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wasser steht in ariden Regionen nicht für die Landwirtschaft zur Verfügung</li> <li>○ Grundwasserabsenkung möglich mit Folgen für Vegetation und Landwirtschaft</li> </ul> </li> <li>● Chile, Peru und DRK: Vergiftung von Gewässern durch Ableitung von Abwässern der Produktion</li> </ul> <p><b>SDG 3 - Gesundheit - s. Lithium</b></p> <p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● hohe THG-Emissionen durch Röstprozesse (SO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>)</li> <li>● hoher Energieeinsatz bei Elektrolyse - der Strommix entscheidet über die THG-Emissionen</li> <li>● Kupfer ist ein zentrale "Baustein" für die Energiewende und den Klimaschutz</li> </ul> <p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Länder mit geringem Bruttosozialprodukt können erheblich von der Gewinnung und Produktion von Kupferstein profitieren (Chile, Peru, DRK)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• die größte Wertschöpfung findet bei der Raffination und den nachfolgenden Schritt statt - nur Industrieländer profitieren</li> <li>• es gibt große Unsicherheiten, wer von dem Verkauf der Ressourcen profitiert (Peru, DRK)</li> <li>• der Umweltschutz und der Gesundheitsschutz der Bevölkerung bei Gewinnung und Produktion ist nur in wenigen Ländern gewährleistet (z.B. USA und andere Industrieländer)</li> </ul> <p><b>SDG 15 - Leben an Land - s. Nickel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionen von Metallstäuben schädigen im erheblichen Maße die Biodiversität im weiten Umkreis der Produzenten</li> </ul>
Rohstoff Graphit	<p>Graphit wird nur zum kleinen Teil als Rohstoff über- und unter Tage abgebaut (China, Indien, Brasilien, Mexiko, Ukraine). Hauptsächlich wird er aus Kohle hergestellt. Die Weltjahresproduktion 2022 lag bei rund 1,3 Mio. t (statista 2023).</p> <p>Aus der Kohle werden mit Salpetersäure Graphit-Einlagerungsverbindungen hergestellt und dann durch plötzliche Hitzeentwicklung (3.000 Grad) expandiert (chemie.de o.J., SGL Carbon o.J.). Abschließend wird der Graphit mechanisch zu einer weichen und flexiblen Folie verarbeitet.</p> <p>Synthetischer Graphit wird aus möglichst reiner Kohle gewonnen und Pech als Bindemittel verwendet. Nach Mischung wird die Masse Hochtemperaturprozessen unterworfen, die unterschiedlich ausgeführt die Eigenschaften von Graphit bestimmen.</p> <p>Der Kostenanteil von Graphit an einer Batterie liegt bei 3 bis 4%.</p>	<p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Länder mit geringem Bruttosozialprodukt können erheblich von der Gewinnung profitieren</li> <li>• es gibt große Unsicherheiten, wer von dem Verkauf der Ressourcen profitiert</li> <li>• der Umweltschutz und der Gesundheitsschutz der Bevölkerung bei Herstellung ist nicht gewährleistet</li> <li>• es bestehen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich des Unterziels "Menschenwürdige Arbeit"</li> </ul> <p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Energieeinsatz bei der thermischen Expansion - alle produzierenden Länder haben zudem einen hohen Kohleanteil am Strom, die THG-Emissionen sind hoch</li> </ul>
Kunststoffe	<p>Kunststoffe werden in fast allen elektronischen Bauteilen, für Gehäuse von Schaltungen und Antrieben, für Ummantelung als Separatoren in den Zellen von Batterien eingesetzt. Die meisten</p>	<p><b>SDG 6 - Sauberes Wasser</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die küstennahe Erdölförderung führt häufig zu Wasserverschmutzung</li> <li>• in Ländern wie Nigeria oder</li> </ul>

	<p>Kunststoffe werden zunächst als Pellets produziert. Ihr Gesamtkostenanteil liegt bei 5 bis 6%. Diese werden aus Erdöl in komplexen Crack- und Raffinerieprozessen der chemischen Industrie hergestellt. Nach der Polymerisation in Lösung wird das Lösungsmaterial abgedampft und der Kunststoff zumeist über Extrusionsverfahren zu Pellets verarbeitet, da diese gut lager-, transportier- und weiterverarbeitbar sind.</p>	<p>Brasilien wird Erdöl in sensiblen Gebieten (Sumpf- oder Urwaldgebiete) gewonnen - es kommt häufig zu Unfällen mit erheblichen Öl-Austritten</p> <p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe THG-Emissionen durch Raffinerieprozesse (Cracken, Destillieren)</li> <li>• in Erdölproduzierenden Ländern ist der Strommix vor allem fossil geprägt - hohe Emissionen beim Stromverbrauch</li> </ul> <p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum - s. Nickel</b></p> <p><b>SDG 14 - Leben im Meer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• häufige Tankerunfälle durch Länder mit einer schlechten Schiffsaufsicht führen zu erheblichen maritimen Umweltschäden</li> </ul> <p><b>SDG 15 - Leben an Land</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• s.o. SDG 6 - Sauberes Wasser</li> </ul>
<p>Drähte und Leitungen</p>	<p>Drähte und Leitungen werden weltweit produziert. Der größte Produzent ist China, in 2010 stellte es schon 60% aller Leitungen für die Welt her (evertiq 2015). Die Produktion fand dort vor allem in klein- und mittelständischen Betrieben statt. Der Umsatz der deutschen Produzenten belief sich für alle Leitungen und Drähte auf 6,5 Mrd. Euro in 2020 (ZVEI 2020). Der Materialeinsatz betrug für Kupfer ca. 510.000 t und für Aluminium ca. 90.000 t (ebd.).</p> <p>Der Herstellung von Drähten und Leitungen ist ein mehrstufiger Prozess (Zeno / Widmaier o.J.). Zunächst werden die Kupferplatten der Elektrolyse eingeschmolzen und in Rohblöcke gegossen. (7 bis 8 cm im Querschnitt und 70 bis 90 cm lang). Sie werden gehobelt und dann vor dem Walzen auf 750 bis 850 Grad erhitzt. Das Auswalzen im Drahtwalzwerk erfolgt auf einen Durchmesser von 6 bis 7 mm. Er wird ausgeglüht, mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt und mit Kalkwasser abgespült.</p>	<p><b>SDG 7 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe THG-Emissionen bei thermischen Industrieprozessen durch den Einsatz fossiler Ressourcen (Öl und Gas)</li> <li>• China: Hohe THG-Emissionen für die stromverbrauchende Prozesse aufgrund des hohen Kohleanteils am Strommix</li> </ul> <p><b>SDG 8 - Arbeit und Wachstum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Länder mit geringem Bruttosozialprodukt in Asien können erheblich von der Draht- und Leitungsproduktion profitieren</li> <li>• China: Es bestehen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich des Unterziels "Menschenwürdige Arbeit", da keine Statistiken veröffentlicht werden</li> </ul>

	<p>Anschließend wird der Draht gezogen mit Grob-, Mittel- und Feinzügen je nach gewünschtem Produkt. Nach jedem Ziehprozess werden sie gegläht und gebeizt.</p> <p>Drähte sind die Vorstufe von Leitungen (vgl. Wiley Industrie News 2017). Leitungen bestehen aus vielen Kupfer-Einzeldrähten. Durch Extrusion wird die Litze mit einem Kunststoff ummantelt. Hierbei können auch mehrere Schichten auf die Litzen aufgebracht werden um eine bessere Isolation und gleichzeitig höhere Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen. Im dritten Schritt werden die isolierten Leiter verseilt. Üblicherweise werden Paare gebildet, die in einem weiteren Schritt mit anderen Paaren verseilt werden können wenn z.B. mehr Daten- oder Stromleitungen benötigt werden. Der letzte Schritt bei Datenleitungen ist die Flechtereie. Dünne Drähte aus Kupfer oder verzinnnten Kupfer werden um das Adernbündel gewoben. Zweck ist eine Isolation gegen elektromagnetische Störungen. Anschließend erhalten sowohl Stromleitungen als auch Datenleitungen noch eine Ummantelung durch Extrusion eines Kunststoffes. Die Extrusion findet bei 200 Grad statt, so dass die Leitung im Wasserbad gekühlt werden muss. Zum Abschluss wird die Bezeichnung auf die Kabel gedruckt, auf eine Trommel gewickelt und die Rolle wird verpackt.</p>	
<p>Elektrolyt-Produktion</p>	<p>Elektrolyte werden von der chemischen Industrie hergestellt. Die Produktion ist ein "High-Tech-Prozess", der in den Industrieländern erfolgt (vgl. Österreichische Chemie / Fischer 2021)</p> <p>Der Elektrolyt gewährleistet den Ionenfluss. Die Elektrolyt-Produktion macht 1 bis 2% der Batteriekosten aus. Lithium reagiert heftig unter Knallgas-Reaktion mit Lithium, weshalb alle Elektrolyte wasserfrei sein müssen. Es werden deshalb Lithiumsalze wie <math>\text{LiPF}_6</math> Lithiumhexafluorophosphat in organischen Lösungsmitteln eingesetzt (Batterieforum o.J.). Basismaterialien für den Elektrolyten sind Flusssäure und</p>	<p><b>SDG 3 - Gesundheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Anforderungen an den Gesundheitsschutz sind sehr hoch, werden aber in den Industrieländern meist gewährleistet</li> <li>• China: Das Land produziert vermutlich die größten Mengen an Elektrolyten. Ob der Gesundheitsschutz eingehalten wird, kann nicht beurteilt werden aufgrund fehlender Unfallstatistiken.</li> </ul>

	<p>Phosphorverbindungen, die beide zu den extrem gefährlichen Chemikalien gehören.</p> <p>Standardzellen haben eine Spannung von 3,6 Volt, aber NMC-Elektroden können eine höhere Spannung leisten. Dies führt dazu, dass weniger Zellen in Reihe geschaltet werden müssen, um in den Hochvoltbereich zu kommen. Gleichzeitig wird die Sicherheit der Reihenschaltung erhöht: Die Spannung ist nur so hoch, wie das schwächste Glied sie zulässt (ebd.). Besser wären noch Festkörperelektrolyte, um den Brandschutz zu erhöhen.</p>	
<p>Separatoren - Folie</p>	<p>Die Herstellung von Separatoren-Folien ist ein Hochtechnologie-Prozess. Statistiken über die produzierten Mengen und die produzierenden Länder liegen nicht vor.</p> <p>Die Separatorenfolie ist eine Bandfolie, die mit den üblichen Herstellungsprozessen wie dem Einschmelzen der Pellets und Extrusion hergestellt wird. Die Folie trennt die Anode und Kathode elektrisch voneinander, ist also unverzichtbar (Batterieforum o.J.). Sie ist durchlässig für Ionen, um so den Ionen-Stromfluss zu gewährleisten.</p> <p>Darüber hinaus nimmt die Folie den Elektrolyten auf und die Batterien können kompakter gebaut werden.</p> <p>Shut-Down-Separatoren vermögen auch bei steigender Temperatur den Ionenfluss zu regulieren, indem die Poren der Membran-Folie sich schließen. Hierdurch wird mehr Sicherheit gewährleistet. Die Kosten für die Separatorenfolien machen 5 bis 6% der Gesamtkosten aus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Relevanz für die SDGs ist nur über die vorangegangenen Stufen der Wertschöpfungskette erkennbar, da die Produktion (vermutlich) nur in den sehr entwickelten Ländern stattfindet.</li> <li>• Es ist nicht ersichtlich, dass die Folienproduktion mit hohen Energieverbräuchen oder Emissionen verbunden ist.</li> <li>• Der zusätzliche Materialeinsatz zur Herstellung der Folien ist vermutlich gering und somit nicht besonders relevant für die SDGs</li> </ul>
<p>Anoden-Produktion</p>	<p>Die Herstellung von Anoden ist ein Hochtechnologie-Prozess. Die Produktion ist nahezu vollautomatisiert. Statistiken über die produzierten Mengen und die produzierenden Länder liegen nicht vor.</p> <p>Die Kosten für die Anoden betragen 2 bis 3% der Batteriekosten (ohne Rohstoffkosten). Es gibt verschiedene Anoden-Typen für Lithium-Batterien. Konventionell sind Graphit oder siliziumbasierte Anoden (Batterie 2020 o.J.), in denen Lithium-Metall eingelagert ist. Neu hingegen ist die</p>	<p><b>SDG 6 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie wird vor allem in Form von Strom verwendet, in Deutschland liegt der EE-Anteil inzwischen bei 50%, der THG-Wert des Strommix zwischen 375 und 410 g CO<sub>2</sub>-Äq (UBA 2022)</li> <li>• China, Südkorea und Japan: China hat einen hohen Kohleanteil, Südkorea verwenden viel Atomstrom</li> </ul>

	<p>Verwendung von Li-Metall-Anoden. Verwendet man NMC-Kathoden zusammen mit Silicium-Anoden, können die Kapazitäten bis auf 4.000 mAh gesteigert werden (chemie.de o.J.).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Herstellung werden die Materialien als Pasten aufbereitet, ein Gemisch aus flüssigen Lösungsmitteln und Stoffen in Pulverform (elektroauto-news / SVOLT o.J.). Anschließend werden die Pasten auf hauchdünn beidseitig auf eine sehr dünne Folien aufgetragen (Aluminium oder Kupferfolien, Beschichten der Elektrodenfolie).</li> <li>• Im Trockner wird das Lösungsmittel verdampft. Das Lösungsmittel wird in einem Kreislaufprozess ohne Emissionen verwendet.</li> <li>• Über rotierende Walzen wird die Beschichtung verdichtet und die Dicke korrigiert. Da diese Anodenfolie sehr dünn ist, ist der Produktionsaufwand sehr hoch, da bei Beschädigungen die gefürchteten Dendriten wachsen würden.</li> <li>• Die Produktion von Zellen wird im Abschnitt "Zellproduktion" beschrieben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Herstellung erfolgt unter Reinraumbedingungen wie die Chipproduktion - deshalb ist der Strombedarf aber viel höher als bei anderen Produkten der Elektrotechnik</li> </ul> <p><b>SDG 12 - Konsum und Produktion</b> siehe unten: Batteriefertigung</p> <p><b>SDG 13 Klimaschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Sinne des Klimaschutzes ist die Elektrifizierung der Mobilität bei gleichzeitigem Ausbau der erneuerbaren Energien der wesentliche Beitrag für den Klimaschutz</li> </ul> <p><b>Weitere SDGs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Relevanz für die anderen SDGs ist nur über die vorangegangenen Stufen der Wertschöpfungskette erkennbar, da die Produktion nur in den sehr entwickelten Ländern stattfindet.</li> </ul>
<p>Kathoden-Produktion</p>	<p>Die Herstellung von Kathoden ist ein Hochtechnologie-Prozess. Statistiken über die produzierten Mengen und die produzierenden Länder liegen nicht vor.</p> <p>Die Kosten für die Kathoden betragen 5 bis 6% der Batteriekosten (ohne Rohstoffkosten). Elektroden werden auch in Deutschland hergestellt z.B. bei Litarion in Sachsen.</p> <p>Die häufigsten Kathoden sind NMC-Kathoden [Li(NiCoMn)O<sub>2</sub>] (Chemie.de o.J.). Batterien mit derartigen Kathoden haben eine hohe Kapazität (z.B. bei 18650er-Zellen 2.800 mAh) und liefern Ströme von 4 bis 5 Ampere, sie können aber auch auf Entladeströme von 20 A optimiert werden. Die Vorteile dieser Kathoden sind eine hohe Energiedichte (durch die Kombination von Mangan und Nickel), relativ geringe Produktionskosten sowie eine gute elektrochemische Leistungsfähigkeit (Performance, chemie.de o.J.). Der Strom</p>	<p>Relevanz für die SDG: s.o. Anoden-Produktion</p>

	<p>wird über einen Aluminiumleiter abgeleitet. Zur Herstellung s.o. "Anoden-Produktion". (elektroauto-news / SVOLT o.J.). Bei Kathoden wird noch das Aktivmaterial (Lithium, Mangan oder Kobalt) hinzugemischt. Die Produktion von Zellen wird im Abschnitt "Zellproduktion" beschrieben</p>	
<p>Batterie-fertigung</p>	<p>Die Batteriefertigung ist ein sehr komplexer, teurer und mechanischer Prozess - beinahe vergleichbar mit der Chipfertigung. Weltweit ist Asien führend - vor allem China (CATL), Korea (Samsung) und Japan (Panasonic). Seit den 2000er Jahren ist noch Tesla mit seinen Standorten in den USA hinzugekommen ("Giga-Factories"). Die Investitionskosten für die Batteriefertigung liegen im Milliardenbereich (manager-magazin 2021). Die Leistung der Fabriken wird in GWh angegeben. Deutsche Projekte liegen in der Größenordnung von 100 GWh. Eine Batterie für PKW höherer Reichweite hat 64 kWh, so dass die Giga-Factories rund 1,5 Mio. Batteriesätze dieser Leistung herstellen pro Jahr. Angesichts von rund 48 Mio. PKW in Deutschland (UBA 2022) wären drei Fabriken dieser Größenordnung notwendig, um in zehn Jahren die deutsche KFZ-Flotte elektrisch zu gestalten. Bei der Batteriefertigung ist die Produktion der Zellen und der Batteriemodule zu unterscheiden.</p>	<p><b>SDG 6 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie wird vor allem in Form von Strom verwendet, in Deutschland liegt der EE-Anteil inzwischen bei 50%, der THG-Wert des Strommix zwischen 375 und 410 g CO<sub>2</sub>-Äq (UBA 2022)</li> <li>• China, Südkorea und Japan: China hat einen hohen Kohleanteil, Südkorea verwenden viel Atomstrom</li> </ul> <p><b>SDG 12 - Konsum und Produktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Relevanz der eingesetzten Mengen und damit auch die Folgen für die Nachhaltigkeit in den drei Dimensionen wird sich aber durch die Transformation des Mobilitätssystems ergeben:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ein Li-Akku wiegt je nach Kapazität zwischen 200 und 700 kg</li> <li>○ der mittlere Wert für den Akku eines PKW's kann auf 400 kg geschätzt werden</li> <li>○ in Deutschland werden ca. 41 Mio. PKW genutzt</li> <li>○ eine vollständige Elektrifizierung hatte einen Materialbedarf von 1,6 Mio. t</li> <li>○ zum Vergleich: das mittlere Fahrzeuggewicht betrug in Deutschland 1,7 t (statista 2022)</li> <li>○ in 2022 stellten die deutschen Autobauer 12.5 Mio. Fahrzeuge her</li> <li>○ Zum Vergleich: Der Materialeinsatz für PKW betrug 2022 ca. 21 Mio. t. Eine</li> </ul> </li> </ul>

		<p>Elektrifizierung würde kaum etwas am Materialeinsatz ändern, da der Verbrennungsmotor und andere Bauteile wegfallen würden</p> <p><b>SDG 13 Klimaschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Sinne des Klimaschutzes ist die Elektrifizierung der Mobilität bei gleichzeitigem Ausbau der erneuerbaren Energien der wesentliche Beitrag für den Klimaschutz</li> </ul>
Zellproduktion	<p>Die Zellproduktion macht rund 33 bis 34% der Gesamt-Batteriekosten aus. Roland Berger schätzt die reine Wertschöpfung auf dieser Stufe ohne Rohstoffe und Energie auf 13 bis 15% der gesamten Kosten einer Batterie.. Angesichts der hohen Investitionskosten für Zellfabriken verfolgen die Automobilhersteller unterschiedliche Strategien: Der Zukauf von Zellen oder die Eigenproduktion.</p> <p>Nach der Herstellung der Anoden und Kathoden erfolgt die Zellproduktion wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Folien werden in mehrere kleine Bänder unterteilt und zugeschnitten.</li> <li>• Der nächste Schritt ist die Assemblierung (Stapelung) der Bänder - Anode, Separator, Kathode, Separator u.s.w. In manchen Fällen erfolgt eine Wicklung der Stapel für Rundzellen.</li> <li>• Anschließend werden die elektrischen Anschlüsse an Kathode und Anode hergestellt (Druckverfahren). Der Strom wird über Kupferbänder abgeleitet.</li> <li>• Abschließend werden die Stapel abgedichtet, isoliert und verschweißt in einem Metallgehäuse (Aluminium).</li> <li>• Als letzten Schritt erfolgt das Einspritzen des Elektrolyten. Nach dem Erstladen (Formation) wird mehrere Wochen abgewartet und mehrfach neu geladen, um Fehler zu entdecken.</li> </ul>	<p><b>SDG 6 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie wird vor allem in Form von Strom verwendet, in Deutschland liegt der EE-Anteil inzwischen bei 50%, der THG-Wert des Strommix zwischen 375 und 410 g CO<sub>2</sub>-Äq (UBA 2022)</li> <li>• China, Südkorea und Japan: China hat einen hohen Kohleanteil, Südkorea verwenden viel Atomstrom</li> </ul>
Batteriekonfiguration	Die Batterie-Konfiguration ist ein streng gehütetes Firmengeheimnis, da sie entscheidend für die Kosten und die	Relevanz für die SDG: s.o. Batteriefertigung

	<p>Leistungsfähigkeit einer Batterie sind. Das Prinzip ist einfach: Die Verbindung der Zellen mit der Elektronik, die alle Prozesse analysiert und steuert.</p> <p>Der Anteil an den Gesamt-Batteriekosten liegt zwischen 24 und 25%. Im Prinzip ist es jedoch nur die Stapelung der Zellen und die Installation der Elektronik, die jedoch essentiell für eine gute Batterie ist (elektronauto-news / SVOLT o.J.). Die Elektronik regelt die Lade- und Entladevorgänge. Integriert in die Elektronik ist auch ein Monitoring (Temperatur, Kapazität, Ladezustand und Spannung). Sie steuert die Kühlung und das Heizen, um die Batterien möglichst langlebig zu halten.</p>	
Einbau in Fahrzeugen	<p>Lithium-Ionen-Batterien sind die teuerste Bauteilgruppe für ein E-Fahrzeug. Die Batteriekosten sollen - je nach Leistung - zwischen 3.000 und 10.000 Euro kosten. 2021 lagen die durchschnittlichen Herstellungskosten bei 123 €/kWh (Autobild / Berylls Strategy Advisors / FFB 2022). Bei einem Urban SUV der Mittelklasse mit 64 kWh Batterie würden die Kosten bei 7.800 € liegen (Listenpreis: 43.000 Euro, d.h. 18% des Gesamtpreises)</p>	Relevanz für die SDG: s.o. Batteriefertigung
Nachnutzung	<p>Lithium-Ionen-Akkus können eine lange Lebensdauer haben. Durch das intelligente Batteriemanagement sind sie nicht zu vergleichen mit Akkus in der IT-Technik (ADAC 2022). Ein Test mit einem BMW i3 Baujahr 2014 zeigte eine Kapazität von 86% nach fünf Jahren und 100.000 km (ebd.). Die Herstellergarantie liegt meist bei 160.000 km und 8 Jahren.</p> <p>Lithium-Ionen-Akkus aus den PKWs gehören zudem in die Produkte, die gut weiterverwendet werden können. "Weiterverwendung", weil sie nicht im Fahrzeugbereich, sondern als Energiespeicher bei Energieversorgern eingesetzt werden können. Hier ist die Kapazität weniger wichtig - denn hunderte Akkus werden zu einem großen Speicher zusammengeschaltet. Audi und EnBW haben ein "Seniorenheim für Akkus" gegründet (EnBW 2022). Je 12 Akkus werden jeweils</p>	keine negativen Wirkungen und Relevanz für die SDG ersichtlich

	zusammengeschaltet und haben eine Kapazität von 1 MWh. Hiermit können gleichzeitig einige hundert Haushalte mit Strom versorgt werden, wenn auch nur sehr kurzfristig. Die Akkus haben aber noch einen zweiten Vorteil: Sie können Strom aus Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen aufnehmen wenn der Strom nicht gebraucht wird (ADAC 2022b)	
Recycling	Lithium-Ionen-Akkus sind sehr wertvoll. In einem rund 400 Kilogramm schweren Akku mit 50 kWh Kapazität stecken etwa 4 kg Lithium, 11 kg Mangan, 12 Kilo kg, 12 Kilo Nickel und 33 kg Graphit (ADAC 2022b). Das Recycling umfasst Demontage, Sortieren, Schreddern und thermisches Aufschmelzen. Beim Aufschmelzen gewinnt man die Metalle, Aluminium, Graphit und Elektrolyt gehen verloren. Beim Schreddern können Recyclingquoten von 96% erreicht werden (energies o.J.)	<p><b>SDG 6 - Saubere Energie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie wird vor allem in Form von Strom verwendet, in Deutschland liegt der EE-Anteil inzwischen bei 50%, der THG-Wert des Strommix zwischen 375 und 410 g CO<sub>2</sub>-Äq (UBA 2022)</li> </ul> <p><b>SDG 13 - Klimaschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für das Aufschmelzen wird vor allem Gas verwendet, welches zu unmittelbaren THG-Emissionen führt</li> </ul>

## 2.5 Wertschöpfungsketten und digitaler Produktpass

Auf dem Weg zur Erreichung der Ziele Nachhaltiger Entwicklung besteht die Notwendigkeit der Transparenz aller Wertschöpfungsschritte. Vermutlich wird diese Vorschrift zur Transparenz in einigen Jahren Pflicht werden. Besonders interessant für die Konstruktion und Herstellung von elektrotechnischen Maschinen und Anlagen sind die Vorschläge der EU zur Neugestaltung der "Ecodesign Richtlinie", die am 30. März 2022 veröffentlicht wurde (EC 2022a). Der neue "Digitale Produktpass" wird Informationen über die ökologische Nachhaltigkeit von Produkten liefern. Dies soll Verbrauchern und Unternehmen helfen, beim Kauf von Produkten fundierte Entscheidungen zu treffen, Reparaturen und Recycling zu erleichtern und die Transparenz über die Auswirkungen von Produkten auf die Umwelt während ihres Lebenszyklus zu verbessern.

Für Heizungspumpen (Nassläuferpumpen) liegt eine explizite Anforderungsbeschreibung vor (EU-Kommission 2019). Darin werden benannt: Haltbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Aufrüstbarkeit und Reparierbarkeit von Produkten, Vorhandensein von Stoffen, die die Kreislaufwirtschaft behindern, Energie- und Ressourceneffizienz, recycelter Inhalt, Wiederaufbereitung und Recycling, Kohlenstoff- und Umweltfußabdruck sowie Informationsanforderungen, einschließlich des digitalen Produktpasses.

Die von uns vorgeschlagenen Projektaufgaben nehmen deshalb eine Entwicklung voraus, die auf alle Elektroniker und Elektronikerinnen in naher Zukunft zukommen wird. Insofern sind die Projektaufgaben anschlussfähig an die derzeitige Praxis (Konstruieren und Umsetzen von elektronischen Lösungen), sollen aber die Auszubildenden auch gleichzeitig vorbereiten auf eine nachhaltige Gestaltung ihres Berufes.

## 2.6 Kumulierter Rohstoff- und Energieaufwand

Jedes Produkt hat eine lange Wertschöpfungskette: Es beginnt beim Bergbau, die Erze oder Mineralien werden verhüttet, oft erfolgt die Reinstoffherstellung (Aluminium, Kupfer, Silizium), um dann bei den Metallen die Halbzeuge herzustellen. Aus diesen werden die "Bauteile" für die Produkte hergestellt: Drähte und Leitungen, Rohre und Bleche, Dioden und Widerstände, Gehäuse oder Isolierungen. Danach erfolgt die Zusammenstellung zu Produkten. Jeder dieser Schritte in der Wertschöpfungskette ist mit Material- und Energieaufwand verbunden. Deshalb ist der Rohstoff- und der Energieaufwand der Produkte viel höher als nur das Material, welches in dem Produkt ist und die Energie, die zur Herstellung des (End)Produktes notwendig ist.

Mithilfe des kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) wird die Ressourceneffizienz hinsichtlich der Rohstoffressourcen bewertet (VDI o.J.). Dabei wird die Summe aller Rohstoffe und die Energierohstoffe, die innerhalb einer Wertschöpfungskette für ein Produkt notwendig sind, zusammengerechnet. Wasser und Luft werden nicht mitgezählt, wohl aber der Transport aller Materialien (UBA o.J.). Nicht wirtschaftlich verwendete Stoffe und Stoffgemische, wie die nicht verwertete Entnahme, bleiben unberücksichtigt. Die gebräuchliche Einheit ist Tonne pro Tonne. Die folgende Tabelle zeigt die Werte des KRA für diverse Metalle und einige Materialien.

Tabelle: Jährliche Primärproduktion Mengen und kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für ausgewählte Rohstoffe (UBA 2017):

Rohstoff	Produktionsmenge pro Jahr		Spezifischer kumulierter Rohstoffaufwand ( $KRA_{\text{spezifisch}}$ )	Kumulierter Rohstoffaufwand der Weltproduktion ( $KRA_{\text{global}}$ )
	[t]	Bezugsjahr		
Aluminium	58.300.000	2015	10.412	607.019.600
Baryt	7.460.000	2015	9.105	67.923.300
Bauxit	274.000.000	2015	1.141	367.434.000

Rohstoff	Produktionsmenge pro Jahr		Spezifischer kumulierter Rohstoffaufwand (KRA <sub>spezifisch</sub> )	Kumulierter Rohstoffaufwand der Weltproduktion (KRA <sub>global</sub> )
Bentonit	16.000.000	2015	1.008	16.128.000
Borate	5.860.000	2015	2.885	16.906.100
Chrom	8.313.125	2015	21.956	182.522.973
Diatomit	2.290.000	2015	2.286	5.234.940
Eisen	1.180.000.000	2015	4.126	4.868.680.000
Flussspat	6.250.000	2015	1.179	7.368.750
Gallium	74	2014	1.666.985	123.357
Gips	258.000.000	2015	1.011	260.838.000
Gold	3.000	2015	740.317.694	2.220.953.082
Graphit	1.190.000	2015	1.066	1.268.540
Indium	755	2015	25.753.922	19.444.211
Kalisalz	38.800.000	2015	7.736	300.156.800
Kalkstein	350.000.000	2015	1.001	350.350.000
Kaolin	34.000.000	2015	4.736	161.024.000
Kobalt	124.000	2015	56.884	7.053.616
Kupfer	18.700.000	2015	128.085	2.395.189.500
Lithium	32.500	2015	13.265	431.113
Magnesit	8.300.000	2015	2.106	17.479.800
Magnesium	910.000	2015	5.051	4.596.410

Rohstoff	Produktionsmenge pro Jahr		Spezifischer kumulierter Rohstoffaufwand (KRA <sub>spezifisch</sub> )	Kumulierter Rohstoffaufwand der Weltproduktion (KRA <sub>global</sub> )
Mangan	18.000.000	2015	8.224	148.032.000
Molybdän	267.000	2015	989.114	264.093.438
Nickel	2.530.000	2015	133.105	336.755.650
Palladium	208	2015	36.937.268 <sup>38</sup>	7.682.952
Perlit	2.680.000	2015	1.457	3.904.760
Phosphat	223.000.000	2015	18.308 <sup>39</sup>	4.082.684.000
Platin	178	2015	128.778.574 <sup>40</sup>	22.922.586
Quarzsand	181.000.000	2015	1.088	196.928.000
Selen	2.797	2014	3.810	10.657
Silber	27.300	2015	6.834.797	186.589.958
Silizium	8.100.000	2015	37.771	305.945.100
Talk	7.320.000	2015	1.407	10.299.240
Tantal	1.200	2015	9.179.654	11.015.585
Titan	4.015.638	2014	39.522	158.705.045
Wolfram	87.000	2015	343.423	29.877.801
Zink	13.400.000	2015	13.554	181.623.600
Zinn	294.000	2015	1.178.827	346.575.138

Quellen: UBA 2017 mit Daten von British Geological Survey 2016; Giegrich et al. 2012; Reichl et al. 2016; U.S. Geological Survey 2016

Der kumulierte Primärenergieaufwand oder kumulierter Energieaufwand summiert den *primärenergetisch bewerteten Aufwand, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produkts entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann.*

Gebräuchliche Einheit ist MJ/t. Neben der energetischen Verwendung werden der nichtenergetische Verbrauch sowie der stoffgebundene Energieinhalt berücksichtigt (UBA o.J.).

**Tabelle: Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA) bezogen auf 1 t Rohmaterial sowie die jährliche Welt Gesamtproduktion (KEA<sub>global</sub>)**

Rohstoff	Spezifischer kumulierter Primärenergieaufwand (KEA) [MJ/t]	Produktionsmenge pro Jahr <sup>44</sup> [ t/a]	Primärenergieaufwand für eine Jahresförderung (KEA <sub>global</sub> ) [TJ/a]
Aluminium	131.000	58.300.000	7.637.300
Antimon	141.000	150.000	21.150
Baryt	14.996	7.460.000	111.870
Bauxit	109	274.000.000	29.866
Bentonit	354	16.000.000	5.664
Beryllium	1.720.000	300	516
Borate	26.035	5.860.000	152.565
Chrom	484.371	8.313.125	334.188
Diatomit	6.214	2.290.000	14.230
Eisen	23.100	1.180.000.000	27.258.000
Flussspat	1.356	6.250.000	8.475
Gallium	3.030.000	74	224
Germanium	2.890.000	165	477
Gips	29	258.000.000	7.379
Gold	208.000.000	3.000	624.000
Graphit	437	1.190.000	520
Indium	1.720.000	755	1.299
Kaliumcarbonat	5.345	38.800.000	207.386
Kalkstein	24	350.000.000	8.540
Kaolin & Kaolinit	3.282	34.000.000	111.588
Kobalt	128.000	124.000	15.872
Kupfer	50.700	18.700.000	1.004.190
Lithium	125.000	32.500	4.063

Rohstoff	Spezifischer kumulierter Primärenergieaufwand (KEA) [MJ/t]	Produktionsmenge pro Jahr <sup>44</sup> [ t/a]	Primärenergieaufwand für eine Jahresförderung (KEA <sub>global</sub> ) [TJ/a]
Magnesium	18.800	910.000	17.108
Mangan	23.700	18.000.000	426.600
Molybdän	117.000	267.000	31.239
Nickel	111.000	2.530.000	280.830
Niob	172.000	56.000	9.632
Palladium	72.700.000	208	15.122
Perlit	14.169	2.680.000	37.973
Phosphatgestein	3.962	223.000.000	883.526
Platin	243.000.000	178	43.254
Quarzsand	287	181.000.000	51.947
Rhenium	9.040.000	46	416
Selen	65.500	2.797	183
Silber	3.280.000	27.300	89.544
Silizium	1.416.614	8.100.000	11.474.573
Talk	434	7.320.000	3.177
Tantal	4.360.000	1.200	5.232
Titan	115.000	4.015.638	461.798
Vanadium	516.000	79.400	40.970
Wolfram	133.000	87.000	11.571
Zink	52.000	13.400.000	696.800
Zinn	321.000	294.000	94.374

## Quellenverzeichnis

- Apple (2022): Apple Event. Online: <https://www.apple.com/de/apple-events/>
- BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2021): Sorgfaltspflichtengesetz ab 01.01.2023. Online: <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/gesetz-unternehmerische-sorgfaltspflichten-lieferketten.html>

- Bundesregierung (o.J.): Globale Nachhaltigkeitsstrategie – Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. Online:  
[www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174](https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174)
- Deutscher Bundestag (2007): CO<sub>2</sub>-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Online:  
<https://www.bundestag.de/resource/blob/406432/70f77c4c170d9048d88dcc3071b7721c/wd-8-056-07-pdf-data.pdf>
- EC Europäische Kommission (2019): Verordnung 2019/1781 der Kommission. Online:  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1781-20230124>
- elektroniknet; Arnold, Heinz (2021): Die Top-Ten-Kobalt-Produzenten. Online:  
<https://www.elektroniknet.de/power/die-top-ten-kobalt-produzenten.187424.html>
- Europäische Kommission (2022): Der Grüne Deal. Online:  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip\\_22\\_2013](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_2013)
- Handelsblatt (2015): Schimmel, Wanzenbisse und eine 60-Stunden-Woche. Online:  
<https://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/apple-arbeitsbedingungen-schimmel-wanzenbisse-und-eine-60-stunden-woche/12489460.html>
- Handwerk (2022): So schreiben Sie Computer-hardware und Software 2022 ab. Online:  
<https://www.handwerk.com/wahlmoeglichkeiten-abschreibungen-hardware-software>
- IG (2022): Die 8 größten Lithiumproduzenten der Welt nach Ländern. Online:  
<https://www.ig.com/de/trading-strategien/die-8-groessten-lithiumproduzenten-der-welt-nach-laendern-221202>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Cobalt, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/kobalt/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Lithium, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/lithium/>
- Öko-Institut (o.J.): Fragen und Antworten zu Obsoleszenz. Online:  
<https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/fragen-und-antworten-zu-obsoleszenz#c5450>
- Pinkwa, Pia (2019): Moderne Sklaverei und Menschenrechte – Wo stehen deutsche Unternehmen? Online:  
<https://resources.ecovadis.com/de/blog/moderne-sklaverei-und-menschenrechte-wo-stehen-deutsche-unternehmen>
- refa (o.J.): Definition Wertschöpfungskettenanalyse. Online:  
<https://refa.de/service/refa-lexikon/wertschoepfungskette>
- savethechildren (2022): KINDERRECHTSVERLETZUNGEN BEIM KOBALTTABBAU UND WIE DAGEGEN VORGEHEND WERDEN KANN. Online:  
<https://www.savethechildren.de/news/studie-kinderrechtsverletzungen-beim-kobaltabbau-und-wie-dagegen-vorgegangen-werden-kann/>
- spektrum (2021): Aluminiumhütten könnten Quelle mysteriöser Emissionen sein. Online:  
<https://www.spektrum.de/news/aluminiumhuetten-koennten-quelle-mysterioeser-emissionen-sein/1915684>
- Statista (2023): Anteil der Energieträger an der Nettostromerzeugung in Norwegen in den Jahren von 2021 bis 2022. Online:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1292636/umfrage/struktur-der-stromerzeugung-in-norwegen/>
- Südostasien-Magazin (2019): Toxische Zustände in der Elektronikindustrie. Online:  
<https://suedostasien.net/toxische-zustaende-in-der-elektronikindustrie/>

- UBA-Umweltbundesamt (2022): Elektro- und Elektronikaltgeräte. Dessau-Roßlau 28.09.2022. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlt-er-abfallarten/elektro-elektronikaltgeraete#wo-steht-deutschland>
- UBA Umweltbundesamt (o.J.): Kumulierter Energieaufwand. Online: [https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/\\_00041985.html](https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/_00041985.html)
- UBA Umweltbundesamt (o.J.): Kumulierter Rohstoffaufwand. Online: [https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/\\_00657459.html](https://sns.uba.de/umthes/de/concepts/_00657459.html)
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz (o.J.): Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA). Online: [Kumulierter Rohstoffaufwand \(KRA\) \(ressource-deutschland.de\)](https://www.vdi-zentrum.de/ressourcen/ressource-deutschland.de)
- VENRO (2021): Vier Jahre Nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAP). Online: [https://venro.org/fileadmin/user\\_upload/Dateien/Daten/Publikationen/Sonstige/Schattenbericht\\_2021\\_NAP\\_FINAL\\_V1\\_WEB.pdf](https://venro.org/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Publikationen/Sonstige/Schattenbericht_2021_NAP_FINAL_V1_WEB.pdf)
- Wirtschaftswoche (2021): China will Kohleverbrauch in Kraftwerken bis 2025 reduzieren. Online: <https://www.wiwo.de/politik/ausland/klimawandel-china-will-kohleverbrauch-in-kraftwerken-bis-2025-reduzieren/27764324.html>

## 3 Didaktische Hinweise

Eine Wertschöpfungskettenanalyse (WKA) von komplexen Produkten wie solchen der Elektrotechnik und Elektronik ist äußerst anspruchsvoll. Im Unterricht kann es deshalb nicht das Ziel sein, diese mit völlig korrekten Ergebnissen durchzuführen. Sondern es geht darum, eine Einschätzung zu vermitteln, wie Nachhaltigkeit von Produkten beeinflusst werden kann. Um diesem Ziel gerecht zu werden, werden vielfach Vereinfachungen vorgenommen, die zwar wissenschaftlich begründet werden, aber der Idee einer konsistenten WKA nicht unbedingt gerecht werden, getreu dem Motto “Der Weg ist das Ziel”.

### 3.1 THG-Wertschöpfungskettenanalyse

- siehe Kapitel [4. THG-Analyse einer Wertschöpfungskette](#)

Die THG-WKA führt in die Methodik der Analyse ein. Hierbei werden die folgenden Themen behandelt:

**Tabelle: Themen und Aufgaben für eine THG-Wertschöpfungskettenanalyse**

Thema	Kapitel
Zusammensetzung von elektronische Bauteilen, Produktgruppen und Geräten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">4.2 Metalle und ihre Verbindungen</a></li> <li>• <a href="#">4.2 Kunststoffe für Elektro- und Elektronikprodukte</a></li> </ul>
Primärenergiebedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">4.3 SDG 12 / 13: Primärenergiebedarf bestimmen</a></li> </ul>
CO <sub>2</sub> -Budget	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">4.3 SDG 12 / 13: Primärenergiebedarf bestimmen</a></li> </ul>

Primärenergiebedarf für ein Bauteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Indikator: Primärenergiebedarf für ein Bauteil</a></li> </ul>
Strommix als Schlüsselfaktor für die Nachhaltigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Indikator Stromerzeugung (Strommix)</a></li> </ul>
Mehrkosten für nachhaltige Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Aufgabe: Mehrkosten für elektronische Bauteile</a></li> </ul>
Primärenergiebedarf für Bauteile und Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Aufgabe: Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils</a></li> <li>• <a href="#">Aufgabe: Kleine Elektro- oder Elektronikgeräte (KEEG)</a></li> <li>• <a href="#">Aufgabe: Leiterplatten</a></li> <li>• <a href="#">Aufgabe: Produkte mit hohen Metallanteilen</a></li> </ul>

- Dieses Material wurde für den Einsatz im Berufsschulunterricht konzipiert. Unser Ziel ist eine integrative Vermittlung der Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”, bei der Themen aus dem betrieblichen und berufsschulischen Lernen ineinander übergehen.
- Hintergrundinformationen zu allen Themen finden sich im Dokument “Elektroniker\*in HGM IZT” (wird gleichfalls auf dieser Webseite zur Verfügung gestellt).
- Die Umsetzung im Unterricht kann wie folgt gestaltet werden:
  - Einführung in das Thema Nachhaltigkeit und die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit” (siehe hierzu die Einleitung dieses Dokuments)
  - Einführung in die Thematik “Wertschöpfungskettenanalyse”
    - s. Kap. [2.1 Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz](#)
    - s. Kap. [2.2 Europäisches Lieferkettengesetz](#)
    - s. Kap. [2.3.1 Ökologische Wertschöpfungskettenanalysen](#)
    - s. Kap. [2.3.2 Sozial-Ökonomische Wertschöpfungskettenanalysen](#)
  - Präsentation des Beispiels [2.4 Wertschöpfungskette “Lithium-Ionen-Batterie”](#)
  - Einführung in die Aufgaben unter Nutzung der jeweiligen Einführungstexte
  - Bearbeitung der Aufgaben durch die Schüler und Schülerinnen.
  - Jede Aufgabe ist beispielhaft ausgeführt (für die Lehrkraft).
  - Für die Schüler und Schülerinnen kann die Aufgabe ausgedruckt und ausgehändigt werden.
  - Diskussion der Ergebnisse:
    - Wie sind die Ergebnisse zu interpretieren?
    - Welche Bedeutung hat das Ergebnis für das Berufsbild “Elektroniker\*in”

- Notwendige Materialien
  - Internetzugang: Zu allen Aufgaben sind die Quellen mit den Daten im Internet angegeben.
  - Eine schnellere Bearbeitung im Unterricht ist möglich, wenn die Lehrkraft die entsprechenden Quellen herunterlädt und die betreffenden Seiten ausdruckt. Die wichtigsten Quellen sind:
  - UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung . Seite 67-68. Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)
  - Öko-Institut (2020): Digitaler Fußabdruck. **Diverse Seiten über den Herstellungsaufwand (THG-Potential in CO<sub>2</sub>-Äq) für IT-Geräte.** Online: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>
  - Für verschiedene Aufgaben empfiehlt sich - ist aber nicht zwingend notwendig - die Demontage von elektrischen Geräten oder Baugruppen, um den Metallanteil zu bestimmen. Hierzu werden Werkzeug und eine Waage benötigt.
- Zeitaufwand:
  - Eine Doppelstunde oder ein Projekttag (wenn Demontagen und Produktanalysen durchgeführt werden)
- Arbeitsblätter siehe [4.5 Arbeitsblätter: THG-Wertschöpfungskette](#)

### 3.2 SDG-Wertschöpfungskettenanalyse

Die THG-WKA führt in wichtige Themen der Analyse und Nachhaltigkeit ein. Im zweiten Schritt wird die WKA um die SDG Sustainable Development Goals erweitert. Diese SDG spannen den global vereinbarten Rahmen für eine nachhaltige Entwicklung auf. Sie wurden von den Mitgliedern der Vereinten Nationen völkerrechtlich vereinbart. Eine ausführliche Beschreibung der SDG und ihr Bezug zur Berufsausbildung als Elektroniker und Elektronikerin findet sich in dem Hintergrundmaterial "Elektroniker\*in HGM IZT".

- Der Unterschied zwischen der THG-WKA und der SDG-WKA liegt darin, dass sich letzteres an besonders relevanten SDG für die Elektronik orientiert.

Die Wertschöpfungskette für elektronische Produkte ist sehr lang und zudem werden fast alle Elemente des Periodensystems und hunderte unterschiedliche organische und anorganische Stoffe in der Produktion und der Elektronik selbst genutzt. Insofern kann können das Beispiel "[2.4 Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterie"](#) und die nachfolgenden Aufgaben im Kapitel "[4 SDG-Bewertung einer Wertschöpfungskette](#)" nur zur Anschauung dienen

Für die Analyse der Wertschöpfungskette können im Prinzip ein Produkt (z.B. smarter Heizkörperthermostat oder ein Industrie-Tablet), eine Baugruppe (z.B. eine bestückte Platine), ein Bauteil (ein Lithium-Ionen-Akku oder eine Tantal-Kondensator) oder auch ein genutztes Material (Kupfer, Polyethylen) gewählt werden.

- Einerseits gilt, je komplexer die Stufe ist, desto komplizierter wird es.
- Andererseits gilt auch, dass Kupfer und Kunststoffe zusammen noch kein Elektronikprodukt bilden und Wertschöpfung bedeutet, vom Rohstoff bis zu einem Endprodukt die Kette zu durchlaufen.

Aus diesem Grund müssen sich nicht nur die Ebenen ändern (Material, Bauteil, Baugruppe oder Produkt), auch die Indikatoren müssen passend gewählt werden, an Hand derer die Analyse durchgeführt wird:

- Angefangen wird bei ausgewählten Rohstoffen und ihrer Bedeutung für die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Soziales und Wirtschaft)
- dann werden Bauteile oder Baugruppen betrachtet und
- schließlich die Produkte.

Die folgende Tabelle stellt einen Vorschlag für eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse dar.

Tabelle: Themen und Aufgaben für eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse

Nr.	Arbeitsschritt	Ebene und Bezug
	<a href="#">4.1 Rohstoffe und die ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit</a>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">SDG 15 - Biodiversität</a></li> <li>• <a href="#">Indikator Biodiversität &amp; Vegetationszonen</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>• Ebene Materialien und Biodiversität</li> <li>• Bergbau und Verhüttung in sensiblen Gebieten</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Bewerten Sie die Materialien in Hinsicht auf SDG 3 - Gesundheit &amp; Stäube</a></li> <li>• <a href="#">Indikator Stäube &amp; Bevölkerungsdichte</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>• Ebene Materialien und Abfälle</li> <li>• Abraumhalden, Stäube und Schwermetalle vs. Gesundheitsbelastung der regionalen Bevölkerung</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">SDG 6 - Wasserverbrauch</a></li> <li>• <a href="#">Indikator Wasser &amp; Minenbedarfe</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>• Ebene Prozesse</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserbedarf für den Bergbau und die Verhüttung in unterschiedlich ariden Regionen</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">SDG 7 / 13 Energieressourcen und Emissionen</a></li> <li><a href="#">Indikator Stromerzeugung (Strommix)</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Prozesse, Rein-Metalle und Halbzeuge</li> <li>Strommix in Ländern mit Bergbau</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">SDG 12 - Nutzung von IT-Produkten</a></li> <li><a href="#">Indikator Primärenergieaufwand, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Budget</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Produkte und Nutzung</li> <li>Anteil des Produkts am nachhaltigen CO<sub>2</sub>-Budget</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">SDG 12/13 Stromverbrauch in der Nutzungsphase</a></li> <li><a href="#">Indikator Nutzenergie</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökologische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Produkte und Nutzung</li> <li>Anteil des Elektronik am Energieverbrauch des Produkts</li> </ul>
<a href="#">4.3 Rohstoffe und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit</a>		
9	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Indikator "Ökonomischen Dimension"</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soziale Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Politik</li> <li>Status Umweltschutz, Korruption und Bürgerliche Rechte</li> </ul>
<a href="#">4.4 Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit</a>		
10	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Indikator "Ökonomischen Dimension"</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Produkte</li> <li>Nutzen eines Produktes, Relevanz für die SDG</li> </ul>
<a href="#">4.5 Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit</a>		
11	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Indikator "Recycling"</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Dimensionen der Nachhaltigkeit</li> <li>Ebene Alt-Produkte</li> <li>Status des Produktrecyclings</li> </ul>

- Zunächst wird die oben beschriebene THG-WKA durchgeführt.

- Hierauf aufbauend wird eine Einführung in die SDG gegeben. Eine Kurzbeschreibung der SDG findet sich im Kap. [6. SDGs für Elektroniker\\*innen](#).
- Notwendige Materialien
  - Internetzugang: Zu allen Aufgaben sind die Quellen mit den Daten im Internet angegeben.
  - Eine schnellere Bearbeitung im Unterricht ist möglich, wenn die Lehrkraft die entsprechenden Quellen herunterlädt und die betreffenden Seiten ausdruckt. Die wichtigsten Quellen sind:
  - UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung . Seite 67–68. Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14/10/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14/10/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)
  - Öko-Institut (2020): Digitaler Fußabdruck. Diverse Seiten über Primärenergiewand für IT-Geräte. Online: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>
- Zeitaufwand:
  - Zwei Doppelstunden oder ein Projekttag
  - Es ist möglich, die Aufgabenstellung als Projektaufgabe zu vergeben
- Arbeitsblätter siehe [5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#)

### 3.3 Projektaufgaben für die unterschiedlichen Berufsausbildungen

Aufbauend auf beiden unterschiedlichen WKA, die einmal die Prinzipien der THG- und der SDG-Analysen einführen, finden sich ab Kapitel 6 Projektaufgaben für 11 unterschiedliche Berufsausbildungen mit einer jeweils spezifischen Projektaufgabe:

- Kap. [6.1 Elektroniker\\*in für Geräte und Systeme \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse eines smarten Thermostatventils.
- Kap. [6.2 Elektroniker\\*in für Betriebstechnik \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA-, NMC- und LFP-Batterien mit der Bestimmung von KEA (Kumulierter Energieaufwand) und KRA (Kumulierter Ressourcenaufwand).
- Kap. [6.3 Elektroniker\\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist das Aufzeigen von Handlungsoptionen in Folge einer SDG-Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA, NMC und LFP-Batterien.
- Kap. [6.4 Elektroniker\\*in für Gebäudesystemintegration \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Bewertung der sozialen und der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit beim Einsatz von Smart Speakern im Vergleich mit einer Haussprechanlage in einem Pflegeheim.
- Kap. [6.5 Elektroniker\\*in für Maschinen und Antriebstechnik \(BBG\)](#)

- Die Projektaufgabe ist eine Analyse von Zukunftstechnologien und der Kritikalität von Metallen für Synchronmotoren.
- Kap. [6.6 Elektroniker\\*in für Maschinen und Antriebstechnik \(HW\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist ein SDG-Vergleich von elektrischen und motorbetriebenen Laubbläsern.
- Kap. [6.7 Elektroniker\\*in - FR Energie- und Gebäudetechnik \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Grundlage für eine Entscheidung im Gemeinderat zu schaffen, ob und welche PV-Anlagen gegebenenfalls die Gemeinde "Sonnenalb" energieautark machen können.
- Kap. [6.8 Elektroniker\\*in - FR Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist die Analyse der Wichtigkeit von Tantal und dessen Beiträge zur Erreichung der SDGs.
- Kap. [6.9 Elektroniker\\*in für Automatisierungs-Systemtechnik \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist der Vergleich des Primärenergieverbrauchs und der THG-Emissionen von unterschiedlichen Verpackungsmaterialien (Karton, Folie und Füllmaterial) mit unterschiedlichen Lieferketten und Materialien.
- Kap. [6.10 Informationselektroniker\\*in \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist abschätzen, inwieweit künstliche Intelligenz einen Beitrag zur Agenda 2030 leisten kann.
- Kap. [6.11 Elektroniker\\*in für Informations- und Systemtechnik \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe die Abwägung der Umweltauswirkungen und Energiebedarfe einer Vernetzung mit LAN oder WLAN.
- Kap. [6.12 IT-System-Elektroniker\\*in \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist aufzuzeigen, ob eine derzeitige digitale Ausstattung mit dem 3t-CO<sub>2</sub>-Budget vereinbar ist.

Die Beschreibung umfasst jeweils:

- die Anbindung an die jeweiligen berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen der jeweiligen Ausbildungsordnungen
- Hinweise auf zu nutzende Materialien (Links)
- ein Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)
- Notwendige Materialien
  - Internetzugang für die Recherche
  - Computer zur Erstellung von Skizzen für technische Systeme
- Zeitaufwand: ein Projekttag
- Aufgabenbeschreibungen: siehe oben die Links

### 3.4 Einführung in die SDGs

Im Kap. [18. SDGs für Elektroniker\\*innen](#) haben wir eine Übersicht über besonders relevante SDGs für die Berufsbilder gegeben. Ergänzt wird dies durch eine Unterrichtseinheit.

## 4. THG-Analyse einer Wertschöpfungskette

Wie oben beschrieben, ist die Aufgabe die Analyse einer Wertschöpfungskette bezüglich der verursachten Treibhausgasemissionen. Die Analyse ist beispielhaft, um einige wichtige Themen der Nachhaltigkeit aufzuzeigen. Es werden viele Annahmen getroffen, da eine substantiierte WKA sehr komplex und aufwändig ist. In diesem Beispiel wollen wir zeigen, dass Elektroniker und Elektronikerinnen viele Möglichkeiten haben, einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten, indem sie ihr Augenmerk auf bestimmte wichtige Sachverhalte lenken. Denn aus dem Wissen um die Nachhaltigkeit einer Wertschöpfungskette heraus kann jeder Elektroniker und Elektronikerin an seine Lieferanten die Frage stellen:

- **Wie nachhaltig ist das Bauteil, das ich bei dir kaufen will?**

### 4.1 Metalle und ihre Verbindungen

Das Periodensystem der Elemente umfasst 89 stabile Elemente - von denen vermutlich 85 entweder in Ihren Elektronik-Produkten selbst oder in den Prozessen zu ihrer Herstellung genutzt werden. Zudem werden die Elemente noch in verbundener Form als Säure oder Lauge, als Salz, als Katalysator oder als Elektrode, als Reduktions- oder Oxidationsmittel eingesetzt. Jedes der Elemente oder seiner Verbindungen hat unterschiedliche Eigenschaften, alle haben unterschiedliche Umweltfolgen bei ihrer Gewinnung oder Herstellung. Folgende Quellen können für eine Recherche zur Herstellung und Auswahl aufgrund der Bedeutsamkeit für die Nachhaltigkeit genutzt werden:

- BGR: Rohstoffsteckbriefe. Online:  
[www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Produkte/produkte\\_node.html?tab=Rohstoff-Steckbriefe](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html?tab=Rohstoff-Steckbriefe)
- Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/>
- chemie.de: <https://www.chemie.de/lexikon>
- Seilnacht - Steckbriefe: [https://www.seilnacht.com/Chemie/ch\\_index.htm](https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_index.htm)
- Seilnacht Chemielexikon: <https://www.seilnacht.com/Lexikon>
- ISE - Institut für Seltene Erden und Metalle:
  - Basismetalle. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/>

- Seltene Erden. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/seltene-erden/>
- Strategische Metalle. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/>

## 4.2 Kunststoffe für Elektro- und Elektronikprodukte

Ebenso wie Metalle in großem Umfange für die Produkte genutzt werden, werden auch alle Arten von Kunststoffen genutzt. Diese werden zumeist aus Erdöl über die Raffination und chemische Umwandlungen hergestellt. Alle Erdölprodukte sind im Prinzip nicht nachhaltig - da die Nutzung fossiler Rohstoffe immer einen Beitrag zum Klimawandel leisten und zudem Erdöl, Kohle und Erdgas endliche Ressourcen sind. Kunststoffe sind aber derzeit unersetzlich für die Herstellung der Produkte. Zur Information und Beurteilung der Kunststoffe können folgende Quellen genutzt werden:

**Tabelle: Primärenergiebedarf für Kunststoffe**

Kunststoff	KEA	Quelle
PVC-Granulat:	56 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
Glasfaserverstärkter KS	136 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
HDPE-Granulat	78 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
LDPE-Granulat	65 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
HDPE-Produkt in Spritzguß	99 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
PP-Granulat	93 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
PS-Granulat	88 MJ/kg	<a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">www.probas.umweltbundesamt.de</a>
PE-Granulat	99 MJ/kg	
PS	75 MJ/kg	Generisch (materialgebundener Energiebedarf und Prozessenergie, Hunold o.J.)
PET	85 MJ/kg	Generisch (Hunold)
PE	68 MJ/kg	Generisch (Hunold)

### *Materialien für Kunststoffe*

- Deutsches Kunststoff-Museum (o.J.): Lexikon der Kunststoffe. Online:  
<https://www.deutsches-kunststoff-museum.de/kunststoff/lexikon/>
- KERN (o.J.): Kunststoff-Lexikon. Online: <https://www.kern.de/de/kunststofflexikon>

- Kunststoff Deutschland (o.J.): Kunststoff-Lexikon. Online:  
<https://www.kunststoff-deutschland.com/html/kunststoff-lexikon.html>
- Seilnacht (o.J.): Polymere und Kunststoffe. Online:  
<https://www.seilnacht.com/Lexikon/polymere.html>

### 4.3 SDG 12 / 13: Primärenergiebedarf bestimmen

Das SDG 13, gehört zu den besonders 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):

- *SDG 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”*

Warum ist der Primärenergiebedarf so wichtig? Weil alle Produkte nur unter Aufwendung von Energie hergestellt werden können. Solange wir auf die fossilen Energieressourcen angewiesen sind zur Produktion, zur Mobilität und zum Heizen, führt jeder Verbrennungsprozess zu einem Beitrag für den Klimawandel. Deshalb ist der Primärenergiebedarf so wichtig, denn wenn erneuerbare Energien für die Produktion genutzt werden, tragen sie nichts zum Klimawandel bei. Je mehr Erneuerbare, desto geringer wird der Primärenergiebedarf.

Das SDG 12 “Nachhaltige/r Konsum und Produktion” zielt zudem auf die nachhaltige und effiziente Nutzung der Ressourcen ab aus der Perspektive der Produzenten und der Konsumenten. Ressourcen sind alle Stoffe der Natur (Mineralien und Metalle, biotische Ressourcen wie Holz oder Baumwolle), aber auch Luft, Wasser und Boden (vgl. ProgRess 2016). Abfälle sollen vermieden oder recycelt und gefährliche Abfälle sicher entsorgt werden. Im Unterziel heißt es:

- *12.2 – Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen*

Deshalb können auch Elektroniker und Elektronikerinnen einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten, wenn sie die Materialien ihrer Produkte sorgfältig und klimaeffizient auswählen.

- Und klimaeffizient auszuwählen heißt vor allem: Den Primärenergiebedarf so gering wie möglich zu halten.

In einem ersten Schritt wird der Primärenergiebedarf für ein Material oder ein Bauteil des elektronischen Produktes bestimmt. Diese Aufgabe dient dazu, sich mit der

energetischen Bilanzierung vertraut zu machen. Hierbei gibt es jedoch ein Problem mit den Ergebnissen der Ökobilanzierung:

- Angenommen, wir brauchen für eine Tätigkeit oder für ein Produkt 500 kWh Energie - Ist das zu viel und trägt es zum Klimawandel wesentlich bei, wenn alle Bundesbürger und Bundesbürgerinnen es genauso machen würden?

Um diese Frage beantworten zu können, benötigen wir einen Vergleich, denn der Primärenergiebedarf ist ein absoluter Wert, aber wir brauchen einen relativen Wert. Diesen relativen Wert erhalten wir, wenn wir an den Primärenergiebedarf einen Maßstab anlegen, der uns sagt, wie wir leben müssten, wenn wir das sogenannte 2°-Ziel erreichen wollen. Dieses Ziel ist notwendig, denn seine Überschreitung würde mit erheblichen Folgen für das Leben auf der Erde verbunden sein. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir die Emissionen an Treibhausgasen drastisch reduzieren. Derzeit ist jeder Bürger und jede Bürgerin verantwortlich für rund 11 t CO<sub>2</sub>-Äq, wenn man Import und Export berücksichtigt (UBA 2021). Der durchschnittliche Wert liegt in Indien bei ca. 2,5 t, unser Ausstoß an Treibhausgasen liegt um 60% über dem Weltdurchschnitt (ebd.).

Aber welcher Wert wäre verträglich, um den Klimawandel abzumildern? Hier gibt es noch unterschiedliche Ansichten. Das Umweltbundesamt sieht 1 t CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr, Greenpeace sieht einen Wert von 2 t als verträglich an und das Potsdamer Institut für Klimaforschung schätzt den Wert auf 3 t (UBA 2021 / Greenpeace 2017; tagesschau / Schellnhuber 2023).

Nehmen wir den Zielwert von 3 t pro Bürger und Bürgerin pro Jahr als Richtschnur, wenn wir den Klimawandel begrenzen wollen und unter dem 2-Grad-Ziel bleiben wollen. Allerdings gelten die 3 Tonnen für alle Bereiche des Lebens: Heizung und Strom, Mobilität, Ernährung und Konsum (inklusive Gesundheit, Bildung und Freizeit). Nimmt man eine gegläckte Energiewende mit einer auf Erneuerbare Energien beruhende Elektrifizierung an für Heizung, Strom und Mobilität, so verteilt sich das CO<sub>2</sub>-Budget auf die Bereiche Ernährung und Konsum schätzungsweise hälftig. Auf dieser Basis kann man dann einschätzen, ob die Herstellung und Nutzung eines Produktes klimateffizient oder nicht ist.

- Der Strommix betrug in Deutschland 485 g CO<sub>2</sub>-Äq pro kWh Strom (UBA 2022)
- 1,5 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq für Güter entsprechen somit ca. 3.100 kWh
- 3.100 kWh entsprechen rund 11.200 MJ

#### *Indikator: Primärenergiebedarf für ein Bauteil*

1. Wählen Sie ein Bauteil eines Elektronischen Produktes
2. Bestimmen Sie den Metallgehalt des Bauteils
3. Bestimmen Sie den Primärenergiebedarf für das Metall
4. Rechnen Sie um: Wie hoch sind die THG-Emissionen des Metalls?

5. Schätzen Sie die Lebensdauer
6. Dividieren Sie die THG-Emissionen durch die Lebensdauer, um einen Wert für ein Jahr zu erhalten.
7. Berechnen Sie den prozentualen Anteil, den dieses Bauteil am CO<sub>2</sub>-Budget eines Bürgers oder einer Bürgerin hat.

**Beispiel Kupferkabel für eine Wallbox**

- Verlegt wird ein Kabel vom Typ NYM-J 5x6,0 mm<sup>2</sup> mit einer Leitungslänge von 4 m (mobilio o.J.).
- Länge der Adern: 5 Adern a 4 m = 20 m
- Volumenberechnung: 6 mm<sup>2</sup> = 0,06 cm<sup>2</sup>; 20 m = 2.000 cm;  
0,06 cm<sup>2</sup> \* 2.000 cm = 120 cm<sup>3</sup>
- Massenberechnung: Dichte von Kupfer ca. 9 g/cm<sup>3</sup>;  
 $m_{\text{kabel}} = 120 * 9 = 1.080 \text{ g}$
- Primärenergiebedarf von Kupfer (KEA):  
50.700 MJ/t = 50,7 MJ/kg ~ 51.000 J/g
- Primärenergiebedarf für das Kupfer in dem Wallbox-Kabel:  
51.000 \* 1.080 = 56 MJ
- Umrechnung in kWh: 56 MJ = ca. 16 kWh
- Umrechnung in THG-Äquivalente (grobe Schätzung): 16 kWh \* 485 g/kWh = 8 kg CO<sub>2</sub>-Äq
- Lebensdauer: 10 Jahre
- THG-Beitrag pro Jahr: 0,8 kg
- Anteil am jährlichen Budget: 1.500 kg / 0,8 kg = 0,05% des jährlichen CO<sub>2</sub>-Budgets
- Bewertung: Der Anteil ist gering, zudem ermöglicht er die emissionsfreie Mobilität

**Aufgabe: Hochspannungsleitungen**

Nehmen wir an, Sie sollen eine neue Leitung in Ihrem Betrieb legen, um eine Maschine anzuschließen. Sie muss ausgelegt werden auf einen höheren Strom und eine höhere Spannung. Die Aluminium-Leitung darf keinem Zug unterliegen, deshalb ist die Leitungslänge länger als die der Kupferleitung. Ein Händler bietet Ihnen eine Aluminium-Leitung an, die einen 30% höheren Querschnitt hat, also eigentlich überdimensioniert ist. Die Ausdehnung kann sehr gut durch die Art der Verlegung aufgefangen werden. Nun haben Sie Wahl, legen Sie eine Leitung aus Aluminium oder aus Kupfer - welche ist besser für die Nachhaltigkeit?

- Wählen Sie zwei vergleichbare Aluminium- und Kupfer-Leitungen aus
- Berechnen Sie:

	Aluminium - Neuproduktion	Kupfer	Recycling-Aluminium
--	---------------------------	--------	---------------------

Anzahl der Einzeldrähte			+30%
Querschnitt der Einzeldrähte			
Länge der Leitungen bzw. Einzeldrähte	35 m	30 m	35 m
Volumen der gesamten Leitung			
Spezifisches Gewicht (kg/cm <sup>3</sup> )	8,9 * 10 <sup>-3</sup>	2,7 * 10 <sup>-3</sup>	8,9 * 10 <sup>-3</sup>
Gewicht von Aluminium bzw. Kupfer			
Primärenergieaufwand (KEA, UBA 2017:68, Recycling geschätzt)	131.000 MJ/t	50.700 MJ/t	40.000 MJ/t
Primärenergieaufwand der Leitungen			
Umrechnung in kWh			
Umrechnung in THG-Emissionen (485 g/kWh (UBA 2021))			
THG-Einsparung			

**Indikator Stromerzeugung (Strommix)**

- Als ein Indikator für die Nachhaltigkeit der Gewinnung von Materialie oder Bauteilen wird der Strommix vorgeschlagen
- Nutzen Sie folgende Quelle: Enerdata (o.J.): Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung. Online: <https://energiestatistik.enerdata.net/erneuerbare-energien/erneuerbare-anteil-in-strom-produktion.html>

Strom ist unerlässlich für die Produktion von elektronischen Bauteilen. Diese werden jedoch weltweit hergestellt. Und jedes Land hat einen anderen Strommix - d.h. der Anteil der erneuerbaren Energien ist unterschiedlich und damit auch die Emissionen, die mit der Stromnutzung verbunden sind. Für die THG-Emissionen ist vor allem der Anteil der Kohl- und Gasverstromung besonders relevant, da Kernenergie relativ gesehen emissionsfrei ist. Dieser liegt, wie die folgenden Beispiele zeigen (Enerdata o.J. und CRP o.J.) in folgenden Dimensionen:

**Tabelle: Strommix und Anteil fossiler Stromerzeugung**

Anteil erneuerbarer Energien	Anteil fossiler Stromerzeugung
------------------------------	--------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europa ca. 40%</li> <li>• China ca. 29%</li> <li>• USA ca. 20%</li> <li>• Norwegen 99%</li> <li>• Neuseeland 81%</li> <li>• Brasilien und Kolumbien 75-78%</li> <li>• Kanada, Schweden, Portugal 66-68%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europa ca. 22%,</li> <li>• China ca. 68%</li> <li>• USA ca. 38%.</li> </ul>
---	--

Konsequenterweise bedeutet dies, dass Kupfer und Aluminium, die in Europa hergestellt werden, wesentlich umweltfreundlicher sind als wenn sie aus China oder den USA importiert werden. Die einzige pragmatische Option für die Bestellung von Bauteilen für Elektroniker und Elektronikerinnen ist deshalb, den Strommix zu beachten, um möglichst klimaeffiziente Bauteile einzukaufen.

*Aufgabe: Mehrkosten für elektronische Bauteile*

Führen sie folgende Aufgabe durch:

1. Wählen Sie sie Bauteile oder Baugruppen für verschiedene elektrotechnischen Geräte, die sie häufig verwenden
2. Recherchieren Sie Produzenten der Bauteile oder Baugruppen in verschiedenen Ländern
3. Vergleichen Sie den Strommix der jeweiligen Länder
4. Vergleichen Sie die Kosten der jeweiligen Bauteile oder Baugruppen
5. Bestimmen sie die Mehrkosten als Anteil an den Verkaufskosten des Produktes
6. Berücksichtigen Sie hierbei ihre "Verkaufskosten", da höhere Einkaufspreis den Ertrag mindern: Um wie viel Prozent würde der Ertrag zu Gunsten der Nachhaltigkeit sinken?

1. Bauteil	Land:.....	Land:.....	Land:.....
Lieferant (2)			
Strommix (3)			
Kosten (4)			
Kostendifferenzen			
Mehrkosten (5)			
Mehrkosten des Bauteils (%m 6)			

## 4.4 SDG 12 / 13 - Primärenergiebedarf für Bauteile und Produkte

Bauteile oder gar Produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit einzuschätzen ist wesentlich schwieriger: Sie bestehen aus einer Vielzahl von Metallen und Kunststoffen und organischen Verbindungen (z.B. Flammenschutzmittel oder Weichmacher). Um diese zu bestimmen, müsste eigentlich eine Ökobilanz durchgeführt werden, aber nur für wenige Produkte ist dies bisher erfolgt. Zudem: Der Primärenergieverbrauch zur Herstellung von reinen Metallen sagt nur aus, wie viel Energie hierfür gebraucht wird - er sagt aber nichts über die Notwendigkeit, diese Materialien in elektronischen Produkten zu verwenden. Nur in seltenen Fällen zeigt er Alternativen auf, wenn z.B. konstruktive Elemente sowohl aus Stahlblech oder aus Aluminium gefertigt werden könnten.

### *Aufgaben: Bestimmung des KEA für Bauteile und Produkte*

Wählen Sie eines der vier Beispiele aus.

Den Primärenergiebedarf für einzelne Metalle finden sie hier (S.67-68):

- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung . Online:  
[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)

### *Aufgabe: Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils*

1. Wählen Sie ein elektronisches Bauteil (z.B. Widerstand, Diode, Kondensator)
2. Bestimmen Sie die Masse des Metalls mit dem größten Anteil
3. Berechnen Sie den Primärenergiebedarf mit obigem Link, Seite 67-68
4. Rechnen Sie den Primärenergiebedarf in Kilowattstunden um
5. Rechnen Sie die Kilowattstunden in THG-Emissionen um (485 g CO<sub>2</sub>-Äq/kWh)
6. Schätzen Sie die Lebensdauer des Bauteils
7. Dividieren Sie die THG-Emissionen durch die Lebensdauer, berechnen Sie die THG-Emissionen auf ein Jahr
8. Berechnen Sie den Anteil dieses Bauteils an dem jährlichen CO<sub>2</sub>-Budget pro Jahr einer Person für den Konsum (1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq / Person\*a)
9. Bewerten Sie: Ist das viel oder wenig?

Arbeitsschritt	Wert/Angabe
Bauteil	
Wichtigstes Metall im Bauteil	
Masse des Metalls	
KEA-Wert des Metalls (J/g oder MJ/t)	
Primärenergiebedarf (MJ)	
Primärenergiebedarf (kWh)	
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)	
Lebensdauer (Jahre)	
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)	
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)	

**Aufgabe: Kleine Elektro- oder Elektronikgeräte (KEEG)**

1. Wählen Sie ein Elektro-Kleinprodukt
2. Hierbei wird kann eine pauschale Zusammensetzung wie folgt angenommen werden (eigene Abschätzung auf Basis von BUWAL):
3. 50% Metall (vor allem Eisen bzw. Stahl), 30% Kunststoff und 20% Komponenten von Bildschirmröhren (Glas + Metall). Es wird angenommen, die Metallfraktion ist wesentlich für den Primärenergiebedarf ist.
4. Die Metallfraktion setzt sich wie folgt zusammen: (eigene Schätzung auf Basis von Lukas 2012): Das Gerät enthält 30% Eisen/Stahl (15% der Gesamtmasse bzw. 15 g), 10% Aluminium (5% bzw. 5g), 10% Kupfer (5% bzw. 5g), 2% Nickel (1% bzw. 1 g), 2% Chrom (1% bzw. 1 g) und 1% Zinn (0,5% bzw. 0,5 g). Alle weiteren Metalle fallen mengenmäßig nicht ins Gewicht.
5. Der Primärenergiebedarf der Metalle ist wie folgt (UBA 2017, gerundet): Eisen 23.000 J/g; Aluminium 130.000 J/g; Kupfer 50.000 J/g; Nickel 110.000 J/g; Chrom 480.000 J/g; Zinn 320.000 J/g.
6. Der Primärenergiebedarf wird dann wie folgt berechnet:
  - Masse des KEEG bestimmen
  - Massen der Metalle bestimmen an Hand obiger Daten
  - Primärenergiebedarf an Hand obiger Daten berechnen
  - Umrechnung des Primärenergieaufwandes in Kilowattstunden (Link: z.B. [UnitJuggler](#))

- Anschließend die Schritte 5 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Arbeitsschritt	Metall 1	Metall 2	Metall 3
Elektro-Kleinprodukt:..... .....			
Masse der Metalle			
KEA-Wert des Metalls [J/g oder MJ/t]			
Primärenergiebedarf (MJ) der Metalle			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

**Aufgabe: Leiterplatten**

- Alternativ kann auch nur der Primärenergieaufwand für eine Leiterplatte betrachtet werden, wenn diese zentral für das elektronische Gerät ist. Ihre Zusammensetzung kann wie folgt pauschal angenommen werden (Mittelwerte in Anlehnung an Handke 2012:27):
- Kupfer 15%; Eisen 7,5%; Blei 2,5%, Nickel 2%, Zinn 2%, Aluminium 1%.
- Der Primärenergiebedarf der Metalle ist wie folgt (UBA 2017, gerundet):  
Eisen 23.000 J/g; Aluminium 130.000 J/g; Kupfer 51.000 J/g; Nickel 110.000 J/g; Chrom 480.000 J/g; Zinn 320.000 J/g.
- Der Primärenergiebedarf wird dann wie folgt berechnet:
  - Masse des Leiterplatte bestimmen (Alternativ schätzen: 200 g)
  - Massen der Metalle bestimmen an Hand obiger Daten
  - Primärenergiebedarf an Hand obiger Daten berechnen
  - Umrechnung des Primärenergieaufwandes in Kilowattstunden (Link: z.B. [UnitJuggler](#))

- Anschließend die Schritte 5 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Arbeitsschritt	Metall 1	Metall 2	Metall 3
Leiterplatte .....			
Masse der Metalle			
KEA-Wert des Metalls [J/g oder MJ/t]			
Primärenergiebedarf (MJ) der Metalle			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

**Aufgabe: Produkte mit hohen Metallanteilen**

Verschiedene Produkte wie z.B. Thermostate oder Elektromotoren verfügen nur über einen geringen Anteil von Elektronik. Bei diesen Produkten lautet die Aufgabe wie folgt:

- Recherchieren oder schätzen Sie die Zusammensetzung des Produktes: Welche Metalle werden vor allem verwendet und welches Gewicht haben diese?
- Anschließend die Schritte 2 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Arbeitsschritt	Metall 1	Metall 2	Metall 3
Produkt .....			
Masse der Metalle			
KEA-Wert des Metalls [J/g oder MJ/t]			
Primärenergiebedarf (MJ) der Metalle			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

**4.5 Arbeitsblätter: THG-Wertschöpfungskette**

**Aufgabe: Indikator: Primärenergiebedarf für ein Bauteil und Hochspannungsleitungen**

Nehmen wir an, Sie sollen eine neue Leitung in Ihrem Betrieb legen, um eine Maschine anzuschließen. Sie muss ausgelegt werden auf einen höheren Strom und eine höhere Spannung. Die Aluminium-Leitung darf keinem Zug unterliegen, deshalb ist die Leitungslänge länger als die der Kupferleitung. Ein Händler bietet Ihnen eine Aluminium-Leitung an, die einen 30% höheren Querschnitt hat, also eigentlich überdimensioniert ist. Die Ausdehnung kann sehr gut durch die Art der Verlegung aufgefangen werden. Nun haben Sie Wahl, legen Sie eine Leitung aus Aluminium oder aus Kupfer - welche ist aus Sicht des Klimaschutzes besser?

- Wählen Sie zwei vergleichbare Aluminium- und Kupfer-Leitungen aus
- Berechnen Sie:

	Aluminium - Neuproduktion	Kupfer	Recycling- Aluminium
Anzahl der Einzeldrähte			+30%
Querschnitt der Einzeldrähte			
Länge der Leitungen bzw. Einzeldrähte	35 m	30 m	35 m
Volumen der gesamten Leitung			
Spezifisches Gewicht (kg/cm <sup>3</sup> )	$8,9 * 10^{-3}$	$2,7 * 10^{-3}$	$8,9 * 10^{-3}$
Gewicht von Aluminium bzw. Kupfer			
Primärenergieaufwand (KEA, UBA 2017:68, Recycling geschätzt)	131.000 MJ/t	50.700 MJ/t	40.000 MJ/t
Primärenergieaufwand der Leitungen			
Umrechnung in kWh			
Umrechnung in THG-Emissionen (485 g/kWh (UBA 2021)			
THG-Einsparung			

*Aufgabe: Indikator Stromerzeugung (Strommix) und Mehrkosten für elektronische Bauteile*

- Als ein Indikator für die Nachhaltigkeit der Gewinnung von Materialie oder Bauteilen wird der Strommix vorgeschlagen
- Nutzen Sie folgende Quelle: Enerdata (o.J.): Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung. Online:  
<https://energiestatistik.enerdata.net/erneuerbare-energien/erneuerbare-anteil-in-strom-produktion.html>

Führen sie folgende Aufgabe durch:

1. Wählen Sie sie Bauteile oder Baugruppen für verschiedene elektrotechnischen Geräte, die sie häufig verwenden
2. Recherchieren Sie Produzenten dieser Bauteile oder Baugruppen in verschiedenen Ländern
3. Vergleichen Sie den Strommix der jeweiligen Länder

4. Vergleichen Sie die Kosten der jeweiligen Bauteile oder Baugruppen
5. Bestimmen Sie die Mehrkosten als Anteil an den Verkaufskosten des Produktes. Berücksichtigen Sie hierbei ihre "Verkaufskosten", da höhere Einkaufspreis den Ertrag mindern: Um wie viel Prozent würde der Ertrag zu Gunsten der Nachhaltigkeit sinken?

Gewählte Länder	Land:.....	Land:.....	Land:.....
Bauteil			
Lieferant (2)			
THG des Strommixes (3) [g CO <sub>2</sub> Äq / kWh]			
Kosten (4) [€ je Bauteil]			
Mehrkosten gegenüber dem billigsten Anbieter (5)			
Mehrkosten des Bauteils (% , 6)			

**Aufgaben: Bestimmung des KEA für Bauteile und Produkte**

Bauteile oder gar Produkte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit einzuschätzen ist wesentlich schwieriger: Sie bestehen aus einer Vielzahl von Metallen und Kunststoffen und organischen Verbindungen (z.B. Flammschutzmittel oder Weichmacher). Um diese zu bestimmen, müsste eigentlich eine Ökobilanz durchgeführt werden, aber nur für wenige Produkte ist dies bisher erfolgt. Zudem: Der Primärenergieverbrauch zur Herstellung von reinen Metallen sagt nur aus, wie viel Energie hierfür gebraucht wird - er sagt aber nichts über die Notwendigkeit, diese Materialien in elektronischen Produkten zu verwenden. Nur in seltenen Fällen zeigt er Alternativen auf, wenn z.B. konstruktive Elemente sowohl aus Stahlblech oder aus Aluminium gefertigt werden könnten.

Den Primärenergiebedarf für einzelne Metalle finden sie hier (S.67-68):

- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung . Online:  
[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14.10/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14.10/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)

**Aufgabe: Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils**

1. Wählen Sie ein elektronisches Bauteil (z.B. Widerstand, Diode, Kondensator)
2. Bestimmen Sie die Masse des Metalls mit dem größten Anteil
3. Berechnen Sie den Primärenergiebedarf mit obigem Link, Seite 67-68

4. Rechnen Sie den Primärenergiebedarf in Wattstunden und Kilowattstunden um
5. Rechnen Sie die Kilowattstunden in THG-Emissionen um (485 g CO<sub>2</sub>-Äq/kWh)
6. Schätzen Sie die Lebensdauer des Bauteils
7. Dividieren Sie die THG-Emissionen durch die Lebensdauer, berechnen Sie die THG-Emissionen auf ein Jahr
8. Berechnen Sie den Anteil dieses Bauteils an dem jährlichen CO<sub>2</sub>-Budget pro Jahr einer Person für den Konsum (1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq / Person\*a)
9. Bewerten Sie: Ist das viel oder wenig?

Arbeitsschritt	Wert
Bauteile:	
Masse des Metalls	
Primärenergiebedarf (MJ)	
Primärenergiebedarf (kWh)	
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)	
Lebensdauer (Jahre)	
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)	
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)	

**Aufgabe: Kleine Elektro- oder Elektronikgeräte (KEEG)**

1. Wählen Sie ein Elektro-Kleinprodukt
2. Hierbei wird kann eine pauschale Zusammensetzung wie folgt angenommen werden (eigene Abschätzung auf Basis von BUWAL):
3. 50% Metall (vor allem Eisen bzw. Stahl), 30% Kunststoff und 20% Komponenten von Bildschirmröhren (Glas + Metall). Es wird angenommen, dass die Metallfraktion wesentlich für den Primärenergiebedarf ist.
4. Ein typisches Elektrokleingeräte hat folgende Zusammensetzung der Metallfraktion: (eigene Schätzung auf Basis von Lukas 2012): Das Gerät enthält 30% Eisen/Stahl (15%), 10% Aluminium (5%), 10% Kupfer (5%), 2% Nickel (1%), 2% Chrom (1%) und 1% Zinn (0,5%). Alle weiteren Metalle fallen mengenmäßig nicht ins Gewicht.
5. Der Primärenergiebedarf der Metalle ist wie folgt (UBA 2017, gerundet): Eisen 23.000 J/g; Aluminium 130.000 J/g; Kupfer 50.000 J/g; Nickel 110.000 J/g; Chrom 480.000 J/g; Zinn 320.000 J/g.
6. Der Primärenergiebedarf wird dann wie folgt berechnet:
  - Masse des KEEG bestimmen
  - Massen der Metalle bestimmen an Hand obiger Daten

- Primärenergiebedarf an Hand obiger Daten berechnen
- Umrechnung des Primärenergieaufwandes in kWh (Link: [UnitJuggler](#))
- Anschließend die Schritte 5 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Elektro-Kleinprodukt (Typ) .....	Metall 1 .....	Metall 2 .....	Metall 3 .....
Masse der Metalle (g)			
Primärenergiebedarf der Metalle (MJ)			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

**Aufgabe: Leiterplatten**

1. Alternativ kann auch nur der Primärenergieaufwand für eine Leiterplatte betrachtet werden, wenn diese zentral für das elektronische Gerät ist. Ihre Zusammensetzung kann wie folgt pauschal angenommen werden (Mittelwerte in Anlehnung an Handke 2012:27):
2. Kupfer 15%-Anteil am Gesamtgewicht; Eisen 7,5%; Blei 2,5%, Nickel 2%, Zinn 2%, Aluminium 1%.
3. Der Primärenergiebedarf der Metalle ist wie folgt (UBA 2017, gerundet): Eisen 23.000 J/g; Aluminium 130.000 J/g; Kupfer 51.000 J/g; Nickel 110.000 J/g; Chrom 480.000 J/g; Zinn 320.000.
4. Der Primärenergiebedarf wird dann wie folgt berechnet:
  - Masse des Leiterplatte bestimmen (Alternativ schätzen: 200 g)
  - Massen der Metalle bestimmen an Hand obiger Daten
  - Primärenergiebedarf an Hand obiger Daten berechnen
  - Umrechnung des Primärenergieaufwandes in Kilowattstunden (Link: z.B. [UnitJuggler](#))
  - Anschließend die Schritte 5 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Leiterplatte (Typ) .....	Metall 1 .....	Metall 2 .....	Metall 3 .....
Masse der Metalle (g)			
Primärenergiebedarf der Metalle (MJ)			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			
Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

**Aufgabe: Produkte mit hohen Metallanteilen**

Verschiedene Produkte wie z.B. Thermostate oder Elektromotoren verfügen nur über einen geringen Anteil von Elektronik. Bei diesen Produkten lautet die Aufgabe wie folgt:

- Recherchieren oder schätzen Sie die Zusammensetzung des Produktes: Welche Metalle werden vor allem verwendet und welches Gewicht haben diese?
- Anschließend die Schritte 2 bis 9 durchführen wie oben in [3.5.1 Material eines Elektro- oder Elektronikbauteils](#) beschrieben

Produkt (Typ) .....	Metall 1 .....	Metall 2 .....	Metall 3 .....
Masse der Metalle (g)			
Primärenergiebedarf der Metalle (MJ)			
Primärenergiebedarf (kWh)			
THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äq)			
Lebensdauer (Jahre)			
THG-Emissionen pro Jahr (kg CO <sub>2</sub> -Äq/Jahr)			

Anteil der THG-Emissionen am CO <sub>2</sub> -Budget (%)			
Gesamtanteil am CO <sub>2</sub> -Budget			

## Quellenverzeichnis

- CRP (o.J.): ENERGIE UND STROMMIX IM GLOBALEN VERGLEICH. Online:  
<https://crp-infotec.de/energie-strom-globaler-vergleich/>
- Destatis Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online:  
<http://sdg-indikatoren.de/>
- Enerdata (o.J.): Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung. Online:  
<https://energiestatistik.enerdata.net/erneuerbare-energien/erneuerbare-anteil-in-strom-produktion.html>
- Greenpeace (2017): Unser CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.  
<https://www.greenpeace.de/ueber-uns/leitbild/unser-co2-fussabdruck>
- Hunold-Knoop (o.J.): Herstellung von Kunststoffen. Online:  
<https://www.hunold-knoop.de/kunststoffwissen/allgemeines/herstellung-von-kunststoffen/>
- ProgRes (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm: Forschungsbericht. Online:  
[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Ressourceneffizienz/progress\\_II\\_broschuere\\_de\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_II_broschuere_de_bf.pdf)
- tagesschau / Schellnhuber, Hans Joachim (2023): Ein CO<sub>2</sub>-Budget für jeden? Online:  
[www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/co2-budget-habeck-101.html](http://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/co2-budget-habeck-101.html)
- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung und Entwicklung einer Methode zur Bewertung der ökologischen Rohstoffverfügbarkeit zur Weiterentwicklung des Kritikalitätskonzeptes (ÖkoRes I). Online:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2021): Wie hoch sind die Treibhausgasemissionen pro Person in Deutschland durchschnittlich?. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person](http://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person)
- UBA Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen>

## 5 SDG-Bewertung einer Wertschöpfungskette

Ziel dieses Kapitels ist der Vergleich beruflicher Prozesse der Elektronikbranche bezüglich der Nachhaltigkeit. Dabei wird die Wirkung dieser Prozesse auf verschiedene berufsrelevante SDG untersucht und mit einem Punktesystem bewertet, da sonst eine Vergleichbarkeit so unterschiedlicher Dinge wie Biodiversität, Gesundheit und nachhaltige Produktion nicht möglich wäre.

Die nachfolgenden Beispiele dienen für die Projektaufgaben in Kap. [6 Projektaufgaben](#).

### 5.1 Rohstoffe und die ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit

Alle Metalle, Mineralien und fossile Ressourcen für Kunststoffe sind endliche Ressourcen, aber wir können auf sie bisher nicht verzichten: Das Leben, wie wir es heute leben, wäre ohne die Nutzung der Rohstoffe nicht möglich. Dennoch ist die Rohstoffnutzung kein Selbstzweck und aus Sicht der Nachhaltigkeit sollten diese möglichst ressourcenschonend genutzt werden. Dies bedeutet in der ökologischen Dimension, dass die Umweltfolgen des Abbaus, der Verhüttung und der Prozesse zur Halbzeuherstellung bzw. die Prozesse zur Kunststoffherstellung möglichst gering sein sollten.

Eine Bewertung der Umweltfolgen der Gewinnung von Rohstoffen kann im Prinzip u.a. durch zwei Verfahren erfolgen. Fragen zu Eingriffen in die Natur und Folgen für die Biodiversität werden üblicherweise mit Hilfe von Umwelt- oder Naturschutzgutachten durchgeführt. Fragen zur Nachhaltigkeit eines Eingriffes werden durch Ökobilanzen geklärt. Beide Verfahren sind hier bei einer Analyse der Wertschöpfungskette (WKA) viel zu aufwändig und im Rahmen des Unterrichts nicht leistbar. Es wird deshalb eine einfache Verfahrensweise vorgeschlagen, die an zentralen Merkmalen der Rohstoffgewinnung ansetzt und die SDGs berücksichtigt.

#### 5.1.1 SDG 15 - Biodiversität

- Wo werden die Rohstoffe abgebaut - in biologisch armen oder biologisch reichen Gebieten?

Die Biodiversität und die Vegetationszonen gehen fast immer Hand in Hand. Je feuchter und wärmer eine Landschaft ist, desto höher ist die pflanzliche und auch die tierische Vielfalt. In diesen Landschaften entsteht viel mehr Humus, der das Pflanzenwachstum fördert. Dies wirkt sich dann auf die tierische biologische Vielfalt aus. Gebiete mit großer biologischer Reichhaltigkeit sind z.B. tropische Wälder aller Arten, Feuchtgebiete (Sümpfe, Moore) und Mischwaldgebiete, aber auch Feuchtsavannen. Biologisch arme Gebiete sind Bergregionen, Trockensavannen und Steppen, die Tundra und ganz besonders arm sind die Wüsten. Dazwischen liegen Nadelwälder und Hartlaubgehölze

(Mittelmeerregion, Kalifornien, Südastralien), Wiesen und Heiden, aber auch vegetationsreiche Formen der Tundra (Zwergstrauch und Wiesen Tundra). Meeresregionen werden hierbei nicht betrachtet, da eine Einschätzung zu schwierig ist.

**Indikator Biodiversität & Vegetationszonen**

Als Indikator für eine Belastung der Biodiversität wird deshalb eine Zuordnung zu den Vegetationszonen vorgeschlagen, in denen die jeweiligen Rohstoffe gefördert werden. Dies kann anhand folgender Quellen erfolgen.

- Unser-Planet-Erde (o.J.): Vegetationszonen. Online: <https://unser-planet-erde.de/vegetationszonen/>
- Wikimedia / [Ökologix](#) – Vegetationszonen der Erde: ca. 30 Räume mit ähnlichem Pflanzenbewuchs. Eigenes Werk Quellen Kartographie: Eckert VI-Projektion. Download möglich. Online <https://de.wikipedia.org/wiki/Vegetationszone#/media/Datei:Vegetationszonen.png>
- Wikipedia: Die Vegetationszonen der Erde – Erläuterung zu obiger Abbildung. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Vegetationszone>
- ZUM Unterrichten: Vegetationszonen. Online: <https://unterrichten.zum.de/wiki/Datei:Vegetationszonen.png>

**Tabelle: Bewertung der Biodiversität anhand der Vegetationszonen (Bewertungsskala kann nach eigenem Ermessen verändert werden).**

Indikator	Bewertung
Eisschilde, Kältewüsten, heiße Wüsten und Halbwüsten, winterkalte Wüsten und Halbwüsten; Flechten- u. Moostundra, Gebirge	3 Punkte
Hochlandsteppen u. -wüsten; Grassteppen u. Salzwiesen; Dornstrauch- u. Kakteensavannen; Bergtundra, alpine Matten und Heiden;	2 Punkte
Zwergstrauch- u. Wiesentundra; subpolare Wiesen, Strauch- u. Trockensteppen;	1 Punkt
Heiden und Moore; Laubholz Waldtundra u. boreale Auen; Hartlaubvegetation;	-1 Punkte
Nadelholz Waldtundra; sommergrüner borealer Nadelwald; gemischte Waldsteppen; gemäßigte Bergwälder; Trockensavannen	-1 Punkte
Regenrüne Feuchtsavannen; Immergrüner borealer Nadelwald; gemäßigte Laub- u. Auenwälder; Laub- und Nadel Mischwälder	-2 Punkte
Riedsümpfe u. flutende Wasserpflanzen; subtropische Bergwälder; subtropische Feuchtwälder; gemäßigte Küsten-Regenwälder	-4 Punkte
tropische Gebirgsregenwälder, trop. u. subtrop. Regenwälder; trop. u. subtrop. regenrüne Feuchtwälder, tropische Trockenwälder	-6 Punkte

**Bewertungsschema "Biodiversität / Vegetationszonen"**

Die Bewertung muss qualitativ erfolgen, da nur für wenige komplexe Produkte Ökobilanzen vorliegen, die ggf. Auskunft geben über die Verteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Komponenten. Es sollten deshalb nicht die einzelnen Bauteile bewertet werden, sondern ausgewählte Materialien des Produktes.

Es wird deshalb ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, bei dem die beiden obigen Fragestellungen genutzt und Punkte entsprechend obiger Tabelle vergeben werden:

**Tabelle: Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik - Aluminium aus Kanada und Indonesien/Borneo**

	Guinea - Boundou Waade	Indonesien PT Persada Pratama Cemerlangen
Vegetationszone	regengrüne Feuchtsavanne	trop. u. subtrop. Regenwälder
Bewertung	-2	-6

**Quellenverzeichnis**

- Unser Planet Erde (o.J.): Vegetationszonen. Online: <https://unser-planet-erde.de/vegetationszonen/>
- Wikimedia / [Ökologix](#) - Vegetationszonen der Erde: ca. 30 Räume mit ähnlichem Pflanzenbewuchs. Eigenes Werk Quellen Kartographie: Eckert VI-Projektion. Download möglich. Online <https://de.wikipedia.org/wiki/Vegetationszone#/media/Datei:Vegetationszonen.png>
- Wikipedia: Die Vegetationszonen der Erde - Erläuterung zu obiger Abbildung. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Vegetationszone>
- ZUM Unterrichten: Vegetationszonen. Online: <https://unterrichten.zum.de/wiki/Datei:Vegetationszonen.png>

**5.1.2 SDG 3 - Abraum, Stäube und Gesundheit**

**Abraum**

Jede Minenproduktion ist mit Abraum verbunden, jede Aufarbeitung von Erz führt zu Abwasser und jede Verhüttung führt zu Abfällen. Dies ist nicht zu vermeiden, sondern nur zu minimieren und zu sichern, so dass die Umweltbelastung so gering wie möglich gehalten wird. Abraum entsteht vor allem bei einem offenen Tagebau - um an die mineralisch werthaltigen Schichten heranzukommen. Aufgrund des Abraums, der oberirdisch gelagert wird, beanspruchen aber auch unterirdische Minen viel Platz. Größere Bergwerke können mit zugehöriger Infrastruktur (z.B. Absetzbecken) 20 bis 30 km² Fläche umfassen. Aber um dies auch richtig einzuordnen, entspricht dies viel weniger als die Agrarwirtschaft nutzt. In Argentinien wurden Soja-Felder angelegt, die mehr als 1.000 ha groß sind - eine Fläche von 10 km² (DLF 2008). Im Mittel benötigt man

für die Gewinnung einer Tonne Kupfer zwischen 3-6,5 m<sup>2</sup> Fläche (BGR 2020). Martens et al. haben einen Flächenverbrauch von 2,3 ha pro Mio t Erz bestimmt (Martens, P. et al 2002).

### *Stäube*

Die Flächennutzung für den Abraum lässt sich kaum vermeiden. Die oberirdische Lagerung führt zusätzlich zu Staubbelastungen; ebenso führt die Verhüttung zu Emissionen - und sowohl der Abraum als auch die Emissionen sind schwermetallbelastet. Hierzu ein Beispiel: Der Bergbau von Kupfer findet vor allem im globalen Süden statt. Bei der Extraktion im Tagebau entstehen Luftbelastungen durch Schwermetalle in Stäuben, vorwiegend Arsen (ingenier.de 2014), wie am Beispiel der Chuquicamata Mine in Chile kürzlich nachgewiesen wurde (NDR 2022). Dort lagen bei Messungen im Jahr 2021 an zwei ausgewählten Orten, einer Schule und einem Sportplatz, die Arsenwerte 200% über dem nationalen Grenzwert, dieser liegt derzeit 115% höher als die europäischen Grenzwerte. Schwermetallbelastungen in der Luft können das Krankheitsrisiko erhöhen. Laut einer Studie der Universität Berkeley (ebd. zitiert nach NDR), erkranken in der Region rund um diese Mine 5 bis 6 Mal mehr Menschen an Blasenkrebs als im Rest des Landes, die Sterberate bei Nierenkrebs erhöhte sich in den vergangenen 9 Jahren um 75% und insgesamt liegen die Krebsraten 5 bis 7 Mal höher als im Rest von Chile. Stäube aus dem Abraum sind vermutlich weltweit bei allen Minen ein Problem, weshalb ein Indikator gewählt werden sollte, der die Belastung der betroffenen Bevölkerung bemisst. Da keine qualitativen Daten über die Schwermetallbelastung der Stäube vorliegen, soll als Referenz die Bevölkerungsdichte gewählt werden: Werden viele oder nur wenige Menschen betroffen?

### *Indikator Stäube & Bevölkerungsdichte*

- Als Indikator für eine Belastung durch Stäube des Abraums wird die Bevölkerungsdichte der Region, in der die Mine liegt, vorgeschlagen.
- Wo werden die Rohstoffe abgebaut - in dünn oder in dicht besiedelten Regionen?
- Anmerkung: Minen werden zumeist abseits von Regionen hoher Bevölkerungsdichte (Städte) angelegt. Deshalb sollte berücksichtigt werden, ob größere Städte in näherer Umgebung liegen.

Für die Bestimmung der Bevölkerungsdichte kann folgendes Portal genutzt werden:

- Geo-Ref.net (o.J.): Karten. Online: <http://www.geo-ref.net/ph/welt.htm>

Wie zuvor wird eine Bewertung mit Punkten als sinnvoll erachtet mit folgenden Abstufungen:

- Bevölkerungsdichte
- weniger als 10 Ewh/km<sup>2</sup>: -3 Punkte,
- weniger als 100 Ewh/km<sup>2</sup>: -2 Punkte,

- weniger als 1.000 Ewh/km<sup>2</sup>: -1,
- mehr als 10.000 Ewh/km<sup>2</sup>: +2,
- mehr als 100.000 Ewh/km<sup>2</sup>: +6

**Tabelle: Bewertung der Belastung der Bevölkerung in der Nähe von zwei Kupferminen**

	Chile - Kupfermine Chuquicamata	Indonesien - Grasberg Kupfer-Gold-Mine
Bevölkerungsdichte in der Region	geringer 10 Ewh/km <sup>2</sup> Atacama-Wüste: 4,2 Ewh/km <sup>2</sup>	ca. 7-12 Ewh/km <sup>2</sup>

### 5.1.3 SDG 6 - Wasserverbrauch

Jeder Bergbau, die anschließende Aufbereitung des Gesteins mit der Herauslösung der verschiedenen Fraktionen der Mineralien sowie die anschließende Verhüttung ist auf Wasser angewiesen. Sowohl die Wasserentnahme als auch die Abwässer beeinflussen die lokale Hydrologie als auch die Ökologie der Gewässer und dessen Nutzbarkeit durch die lokale Bevölkerung (ebd 2020., DW 2019).

Neben dem Wasserbedarf ist das Abwasser ein großes Problem. Die Aufbereitung des Kupfererzes z.B. ist nur durch Flotation möglich, bei der das Gestein schlammig gemahlen wird, um Kupferkonzentrat zu erhalten. Hierbei entstehen große Mengen schwermetallhaltiges Abwasser. Aber auch die Stollenentwässerung, die für einen sicheren Abbau nötig ist, erzeugt häufig große Abwassermengen. Im Prinzip können alle Abwässer des Bergbaus und der Aufbereitung zu 70 bis 90% recycelt werden, aber dies bringt ökonomische Herausforderungen mit sich (BGR 2020). Es ist einfacher, Abwässer in Oberflächengewässer zu leiten, da die Wasseraufbereitung aufwändig und teuer ist. In der Konkola Kupfermine in Sambia sind es ca. 400.000m<sup>3</sup> pro Tag (ebd. 2020). Die Abwässer der Chuquicamata-Mine in Chile für den Kupferbergbau z.B. werden in einen Salzsee geleitet und bilden eine "Ewigkeitslast", wie es im deutschen Bergbau-Vokabular heißt. Die Belastung der verbliebenen Süßgewässer im Umfeld der Mine, aus denen u.a. Ackerland bewässert wird, liegt ungewöhnlich hoch. Arsen ist der größte Faktor von insgesamt 66 Stoffen, die dort gefunden wurden (NDR 2022). Sowohl die Wasserentnahme als auch die Abwässer beeinflussen die lokale Hydrologie. Es gibt negative Umweltfolgen für die Ökologie der Gewässer und dessen Nutzbarkeit durch die lokale Bevölkerung (ebd 2020., DW 2019). Auch soziale Konflikte mit der lokalen Bevölkerung können sich ergeben, wenn der Wohlstand nicht, aber die Lasten ungleich verteilt werden. Dies ist häufig der Fall, wenn das Grundwasser abgepumpt wird und die Landwirtschaft darunter leidet (ebd.).

Die Auswahl eines geeigneten Indikators ist aber sehr schwierig:

- Üblicherweise wird hierzu der Wasserfußabdruck eines Stoffes oder eines Produktes verwendet, der aber für Metalle und andere Materialien der Elektronik nicht vorliegt.
- Bei der Aufarbeitung des Gesteins entstehen immer hochbelastete Schlämme. Diese werden häufig in Becken aufgefangen, wie oben beschrieben. Es gibt jedoch kaum Informationen darüber, wie die jeweiligen Minen damit umgehen und ob die Sicherung ausreichend ist.
- Ebenso gibt es kaum Informationen, wie die Minen mit den Abfällen der Verhüttung (Stäuben und Schlacken) umgehen: Werden Sie aufbereitet, sicher abgelagert oder unsicher verwahrt?
- Gleiches gilt für Abwasser. Im Prinzip können alle Abwässer des Bergbaus und der Aufbereitung zu 70 bis 90% recycelt (BGR 2020) werden, aber dies bringt ökonomische und ökologische Herausforderungen mit sich. Auch hierzu fehlen Informationen.

Anstelle dessen soll eine qualitative Einschätzung vorgenommen werden an Hand des Wasserbedarfs.

#### *Indikator Wasser & Minenbedarfe*

Als Indikator kann der Wasserbedarf für die Herstellung des Metalls oder eines anderen Rohstoffs genommen werden. Dieser muss aber die Lage der Mine berücksichtigen. Liegt die Mine in einer sehr trockenen Region, so muss das Wasser entweder aus dem Grundwasser genommen werden und tritt in Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nutzung. Liegt es in einer Region mit hohen Niederschlägen, so steht ausreichend blaues Wasser zur Verfügung und es gibt keine Konkurrenz zur Landwirtschaft.

#### *Bewertungsschema Wasser & Minenbedarfe*

- Als Indikatoren werden die Lage der Mine genommen unter Berücksichtigung der Niederschläge vor Ort auf Basis des Ariditätsindex-Index sowie der Wasserbedarf für die Aufarbeitung der Mineralien.
- Wie ist der Wasserbedarf der Mine?
- Wo liegen die Minen - in sehr ariden oder in sehr wasserreichen Regionen?
- Wenn Sie in ariden Regionen liegen - wo kommt das Wasser her?
- Ist der Wasserbedarf relevant für den Wasserhaushalt des Landes oder der Region?

Eine Einschätzung kann anhand folgender Quellen vorgenommen werden:

- scinexx (2022): Neue globale Karte der Aridität. Online: <https://www.scinexx.de/news/geowissen/neue-globale-karte-der-ariditaet/>
- Natur (2022): Scientific Data - Global PETOnline: <https://www.nature.com/articles/s41597-022-01493-1>
- BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (o.J.): Informationen zur Nachhaltigkeit. Online: [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Produkte/produkte\\_node.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html)

- EERA Deutsche Rohstoffagentur (o.J.): Rohstoffe. Online: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Rohstoffinformationen/Rohstoffe/rohstoffe\\_node.html](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Rohstoffinformationen/Rohstoffe/rohstoffe_node.html)
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Seltene Erden. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-in-der-https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/seltene-erden/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Basismetalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Strategische Metalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Hochreine Metalle / High Tech Metalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-sonder-metalle/>

Wie zuvor wird eine Bewertung mit Punkten als sinnvoll erachtet mit folgenden Abstufungen:

**Tabelle: Bewertungsschema "Wasser"**

Wasser- verbrauch	Aridität der Region	Wasserversorgung	Relevanz des Wasserverbrauchs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoch +3</li> <li>• mittel 0</li> <li>• gering +3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>x &lt; 0,2 = -4</math></li> <li>• <math>0,2 &lt; x &lt; 0,5 = -2</math></li> <li>• <math>0,5 &lt; x &lt; 0,8 = -1</math></li> <li>• <math>0,8 &lt; x &lt; 1,0 = 0</math></li> <li>• <math>1,0 &lt; x &lt; 1,5 = +1</math></li> <li>• <math>1,5 &lt; x &lt; 2,5 = +2</math></li> <li>• <math>x &gt; 2,5 = +4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundwasser = -3</li> <li>• Oberflächenwasser = 0</li> <li>• geringer Bedarf, da gutes Recycling = +3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr hoch = -3</li> <li>• hoch = -1</li> <li>• mittel oder nicht abschätzbar = 0</li> <li>• gering = +1</li> <li>• sehr gering = +3</li> </ul>

Die folgende Tabelle nutzt das obige Schema für die Bewertung von zwei Minen.

**Tabelle: Bewertung des Wasserverbrauchs und der Wasserverfügbarkeit für zwei Kupferminen**

	Chile - Kupfermine Chuquicamata	Indonesien - Grasberg Kupfer-Gold-Mine
Lage	Atacama Wüste	subtropischer Regenwald
Wasserbedarf	hoch = -3	hoch = -3
Aridität	Aridität $< 0,05$ ; -4	$5 < \text{Aridität} < 10$ , +2
Wasserversorgung	Oberflächenwasser = 0	Oberflächenwasser = 0
Relevanz	sehr hoch = -3	sehr gering = +3
Bewertung	-10	+2

### 5.1.4 SDG 7 / 13 - Energieressourcen und Emissionen

Bergbau und Metallurgie sind ein energieintensiver Prozess. Ohne Kohle und Koks, ohne Gas und Strom ist Bergbau und die Gewinnung von Metallen nicht möglich. Eine ausführliche Beschreibung der Nutzung von Energie aus Sicht der Nachhaltigkeit findet sich im Hintergrundmaterial "Elektroniker\*in HGM IZT". Im Folgenden wird der Einsatz von fossilen Ressourcen für Bergbau und Verhüttung beschrieben.

- Steinkohle und Koks: Oxidische (z.B.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und Sulfidische Erze (z.B. CuS oder NiS) werden mit Koks "geröstet". Der Koks - hergestellt aus Kohle - verbrennt zu Kohlenmonoxid, welches das Metalloxid reduziert (vgl. Lernhelfer o.J.). Die Verwendung von Kohle und Koks ist nicht nachhaltig, denn alle Prozesse, in denen sie verwendet werden, erzeugen hohe THG-Emissionen. Allerdings ist die thermische Reduktion von Metalloxiden ein zentraler Prozess zur Erzeugung von Eisen und Stahl, von Kupfer, Zink, Zinn und Blei. Eine Alternative ist die Verwendung von Wasserstoff, welches z.B. schon zur Erzeugung von Wolfram verwendet wird. Derzeit wird vor allem in Europa daran gearbeitet, metallurgische Prozesse auf Wasserstoff umzustellen, was jedoch aufgrund der zur Zeit noch geringen Mengen an nachhaltig erzeugtem Wasserstoff erst in einigen Jahren möglich sein wird.
- Erdöl, Diesel und Benzin: Die Verwendung von fossilen Erdöl und seiner durch Raffination gewonnenen Derivate ist nicht nachhaltig. Im Bergbau wird vor allem Diesel für schwere LKW genutzt sowie für Dieselgeneratoren zur Erzeugung von Strom an Orten, die nur schwer an das Stromnetz angeschlossen werden können. Inzwischen gibt es aber vielfältige Fahrzeuge für den Bergbau, die mit Elektroantrieb fahren (vgl. kuhn-gruppe o.J.; elektroauto-news 2021; agrarzeitung 2023).
- Erdgas: Methan spielt in der Metallurgie nur eine untergeordnete Rolle - die Kosten sind hoch. Bedeutung hat es vor allem bei Verbrennungsprozessen wie in der Stahlindustrie (Stahl 2022) oder bei Prozessen, in denen Hitze für sehr hohe Temperaturen erzeugt werden muss, sowie bei Produktionsprozessen zum Einsatz. Ebenso benötigt die Kupferherstellung Erdgas bei der Herstellung der Kupferanoden, bei der Strangguss-Produktion und bei der Drahtherstellung (Handelsblatt 2022).
- Strom: Nahezu alle metallurgischen Prozesse nach der Verhüttung und die Herstellung von Halbzeugen sind auf Strom angewiesen. Herausragend sind die Elektrostahlproduktion, die Elektrolyse von Kupfer sowie die Schmelzelektrolyse von Aluminium. Diese drei Massenmetalle verbrauchen vermutlich am meisten Strom zur Produktion (vgl. [Tabelle: Kumulierter Primärenergieaufwand \(KEA\) bezogen auf 1 t Rohmaterial sowie die jährliche Welt Gesamtproduktion \(KEAglobal\)](#)). Entscheidend für die Nachhaltigkeit ist deshalb der Strommix, d.h. der Anteil von fossilen Energieträgern an der Stromerzeugung (Stein- und

Braunkohle sowie Erdgas). Die höchsten Anteile an erneuerbarer Energie (inklusive Wasserkraft) hat Europa mit ca. 40% (2020, vgl. Enerdata o.J.; CRP o.J.). China folgt auf dem zweiten Platz mit ca. 29%. In den USA liegt der Anteil der Erneuerbaren nur bei ca. 20%. Für die THG-Emissionen ist der Anteil der Kohl- und Gasverstromung besonders relevant, da Kernenergie relativ gesehen emissionsfrei ist. Dieser liegt in Europa bei ca. 22%, in China bei ca. 68% und in den USA bei ca. 38%. Konsequenterweise bedeutet dies, dass Kupfer und Aluminium, die in Europa hergestellt werden, wesentlich umweltfreundlicher sind als wenn sie aus China oder den USA importiert werden. Spitzenreiter der klimafreundlichen Stromerzeugung sind Norwegen (99%), Neuseeland (81%), Brasilien (78%), Kolumbien (75%) und Kanada, Schweden und Portugal (68 bis 66%, vgl. Enerdata o.J.).

Der Energieaufwand für metallurgische Prozesse kann an Hand des sogenannten Primärenergieaufwandes bestimmt werden. Er ist der Energieeinsatz, der notwendig zur Herstellung eines Metalls, eines Stoffes, einer Verbindung oder gar eines Produktes notwendig ist. Es ist die *berechnete Energiemenge, die zusätzlich notwendigen Endenergieaufwand auch diejenigen Energiemengen einbezieht, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Energieform entstehen* (TGA Lexikon o.J.). Es werden somit auch die Aufwendungen der Vorketten zur Herstellung von Koks, Strom oder Kohle mit einbezogen.

Die Metallurgie kommt jedoch noch nicht ohne die Nutzung von Kohle und Gas aus. Eine Umstellung auf den Grünen Wasserstoff (durch Elektrolyse mit Strom aus Windenergie oder Sonnenlicht erzeugter Wasserstoff) ist erst in der nächsten Dekade zu erwarten. Zudem unterscheiden sich die Hüttenprozesse weltweit deutlich in den Technologien - nur mit Hilfe einer Ökobilanz kann geklärt werden, welcher Prozess der klimaschonendste ist - deshalb kann der Primärenergiebedarf zur Herstellung der Metalle nicht allein verwendet werden.

### *Indikator Stromerzeugung (Strommix)*

Die einzige pragmatische Option für Elektroniker und Elektronikerinnen ist deshalb, den Strommix zu beachten.

- Als ein Indikator für die Nachhaltigkeit der Gewinnung von Materialie oder Bauteilen wird der Strommix vorgeschlagen
- Wie ist der Strommix für den Bergbau?
- Wie ist der Strommix in dem Land, in dem das Rein-Metall hergestellt wird?
- Wie ist der Strommix, in dem das Bauteil, die Baugruppe oder das Produkt hergestellt wird?
- Nutzen Sie folgende Quelle: Enerdata (o.J.): Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung. Online:

<https://energiestatistik.enerdata.net/erneuerbare-energien/erneuerbare-anteil-in-strom-produktion.html>

**Bewertungsschema "Strommix"**

Elektroniker und Elektronikerinnen sollten dann zur Förderung der Nachhaltigkeit vor allem Produkte aus Ländern zu beziehen, deren Strommix einen hohen Anteil an erneuerbarer Energie hat (vgl. Enerdata o.J.). Wie zuvor wird eine Bewertung mit Punkten als sinnvoll erachtet mit folgenden Abstufungen (diese können frei gewählt werden):

Tabelle: Bewertungsschema für den Strommix

- $x > 90\% = 5$
- $75\% < x < 90\% = 4$
- $50\% < x < 75\% = 3$
- $30 < x < 50\% = 2$
- $10 > x < 30\% = 1$
- $x < 10\% = 0$

Tabelle: Bewertung des Strommixes für ein Bauteil hergestellt in unterschiedlichen Ländern

	Widerstand - hergestellt in China	Widerstand - hergestellt in Portugal
Strommix	29% Erneuerbare Energien	65% Erneuerbare Energien
Bewertung	2	3

**5.1.5 Optionale Indikatoren für die ökologische Dimension**

Wie schon mehrfach dargestellt, ist die Bilanzierung der Umweltfolgen der Erstellung von Produkten ein komplexer Prozess über viele Stufen. Demzufolge sind auch viele Indikatoren zu berücksichtigen. Weitere optionale Indikatoren - die hier nicht in die Wertschöpfungskette einfließen, wären z.B.:

- Energieeinsatz Primärrohstoffe
  - a. Welche Energieträger werden bei der Verhüttung und bei der Halbzeugherstellung eingesetzt?
  - b. Wie viele THG-Emissionen entstehen durch Verhüttung und Halbzeugherstellung?
- Gefahrstoffe
  - a. Werden Gefahrstoffe als Hilfsmittel genutzt? (Z.B. Quecksilber für die Goldgewinnung, Cyanid-Laugerei oder Fluoride für die Aluminiumschmelze?)
  - b. Gelangen die Gefahrstoffe in die Umwelt?
- Umweltverschmutzung

- a. Liegen Berichte über Umweltverschmutzungen des Bergbau Konzerns oder der verarbeitenden Industrie vor? (google-Recherche)
- b. Was sagt der Bergbaukonzern im Nachhaltigkeitsbericht zu seinen Minen und Hütten in der ökologischen Dimension?

### 5.1.6 SDG 12/13 - Nutzung von IT-Produkten

Dieses SDG 12 zielt auf die nachhaltige und effiziente Nutzung der Ressourcen ab aus der Perspektive der Produzenten und der Konsumenten. Das SDG 13 auf das Wissen um den Klimawandel, weshalb bei dem folgenden Beispiel beide SDG wichtig sind. Jedes Produkt hat einen ökologischen Fußabdruck - sowohl durch seine Produktion als auch durch seine Nutzung. Im Folgenden soll dies beispielhaft erläutert werden.

- Für IT-Produkte gibt es gute Bilanzierungen. Wenn Sie ein Produkt ähnlich einem Smartphone, eines Tablets, eines Routers oder eines Sprachassistenten einschätzen wollen, entnehmen Sie Vergleichsdaten folgender Veröffentlichung:
- Öko-Institut (2020): Digitaler Fußabdruck. Online:  
[https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO<sub>2</sub>-Fussabdruck.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf)
- Die Umrechnung der dortigen Werte von THG-Äquivalenten kann wie folgt durchgeführt werden unter der vereinfachenden Annahme, dass diesen Äquivalenten ein bestimmter Stromverbrauch zugrunde lag. Der Strommix in Deutschland lag in 2021 bei 485 g/kWh inklusive Vorketten (UBA 2022).
- Ist das Gerät mit einem Notebook vergleichbar, so lag das THG-Potential für Herstellung und Nutzung bei ca. 250 kg CO<sub>2</sub>-Äq (Öko-Institut 2020:9). Dies entspricht unter obiger Annahme den Emissionen von rund 515 kWh Strom.

#### *Indikator Primärenergieaufwand, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Budget*

Allerdings ist der Indikator "Primärenergieaufwand" nur sinnvoll, wenn er als relativer Indikator verwendet wird, wie z.B. wenn verschiedene Metalle oder elektronische Bauteile als Alternativen zur Verfügung stehen. In dem Falle kann der Elektroniker oder die Elektronikerin die klimaschonendste Alternative wählen. Dies ist jedoch im Rahmen der WKA kaum möglich, da viele Faktoren miteinander verglichen werden müssten. Deshalb ist der Indikator selbst zu relativieren, indem man einen Vergleichsmaßstab an den Primärenergieaufwand des Produktes anlegt.

Dies ist möglich, wenn man den Primärenergiebedarf für die Herstellung und für die Nutzung an einen Maßstab für die Nachhaltigkeit anlegt. Dieser Vergleichsmaßstab kann z.B. das CO<sub>2</sub>-Budget sein, das jeder Mensch verbrauchen dürfte, ohne dass wir das 2°-Ziel überschreiten würden. Hier gibt es verschiedene Vorschläge aus der Wissenschaft von 1 (UBA 2021), über 2 (Greenpeace 2017) bis hin zu 3 t CO<sub>2</sub>-Äq pro Bürger und Jahr (tagesschau / Schellhuber 2023).

Allerdings gelten die 2 bis 3 Tonnen für alle Bereiche des Lebens: Heizung und Strom, Mobilität, Ernährung und Konsum (inklusive Gesundheit, Bildung und Freizeit). Nimmt man eine weitgehende, auf Erneuerbare Energien beruhende Elektrifizierung an für Heizung, Strom und Mobilität, so verteilt sich das CO<sub>2</sub>-Budget auf die Bereiche Ernährung und Konsum schätzungsweise hälftig (eigene Annahme). Auf dieser Basis kann man dann einschätzen, ob die Herstellung und Nutzung eines Produktes klimaeffizient oder nicht ist.

**Bewertungsschema Primärenergieaufwand, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Budget**

- Als Indikator für die Energieressourcen wird der Primärenergieaufwand eines Bauteils oder eines Gerätes zuzüglich dem Energieverbrauch während der Nutzung verwendet.
- Dieser Wert wird durch die Lebensdauer des Gerätes geteilt und ergibt einen jährlichen Beitrag zum individuellen CO<sub>2</sub>-Budget.
- Der Bezug für Konsumprodukte sind 1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq p.a.
- Welchen Anteil hat die Herstellung eines Produktes an dem nachhaltigen CO<sub>2</sub>-Budget von 1,5 t pro Jahr und Bürger\*in?

Als Beispiel wird ein Tablet für den Industriebedarf genommen, mit dem Daten zur Anlagensteuerung abgerufen und Prozesse gesteuert werden. Als Vergleichsdaten werden typische Tablets von Apple herangezogen. Berechnet man den Primärenergieverbrauch und die Nutzenergie für das Tablet (Öko-Institut 2020) in Bezug auf seine Lebenszeit von etwas mehr als 4 Jahren (ZDNet 2018), so erhält man einen Anteil von ca. 40 kg CO<sub>2</sub>-Äq. Dies wäre ca. 6% des jährlichen Konsum Budgets, er ist somit sehr hoch.

**Tabelle: Bewertung des Primärenergieaufwands, des Energieverbrauchs und sein Anteil am CO<sub>2</sub>-Budget - Beispiel Tablets**

<b>Anteil hat die Elektronik am Verbrauch von Nutzenergie</b>	<b>iPad Air 2</b>	<b>Anteil am 1,5 t CO<sub>2</sub>-Budget p.a.</b>
Aufwand an Primärenergie (Herstellung, Transport, Nutzung, Entsorgung)	ca. 180 kg CO <sub>2</sub> -Äq / ca. 370 kWh	
Lebensdauer	4 Jahre + 3 Monate (ZDNet 2018)	
Emissionen und Energieverbrauch pro Jahr	ca. 40 kg CO <sub>2</sub> -Äq / 90 kWh/a	6%
	<b>Summe der Bewertung</b>	<b>Sehr hoher Anteil</b>

**Aufgabe: Berechnen Sie den Anteil verschiedener IT-Produkte an ihrem jährlichen CO<sub>2</sub>-Budget**

- Recherchieren Sie die Daten für Computer, Fernseher, Smartphone, Spielekonsole oder Router
- Quelle: Öko-Institut (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Online: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>
- Bewerten Sie anschließend den Anteil an Ihrem jährlichen CO<sub>2</sub>-Budget von 1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq.
  - Ist der Anteil hoch oder gering?
  - Was müsste man tun, wenn er zu hoch ist?
- Bewertung
  - $<0,1\%$  sehr gering = +2
  - $0,1 \leq x < 0,5\%$  gering = 0
  - $0,5 \leq x < 1\%$  mittel = -1
  - $1 \leq x < 2\%$  hoch = -2
  - $2 \leq x < 5\%$  sehr hoch = -4
  - $x > 5\%$  viel zu viel = -6

### 5.1.7 SDG 12/13 - Stromverbrauch in der Nutzungsphase

Alle elektronischen Produkte brauchen Strom - aber nicht immer sind Schaltungen oder Bauteile der größte Stromverbraucher eines Gerätes, sondern es sind die Displays (Fernseher), die Heizung (Spül- und Waschmaschinen) oder die Elektromotoren (Antriebe). Dies ist noch für einen zweiten Aspekt bedeutsam:

- Was verursacht mehr THG-Emissionen:
  - Die Herstellung der Materialien und der Produkte
  - oder die Nutzungsphase?

Hierzu zwei Beispiele:

- Berechnet man das THG-Potential für die Herstellung und die Nutzungszeit, so zeigen sich deutliche Unterschiede. Das Öko-Institut hat diese z.B. für Waschmaschinen bilanziert (UBA 2016 sowie Öko-Institut 2006). Bei einer Nutzungsdauer je Maschine von 5 Jahren fallen in 20 Jahren insgesamt (d.h. von dann insgesamt 4 gekauften Waschmaschinen 3,7 t CO<sub>2</sub>-Äq an. Beträgt die Lebensdauer 10 Jahre, so verteilt sich der Herstellungsanteil der Emissionen auf die doppelte Zeitspanne und in 20 Jahren (der Nutzungsdauer von jetzt 2 Maschinen) sinkt die THG-Emission auf ca. 3 t. Wird eine Waschmaschine über die gesamten 20 Jahre genutzt (eine Waschmaschine der Fa. Miele wird vom Autor seit über 30 Jahren störungsfrei genutzt!), so liegt die THG-Emission in den 20 Jahren bei 2,7 t.

- Die durchschnittliche Nutzungsdauer digitaler Endgeräte beträgt 5 Jahre. Bei der Herstellung eines Laptop mit SSD-Festplatte werden 311 kg THG-Emissionen verursacht (Öko-Institut 2020) Die Verlängerung der Nutzungszeit bedeutet THG-Einsparung. Ein Beispiel:  
Für die Rechner für eine Computer-Schulklasse mit 30 SSD-Laptops werden also bei der Produktion insgesamt 9.330 kg THG emittiert. Bei 5-jähriger Laufzeit beträgt das 1.866 kg /Jahr. Bei 7-jähriger Laufzeit sind das 1.333kg/Jahr, also eine Einsparung 533 kg THG/Jahr. Unabhängig von der Nutzungsdauer der Geräte kommen natürlich noch die Emissionen aus dem Energieverbrauch während der Nutzung hinzu. Diese betragen bei 13 W pro Gerät angenommenen 1.000 Nutzungsstunden pro Jahr und einem CO<sub>2</sub>-Faktor von 450 g/kWh (und weiterhin 30 Geräten) ca. 175 kg CO<sub>2</sub>-Äq (ebd. 2020).

*Indikator Energieverbrauch während der Nutzung*

Vor diesem Hintergrund kann eine vereinfachte Bewertung der Nachhaltigkeit der Wertschöpfungskette unter folgenden Aspekt bewertet werden:

- Den Stromverbrauch der elektronischen Schaltungen so gering wie möglich zu gestalten (so wie dies z.B. bei Smartphones schon Standard ist),
- den Verbrauch an Nutzenergie für von der Elektronik veranlasste Prozesse (Bewegen, Erwärmen, Bestrahlen, Bildliches wiedergeben) möglichst gering zu halten.
- Als Indikator wird der Anteil des Stromverbrauchs durch die Elektronik am Gesamtstromverbrauch des Geräts vorgeschlagen
- Als zweiter Indikator wird der Energieverbrauch pro Nutzeinheit vorgeschlagen (z.B. eine Stunde Koche, Waschen, Kühlen, Beleuchten)

*Bewertungsschema "Energieverbrauch durch die Nutzung"*

Die Bewertung muss qualitativ erfolgen, da nur für wenige komplexe Produkte Ökobilanzen vorliegen, die ggf. Auskunft geben über die Verteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Komponenten. Es sollten deshalb nicht die einzelnen Bauteile bewertet werden, sondern das Produkt als Ganzes. Es wird deshalb ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, bei dem die beiden obigen Fragestellungen genutzt werden. Wie zuvor sollten Punkte vergeben werden:

**Tabelle: Bewertungsschema für den Energieverbrauch durch die Nutzung**

Welchen Anteil hat die Elektronik am am Energieverbrauch des untersuchten Geräts während seiner Nutzung	Energieverbrauch pro Nutzeinheit (Stunde)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr viel: -2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>x &gt; 5 \text{ kWh/h} = -5</math></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• viel: -1</li> <li>• unklar: 0</li> <li>• wenig: +1</li> <li>• sehr wenig: +2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>2 &lt; x &lt; 5 \text{ kWh/h} = -3</math></li> <li>• <math>1 &lt; x &lt; 2 \text{ kWh/h} = -1</math></li> <li>• <math>0,1 &lt; x &lt; 1 \text{ kWh/h} = 0</math></li> <li>• <math>0,01 &lt; x &lt; 0,1 \text{ kWh/h} = +1</math></li> <li>• <math>x &lt; 0,01 \text{ kWh/h} = +3</math></li> </ul>
--	---

Eine positiver Wert für den Energieverbrauch der Elektronik bedeutet, dass die Elektronik nicht der eigentliche Stromverbraucher ist und andere Prozesse wichtiger sind für die Frage der Optimierung.

Tabelle: Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik in einer Waschmaschine

Anteil hat die Elektronik am Verbrauch von Nutzenergie	Antwort	Bewertung
Anteil der Energie für die Elektronik	sehr gering, die meiste Energie wird für das elektrische Aufheizen und die mechanische Bewegung verbraucht	+1
Verbrauch an Nutzenergie	auch bei niedriger Temperatur läuft die Maschine 2 Stunden und verbraucht mehr als 1 kWh	-1
	<b>Summe der Bewertung</b>	<b>+0</b>

## 5.2 Rohstoffe und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit

Eine Bewertung der sozialen und der ökonomischen Dimension kann sowohl auf der Ebene der Rohstoffe, der Bauteile oder Produkte erfolgen. Ebenso können die Dimensionen auf der Ebene des Nutzens bewertet werden. Hierdurch würde die Analyse der Wertschöpfungskette äußerst komplex und nicht für die Bildungsarbeit nutzbar sein. Wir haben uns deshalb entschieden, dass

- die soziale Dimension auf der Ebene beispielhafter ausgewählter Rohstoffe in den zwei Ländern, die die wichtigsten Rohstofflieferanten sind (und womit die höchste Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Material in diesen Ländern seinen Ursprung hat) erfolgt und
- dass eine Bewertung des Nutzens im Rahmen der Bewertung der ökonomischen Dimension erfolgen sollte (s.u.).

Begründen lässt sich dies wie folgt:

- Zum einen sind die Umweltfolgen des Bergbaus und der Verhüttung in den Rohstoff liefernden Ländern viel höher als die Verarbeitung der Rohstoffe zu Produkten in den Industrieländern.
- Zum anderen hat die Wertschöpfung in den Bergbauländern eine wesentlich größere Bedeutung für das jeweilige nationale Bruttosozialprodukt - und damit für Arbeit und Beschäftigung - als z.B. in den hoch entwickelten Ländern.

Die Basis für diese Entscheidung ist die Debatte um den sogenannten "Rohstoff-Fluch" (vgl. romah o.J.). Dies beschreibt *“das Phänomen, dass Länder, die reich an mineralischen und fossilen Ressourcen sind, dennoch häufig in Armut verharren”*, *“So sind 12 von 25 Ländern mit der weltweit höchsten Kindersterblichkeit rohstoffreiche afrikanische Länder. In Nigeria oder Angola etwa nahm die Armut trotz Öl-getriebener Wachstumsraten signifikant zu (ebd.)*. Dies gilt natürlich nicht für alle rohstoffreichen Länder. Kanada und Norwegen haben sehr viel Wohlstand aus ihren Ressourcen geschaffen..

Für die Analyse der Wertschöpfungskette werden deshalb die folgenden Fragen vorgeschlagen:

- Ist der Umweltschutz in den Ländern etabliert und schützt er so die Menschen? Bewerten Sie dies an Hand des Environmental Performance Index der Yale Universität: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi>
- Welchen Rang nimmt das Land im internationalen Korruptionsindex ein? Transparent International (o.J.): [www.transparency.de/cpi/cpi-2021/cpi-2021-tabellarische-rangliste](http://www.transparency.de/cpi/cpi-2021/cpi-2021-tabellarische-rangliste)
- Wie ist der Status der politischen und bürgerlichen Rechte? Diese sind ein Indiz dafür, ob Umweltverschmutzungen und Korruption angeprangert und ggf. Rechte vor Gerichten eingefordert werden können. Nutzen Sie hierzu den Index von Freedom House  
Index: <https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>

**Optional:** Wenn im Rahmen der Projektaufgabe anstelle eines Rohstoffs der Bergbau durch einen bestimmten Minenkonzern betrachtet wird, können auch die folgenden Fragen genutzt werden:

- Liegen Berichte vor, ob Bergbaurechte unter Korruptionsverdacht vergeben wurden? Profitiert auch die Bevölkerung durch Lizenz- und Steuereinnahmen, oder wurden die Bergbaurechte “verschachert”?  
Machen Sie z.B. eine google-Recherche mit den Stichworten:  
“Name des Landes + Bergbau oder Metall + Korruption”.
- Hat sich der jeweilige Bergbaukonzern nach ISO 14001 zertifizieren lassen?
- Was sagt der Bergbaukonzern im Nachhaltigkeitsbericht zu seinen Minen und Hütten in der sozialen Dimension?

**Bewertungsschema**

Die Bewertung muss qualitativ auf Basis einer Webrecherche erfolgen, da keine kompakten und auch vergleichbaren Informationen über die soziale Dimension nur für wenige komplexe Produkte Ökobilanzen vorliegen. Es sollten deshalb nicht die einzelnen Materialien bewertet werden, sondern das elektronische Bauteil als Ganzes. Es wird deshalb ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, bei dem die beiden obigen Fragestellungen genutzt werden. Wie zuvor sollten Punkte vergeben werden:

Tabelle: Indikatoren für die soziale Dimension der Wertschöpfungskette eines Rohstoffes für eine Elektronik - Kupfer aus Kanada und Chile

Indikatoren Soziale Dimension	Bewertung
Status des Umweltschutzes (es werden 180 Länder bewertet). Je besser es um den Umweltschutz steht, desto höher steigt ein Land im Ranking auf.	1-40 = +2 Punkte 41-80 = +1 Punkt 91-120 = -1 Punkt 121 -180 = -2 Punkt
Ranking im Korruptionsindex. Je niedriger der Wert ist, desto weniger Korruption ist in dem Land und desto "höher" ist sein Ranking. Es werden insgesamt 180 Länder bewertet.	1-40 = +2 Punkte 41-80 = +1 Punkt 91-120 = -1 Punkt 121 -180 = -2 Punkt
Politische und Bürgerliche Rechte. Hier ist die Reihung umgekehrt, je mehr Punkte ein Land hat, desto besser ist der Status der Rechte. Es können maximal 100 Punkte erreicht werden.	100-75 = +2 Punkte 50-74 = +1 Punkt 25-49 = -1 Punkt 0-24 = -2 Punkt
	<b>Summe der Bewertung</b>

Die Bewertung ist natürlich qualitativ und es kommt auf die Informationen an, über die die Bewertenden verfügen. Um die Bewertung aber anschaulich zu machen, empfehlen wir, immer zwei Länder miteinander zu vergleichen, damit Unterschiede deutlich werden wie die folgende Tabelle zeigt:

Tabelle: Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik - Kupfer aus Kanada und Chile

Indikatoren Soziale Dimension	Kanada	Bewertung	Chile	Bewertung
Status des Umweltschutzes	49	+1	65	+1
Ranking im Korruptionsindex	74	+1	67	+1
Politische und Bürgerliche Rechte (Punkte, je höher desto besser)	98	+2	94	+2

	<b>Summe der Bewertung</b>	+4		+4
--	--------------------------------	----	--	----

### 5.3 Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit

Rohstoffe sollten aus Sicht der ökonomischen Dimension möglichst ressourceneffizient genutzt werden. Ressourceneffizienz bedeutet, je Output der Produktion so wenig wie möglich vom Rohstoff zu verwenden. Aus Sicht der Nachhaltigkeit sollten aber auch die ökologischen Folgen der Inanspruchnahme von Rohstoffen beachtet werden. Hierdurch wird eine Bewertung sehr komplex und kann nur durch eine wissenschaftliche Studie erfolgen. Wir schlagen deshalb eine einfache Alternative mit folgender Begründung vor:

1. Prämisse: Ein Leben ohne Produkte für den eigenen Konsum ist nicht das Ziel der menschlichen Entwicklung.
2. Prämisse: Jedes Produkt hat einen Nutzen - er kann für einen Einzelnen oder eine Einzelne subjektiv oder real bewertbar sein.
3. Prämisse: Wenn der reale Nutzen von vielen geteilt wird, ist es ein gesellschaftlicher Nutzen.
4. Prämisse: Es gibt Produkte, die das Leben besser machen (einen hohen Nutzen haben) und es gibt Produkte, die nicht zur Verbesserung der Lebensqualität beitragen (keinen oder nur geringen Nutzen haben).
5. Prämisse: Jedes Produkt braucht Rohstoffe - wir können deshalb nicht auf Rohstoffe und deren Abbau verzichten.
6. Prämisse: Produkte, die helfen die SDG umzusetzen oder zu fördern, haben einen hohen gesellschaftlichen Nutzen
7. Fazit: Ein Produkt, das keinen gesellschaftlichen Nutzen hat, ist nicht nachhaltig, da es Ressourcen ohne Nutzen verschwendet.
8. Fazit: Ein Produkt, das einen hohen gesellschaftlichen Nutzen hat, ist nachhaltig, da es Ressourcen im Sinne der Nachhaltigkeit nutzt.

#### *Indikator "Ökonomischen Dimension"*

Folgt man der obigen Argumentation, liegt das eigentliche Problem in der 6. Prämisse: Wie kann ein gesellschaftlicher Nutzen festgestellt werden? Hierzu gibt es diverse Möglichkeiten, aber auch eine Jahrhunderte alte philosophische Debatte (vgl. Metzler o.J.). Wir schlagen im Rahmen des Projektes PA-BBNE vor, diesen an ihrem Beitrag zu den SDG Sustainable Development Goals festzumachen. Die SDG spannen eine Rahmen auf und sind ein Bekenntnis (fast) aller Nationen der Erde, welche Ziele wirklich wichtig sind. Sie haben somit eine hohe Autorität, da sie konsensual über die Nationen hinweg völkerrechtlich vereinbart wurden.

Allerdings gibt es hinsichtlich einer Bewertung des Nutzens die Problematik des "Dual Use" zu beachten (BMWK o.J.; DLF 2022, EC 2023 / Anhang I). Eine Vielzahl von

Produkten kann zum Nutzen der Menschheit genutzt werden - oder eben zu deren Schaden. Ein einfaches Beispiel sind die handelsüblichen Drohnen, die im Privatsektor zur Erstellung von Filmen genutzt werden, in der Landwirtschaft zum Monitoring des Pflanzenwachstums oder Schädlingsbefalls oder im Krieg, um feindliche Stellungen auszuspähen. Vor diesem Hintergrund muss eine Bewertung der Elektronik eines Produktes auch mit einem bestimmten Nutzen gewählt werden.

- Welchen Nutzen hat das von Ihnen bewertete Produkt für die SDGs?

**Bewertungsschema "Ökonomischen Dimension"**

Die Bewertung muss qualitativ erfolgen, da nur für wenige komplexe Produkte eine Betrachtung unter dem Blickwinkel der SDG vorliegt. Es sollten deshalb nicht die einzelnen Materialien bewertet werden, sondern das Produkt als Ganzes. Es wird deshalb ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, bei dem die beiden Fragestellungen genutzt werden. Wie zuvor sollten Punkte vergeben werden:

Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kein Nutzen: -2</li> <li>• geringer Nutzen: -1</li> <li>• unklar: 0</li> <li>• guter Nutzen: +1</li> <li>• sehr großer Nutzen: +2</li> </ul>

Die Bewertung ist natürlich qualitativ und es kommt auf die Informationen an, über die die Bewertenden verfügen. Wichtig ist, dass die Argumente nicht doppelt vergeben werden, da die Argumente durchaus zu mehreren SDGs passen (s.u. durchgestrichene Zeile). Insgesamt kommt es darauf an, möglichst viele Argumente pro und contra zu finden.

**Tabelle: Bewertung der Elektronik für eine Drohne - Einsatzgebiet Landwirtschaft**

SDG	Antwort: Der Einsatz von Drohnen kann...	Bewertung
SDG 1 - Kein Hunger	... den Ertrag maximieren indem Maßnahmen frühzeitig ergriffen werden	+2
SDG 8 - Menschenwürdige Arbeit	... helfen, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, indem nur dort aufgebracht wird wo es notwendig ist	+1
SDG 9 - Industrie und Innovation	... erschließt eine neue Form der Landwirtschaft, bei der konnektive Systeme eine manuelle Tätigkeit ersetzen werden	+1

SDG 12 – Nachhaltige/r Konsum und Produktion	... helfen, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, indem nur dort aufgebracht wird wo es notwendig ist	+1
SDG 13 - Klimaschutz	... optimieren den Einsatz von Dünger (Vermeidung von N <sub>2</sub> O)	+2
SDG 15 - Leben an Land	... reduzieren den Flächenverbrauch durch eine Steigerung des Ertrages	+1
	<b>Summe der Bewertung</b>	<b>+7</b>

## 5.4 Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit

Noch ist Deutschland weit entfernt von einer zirkulären Kreislaufwirtschaft, wie das Beispiel Elektro- und Elektronikschrott zeigt. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 2,84 Mio. t Elektro- und Elektronikgeräte in Deutschland in den Verkehr gebracht (UBA 2022). Zwar ist die Menge der in Deutschland getrennt gesammelten Elektroaltgeräte im Jahr 2021 auf 1,07 Mio. t gestiegen, was gegenüber dem Vorjahr einen Anstieg um 0,3 Mio. t darstellt. Allerdings ist im selben Zeitraum auch die Menge der in den Verkehr gebrachten Elektrogeräte erheblich gestiegen.

Am Beispiel Smartphones lässt sich gut zeigen, welche Potentiale für die zirkuläre Kreislaufwirtschaft bestehen. In Deutschland werden jedes Jahr rund 20 Mio. Smartphones verkauft und die alten Geräte wären eine wahre “Goldgrube” für wertvolle und seltene Metalle (ingenieur.de 2020).

- Umicor in Belgien ist eines der weltweit führenden Recyclingunternehmen von elektrischen und elektronischen Geräten, das frühzeitig das Potential von Elektroschrott erkannt hat. Aus einer Vielzahl von Rückständen und Altprodukten (z.B. auch Katalysatoren von KFZ) werden 17 wertvolle Metalle zurückgewonnen (u.a. Gold, Silber, Palladium, Kupfer, Kobalt, Lithium und Nickel, Umicor 2020). Ein Beispiel ist, dass aus 4 t Smartphones 1 kg Gold zurückgewonnen werden (Umicor o.J.). Um die gleiche Menge Gold zu gewinnen, müssten 200 t Erz mit all seinen Umweltfolgen aufbereitet werden. Allein in Deutschland lagern geschätzt 200 Mio. Althandys in den Schubladen (Statista 2022), dies ist eine Masse von geschätzt. Mit der Bilanzierung der DERA entspräche dies einer Masse von 20 bis 22.000 t (DERA 2020). Könnte man die Daten von Umicor übertragen - die Zusammensetzung der Smartphones ist nur aus Stichproben bekannt - würden sich 5.000 t Gold wiedergewinnen lassen und die Aufbereitung von 1 Mio. t Erz ersparen.
- Ein weiteres Projekt in Japan in 2019 zeigte gleichfalls Erfolg: Aus 5 Millionen alten Smartphones konnten 28 Kilogramm Gold, 3.500 Kilogramm Silber und

2.700 Kilogramm Bronze (Kupfer-Zinn-Legierung) zurückgewonnen werden (ingenieur.de 2020).

Neben dem Recycling gibt es einen zweiten Aspekt zu beachten: Der Einsatz von Recyclingmaterialien in der Rohstoffkette ist immer klimaschonender als wenn die Primärmaterialien durch Bergbau und Verhüttung gewonnen werden. Das Recycling von Aluminium z.B. aus Altmetall führt dazu, dass für eine Tonne Aluminium nur vier Tonnen Rohstoff benötigt werden (Remondis o.J., Fraunhofer Umsicht 2015). Das Recycling von Aluminium spart 95% der Emissionen ein, von Zink 95%, von Kupfer 85%, von Stahl 73% und von Glas 30% der Emissionen (ebd. o.J.). Auch das Recycling von Kunststoffen spart Emissionen: 1,26 t CO<sub>2</sub>-Äq pro Tonne Kunststoff (ebd. und BDE 2020). Da jedoch jedes elektronische Produkt eine Vielzahl von Metallen und Kunststoffen enthält, wäre eine einzelne Bewertung viel zu aufwändig, weshalb diese Frage bei den Rohstoffen beantwortet werden sollte.

### *Indikator "Recycling"*

Vor diesem Hintergrund kann eine vereinfachte Bewertung der Nachhaltigkeit der Wertschöpfungskette unter folgendem Aspekt bewertet werden:

- Gibt es ein Recyclingverfahren für die elektronischen Bauteile?
- Wie kann der Anteil der recycelten Materialien gesteigert werden?

### *Bewertungsschema "Recycling"*

Zur Orientierung für die Bewertung kann der "Global Waste Monitor" (ITU 2020) zu Rate gezogen werden. Die Herausforderungen und Mengenangaben können dann mit aktuellen einheimischen Statistiken des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2022b) verglichen werden. Für einige Weltregionen bzw. Länder liegen individuelle Monitore vor sowie auch für die besondere Produktgruppe des "Internet Waste" (ITU 2021).

Die Bewertung einzelner Produkte muss jedoch qualitativ erfolgen, da nur für wenige komplexe Produkte Ökobilanzen vorliegen. Es sollten deshalb nicht die einzelnen Materialien bewertet werden, sondern das elektronische Bauteil als Ganzes. Es wird deshalb ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, bei dem die beiden obigen Fragestellungen genutzt werden. Wie zuvor sollten Punkte vergeben werden:

<b>Recyclingverfahren</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• sehr schlecht: -2</li><li>• schlecht: -1</li><li>• unklar: 0</li><li>• gut: +1</li><li>• sehr gut: +2</li></ul>

Eine positiver Wert für das Recycling der Elektronik bedeutet, dass die Elektronik gut recycelt wird.

**Tabelle: Bewertung der Elektronik für eine Waschmaschine**

Wertschöpfungskette und Recycling	Antwort	Bewertung
Recyclingverfahren	Es gibt Recyclingverfahren für elektronische Bauteile	+1
	<b>Summe der Bewertung</b>	<b>+1</b>

## 5.5 Kommunikation und Nachhaltigkeit

Auf dem Weg zur Erreichung der angestrebten 17 Ziele nachhaltiger Entwicklung kann Bildung wichtige Beiträge leisten. Allen Menschen den Zugang zu Faktenwissen und validen Informationen zu ermöglichen, ist als Ziel in SDG 4 formuliert. Dies ist eine Grundlage, um Auszubildende und Auszubildende in die Lage zu versetzen, den Herausforderungen gerecht zu werden. Weiterhin ermöglicht Bildung methodische Vorgehensweisen und Wege der Transformation zu erkunden, zu reflektieren und in geplante Handlungen zu übersetzen. Angesichts globaler Vernetzung mittels Digitalisierung und internationaler Handels- und Wirtschaftsbeziehungen ist es heutzutage prinzipiell möglich, auf eine nie dagewesene Vielfalt und Qualität von Wissen zuzugreifen und Nachrichten in Echtzeit auszutauschen.

Die neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ ist deshalb zentral für eine BBNE, sie enthält auch eine Position, in der Ausbildung für eine adressatengerechte Kommunikation gefordert wird (BIBB 2021):

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

Bildung für nachhaltige Entwicklung – die Auseinandersetzung mit den 17 Zielen – ist eine Querschnittsaufgabe im Unterricht der Berufsschule, aber eben auch die Ausbildungsordnungen verlangen die integrative Vermittlung. Die 17 Ziele der Agenda 2030 berühren alle Lebensbereiche und fokussieren sich jeweils auf unterschiedliche Bereiche von Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft; sie stehen untereinander in Wechselbeziehung bzw. überlappen sich wechselseitig. Alle Themen der Berufstätigkeit und des Unterrichts können in Beziehung zu einem oder mehreren Zielen betrachtet werden, wodurch im Verlauf der Ausbildung das komplexe Bild der Nachhaltigkeit in seiner Ganzheit und Komplexität sichtbar wird.

Der verantwortungsbewusste und eigenverantwortliche Umgang mit zukunftsorientierten Technologien, digital vernetzten Medien sowie Daten- und

Informationssystemen wird im Rahmenlehrplan als zu fördernde Kompetenz benannt. Diese Kompetenzen können unterstützt und ergänzt werden durch die Förderung lebensbegleitenden Lernens sowie der beruflichen und individuellen Flexibilität zur Bewältigung der sich wandelnden Anforderungen in der Arbeitswelt und Gesellschaft. Wir haben zur Veranschaulichung zwei Themen zur exemplarischen, modularen Bearbeitung ausgewählt, die sowohl im Beruf als auch im gesellschaftlichen Leben relevant sind:

1. Rohstoffe - Beispiel Kupfer
2. Pro-und-Contra-Argumenten für die Errichtung einer Windkraftanlage

### **Aufgabe 1: Rohstoffe - Beispiel Kupfer**

Vor der eigentlichen Rahmenaufgabe (Aufgabenstellungen A bis D) sollten sich die Schülerinnen und Schüler einen Überblick über die ökologische, wirtschaftliche und soziale Bedeutung der Kupfergewinnung verschaffen. Hierzu dient die folgende einführende Aufgabenstellung:

1. Recherchieren und verstehen von Informationen über Kupferbergbau und deren Einflüsse auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.
2. Erstellen einer Kriterienliste zur Beschaffung von Kupfer und Bestimmung der Abfallmengen im Sinne der Nachhaltigkeit.
3. Analysieren/dokumentieren des in Ihrem Ausbildungsbetrieb/in der Berufsschule verwendeten Kupfers anhand der Kriterien.

#### *Intention und Ziel der Aufgabe*

Die Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung von Kupfer soll möglichst umweltverträglich gestaltet werden, dazu gehört, Energie- und Rohstoffressourcen möglichst effizient und schonend zu nutzen. Zudem sind - im Sinne der sozialen Verantwortung und Sorgfaltspflichten der Unternehmen - internationale Standards zum fairen Umgang mit Beschäftigten zu erfüllen.

Um ein umfassendes Verständnis der Thematik zu gewinnen, soll hier die nachhaltige Entwicklung aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, die durch Rollenübernahme in Kleingruppen repräsentiert werden können.

1. für die Umweltaspekte: die Perspektive von Umweltschutz-Organisationen und lokaler Bevölkerung bzgl. deren Ernährungssicherheit
2. für den sozialen Aspekt: die Perspektive von Beschäftigten, Gewerkschaften und internationaler Arbeitsorganisation (ILO)
3. für den wirtschaftlichen Aspekt: die Perspektive von Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette

4. für den politischen Aspekt: internationale Programme zur Erreichung der Ziele nachhaltiger Entwicklung (SDGs) und des Klimaschutzes (Kyoto-Protokoll), nationale Umsetzungspläne und die geopolitische Lage beteiligter Länder.

Kupfer ist als Material besonders relevant, da es, über sein Vorhandensein in allen elektrischen Anlagen hinaus, ein wichtiger Stoff für die Realisierung der "Energiewende", also Ausbau der erneuerbaren Energien und die Umstellung auf elektrische Antriebe ist. Es ist mit einer anhaltend hohen Nachfrage und nachfolgend mit einer Verknappung des Rohstoffes Kupfer zu rechnen.

#### *Kupfer: Aufgabenstellung A:*

- Diskutieren Sie, welche Herausforderungen und mögliche Gefahren sich aus dem Umstand ergeben, dass ein begrenzt vorhandener Rohstoff von zentraler Bedeutung für Wirtschaft und Energieversorgungssicherheit ist.
- Erarbeiten Sie Vorschläge, was Unternehmen, die Staatengemeinschaft der Welt und Nichtregierungsorganisationen jeweils tun können, um den Kupferbedarf zu sichern.

Die folgenden Abschnitte enthalten Informationen zur Bearbeitung der Aufgabenstellung:

#### *Kupfervorkommen im Verhältnis zum Bedarf*

Die Menge der Kupferförderung lag 2019 lt. BGR bei ca. 20,5 Mio. t. Die weltweit bekannten Reserven belaufen sich auf 870 Mio. t. Die weltweite Nachfrage lag im selben Jahr bei ca. 24,5 Mio. t. (BGR 2021)

#### *Produktionsschritte: Energie- und Emissionen*

99% der bergbaulich gewonnenen Metalle, die in Deutschland benötigt werden, kommen aus dem Ausland. (AK-Rohstoffe o.J.) Auf dem Weg zur Gewinnung durchläuft Kupfer verschiedene Schritte, für die Energie aufgewendet wird: Lösen, Laden, Transportieren und Aufbereitung (Flotieren, Mahlen bzw. Laugung, Raffination). Die Menge des Energieaufwands variiert je nach Erzgehalt, Abbautiefe und Transportdistanzen. Auch die Art der Energieressource - fossil oder erneuerbar - ist von Bedeutung für die Menge an Emissionen.

Wichtig zu wissen ist, dass ca. 60 – 90 % des Energieverbrauches bei der Erzeugung einer Tonne Kupfer auf Bergbau und Aufbereitung entfallen, wobei die Aufbereitung tendenziell der Hauptenergieverbraucher ist (Elshkadi et al 2016). Pro Tonne Kupferkonzentrat - in diesem Zwischenschritt der pyrometallurgische Aufbereitung wird das vor- gebrochene Erz zunächst unter Zugabe von Wasser auf ca. 50 µm Korngröße gemahlen (BGR 2020)- liegt der Energieverbrauch derzeit im Mittel in der

Größenordnung von 8.300 MJ. (pro Tonne Erz ca. 200MJ; Norgate et al. 2010). Umweltbelastende Emissionen entstehen durch Reststoffe aus dem Erz, je nach Lagerstätte und dessen mineralogischer Beschaffenheit, aber auch durch lokal unterschiedlicher Lagerung. Durch den Wasserkreislauf gelangen belastende Stoffe in die Umwelt. Auch die THG Emissionen variieren stark je nach Aufbereitungsmethode (hydrometallurgisch oder pyrometallurgisch) und Art der eingesetzten Energie (fossil oder erneuerbar). Diese werden im Durchschnitt auf 30-40 kg pro Tonne Kupfererz geschätzt. Die Art der Stromproduktion, ob aus erneuerbaren oder fossilen Ressourcen, ist dabei für die THG-Emissionen von entscheidender Bedeutung.

### *Kupfer Aufgabenstellung B*

- Erstellen Sie eine Präsentation, die den Energiebedarf und die THG-Emissionen an den verschiedenen Stationen des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses von Kupfer zeigt.
- Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile verschiedener Energieträger (fossil/erneuerbar) und deren Auswirkungen auf den Klimawandel.

Eine weitere Dimension der nachhaltigen Entwicklung ist die wirtschaftliche Bedeutung des Rohstoffs. Entlang der Wertschöpfungskette Bergbau, Verarbeitung und Vermarktung werden Gewinne erwirtschaftet. Davon profitieren Unternehmen, deren Teilhaber (Aktionäre) und auch Staaten durch die jeweiligen Steuern und Abgaben. Die Schaffung von Arbeitsplätzen trägt zur sozio-ökonomischen Sicherheit, sowie zum Wohlstand der Bevölkerung bei, und erhöht die Kaufkraft in der jeweiligen Region. Arbeitsplätze haben somit eine ausstrahlende Wirkung auf den gesamten wirtschaftlichen Erfolg eines Landes. Die daraus resultierenden Steuereinnahmen kann ein Land in Infrastruktur und Bildung investieren. Dies kann einen wichtigen Beitrag zu Wohlstand und Entwicklung eines Landes und seiner Bevölkerung beitragen.

### *Kupfer: Aufgabenstellung C*

- Erstellen Sie eine Übersicht, welche Beteiligten (Organisationen, Einzelpersonen, etc.) von Gewinn und Beschäftigung profitieren.
- Tauschen Sie sich darüber aus, was wirtschaftlicher Wohlstand aus Ihrer Sicht bedeutet und was die wirtschaftliche Entwicklung für Menschen in einem Land mit Kupfervorkommen, z.B. in Chile in Südamerika, oder in Sambia in Afrika, bedeutet.
- Diskutieren Sie Pro und Kontra einer wirtschaftlichen Entwicklung angesichts der zu befürchtenden Auswirkungen auf die Umwelt (Ackerflächen, Wasserverbrauch, Artenvielfalt) und beziehen Sie Ihre Ergebnisse auf Ihre Vorstellungen von Wohlstand.

### *Kupfer: Aufgabenstellung D*

Um die Betrachtung des Rohstoffkreislaufs zu vervollständigen, fehlt noch das Thema "Abfall und Recycling". Kupfer ist ein Metall, das sich ohne Funktionalitätsverlust unendlich häufig recyceln lässt. Aus Nachhaltigkeitsperspektive ist ein geordnetes, formelles Recycling unter Verwendung moderner Technologien zur Etablierung einer Kreislaufwirtschaft für Kupfer besonders erstrebenswert. (BGR 2020)

- Recherchieren Sie Beschaffungsquellen für Kupferprodukte aus Wiederverwertung/Recycling und dokumentieren Sie das Abfallmanagement im Betrieb bzw. auf einer Baustelle.

### *Kupfer: Zusammenfassung*

- Erstellen Sie abschließend eine Liste mit Vorschlägen für eine ökologisch, soziale und wirtschaftlich nachhaltige Nutzung von Kupfer.

## **Aufgabe 2: Errichtung einer Windkraftanlage - Argumenten Pro- und-Contra**

Zur Diskussion steht die Errichtung einer Windkraftanlage (WKA). Diese dient dem Ausbau der erneuerbaren Energien, ist also Teil der Energiewende. Technisch betrachtet handelt es sich um eine Energieumwandlung: die kinetische Energie bewegter Luft wird in elektrische Energie umgewandelt - es wird also Strom erzeugt.

Bitte vergewissern Sie sich zunächst über den technischen Konstruktionsaufbau einer Windkraftanlage und stellen Sie eine Stückliste aller benötigten Materialien zusammen. Diskutieren Sie unter Berücksichtigung der Aspekte nachhaltiger Entwicklung die Vor- und Nachteile einer solchen Anlage: mögliche Belastungen der Umwelt lokal und global, mögliche Belastungen der Gesellschaft lokal und global, Wirkungen auf den Klimaschutz, politischer Stellenwert, Wirtschaftlichkeit.

Für die Betrachtung einer WKA aus den unterschiedlichen Perspektiven der Nachhaltigkeit sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- A. Bedeutung von Windkraftanlagen für den Klimaschutz,
- B. Ressourceneinsatz,
- C. Energierücklaufzeit,
- D. Auswirkungen auf die Umwelt: Tierwelt
- E. Auswirkungen auf die Umwelt: Flächenverbrauch,
- F. Auswirkungen auf die Gesellschaft
- G. Lebensdauer der Anlage
- H. Rückbau und Recycling.

*Aufgabenstellung und Ablauf*

Ziel der Aufgabe ist, anhand der genannten Aspekte eine Darstellung der Pro- und Contra-Argumente zu erarbeiten, wie sie z.B. lokalen Entscheidungsträger:innen vorgelegt werden können. Das Verfahren geht über zwei Stufen:

- Zunächst entwickeln die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit Pro-und-Contra-Argumente. Nutzen Sie die folgende Tabelle.
- Hinweis: Unten finden sich weitergehende Informationen.
- Anschließend werden die Argumente auf Karteikarten oder an die Tafel geschrieben, sortiert und gruppiert.
- Danach erfolgt eine Punktbewertung. Jede Schülerin und jeder Schüler erhält 5 Punkte. Panaschieren (verteilen der Punkte) und Kumulieren (mehrfach Bepunktung eines Argumentes) ist erlaubt.
- Abschließend wird das Ergebnis diskutiert.

*Windenergie: Arbeitsblatt*

	Pro-Argumente	Contra-Argumente
Bedeutung von Windkraftanlagen für den Klimaschutz	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Ressourceneinsatz	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Energierücklaufzeit	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Umweltauswirkung: Tiere	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Umweltauswirkung: Flächenverbrauch	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Auswirkung auf Gesellschaft	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Lebensdauer der Anlage	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Rückbau und Recycling	1. 2. 3.	1. 2. 3.

### *Windenergie: Hintergrundinformation*

#### **Klimaschutz und Erneuerbare Energien**

Ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz ist die Einsparung von THG-Emissionen, die eng mit der Verbrennung fossiler Rohstoffe verknüpft ist. Ein Weg zur Erreichung von Einsparungen kann über die Umstellung auf stromsparende Geräte (Geräte aller Art in Haushalt, Öffentlichkeit und Produktion) führen. Der Strom kann aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden: Wind, Sonne und Wasser, sie sind zeitlich „endlos“, aber mengenmäßig begrenzt verfügbar.

#### **Materialaufwand von Windkraftanlagen**

Windkraftanlagen bestehen zum größten Teil aus Beton und Stahl. Daneben bestehen sie aus einer Vielzahl weiterer Rohstoffe wie z.B. Kupfer für das elektrische System, seltenen Metallen und Erden wie Mangan, Selen, Molybdän und Niob sowie faserverstärkte Kunststoffe (GFK bzw. CFK) für die Rotorblätter. Bis zu 200 Tonnen Metalle sind in einer einzelnen Windkraftanlage verbaut, der Großteil davon ist Stahl. Verglichen mit anderen Kraftwerkstypen liegt bei Windkraftanlagen der Anteil von energieintensiven Metallen mit 28,5 % über dem Durchschnitt. So betrug beispielsweise der Materialbestand der deutschen Kohlekraftwerke 17,0 Mio.t, wobei 14,5 Mio.t auf Beton entfielen. (Wuppertal Institut 2011) Bei diesem Vergleich wird allerdings der fossile Brennstoffbedarf der Wärmekraftwerke nicht berücksichtigt.

#### **Energierücklaufzeit und Amortisation**

Die Energierücklaufzeit beschreibt die Zeit, die vergeht, bis ein Kraftwerk genauso viel Energie erzeugt hat, wie zu dessen Produktion, Transport, Errichtung, Betrieb usw. benötigt wurde. Die Energierücklaufzeit beträgt bei Windkraftanlagen etwa drei bis sieben Monate, wobei zusätzlich der Energieaufwand für Wartung während der Nutzungszeit und Rückbau im Sinne einer Lebenszyklusanalyse zusätzlich berücksichtigt werden sollte. Der produzierten elektrischen Energie wird in der Regel die eingesparte Primärenergie gegenübergestellt. Eine kWh<sub>elektrisch</sub> ist energetisch etwa dreimal so wertvoll wie eine kWh<sub>thermisch</sub>, da der Wirkungsgrad der Umwandlung bei ca. 0,3 bis 0,4 liegt. Die thermische Energie lässt sich aufgrund des Umwandlungswirkungsgrades von 0,8 bis 0,9 etwa der Primärenergie gleichstellen.

#### **Windkraft, Naturschutz und Flächenbedarf**

Die ökologischen Folgen der Windkraft für Vögel, Fledermäuse und Insekten werden seit ca. 2010 wissenschaftlich untersucht. Um Kollisionen von Vögeln und Fledermäusen mit Windkraftanlagen zu vermeiden, ist die Einbeziehung der ökologischen Ansprüche der betroffenen Tierarten bei der Standortwahl entscheidend. Fledermäuse, Rotmilane, Mäusebussard, Seeadler, Wiesenweihe, Uhu und Schwarzstorch sind durch Kollisionen

mit den Rotorflügeln besonders gefährdet. Zur Minimierung dieser Probleme können gegebenenfalls Abschaltungen in bestimmten Zeiten oder andere Steuerungsmaßnahmen in Abstimmung mit Naturschutz Experten vor Ort hilfreich sein. Die überwiegende Zahl der Windräder befindet sich derzeit auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, von denen jedoch weiterhin 99% als Ackerfläche genutzt werden können. Eine 3-MW-Anlage hat eine Fundamentfläche von ca. 300 m<sup>2</sup>. Damit ergibt sich bei einem jährlichen Regelarbeitsvermögen von ca. 6,4 Mio. kWh eine Jahresproduktion von rund 21 MWh/m<sup>2</sup> Fundamentfläche. Dies liegt oberhalb des Wertes eines 750-MW-Steinkohlekraftwerks mit 4000 Volllaststunden, das unter Berücksichtigung von Nebengebäude und Kohlelager (aber ohne Bergbauflächen) Werte von 15 bis 20 MWh/m<sup>2</sup> erreicht. Mit zunehmender Anlagengröße wird der relative Platzbedarf von Windkraftanlagen kleiner (Hau 2014). Dazu kommt die Flächenversiegelung durch Zufahrtswege für die Wartung und Instandhaltung.

### Windkraft, Gesundheitsschutz und Akzeptanz

Themen des Gesundheitsschutzes bzgl. Lärm und Schattenwurf sowie die Veränderung des Landschaftsbildes können bei der lokalen Bevölkerung zu Bedenken oder gar Ablehnung bezüglich der Errichtung einer Windkraftanlage führen. Schattenwurf- und Lärm-Immissionsrichtwerte sind jeweils durch Bundesgesetze geregelt. Befürchtungen, dass Belastungen dieser Art entstehen, sollten jedoch sehr ernst genommen werden. Im Rahmen von frühzeitigen Bürgerbeteiligungsverfahren und fachlicher Informationsbereitstellung während der Genehmigungs- und Planungsphase kann die Akzeptanz erhöht bzw. gewonnen werden. Gesetzlich ist die Beteiligung der Bevölkerung sogar verpflichtend, wie sich am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern zeigt. (Zeit 5.5.2022)

### Wartung und Instandhaltung von WKA

Wartung und Instandhaltung leisten einen Beitrag zur Laufzeitverlängerung einer Anlage. Es liegt auf der Hand, dass dadurch Rohstoffe und THG-Emissionen aus Herstellungsprozessen eingespart werden können. Insbesondere die vorausschauende Instandhaltung, die durch digitale Sensorik unterstützt werden kann, ist hier wichtig. Windkraftanlagen werden für eine Lebensdauer von 20 Jahren konzipiert. Dies entspricht den von der International Electrotechnical Commission (IEC mit Sitz in Genf) für die Zertifizierung von Windkraftanlagen festgelegten Normen

### Recycling von WKA

Während für die metallischen Bestandteile wie Stahl und Kupfer gute Recyclingmöglichkeiten bestehen, gibt es für die Faserverbundwerkstoffe laut einer Studie des Umweltbundesamtes (2019) noch unzureichende Kapazitäten. Fraglich ist auch die Rückgewinnungsmöglichkeiten Seltener Erden. Zum Abschluss sei auf ein Beispiel hingewiesen, wie ein Unternehmen der Branche die Herausforderung „Nachhaltige Entwicklung im Unternehmen“ in reale Praxis umsetzt: Lesen Sie bitte den

- Nachhaltigkeitsbericht von Enercon (2020):  
[www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/ENERCON - Sustainability\\_Report\\_2020.pdf](http://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/ENERCON_-_Sustainability_Report_2020.pdf)

## Quellenverzeichnis

- AK Rohstoffe (o.J): 12 Argumente für eine Rohstoffwende. Online:  
<https://ak-rohstoffe.de/rohstoffwende/>
- BGR (2021): Kupfer und Nachhaltigkeit. Online:  
[https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen\\_Nachhaltigkeit/kupfer%202021.pdf](https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kupfer%202021.pdf)
- BGR Bundesanstalt und Geowissenschaften und Rohstoffe 2020: Deutschland – Rohstoffsituation 2020. online:  
[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Downloads/rohsit-2020.pdf?blob=publicationFile&v=4](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2020.pdf?blob=publicationFile&v=4)
- 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)
- BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (o.J.a): Branchenskizze – Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. Online:  
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-elektrotechnik-und-elektronikindustrie.html>
- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2019): Mangan – Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe. Online:  
[www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief\\_mn.pdf](http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_mn.pdf)
- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. Online:  
[https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf?](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf?)
- DLF Deutschlandfunk (2022): Down Unders neuer Rohstoffboom. Online:  
<https://www.deutschlandfunkkultur.de/australien-wirtschaftsboom-export-lng-lithium-100.html>
- DW Deutsche Welle (2019): Bergbau und soziale Konflikte in Lateinamerika. Online:  
<https://www.dw.com/de/bergbau-und-soziale-konflikte-in-lateinamerika/a-50403973>
- elektroniknet; Arnold, Heinz (2021): Die Top-Ten-Kobalt-Produzenten. Online:  
<https://www.elektroniknet.de/power/die-top-ten-kobalt-produzenten.187424.html>
- Elshkaki Ayman, Graedel TE, Ciacci, Luca, Reck, Barbara (2016): Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. In: Global Environmental Change 39: 305–315. Online:  
[https://pdf.sciencedirectassets.com/271866/1-s2.0-S0959378016X00040/1-s2.0-S0959378016300802/Ayman\\_Elshkaki\\_Copper\\_Resources\\_2016.pdf?](https://pdf.sciencedirectassets.com/271866/1-s2.0-S0959378016X00040/1-s2.0-S0959378016300802/Ayman_Elshkaki_Copper_Resources_2016.pdf?)
- Enercon (2020): Nachhaltigkeitsbericht. Online:  
[https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/ENERCON - Sustainability\\_Report\\_2020.pdf](https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/ENERCON_-_Sustainability_Report_2020.pdf)
- EUR-Lex(2017): Verordnung (EU) 2017/821 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2017 zur Festlegung von Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten. Online:  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0821>
- evertiq (2015): Chinas Kabelindustrie auf Wachstumskurs im Jahr 2014. Online:  
<https://evertiq.de/design/16473>
- Fraunhofer ISI (2020): 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\\_Batteriere\\_cycling.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2021/VDMA_Kurzstudie_Batteriere_cycling.pdf)

- Hau, Erich (2014): Windkraftanlagen – Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. 5. Auflage. Springer, Berlin/Heidelberg 2014, S. 671f.
- ICSG – International Copper Study Group (2021): Copper Bulletin October 2021. – 28, 10: 55 S..  
Online:<https://icsg.org/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Cobalt, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/kobalt/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Lithium, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/lithium/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Mangan, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung.  
Online:<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/mangan/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Nickel, Preis, Geschichte, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung. Online:  
<https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/basismetalle/nickel/>
- Lindeiner, A. v. (2014): Windkraft und Vogelschutz. – ANLiegen Natur 36(1): 39–46, Laufen. Online:  
[https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36107lindeiner\\_2014\\_windkraft\\_und\\_vogelschutz.pdf](https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36107lindeiner_2014_windkraft_und_vogelschutz.pdf)
- Mineral Processing (o.J.): Boom – Neue Zeitrechnung für Lithium. Online:  
[https://www.at-minerals.com/de/artikel/at\\_Boom-2849518.html](https://www.at-minerals.com/de/artikel/at_Boom-2849518.html)
- Misereor (2018) Rohstoffe für die Energiewende – Menschenrechtliche und ökologische Verantwortung in einem Zukunftsmarkt. Online:  
<https://www.misereor.de/fileadmin/publikationen/studie-rohstoffe-fuer-die-energiewende.pdf>
- Norgate T, Haque N (2010) Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. Journal of Cleaner Production 18: 266–274]. Kurzfassung auf Elsevier/Science Direct (2010): <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652609003199>
- Österreichische Chemie / Fischer, Birgit (2021): LANXESS startet Elektrolyt-Herstellung für Lithium-Ionen-Batterien. Online:  
<https://www.chemie-zeitschrift.at/news/lanxess-startet-elektrolyt-herstellung-fuer-lithium-ionen-batterien/>
- savethechildren (2022): KINDERRECHTSVERLETZUNGEN BEIM KOBALTABBAU UND WIE DAGEGEN VORGEHEND WERDEN KANN. Online:  
<https://www.savethechildren.de/news/studie-kinderrechtsverletzungen-beim-kobaltabbau-und-wie-dagegen-vorgegangen-werden-kann/>
- SGL Carbon (o.J.): Vorkommen und Herstellung von Graphit. Online:  
<https://www.sglcarbon.com/alles-rund-um-graphit/>
- Springer / Urbansky, Frank (2021): Kamera soll Vogelschlag verhindern. Online:  
<https://www.springerprofessional.de/windenergie/energie---nachhaltigkeit/kamera-soll-vogelschlag-an-windraedern-verhindern/19372374>
- statista (2023): Graphit: Minenproduktion nach Ländern bis 2022. Online:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153728/umfrage/minenproduktion-von-graphit-nach-laendern/>
- statista (2023): Minenproduktion von Nickel nach den wichtigsten Ländern im Jahr 2022. Online:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37062/umfrage/produktion-von-nickel-weltweit-nach-laendern/>

- TAZ (o.J.): Der Schatz vom Jadar-Tal. Online:  
<https://taz.de/Umstrittenes-Lithium-aus-Serbien/!5899786/>
- UBA Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen>
- UBA Umweltbundesamt 2019: Zu geringe Recyclingkapazitäten für Rückbau von Windenergieanlagen. Online:  
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/zu-geringe-recyclingkapazitaeten-fuer-rueckbau-von>
- VW (o.J.): Elektroautos sind ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Online:  
<https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2020/03/lithium-mining-what-you-should-know-about-the-contentious-issue.html#>
- Weltbank (2022): Deutschland. Online: <https://data.worldbank.org/country/de?locale=de>
- Windkraft-Journal, 22.10.2021, online:  
<https://www.windkraft-journal.de/2021/10/22/windanlagen-und-solaranlagen-pro-megawatt-werden-zirka-8-000-kilogramm-kupfer-verbraucht/168089>
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2011): Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen. Online:  
[https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3973/file/MaRess\\_AP2\\_4.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3973/file/MaRess_AP2_4.pdf)
- [www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklart-232174](http://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklart-232174)
- Zeit 2022: Verpflichtende Bürgerbeteiligung bei Windparks ist verfassungsgemäß. Online:  
<https://www.zeit.de/wirtschaft/2022-05/windparks-mecklenburg-vorpommern-buergerbeteiligung-bundesverfassungsgericht>
- ZVEI (2021): Welt-Elektromarkt – Ausblick bis 2022. Online:  
[www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2021/Juli/ZVEI-Welt-Elektromarkt\\_Ausblick\\_bis\\_2022/ZVEI-Welt-Elektromarkt-Ausblick-bis-2022-Juli-2021.pdf](http://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2021/Juli/ZVEI-Welt-Elektromarkt_Ausblick_bis_2022/ZVEI-Welt-Elektromarkt-Ausblick-bis-2022-Juli-2021.pdf)
- ZVEI Fachverband Kabel: Jahresbericht 2021. Online:  
[https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2021/Juni/Jahresbericht\\_ZVEI\\_FV\\_Kabel\\_Juni\\_2021/Jahresbericht-ZVEI-FV-Kabel-Juni-2021.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2021/Juni/Jahresbericht_ZVEI_FV_Kabel_Juni_2021/Jahresbericht-ZVEI-FV-Kabel-Juni-2021.pdf)
- ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (2020): Wie sichern wir die Versorgung mit Materialien und Komponenten in der elektrischen Antriebstechnik? Online:  
[https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2020/September/ZVEI\\_PP\\_Elektrische\\_Antriebe\\_Eine\\_industrielle\\_Schlusseltechnologie\\_13.07.20NEU.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/September/ZVEI_PP_Elektrische_Antriebe_Eine_industrielle_Schlusseltechnologie_13.07.20NEU.pdf)

## 5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse

### SDG 15 - Biodiversität

- Wo werden die Rohstoffe abgebaut -  
in biologisch armen oder biologisch reichen Gebieten?

#### Bewertungskriterien der Biodiversität anhand der Vegetationszonen

Indikator	Bewertung
Eisschilde, Kältewüsten, heiße Wüsten und Halbwüsten, winterkalte Wüsten und Halbwüsten; Flechten- u. Moostundra, Gebirge	3 Punkte
Hochlandsteppen u. -wüsten; Grassteppen u. Salzwiesen; Dornstrauch- u. Kakteensavannen; Bergtundra, alpine Matten und Heiden;	2 Punkte
Zwergstrauch- u. Wiesentundra; subpolare Wiesen, Strauch- u. Trockensteppen;	1 Punkt
Heiden und Moore; Laubholz Waldtundra u. boreale Auen; Hartlaubvegetation;	-1 Punkte
Nadelholz Waldtundra; sommergrüner borealer Nadelwald; gemischte Waldsteppen; gemäßigte Bergwälder; Trockensavannen	-1 Punkte
Regenrüne Feuchtsavannen; Immergrüner borealer Nadelwald; gemäßigte Laub- u. Auenwälder; Laub- und Nadelmischwälder	-2 Punkte
Riedsümpfe u. flutende Wasserpflanzen; subtropische Bergwälder; subtropische Feuchtwälder; gemäßigte Küsten-Regenwälder	-4 Punkte
tropische Gebirgsregenwälder, trop. u. subtrop. Regenwälder; trop. u. subtrop. regenrüne Feuchtwälder, tropische Trockenwälder	-6 Punkte

#### Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik

	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname
Vegetationszone			
Bewertung			

**SDG 3 - Gesundheit & Stäube**

- Wo werden die Rohstoffe abgebaut - in dünn oder in dicht besiedelten Regionen?

**Bewertungskriterien Bevölkerungsdichte**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevölkerungsdichte</li> <li>• weniger als 10 Ewh/km<sup>2</sup>: -3 Punkte,</li> <li>• weniger als 100 Ewh/km<sup>2</sup>: -2 Punkte,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weniger als 1.000 Ewh/km<sup>2</sup>: -1,</li> <li>• mehr als 10.000 Ewh/km<sup>2</sup>: +2,</li> <li>• mehr als 100.000 Ewh/km<sup>2</sup>: +6</li> </ul>
--	---

**Bewertung der Belastung der Bevölkerung in der Nähe einer Mine**

	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname
Bevölkerungsdichte in der Region			
Bewertung			

**SDG 7 / 13 - Energieressourcen und Emissionen**

- Wie ist der Strommix in dem Land, wo der Bergbau betrieben wird?
- Wie ist der Strommix in dem Land, in dem das Rein-Metall hergestellt wird?
- Welcher Strommix wird für die Herstellung des Bauteils, der Baugruppe oder das Produkt verwendet?

**Bewertungskriterien EE-Anteil**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt;90% = 4</li> <li>• &gt;75%&lt;90% = 2</li> <li>• &gt;50%&lt;75% =</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt;25%&lt;50% = 0</li> <li>• &gt;25%&lt;10% = -1</li> <li>• 0&lt;10% = -3</li> </ul>
---	--

**Bewertung des Strommixes für ein Bauteil hergestellt in unterschiedlichen Ländern**

	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname	Metall 1 - Minenname
Strommix			
Bewertung			

**SDG 6 - Wasserverbrauch**

- Wie ist der Wasserbedarf der Mine?
- Wo liegen die Minen - in sehr ariden oder in sehr wasserreichen Regionen?
- Wenn Sie in ariden Regionen liegen - wo kommt das Wasser her?
- Ist der Wasserbedarf relevant für den Wasserhaushalt des Landes oder der Region?

**Bewertungskriterien Wasser**

<b>Wasser- verbrauch</b>	<b>Aridität der Region</b>	<b>Wasserversorgung</b>	<b>Relevanz des Wasserverbrauchs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoch +3</li> <li>• mittel 0</li> <li>• gering + 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>x &lt; 0,2 = -4</math></li> <li>• <math>0,2 &lt; x &lt; 0,5 = -2</math></li> <li>• <math>0,5 &lt; x &lt; 0,8 = -1</math></li> <li>• <math>0,8 &lt; x &lt; 1,0 = 0</math></li> <li>• <math>1,0 &lt; x &lt; 1,5 = +1</math></li> <li>• <math>1,5 &lt; x &lt; 2,5 = +2</math></li> <li>• <math>x &gt; 2,5 = +4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundwasser = -3</li> <li>• Oberflächenwasser = 0</li> <li>• geringer Bedarf, da gutes Recycling = +3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr hoch = -3</li> <li>• hoch = -1</li> <li>• mittel oder nicht einschätzbar = 0</li> <li>• gering = +1</li> <li>• sehr gering = +3</li> </ul>

**Bewertung des Wasserverbrauchs und der Wasserverfügbarkeit**

	<b>Metall 1 - Minenname</b>	<b>Metall 1 - Minenname</b>	<b>Metall 1 - Minenname</b>
Lage			
Wasserbedarf			
Aridität			
Wasserversorgung			
Relevanz			
Bewertung			

**SDG 12 - Nutzung von IT-Produkten**

- Welchen Anteil hat die Herstellung eines Produktes an dem nachhaltigen CO<sub>2</sub>-Budget von 1,5 t pro Jahr und Bürger\*in?

**Bewertungskriterien Anteil der Primärenergie am jährlichen CO<sub>2</sub>-Budget**

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>&lt;0,1\%</math> sehr gering = +2</li> <li>○ <math>0,1 \leq x &lt; 0,5\%</math> gering = 0</li> <li>○ <math>0,5 \leq x &lt; 1\%</math> mittel = -1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>1 \leq x &lt; 2\%</math> hoch = -2</li> <li>○ <math>2 \leq x &lt; 5\%</math> sehr hoch = -4</li> <li>○ <math>x &gt; 5\%</math> viel zu viel = -6</li> </ul>
--	--

**Bewertung des Primärenergieaufwands, des Energieverbrauchs und sein Anteil am CO<sub>2</sub>-Budget - Beispiel Tablets**

<b>Anteil hat die Elektronik am Verbrauch von Nutzenergie</b>	<b>Produkt 1</b> .....	<b>Produkt 2</b> .....
Aufwand an Primärenergie (Herstellung, Transport, Nutzung, Entsorgung) (kWh und kg CO <sub>2</sub> -Äq)		
Lebensdauer (Jahre)		
Emissionen und Energieverbrauch p.a (kWh/a & kg CO <sub>2</sub> -Äq/a)		
Anteil am 1,5 t CO <sub>2</sub> -Budget p.a. (%)		
Bewertung		

**SDG 12/13 - Stromverbrauch in der Nutzungsphase**

- Wie ist der Anteil des Stromverbrauchs durch die Elektronik am Gesamtstromverbrauch der Geräte?
- Wie ist der Energieverbrauch pro Nutzeinheit der Geräte (z.B. eine Stunde Kochen, Waschen, Kühlen, Beleuchten)?

**Bewertungskriterien: Nutzenergie (2 Fragen, s.u.)**

Anteil der Elektronik am Stromverbrauch	Energieverbrauch pro Nutzeinheit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr viel: -2</li> <li>• viel: -1</li> <li>• unklar: 0</li> <li>• wenig: +1</li> <li>• sehr wenig: +2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>x &gt; 5 \text{ kW/h} = -5</math></li> <li>• <math>2 &lt; x &lt; 5 \text{ kW/h} = -3</math></li> <li>• <math>1 &lt; x &lt; 2 \text{ kW/h} = -1</math></li> <li>• <math>0,1 &lt; x &lt; 1 \text{ kW/h} = 0</math></li> <li>• <math>0,01 &lt; x &lt; 0,1 \text{ kWh/h} = +1</math></li> <li>• <math>x &lt; 0,01 \text{ kW/h} = +3</math></li> </ul>

**Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik eines Gerätes**

Anteil hat die Elektronik am Verbrauch von Nutzenergie	Antwort - Gerät 1	Bewertung
Anteil der Energie für die Elektronik		
Verbrauch an Nutzenergie		
	<b>Summe der Bewertung</b>	

**Bewertung des Energieverbrauchs der Elektronik eines Gerätes**

Anteil hat die Elektronik am Verbrauch von Nutzenergie	Antwort - Gerät 2	Bewertung
Anteil der Energie für die Elektronik		
Verbrauch an Nutzenergie		
	<b>Summe der Bewertung</b>	<b>+0</b>

**Rohstoffe und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit**

- Ist der Umweltschutz in den Ländern etabliert und schützt er so die Menschen?  
Performance Index der Yale Universität:  
<https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi>
- Welchen Rang nimmt das Land im internationalen Korruptionsindex ein?  
Transparent International (o.J.):  
[www.transparency.de/cpi/cpi-2021/cpi-2021-tabellarische-rangliste](http://www.transparency.de/cpi/cpi-2021/cpi-2021-tabellarische-rangliste)
- Wie ist der Status der politischen und bürgerlichen Rechte? Nutzen Sie hierzu den Index von Freedom House Index:  
<https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>

**Bewertungskriterien Soziale Dimension**

Indikatoren Soziale Dimension	Bewertung
Status des Umweltschutzes (je niedriger desto besser, von 1 bis 180)	1-40 = +2 Punkte 41-80 = +1 Punkt 91-120 = -1 Punkt 121 -180 = -2 Punkt
Ranking im Korruptionsindex (je niedriger desto besser, von 1 bis 180)	1-40 = +2 Punkte 41-80 = +1 Punkt 91-120 = -1 Punkt 121 -180 = -2 Punkt
Politische und Bürgerliche Rechte (Punkte, je höher desto besser, von 0 bis 100 Punkte)	100-75 = +2 Punkte 50-74 = +1 Punkt 25-49 = -1 Punkt 0-24 = -2 Punkt

**Bewertung eines Rohstoffes für eine Elektronik**

Indikatoren Soziale Dimension	Rohstoff und Land 1	Rohstoff und Land 1	Rohstoff und Land 1
Rohstoff			
Land			
Status des Umweltschutzes			
Ranking im Korruptionsindex			
Politische und Bürgerliche Rechte (Punkte, je höher desto besser)			
<b>Summe der Bewertung</b>			

**Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit**

- Welchen Nutzen hat das von Ihnen bewertete Produkt für die SDGs?

**Bewertungskriterien Nutzen des Produktes für die SDG**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Schaden: -2</li> <li>• geringer Schaden: -1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unklar: 0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• guter Nutzen: +1</li> <li>• sehr großer Nutzen: +2</li> </ul>
--	---	--

**Bewertung der Elektronik für ein Produkt ..... im Einsatzgebiet .....**

SDG	Antwort: Der Einsatz des Produkts kann...	Bewertung
SDG 1 - Keine Armut		
SDG 2 - Kein Hunger		
SDG 2 - Gesundheit und Wohlbefinden		
SDG 6 - Sauberes Wasser		
SDG 7 - Saubere Energie		
SDG 8 - Menschenwürdige Arbeit		
SDG 9 - Industrie und Innovation		
SDG 12 - Nachhaltige/r Konsum und Produktion		
SDG 13 - Klimaschutz		
SDG 14 Leben unter Wasser		
SDG 15 - Leben an Land		
	<b>Summe der Bewertung</b>	

**Bewertung mit den SDG**

Material oder Produkt: .....	Bewertung / relevantes SDG	Auf welcher Stufe der Wertschöpfungskette treten diese auf
Wie ist der ökologische Nutzen des Produktes?		
Welche ökologische Belastung entsteht durch die Produktion?		
Wie ist der soziale Nutzen des Produktes?		
Welche sozialen Belastungen sind mit dem Produkt verbunden?		
Wie ist der ökonomische Nutzen des Produktes?		
Welche ökonomischen Belastungen sind mit dem Produkt verbunden?		

## 6 Projektaufgaben

Aufbauend auf beiden unterschiedlichen WKA, die einmal die Prinzipien der THG- und der SDG-Analysen einführen, finden sich ab Kapitel 6 Projektaufgaben für 11 unterschiedliche Berufsausbildungen mit einer jeweils spezifischen Projektaufgabe:

- Kap. [6.1 Elektroniker\\*in für Geräte und Systeme \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse eines smarten Thermostatventils.
- Kap. [6.2 Elektroniker\\*in für Betriebstechnik \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA-, NMC- und LFP-Batterien mit der Bestimmung von KEA (Kumulierter Energieaufwand) und KRA (Kumulierter Ressourcenaufwand).
- Kap. [6.3 Elektroniker\\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist das Aufzeigen von Handlungsoptionen in Folge einer SDG-Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA, NMC und LFP-Batterien.
- Kap. [6.4 Elektroniker\\*in für Gebäudesystemintegration \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Bewertung der sozialen und der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit beim Einsatz von Smart Speakern im Vergleich mit einer Haussprechanlage in einem Pflegeheim.
- Kap. [6.5 Elektroniker\\*in für Maschinen und Antriebstechnik \(BBG\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Analyse von Zukunftstechnologien und der Kritikalität von Metallen für Synchronmotoren.
- Kap. [6.6 Elektroniker\\*in für Maschinen und Antriebstechnik \(HW\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist ein SDG-Vergleich von elektrischen und motorbetriebenen Laubbläsern.
- Kap. [6.7 Elektroniker\\*in - FR Energie- und Gebäudetechnik \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist eine Grundlage für eine Entscheidung im Gemeinderat zu schaffen, ob und welche PV-Anlagen gegebenenfalls die Gemeinde "Sonnenalb" energieautark machen können.
- Kap. [6.8 Elektroniker\\*in - FR Automatisierungs- und Systemtechnik \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist die Analyse der Wichtigkeit von Tantal und dessen Beiträge zur Erreichung der SDGs.
- Kap. [6.9 Elektroniker\\*in für Automatisierungs-Systemtechnik \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist der Vergleich des Primärenergieverbrauchs und der THG-Emissionen von unterschiedlichen Verpackungsmaterialien (Karton, Folie und Füllmaterial) mit unterschiedlichen Lieferketten und Materialien.
- Kap. [6.10 Informationselektroniker\\*in \(Hw\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist abzuschätzen, inwieweit künstliche Intelligenz einen Beitrag zur Agenda 2030 leisten kann.
- Kap. [6.11 Elektroniker\\*in für Informations- und Systemtechnik \(IH\)](#)

- Die Projektaufgabe, die Abwägung der Umweltauswirkungen und Energiebedarfe einer Vernetzung mit LAN oder WLAN.
- Kap. [6.12 IT-System-Elektroniker\\*in \(IH\)](#)
  - Die Projektaufgabe ist aufzuzeigen, ob eine derzeitige digitale Ausstattung mit dem 3t-CO<sub>2</sub>-Budget vereinbar ist.

Die Beschreibung umfasst jeweils:

- die Anbindung an die jeweiligen berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen der jeweiligen Ausbildungsordnungen
- Hinweise auf zu nutzende Materialien (Links)
- ein Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)
- Notwendige Materialien
  - Internetzugang für die Recherche
  - Computer zur Erstellung von Skizzen für technische Systeme
- Zeitaufwand: ein Projekttag
- Aufgabenbeschreibungen: siehe oben die Links

## **final 6.1 Elektroniker\*in für Geräte und Systeme (IH)**

Die Projektaufgabe ist die

- **SDG-Wertschöpfungskettenanalyse eines smarten Thermostatventils**

### **Didaktische Hinweise**

Die Projektaufgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf der Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Geräte und Systeme an den folgenden Qualifikationen (BMJ IH Geräte-Systeme 2018d) :

- Nr. 4: Umweltschutz
- Nr. 7: Planen und Organisieren der Arbeit ...
- Nr. 13: Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung
- Nr. 14: Fertigen von Komponenten und Geräten
- Nr. 12: Beraten und Betreuen von Kunden
- Nr. 18: Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet

### **Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)**

- Recherche des Aufbaus (Bauteile) und der Materialien für das Produkt
- wenn möglich: Massenanteile der Materialien schätzen
- Identifizierung besonders relevanter Materialien hinsichtlich:
  - THG-Emissionen (vom Bergbau bis zum nutzbaren reinem Material)

- Berechnen Sie den kumulierter Ressourcenaufwand (KRA) für die Materialien mit Hilfe der [2.5 KRA - Kumulierter Rohstoffaufwand](#) (Multiplizieren Sie die geschätzte Masse im Produkt mit dem KRA-Wert)
- Materialien, zu deren Herstellung gefährliche Stoffe verwendet werden
- Materialien, die vermutlich nicht nachhaltig gewonnen werden:
  - aus Ländern, in denen Menschenrechte nicht beachtet werde
  - aus Ländern, die von Korruption geprägt sind
- Materialien, die vermutlich nicht gut recycelt werden können
- Welche ökologische Belastung entsteht durch die Produktion- an welchen Stufen der Wertschöpfungskette treten diese auf?
- Wie ist der soziale Nutzen des Produktes?
- Wie ist der ökonomische Nutzen des Produktes?
- Welche sozialen und ökonomischen Belastungen sind mit der Wertschöpfungskette verbunden - an welchen Stufen der Wertschöpfungskette treten diese auf?
- Skizzierung der Wertschöpfungskette der ausgewählten Materialien
  - Orientieren Sie sich an dem Beispiel der kleinen Elektrogeräte in Kapitel 4.4:
    - SDG 12 / 13 - Primärenergiebedarf für Bauteile und Produkte
  - Stellen Sie dieser Beschreibung den motorbetriebenen Laubbläser gegenüber
  - Entwerfen Sie ein Bewertungsraster um zu entscheiden, welches der beiden Systeme in welchen Kategorien besser ist
  - Betrachten Sie wichtige verschiedene SDG Sustainable Development Goals.
  - Nutzen Sie für diese Aufgabe die Bewertungsraster in Kap. [5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#)
- Fassen Sie die Ergebnisse zusammen
  - Hierzu können Sie verschiedene Tabellen nutzen:
    - [Tabelle: Bewertung eines Produktes oder einer Technologie in der sozialen und ökonomischen Dimension.](#)
    - [Bewertung Soziale Dimension](#)
    - [Produkte und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit](#)

## Die Projektaufgabe

“Franz, wir müssen nachhaltiger werden”, sagte der Meister Willem der IV. zu seinem Auszubildenden. Die Willem-Thermo GmbH hat sich bisher gut mit dem Absatz von Energietechnik geschlagen. Meister Willem ist nun Willem IV., der den Betrieb führt. Sein Urgroßvater hatte es geschafft, eine Flüssigkeit zusammen zu mixen, die als Dehnelement zuverlässig den Durchfluss eines Ventils verändern konnte. Einmal eingestellt, und keiner musste sich mehr um die Regulierung der Zimmertemperatur kümmern. “Franz, es reicht nicht mehr, dass unsere Thermostate gut und absolut zuverlässig sind”, sagt Meister Willem der IV. “Unsere Kundinnen und Kunden

wünschen sich mehr Bequemlichkeit. Hast du schon mal etwas vom ‘Geofencing’ gehört?” Franz kannte sich mit seinem Smartphone eigentlich gut aus, aber “Geofencing”? “Nicht so richtig”, sagte Franz, “Fencing hat sicher etwas mit “Zaun” zu tun. Bedeutet das “Einzäunen”?” “Das ist richtig”, sagte Meister Willem der IV. “Allerdings habe ich es auch erst nachschlagen müssen. Es ist gut bei Wikipedia erläutert. Es ist in der Tat so, dass du mit Geofencing einen Zaun um ein Haus ziehen kannst. Und wenn sich der Kunde mit dem Smartphone nähert, dann sendet das ein Signal. Und das Signal löst etwas aus, wie zum Beispiel, dass der Thermostat aufgeht. Aber hier wird der Zaun um das Büro des Kunden gezogen und wenn er das verlässt, wird das Signal gesendet. Weiß du warum?” Das war nun doch sehr einfach, dachte sich Franz. Jeden Abend kam er in die kalte Wohnung - weil er die Thermostate abgedreht hatte, um Geld zu sparen. Meister Willem der IV. war zwar nett und gut, aber sein Azubi-Lohn war nicht so großartig. “Ja, die Heizung braucht ein wenig Zeit, um den Raum zu erwärmen. Deshalb muss das Signal vorzeitig ausgelöst werden”, sagte Franz. “Unser Ingenieur hat einen sehr guten smarten Thermostaten entwickelt”, sagte Meister Willem der IV, richtete aber seinen Blick zur Decke, wie er es immer macht, wenn er unsicher ist. Franz sagte nichts, das war besser, wie er aus Erfahrung wusste. “Es gibt aber ein Problem.” “Die Produkte sind teuer, deshalb haben wir nur wenige auf Lager gelegt.” “Wir könnten aber jetzt einen Großauftrag bekommen und damit die neuen Maschinen finanzieren.” “Und was ist das Problem?”, fragte Franz, als Meister Willem eine Pause einlegte. “Nachhaltigkeit ist unseren Kunden wichtig”. Der Kunde will ein ganzes Hochhaus mit seinen Büros ausstatten. Das sind rund 1.000 Thermostate. Aber er hat auch gefragt, ob unsere Thermostate nachhaltig sind. Klar habe ich geantwortet, wir zahlen Tariflohn, Überstunden werden ausgeglichen, es gibt Weihnachtsgeld und wir nehmen sie zum Recycling zurück. Aber das war ihm zu wenig. Er wollte wissen, woher wir das Metall und die Kunststoffe beziehen. Er fragte sogar, ob die Schrauben auch in Europa hergestellt werden oder etwas in Asien. Er hatte schlimme Dinge über die dortigen Fabriken gehört und wollte nicht, dass sowas bei ihm eingebaut wird. Und dann hat er noch auf die Elektronik hingewiesen: Kein Coltan hat er gesagt - nichts, was aus dem Kongo stammt und von Kindern abgebaut wird. Also, schau dir die Lieferkette an und prüfe, ob das Material, das wir einkaufen, irgendwo die Umwelt verpestet und ob die Hersteller auch einigermaßen fair sind. Der sagte nur, wir sollten die SDG prüfen. “Das kannst du sicher und nun fang an”.

### Materialien zum Aufbau von Thermostaten

- energieblogger (o.J.): Wie funktioniert ein Thermostatventil?. Online: <https://www.haustechnikverstehen.de/thermostat-heizung/>
- Wikipedia: Thermostatventil. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Thermostatventil>

- CO2-Online (o.J.): Heizungsthermostat: Funktionsweise und Aufbau. Online: <https://www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/thermostate/heizungsthermostat-funktionsweise/>

## Quellen

- BMJ IH Geräte-Systeme (2018d): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Geräte und Systeme: Teil 5. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)

## Berufsprofil

- IH Information: BIBB (o.J.b): Elektroniker für Geräte und Systeme/Elektronikerin für Geräte und Systeme (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/753159](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/753159)

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit:** Unterstützen der Entwickler bei der Realisierung von Aufträgen, der Analyse geforderter Funktionalitäten und technischer Umgebungsbedingungen sowie der Konzipierung von Schaltungen, Montieren von Geräten und Systemen, Installieren und Konfigurieren von Programmen, Prüfen von Geräten und Systemen, Erstellen von Geräte- und Systemdokumentationen, Erstellen von Layouts und Fertigungsunterlagen, Vergeben und Koordinieren von Aufträgen zur Beschaffung von Bauteilen, Hilfsstoffen und Betriebsmitteln für die Realisierung von internen und externen Kundenaufträgen, Planen und Steuern der Produktionsabläufe, Organisieren von Gruppenarbeit, Einrichten, Programmieren, Optimieren und Warten von Fertigungs- und Prüfmaschinen, Mitwirken bei der Analyse und Optimierung von Fertigungsprozessen, Prüfen und Instandsetzen von Komponenten und Geräten, Arbeiten auch mit englischsprachigen Unterlagen und Kommunizieren auch in englischer Sprache, Zuordnung zu Elektrofachkräften im Sinne der Unfallverhütungsvorschriften, Nutzen von IT-Systemen, auch in digitalisierten Prozessen, Anwenden von Vorschriften zu Datenschutz und Informationssicherheit.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker/innen für Geräte und Systeme arbeiten vorwiegend in mittleren und größeren Industriebetrieben, die elektronische Systeme, Geräte oder Komponenten herstellen, montieren und warten. Entsprechende Unternehmen gibt es z.B. in den Bereichen Fahrzeugelektronik, Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Mess- und Regeltechnik.

## final 6.2 Elektroniker\*in für Betriebstechnik (IH)

Die Projektaufgabe ist

- eine Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA-, NMC- und LFP-Batterien mit der Bestimmung von KEA (Kumulierter Energieaufwand) und KRA (Kumulierter Ressourcenaufwand)

## Didaktische Hinweise

Die Projektausgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Betriebstechnik: BMJ IH Elektro 2018 und BMJ IH Betriebstechnik 2018b):

- Nr. 4: Umweltschutz
- Nr. 7: Planen und Organisieren der Arbeit ...
- Nr. 13: Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung
- Nr. 14: Fertigen von Komponenten und Geräten
- Nr. 12: Beraten und Betreuen von Kunden
- Nr. 18: Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiete

## Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Ausbildende)

- Berechnung der Massen der in einem Batteriespeicher von 500 kWh enthaltenen Metalle
- Berechnung von KEA und KRA unter Berücksichtigung eines Austausches von Batterien
- Skizzierung der Wertschöpfungskette - vom Bergbau bis zur Batterie
  - Orientieren Sie sich an dem Beispiel der Lithium-Wertschöpfungskette [Tabelle: Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterien"](#)
- Identifizierung der größten Umweltwirkungen in der Kette
  - qualitativ, Erstellung einer Tabelle
  - Nutzen Sie hierzu die Bewertungsraster in [Kap. 5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#)
  - Oder Sie entwerfen ein eigenes Schema
- Qualitative Bewertung: Wo liegen die größten Probleme aufgrund der spezifischen Umweltwirkungen unter Berücksichtigung der eingesetzten Massen
- Fassen Sie die Ergebnisse zusammen: Welcher Batterietyp sollte Ihrer Meinung nach bevorzugt werden?

## Die Projektaufgabe

“Vanessa, du weißt, dass unser Betrieb nach DIN ISO 14001 zertifiziert ist?” fragte die Meisterin Gräbert ihre Auszubildende. Sie hatte eine hohe Meinung von ihr und wusste, dass sie als Klassenbeste die Berufsschule sehr gut abschneiden würde. “Soll ich Ihnen etwas darüber erzählen, Meisterin?” fragte Vanessa zurück. “Nein, darum geht es nur indirekt. Wir planen, eine PV-Anlage zwischen 100 und 300 kW<sub>peak</sub> (Kilowatt-Peak) auf die Hallen zu montieren. Der Statiker hat es durchgerechnet und das Dach trägt. Es war etwas knifflig, da die Anlage aufgeständert werden muss und die Gewichte ziemlich schwer sind.” Vanessa schaute fragend, so dass Meisterin Gräbert widersprach: “Bei einer Flachdachanlage stimmt der Winkel zur Sonne nicht, deshalb werden die Module

schräg darauf aufgestellt. Durch das Dach wollen wir nicht bohren, das wird immer irgendwann undicht. Also halten Betonsteine das schräge Ständerwerk. Aber auch darum geht es eigentlich nicht". Vanessa kannte das schon, die Meisterin fing an zu erzählen, aber es endete immer bei etwas, um das es eigentlich nicht ging. Da half nur eines: Abwarten. "Wir wollen einerseits die Fahrzeuge der Kundenberater mit Strom aufladen." Tags, wenn die Sonne scheint, fahren sie, also müssen wir Strom zwischenspeichern. Und dafür brauchen wir eine Menge Batterien. Allerdings hat der Aufsichtsrat uns eine Aufgabe gegeben: "Die Batterien sollten möglichst nachhaltig sein." "Batterien sind doch eigentlich nachhaltig", unterbrach Vanessa den Redefluss ihrer Meisterin. "Sie speichern Solarstrom und werden jahrelang genutzt. Oder mache ich einen Denkfehler?" "Nein, liebe Vanessa, du liegst im Prinzip richtig. Sekundärbatterien sind nachhaltig. Aber leider gibt es viele unterschiedliche Typen: NCA, NMC oder LFP und alle haben unterschiedliche Anoden, Kathoden oder Elektrolyten. Und das ist das Problem: Die Batterie mag nachhaltig sein, die Gewinnung der Rohstoffe ist es nicht. Deshalb hat der Aufsichtsrat gebeten - du kannst auch sagen, er weist uns an - die Rohstoffkette der drei Batterietypen zu vergleichen. Er wünscht sich eine Empfehlung, welche der Batterien vermutlich die umweltfreundlichste hinsichtlich der Wertschöpfungskette ist. Also deine Aufgabe ist die Folgende: Wir brauchen einen Sekundärenergiespeicher von rund 500 kWh. Berechne mal, wie viele Batterien wir brauchen. Üblicherweise speichert eine Batterie 1 kWh. Denk aber daran, dass die Akkus unterschiedlich oft maximal geladen werden können, bis ihre Kapazität abfällt. Wir werden sie natürlich weiter verwenden, aber gehe zum Vergleich davon aus, dass sie nach Erreichen der üblichen Ladezyklen ersetzt werden. Der Vorstand wünscht sich eine Berechnung von KEA und KRA, also die Summe der Energie und die Masse der Materialien, die man braucht, um die Rohstoffe für die Batterien zu gewinnen. Ich habe dir Daten für die Zusammensetzung herausgesucht, leider ohne Gehäuse und Verkabelung der Zellen. Aber nimm einfach an, das zusätzlich pro Batterieleistung von 1 kWh noch einmal 10% für das Stahlgehäuse und 5% für die Kupferleitungen hinzukommen." Meisterin Gräber machte eine Pause. 'Da kommt noch was', dachte sich Vanessa. 'Bisher war es nur etwas zu rechnen, das sollte nicht schwierig sein.' "Aber da wäre noch was, aber du hast ja auch Chemie gehabt", setzt Meisterin Gräber fort. "Primärenergie und Rohstoffaufwand sind nicht alles. Es geht auch um die Umweltwirkungen. Schau dir also die Wertschöpfungskette an und was dort bedenklich ist. Der Vorstand hat gesagt, dass ihm eine qualitative Bewertung reicht. Aber achte auf den Vergleich: Wenn ein Stoff viel genutzt wird, und der viel Dreck macht, dann ist viel mal viel mehr als nur sehr viel. Alles klar?" Meisterin Gräber lachte verschmitzt und Vanessa nickte nur.

**Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe**

**Tabelle: Zusammensetzung und spezifische Eigenschaften verschiedener Lithium-Ionen-Batterien**

	NCA Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxid	NMC111 Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt Oxide	LFP Lithium-Eisenphosphat-Batterien
Nickel	48 %	20 %	
Sauerstoff	33 %	33 %	41 %
Phosphor			20 %
Eisen			35 %
Kobalt	9 %	20 %	
Mangan		19 %	
Aluminium	3 %		
Lithium	7 %	7 %	4 %
Nennspannung	3,6 V	3,6 V	3,2 V
Gravimetrische Dichte	250 Wh/kg	250 Wh/kg	170 Wh/kg
Energiedichte	550 Wh/l	550 Wh/l	350 Wh/l
Lebenszyklen gesamt	1000	1000	> 4000

Quelle: ARD Tagesschau (2022); poworks / Huang, Jerry (2022)

**Tabelle: Kumulierter Rohstoff- und Primärenergieaufwand (KRA bzw. KEA)**

Metall	KRA [kg/t]	KEA [MJ/t**]	Metall	KRA [kg/t]	KEA [MJ/t**]
Kupfer	128.000	50.700	Kobalt	56.900	128.000
Nickel	133.100	111.000	Mangan	8.200	23.700
Phosphat	18.300	3.900	Aluminium	10.400	131.000
Eisen	4.100	23.100	Lithium	13.300	125.000
Stahl*	5.000	30.000			

Quelle: UBA (2017), \*geschätzt

\*\* Zur Umrechnung: 1 kWh = 3,6 MJ

## Literatur

- ARD Tagesschau (2022): Wettlauf um Batterien von morgen. Online: <https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/lithium-ionen-batterien-autobatterien-e-autos-lfp-nickel-kobalt-lithium-101.html>
- BMJ IH Elektro - Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen. Online: <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?>
- BMJ IH Betriebstechnik (2018b): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Betriebstechnik: Teil 3. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Elektro Gebäude-Infrastruktur (2018a): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme: Teil 2, S. 898ff
- Flash-Batterie / Rate, C. (o.J.): WELCHE CHEMIE EIGNET SICH AM BESTEN FÜR DIE ELEKTRIFIZIERUNG IHRES FAHRZEUGS? Online;: <https://www.flashbattery.tech/de/lithium-batterien-arten-welche-chemie-verwenden/>
- poworks / Huang, Jerry (2022): Ein Vergleich von NMC / NCA Lithium-Ionen-Akku und LFP-Batterie. Online: <https://poworks.com/de/ein-vergleich-von-nmc-nca-lithium-ionen-akku-und-lfp-batterie>
- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung . Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14/10/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/14/10/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)

## Berufsprofil

- IH Information: BIBB (o.J.): Elektroniker für Betriebstechnik/Elektronikerin für Betriebstechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/544554](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/544554)

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit:** Übernehmen von elektrischen Anlagen, Entwerfen von Anlagenänderungen und -erweiterungen, Einrichten und Abräumen von Arbeitsplätzen/Baustellen, Organisieren der Anlagenerrichtung, Überwachen der Arbeit von Dienstleistern und anderen Gewerken, Montieren und Installieren von Leitungsführungssystemen, Informationsleitungen und Energieleitungen einschließlich allgemeiner Versorgungsleitungen, Installieren und Einrichten von Maschinen und Antriebssystemen einschließlich pneumatischer/ hydraulischer Komponenten, Zusammenbauen und Verdrahten von Schaltgeräten und Automatisierungssystemen, Programmieren und Konfigurieren von Systemen, Prüfen der Funktion und der Sicherheitseinrichtungen der Systeme, Überwachen und Warten der Anlagen, Durchführen von regelmäßigen Prüfungen, Analysieren von Störungen, Ergreifen von Sofortmaßnahmen und Instandsetzung der Anlagen, Übergeben von Anlagen, Einweisen

der Nutzer in die Bedienung und Erbringen von Serviceleistungen, Arbeiten auch mit englischsprachigen Unterlagen und Kommunizieren auch in englischer Sprache, Zuordnung zu Elektrofachkräften im Sinne der Unfallverhütungsvorschriften, Nutzen von IT-Systemen, auch in digitalisierten Prozessen, Anwenden von Vorschriften zu Datenschutz und Informationssicherheit

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker/innen für Betriebstechnik arbeiten insbesondere für Hersteller industrieller Prozesssteuerungseinrichtungen, z.B. von speicherprogrammierbaren Steuerungen oder Anlagen der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Elektroinstallationsbetriebe, die technische Gebäudeausrüstungen einbauen, oder Energieversorger bieten ebenfalls Beschäftigungsmöglichkeiten.

## Final 6.3 Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme (IH)

Die Projektaufgabe ist

- das Aufzeigen von Handlungsoptionen in Folge einer SDG-Wertschöpfungsketten-Analyse von NCA, NMC und LFP-Batterien (s.o. [6.2 Elektroniker\\*in für Betriebstechnik \(IH\)](#))

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Betriebstechnik (BMJ IH Elektro 2018 und BMJ IH Betriebstechnik 2018b):

- Nr. 4: Umweltschutz
- Nr. 7: Planen und Organisieren der Arbeit ...
- Nr. 13: Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung
- Nr. 14: Fertigen von Komponenten und Geräten
- Nr. 12: Beraten und Betreuen von Kunden
- Nr. 18: Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiete

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

- Auswahl von zwei Metallen aus der Projektaufgabe "[6.2 Elektroniker\\*in für Betriebstechnik \(IH\)](#)" (mengenmäßig relevante Stoffe oder Stoffe, mit einem hohen Umweltbelastung Potential bei der Batterieproduktion)
- Recherche der beiden größten Minen, der größten Hütten und der größten Halbzeughersteller dieser Stoffe
- Prüfung der SDG und der Unterziele, ob diese relevant für die Minen, die Hütten und die Halbzeughersteller sind.

- Nutzen Sie hierzu die Bewertungsraster in Kap. [5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#)
- Orientieren Sie sich an dem Beispiel der Lithium-Wertschöpfungskette [Tabelle: Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterien"](#)
- Auswertung der Analyse und Vorschlag für Handlungsoptionen
  - Aus welchen Ländern sollten die Metalle bezogen werden?
  - Aus welchen Ländern sollten die Halbzeuge bezogen werden?

### Die Projektaufgabe

“Vanessa, du hast - aus meiner Sicht - gut gearbeitet”, sagte Meisterin Gräbert zu ihrer Auszubildenden Vanessa. “Aber dem Vorstand fehlt noch etwas. Er weiß jetzt zwar, welcher der umweltfreundlichste Batterietyp ist, aber das ist noch keine Nachhaltigkeitsbewertung. Er möchte noch gerne mehr wissen.” “Und was fehlt ihm noch?” fragte Vanessa leicht verärgert. Sie hat die Analyse sorgfältig gemacht und einige Stunden daran gearbeitet. “Ich weiß, du hast dir viel Mühe gegeben, aber der Vorstand will alles richtig machen. Es reicht ihm nicht zu wissen, welche Umweltauswirkungen etwas hat, sondern er will das beste nachhaltige Produkt haben. Du kennst die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit?” “Sicher: Ökologie, Ökonomie und Soziales”, antwortete Vanessa, ohne nachzudenken. “Richtig, und das ist das Problem. In einigen Ländern grassiert die Korruption, in anderen Ländern wird den Bauern vom Bergbau das Wasser abgegraben oder die Nickelhütten verpesten ganze Landstriche. Wie dem auch sei, schau dir mal die Wertschöpfungskette der wichtigsten Materialien an und suche dir die größten Minen, die größten Hütten und Halbzeughersteller aus - die Wahrscheinlichkeit, dass sie das Kupfer oder das Lithium liefern, ist am Größten. Auch wenn keiner so richtig weiß, woher unsere Rohstoffe stammen. Dann nimmst du dir die Liste der Sustainable Development Goals von [DESTATIS](#) und schaust mal, was auf die Minen, Hütten und Halbzeughersteller zutrifft. Achte besonders auf die Soziale Dimension und die Ökonomie, vielleicht fällt dir da noch was ein. Du hast übrigens bei deiner Analyse zwei Punkte nicht gut herausgearbeitet: "Handlungsoptionen." “Und das heißt?” unterbrach Vanessa ihre Meisterin. "Handlungsoptionen" heißt Handlungsoptionen, liebe Vanessa. Wenn etwas nicht nachhaltig ist, muss man überlegen, wie man es besser machen kann. Wenn z.B. bei der Metallerzeugung viel Strom eingesetzt wird, sollte das Metall dort hergestellt werden, wo der Strom weitgehend aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Oder das Material sollte dort zum Halbzeug verarbeitet werden, wo viel Recyclingmaterial verwendet wird. Schau mal, welche Möglichkeiten du finden kannst. "Alles klar?" Meisterin Gräbert lachte verschmitzt und Vanessa nickte nur schweigend.

## Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- poworks / Huang, Jerry (2022): Ein Vergleich von NMC / NCA Lithium-Ionen-Akku und LFP-Batterie. Online:  
<https://poworks.com/de/ein-vergleich-von-nmc-nca-lithium-ionen-akku-und-lfp-batterie>
- DESTATIS Statistisches Bundesamt (o.J.): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online:  
<https://sdg-indikatoren.de/>
- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)

## Quellen

- ARD Tagesschau (2022): Wettlauf um Batterien von morgen. Online:  
<https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/lithium-ionen-batterien-autobatterien-e-autos-lfp-nickel-kobalt-lithium-101.html>
- BMJ IH Elektro - Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen. Online:<https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?>
- BMJ IH Elektro Gebäude-Infrastruktur (2018a): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme: Teil 2. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- Flash-Batterie / Rate, C. (o.J.): WELCHE CHEMIE EIGNET SICH AM BESTEN FÜR DIE ELEKTRIFIZIERUNG IHRES FAHRZEUGS? Online;  
<https://www.flashbattery.tech/de/lithium-batterien-arten-welche-chemie-verwenden/>
- IH Information: BIBB (o.J.a): Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme/Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme (Ausbildung). Online:  
[https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/212121](https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/212121)

## Berufsprofil

- Ausbildung.de (o.J.): Elektroniker/in für Gebäude- und Infrastruktursysteme. Online:  
[www.ausbildung.de/berufe/elektroniker-gebaeude-und-infrastruktursysteme/](http://www.ausbildung.de/berufe/elektroniker-gebaeude-und-infrastruktursysteme/)

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Dein Alltag dreht sich rund um sämtliche elektronische Anlagen, die man in Gebäuden vorfinden kann, wie Klimaanlage, Heizungen oder auch elektrische Leitungen. Du planst, wo und wie die Anlagen eingesetzt werden, packst an, wenn die Pläne in die Tat umgesetzt werden und bist zur Stelle, sollte es doch mal zu einer Störung kommen. Du musst daher für die Ausbildung zum Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme mit Werkzeugen ebenso geschickt umgehen können wie mit deinem Köpfchen. Du arbeitest in diesem Beruf zum einen im Team und zum anderen mit Kunden und Auftraggebern eng zusammen. Nicht jeder ist mit so großem Technik Verstand gesegnet wie du, daher solltest du dich in Kundengesprächen gut ausdrücken können, so dass der perfekten Umsetzung der Wünsche nichts im Wege steht. Da der Umgang mit Strom immer ein gewisses Risiko mit sich bringt, benötigst du außerdem ein sehr ausgeprägtes Verantwortungsgefühl. Denn bei Nichteinhaltung der Sicherheitsrichtlinien bringst du

nicht nur dich selbst, sondern auch deine Kollegen in Gefahr. In der Ausbildung zum Elektroniker für Gebäude- und Infrastruktursysteme sind also Teamplayer besonders gefragt.

## 6.4 Elektroniker\*in für Gebäudesystemintegration (Hw)

Die Projektaufgabe ist die

- Bewertung der sozialen und der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit beim Einsatz von Smart Speakern im Vergleich mit einer Haussprechanlage in einem Pflegeheim.

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf zum Elektroniker für Gebäudesystemintegration\*in (BMJ HW Gebäudeintegration 2021 c):

- Nr. 3.3: Umweltschutz und Nachhaltigkeit
- Nr. 2.7: Planen und Organisieren der Arbeit ...
- Nr. 2.4: Beraten und Betreuen von Kunden
- Nr. 2.5: Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheit Konzepten
- Nr. 2.7: Analysieren gebäudetechnischer Systeme

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

Tabelle erstellen: Tabelle 1 (Leistung von Smart Speakern und Sprechanlagen sowie deren ökonomische Bewertung aus Sicht der Pflegeeinrichtung)

- Aufgaben einer Pflegefachkraft in Tätigkeiten übersetzen
- Recherche: Was können Smart Speaker leisten?
- Bewerten:
  - Bei welchen Tätigkeiten reicht eine Haussprechanlage, bei welchen ist der Smart Speaker besser?
  - Wo gibt es Risiken bei diesen Tätigkeiten für den Pflegebetrieb?
  - Was ist aus Sicht des Datenschutzes möglich, was nicht?
- Bewerten: Wie hoch sind die ökonomischen Vorteile für die Pflegeeinrichtung (Bewertung mit Plus oder Mehrfach Plus). Gibt es auch Nachteile? (Bewerten mit Minus oder Mehrfach Minus).

Tabelle erstellen: Tabelle 2 (soziale Bewertung)

- Recherche:
  - Welche Tätigkeiten wünschen sich ältere und sehr alte Menschen?
  - Welche Tätigkeiten gehören zu einem möglichst selbstbestimmten Leben auch im hohen Alter?

- Bewerten: Wie kann ein Smart Speaker unterstützen, wo reicht eine Haussprechanlage?
- Bewerten qualitativ:
  - Wo gibt es Risiken für die älteren Menschen bei der Nutzung der Smart Speaker?
  - Was ist aus Sicht des Datenschutzes möglich, was nicht?
- Bewertung quantitativ: Wie hoch sind die sozialen Vorteile für die Bewohner und Bewohnerinnen (Bewertung mit Plus oder Mehrfach Plus). Gibt es auch Nachteile? (Bewerten mit Minus oder Mehrfach Minus).

### Die Projektaufgabe

“Zeynep, wir müssen ein Problem lösen”, rief Meister Kurz seine Auszubildende, “Kommst du einmal?” Zeynep stand auf und ging zum Meister im Nebenraum. ‘Schlechter Zeitpunkt’, dachte sie, ‘gerade eine Aufgabe fertig und schon kommt die nächste.’ “Zeynep, wir müssen uns mit Smart Speakern auseinandersetzen”, sagte Meister Kurz. “Ein Kunde überlegt, ob er sich eine WiFi-gestützte Haussprechanlage zulegt oder auf die neue Technologie der Smart Speaker setzen soll.” “Wo ist denn das Problem, die sind doch allemal besser als so eine altmodische Haussprechanlage.” “Werden die überhaupt noch produziert?” fragte Zeynep. “Das schon, aber hier geht es um einen Großauftrag für ein Pflegeheim.” 500 Bewohner und Bewohnerinnen sind im Heim. Tagsüber sind 125 Beschäftigte allein für die Pflege zuständig. Nachts sind es immerhin noch 25 Pflegekräfte. Das Pflegeheim hat bei der Vergabe Kriterien aufgestellt, dass das nachhaltigste Produkt zu wählen ist. Und Nachhaltigkeit bedeutet für den Betreiber eine Betrachtung der drei Dimensionen. “Ist das verständlich, Zeynep?” Zeynep überlegte eine Weile und sagte dann: “Im Prinzip ja, die Nachhaltigkeit hatten wir schon in der Berufsschule. Aber das war ganz allgemein: Energie sparen, Materialien sparen und Abfälle vermeiden. “Mehr hatten wir nicht.” Meister Kurz lachte verschmitzt. “Macht nichts, ich habe auch erst mal gegoogelt, wie man so etwas bewerten kann.” Mach einfach das Folgende”:

- Recherchiere im Internet, was die Aufgaben einer Pflegefachkraft sind.
- Übersetze das in eine Liste von Tätigkeiten.
- Beachte aber folgendes: Stell dir zunächst einfach den Prozess der Tätigkeit vor. Dann frage dich, was muss die Pflegefachkraft tun, um eine Handlung auszuführen? Du kennst das aus dem Prinzip der ‘vollständigen beruflichen Handlung’: Informieren, Planen, Entscheiden, Kommunizieren, Optimieren und Ausführen. Hier geht es vermutlich nur um die Stufen ‘Planen und Ausführen’, das sollte reichen. Wenn eine Pflegerin einen Verband wechseln muss, muss sie den Verband und anderes holen, zum Zimmer gehen, den Verband wechseln und dann festhalten, dass sie es getan hat. Soweit so gut. Aber was ist, wenn sie sieht, hier

muss noch mehr getan werden. Dann läuft sie wieder zurück und holt noch etwas. Und so geht es munter weiter.

- Stell dir deshalb eine einfache Frage: ‘Wie kann ein Smart Speaker oder eine Haussprechanlage, um die Pflegefachkraft bei ihren Tätigkeiten unterstützen?’
- Verschaffe dir einen Überblick, was so ein Smart Speaker im Unterschied zur Haussprechanlage kann. Ein einfaches Beispiel ist der Timer um nach 10 Minuten an etwas erinnert zu werden. Das kann die Sprechanlage nicht.
- Zum Schluss überlegst du dir, wie die Bewohnerinnen und Bewohner den Smart Speaker nutzen können. Mit der Sprechanlage können sie definitiv nicht Musik hören. Liste mal alle Vorteile auf.
- Wir sollten aber die Nachteile nicht vergessen. Recherchiere mal, was so im Internet steht.
- Und als Sahnehäubchen schau dir den Datenschutz an. Alte Menschen haben im Pflegeheim Fernseher, Computer und Smartphone. Aber das sind private Gegenstände. Versuch eine Antwort auf die Frage zu finden, ob Smart Speaker auch in der Pflege genutzt werden können.

Zeynep hatte sich fleißig Notizen gemacht. Sie schaute diese an und überlegte ein wenig. Dann sagte sie: “Und was hat das mit Nachhaltigkeit zu tun?” “Da hast du nicht ganz unrecht, weshalb es noch zwei “Zusatzaufgaben" gibt. Ich verstehe unter

- unter ökonomische Nachhaltigkeit, dass Kosten für die Pflegeeinrichtung eingespart werden und
- unter sozialer Nachhaltigkeit, dass die BewohnerInnen ein selbstbestimmtes Leben führen können und die Arbeitsbedingungen des Personal sich verbessern.

Ich will - wenn ich denn mal selbst in ein Pflegeheim gehen muss - so lange wie möglich am Leben teilnehmen. Ich will selber Entscheidungen treffen und ich will tun, was dann noch möglich ist. Also stelle dir die Frage:

- Inwieweit kann mir ein Smart Speaker helfen, Dinge zu tun, die ich wegen Gebrechlichkeit nicht mehr tun kann?
- "Wie hilft mir ein Smart Speaker noch am Leben teilzunehmen?"

Das ist doch sicher verständlich. “Und die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit?” fragte Zeynep. “Auch das geht nur qualitativ”, sagte Meister Kurz. “Stelle dir die Frage:

- Inwieweit entlastet ein Smart Speaker die Pflegekräfte?
- Wo sparen Pflegekräfte Zeit ein?
- Wo spart die Pflegeeinrichtung Geld?

Das müsste reichen. Du machst dir eine große Tabelle.

- Die erste Spalte sind die Tätigkeiten der Pflegefachkraft.

- Die zweite Spalte sind die Dinge, die ein Smart Speaker kann oder wo er die Pflegefachkraft unterstützen kann.
- Die dritte Spalte ist deine Bewertung in der ökonomischen Dimension: Ein Plus, wenn ein wenig unterstützt wird oder wenig Zeit eingespart wird, zwei Plus für mehr Zeit und drei Plus für sehr viel eingesparte Zeit oder eingespartes Geld.

Dann machst du eine zweite Tabelle.

- Die erste Spalte sind Dinge, die auch alte Menschen noch gerne machen.
- Die zweite Spalte sind die Dinge, die ein Smart Speaker kann.
- Die dritte Spalte ist deine Bewertung in der sozialen Dimension: 1Plus wenn ein kleiner Beitrag geleistet wird, 2Plus wenn es mehr hilft und 3 Plus wenn es sehr hilfreich ist.

"Das sollte jetzt klar sein, oder nicht, Zeyna", beendete Meister Kurz seine Rede.

## Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

### *Tätigkeiten einer Pflegefachkraft*

- Betreuung, Versorgung und Beratung von kranken und pflegebedürftigen Menschen mit körperlich, geistigen und psychischen Einschränkungen,
- Aktivierung zum Erhalt von Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Alltag,
- Grundpflege, z. B. Körperpflege, Ankleiden unter Berücksichtigung der geltenden Hygienemaßnahmen,
- Unterstützung bei der Nahrungsaufnahme und Ausscheidungen,
- Erbringen der Behandlungspflege, wie z. B. Blutdrucküberwachung, subkutane Injektionen, Wundverbände,
- Krankenbeobachtung, insbesondere für die spezifische Klientel des Wohn- und Pflegeheimes,
- PC- gestützte Dokumentation und Risikoeinschätzung im Rahmen der Bezugspflege,
- Vorbereitung und Teilnahme an den Pflegevisiten und Fallbesprechungen,
- Zusammenarbeit mit den internen und externen Therapeuten,
- Begleitung und Unterstützung bei Freizeitaktivitäten,
- Gestaltung von Festen und Freizeit.

### *Was können Smart Speaker alles?*

- DeinHandy.Magazin / Julia Hubert (o.J.): Telekom Smart Speaker (Mini) – Alles, was Du wissen musst.  
<https://blog.deinhandy.de/telekom-smart-speaker-mini-alles-was-du-wissen-musst>
- Home&Smart / Mariella Wendel (2023): Alexa Befehle: Die 303 wichtigsten Sprachbefehle für Alexa. Online:  
<https://www.homeandsmart.de/amazon-alexa-alle-wichtigen-sprachbefehle>

- Home&Smart / Mariella Wendel (2023): Hallo Siri - die 175 nützlichsten Siri Sprachbefehle. Online: <https://www.homeandsmart.de/praktische-siri-befehle-im-alltag>
- Media Smart (2021): KINDER UND JUGENDLICHE ALS NUTZER VON SMART SPEAKERN UND SPRACHASSISTENTEN. Online: <https://mediasmart.de/2021/02/smart-speaker-und-sprachassistenten-teil-ii-der-einfluss-auf-den-alltag-von-kindern-und-jugendlichen/>
- Media Smart (2021): RISIKEN UND CHANCEN VON SMART SPEAKERN UND SPRACHASSISTENTEN. Online: <https://mediasmart.de/2021/03/smart-speaker-und-sprachassistenten-teil-iii-chancen-und-gefahren-erkennen-risiken-vorbeugen/>
- Mixed / Josef Erl (2021): OK Google: Die besten Sprachbefehle für den Google Assistant. Online: <https://mixed.de/ok-google-die-besten-sprachbefehle-fuer-google-assistant/>

## Literatur

- ambosa (o.J.): Vom Personalschlüssel in der Altenpflege zur Schichtbesetzung. Online: <https://www.ambosa.de/vom-personalschluessel-in-der-altenpflege-zur-schichtbesetzung/>
- BMJ HW Gebäudeintegration (2021c): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker für Gebäudesystemintegration\*in. Online: <http://www.gesetze-im-internet.de/gsiausbv/BJNR068700021.html>
- sachsen.de (o.J.): Pflegefachkraft. Online: <https://www.karriere.sachsen.de/pflegefachkraft-6468.html>

## Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren gebäudetechnischer Systeme, Messen und Analysieren physikalischer Kennwerte an Gebäudesystemtechnik, Fehler erkennen und Maßnahmen einleiten, Konzipieren und Projektieren der Integration gebäudetechnischer Anlagen und Systeme, Durchführen der Gewerke übergreifenden technischen Planung und Integration gebäudetechnischer Anlagen und Systeme, Montieren und Installieren, Integrieren von Komponenten und Funktionen an gebäudetechnischen Anlagen und Systemen, Parametrieren, in Betrieb nehmen und übergeben gebäudetechnischer Anlagen und Systeme, Programmieren, Einrichten und Testen von Software, Projekte übergeben und dokumentieren, Warten, Instandhalten und Optimieren, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheit Konzepten und, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker und Elektronikerinnen für Gebäudesystemintegration arbeiten in Betrieben des Elektro- und informationstechnischen Handwerks. Sie planen, konzipieren, errichten, ändern, analysieren, vernetzen, warten und reparieren gebäudetechnische Systeme. Ihre Tätigkeit umfasst die gesamten im Gebäude vorkommenden technischen Systeme und

deren Integration. Sie können die Daten gebäudetechnischer Kenngrößen verarbeiten, analysieren und anwenden. Sie finden auch Beschäftigung bei Industrieunternehmen und IT-Systemhäusern sowie bei den technischen Gebäudeausrüstern.

## 6.5 Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik (BBG)

Die Projektaufgabe ist

- **Eine Analyse von Zukunftstechnologien und der Kritikalität von Metallen für Synchronmotoren.**

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich gemäß der Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker:in für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz an den folgenden Qualifikationen (BMJ BBG Maschinen-Antrieb 2021e):

- Abs.2 Nr. 1: Durchführen von betrieblicher und technischer Kommunikation sowie Informationsverarbeitung
- Abs. 2 Nr. 2: Planen und Organisieren der Arbeit
- Abs. 2 Nr. 4: Beraten und Betreuen von Kunden und Kundinnen
- Abs. 2 Nr. 7: Analysieren maschinen- und antriebs technischer Systeme
- Abs. 3 Nr. 3: Umweltschutz und Nachhaltigkeit

### Die Projektaufgabe

“Sabine, Julia, Frank, Michael” rief Meisterin Jutta Schneider ihre Auszubildenden zu sich. “Wir starten ein neues Projekt.” Die Auszubildenden legten Lötkolben, Messgerät und Spitzzangen beiseite, schalten einige Geräte aus und warfen noch einen Blick auf die Arbeitsplätze: Alles gesichert. Dann gingen Sie zum Schreibtisch der Meisterin und setzten sich.. “Wir beginnen heute ein neues Projekt, ich habe die Aufgabe fertig geschrieben. Thema ist ‘Nachhaltigkeit in der Ausbildung’. Ihr wisst ja, dass dieses Thema integrativ zu vermitteln ist. Also habe ich mir etwas ausgedacht, dass uns auf die Zukunft der Elektronik vorbereitet, aber die Nachhaltigkeit nicht außer Acht lässt. Ich habe die Aufgabe auf eure Tablets geschickt. Schaut sie euch an. Irgendwelche Fragen?”

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

- Zukunftstechnologien (u.a. DERA 2021)
  - Was verstehen Sie unter “Zukunftstechnologien”? (z.B. E-Mobilität, 3D-Druck, 5 G, autonomes Fahren, Künstliche Intelligenz)
  - Welche Technologien sind in den letzten 20 Jahren auf den Markt gekommen?
  - Wo verändern diese Technologien unser Leben?
  - Welche Rohstoffe benötigen diese Zukunftstechnologien?
- Beispiel Synchronmotoren, Elektromobilität und Dysprosium (UBA 2019:63)
  - Welche Anlagen verwenden Synchronmotoren? (Sycotec o.J., DERA 2021:63ff)
  - Welche Rohstoffe benötigt ein Synchronmotor? (UBA 2019:64ff, DERA 2021:63ff)
  - Beispiel: Entwicklung der E-Mobilität in den letzten 5 Jahren (Statista 2023)
  - Diskussion: Wie werden sich Anwendungen mit Synchronmotoren entwickeln?
  - Arbeitsaufgaben:
    - Gruppenbildung: Recherche der Produktion von Dysprosium, Gallium, Kupfer, Neodym, Praseodym und Terbium
    - Gruppenbildung: Recherche der Bedarfe an Anlagen 2040 (oder aktuelles Jahr, Bezug Deutschland, Europa oder Welt) für Fahrzeuge, Windkraftanlagen, Schienenfahrzeuge, Schiffe und Industrie
    - Präsentation: Werden genug Ressourcen für die Bedarfe von Deutschland, Europa oder der Welt produziert? (google, USGS.gov oder DERA 2021)
    - Gruppenbildung mit obigen Metallen und Präsentation der Ergebnisse: Reichen die Metalle für die Elektrifizierung der Sektoren?
- Kritische Rohstoffe
  - Frage: Was könnten “Kritische” Rohstoffe sein? (SWP 2012)
  - Information: Wie werden “Kritische Rohstoffe” definiert – Ein Beispiel [Tabelle: Kriterien für Kritische Rohstoffe \(UBA 2019\)](#)
  - Präsentation: Indikatorwerte für die Vulnerabilität der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität [Abbildung: Indikatorwerte für die Vulnerabilität der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität \(IZT und Adelphi 2011\)](#)
    - Gruppenarbeit: Aufteilungen in Gruppen
    - Vergabe einzelner Elemente an die Gruppen
    - Frage: Wo werden diese Elemente verwendet: google oder ISE <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle>
    - Wie erklärt sich die Bewertung?
    - Sind die Anwendungen relevant für Deutschland (Bezug: Wohlstand, Sicherheit, gutes Leben, Arbeitsplätze etc.)
  - Präsentation: Indikatorwerte für die Vulnerabilität der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität

[Abbildung: Indikatorwerte für das Versorgungsrisiko der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität \(IZT und Adelphi 2011\)](#)

- Gruppenarbeit: Aufteilungen in Gruppen
- Vergabe einzelner Elemente an die Gruppen
- Frage: Wo werden diese Elemente verwendet:  
google oder ISE <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle>
- Wie erklärt sich die Bewertung?
- Sind die Anwendungen relevant für Deutschland (Bezug: Wohlstand, Sicherheit, gutes Leben, Arbeitsplätze etc.)
- Diskussion: Wie sind die Ergebnisse zu bewerten?  
[Abbildung: Kritische Rohstoffe nach UBA 2019.](#)
- Kreislaufwirtschaft und Recycling
  - Frage und Diskussion:
    - google Recherche: Wie steht es um das Recycling von Elektronikschrott (vgl. Infografiken [Europäisches Parlament](#))
    - google Recherche: Welche Metalle werden recycelt und somit wiedergewonnen
    - Anmerkung: Recyclingquoten von Nicht-Massenmetallen sind kaum auffindbar. Dieser Schritt dient der Bewusstseinsbildung, dass wir große Wissenslücken haben.
  - Präsentation und Diskussion von Recyclingquoten (UBA 2017)  
[Abbildung: Recyclingquoten wichtiger Metalle \(UBA 2017\)](#)
  - Diskussion: Wie steht es um das Recycling in den Betrieben?
    - Maschinen
    - Geräte
    - Elektronik
  - Zusammenfassung: Kann vermehrtes Recycling die Bedarfe für die Metalle in Zukunft decken?
    - Hinweis: In der wissenschaftlichen Diskussion und auch von den Verbänden wird die Meinung vertreten, dass Recycling wichtig ist, aber nicht das Problem der zukünftigen Bedarfe lösen kann (vgl. EURACTIV 2023; Europäisches Parlament 2021, Deutschlandfunk 2022).
- Abschluss: Welche Technologien sind wirklich wichtig für ein “nachhaltiges Leben”
  - Worauf sollten wir verzichten?
  - Technologie Liste ausgeben ([Tabelle: Verwendung von Gleichstrommotoren](#))
  - Bewertung mit Punkten
    - +2 unverzichtbar;
    - +1 Alternativen sind vorhanden;
    - -1 kann durch Alternativen oder weniger Nutzung reduziert werden;
    - -2 ist verzichtbar
  - Abschlussdiskussion (Hinweis: es gibt eigentlich keine gute Lösung.

## Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Online: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf)
- Deutschlandfunk (2022): Der neue Rohstoffrausch. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/rohstoffe-energiewende-recycling-umwelt-ressourcen-100.html>
- EURACTIV (2023): Kritische Rohstoffe: Recycling laut Industrie „kein Allheilmittel“. Online: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/kritische-rohstoffe-recycling-laut-industrie-kein-allheilmittel/>
- Europäisches Parlament (2021): Nachhaltige Versorgung mit kritischen Rohstoffen ist entscheidend für die EU-Industrie. Online: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/QuickMode/PlantConfiguration/bae15a60-6626-4dca-9a9a-b85e8d491cac>
- Europäisches Parlament (2022): Elektro- und Elektronikschrott in der EU. Online: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/priorities/kreislaufwirtschaft/202108STO93325/elektroschrott-in-der-eu-zahlen-und-fakten-infografik>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Seltene Erden und strategische Metalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/>
- IZT und adelphi (2011): Kritische Rohstoffe für Deutschland. Online: [www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Kritische-Rohstoffe-LF.pdf](http://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Kritische-Rohstoffe-LF.pdf)
- Statista (2023): Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland bis Januar 2023. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>
- SWP Stiftung Wissenschaft und Politik (2012): Online: [https://www.swp-berlin.org/publications/products/zeitschriftenschau/2012zs01\\_haeussler\\_mdn.pdf](https://www.swp-berlin.org/publications/products/zeitschriftenschau/2012zs01_haeussler_mdn.pdf)
- SycoTec (o.J.): Synchronmotoren: Erklärung, Funktion, Anwendung. Online: <https://info.sycotec.eu/synchronm>
- UBA Umweltbundesamt (2017): Recyclingpotenzial strategischer Metalle. Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-21\\_texte\\_68-2017\\_restra\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-21_texte_68-2017_restra_0.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2019): Substitution als Strategie zur Minderung der Kritikalität von Rohstoffen für Umwelttechnologien. Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-08\\_texte\\_03-2019\\_subskrit\\_abschlussbericht.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-08_texte_03-2019_subskrit_abschlussbericht.pdf)
- USGS.gov (o.J.): Zusammenfassungen von Mineralrohstoffen. Online: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>

**Tabelle: Spezifischer Materialbedarf der Elektro Antriebsmotoren (BEV bzw. PHEV)**

Material	Menge je BEV oder PHEV 2022 [g]	Verwendung 2022 [kg]	vollständige Elektrifizierung 2040 [t]	Förderung pro Jahr [t, 2018]
Dysprosium	160	76.800	7.760	1.000
Gallium	1	480	49	205
Kupfer	12.600	6.048.000	611.100	24.137.000
Neodym	400	192.000	19.400	23.800
Praseodym	120	57.600	5.820	7.500
Terbium	24	11.520	1.164	280

Quelle und Anmerkung: UBA 2019 und DERA 2021; Werte für Dysprosium und Neodym angepasst auf Basis von UBA 2019.

**Tabelle: Kriterien für Kritische Rohstoffe (UBA 2019)**

Vulnerabilität	Zeitliche Relevanz	Gewichtung	Versorgungsrisiko	Zeitliche Relevanz	Gewichtung
<b>Mengenrelevanz</b>			<b>Länderrisiko</b>		
Anteil Deutschlands am Weltverbrauch (2008)	kurzfristig	25 %	Länderrisiko für die Importe Deutschlands (2008)	kurzfristig	10 %
Änderung des Anteils Deutschlands am Weltverbrauch (2004-2008)	kurzfristig	10 %	Länderrisiko für die globale Produktion (2008)	kurzfristig	10 %
Änderung der Importe Deutschlands (2004-2008)	kurzfristig	10 %	Länderkonzentration der globalen Reserven (2008)	mittel- bis langfristig	10 %
<b>Strategische Relevanz</b>			<b>Marktrisiko</b>		
Sensitivität der Wertschöpfungskette in Deutschland	mittel- bis langfristig	25 %	Unternehmenskonzentration der globalen Produktion (2008)	kurzfristig	25 %
Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)	mittel- bis langfristig	20 %	Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (2008)	mittel- bis langfristig	25 %
Substituierbarkeit	mittel- bis langfristig	10 %	<b>Strukturrisiko</b>		
			Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (2008)	mittel- bis langfristig	10 %
			Recyclingfähigkeit	mittel- bis langfristig	10 %
Summe		100 %	Summe		100 %

Abbildung: Indikatorwerte für die Vulnerabilität der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität (IZT und Adelphi 2011)

	Germanium	Rhenium	Antimon	Indium	Wolfram	Seltene Erden	Gallium	Palladium	Silber	Zinn	Niob	Chrom	Bismut
<b>Mengenrelevanz</b>													
Anteil Deutschlands am Weltverbrauch (2008)	1	0,7	0,7	0,3	1	0,3	1	1	1	1	0,7	0,3	1
Änderung des Anteils Deutschlands am Weltverbrauch (2004-2008)	0,3	1	0,7	0,3	0,7	1	1	0,3	1	0	0,3	0,3	0
Änderung der Importe Deutschlands (2004-2008)	0,3	1	0	0,3	1	0,7	0,3	1	0,7	0	0,3	0,3	0
<b>Strategische Relevanz</b>													
Sensitivität der Wertschöpfungskette in Deutschland	0,7	0,7	1	0,7	1	1	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3
Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)	1	0,7	0,3	1	0,3	1	1	0,3	0,3	0,3	0	0,3	0,3
Substituierbarkeit	0,8	0,84	0,64	0,9	0,77	0,87	0,74	0,75	0,71	0,82	0,7	0,97	0,58
<b>Gewichtete Summe</b>	<b>0,77</b>	<b>0,78</b>	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>	<b>0,69</b>	<b>0,63</b>	<b>0,57</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>

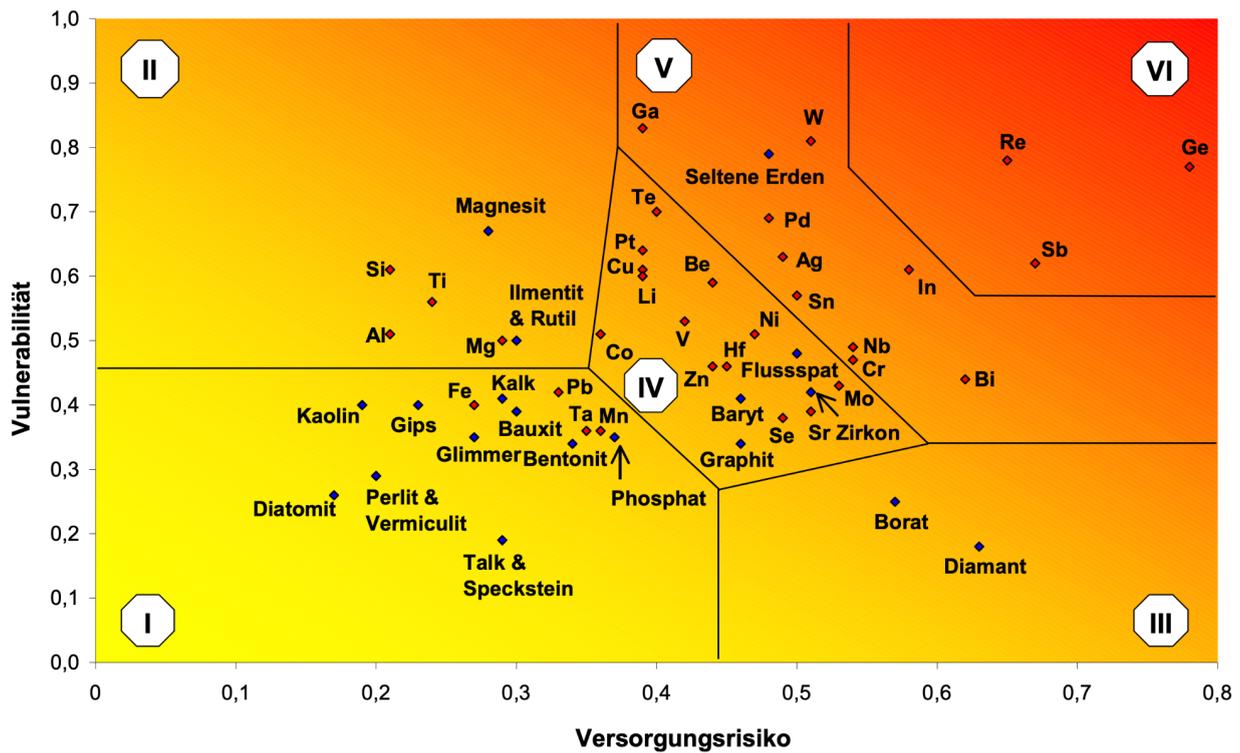
Quelle und Anmerkungen: Eigene Darstellung IZT/adelphi; Färbung für Indikatorwert  $\geq 0,85$ : rot-orange,  $0,85 > \text{Indikatorwert} \geq 0,5$ : orange,  $0,5 > \text{Indikatorwert} \geq 0,15$ : gelb, Indikatorwert  $< 0,15$ : grün.

Abbildung: Indikatorwerte für das Versorgungsrisiko der Rohstoffe höchster und hoher Kritikalität (IZT und Adelphi 2011)

	Germanium	Rhenium	Antimon	Indium	Wolfram	Seltene Erden	Gallium	Palladium	Silber	Zinn	Niob	Chrom	Bismut
<b>Länderrisiko</b>													
Länderrisiko für die Importe Deutschlands (2008)	0,69	0,23	0,40	0,08	0,19	0,38	0,08	0,26	0,19	0,14	0,26	0,19	0,12
Länderrisiko für die globale Produktion (2008)	0,61	0,13	0,76	0,48	0,65	0,76	0,14	0,44	0,19	0,25	0,24	0,26	0,27
Länderkonzentration der globalen Reserven (2008)	0,46	0,80	0,74	0,37	0,78	0,69	0,58	0,99	0,46	0,53	0,68	0,89	0,82
<b>Marktrisiko</b>													
Unternehmenskonzentration der globalen Produktion (2008)	0,71	0,80	0,51	0,56	0,50	0,76	0,50	0,77	0,18	0,4	0,99	0,50	0,75
Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (2008)	1	0,7	1	0,7	0,7	0	0	0	1	1	0,3	1	0,7
<b>Strukturrisiko</b>													
Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (2008)	1	1	0,3	1	0	0,3	1	0,7	0,7	0	0,3	0	0,7
Recyclingfähigkeit	0,67	0,54	0,67	0,71	0,45	0,75	0,84	0,53	0,41	0,63	0,66	0,32	0,68
<b>Gewichtete Summe</b>	<b>0,78</b>	<b>0,65</b>	<b>0,67</b>	<b>0,58</b>	<b>0,51</b>	<b>0,48</b>	<b>0,39</b>	<b>0,48</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>	<b>0,62</b>

Quelle und Anmerkungen: Eigene Darstellung IZT/adelphi; Färbung für Indikatorwert  $\geq 0,85$ : rot-orange,  $0,85 > \text{Indikatorwert} \geq 0,5$ : orange,  $0,5 > \text{Indikatorwert} \geq 0,15$ : gelb, Indikatorwert  $< 0,15$ : grün.

Abbildung: Kritische Rohstoffe nach UBA 2019.



### Kategorien von kritischen Rohstoffen (UBA 2019)

Methodik der Auswertung (IZT und Adelphi 2011): Die obigen Kategorien der Vulnerabilität und des Versorgungsrisikos werden an Hand von frei verfügbaren Daten bestimmt. So wird zum Beispiel in der Mengenrelevanz der Anteil Deutschlands am Weltjahresverbrauch bestimmt. Die Relevanz bzw. Bewertung erfolgt dann nach separaten Abstufungen. Die Ergebnisse finden sich in der

- I. Geringe Kritikalität (geringes Versorgungsrisiko, geringe Vulnerabilität): Diatomit, Perlit & Vermiculit, Talk & Speckstein, Kaolin, Gips, Glimmer, Eisen, Kalk, Bauxit, Blei, Bentonit, Tantal, Mangan, Phosphat
- II. Geringes Versorgungsrisiko, hohe Vulnerabilität: Aluminium, Silizium, Titan, Magnesit, Magnesium, Ilmenit & Rutil
- III. Hohes Versorgungsrisiko, geringe Vulnerabilität: Diamant, Borat
- IV. Mittlere Kritikalität (mittleres Versorgungsrisiko, mittlere Vulnerabilität): Graphit, Selen, Strontium, Baryt, Zirkon, Molybdän, Zink, Hafnium, Fluorapatit, Nickel, Vanadium, Kobalt, Beryllium, Lithium, Kupfer, Platin, Tellur
- V. Hohe Kritikalität (hohes Versorgungsrisiko, hohe Vulnerabilität): Wolfram, Seltene Erden, Gallium, Palladium, Silber, Indium, Zinn, Niob, Chrom, Bismut
- VI. Höchste Kritikalität (sehr hohes Versorgungsrisiko, sehr hohe Vulnerabilität): Germanium, Rhenium, Antimon

Abbildung: Recyclingquoten wichtiger Metalle (UBA 2017)

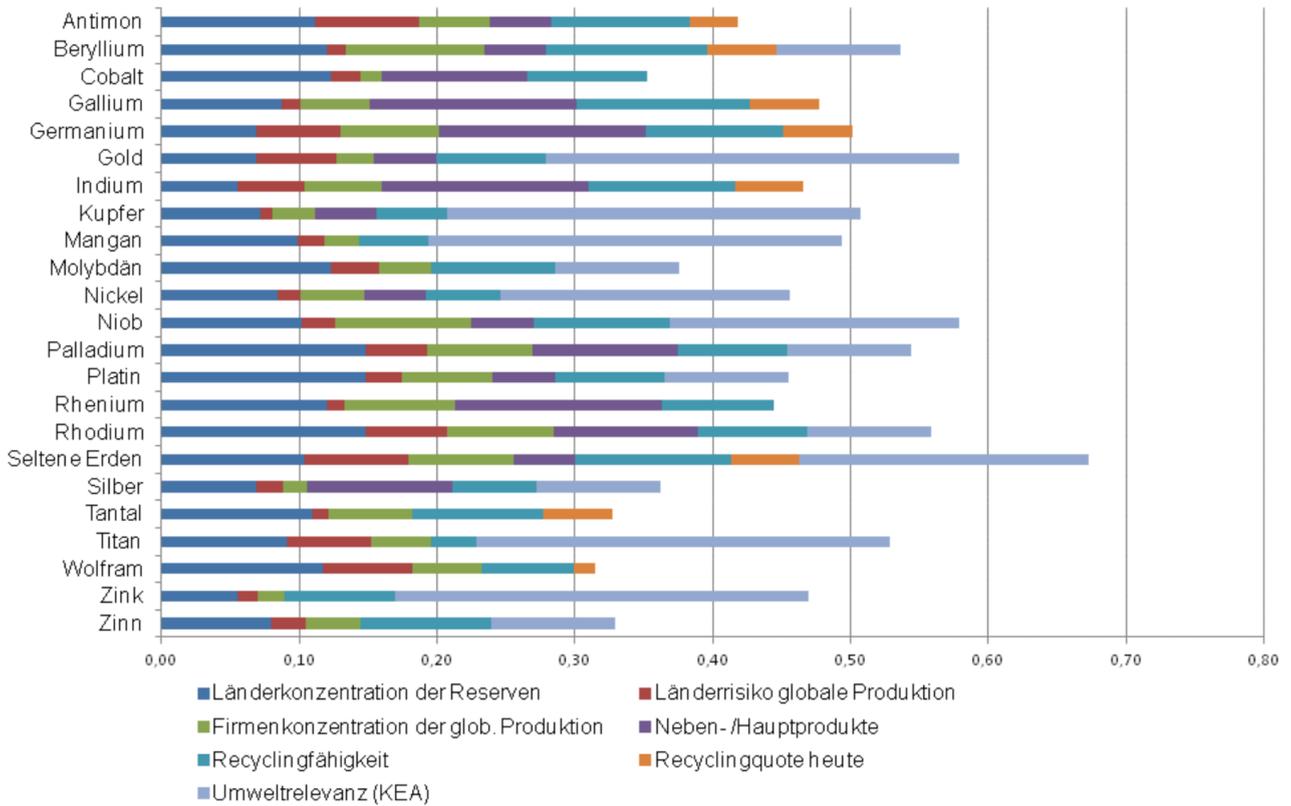


Tabelle: Verwendung von Gleichstrommotoren

- Bewertung: +2 unverzichtbar; +1 Alternativen sind vorhanden; -1 kann durch Alternativen oder weniger Nutzung reduziert werden; -2 ist verzichtbar

Anwendungsfeld	Anwendungen	Bewertung
Energieerzeugung	Generatoren in fossilen Kraftwerken	
	Generatoren erneuerbaren Kraftwerken	
	Generatoren in BHKW (Biogas)	
	Generatoren in Windkraftanlagen	
	Erdwärmepumpen	
	Luftwärmepumpen	
Mobilität - individuell	PKWs - Elektroantrieb	
	Motorräder und Roller	

Anwendungsfeld	Anwendungen	Bewertung
	Fahrräder	
Mobilität - öffentlich	ÖPNV - Busse	
	Fernbusse	
	ÖPNV - Schienenfahrzeuge	
	Fernstrecken-Schienenfahrzeuge	
	LKW	
	Rettungsfahrzeuge (Feuerwehr und Krankenwagen)	
	Bundeswehr (alle Fahrzeuge)	
Schiffe	Massengutfrachter und Containerschiffe	
	Binnenschiffe	
	Jachten und Motorboote	
	Kreuzfahrtschiffe	
Industrie (Auswahl)	Förderbänder	
	Stellantriebe	
	Robotik	
	Pumpen	
	Kompressoren (Druckluft)	
Infrastruktur (Auswahl)	Wasserversorgung (v.a. Pumpen, Stellantriebe)	
	Abwasserentsorgung (v.a. Pumpen, Stellantriebe)	
	Gasversorgung (v.a. Kompressoren, Stellantriebe)	
Haushalte	Garagentore	
	Poolpumpen	
	Kühlschränke	
	Ventilatoren	
	Heizungspumpe	
	Mikrowelle	

Anwendungsfeld	Anwendungen	Bewertung
	Umluftherde	

## Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren maschinen- und antriebs technischer Systeme, Messen und Auswerten physikalischer Kennwerte an elektrischen Maschinen und Antriebssystemen, Fehler erkennen und Maßnahmen einleiten, Montieren sowie Instandsetzung mechanischer Bauteile und Baugruppen, Herstellen von Wicklungen, Installieren, Verdrahten und Anschließen von elektrischen Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen, Installieren und Inbetriebnehmen von analogen und digitalen Steuerungen, Integration von Maschinen und Anlagen in IT-Systeme, Instandhalten und Instandsetzen von Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen, Durchführen von betrieblicher und technischer Kommunikation sowie Informationsverarbeitung, Planen und Organisieren der Arbeit, Durchführen von qualitätssichernden Maßnahmen, Beraten und Betreuen von Kunden, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker/Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach dem Berufsbildungsgesetz arbeiten vor allem in Unternehmen der Elektroindustrie, die elektrische Maschinen und Antriebe sowie elektromechanische Systeme herstellen, instandsetzen, in betrieb nehmen und überprüfen.

## 6.6 Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik (HW)

Die Projektaufgabe ist

- ein SDG-Vergleich von elektrischen und motorbetriebenen Laubbläsern

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an der Ausbildungsordnung "Elektroniker:in für Maschinen und Antriebstechnik" (BMJ HW Maschinen-Antrieb 2021a).

- Abs. 2 Nr. 1: Durchführen von betrieblicher und technischer Kommunikation sowie Informationsverarbeitung
- Abs. 2 Nr.2 : Planen und Organisieren der Arbeit
- Abs. 2 Nr. 4: Beraten und Betreuen von Kunden und Kundinnen
- Abs. 2 Nr.:7: Analysieren maschinen- und antriebs technischer Systeme
- Abs. 3 Nr. 3: Umweltschutz und Nachhaltigkeit

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

- Recherche des Aufbaus (Bauteile) und der Materialien für die beiden Systeme
- wenn möglich: Massenanteile der Materialien schätzen
- Identifizierung besonders relevanter Materialien hinsichtlich:
  - THG-Emissionen (vom Bergbau bis zum nutzbaren reinem Material)
  - Berechnen Sie den kumulierten Ressourcenaufwand (KRA) für die Materialien mit Hilfe der [2.6 KRA - Kumulierter Rohstoffaufwand](#) (Multiplizieren Sie die geschätzte Masse im Produkt mit dem KRA-Wert)
  - Materialien, zu deren Herstellung gefährliche Stoffe verwendet werden
  - Materialien, die vermutlich nicht nachhaltig gewonnen werden:
    - aus Ländern, in denen Menschenrechte nicht beachtet werden
    - aus Ländern, die von Korruption geprägt sind
  - Materialien, die vermutlich nicht gut recycelt werden können
- Skizzierung der Wertschöpfungskette der ausgewählten Materialien
  - Orientieren Sie sich an dem Beispiel der kleinen Elektrogeräte in Kapitel 4.4:
    - SDG 12 / 13 - Primärenergiebedarf für Bauteile und Produkte
  - Stellen Sie dieser Beschreibung den motorbetriebenen Laubbläser gegenüber
  - Entwerfen Sie ein Bewertungsraster um zu entscheiden, welches der beiden Systeme in welchen Kategorien besser ist
  - Betrachten Sie wichtige verschiedene SDG Sustainable Development Goals.
  - Nutzen Sie für diese Aufgabe die Bewertungsraster in Kap. [5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#)
- Fassen Sie die Ergebnisse zusammen
  - Hierzu können Sie die [Tabelle: Themen und Aufgaben für eine SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#) nutzen
  - Unterscheidet sich der ökologische Nutzen der beiden Systeme?
  - Entstehen unterschiedliche ökologische Belastungen durch ihre Produktion - an welchen Stufen der Wertschöpfungskette treten diese auf?
  - Unterscheidet sich der soziale Nutzen der Produkte?
  - Wie ist der ökonomische Nutzen der Produkte?
  - Welche sozialen und ökonomischen Belastungen sind mit den Wertschöpfungsketten verbunden - an welchen Stufen der Wertschöpfungsketten treten diese auf?

### Die Projektaufgabe

Die Firma "GrünClean" hatte ein Angebot für die von der Kleinstadt Bürstenhausen ausgeschriebene Reinigung der Gehwege und Begleitstreifen abgegeben. Die Verwaltung fordert Klimafreundlichkeit und Nachhaltigkeit bei den Arbeiten. Meister Grünert, gelernter Gala-Bauer und Firmenchef, hat vor Kurzem erkannt, dass "Nachhaltigkeit" immer wichtiger wird und deshalb alle handgeführten Geräte auf Akkubetrieb

umgestellt. Sein Sohn Max, Auszubildender im dritten Lehrjahr bei Elektro-Meister Klampe, hat sich beim Einkauf und der Ersteinrichtung viel Mühe gegeben. Es waren keine einfachen Geräte, wie sie im Baumarkt selbst in der gehobenen Klasse verkauft werden. Es waren Profigeräte mit integriertem Computer. Der erfasst alles: Nutzungszeiten, Ladezeiten, Batteriezustand, Unwuchten des Rotors im Betrieb und noch einiges mehr. Und abends sagte einem der Computer mit freundlicher Stimme, wenn es etwas Auffälliges gab und eine Wartung anstand. 'Ein tolles System', dachte Meister Grünert, 'Deutlich besser als die Konkurrenz - die lärmte immer noch in den Grünflächen und Begleitstreifen der Kleinstadt herum.' Eigentlich ein sicheres Los, aber nun dieser Brief:

*"Wir bitten Sie um einen Nachweis, dass die eingesetzten Geräte und Methoden nachhaltig sind." "Wir machen Sie insbesondere darauf aufmerksam, dass gemäß der Vergabeordnung die Energieeffizienz eine besondere Rolle bei unserem Auftrag spielt." Zudem haben wir uns als Gemeinde der Agenda 2030 verpflichtet. "Bitte weisen Sie nach, dass Ihre Tätigkeiten dem entsprechen."*

Meister Grünert hatte einen Verdacht, wer da im Gemeinderat die Strippen gezogen hat, aber es half nichts, da musste Max heute Abend ran.

Nach dem Abendessen zeigte Meister Grünert seinem Sohn den Brief. "Und, hast du eine Idee, was wir machen können?", fragte er ihn. "Was denkt sich denn das Grünamt?". Max überlegte eine Weile. Die Agenda 2030 kannte er noch aus der Schule, und die 'Nachhaltigkeit' hatten sie schon mehrfach in der Berufsschule gehabt. Es ist schließlich eine Standardberufsbildposition. "Papa, ich vermute, sie wollen dich ausbremsen." Aber egal was dahinter steckt, das ist alles halb so schlimm. Laubbläser bestehen aus viel Kunststoff, ein wenig Elektronik und etwas Metall. Das wichtigste ist die Lithium-Ionen-Batterie. Und zugegeben, hier muss man genauer hinschauen, wie die hergestellt wird und woher die Materialien kommen. Aber am Besten ist es, wenn du die beiden Systeme vergleichst - auf der einen Seite das Batteriesystem und auf der anderen Seite das Motorsystem. Wenn du willst, mache ich das für dich." Da konnte Meister Grünert nicht nein sagen.

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- BMJ HW Maschinen-Antrieb (2021a): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung. Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbhwoausbv/BJNR066210021.html>
- Deutsche Umwelthilfe (2020): Kriterienkatalog - Umweltverträglichkeit akkubetriebener handgeführter Maschinen im Gartenbereich. Online: [https://www.duh.de/fileadmin/user\\_upload/download/Projektinformation/Handgefuehrte\\_Maschinen/200117\\_Kriterienkatalog\\_Umweltfreundlichkeit\\_Akku-Gartenger%C3%A4te\\_FINAL.pdf](https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Handgefuehrte_Maschinen/200117_Kriterienkatalog_Umweltfreundlichkeit_Akku-Gartenger%C3%A4te_FINAL.pdf)
- UBA (2022): Wohin mit dem Laub? Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wohin-dem-laub>

- Franke, Yara-Alessandra, Yanik, Baher (Jugend forscht 2011): Online:  
[https://www.fosberlin.eu/fileadmin/daten/projekte/jugend\\_forscht/2011/dokumente/Laubbl.pdf](https://www.fosberlin.eu/fileadmin/daten/projekte/jugend_forscht/2011/dokumente/Laubbl.pdf)

## Literatur

- BMJ HW Maschinen-Antrieb (2021a): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik **nach der Handwerksordnung**. Online:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbhwoausbv/BJNR066210021.html>

## Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren maschinen- und antriebs technischer Systeme, Messen und Auswerten physikalischer Kennwerte an elektrischen Maschinen und Antriebssystemen, Fehler erkennen und Maßnahmen einleiten, Montieren sowie Instandsetzung mechanischer Bauteile und Baugruppen, Herstellen von Wicklungen, Installieren, Verdrahten und Anschließen von elektrischen Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen, Installieren und Inbetriebnehmen von analogen und digitalen Steuerungen, Integration von Maschinen und Anlagen in IT-Systeme, Instandhalten und Instandsetzen von Antriebs-, Energieerzeugungs- und Energiespeichersystemen, Durchführen von betrieblicher und technischer Kommunikation sowie Informationsverarbeitung, Planen und Organisieren der Arbeit, Durchführen von qualitätssichernden Maßnahmen, Beraten und Betreuen von Kunden, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker/Elektronikerin für Maschinen und Antriebstechnik nach der Handwerksordnung arbeiten vor allem in Betrieben des Elektromaschinenbauer Handwerks, die elektrische Maschinen und Antriebe sowie elektromechanische Systeme herstellen, instandsetzen, inbetriebnehmen und überprüfen.

## Final 6.7 Elektroniker\*in - FR Energie- und Gebäudetechnik (Hw)

Die Projektaufgabe ist

- eine Grundlage für eine Entscheidung im Gemeinderat zu schaffen, ob und welche PV-Anlagen gegebenenfalls die Gemeinde "Sonnenalb" energieautark machen können (zumindest wenn die Sonne scheint)

## Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an der Ausbildungsordnung für Elektroniker\*in FR Energie- und Gebäudetechnik HW (BMJ HW Energie-Gebäude 2021d).

- Abs 2: fachrichtungsübergreifend

- Nr. 2 : Planen und Organisieren der Arbeit
- Nr. 7: Analysieren technischer Systeme
- Abs 3: Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik
  - Nr. 1: Konzipieren von Systemen der Energie- und Gebäudetechnik
- Abs 5: fachrichtungsübergreifenden, integrativ
  - Nr. 3: Umweltschutz und Nachhaltigkeit
  - Nr. 4: digitalisierte Arbeitswelt.

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

- Information über den Aufbau von Dick- und Dünnschicht- PV-Modulen und von kompletten PV-Anlagen, z.B. unter [www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-module/kristalline-solarzellen-165792](http://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-module/kristalline-solarzellen-165792)
- Besprechen Sie in der Kleingruppe, welche Vor- bzw. Nachteile die Nutzung von PV-Anlagen mit sich bringen: Es geht um Klimaschutz, um Ressourcenverbrauch und evtl. auch um soziale und wirtschaftliche Aspekte wie die Energie-Versorgungssicherheit und die regionale Wertschöpfung. Diese Diskussion können Sie auch als Rollenspiel durchführen: Simulieren Sie dazu eine Ratssitzung und diskutieren Sie die Argumente der Kleingruppen mit dem Ziel, zu einer Darstellung der Vor- und Nachteile zu kommen.
- Nutzen Sie den Photovoltaik-Rechner-online des Umweltbundesamtes, um Umweltprofile für die in der Aufgabe gelisteten Anwendungen zu erstellen [https://public.tableau.com/app/profile/umweltbundesamt/viz/Oekobilanzrechner\\_fuerPhotovoltaikanlagen/PVScreeningTool](https://public.tableau.com/app/profile/umweltbundesamt/viz/Oekobilanzrechner_fuerPhotovoltaikanlagen/PVScreeningTool)
- Nutzen Sie z.B. den CO<sub>2</sub>-online-Rechner für die Kostenrecherche: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/photovoltaik/#c143457>

### Die Projektaufgabe

Die Dorfjugend von Sonnenalb hat eine Fridays-for-Future-Gruppe gebildet. Ihre erste gemeinsame Aktivität: Ein Beschluss des Gemeinderates herbeiführen, dass zumindest, wenn die Sonne scheint, die Gemeinde energieautark ist. Denkbar ist es, rund 100 Familien wohnen in Sonnenalb. Mit einer Energiebilanzierung hat der Gemeinderat auch schon den Strombedarf ermittelt: 400.000 kWh bzw. 400 Megawattstunden pro Jahr. Allerdings hat die Elektromobilität erst bei der Bürgermeisterin Einzug gehalten: Sie fährt immerhin ein Hybridauto mit 100 km elektrischer Reichweite. Die Umstellung auf erneuerbare Energieerzeugung scheint den jungen Leuten angesichts des Klimawandels unumgänglich. Photovoltaikanlagen sind eine leicht zugängliche Technologie und eine Windkraftanlage so nahe am Dorfe – da sind sie sich alle einig – wollen sie nicht.

Die Fridays-Gruppe ging deshalb von Haus zu Haus mit einem Fragebogen. Wer ist für einen großen Ausbau von PV und wer hat Argumente dagegen? Im Verlauf der

Befragungen stellte die Gruppe fest, dass es noch viel Informationen für alle bedarf. Immer wieder wurden sie nach Unterschieden der PV-Technologien gefragt. Der Strombedarf wurde in Zweifel gezogen oder ob der Bürgermeister im Winter eine Stromsperre verkünden wird. Nicht zuletzt ging es um die Kosten und die Bereitstellung der benötigten Mittel. Es kristallisierten sich folgende Interessengruppen heraus:

- Die Jugendlichen von Fridays-for-Future möchten, dass das Dorf energieautark wird. Die Anlage soll allen gemeinsam gehören. Sie soll auf den öffentlichen Immobilien auf das Dach oder auf Gemeindeland stehen
- Eine andere Bürgerinitiative stellt die PV-Anlage grundsätzlich in Frage. Die Anlage verbraucht ihrer Meinung nach in der Herstellung zu viel Energie und Ressourcen. Am Ende verursacht sie genauso viel CO<sub>2</sub>-Emissionen wie die alten Kraftwerke
- Vier Bauernfamilien (Bauern Acker A) sind skeptisch, ob sich die Investition je amortisiert. Sie würden ihre Dächer nur verpachten gegen ein gesichertes Einkommen. Sehr zum Ärger der Fridays-Gruppe, die darauf hinweist, dass man Petrus nicht anweisen kann, die Sonne scheinen zu lassen.
- Bauer Franz (Bauer Acker B) hingegen bietet seine große Wiesenfläche von 1 ha gerne an und möchte eine Genossenschaft gründen. Er könnte auch noch mehr Fläche bereitstellen, denn er wird bald in Rente gehen und hat keine Kinder.
- Die Umweltgruppe "Welterde" möchte ganz genau wissen, welche Materialien in Photovoltaikmodulen verbaut sind. Ihre Argumente, die Module werden in China unter Zwangsarbeit gebaut, können Sie zwar nicht belegen, sind aber skeptisch. Und die Entsorgung ist auch nicht zufriedenstellend geregelt.
- Der Bürgermeister hat daraufhin eine öffentliche Versammlung einberufen. Es werden drei Arbeitsgruppen gebildet. Aus jeder der oben genannten Gruppen werden Vertreter an die Bürgertische geschickt. Diese sind:

Gruppe 1 stellt Überlegungen zu potentiellen Standorten und Erträgen von PV-Anlagen im Dorf an. Folgende Flächen sind denkbar:

- Scheunendächer der Bauern A, 2.000m<sup>2</sup> Fläche, 20% Schräge
- Schulgebäude, 250m<sup>2</sup> Fläche, 18% Schräge
- Private Einfamilienhäuser, 20 x 50 m<sup>2</sup> Fläche, 25% Schräge
- Freifläche, Acker Bauer B, 10.000m<sup>2</sup> Fläche
- Hallendach der Firma "AutoRep", 300m<sup>2</sup>, 15% Schräge

Gruppe 2 berechnet den Primärenergieaufwand zur Herstellung der Module. Sie will zweifelt an, dass sich die PV-Anlage "energetisch amortisiert". In diesem Zusammenhang recherchiert die Gruppe außerdem zu den Materialien und der Herstellung der PV-Module.

- Wie steht es um die Umweltbelastung bei der Gewinnung Materialien?
- Welche Gefahrstoffe werden in der Produktion verwendet?

- Gibt es Gefahrstoffe in dem Modul?
- Ist die 'Energy Pay Back Time' - ein anderes Wort für 'energetische Amortisation' evtl. länger als die voraussichtliche Lebensdauer der Anlage?
- Die Entsorgung ist bisher nicht gesichert - es wird nur neuer Elektromüll erzeugt

Gruppe 3 führt Modellrechnungen auf Basis eines Online-Rechners vom Umweltbundesamt an (UBA 2021/22). Sie will zeigen, dass Photovoltaik eine nachhaltige Technologie ist, die mehr Energie erzeugt als für die Produktion verbraucht wird. Die Gruppe prüft die folgenden Parameter (Beispielwerte siehe Tabelle unten):

- Anlagentyp: Freifläche oder Schrägdach
- PV-Technologie: Dünnschicht oder Dickschichtmodule
- Produktionsstandort/Szenario: Herstellungsland und Berechnung Szenarien
- Lebensdauer der Anlage/Modul: 20, 25, 30 Jahre
- Moduleffizienz in %: Einstellbar
- Performance Ration: Einstellbar
- Degradation in %/Jahr
- Auswahl der Berechnung des Stromertrags über:
  - Sonneneinstrahlung oder
  - Jahresvolllaststunden

Nachdem die Gruppen einige Stunden lang recherchiert und gerechnet hatten, kam es zur abschließenden Diskussion.

- Wer hat die besseren Argumente?
- Wer kann seine Meinung bestätigen?
- Wer kann die Meinung der andern widerlegen?

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

Die technischen Details können dem folgenden, beispielhaft skizzierten, Angebot entnommen werden. Natürlich sind sie in einigen Punkten vom Typ der Anlage - Freifläche oder Dach - und von ihrer Größe abhängig. Der Anlagentyp, die PV-Technologie und viele andere wichtige Faktoren können im Internet Tool des UBA gewählt werden.

- Für die Strom Ertragsberechnung gibt es Wertebereiche mit Referenzregionen.
- Achtung: Sobald Sie einen Wert ändern, wird direkt das Ergebnis neu berechnet - ohne einen "Eingabe"-Button zu betätigen.
- Im Feld "Umweltprofil PV-Stromerzeugung (je kWh)" erscheinen die Ergebnisse, je nach im Menüfeld angewählter Umweltwirkungskategorie:
  - Treibhauspotenzial (100 Jahre) in kg CO<sub>2</sub>-Äq
  - Versauerungspotenzial in kg SO<sub>2</sub>-Äq
  - Eutrophierungspotenzial in kg Phosphat-Äq
  - Biochemisches Oxidantienbildung Potenzial in kg Ethen-Äq

- Primärenergiebedarf aus nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen in MJ

Der Ergebniswert wird angezeigt für das PV-Modul, den Inverter, die Unterkonstruktion, die elektrische Leitungen (DC) und den Transport. Zusammen bilden sie die Summe für die obigen Wirkungskategorien.

**Tabelle: Beispielhafte Parameter für den Online-Rechner**

Parameter	Auswahl
Anlagentyp	Schrägdach
PV-Technologie	c-Si (Multi) Dickschicht
Produktionsstandort	China
Lebensdauer	30 Jahre
Moduleffizienz	18,5 %
Performance Ratio	Faktor 0,65
Berechnung des Stromertrages (Jahres Vollast)	1.000 h/a

**Tabelle: Beispielhafte Ergebnisse für obige Parameter**

Umweltprofil je kWh	Ergebnis
Treibhauspotenzial in kg CO <sub>2</sub> -Äq	0,0262
Primärenergiebedarf aus nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen in MJ	0,301
Versauerungspotenzial in kg SO <sub>2</sub> -Äq	0,00012
Eutrophierungspotenzial in kg Phosphat-Äq	0,00001
Biochemisches Oxidantienbildung Potenzial in kg Ethen-Äq	0,00009

Auf der Basis der berechneten Ergebnisse kann eine Einschätzung des Umweltprofils der Anlage entnommen werden. Dies ist aber nur näherungsweise und nicht vergleichbar mit einer Ökobilanz (UBA2021/22)

**Tabelle: Entsorgung**

Für die einzelnen Bestandteile bestehen unterschiedliche Recyclingmöglichkeiten und -quoten (UBA 2022, Tabelle 91, Seite 283 ff). Recherchieren Sie den Status Quo hinsichtlich der "Behandlung am Lebensende" aus.

Material/Ressource	Nutzung/Behandlung am Lebensende
Stahl	
Edelstahl	
Beton	
Aluminium	
Kupfer	
Kunststoffe	
Sonstiges: Elektrik und Elektronik	

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- CO<sub>2</sub>-online (2023): Photovoltaik -Kosten, Förderung& Rechner 2023. Online: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/photovoltaik/#c143457>
- UBA Umweltbundesamt (2022): Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-bewertung-der-oekobilanzen-von>
- UBA Umweltbundesamt (2021/22): Ökobilanz Rechner für Photovoltaikanlagen. Online: <https://public.tableau.com/app/profile/umweltbundesamt/viz/OekobilanzrechnerfuerPhotovoltaikanlagen/PVScreeningTool>

### Literatur

- BMJ HW Energie-Gebäude (2021d): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: – Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv\\_2021/ElekAusbV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv_2021/ElekAusbV.pdf)

### Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren technischer Systeme, Messen und Analysieren physikalischer Kennwerte an elektrischen Anlagen und Geräten, Fehler erkennen und Maßnahmen einleiten, Analysieren und Beheben von Fehlern sowie Instandhalten von Geräten und Systemen, Montieren und Installieren von Bauteilen, Baugruppen und Geräten, Montieren und Installieren von Netzwerken sowie Aufbauen und Prüfen von Steuerungen und Regelungen, Konzipieren von Systemen der Energie- und Gebäudetechnik, Installieren und Inbetriebnehmen von Energiewandlungssystemen und ihren Leiteinrichtungen, Aufstellen und Inbetriebnehmen von Geräten, Installieren und Konfigurieren von

Gebäudesystemtechnik, Installieren und Prüfen von Antennen- und Breitbandkommunikationsanlagen, Wiederholungsprüfungen und Instandhalten von gebäudetechnischen Systemen, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten und, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker und Elektronikerinnen der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik arbeiten in Betrieben des Elektro- und informationstechnischen Handwerks. Sie konzipieren, errichten, ändern, vernetzen, warten und reparieren elektrotechnische Systeme. Ihre Tätigkeit umfasst außerdem Arbeiten ...

## final 6.8 Elektroniker\*in - FR Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Hw)

Die Projektaufgabe ist

- die Analyse der Wichtigkeit von Tantal und dessen Beiträge zur Erreichung der SDGs

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf der Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in der Fachrichtung Automatisierungs-Systemtechnik (BMJ HW Automatisierung 2021d) an den folgenden Qualifikationen:

- Abs 2 Nr. 2: Planen und Organisieren der Arbeit
- Abs 2 Nr. 4: Beraten und Betreuen von Kunden und Kundinnen
- Abs 2 Nr.: 9: Analysieren und Beheben von Fehlern sowie Instandhalten von Geräten und Systemen
- Abs. 4 Nr. 4: Prüfen, Instandhalten und Optimieren von Automatisierungssystemen
- Abs. 5 Nr. 3: Umweltschutz und Nachhaltigkeit

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Ausbildende)

- Recherche der Verwendung und der Eigenschaften des seltenen Metalls Tantalum (wenn möglich: Massenanteile des Materials in verschiedenen Produkten schätzen)
- Skizzierung der sozialen Auswirkungen des Abbaus und der Verarbeitung
- Recherche der Verfügbarkeit und Herausforderungen von Tantalum
- Beschreibung der Kriterien, nach denen ein Rohstoff als Konfliktrohstoff eingestuft wird:

- Lage der Menschenrechte und politischen Stabilität im Herkunftsland
- Recherche der Recyclingfähigkeit und -quote
- Skizzierung der Vor- und Nachteile des Materials in Bezug auf die Ziele Nachhaltiger Entwicklung:
  - Welche Beiträge kann das Metall Tantal und dessen Verarbeitung und Nutzung zur Erreichung der SDGs leisten?
  - Hierzu können Sie die SDG-Auswertungstabelle *nutzen*:  
[Bewertung der Elektronik für ein Produkt ..... in dem Einsatzgebiet .....](#)  
oder die Tabelle:  
[Anhang – SDGs der Agenda 2023](#)

### Die Projektaufgabe

In der Nachhaltigkeitsabteilung der Firma “Hörwurm” verfolgt das Team mit großer Sorge Berichte über die Zustände beim Tantal-Abbau in der Demokratischen Republik Kongo. Das für Hörgeräte und andere medizinische Implantate und Instrumente so existentiell wichtige Material wird darin als Konfliktrohstoff klassifiziert, da im Land unsichere politische Verhältnisse herrschen. Außerdem sind die Aufnahmen von den Arbeitenden in der Mine erschütternd. Lena, die Leiterin, findet zuerst Worte: “DAS will doch wirklich niemand ! Wir müssen prüfen, woher unser Tantal kommt.” “Naja”, raunt Ben, “das Zeug gibt es nur an wenigen Orten der Welt, wir haben eigentlich keine Alternative. Für die Mikroelektronik in unseren Geräten brauchen wir genau die Qualität und genau diesen Stoff, denn es ist ungiftig und reagiert nicht mit dem menschlichen Körpergewebe. Es ist sowieso schon eine Herausforderung, genug zu bekommen.” “Ach du großer Mist, da haben wir ein echtes Problem für unseren Lieferkettennachweis”, stöhnt Marko. “Sagt mal”, überlegt Joe laut, “wird Tantal eigentlich recycled?” “Das müssten wir mal recherchieren. Weiß jemand, wo Tantal sonst noch verwendet wird? Und ob das Prinzip der Kreislaufwirtschaft hier ein Weg wäre?” Die Runde beratschlagt eine Weile angesichts der vielen Fragen, die jetzt auftauchen. Ihr Problembewusstsein nach den Herkunftsbedingungen von Tantal paart sich mit der Sorge um die Versorgungssicherheit mit dem Material, um langfristig ihre Produktion aufrechterhalten zu können. Sie kommen zu der Erkenntnis, dass die Herausforderungen für ein Unternehmen, und sei es ein großes, zu groß sind. “ Ist das nicht Aufgabe der Politik, sich um die Versorgungssicherheit mit einem so wichtigen Metall zu kümmern?” fragt Ben. “ Ja, das ist es: wir schreiben eine Petition an den Bundestag !” ruft Lisa. “Hm, aber da müssen wir schon echt fette Gründe auflegen, damit die uns zuhören”, entgegnet Marko. “Wir sind ja das Nachhaltigkeitsteam”, legt Lisa nach, “wir sollten also daraus unsere Argumente schöpfen. Warum ist Tantal so wichtig? ich meine, über unsere Unternehmensinteressen hinaus. Kann unser Konfliktrohstoff womöglich zu diesen 17 Zielen beitragen? Ok, Leute, das ist Eure Aufgabe bis zum nächsten Meeting,

ich werde Euch eine Tabelle mit den SDGs mailen. "Dann überlegt mal Punkt für Punkt, was Euch da so alles einfällt!"

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

Weltweit wurden im Jahr 2022 2.000 Tonnen Tantalum aus Minen gewonnen, davon die größte Menge mit 860 Tonnen in der DRK (USGS 2023). Als Substitut in Kondensatoren kommen, allerdings unter Einbußen wichtiger Eigenschaften, in Betracht: Aluminium und Niob (ebd.). In korrosionsfesten Anwendungen könnte es ggf. durch folgende Materialien substituiert werden: Glas, Molybdän, Nickel, Niobium, Platin, Edelstahl, Titanium und Zirkon (ebd.).

- bpb Bundeszentrale für politische Bildung (2019): Demokratische Republik Kongo. Online: <https://www.bpb.de/themen/kriege-konflikte/dossier-kriege-konflikte/54628/demokratische-republik-kongo/>
- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2018): Rohstoffrisikobewertung – Tantal. Online: [https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-31.pdf](https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-31.pdf)
- ISE (o.J.): Tantal. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/tantal/>
- Misereor (o.J.): Rohstoff Coltan: High Tech zu Lasten der Armen. Online-Video: <https://www.misereor.de/informieren/rohstoffe/coltan>
- U.S. Geological Survey (2023): Mineral Commodity Summaries, January 2023: Tantalum. Online: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-tantalum.pdf>
- U.S. Geological Survey (2018): Mineral Yearbook. Online: <https://pubs.usgs.gov/myb/vol1/2018/myb1-2018-tantalum.pdf>
- Umweltbundesamt (2007): Seltene Metalle. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3182.pdf>

### Literatur

- BMJ HW Automatisierung (2021d): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: – Fachrichtung Automatisierungs- Systemtechnik. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv\\_2021/ElekAusbV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/elekausbv_2021/ElekAusbV.pdf)

### Berufsprofil

- HW Information: BIBB (o.J.i): Elektroniker/Elektronikerin – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik (Ausbildung). Online: [www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index\\_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elekauto](http://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/profile/apprenticeship/elekauto)

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren technischer Systeme, Messen und Analysieren physikalischer Kennwerte an elektrischen Anlagen und Geräten, Fehler erkennen und Maßnahmen einleiten, Analysieren und Beheben von Fehlern sowie Instandhalten von Geräten und Systemen, Montieren und Installieren von Bauteilen, Baugruppen und Geräten, Montieren und Installieren von Netzwerken sowie, Aufbauen und Prüfen von Steuerungen und Regelungen, Konzipieren

von Systemen der Automatisierungstechnik, Programmieren, Installieren und Konfigurieren von Automatisierungssystemen, Parametrieren und Inbetriebnehmen von Automatisierungssystemen und, Prüfen, Instandhalten und Optimieren von Automatisierungssystemen, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten und, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker und Elektronikerinnen der Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik arbeiten in Betrieben des Elektro- und informationstechnischen Handwerks. Sie entwerfen, programmieren, installieren und reparieren komplexe Automatisierungsanlagen. Ihre Tätigkeit umfasst insbesondere Arbeiten an der Prozessorik und der Aktorik von Anlagen und Systemen, an Leiteinrichtungen sowie Maschinen- und Prozesssteuerungen. Sie sichern damit den fehlerfreien Ablauf automatisierter Prozesse. Sie finden damit auch Beschäftigung in Produktionsbetrieben mit automatisierten Anlagen, Industrieunternehmen sowie Betrieben, die Automatisierungslösungen entwickeln, herstellen und einsetzen.

## 6.9 Elektroniker\*in für Automatisierungs-Systemtechnik (IH)

Die Projektaufgabe ist

- der Vergleich des Primärenergieverbrauchs und der THG-Emissionen von unterschiedlichen Verpackungsmaterialien (Karton, Folie und Füllmaterial) mit unterschiedlichen Lieferketten und Materialien

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den: Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Automatisierungstechnik (BMJ IH Automatisierung 2018c):

- 4. Umweltschutz
- 7. ... Bewerten der Arbeitsergebnisse,
- 12. Beraten und Betreuen von Kunden, Erbringen von Serviceleistungen,
- 13. Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung,
- 18. Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet.

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Ausbildende)

- Einführung in die Problematik "Verpackungsmüll"
- Darstellung unterschiedlicher Verpackungsmaterialien
- Berechnungen zu den Kartons
  - Berechnung des Gewichtes der Kartons
  - Berechnung der Primärenergie zur Herstellung der Kartons für unterschiedliche Produktionsverfahren

- Bewertung: Wieviel Primärenergie kann eingespart werden durch unterschiedliche Produktionsverfahren
- Berechnung zu den Transporten der Kartons
  - Berechnung der Emissionen für den Transport der Kartons von Hammerfest bzw. Shanghai nach Hamburg
  - Berechnung des Energieverbrauchs für den Transport der Kartons von Hammerfest bzw. Shanghai nach Hamburg
  - Bewertung: Wie wirkt sich die Transportdistanz auf die Primärenergie zur Herstellung aus?
- Berechnung zu den Einschweißfolien
  - Berechnung der Folien-Fläche zum Einschweißen der Kartons
  - Berechnung der THG-Emissionen von Folien aus Bio-PE und fossilem PE
  - Berechnung der Flächen zum "Anbau" der Bio-PE-Folien
  - Bewertung: Wie viel Strom kann auf dieser Fläche mit Photovoltaik erzeugt werden?
- Berechnung zu den Verpackungschips
  - Berechnung des Füllvolumens
  - Berechnung der Massen der Verpackungschips
  - Berechnung der THG-Emissionen der Verpackungschips aus Bio-PLA und fossilem PS
  - Berechnung der Flächen zum Anbau von Bio-PLA
  - Bewertung: Wie viel Strom kann auf dieser Fläche mit Photovoltaik erzeugt werden?

### Die Projektaufgabe

"Ludger, ich habe eine Aufgabe für dich", rief der Elektro-Meisterin Daniela ihren Auszubildenden. Ludger legte das Multifunktionsmessgerät weg, mit dem er gerade an der alten Verpackungsmaschine einer Funktionsstörung auf den Grund ging. "In 10 Minuten bin ich fertig und kann das nächste angehen", sagte Ludger und legte das Messgerät weg. "Etwas, was du heute Nachmittag machen kannst, Ludger", setzte Meisterin Daniela fort. "Es gibt Ärger. Einige unserer Kundinnen und Kunden haben sich beschwert: Ihnen gefallen unsere Verpackungen nicht." "Was soll damit sein. Die sind doch super. Jedes Bauteil ist sicher verwahrt mit Styroporchips, einem festen Pappkarton und dann noch mit einer wasserdichten PE-Folien drumherum. Das ist absolut sicher, auch wenn die Post die Pakete unsanft behandelt" entgegnete Ludger. "Und genau das ist das Problem, lieber Ludger. Es gibt ein neues Gesetz: Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz. Kurz gesagt: Lieferkettengesetz. Es war so, dass die privaten oder gewerblichen Kunden angefragt haben, wie wir es denn mit dem Umweltschutz handhaben. Das Lieferkettengesetz behandelt zwar vor allem die Umstände der Produktion und nicht den Umweltschutz, aber das war denen egal. Sie

haben alles in einem Topf geworfen und ein Dutzend unserer Kunden und Kundinnen hat gefragt, ob unsere Verpackungen umweltfreundlich sind. Das ging hinauf bis zum Geschäftsführer und dann runter zu uns. So einfach war das.” Ludger überlegte eine Weile und fragte dann: “Aber was hat das mit uns oder genauer gesagt mit mir zu tun - ich bin Elektroniker. Warum kümmern sich unsere Industriekaufleute nicht darum?” Elektro-Meisterin Daniela lächelt ein wenig: “Weil du die Maschinen betreust. Deshalb. Sie haben die Anfrage mit einem Auftrag verbunden. Du solltest prüfen, ob du anstelle der Polystyrol-Chips auch Mais-Chips verarbeiten kannst. Und anstelle der bisherigen schönen weißen Pappe auch Recycling-Pappe. Und um noch eins drauf zu setzen: Anstelle von fossilem PE für das Einschweißen auch Bio-PE. Die Liste mit den Spezifikationen liegt auf deinem Tisch.” Jetzt grinste Ludger und sprach: “Kein Problem, dafür brauche ich keine halbe Stunde.” “Wenn es denn so einfach wäre, sprach Meisterin Daniela: “Bisher haben wir unsere Kartons aus Norwegen bezogen. Unser Lieferant ist eine große Zellstoff- und Kartonfabrik, die vor allem Frischfasern nutzt. Der Lieferant hat eine neue Fabrik aufgemacht, die ‘integrierte Herstellung’. Hierbei werden alle Prozessstufen von der Faserherstellung über den Aufschluss der Fasern bis zur Papierherstellung miteinander kombiniert. Das spart viel Energie, weshalb die integrierten Papierfabriken weniger Emissionen verursachen. Der Lieferant hat uns deshalb ein neues Angebot gemacht. Allerdings stammt das gesamte Material aus neuen Fasern, also frisch aus dem Wald. Wir haben aber die Alternative, uns aus China Recycling Kartons liefern zu lassen. Der wiederum sieht nicht so gut aus wie unsere bisherigen Verpackungen.” Ludger unterbrach den Redefluss der Meisterin: “Und wo ist das Problem? Das ist doch eine Sache der Industriekaufleute zu entscheiden, was sie ausgeben wollen?” “Leider nein”, setzte die Meisterin fort, “sie wollen wissen, ob sich ein Mehr an Umweltschutz auch wirklich lohnt. Sie sind gerne bereit, etwas mehr Geld auszugeben, aber dann sollte auch mehr Umweltschutz dabei herauskommen. Deine Aufgaben sind die folgenden:

- Wir beziehen jährlich rund 100.000 Kartons aus Norwegen. Davon haben
  - 400.000 Kartons mit einem Volumen von je 0,5 Liter ( $500 \text{ cm}^3$ ) und einer Grundfläche von  $10 * 10 \text{ cm}^2$ , Kartongewicht:  $250 \text{ g/m}^2$
  - 200.000 Karton mit einem Volumen von 1 Liter und einer Grundfläche von  $10 * 10 \text{ cm}^2$ , Kartongewicht:  $350 \text{ g/m}^2$
  - 300.000 Kartons mit einem Volumen von 2 Litern und einer Grundfläche von  $10 * 10 \text{ cm}^2$ , Kartongewicht:  $400 \text{ g/m}^2$
  - 100.000 Kartons mit einem Volumen von 6 Litern und einer Grundfläche von  $20 * 20 \text{ cm}^2$ , Kartongewicht  $600 \text{ g/m}^2$
- Rechne bitte die Oberfläche der Kartons und daraus ihr Gewicht aus.
- Schlage noch 20% an Verpackungsmaterial für die Pfalze drauf, das wird schon so stimmen.

- Dann berechnest du den Energieeinsatz für die Herstellung der Kartons aus aus den drei Varianten
  - Frischfaser-Papier aus nicht-integrierter Produktion (53,9 GJ/t, ifeu S.35)
  - Frischfaser-Papier aus integrierter Produktion (39,7 GJ/t) und
  - Recyclingfaser aus integrierter Produktion (15 GJ/t)

“Ist das alles?” fragte Ludger. “Nein, noch nicht ganz”, sagte Meisterin Daniela. “Die Kaufleute wollen wissen, wie sich der Transport auf die Emissionen auswirkt:”

- Die norwegischen Fabriken sind weit im Norden, in Hammerfest.
- Die chinesische Fabrik steht in Shanghai, also beinahe am Hafen.
- Geliefert wird in Containern, die jeweils 10 t Karton fassen.
- Aus Norwegen kommt die Fracht per LKW, aus China per Schiff.
- Berechne die Anzahl der notwendigen Container und die Emissionen des Transports und vergleiche die aus China und Norwegen.
- Berechne einfach mit dem [Emissionsrechner von carboncare](#) die Emissionen für den Transport mit LKW und Schiff.
- Berechne aber auch den Energieverbrauch. Hierzu sind der Schweröl- bzw. Dieserverbrauch in l pro 100 km je Container angegeben sowie der Energiegehalt je kg und die Dichte der Öle. Vergiss also nicht die Umrechnung mit der Dichte.
- Dann addiere den Transport auf den kumulativen Energiebedarf der Herstellung von Karton aus Primärfaser und Recyclingfaser und schätze mal ein, ob es besser ist, aus China oder aus Norwegen zu importieren. Die Kaufleute sollen dann entscheiden, ob sie weißen Karton aus Norwegen oder braunen aus China haben wollen.

“Ist das alles?” fragte Ludger. “Nein, noch nicht ganz”, sagte Meisterin Daniela. “Die Kaufleute wollen wissen, wie sich der Transport auf die THG-Emissionen auswirkt:”

- Berechne die Transport-Emissionen für den LKW-Transport aus Hammerfest und aus Shanghai.
- Addiere die Emissionen zu den Daten der THG-Emissionen zu den Daten für Karton aus Primärfaser und Recyclingfaser für die integrierte Produktion.
- Und dann gebe eine Bewertung ab: Macht der Transport viel oder nur wenig aus?

“Ist das alles?” fragte Ludger. “Nein, noch nicht ganz”, sagte Meisterin Daniela. “Die Kaufleute wollen wissen, ob sie anstelle der bisher verwendeten fossilen PE-Folie auf Bio-PE-Folien umsteigen wollen:”

- Berechne die Folie, die als Umverpackung der Kartons benötigt wird.
- Schlage einfach 10% für den Verschnitt und das Verschweißen drauf.
- Dann berechnest du die THG-Emissionen, die die Folien verursachen.

- Aber denk daran: Bio-Polyethylen kommt vom Acker. Berechne mal die Fläche, die dafür benötigt wird.
- Und mache mal einen anschaulichen Vergleich. Wenn wir die Fläche für Photovoltaikanlagen nutzen würden, wie viel Strom können wir auf dieser Fläche erzeugen.
- Die PV-Module würden schräg aufgestellt, müssen aber einen gewissen Abstand haben. Außerdem braucht man Wege und Infrastruktur. Setze einfach 150 kWh pro Quadratmeter Grundfläche an.

“Ist das alles?” fragte Ludger nun langsam genervt. Die Aufgabe wurde ja immer umfangreicher. “Nein, noch nicht ganz”, sagte Meisterin Daniela. “Die Kaufleute wollen wissen, ob sie anstelle der bisher verwendeten PE-Folie auf Bio-PE umsteigen wollen. Wir brauchen Tonnen an Polystyrol-Chips, um die Produkte gut in Kartons zu verpacken. Die Kaufleute haben einen Lieferanten ausfindig gemacht, der uns die Verpackungschips aus Kartoffeln oder Mais liefert. Sie sollen aus Milchsäure hergestellt werden, die ihrerseits aus Zuckerrüben, Kartoffeln oder Mais stammt. Die chemische Industrie wandelt sie zu Polymilchsäure oder Polyactid um, deshalb heißen sie PLA-Chips. Es gibt auch eine Umweltbilanz, die die Vor- und Nachteile aufzeigt. Die Kaufleute haben mir den [Link vom Umweltbundesamt](#) mitgegeben. Angeblich hat der Lieferant ein neues Verfahren “Zukunft PLA-Zuckerrübe” entwickelt. Er wirbt damit, dass das neue Verfahren viel besser ist als das alte. Mach einfach das folgende:”

- Berechne das Füllvolumen unserer Kartons, die wir jährlich verschicken.
- Nimm einfach an, dass unsere Produkte rund 50% des Volumens der Kartons ausfüllen. Manche füllen mehr aus, andere weniger. Der Mittelwert wird schon passen. Der Rest wird dann mit den Chips gefüllt.
- Die Schüttdichte der Chips kannst du mit 80% ansetzen.
- Damit kannst du das Volumen der Chips ausrechnen und über die Dichte das Gewicht.
- Als Ergebnis erhältst du zuerst die Masse aller Chips, die wir im Jahr in die Kartons füllen.
- Dann berechnest du die THG-Emissionen, die die Verpackungschips verursachen.
- Aber denk daran: Bio-PLA kommt vom Acker. Berechne mal die Fläche, die dafür benötigt wird.
- Und mache mal einen anschaulichen Vergleich. Wenn wir die Fläche für Photovoltaikanlagen nutzen würden, wie viel Strom können wir auf dieser Fläche erzeugen.
- Die PV-Anlagen würden schräg aufgestellt, müssen aber einen gewissen Abstand haben. Außerdem braucht man Wege und Infrastruktur. Setze einfach 150 kWh pro Quadratmeter an.

“Meisterin, jetzt mal ganz ehrlich". Warum machen das die Industriekaufleute nicht? Ich bin für die Elektronik zuständig. Ich Sorge dafür, dass die Maschinen laufen. "Ist das wirklich meine Aufgabe?" fragte Ludger. "Lieber Ludger", antwortete die Meisterin Daniela, "wir sollten die Nachhaltigkeit integrativ vermitteln. Jeder ist für die Nachhaltigkeit hier im Betrieb zuständig. Also auch wir Elektroniker. Die Kaufleute wollen auch wissen, ob die Maschinen mit alternativen Materialien ebenfalls laufen. Das kannst du so nebenbei auch prüfen. "Und nun leg los!"

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

#### Energiegehalte und Treibstoff Verbräuche LKW und Containerschiffe

	Schweröl / Schiffe	Diesel / LKW
Energiegehalt	11 kWh/kg = 40 MJ/kg	12 kWh/kg = 43 MJ/kg
Dichte	1 kg/l	0,84 kg/l
Treibstoffverbrauch pro 100 km (20-Fuß-Container)	2,6 l / 100 km	30 l / 100 km
Emissionen pro Tonnenkilometer	17 g CO <sub>2</sub> -Äq	68 g CO <sub>2</sub> -Äq
Containervolumen	33 cbm	33 cbm

Quelle: Daten von Schweröl und Diesel vgl. RP-Energielexikon; Treibstoffverbräuche LKW vgl. webfleet o.J.; Treibstoffverbrauch Containerschiffe vgl. Chip; Emissionen, LKW und Schiffe vgl. UBA.

#### Tabelle: KEA und THG-Emissionen von Büropapier

	Primärfaser, nicht integriert	Primärfaser, integriert	Recyclingfaser, integriert
Kumulierter Energiebedarf (KEA) pro Tonne	54 MJ	40 MJ	15 MJ
Klimawandel, kg CO <sub>2</sub> -Äq pro Tonne	1.193	751	822

Quelle und Hinweis: UBA 2022:S.35/37. Leider liegen keine Öko-Bilanzdaten über die verschiedenen Arten von Kartons vor, weshalb aktuelle Daten aus der Papierproduktion genutzt werden. Dies ist zwar wissenschaftlich nicht korrekt, aber die Berechnungen dienen vor allem dazu, ein Gefühl für die Klimarelevanz von Verpackungen zu erhalten.

**Tabelle: THG-Emissionen und Flächenverbrauch für Folie aus Bio-PE Polyethylen und fossilem PE Polyethylen**

	Bio-PE	PE aus fossilem Rohöl
THG-Emissionen kg CO <sub>2</sub> -Äq pro m <sup>2</sup> Folie	0,01	0,1
Flächenverbrauch Ackerland m <sup>2</sup> /Jahr pro m <sup>2</sup> Folie	0,95	0

Quelle und Hinweis: UBA 2016: S.43-44. Die Ökobilanz des IFEU bezieht sich auf Klappdeckel Schalen von 15 g und 1.000 Stück bzw. 15 kg. Die Werte wurden umgerechnet mit einer Dichte von 3,5 kg/m<sup>3</sup> (enviropack o.J.)

**Tabelle: THG-Emissionen und Flächenverbrauch für Folie aus Bio-PE und fossilem PE Polyethylen**

	Bio-PE	PE aus fossilem Rohöl
THG-Emissionen kg CO <sub>2</sub> -Äq pro m <sup>2</sup> Folie	0,01	0,1
Flächenverbrauch Ackerland m <sup>2</sup> /Jahr pro m <sup>2</sup> Folie	0,075	0

Quelle und Hinweis: UBA 2016: S.43-44

**Tabelle: Umrechnungen und Füllmengen von Verpackungschips (PLA und PS)**

	Werte	Anmerkungen
Basisdaten: 1.000 Klappschalen a 15 g	1,5 kg	UBA 2012
THG-Emissionen kg CO <sub>2</sub> -Äq pro 1.000 Klappschalen	0,8	UBA 2012, Werte für PLA
Dichte von PS und PLA	3,5 kg/1.000 l	enviropack o.J.
Volumen PLA/PS Klappschalen	4.300 l	eigene Berechnung
Gewicht PLA/PS pro Liter	350 g/l	eigene Berechnung
zu füllendes Volumen eines Kartons neben dem Produkt	50%	eigene Abschätzung, d.h. 50% des Kartons Volumens wird mit Chips aufgefüllt
Schüttdichte Verpackungschips	80%	eigene Abschätzung

Quelle: UBA 2012; enviropack o.J. sowie eigene Abschätzungen.

**Tabelle: THG-Emissionen und Flächenverbrauch für Verpackungschips aus PLA Polylactid und PS Polystyrol**

	PLA (Zuckerrüben)	PS aus fossilem Rohöl
Basisdaten: 1.000 Klappschalen a 15 g, UBA 2012	15 kg	15 kg
THG-Emissionen kg CO <sub>2</sub> -Äq pro 1.000 Klappschalen	42	63
THG-Emissionen kg CO <sub>2</sub> -Äq pro Kilogramm	2,8	4,2
Flächenverbrauch Ackerland m <sup>2</sup> /Jahr pro Kilogramm	1	0

Quelle und Hinweis: UBA 2016: S.43-44

**Tabelle: CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Kartonverpackungen**

	THG-Emissionen [kg CO <sub>2</sub> -Äq/t Karton]
Fossile THG-Emissionen (Wärme und Strom für die Zellstoff- und Papierfabriken, Kohleanteil des Netzstroms, alle Emissionen des Transports, der Schachtelherstellung u.a.)	852
Biogene THG-Emissionen (eigene Erzeugung von Wärme und Strom in den Zellstoff- und Papierfabriken durch Nutzung von Reststoffen der Kartonproduktion)	1.014
THG-Entzug der Bäume aus der Atmosphäre	-1.626
Direkte Landnutzung (THG-Emissionen, vor allem Farben, da die Holzproduktion selbst als nachhaltig bewertet wird)	9
Summe	249

Quelle: Pro Carton 2023a und 2023b.

## Literatur

- BMJ IH Automatisierung (2018c): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*Automatisierungstechnik: Teil 4. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Elektro - Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff): Online:[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- Chip.de (2016): Schwimmende Riesen: Die 3 größten Containerschiffe der Welt. Online: [https://www.chip.de/news/Schwimmende-Riesen-Die-3-groessten-Containerschiffe-der-Welt\\_90836453.html](https://www.chip.de/news/Schwimmende-Riesen-Die-3-groessten-Containerschiffe-der-Welt_90836453.html)
- enviropack (o.J.): Verpackungschips. Online: <https://www.enviropack.de/verpackungschips.html>

- Pro Carton (2023a): The Carbon Footprint of Carton Packaging 2023. Online: [www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/2023-Carbon-Footprint-Summary-slides.pdf](http://www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/2023-Carbon-Footprint-Summary-slides.pdf)
- Pro Carton (2023b): Executive Summary. Online: [https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/The-Carbon-Footprint-of-Carton-Packaging\\_2023\\_ES.pdf](https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/The-Carbon-Footprint-of-Carton-Packaging_2023_ES.pdf)
- RP-Energielexikon (o.J.): Diesel. Online: <https://www.energie-lexikon.info/dieselmotoren.html>
- RP-Energielexikon (o.J.): Schweröl. Online: <https://www.energie-lexikon.info/schweruel.html>
- UBA Umweltbundesamt / Detzel, Andreas; Kauertz, Benedikt und Derreza-Greeven, Cassandra (2012): Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3986.pdf>
- UBA Umweltbundesamt (2019): Wie energieeffizient ist ein Schiff?. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-energieeffizient-ist-ein-schiff>
- UBA Umweltbundesamt (2022): Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier. Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_123-2022\\_aktualisierte\\_oekobilanz\\_von\\_grafik-\\_und\\_hygienepapier.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_123-2022_aktualisierte_oekobilanz_von_grafik-_und_hygienepapier.pdf)
- Webfleet (o.J.): So viel Kraftstoff verbrauchen LKW. Online: [https://www.webfleet.com/de\\_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/](https://www.webfleet.com/de_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/)

## Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Betreuen von Automatisierungssystemen, Analysieren von Funktionszusammenhängen und Prozessabläufen, Entwerfen von Änderungen und Erweiterungen von Automatisierungssystemen, Programmieren von Automatisierungssystemen, Installieren, Konfigurieren und Parametrieren der Komponenten und Geräte, Betriebssysteme, Bussysteme und Netzwerke, Nutzen von Anwendungsprogrammen zur Messdatenerfassung, -übertragung und -verarbeitung sowie zur Fertigungs-, Maschinen- oder Prozesssteuerung, Verbinden der Komponenten zu komplexen Automatisierungseinrichtungen und Integrieren in übergeordnete Systeme, Übergeben der Systeme an Nutzer und Einweisen in die Bedienung, Überwachen, Warten und Betreiben von Anlagen, regelmäßiges Durchführung von Prüfungen, Optimieren von Regelkreisen, Analysieren von Störungen, Einsetzen von Testsoftware und Diagnosesystemen, Ergreifen von Sofortmaßnahmen und Instandsetzen von Anlagen, Arbeiten auch mit englischsprachigen Unterlagen und Kommunizieren auch in englischer Sprache, Zuordnung zu Elektrofachkräften im Sinne der Unfallverhütungsvorschriften, Anwenden von Vorschriften

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Elektroniker/innen für Automatisierungstechnik arbeiten bei Herstellern von industriellen Prozesssteuerungseinrichtungen. Ebenso sind sie in Betrieben der Elektroinstallation tätig, z.B. bei technischen Gebäudeausrüstern. Darüber hinaus können sie in Wasser- und Klärwerken bzw. Recyclinganlagen der Abfallwirtschaft beschäftigt sein. Weiterhin arbeiten sie in Unternehmen, die Automatisierungslösungen entwickeln, herstellen oder einsetzen. Vor allem Unternehmen der Elektroindustrie oder des Maschinenbaus kommen in Betracht.

Arbeitsplätze gibt es darüber hinaus auch z.B. in der Automobilindustrie, der chemischen Industrie, Kunststoff verarbeitenden Betrieben und zahlreichen anderen Anwender Branchen.

## 6.10 Informationselektroniker\*in (Hw)

Die Projektaufgabe ist

- abschätzen, inwieweit künstliche Intelligenz einen Beitrag zur Agenda 2030 leisten kann

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgaben orientiert sich an der Verordnung über die Berufsausbildung zum Informationselektroniker\*in (BMJ HW Informationselektronik 2021b).

- 2.2 Planen und Organisieren der Arbeit
- 2.4 Beraten und Betreuen von Kunden
- 2.7 Analysieren von Systemen der Informations- und Kommunikationstechnik
- 3.3 Umweltschutz und Nachhaltigkeit
- 3.4 Digitalisierte Arbeitswelt

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Auszubildende)

- Recherche von KI-Technologien
  - die am Markt verfügbar sind (V = verfügbar)
  - die erprobt werden (E = Entwicklung) oder
  - über die gesprochen wird (Z = Zukunft)
- Recherche Felder: Landwirtschaft und Ernährung, Gesundheit und Wellness sowie Logistik (denkbar wären aber auch Mobilität, Tourismus, Industrie oder Bildung)
- Kurzbeschreibung der KI-Technologie mit Status
  - Wofür wird sie verwendet / entwickelt?
  - Wer profitiert von ihr - wer sind die Kunden?
  - Was ist der ökonomische, gesellschaftliche oder der Umweltnutzen
- Nachhaltigkeit von KI-Technologien (nutzen Sie die Hierzu können Sie die SDG-Auswertungstabelle *nutzen*: [Bewertung der Elektronik für ein Produkt ..... in dem Einsatzgebiet .....](#) oder die Tabelle: [Anhang - SDGs der Agenda 2023](#)
  - Zuordnung zu den Sustainable Development Goals (SDGs) mit ihren Unterzielen
  - Auffinden von Pro- und Contra-Argumenten für die Nutzung der jeweiligen KI-Technologie aus Sicht der Nachhaltigkeit, d.h. aus Sicht relevanter SDGs

- Auswertung: Was wären die wichtigsten KI-Anwendungen für die Nachhaltigkeit
- Diskussion der Ergebnisse in der Klasse

### Die Projektaufgabe

“Susanne, wir müssen uns mal über künstliche Intelligenz unterhalten” sagte Meisterin Devi zu Ihrer Auszubildenden. “Die Geschäftsführung will sich dem Thema nähern. Sie legt aber sehr großen Wert auf die Nachhaltigkeit.” “Ok”, sagte Susanne, “und was soll ich tun?” Meisterin Devi lachte: “Ich gebe dir einen Tag, um im Internet KI herauszusuchen und dich einzulesen, die für unseren Betrieb relevant ist; du recherchierst. Denke dabei an unsere drei Geschäftsbereiche: Landwirtschaft und Ernährung, Gesundheit und Wellness sowie Umweltschutz und Kreislaufwirtschaft. In all diesen Bereichen muss ich eine Vorlage für die Geschäftsführung schreiben. So einfach ist das.” Susanne machte ein ungläubiges Gesicht: “So einfach? Da gibt es doch sicher eine Menge an Informationen im Internet. Da sitze ich Tage dran.” Nun lachte die Meisterin Devi: “Nein, du musst deine Arbeit nur strukturieren.” Dann geht es einfach. Recherchiere für die drei Geschäftsbereiche:

- Welche Anwendungen mit KI gibt es dort?
- Was wird dort als mögliche Anwendung diskutiert?
- Und wenn du etwas anderes findest: Ist das auf die drei Bereich übertragbar?

Mach immer eine Kurzbeschreibung:

- Wofür wird sie verwendet / entwickelt?
- Wer profitiert von ihr - wer sind die Kunden?
- Was ist der ökonomische, gesellschaftliche oder der Umweltnutzen”

“So einfach sollte es sein”, sagte Meisterin Devi. Susanne schaute immer noch ungläubig: “Aber was hat das mit Nachhaltigkeit zu tun - das ist doch wahnsinnig schwierig, oder etwa nicht?”. “Nicht unbedingt”, sagte Meisterin Devi, “Du musst nur versuchen zu überlegen, ob KI zur Lösung von Problemen beitragen will, die etwas mit Nachhaltigkeit zu tun haben.” Wir brauchen keine KI, die einfach nur gute Computerspiele spielt. Wir wollen eine KI als Instrument, welches uns hilft, Probleme zu lösen und unseren Kunden bessere Angebote zu machen. Du kannst die Nachhaltigkeitsbewertung wie folgt machen:

- Schau dir den [Anhang - SDGs der Agenda 2023](#) an.
- Trage die Technologien bei den Unterzielen ein, die du gefunden hast.
- Dann überlege dir Pro- und Contra-Argumente
  - Was spricht für die Entwicklung der KI-Technologie
  - Was spricht gegen den Einsatz der KI-Technologie

- Und ganz zum Schluss überlegst du dir eine Empfehlung: Welche KI-Technologie könnte am besten zu den SDG's beitragen.

Das klingt doch ganz einfach, oder nicht?" fragte Meisterin Devi. "Schau ich mal, wie weit ich komme" antwortete Susanne etwas zögerlich.

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- Destatis (o.J.): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: <https://sdg-indikatoren.de/>
- datasolut (o.J.): Anwendungsgebiete von künstlicher Intelligenz. Online: <https://datasolut.com/anwendungsgebiete-von-kuenstlicher-intelligenz/>
- Mindsquare / Max-Ludwig Stadler (2022): Künstliche Intelligenz. Online: <https://mindsquare.de/knowhow/kuenstliche-intelligenz/>
- Computerwoche / Volker Gruhn (2022): Es gibt nicht die eine künstliche Intelligenz. Online: [www.computerwoche.de/a/es-gibt-nicht-die-eine-kuenstliche-intelligenz,3545708](http://www.computerwoche.de/a/es-gibt-nicht-die-eine-kuenstliche-intelligenz,3545708)

### Literatur

- BMJ HW Informationselektronik (2021b): Verordnung über die Berufsausbildung zum Informationselektroniker\*in: Artikel 2, S. 674ff. Online: <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav>

### Berufsprofil

**Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:** Analysieren von Systemen der Informations- und Kommunikationstechnik, Messen und Analysieren physikalischer Kennwerte an Systemen, Planen und Projektieren der Arbeit, Montieren, Installieren und Integrieren von Systemen, Parametrieren, In Betrieb nehmen und Übergeben, Installieren, Programmieren, Einrichten und Testen von Software, Bedienen und Administrieren, Sicherstellen des Betriebes von Systemen der Informations- und Kommunikationstechnik, Umsetzen und Integrieren von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten, Warten, Instandhalten, Betreiben und Optimieren, Durchführen von betrieblicher und technischer Kommunikation sowie Informationsverarbeitung, Planen und Organisieren der Arbeit, Durchführen von qualitätssichernden Maßnahmen, Beraten und Betreuen von Kunden, Prüfen und Einhalten von Datenschutz- und Informationssicherheitskonzepten, Prüfen und Beurteilen von Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen und Geräten.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Informationselektroniker/innen planen und installieren Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik. Sie erbringen Dienstleistung aus einer Hand, arbeiten in Installations- und Servicebetrieben. Sie arbeiten hauptsächlich in elektro- und informationstechnischen Handwerksbetrieben, aber auch in Betrieben anderer Branchen. Informationselektroniker/innen sind in folgenden Einsatzgebieten tätig: Geräte-, IT- und Bürosystemtechnik, Sende-, Empfangs- und

Breitbandtechnik, Sicherheits- und Gefahrenmeldetechnik sowie Telekommunikationstechnik.

## 6.11 Elektroniker\*in für Informations- und Systemtechnik (IH)

Die Projektaufgabe ist

- die Abwägung der Umweltauswirkungen und Energiebedarfe einer Vernetzung von 15 Büroarbeitsplätzen: im Vergleich LAN und WLAN.

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Informations- und Systemtechnik (BMJ IH Info-Systemtechnik 2018e) an den folgenden Qualifikationen:

- Nr. 4: Umweltschutz
- Nr. 5: Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit,
- Nr. 6: Betriebliche und technische Kommunikation,
- Nr.7: Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse,
- Nr. 12: Beraten und Betreuen von Kunden, Erbringen von Serviceleistungen,
- Nr.13: Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung,
- Nr.18: Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet.

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Ausbildende)

- Recherche des Aufbaus (Bauteile) und der Materialien für das Produkt
- wenn möglich: Massenanteile der Materialien schätzen
- Identifizierung besonders relevanter Materialien und ihrer Rohstoffe - z.B. Kupfer, Kunststoffe (für Kabel und Gehäuse) und Zink hinsichtlich:
  - THG-Emissionen (vom Bergbau bis zum Produkt)
  - Materialien, zu deren Herstellung gefährliche Stoffe verwendet werden
  - Materialien, die vermutlich nicht nachhaltig gewonnen werden:
    - aus Ländern, in denen Menschenrechte nicht beachtet werden
    - aus Ländern, die von Korruption geprägt sind
  - Materialien, die vermutlich nicht gut recycelt werden können
- Skizzierung der Wertschöpfungskette der ausgewählten Materialien
  - Orientieren Sie sich an dem Beispiel der Lithium-Wertschöpfungskette [Tabelle: Wertschöpfungskette "Lithium-Ionen-Batterien"](#)
- Fassen Sie die Ergebnisse zusammen
  - Hierzu können Sie die SDG-Auswertungstabelle *nutzen*: [Bewertung der Elektronik für ein Produkt ..... in dem Einsatzgebiet .....](#) oder die Tabelle: [Anhang - SDGs der Agenda 2023](#)

- Vergleichen Sie die beiden Netzwerkalternativen nach THG-Alternativen, Ressourcenverbrauch und deren (relevante) Auswirkungen auf ausgewählte SDGs. Nutzen Sie hierzu beispielsweise die Bewertungsraster in Kap. [5.6 Arbeitsblätter: SDG-Wertschöpfungskettenanalyse](#) oder entwerfen Sie ein eigenes Schema

## Die Projektaufgabe

Der Finanzdienstleistungsbetrieb "Münzbeutel" befindet sich auf dem Weg der Zertifizierung für DIN ISO 14001. Diese umfasst auch das effiziente Management aller Prozesse unter Beachtung der Umweltressourcen. Im Verlauf der vergangenen Wochen haben die 50 Mitarbeiter:innen etliche Fragebögen ausgefüllt zur technischen Ausstattung und detaillierte Beschreibungen ihrer jeweiligen Tätigkeiten mit Bezug auf Umweltbelange geschrieben. Nick, Suse, Dora, Tom und Paula versuchen als Teamleiter\*innen, das Ganze zu systematisieren. Sie erstellen Diagramme zu den Tätigkeitsprofilen, den Arbeitsabläufen und der technischen sowie räumlichen Infrastruktur.

Als sie nun ihre Ergebnisse auf einem großen Konferenztisch ausbreiten und vergleichen, stellt Paula fest, dass die einzelnen Abläufe sehr gut sind und es nur wenige Probleme mit den Zuständigkeiten geben sollte. Auch die Ausstattung der Büros in Hinsicht auf eine effiziente Arbeit wurde von den Mitarbeitenden mit vielen Punkten für die Zufriedenheit bewertet.

"Nur", runzelt Dora die Stirn, "Wie steht es eigentlich um die Zusammenarbeit untereinander? Wie steht es um die Abstimmung der Arbeiten miteinander?" Paula schaute in erstaunte Gesichter der Kollegen und Kolleginnen.

"Ja", klingt es wie aus einem Munde, "da ist wohl noch Luft nach oben!" Schnell wird deutlich: da muss eine technisch zeitgemäße Vernetzungsstruktur her. "Aber das ist doch schnell gemacht." "Wir lassen Kabel verlegen, stöpseln ein - und gut ist", sagt Tom. "Nee, das ist doch Ressourcenverschwendung", gibt Suse zu bedenken, "wir sollten nachhaltiger denken." Jedes Kabel braucht Ressourcen. Und erzeugt auch noch Kabelsalat. "WLAN ist umweltfreundlicher, wir brauchen ein gutes Mesh-Netz."

Die Diskussion geht eine Weile mit verschiedenen Argumenten weiter. Sie erstellen eine Liste mit pro und contra für LAN und WLAN. Die Runde kam jedoch zu keinem abschließenden Ergebnis. Nur das eine steht fest: Münzbeutel braucht eine professionelle Beratung. Experten sollten wissen, welche Variante nachhaltiger ist. Schnell ist eine Ausschreibung geschrieben mit einigen Anforderungen:

- 50 Arbeitsplätze mit Docking-Station und je zwei Monitoren
- 75 Laptops

- 100 Tablets
- 50 Räume für das individuelle Arbeiten
- 10 Besprechungsräume mit je 2 Konferenzsystemen (Fernseher, Sprechanlage, Videosystem, Computer)
- 1 großer Aufenthaltsraum
- 1 Fitnessraum mit 10 digital angeschlossenen Geräten
- 2 Serverräume mit ca. 200 Servern/Computern (auf zwei Etagen)
- Verteilung der Arbeitsplätze auf 2 Etagen, Gesamtfläche ca. 2x400 qm
- Innerhalb der Etage eine Brandschutzwand (Beton)
- Decken: armierter Betonstahl

Wir bitten um Erstellung eines Angebotes mit allen notwendigen Materialien. Nachhaltigkeit ist uns wichtig, deshalb bitten wir um einen Nachweis, ob eine Verkabelung oder die Nutzung von WLAN besser ist. Bei der Begründung für die Nachhaltigkeit des einen oder anderen Systems bitten wir auch um Berücksichtigung folgender Gesichtspunkten:

- Energieverbrauch während der Nutzung der beiden Varianten (SDG 13, vgl. u.a. Hottenroth 2004, S.42, Stromrechner o.J., Öko-Institut 2020)
- Ressourcenaufwand (Massenbilanzierung) aller Geräte (mit oder ohne Leitungen, vgl. Hottenroth 2004)
- THG-Aufwand für die Herstellung der benötigten Leitungen: Elektrokabel Kabel 3-Adrig: 0,47 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Elektrokabel 5-Adrig: 0,61 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Netzkabel (geschätzt): 0,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- Herstellung des Zusammenhangs der Auswahl WLAN oder LAN mit den für die Elektroniker relevanten SDGs (vgl. [7. SDGs für Elektroniker\\*innen](#))

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

- THG-Äquivalente Elektrokabel nach Steinbeiß Transferzentrum / Aktiv Plus e.V.: Kabel 3-Adrig: 0,47 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Kabel 5-Adrig: 0,61 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Netzkabel (geschätzt): 0,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- Steinbeiß Transferzentrum / Aktiv Plus e.V (2019): Graue Energie im Ordnungsrecht/Förderung. Online: [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.html)
- Öko-Institut (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Online: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>
- Hottenroth, Heidi (2004): Vergleich der signifikanten potenziellen Umweltbelastungen von Netzwerkinfrastrukturen - Eine Gegenüberstellung von Fast Ethernet und WLAN für die Anwendung im Local Area networking. Online: <https://www.oeko.de/oekodoc/215/2004-014-de.pdf>
- Stromrechner (o.J.): Wie viel Strom verbraucht ein WLAN-Repeater? Online: <https://stromrechner.com/stromverbrauch-wlan-repeater/>
- FNB Fachagentur Nachhaltiges Bauen (o.J.): Energieverbrauch im Vergleich - PVC und PE-Kabel. Online: <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/PVC+-+Kabel>

## Literatur

- BMJ IH Info-Systemtechnik (2018e): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Informations- und Systemtechnik: Teil 6. Online:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)

## Berufsprofil

### **Profil der beruflichen Handlungsfähigkeit und berufliche Tätigkeitsfelder:**

Unterstützen der Entwickler bei der Entwicklung und Realisierung von Lösungen für Kunden, der Analyse geforderter Funktionalitäten, der Konzipierung von Systemen und Softwarelösungen, der Auswahl von Datenübertragungsmedien und von Hard- und Softwarekomponenten, Montieren und Prüfen von Hardwarekomponenten, Installieren und Konfigurieren von Komponenten und Geräten der Informationstechnologie, Montieren und Konfigurieren von Sensoren und Aktoren, Installieren und Konfigurieren von Betriebssystemen und Netzwerken, Erstellen von Bedienoberflächen und Benutzerdialogen, Erstellen von Softwarekomponenten, Anpassen von standardisierten Softwarekomponenten, Programmieren von Schnittstellen, Einbinden von Programmen in Systeme und Lösen von Kompatibilitätsproblemen, Integrieren von Hard- und Softwarekomponenten, Analysieren der Probleme beim Zusammenführen von Hard- und Softwarekomponenten und Entwickeln von Lösungsvorschlägen, Erfassen und Auswerten von Messwerten, Testen von Komponenten im System unter unterschiedlichen technischen Umfeldbedingungen, Integrieren der Systeme in vorhandene Gesamtsysteme, Leisten von Support bei Störungen, Analysieren von Störungen, Schließen auf Fehlerursachen in den Systemen, Analysieren der Fehlerursachen zur Qualitätssicherung, Einsetzen von Testsoftware und Diagnosesystemen, Prüfen von Signalen an Schnittstellen, Durchführen von netzwerkspezifischen Prüfungen, Beseitigen von Fehlern durch Softwareanpassung oder durch Tausch von Komponenten oder Baugruppen, Arbeiten auch mit englischsprachigen Unterlagen und Kommunizieren auch in englischer Sprache, Zuordnung zu Elektrofachkräften im Sinne der Unfallverhütungsvorschriften, Nutzen von IT-Systemen, auch in digitalisierten Prozessen, Anwenden von Vorschriften zu Datenschutz und Informationssicherheit.

**Berufliche Tätigkeitsfelder:** Beschäftigungsmöglichkeiten finden Elektroniker/innen für Informations- und Systemtechnik in Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, die industrielle informationstechnische Systeme entwickeln und herstellen bzw. einsetzen.

## 6.12 IT-System-Elektroniker\*in (IH)

Die Projektaufgabe ist

- aufzuzeigen, ob eine derzeitige digitale Ausstattung mit dem 3t-CO<sub>2</sub>-Budget vereinbar ist.

### Didaktische Hinweise

Die Projektaufgabe orientiert sich an den: Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in zum IT-System-Elektroniker (BMJ IT-System-Elektroniker\*in 2020):

- Nr. 2.1 Planen, Vorbereiten und Durchführen von Arbeitsaufgaben in Abstimmung mit den kundenspezifischen Geschäfts- und Leistungsprozessen
- Nr. 2.2 Informieren und Beraten von Kunden und Kundinnen
- Nr. 2.3 Beurteilen marktgängiger IT-System und kundenspezifische Lösungen
- Nr. 2.4 Entwickeln, Erstellen und Betreuen von IT-Lösungen
- Nr. 2.7 Erbringen der Leistungen und Vertragsabschluss
- Nr. 2.12 Unterstützung von Nutzern und Nutzerinnen im Umgang mit IT-Geräten und IT-Systemen und mit deren Infrastruktur
- Nr. 3.4 Umweltschutz

### Vorschlag für die Bearbeitung (Lehrkräfte und Ausbildende)

- Persönliche Einschätzung der Anzahl von digitalen Geräten, die für einen heutigen 4-Personen-Haushalt angemessen sind
- Diskussion in der Gruppe über die Einschätzung
- Bestimmung der THG Emissionen zur Produktion dieser Geräte (vgl. Öko-Institut 2021)
- Umrechnung mit Hilfe der durchschnittlichen Lebensdauer in einen Jahresverbrauch
- Bestimmung der THG Emissionen aufgrund der Nutzung dieser Geräte (vgl. Öko-Institut 2021)
- Summation der THG-Emissionen der Herstellung und der Nutzung auf ein Jahr
- Vergleich mit dem Anteil an den verschiedenen CO<sub>2</sub>-Budgets (1, 2 oder 3 Tonnen)  
Vorlage: [SDG 12 - Nutzung von IT-Produkten](#)  
Beispiel: [5.1.6 SDG 12/13 - Nutzung von IT-Produkten](#)  
Hinweis: Bei den verschiedenen Angaben zum CO<sub>2</sub>-Budget muss darauf geachtet werden, dass neben der IT noch viele andere Bedarfe aus dem Budget gedeckt werden müssen
- Abschlussdiskussion:
- Ist Verzicht eine Lösung (digitale Suffizienz) oder
- Muss mehr in die Produktion mit Hilfe erneuerbarer Energien investiert werden?

## Die Projektaufgabe

Die Fridays for Future Gruppe aus Augsburg möchte Broschüren verteilen, in denen sie die Idee eines individuellen CO<sub>2</sub>-Budgets aufgreift: Jede Person darf innerhalb eines Jahres nur noch 3 Tonnen THG-Emissionen ausstoßen, damit die Klimaziele erreicht werden. Die Idee stammt von dem Klimaforscher Joachim Schellnhuber. Die Gruppe geht davon aus, dass der Energiebereich vollständig dekarbonisiert werden kann, d.h. Strom wird aus erneuerbaren Energien erzeugt und Raumwärme wird mit Wärmepumpen produziert. Bei den Themen Ernährung und Mobilität hat sich die Gruppe bereits informiert und die Emissionsmengen mit den 3 t in Relation gesetzt. Dabei ist herausgekommen, dass die beiden Bereiche zusammen ca. die Hälfte des Budgets benötigen. Das bedeutet, dass für den restlichen Konsum noch insgesamt 1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq zur Verfügung stehen. Um Informationen über elektronische Geräte zu bekommen, schreiben sie nun verschiedene Elektronikfirmen an. So liest auch IT-Systemelektronikerin Karina die Anfrage und beschließt ihrer Auszubildenden Victoria und Mascha die folgenden Aufgaben zu übertragen. Sie schreibt ihnen einen Auftragsschein:

- **Auftrag:** Bilanzierung des CO<sub>2</sub>-Budgets für einen Haushalt mit vier Personen
- **Ziel:** Das Gesamtjahresbudget sowohl für IT-Geräte als auch den sonstigen Konsum (Kleidung, Schuhe, andere Geräte, Mobiliar etc.) sollte nicht mehr als 1,5 THG-Äquivalente pro Jahr und Person betragen.
- **Rahmen:** Das Jahresbudget des Haushalts beträgt 12 t, da die Kinder schon älter als 15 Jahre sind. Also pro Person 3 t CO<sub>2</sub>-Äq.

### Eure Aufgaben

1. Schätzt bitte ab: Wie groß ist der THG Anteil der elektronischen Geräte im Konsumbereich?
2. Für den Konsumbereich sind in unserem Gedankenspiel insgesamt 1,5 t CO<sub>2</sub>-Äq/a vorgesehen. Wie viel CO<sub>2</sub>-Äq/a stehen demnach für elektronische Geräte zur Verfügung?
3. Welche digitalen Endgeräte gehören Euren Einschätzung nach heutzutage in jeden Haushalt?
4. Wie viele Geräte finden sich in einem vierköpfigen Musterhaushalt!
5. Recherchiert, wie lange diese Geräte im Durchschnitt verwendet werden!
6. Berechnet aus den Daten der unten angegebenen Geräte, welche davon die größten Emissionen - verteilt auf die Nutzungsdauer - verursachen. Die Daten in der Tabelle beziehen sich nur auf die Produktion - nicht auf die Nutzung.
7. Vergleicht diesen Wert eurer Abschätzung mit Nr. 1 dieser Aufgabe.  
Wie hoch ist der Anteil der einzelnen Geräte an dem Familien-Budget für elektronische Geräte?

8. Weshalb ist der Energieverbrauch von Fernsehern in den letzten Jahren gestiegen? Ist das wirklich nötig? (Tipp: Das Gleiche gilt auch für Computer-Displays.)
9. Welche Möglichkeiten gibt es zusätzlich bei den folgenden Geräten, um jeweils ihre Emissionen zu reduzieren?

### Materialien zur Bearbeitung der Projektaufgabe

Tabelle: THG-Emissionen von IT-Technik

Smartphone durchschnittl. Lebensdauer		2,5 Jahre
Herstellung	Fairphone 1	16,04 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	iPhone 5s	65 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	iPhone 6 Plus	110 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Computer durchschnittl. Lebensdauer		ca. 5 Jahre
Herstellung	Desktop Computer (mit HDD)	347 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	Laptop (mit SSD)	311 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Fernseher durchschnittl. Nutzungsdauer		6 Jahre
Herstellung	42 Zoll	637 Co <sub>2</sub> -Äq.
	55 Zoll	ca. 1.000 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Tablet durchschnittl. Lebensdauer		4 Jahre
Herstellung	iPad mini 2/4	120 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	iPad Pro	240 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	Surface Pro 5	87 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Spielekonsole durchschnittl. Lebensdauer		5 Jahre
Herstellung	Xbox One X	149 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	Xbox One S	130 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Router durchschnittl. Lebensdauer		7 Jahre
Herstellung		77 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
Smart Speaker		
Herstellung		100 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

## Literatur

- Bundesministerium für Justiz BMJ (2020): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 9, ausgegeben zu Bonn am 5. März 2020, S. 268ff: Verordnung über die Berufsausbildung zum IT-System-Elektroniker\*in vom 28. Februar 2020. Online:  
[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#\\_bgbl\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D\\_\\_1678726674892](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D__1678726674892)
- Das Erste (2023): Das Klima und die Reichen. Online:  
<https://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2023/Das-Klima-und-die-Reichen,klimareiche100.html>
- Öko-Institut (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>- Fußabdruck. Online:  
<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>

## Berufsprofil

- Berufenet (o.J.): IT-System-Elektroniker/in – Aufgaben und Tätigkeiten kompakt. Online:  
<https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/2927>

IT-Systemelektroniker/innen entwerfen, installieren und konfigurieren Systeme, Komponenten und Netzwerke der Informationstechnologie (IT). Hierzu beschaffen sie Hard- und Software, passen diese an und installieren sie. Anschließend binden sie IT-Geräte und -Systeme an die Stromversorgung an und prüfen die elektrische Sicherheit, konfigurieren die Geräte und Systeme und nehmen diese in Betrieb. Sie informieren und beraten Kunden über die Nutzungsmöglichkeiten von informations- und kommunikationstechnischen Geräten wie Computer, Telefonanlage, Drucker oder Scanner, aber auch zu Netzwerkinfrastrukturen und zu Themen wie IT-Sicherheit und Datenschutz. Außerdem warten sie die Kommunikationsinfrastruktur und beheben auftretende Störungen.

## Quellenverzeichnis

- ambosa (o.J.): Vom Personalschlüssel in der Altenpflege zur Schichtbesetzung. Online:  
<https://www.ambosa.de/vom-personalschluessel-in-der-altenpflege-zur-schichtbesetzung/>
- ARD Tagesschau (2022): Wettlauf um Batterien von morgen. Online:  
<https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/lithium-ionen-batterien-autobatterien-e-autos-lfp-nickel-kobalt-lithium-101.html>
- BMJ BBG Maschinen-Antrieb (2021e): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik **nach dem Berufsbildungsgesetz**. Online:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbbbigausbv/BJNR071400021.html>
- BMJ BBG Maschinen-Antrieb (2021e): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in: (2021e): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker:in für Maschinen und Antriebstechnik **nach dem Berufsbildungsgesetz**: Artikel 5, S. 714ff. Online:  
<https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbbbigausbv/BJNR071400021.html>
- BMJ HW Gebäudeintegration (2021c): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker für Gebäudesystemintegration\*in. Online:  
<http://www.gesetze-im-internet.de/gsiausbv/BJNR068700021.html>

- BMJ HW Maschinen-Antrieb (2021a): Verordnung über die Berufsausbildung zum Elektroniker\*in für Maschinen und Antriebstechnik **nach der Handwerksordnung**. Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/elekmaschbhwoausbv/BJNR066210021.html>
- BMJ IH Automatisierung (2018c): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Automatisierungstechnik: Teil 4. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Betriebstechnik (2018b): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Betriebstechnik: Teil 3. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Elektro – Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen. Online: <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?>
- BMJ IH Elektro – Bundesministerium für Justiz BMJ (2018): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018, S. 897 ff):  
Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- BMJ IH Elektro Gebäude-Infrastruktur (2018a): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Gebäude- und Infrastruktursysteme: Teil 2, S. 898ff
- BMJ IH Geräte-Systeme (2018d): Vorschriften für den Ausbildungsberuf Elektroniker\*in für Geräte und Systeme: Teil 4, S. 904ff. Online: [https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv\\_2007/](https://www.gesetze-im-internet.de/indelausbv_2007/)
- bpb Bundeszentrale für politische Bildung (2019): Demokratische Republik Kongo. Online: <https://www.bpb.de/themen/kriege-konflikte/dossier-kriege-konflikte/54628/demokratische-republik-kongo/>
- Bundesministerium für Justiz BMJ (2020): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 9, ausgegeben zu Bonn am 5. März 2020, S. 268ff: Verordnung über die Berufsausbildung zum IT-System-Elektroniker\*in vom 28. Februar 2020. Online: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#\\_bgbl\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D\\_1678726674892](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s0268.pdf%27%5D_1678726674892)
- Chip.de (2016): Schwimmende Riesen: Die 3 größten Containerschiffe der Welt. Online: [https://www.chip.de/news/Schwimmende-Riesen-Die-3-groessten-Containerschiffe-der-Welt\\_90836453.html](https://www.chip.de/news/Schwimmende-Riesen-Die-3-groessten-Containerschiffe-der-Welt_90836453.html)
- CO2-online (2023): Photovoltaik – Kosten, Förderung & Rechner 2023. Online: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/photovoltaik/#c143457>
- Computerwoche / Volker Gruhn (2022): Es gibt nicht die eine künstliche Intelligenz. Online: [www.computerwoche.de/a/es-gibt-nicht-die-eine-kuenstliche-intelligenz,3545708](http://www.computerwoche.de/a/es-gibt-nicht-die-eine-kuenstliche-intelligenz,3545708)
- Das Erste (2023): Das Klima und die Reichen. Online: <https://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2023/Das-Klima-und-die-Reichen.klimareiche100.html>
- datasolut (o.J.): Anwendungsgebiete von künstlicher Intelligenz. Online: <https://datasolut.com/anwendungsgebiete-von-kuenstlicher-intelligenz/>
- DeinHandy.Magazin / Julia Hubert (o.J.): Telekom Smart Speaker (Mini) – Alles, was Du wissen musst. <https://blog.deinhandy.de/telekom-smart-speaker-mini-alles-was-du-wissen-musst>
- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2018): Rohstoffrisikobewertung – Tantal. Online: [https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-31.pdf](https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-31.pdf)
- DERA Deutsche Rohstoffagentur (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Online: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA\\_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf)
- Destatis (o.J.): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: <https://sdg-indikatoren.de/>
- DESTATIS Statistisches Bundesamt (o.J.): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: <https://sdg-indikatoren.de/>

- Deutsche Umwelthilfe (2020): Kriterienkatalog – Umweltverträglichkeit akkubetriebener handgeführter Maschinen im Gartenbereich. Online: [https://www.duh.de/fileadmin/user\\_upload/download/Projektinformation/Handgefuehrte\\_Maschinen/200117\\_Kriterienkatalog\\_Umweltfreundlichkeit\\_Akku-Gartenger%C3%A4te\\_FINAL.pdf](https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Handgefuehrte_Maschinen/200117_Kriterienkatalog_Umweltfreundlichkeit_Akku-Gartenger%C3%A4te_FINAL.pdf)
- Deutschlandfunk (2022): Der neue Rohstofffrausch. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/rohstoffe-energiewende-recycling-umwelt-ressourcen-100.html>
- enviropack (o.J.): Verpackungschips. Online: <https://www.enviropack.de/verpackungschips.html>
- EURACTIV (2023): Kritische Rohstoffe: Recycling laut Industrie „kein Allheilmittel“. Online: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/kritische-rohstoffe-recycling-laut-in-dustrie-kein-allheilmittel/>
- Europäisches Parlament (2021): Nachhaltige Versorgung mit kritischen Rohstoffen ist entscheidend für die EU-Industrie. Online: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/QuickMode/PlantConfiguration/bae15a60-6626-4dca-9a9a-b85e8d491cac>
- Europäisches Parlament (2022): Elektro- und Elektronikschrott in der EU. Online: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/priorities/kreislaufwirtschaft/20201208STO93325/elektroschrott-in-der-eu-zahlen-und-fakten-infografik>
- Flash-Batterie / Rate, C. (o.J.): WELCHE CHEMIE EIGNET SICH AM BESTEN FÜR DIE ELEKTRIFIZIERUNG IHRES FAHRZEUGS? Online: <https://www.flashbattery.tech/de/lithium-batterien-arten-welche-chemie-verwenden/>
- FNB Fachagentur Nachhaltiges Bauen (o.J.): Energieverbrauch im Vergleich – PVC und PE-Kabel. Online: <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/PVC+-+Kabel>
- Franke, Yara-Alessandra, Yanik, Baher (Jugend forscht 2011): Online: [https://www.fosberlin.eu/fileadmin/daten/projekte/jugend\\_forscht/2011/dokumente/Laubbl.pdf](https://www.fosberlin.eu/fileadmin/daten/projekte/jugend_forscht/2011/dokumente/Laubbl.pdf)
- Home&Smart / Mariella Wendel (2023): Alexa Befehle: Die 303 wichtigsten Sprachbefehle für Alexa. Online: <https://www.homeandsmart.de/amazon-alexa-alle-wichtigen-sprachbefehle>
- Home&Smart / Mariella Wendel (2023): Hallo Siri – die 175 nützlichsten Siri Sprachbefehle. Online: <https://www.homeandsmart.de/praktische-siri-befehle-im-alltag>
- Hottenroth, Heidi (2004): Vergleich der signifikanten potenziellen Umweltbelastungen von Netzwerkinfrastrukturen – Eine Gegenüberstellung von Fast Ethernet und WLAN für die Anwendung im Local Area networking. Online: <https://www.oeko.de/oekodoc/215/2004-014-de.pdf>
- ISE (o.J.): Tantal. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/tantal/>
- ISE Institut für Seltene Erden und Metalle (o.J.): Seltene Erden und strategische Metalle. Online: <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/>
- IZT und adelphi (2011): Kritische Rohstoffe für Deutschland. Online: [www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Kritische-Rohstoffe-LF.pdf](http://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Kritische-Rohstoffe-LF.pdf)
- Media Smart (2021): KINDER UND JUGENDLICHE ALS NUTZER VON SMART SPEAKERN UND SPRACHASSISTENTEN. Online: <https://mediasmart.de/2021/02/smart-speaker-und-sprachassistenten-teil-ii-der-einfluss-auf-den-alltag-von-kindern-und-jugendlichen/>
- Media Smart (2021): RISIKEN UND CHANCEN VON SMART SPEAKERN UND SPRACHASSISTENTEN. Online: <https://mediasmart.de/2021/03/smart-speaker-und-sprachassistenten-teil-iii-chancen-und-gefahren-erkennen-risiken-vorbeugen/>

- Mindsquare / Max-Ludwig Stadler (2022): Künstliche Intelligenz. Online: <https://mindsquare.de/knowhow/kuenstliche-intelligenz/>
- Misereor (o.J.): Rohstoff Coltan: High Tech zu Lasten der Armen. Online-Video: <https://www.misereor.de/informieren/rohstoffe/coltan>
- Mixed / Josef Erl (2021): OK Google: Die besten Sprachbefehle für den Google Assistant. Online: <https://mixed.de/ok-google-die-besten-sprachbefehle-fuer-google-assistant/>
- Öko-Institut (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Online: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>
- poworks / Huang, Jerry (2022): Ein Vergleich von NMC / NCA Lithium-Ionen-Akku und LFP-Batterie. Online: <https://poworks.com/de/ein-vergleich-von-nmc-nca-lithium-ionen-akku-und-lfp-batterie>
- Pro Carton (2023a): The Carbon Footprint of Carton Packaging 2023. Online: [www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/2023-Carbon-Footprint-Summary-slides.pdf](http://www.procarton.com/wp-content/uploads/2023/03/2023-Carbon-Footprint-Summary-slides.pdf)
- RP-Energielexikon (o.J.): Diesel. Online: <https://www.energie-lexikon.info/dieselmotordieselkraftstoff.html>
- RP-Energielexikon (o.J.): Schweröl. Online: <https://www.energie-lexikon.info/schweruel.html>
- sachsen.de (o.J.): Pflegefachkraft. Online: <https://www.karriere.sachsen.de/pflegefachkraft-6468.html>
- Statista (2023): Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland bis Januar 2023. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>
- Steinbeiß Transferzentrum / Aktiv Plus e.V (2019): Graue Energie im Ordnungsrecht/Förderung. Online: [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.html)
- Stromrechner (o.J.): Wie viel Strom verbraucht ein WLAN-Repeater? Online: <https://stromrechner.com/stromverbrauch-wlan-repeater/>
- SWP Stiftung Wissenschaft und Politik (2012): Online: [https://www.swp-berlin.org/publications/products/zeitschriftenschau/2012zs01\\_haeussler\\_mdn.pdf](https://www.swp-berlin.org/publications/products/zeitschriftenschau/2012zs01_haeussler_mdn.pdf)
- SycoTec (o.J.): Synchronmotoren: Erklärung, Funktion, Anwendung. Online: <https://info.sycotec.eu/synchronm>
- THG-Äquivalente Elektrokabel nach Steinbeiß Transferzentrum / Aktiv Plus e.V.: Kabel 3-Adrig: 0,47 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Kabel 5-Adrig: 0,61 kg CO<sub>2</sub>-Äq/m Kabel; Netzwerkkabel (geschätzt): 0,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- U.S. Geological Survey (2018): Mineral Yearbook. Online: <https://pubs.usgs.gov/myb/vol1/2018/myb1-2018-tantalum.pdf>
- U.S. Geological Survey (2023): Mineral Commodity Summaries, January 2023: Tantalum. Online: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-tantalum.pdf>
- UBA (2022): Wohin mit dem Laub? Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wohin-dem-laub>
- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung. Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung. Online:

[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_rohstoffbezogene\\_bewertung\\_1.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_rohstoffbezogene_bewertung_1.pdf)

- UBA Umweltbundesamt (2017): Recyclingpotenzial strategischer Metalle. Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-21\\_texte\\_68-2017\\_restra\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-21_texte_68-2017_restra_0.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2019): Substitution als Strategie zur Minderung der Kritikalität von Rohstoffen für Umwelttechnologien. Online: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-08\\_texte\\_03-2019\\_subskrit\\_abschlussbericht.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-08_texte_03-2019_subskrit_abschlussbericht.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2019): Wie energieeffizient ist ein Schiff?. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-energieeffizient-ist-ein-schiff>
- UBA Umweltbundesamt (2021/22): Ökobilanzrechner für Photovoltaikanlagen. Online: <https://public.tableau.com/app/profile/umweltbundesamt/viz/OekobilanzrechnerfuerPhotovoltaikanlagen/PVScreeningTool>
- UBA Umweltbundesamt (2022): Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier. Online: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_123-2022\\_aktualisierte\\_oekobilanz\\_von\\_grafik-und\\_hygienepapier.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_123-2022_aktualisierte_oekobilanz_von_grafik-und_hygienepapier.pdf)
- UBA Umweltbundesamt (2022): Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-bewertung-der-oekobilanzen-von-windenergie-und-photovoltaikanlagen>
- UBA Umweltbundesamt / Detzel, Andreas; Kauertz, Benedikt und Derreza-Greeven, Cassandra (2012): Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3986.pdf>
- Umweltbundesamt (2007): Seltene Metalle. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3182.pdf>
- USGS.gov (o.J.): Zusammenfassungen von Mineralrohstoffen. Online: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>
- Webfleet (o.J.): So viel Kraftstoff verbraucht LKW. Online: [https://www.webfleet.com/de\\_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/](https://www.webfleet.com/de_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/)

## 7. SDGs für Elektroniker\*innen

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. o.J.).

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. o.J.). Diese 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. o.J.).

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 (siehe das Dokument "Elektroniker\*in HGM IZT2 auf dieser Webseite).

Inwieweit können Elektroniker und Elektronikerinnen die Nachhaltigkeit fördern?  
Hierzu zwei Beispiele:

### **SDG 2 Kein Hunger und Elektronik**

Für die Ernährungssicherheit ist Elektronik auf der ganzen Welt von größter Bedeutung. Ohne sie ist eine Nahrungsversorgung von 8 Milliarden Menschen nicht möglich. Im Ernährungssektor werden Traktoren, Mähdrescher, Melkmaschinen, Agro-Flugzeuge und landwirtschaftliche Aufbereitungstechnik benötigt. Die Produktion von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln ist ohne Elektronik in Fabriken nicht möglich. Schiffe und Lastkraftwagen machen es überhaupt erst möglich, 8 Milliarden Menschen weltweit zu ernähren. Ohne Futtermittelimporte aus Brasilien oder Argentinien könnten wir uns unsere fleischlastige Ernährung nicht leisten. Die Nahrungsmittelindustrie benötigt vielfältige Antriebe für die Herstellung von Lebensmitteln wie z.B. Elektromotoren für die Kältetechnik oder Fließbänder, für die Flaschenabfüllung, für die Befüllung und das Schließen von Gemüsekonserven. Auch die effiziente, landwirtschaftliche Bewässerung ist auf Elektronik für Maschinen und Antriebe angewiesen (UBA 2020). Ohne sie wäre nur eine sehr eingeschränkte Wasserversorgung möglich, Grundwasser kann nicht gefördert werden, aus Brunnen könnte nur mit Muskelkraft oder mechanisch mit Windenergie Wasser gepumpt werden. Eine Bewässerung der Felder z.B. für den Gemüseanbau (wie in Europa häufig) wäre im großtechnischen Maßstab kaum möglich.

### **SDG 6 Sauberes Wasser und Elektroniker**

Eine Wasserversorgung ohne eine Gefährdung der Gesundheit ist ohne Elektronik nicht möglich. In Pumpwerken, Regenrückhaltebecken und Kläranlagen regeln vielfältige

elektrotechnische Systeme die Gewinnung, die Säuberung und die Rückhaltung von Wasserkreisläufen. Nur durch Grundwasser- oder Brunnenpumpen können wir den Wasserbedarf von Milliarden von Menschen decken. Ohne die Elektronik von Pumpen und Maschinen kann Abwasser nicht aufbereitet werden. Aber gleichzeitig ermöglicht es die Elektronik auch, Pumpen anzutreiben, die ungereinigte oder nur notdürftig gereinigte Industrieabwässer in Oberflächengewässer einzuleiten oder verschmutztes Ballastwasser aus Schiffen ins Meer zu pumpen. Aber all dies ist nur möglich durch die Nutzung der Rohstoffe, den Bergbau und die Verhüttung (deren Verfahren natürlich nicht ohne Elektronik industriell betrieben werden könnten). Indirekt führt deshalb die bergbauliche Gewinnung und die Verhüttung der notwendigen Ressourcen für die Elektronik zu großen lokalen oder sogar regionalen Wasserproblemen, wenn die Umweltvorschriften oder deren Umsetzung zur Wassergewinnung und zur Abwasserbehandlung nur unzureichend oder überhaupt nicht beachtet werden (UBA 2021). Dies ist in vielen rohstoffreichen Ländern in Südamerika oder Asien häufig der Fall.

Im Folgenden werden die wichtigsten SDG mit ihren Unterzielen dargestellt.

## **SDG 2: “Kein Hunger”**

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

Das SDG 2 zielt primär auf die Welternährung im Kampf gegen den Hunger vor allem durch eine nachhaltigere Landwirtschaft ab. Das Unterziel (Destatis 2022):

- 2.4 Bis 2030 die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherstellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anwenden, die die Produktivität und den Ertrag steigern, zur Erhaltung der Ökosysteme beitragen, die Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen, extreme Wetterereignisse, Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöhen und die Flächen- und Bodenqualität schrittweise verbessern.

Elektroniker und Elektronikerinnen sind von den SDGs zumeist nur indirekt betroffen. Sie können das SDG aber vielfältig fördern durch die Entwicklung von agro technischen Systemen, Elektronik zur automatisierten Detektion von Pflanzenkrankheiten und Düngemittelbedarf oder einfache elektronische Steuerungen, die auch unter schwierigen Bedingungen und vollkommen wartungsfrei in den Ländern des Südens genutzt werden können. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Flächenkonkurrenzen zwischen Bergbau und Landwirtschaft

- Wasser Konkurrenz zwischen Bergbau und Landwirtschaft
- Digitalisierung und Ertragssteigerung
- Minderung von Düngung Pestizide durch Elektronik

### SDG 3: “Gesundheit und Wohlergehen”

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

Das SDG hat zum Ziel, ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters zu gewährleisten und ihr Wohlergehen zu fördern. Wie schon bereits erwähnt betrifft auch dieses SDG Elektroniker und Elektronikerinnen einerseits indirekt über die Wertschöpfungskette der notwendigen Ressourcen zur Herstellung von Ressourcen bei folgendem Unterziel:

- 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

Alle Elektroniker und Elektronikerinnen, die mit Maschinen und Anlagen arbeiten, können hier Beiträge leisten durch eine Verhinderung von Emissionen dieser Maschinen und Anlagen, durch eine höhere Effizienz (Minderung des Energieverbrauchs) oder eine Sensorik zur besseren Maschinen- und Anlagensteuerung mit dem Ziel, die Emissionen zu mindern. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Umweltrisiken bei der Kupferherstellung
- PVC und Weichmacher
- Gesundheitsschutz durch elektronische Systeme
- Gesundheitsgefährdung durch Schrottexporte

### 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 - und viele Länder versuchen ein ähnliches Berufsbildungssystem wie in Deutschland aufzubauen. Insofern ist vor allem das Unterziel 4.7 relevant:

- 4.7. 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, ....

Das SDG 4 richtet sich vor allem an das Berufsbildungspersonal. Durch die Vermittlung von Kompetenzen der Nachhaltigkeit fördert es die zukünftigen Elektroniker und Elektronikerinnen, an der Agenda 2030 im Sinne der Nachhaltigkeit mitzuarbeiten. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- 10 “Goldene Handlungsregeln” für eine BBNE

## **SDG 6: “Sauberes Wasser”**

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

Das SDG 6 “Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen” verfolgt im Prinzip fünf Ziele, von denen drei direkt und eines indirekt mit dem Berufsbild der Elektroniker und Elektronikerinnen zusammenhängen können:

- 6.1 Die Versorgung der Menschen mit Trinkwasser (indirekt durch Nutzungskonkurrenzen);
- 6.3 die Verringerung der Verschmutzung der Wasserressourcen;
- 6.4 eine effiziente Nutzung von Wasser
- 6.5 den Schutz der Ökosysteme.

Elektroniker und Elektronikerinnen aller Fachrichtungen haben die Grundqualifikation an diesem SDG sowohl direkt als auch indirekt mitzuwirken, denn weder die Wassergewinnung als auch die Abwasserentsorgung ist ohne Elektronik nicht auf dem Niveau, wie wir es heute kennen, möglich. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Elektronik, Wasser und Kupfergewinnung
- Zielkonflikte durch die Ressourcennutzung

## SDG 7: “Bezahlbare und saubere Energie”

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

Das SDG 7 beinhaltet soziale und ökologische Anforderungen an den Klimaschutz. Für Elektroniker und Elektronikerinnen aller Fachrichtungen sind daher vor allem drei Unterziele wichtig (Destatis o.J.):

**SDG 7.1:** “Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen sichern.”

**SDG 7.2:** “Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen.”

**SDG 7.3:** “Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln.”

Beim SDG 7 “Bezahlbare und saubere Energie” geht es im wesentlichen um den “*allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen*” sowie darum den “*Anteil erneuerbarer Energie zu erhöhen*” (Destatis o.J.), da ökologische und das Klima schützende Anforderungen schon durch andere SDGs (insbesondere 13, 14 und 15) abgedeckt werden. Energiesysteme sowohl für erneuerbare Energien als auch die Nutzung fossiler Energieträger in Kraftwerken, Heizungen oder in Kraftfahrzeugen sind eine besonders wichtige Domäne für die Elektroniker und Elektronikerinnen. Nur durch eine effiziente Steuerung von Verbrennungsprozessen oder von EE-Anlagen ist es möglich, einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Erneuerbare Energien
- Fotovoltaik
- Windkraft
- Solarwärme
- Bioenergie für Strom und Wärme
- Erd- und Umgebungswärme
- Mobilität
- Beleuchtung
- Rationelle Energienutzung
- Energiespeicherung
- Umweltschutz und Rohstoffgewinnung
- Rohstoffbedarfe für erneuerbare Energien

## **SDG 8: “Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum”**

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

Der Zusammenhang des SDG 8 “Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum” und der Standardberufsbildposition ist nicht unmittelbar, sondern nur mittelbar, da die Elektronikbranche Produkte einer langen und globalisierten Wertschöpfungskette nutzt. Relevant für Deutschland sind die folgenden Unterziele:

- 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.)

Die Schnittstellen zur neuen Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ ergeben 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
- f. unter Einhaltung betrieblicher Regelungen im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und **sozial nachhaltigen Entwicklung zusammenarbeiten und adressatengerecht kommunizieren**

Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- DGB Index Gute Arbeit
- Die Position der Arbeitgeber
- Prekäre Beschäftigungsverhältnisse
- Kinderarbeit
- Gender Pay Gap
- Deutsches Sorgfaltspflichtengesetz
- Arbeitsbedingungen bei Elektronikherstellern

## SDG 9: “Industrie, Innovation und Infrastruktur”

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

In SDG 9 geht es um die Etablierung nachhaltiger und widerstandsfähiger Infrastrukturen und die Förderung einer inklusiven und nachhaltigen Industrialisierung. Industrien sollen nachhaltiger werden - mit einem effizienteren Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse. Exemplarisch sollen hier zwei Unterziele betrachtet werden: (Destatis o. J.):

- 9.2 Eine inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und bis 2030 den Anteil der Industrie an der Beschäftigung und am Bruttoinlandsprodukt entsprechend den nationalen Gegebenheiten erheblich steigern und den Anteil in den am wenigsten entwickelten Ländern verdoppeln.
- 9.4 Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen

Sowohl bei der Nachrüstung der Industrie für eine verbesserte nachhaltige Produktion als auch bei der Modernisierung der Infrastruktur ist die Digitalisierung von größter Bedeutung (Unterziel 9.4). Die Steuerung der Infrastrukturnetze, die Strom-, Gas- und Wasserversorgung, Bahnen und Flugzeuge (und zukünftig auch PKWs), die Produktion in Industrie und Gewerbe, das Gebäudemanagement und die Logistik - all dies sind Bereiche, die auf Digitalisierung angewiesen sind. In Politik und Forschung haben hierbei der Begriff Industrie 4.0 geprägt (BMWK o.J.): *“Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie.”* Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Globale Wertschöpfungsketten
- EU-Ecodesign in Konstruktion und Herstellung
- Versorgungssicherheit mit “kritischen” Rohstoffen
- Kritische Rohstoffe
- Digitale Zwillinge
- Digitale Landwirtschaft
- Cloud Computing
- Elektroaltgeräte und Recycling

- Beschaffung und Gütesiegel

## SDG 12: “Nachhaltige/r Konsum und Produktion”

### “Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen”

Dieses SDG 12 zielt auf die nachhaltige und effiziente Nutzung der Ressourcen ab aus der Perspektive der Produzenten und der Konsumenten. Ressourcen sind alle Stoffe der Natur (Mineralien und Metalle, biotische Ressourcen wie Holz oder Baumwolle), aber auch Luft, Wasser und Boden (vgl. ProgRes 2016). Abfälle sollen vermieden oder recycelt und gefährliche Abfälle sicher entsorgt werden.

- 12.2 Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen
- 12.3 Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung ... auf ein Mindestmaß beschränken
- 12.3 Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern

Für die Elektroniker und die Elektronikerin aller Fachrichtungen sind fast alle, aber besonders die obigen drei Unterziele relevant. Wie schon bei den anderen SDG ist dies vor allem damit begründet, dass jegliche industrielle und gewerbliche Produktion immer auf einer effizienten Elektronik basiert. Aber gleichzeitig ist es auch die Elektronik, die zu immer noch nicht gut recycelbaren Elektroschrott führt. Es ist die Elektronik, die in ihren Bauteilen verschwindend geringe Mengen an wichtigen Metallen verwendet, so dass diese nie aufgearbeitet und recycelt werden können. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Rohstoffverbrauch der Elektronik und Elektrotechnik
- Biobasierte Kunststoffe
- Verpackungen von Elektro- und Elektronikprodukten
- Lithium- Ionen-Batterien und Ressourcen
- Mikrokondensatoren und Ressourcen
- Leuchtdioden und Ressourcen
- Leitungen und Ressourcen
- Obsoleszenz von Elektro- und Elektronikgeräten

## SDG 13: “Maßnahmen zum Klimaschutz”

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

Das SDG 13, gehört zu den besonders 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):

- 13.3: 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.

Das SDG fordert von allen Akteuren, daran mitzuwirken, den Klimawandel zu verhindern oder abzuschwächen. Dies ist jedoch nicht sehr einfach. Einerseits können Elektroniker und Elektronikerinnen durch Effizienzsteigerungen in energetischen Systemen, in der Industrie- und in der gewerblichen Produktion Beiträge zur Minderung von Emissionen leisten. Aber andererseits entwickeln sie Produkte, die einen steigenden Energieverbrauch fördern. Ein Beispiel hierfür sind Klimaanlageanlagen, die in heißen Ländern genutzt werden, ohne dass diese Länder einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien haben. Folgende Themen mit Relevanz für Elektroniker und Elektronikerinnen gibt es zu diesem SDG:

- Energieeinsparung durch Energieeffizienz
- Energieeinsparung durch Energieeffizienz
- Lebenszyklus und Kreislauffähigkeit
- Klimaschutz durch digitale Suffizienz

## 6. Unterrichts- und Ausbildungsmodul

Auf dem Weg zur Erreichung der angestrebten 17 Ziele nachhaltiger Entwicklung leistet Bildung die wichtigsten Beiträge. Allen Menschen den Zugang zu Faktenwissen und Informationen zu ermöglichen, ist als Ziel in SDG 4 formuliert. Dies ist eine Grundlage, um sie in die Lage zu versetzen, den Herausforderungen gerecht werdende Entscheidungen zu treffen. Weiterhin ermöglicht Bildung methodische Vorgehensweisen und Wege der Transformation zu erkunden, zu reflektieren und in geplante Handlungen zu übersetzen. Es liegt demnach an jedem und jeder Einzelnen, entsprechend der beruflichen Tätigkeit und der Lebenssituation relevante Informationen und Netzwerke zu nutzen, um die ökologischen, sozio-kulturellen,

wirtschaftlichen und politischen Wechselwirkungen des Handelns mit den Herausforderungen zum Erhalt des Lebensraumes Erde zu verknüpfen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung kann als Querschnittsaufgabe im Unterricht der Berufsschule verstanden werden. Anhand der Auseinandersetzung mit den 17 Zielen sollen junge Menschen (aber auch Mitarbeiter\*innen in Betrieben) zu zukunftsfähigem Denken und Handeln eingeladen und befähigt werden, die Auswirkungen ihres eigenen Handelns auf die Welt zu verstehen. Die 17 Ziele berühren alle Lebensbereiche und fokussieren jeweils auf unterschiedliche Teilbereiche von Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft; sie stehen untereinander in Wechselbeziehung bzw. überlappen sich wechselseitig. Alle Themen der Berufstätigkeit und des Unterrichts können in Beziehung zu einem oder mehreren Zielen betrachtet werden, wodurch im Verlauf der Ausbildung das komplexe Bild der Nachhaltigkeit in seiner Ganzheit und Komplexität sichtbar wird.

## 6.1 Unterrichtseinheit: Umsetzung der SDG's

Im Rahmen der Standardberufsbildposition A1 in Verbindung mit den geforderten Fähigkeiten Fertigkeiten und Kenntnissen gemäß Rahmenlehrplan Lernfeld 1

- "Sie respektieren gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Anforderungen und leiten daraus eigene Wertvorstellungen ab,"

setzen sich die Schülerinnen und Schüler damit auseinander: Inwieweit hat die Umsetzung der SDG's Einfluss auf Ihre Lebens-, Umwelt- und Arbeitsbedingungen. Daraus wird folgende Fertigkeit, Kenntnis und Kompetenz generiert:

- "Nachvollziehen" können, inwieweit die Verwirklichung der SDG Einfluss auf die Umwelt und das Berufsleben der SuS haben.

Die Schülerinnen und Schüler sollen am Ende dieser Unterrichtsstunde in der Lage sein, SDG's zu benennen und ihre Bedeutung für ihren Beruf nachvollziehen können. Dabei sollen Bezüge zu ihren persönlichen Lebensumständen hergestellt werden und Vergleiche mit den entsprechenden Bedingungen von Menschen von ausgewählten Standorten in der Welt angestellt werden. Dabei erfahren sie, dass das Erreichen eines Zieles immer Konflikte zwischen Interessen, Eigenschaften etc. mit sich bringt.

## 6.2 Durchführung

### 6.1.2.1 Einstieg (schülerbezug, Motivation)

Als Einstieg wird ein Poster/Bild gezeigt mit Menschen, die auf den Bahngleisen gehen (Material s.u.). Hiermit soll das Interesse der SuS geweckt werden und sie werden aufgefordert, spontan zu äußern, was sie mit dem Bild verbinden. Erwartungsgemäß werden sie darauf kommen, dass es sich um Flüchtlinge handelt, die auf dem Weg nach

Europa sind. Damit soll eine Motivation geweckt werden, weil die Folgen von Migration einen hohen Schülerbezug haben.

#### 6.1.2.2 Information/Planung (Erkennen)

Die Lehrkraft fordert die SuS auf Metaplankarten jeweils drei Schlagworte zu skizzieren, die einen Grund nennen, warum die Menschen aus ihrer Heimat zu uns kommen. Mit dieser Methode soll erreicht werden, dass sich die SuS differenziert mit dem Thema auseinandersetzen. Unter Anleitung sollten die Nennungen nach den Faktoren:

- Demografische und wirtschaftliche Faktoren
- Sozialpolitische Faktoren
- Umweltfaktoren

geclustert werden, um die Ursachen von Flucht nach den o.a. Grundsätzen einteilen zu können. Um die Begriffe Pull- und Push-Faktoren kennenzulernen, werden die SuS aufgefordert, auf den von ihnen verfassten Karten zu vermerken, ob es sich bei dem Argument um einen Push- oder Pull-Faktor handelt. Nach einer kurzen Phase der Abstimmung und Klärung von Fragen kann zur Verdeutlichung, dass Flucht und Migration zu jeder Zeit gegenwärtig war, der Film Geschichte der Migration gezeigt werden. Im abschließend Plenum, geführt als Diskussion, sollte herausgearbeitet werden, dass die Ursachen von Migrationsbewegungen differenziert zu betrachten sind und unterschiedliche Lebensumstände der Menschen die Motivation zur Flucht bilden. Die SuS erkennen, dass die Lebensumstände der Menschen einen bestimmten Standard erfüllen müssen.

#### 6.1.2.3 Durchführung

Die Lehrkraft stellt den SuS die SDG's vor in Form eines Erklärvideos, das die 17 Ziele beschreibt. Hiermit soll den SuS ein Lösungsansatz zur Verbesserung der Lebensumständen aufgezeigt werden.

## Quellenverzeichnis

- 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)
- Destatis Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online:  
<http://sdg-indikatoren.de/>
- UBA Umweltbundesamt (2021): Ressourcennutzung und ihre Folgen. Online:  
[www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen](http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen)

- destatis (o.J.): Internationale Arbeitsorganisation (ILO)-Arbeitsmarktstatistik. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Methoden/Erlaeuterungen/erlaeterungen-arbeitsmarktstatistik-ilo.html>
- 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](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/publication)
- 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)
- BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (o.J.): Außenwirtschaftsrecht. Online: [www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Aussenwirtschaft/aussenwirtschaftsrecht.html](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Aussenwirtschaft/aussenwirtschaftsrecht.html)
- ProgRess (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm: Forschungsbericht. Online: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Ressourceneffizienz/progress\\_II\\_broschuere\\_de\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_II_broschuere_de_bf.pdf)

## Anhang - SDGs der Agenda 2023

Tabelle: Bewertung eines Produktes oder einer Technologie in der sozialen und der ökonomischen Dimension

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<b>SDG 1: KEINE ARMUT - "Armut in allen ihren Formen und überall beenden"</b>		
1.1 Bis 2030 die extreme Armut – gegenwärtig definiert als der Anteil der Menschen, die mit weniger als 1.25 US-Dollar pro Tag auskommen müssen – für alle Menschen überall auf der Welt beseitigen		
1.2 Bis 2030 den Anteil der Männer, Frauen und Kinder jeden Alters, die in Armut in all ihren Dimensionen nach der jeweiligen nationalen Definition leben, mindestens um die Hälfte senken		
1.3 Den nationalen Gegebenheiten entsprechende Sozialschutzsysteme und -maßnahmen für alle umsetzen, einschließlich eines Basisschutzes, und bis 2030 eine breite Versorgung der Armen und Schwachen erreichen		
1.4 Bis 2030 sicherstellen, dass alle Männer und Frauen, insbesondere die Armen und Schwachen, die gleichen Rechte auf wirtschaftliche Ressourcen sowie Zugang zu grundlegenden Diensten, Grundeigentum und Verfügungsgewalt über Grund und Boden und sonstigen Vermögensformen, Erbschaften, natürlichen Ressourcen, geeigneten neuen Technologien und Finanzdienstleistungen einschließlich Mikrofinanzierung haben		
1.5 Bis 2030 die Widerstandsfähigkeit der Armen und der Menschen in prekären Situationen erhöhen und ihre Exposition und Anfälligkeit gegenüber klimabedingten Extremereignissen und anderen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Schocks und Katastrophen verringern		
1.a Eine erhebliche Mobilisierung von Ressourcen aus einer Vielzahl von Quellen gewährleisten, einschließlich durch verbesserte Entwicklungszusammenarbeit, um den Entwicklungsländern und insbesondere den am wenigsten entwickelten Ländern ausreichende und berechenbare Mittel für die Umsetzung von Programmen und Politiken zur Beendigung der Armut in all ihren Dimensionen bereitzustellen		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
1.b Auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene solide politische Rahmen auf der Grundlage armutsorientierter und geschlechtersensibler Entwicklungsstrategien schaffen, um beschleunigte Investitionen in Maßnahmen zur Beseitigung der Armut zu unterstützen		
<b>SDG 2: KEIN HUNGER - “Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern”</b>		
2.1 Bis 2030 den Hunger beenden und sicherstellen, dass alle Menschen, insbesondere die Armen und Menschen in prekären Situationen, einschließlich Kleinkindern, ganzjährig Zugang zu sicheren, nährstoffreichen und ausreichenden Nahrungsmitteln haben		
2.2 Bis 2030 alle Formen der Fehlernährung beenden, einschließlich durch Erreichung der international vereinbarten Zielvorgaben in Bezug auf Wachstumshemmung und Auszehrung bei Kindern unter 5 Jahren bis 2025, und den Ernährungsbedürfnissen von heranwachsenden Mädchen, schwangeren und stillenden Frauen und älteren Menschen Rechnung tragen		
2.3 Bis 2030 die landwirtschaftliche Produktivität und die Einkommen von kleinen Nahrungsmittelproduzenten, insbesondere von Frauen, Angehörigen indigener Völker, landwirtschaftlichen Familienbetrieben, Weidetierhaltern und Fischern, verdoppeln, unter anderem durch den sicheren und gleichberechtigten Zugang zu Grund und Boden, anderen Produktionsressourcen und Betriebsmitteln, Wissen, Finanzdienstleistungen, Märkten sowie Möglichkeiten für Wertschöpfung und außerlandwirtschaftliche Beschäftigung		
2.4 Bis 2030 die Nachhaltigkeit der Systeme der Nahrungsmittelproduktion sicherstellen und resiliente landwirtschaftliche Methoden anwenden, die die Produktivität und den Ertrag steigern, zur Erhaltung der Ökosysteme beitragen, die Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen, extreme Wetterereignisse, Dürren, Überschwemmungen und andere Katastrophen erhöhen und die Flächen und Bodenqualität schrittweise verbessern		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>2.5 Bis 2020 die genetische Vielfalt von Saatgut, Kulturpflanzen sowie Nutz und Haustieren und ihren wildlebenden Artverwandten bewahren, unter anderem durch gut verwaltete und diversifizierte Saatgut und Pflanzenbanken auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene, und den Zugang zu den Vorteilen aus der Nutzung der genetischen Ressourcen und des damit verbundenen traditionellen Wissens sowie die ausgewogene und gerechte Aufteilung dieser Vorteile fördern, wie auf internationaler Ebene vereinbart</p>		
<p>2.a Die Investitionen in die ländliche Infrastruktur, die Agrarforschung und landwirtschaftliche Beratungsdienste, die Technologieentwicklung sowie Genbanken für Pflanzen und Nutztiere erhöhen, unter anderem durch verstärkte internationale Zusammenarbeit, um die landwirtschaftliche Produktionskapazität in den Entwicklungsländern und insbesondere den am wenigsten entwickelten Ländern zu verbessern</p>		
<p>2.b Handelsbeschränkungen und -verzerrungen auf den globalen Agrarmärkten korrigieren und verhindern, unter anderem durch die parallele Abschaffung aller Formen von Agrarexportsubventionen und aller Export Maßnahmen mit gleicher Wirkung im Einklang mit dem Mandat der DOHA-ENTWICKLUNGSRUNDE</p>		
<p>2.c Maßnahmen zur Gewährleistung des reibungslosen Funktionierens der Märkte für Nahrungsmittelrohstoffe und ihre Derivate ergreifen und den raschen Zugang zu Marktinformationen, unter anderem über Nahrungsmittelreserven, erleichtern, um zur Begrenzung der extremen Schwankungen der Nahrungsmittelpreise beizutragen</p>		
<p><b>SDG 3: GESUNDHEIT UND WOHLBEFINDEN - "Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern"</b></p>		
<p>3.1 Bis 2030 die weltweite Müttersterblichkeit auf unter 70 je 100 000 Lebendgeburten senken</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
3.2 Bis 2030 den vermeidbaren Todesfällen bei Neugeborenen und Kindern unter 5 Jahren ein Ende setzen, mit dem von allen Ländern zu verfolgenden Ziel, die Sterblichkeit bei Neugeborenen mindestens auf 12 je 1 000 Lebendgeburten und bei Kindern unter 5 Jahren mindestens auf 25 je 1.000 Lebendgeburten zu senken		
3.3 Bis 2030 die Aids-, Tuberkulose und Malaria Epidemien und die vernachlässigten Tropenkrankheiten beseitigen und Hepatitis, durch Wasser übertragene Krankheiten und andere übertragbare Krankheiten bekämpfen		
3.4 Bis 2030 die vorzeitige Sterblichkeit aufgrund von nichtübertragbaren Krankheiten durch Prävention und Behandlung um ein Drittel senken und die psychische Gesundheit und das Wohlergehen fördern		
3.5 Die Prävention und Behandlung des Substanzmissbrauchs, namentlich des Suchtstoffmissbrauchs und des schädlichen Gebrauchs von Alkohol, verstärken		
3.6 Bis 2020 die Zahl der Todesfälle und Verletzungen infolge von Straßenverkehrsunfällen weltweit halbieren		
3.7 Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu sexual und reproduktionsmedizinischer Versorgung, einschließlich Familienplanung, Information und Aufklärung, und die Einbeziehung der reproduktiven Gesundheit in nationale Strategien und Programme gewährleisten		
3.8 Die allgemeine Gesundheitsversorgung, einschließlich der Absicherung gegen finanzielle Risiken, den Zugang zu hochwertigen grundlegenden Gesundheitsdiensten und den Zugang zu sicheren, wirksamen, hochwertigen und bezahlbaren unentbehrlichen Arzneimitteln und Impfstoffen für alle erreichen		
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		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
3.a Die Durchführung des RAHMENÜBEREINKOMMENS DER WELTGESUNDHEITSORGANISATION ZUR EINDÄMMUNG DES TABAKGEBRAUCHS in allen Ländern in geeigneter Weise stärken		
3.b Forschung und Entwicklung zu Impfstoffen und Medikamenten für übertragbare und nichtübertragbare Krankheiten, von denen hauptsächlich Entwicklungsländer betroffen sind, unterstützen, den Zugang zu bezahlbaren unentbehrlichen Arzneimitteln und Impfstoffen gewährleisten, im Einklang mit der ERKLÄRUNG VON DOHA ÜBER DAS TRIPS-ÜBEREINKOMMEN UND DIE ÖFFENTLICHE GESUNDHEIT, die das Recht der Entwicklungsländer bekräftigt, die Bestimmungen in dem ÜBEREINKOMMEN ÜBER HANDELSBEZOGENE ASPEKTE DER RECHTE DES GEISTIGEN EIGENTUMS über Flexibilitäten zum Schutz der öffentlichen Gesundheit voll auszuschöpfen, und insbesondere den Zugang zu Medikamenten für alle zu gewährleisten		
3.c Die Gesundheitsfinanzierung und die Rekrutierung, Aus und Weiterbildung und Bindung von Gesundheitsfachkräften in den Entwicklungsländern und insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern und den kleinen Inselentwicklungsländern deutlich erhöhen		
3.d Die Kapazitäten aller Länder, insbesondere der Entwicklungsländer, in den Bereichen Frühwarnung, Risikominderung und Management nationaler und globaler Gesundheitsrisiken stärken		
<b>SDG 4: HOCHWERTIGE BILDUNG - "Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern"</b>		
4.1 Bis 2030 sicherstellen, dass alle Mädchen und Jungen gleichberechtigt eine kostenlose und hochwertige Grund und Sekundarschulbildung abschließen, die zu brauchbaren und effektiven Lernergebnissen führt		
4.2 Bis 2030 sicherstellen, dass alle Mädchen und Jungen Zugang zu hochwertiger frühkindlicher Erziehung, Betreuung und Vorschulbildung erhalten, damit sie auf die Grundschule vorbereitet sind		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
4.3 Bis 2030 den gleichberechtigten Zugang aller Frauen und Männer zu einer erschwinglichen und hochwertigen fachlichen, beruflichen und tertiären Bildung einschließlich universitärer Bildung gewährleisten		
4.4 Bis 2030 die Zahl der Jugendlichen und Erwachsenen wesentlich erhöhen, die über die entsprechenden Qualifikationen einschließlich fachlicher und beruflicher Qualifikationen für eine Beschäftigung, eine menschenwürdige Arbeit und Unternehmertum verfügen		
4.5 Bis 2030 geschlechtsspezifische Disparitäten in der Bildung beseitigen und den gleichberechtigten Zugang der Schwachen in der Gesellschaft, namentlich von Menschen mit Behinderungen, Angehörigen indigener Völker und Kindern in prekären Situationen, zu allen Bildungs und Ausbildungs Ebenen gewährleisten		
4.6 Bis 2030 sicherstellen, dass alle Jugendlichen und ein erheblicher Anteil der männlichen und weiblichen Erwachsenen lesen, schreiben und rechnen lernen		
4.7 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		
4.a Bildungseinrichtungen bauen und ausbauen, die kinder-, behinderten und geschlechtergerecht sind und eine sichere, gewaltfreie, inklusive und effektive Lernumgebung für alle bieten		
4.b Bis 2020 weltweit die Zahl der verfügbaren Stipendien für Entwicklungsländer, insbesondere für die am wenigsten entwickelten Länder, die kleinen Inselentwicklungsländer und die afrikanischen Länder, zum Besuch einer Hochschule, einschließlich zur Berufsbildung und zu Informations und Kommunikationstechnik-, Technik-, Ingenieurs und Wissenschaftsprogrammen, in entwickelten Ländern und in anderen Entwicklungsländern wesentlich erhöhen		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
4.c Bis 2030 das Angebot an qualifizierten Lehrkräften unter anderem durch internationale Zusammenarbeit im Bereich der Lehrerausbildung in den Entwicklungsländern und insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern und kleinen Inselentwicklungsländern wesentlich erhöhen		
<b>SDG 5: GESCHLECHTERGERECHTIGKEIT - "Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen"</b>		
5.1 Alle Formen der Diskriminierung von Frauen und Mädchen überall auf der Welt beenden		
5.2 Alle Formen von Gewalt gegen alle Frauen und Mädchen im öffentlichen und im privaten Bereich einschließlich des Menschenhandels und sexueller und anderer Formen der Ausbeutung beseitigen		
5.3 Alle schädlichen Praktiken wie Kinderheirat, Frühverheiratung und Zwangsheirat sowie die Genitalverstümmelung bei Frauen und Mädchen beseitigen		
5.4 Unbezahlte Pflege und Hausarbeit durch die Bereitstellung öffentlicher Dienstleistungen und Infrastrukturen, Sozial Schutzmaßnahmen und die Förderung geteilter Verantwortung innerhalb des Haushalts und der Familie entsprechend den nationalen Gegebenheiten anerkennen und wertschätzen		
5.5 Die volle und wirksame Teilhabe von Frauen und ihre Chancengleichheit bei der Übernahme von Führungsrollen auf allen Ebenen der Entscheidungsfindung im politischen, wirtschaftlichen und öffentlichen Leben sicherstellen		
5.6 Den allgemeinen Zugang zu sexueller und reproduktiver Gesundheit und reproduktiven Rechten gewährleisten, wie im Einklang mit dem AKTIONSPROGRAMM DER INTERNATIONALEN KONFERENZ ÜBER BEVÖLKERUNG UND ENTWICKLUNG, der AKTIONSPLATTFORM VON BEIJING und den Ergebnisdokumenten ihrer Überprüfungskonferenzen vereinbart		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
5.a Reformen durchführen, um Frauen die gleichen Rechte auf wirtschaftliche Ressourcen sowie Zugang zu Grundeigentum und zur Verfügungsgewalt über Grund und Boden und sonstige Vermögensformen, zu Finanzdienstleistungen, Erbschaften und natürlichen Ressourcen zu verschaffen, im Einklang mit den nationalen Rechtsvorschriften		
5.b Die Nutzung von Grundlagentechnologien, insbesondere der Informations und Kommunikationstechnologien, verbessern, um die Selbstbestimmung der Frauen zu fördern		
5.c Eine solide Politik und durchsetzbare Rechtsvorschriften zur Förderung der Gleichstellung der Geschlechter und der Selbstbestimmung aller Frauen und Mädchen auf allen Ebenen beschließen und verstärken		
<b>SDG 6: SAUBERE WASSER UND SANITÄREINRICHTUNGEN - "Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten"</b>		
6.1 Bis 2030 den allgemeinen und gerechten Zugang zu einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser für alle erreichen		
6.2 Bis 2030 den Zugang zu einer angemessenen und gerechten Sanitärversorgung und Hygiene für alle erreichen und der Notdurftverrichtung im Freien ein Ende setzen, unter besonderer Beachtung der Bedürfnisse von Frauen und Mädchen und von Menschen in prekären Situationen		
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		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
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		
6.a Bis 2030 die internationale Zusammenarbeit und die Unterstützung der Entwicklungsländer beim Kapazitätsaufbau für Aktivitäten und Programme im Bereich der Wasser und Sanitärversorgung ausbauen, einschließlich der Wassersammlung und -speicherung, Entsalzung, effizienten Wassernutzung, Abwasserbehandlung, Wiederaufbereitungs und Wiederverwendungstechnologien		
6.b Die Mitwirkung lokaler Gemeinwesen an der Verbesserung der Wasserbewirtschaftung und der Sanitärversorgung unterstützen und verstärken		
<b>SDG 7: BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGI - "Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern"</b>		
7.1 Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen sichern		
7.2 Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen		
7.3 Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln		
7.a Bis 2030 die internationale Zusammenarbeit verstärken, um den Zugang zur Forschung und Technologie im Bereich saubere Energie, namentlich erneuerbare Energie, Energieeffizienz sowie fortschrittliche und saubere Technologien für fossile Brennstoffe, zu erleichtern, und Investitionen in die Energieinfrastruktur und saubere Energietechnologien fördern		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>7.b Bis 2030 die Infrastruktur ausbauen und die Technologie modernisieren, um in den Entwicklungsländern und insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern, den kleinen Inselentwicklungsländern und den Binnenentwicklungsländern im Einklang mit ihren jeweiligen Unterstützungsprogrammen moderne und nachhaltige Energiedienstleistungen für alle bereitzustellen</p>		
<p><b>SDG 8: MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTSWACHSTUM - “Dauerhaftes, inklusives und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern”</b></p>		
<p>8.1 Ein Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum entsprechend den nationalen Gegebenheiten und insbesondere ein jährliches Wachstum des Bruttoinlandsprodukts von mindestens 7 Prozent in den am wenigsten entwickelten Ländern aufrechterhalten</p>		
<p>8.2 Eine höhere wirtschaftliche Produktivität durch Diversifizierung, technologische Modernisierung und Innovation erreichen, einschließlich durch Konzentration auf mit hoher Wertschöpfung verbundene und arbeitsintensive Sektoren</p>		
<p>8.3 Entwicklungsorientierte Politiken fördern, die produktive Tätigkeiten, die Schaffung menschenwürdiger Arbeitsplätze, Unternehmertum, Kreativität und Innovation unterstützen, und die Formalisierung und das Wachstum von Kleinst-, Klein und Mittelunternehmen unter anderem durch den Zugang zu Finanzdienstleistungen begünstigen</p>		
<p>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</p>		
<p>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</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
8.6 Bis 2020 den Anteil junger Menschen, die ohne Beschäftigung sind und keine Schul oder Berufsausbildung durchlaufen, erheblich verringern		
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 jeder 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		
8.9 Bis 2030 Politiken zur Förderung eines nachhaltigen Tourismus erarbeiten und umsetzen, der Arbeitsplätze schafft und die lokale Kultur und lokale Produkte fördert		
8.10 Die Kapazitäten der nationalen Finanzinstitutionen stärken, um den Zugang zu Bank-, Versicherungs und Finanzdienstleistungen für alle zu begünstigen und zu erweitern		
8.a Die im Rahmen der HANDELSHILFE gewährte Unterstützung für die Entwicklungsländer und insbesondere die am wenigsten entwickelten Länder erhöhen, unter anderem durch den ERWEITERTEN INTEGRIERTEN RAHMENPLAN FÜR HANDELSBEZOGENE TECHNISCHE HILFE FÜR DIE AM WENIGSTEN ENTWICKELTEN LÄNDER		
8.b Bis 2020 eine globale Strategie für Jugendbeschäftigung erarbeiten und auf den Weg bringen und den GLOBALEN BESCHÄFTIGUNGSPAKT DER INTERNATIONALEN ARBEITSORGANISATION umsetzen		
<b>SDG 9: INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR - "Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen"</b>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>9.1 Eine hochwertige, verlässliche, nachhaltige und widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, einschließlich regionaler und grenzüberschreitender Infrastruktur, um die wirtschaftliche Entwicklung und das menschliche Wohlergehen zu unterstützen, und dabei den Schwerpunkt auf einen erschwinglichen und gleichberechtigten Zugang für alle legen</p>		
<p>9.2 Eine inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und bis 2030 den Anteil der Industrie an der Beschäftigung und am Bruttoinlandsprodukt entsprechend den nationalen Gegebenheiten erheblich steigern und den Anteil in den am wenigsten entwickelten Ländern verdoppeln</p>		
<p>9.3 Insbesondere in den Entwicklungsländern den Zugang kleiner Industrie und anderer Unternehmen zu Finanzdienstleistungen, einschließlich bezahlbaren Krediten, und ihre Einbindung in Wertschöpfungsketten und Märkte erhöhen</p>		
<p>9.4 Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen</p>		
<p>9.5 Die wissenschaftliche Forschung verbessern und die technologischen Kapazitäten der Industriesektoren in allen Ländern und insbesondere in den Entwicklungsländern ausbauen und zu diesem Zweck bis 2030 unter anderem Innovationen fördern und die Anzahl der im Bereich Forschung und Entwicklung tätigen Personen je 1 Million Menschen sowie die öffentlichen und privaten Ausgaben für Forschung und Entwicklung beträchtlich erhöhen</p>		
<p>9.a Die Entwicklung einer nachhaltigen und widerstandsfähigen Infrastruktur in den Entwicklungsländern durch eine verstärkte finanzielle, technologische und technische Unterstützung der afrikanischen Länder, der am wenigsten entwickelten Länder, der Binnenentwicklungsländer und der kleinen Inselentwicklungsländer erleichtern</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
9.b Die einheimische Technologieentwicklung, Forschung und Innovation in den Entwicklungsländern unterstützen, einschließlich durch Sicherstellung eines förderlichen politischen Umfelds, unter anderem für industrielle Diversifizierung und Wertschöpfung im Rohstoffbereich		
9.c Den Zugang zur Informations und Kommunikationstechnologie erheblich erweitern sowie anstreben, in den am wenigsten entwickelten Ländern bis 2020 einen allgemeinen und erschwinglichen Zugang zum Internet bereitzustellen		
<b>SDG 10: WENIGER UNGLEICHHEITEN - "Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern"</b>		
Bis 2030 nach und nach ein über dem nationalen Durchschnitt liegendes Einkommenswachstum der ärmsten 40 Prozent der Bevölkerung erreichen und aufrechterhalten		
10.2 Bis 2030 alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung, Rasse, Ethnizität, Herkunft, Religion oder wirtschaftlichem oder sonstigem Status zu Selbstbestimmung befähigen und ihre soziale, wirtschaftliche und politische Inklusion fördern		
10.3 Chancengleichheit gewährleisten und Ungleichheit der Ergebnisse reduzieren, namentlich durch die Abschaffung diskriminierender Gesetze, Politiken und Praktiken und die Förderung geeigneter gesetzgeberischer, politischer und sonstiger Maßnahmen in dieser Hinsicht		
10.4 Politische Maßnahmen beschließen, insbesondere fiskalische, lohnpolitische und den Sozialschutz betreffende Maßnahmen, und schrittweise größere Gleichheit erzielen		
10.5 Die Regulierung und Überwachung der globalen Finanzmärkte und -institutionen verbessern und die Anwendung der einschlägigen Vorschriften verstärken		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
10.6 Eine bessere Vertretung und verstärkte Mitsprache der Entwicklungsländer bei der Entscheidungsfindung in den globalen internationalen Wirtschafts und Finanzinstitutionen sicherstellen, um die Wirksamkeit, Glaubwürdigkeit, Rechenschaftslegung und Legitimation dieser Institutionen zu erhöhen		
10.7 Eine geordnete, sichere, reguläre und verantwortungsvolle Migration und Mobilität von Menschen erleichtern, unter anderem durch die Anwendung einer planvollen und gut gesteuerten Migrationspolitik		
<b>SDG 11:NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN - "Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten"</b>		
11.1 Bis 2030 den Zugang zu angemessenem, sicherem und bezahlbarem Wohnraum und zur Grundversorgung für alle sicherstellen und Slums sanieren		
11.2 Bis 2030 den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle ermöglichen und die Sicherheit im Straßenverkehr verbessern, insbesondere durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, mit besonderem Augenmerk auf den Bedürfnissen von Menschen in prekären Situationen, Frauen, Kindern, Menschen mit Behinderungen und älteren Menschen		
11.3 Bis 2030 die Verstärkung inklusiver und nachhaltiger gestalten und die Kapazitäten für eine partizipatorische, integrierte und nachhaltige Siedlungsplanung und -steuerung in allen Ländern verstärken		
11.4 Die Anstrengungen zum Schutz und zur Wahrung des Weltkultur und -naturerbes verstärken		
11.5 Bis 2030 die Zahl der durch Katastrophen, einschließlich Wasserkatastrophen, bedingten Todesfälle und der davon betroffenen Menschen deutlich reduzieren und die dadurch verursachten unmittelbaren wirtschaftlichen Verluste im Verhältnis zum globalen Bruttoinlandsprodukt wesentlich verringern, mit Schwerpunkt auf dem Schutz der Armen und von Menschen in prekären Situationen		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
11.6 Bis 2030 die von den Städten ausgehende Umweltbelastung pro Kopf senken, unter anderem mit besonderer Aufmerksamkeit auf der Luftqualität und der kommunalen und sonstigen Abfallbehandlung		
11.7 Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu sicheren, inklusiven und zugänglichen Grünflächen und öffentlichen Räumen gewährleisten, insbesondere für Frauen und Kinder, ältere Menschen und Menschen mit Behinderungen		
11.a Durch eine verstärkte nationale und regionale Entwicklungsplanung positive wirtschaftliche, soziale und ökologische Verbindungen zwischen städtischen, stadtnahen und ländlichen Gebieten unterstützen		
11.b Bis 2020 die Zahl der Städte und Siedlungen, die integrierte Politiken und Pläne zur Förderung der Inklusion, der Ressourceneffizienz, der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen beschließen und umsetzen, wesentlich erhöhen und gemäß dem SENDAI-RAHMEN FÜR KATASTROPHENVORSORGE 2015-2030 ein ganzheitliches Katastrophenrisikomanagement auf allen Ebenen entwickeln und umsetzen		
11.c Die am wenigsten entwickelten Länder unter anderem durch finanzielle und technische Hilfe beim Bau nachhaltiger und widerstandsfähiger Gebäude unter Nutzung einheimischer Materialien unterstützen		
<b>SDG 12:NACHHALTIGE/R KONSUM UND PRODUKTION - "Nachhaltige Konsum und Produktionsmuster sicherstellen"</b>		
12.1 Den ZEHNJAHRES-PROGRAMMRAHMEN FÜR NACHHALTIGE KONSUM UND PRODUKTIONSMUSTER umsetzen, wobei alle Länder, an der Spitze die entwickelten Länder, Maßnahmen ergreifen, unter Berücksichtigung des Entwicklungsstands und der Kapazitäten der Entwicklungsländer		
12.2 Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
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 während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken		
12.5 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		
12.a Die Entwicklungsländer bei der Stärkung ihrer wissenschaftlichen und technologischen Kapazitäten im Hinblick auf den Übergang zu nachhaltigeren Konsum und Produktionsmustern unterstützen		
12.b Instrumente zur Beobachtung der Auswirkungen eines nachhaltigen Tourismus, der Arbeitsplätze schafft und die lokale Kultur und lokale Produkte fördert, auf die nachhaltige Entwicklung entwickeln und anwenden		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>12.c Die ineffiziente Subventionierung fossiler Brennstoffe, die zu verschwenderischen Verbrauch verleitet, durch Beseitigung von Marktverzerrungen entsprechend den nationalen Gegebenheiten rationalisieren, unter anderem durch eine Umstrukturierung der Besteuerung und die allmähliche Abschaffung dieser schädlichen Subventionen, um ihren Umweltauswirkungen Rechnung zu tragen, wobei die besonderen Bedürfnisse und Gegebenheiten der Entwicklungsländer in vollem Umfang berücksichtigt und die möglichen nachteiligen Auswirkungen auf ihre Entwicklung in einer die Armen und die betroffenen Gemeinwesen schützenden Weise so gering wie möglich gehalten werden</p>		
<p><b>SDG 13: MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ - "Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen"</b></p>		
<p>13.1 Die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken</p>		
<p>13.2 Klimaschutzmaßnahmen in die nationalen Politiken, Strategien und Planungen einbeziehen</p>		
<p>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</p>		
<p>13.a Die Verpflichtung erfüllen, die von den Vertragsparteien des RAHMENÜBEREINKOMMENS DER VEREINTEN NATIONEN ÜBER KLIMÄÄNDERUNGEN, die entwickelte Länder sind, übernommen wurde, bis 2020 gemeinsam jährlich 100 Milliarden Dollar aus allen Quellen aufzubringen, um den Bedürfnissen der Entwicklungsländer im Kontext sinnvoller Klimaschutzmaßnahmen und einer transparenten Umsetzung zu entsprechen, und den GRÜNEN KLIMAFONDS vollständig zu operationalisieren, indem er schnellstmöglich mit den erforderlichen Finanzmitteln ausgestattet wird</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>13.b Mechanismen zum Ausbau effektiver Planungs und Managementkapazitäten im Bereich des Klimawandels in den am wenigsten entwickelten Ländern und kleinen Inselentwicklungsländern fördern, unter anderem mit gezielter Ausrichtung auf Frauen, junge Menschen sowie lokale und marginalisierte Gemeinwesen</p>		
<p><b>SDG 14: LEBEN UNTER WASSER - "Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen"</b></p>		
<p>14.1 Bis 2025 alle Arten der Meeresverschmutzung, insbesondere durch vom Lande ausgehende Tätigkeiten und namentlich Meeremüll und Nährstoffbelastung, verhüten und erheblich verringern -</p>		
<p>14.2 Bis 2020 die Meeres 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</p>		
<p>14.3 Die Versauerung der Ozeane auf ein Mindestmaß reduzieren und ihre Auswirkungen bekämpfen, unter anderem durch eine verstärkte wissenschaftliche Zusammenarbeit auf allen Ebenen</p>		
<p>14.4 Bis 2020 die Fangtätigkeit wirksam regeln und die Überfischung, die illegale, ungemeldete und unregulierte Fischerei und zerstörerische Fangpraktiken beenden und wissenschaftlich fundierte Bewirtschaftungspläne umsetzen, um die Fischbestände in kürzestmöglicher Zeit mindestens auf einen Stand zurückzuführen, der den höchstmöglichen Dauerertrag unter Berücksichtigung ihrer biologischen Merkmale sichert</p>		
<p>14.5 Bis 2020 mindestens 10 Prozent der Küsten und Meeresgebiete im Einklang mit dem nationalen Recht und dem Völkerrecht und auf der Grundlage der besten verfügbaren wissenschaftlichen Informationen erhalten</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>14.6 Bis 2020 bestimmte Formen der Fischereisubventionen untersagen, die zu Überkapazitäten und Überfischung beitragen, Subventionen abschaffen, die zu illegaler, ungemeldeter und unregulierter Fischerei beitragen, und keine neuen derartigen Subventionen einführen, in Anerkennung dessen, dass eine geeignete und wirksame besondere und differenzierte Behandlung der Entwicklungsländer und der am wenigsten entwickelten Länder einen untrennbaren Bestandteil der im Rahmen der Welthandelsorganisation geführten Verhandlungen über Fischereisubventionen bilden sollte</p>		
<p>14.7 Bis 2030 die sich aus der nachhaltigen Nutzung der Meeresressourcen ergebenden wirtschaftlichen Vorteile für die kleinen Inselentwicklungsländer und die am wenigsten entwickelten Länder erhöhen, namentlich durch nachhaltiges Management der Fischerei, der Aquakultur und des Tourismus</p>		
<p>14.a Die wissenschaftlichen Kenntnisse vertiefen, die Forschungskapazitäten ausbauen und Meerestechnologien weitergeben, unter Berücksichtigung der KRITERIEN UND LEITLINIEN DER ZWISCHENSTAATLICHEN OZEANOGRAPHISCHEN KOMMISSION FÜR DIE WEITERGABE VON MEERESTECHNOLOGIE, um die Gesundheit der Ozeane zu verbessern und den Beitrag der biologischen Vielfalt der Meere zur Entwicklung der Entwicklungsländer, insbesondere der kleinen Inselentwicklungsländer und der am wenigsten entwickelten Länder, zu verstärken</p>		
<p>14.b Den Zugang der handwerklichen Kleinfischer zu den Meeresressourcen und Märkten gewährleisten</p>		
<p>14.c Die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Ozeane und ihrer Ressourcen verbessern und zu diesem Zweck das Völkerrecht umsetzen, wie es im Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen niedergelegt ist, das den rechtlichen Rahmen für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Ozeane und ihrer Ressourcen vorgibt, worauf in Ziffer 158 des Dokuments DIE ZUKUNFT, DIE WIR WOLLEN hingewiesen wird</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<b>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"</b>		
15.1 Bis 2020 im Einklang mit den Verpflichtungen aus internationalen Übereinkünften die Erhaltung, Wiederherstellung und nachhaltige Nutzung der Land und Binnen Süßwasser Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen, insbesondere der Wälder, der Feuchtgebiete, der Berge und der Trockengebiete, gewährleisten		
15.2 Bis 2020 die nachhaltige Bewirtschaftung aller Waldarten fördern, die Entwaldung beenden, geschädigte Wälder wiederherstellen und die Aufforstung und Wiederaufforstung weltweit beträchtlich erhöhen		
15.3 Bis 2030 die Wüstenbildung bekämpfen, die geschädigten Flächen und Böden einschließlich der von Wüstenbildung, Dürre und Überschwemmungen betroffenen Flächen sanieren und eine bodendegradationsneutrale Welt anstreben		
15.4 Bis 2030 die Erhaltung der Berg Ökosysteme einschließlich ihrer biologischen Vielfalt sicherstellen, um ihre Fähigkeit zur Erbringung wesentlichen Nutzens für die nachhaltige Entwicklung zu stärken		
15.5 Umgehende und bedeutende Maßnahmen ergreifen, um die Verschlechterung der natürlichen Lebensräume zu verringern, dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende zu setzen und bis 2020 die bedrohten Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern		
15.6 Die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile und den angemessenen Zugang zu diesen Ressourcen fördern, wie auf internationaler Ebene vereinbart		
15.7 Dringend Maßnahmen ergreifen, um der Wilderei und dem Handel mit geschützten Pflanzen und Tierarten ein Ende zu setzen und dem Problem des Angebots illegaler Produkte aus wildlebenden Pflanzen und Tieren und der Nachfrage danach zu begegnen		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
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		
15.9 Bis 2020 Ökosystem und Biodiversität Werte in die nationalen und lokalen Planungen, Entwicklungsprozesse, Armutsbekämpfungsstrategien und Gesamtrechnungssysteme einbeziehen		
15.a Finanzielle Mittel aus allen Quellen für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme aufbringen und deutlich erhöhen		
15.b Erhebliche Mittel aus allen Quellen und auf allen Ebenen für die Finanzierung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder aufbringen und den Entwicklungsländern geeignete Anreize für den vermehrten Einsatz dieser Bewirtschaftungsform bieten, namentlich zum Zweck der Walderhaltung und Wiederaufforstung		
15.c Die weltweite Unterstützung von Maßnahmen zur Bekämpfung der Wilderei und des Handels mit geschützten Arten verstärken, unter anderem durch die Stärkung der Fähigkeit lokaler Gemeinwesen, Möglichkeiten einer nachhaltigen Existenzsicherung zu nutzen		
<b>SDG 16:FRIEDEN, GERECHTIGKEIT UND STARKE INSTITUTIONEN - “Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen”</b>		
16.1 Alle Formen der Gewalt und die gewaltbedingte Sterblichkeit überall deutlich verringern		
16.2 Missbrauch und Ausbeutung von Kindern, den Kinderhandel, Folter und alle Formen von Gewalt gegen Kinder beenden		
16.3 Die Rechtsstaatlichkeit auf nationaler und internationaler Ebene fördern und den gleichberechtigten Zugang aller zur Justiz gewährleisten		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
16.4 Bis 2030 illegale Finanz und Waffenströme deutlich verringern, die Wiedererlangung und Rückgabe gestohlener Vermögenswerte verstärken und alle Formen der organisierten Kriminalität bekämpfen		
16.5 Korruption und Bestechung in allen ihren Formen erheblich reduzieren		
16.6 Leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und transparente Institutionen auf allen Ebenen aufbauen		
16.7 Dafür sorgen, dass die Entscheidungsfindung auf allen Ebenen bedarfsorientiert, inklusiv, partizipatorisch und repräsentativ ist		
16.8 Die Teilhabe der Entwicklungsländer an den globalen Lenkungsinstitutionen erweitern und verstärken		
16.9 Bis 2030 insbesondere durch die Registrierung der Geburten dafür sorgen, dass alle Menschen eine rechtliche Identität haben		
16.10 Den öffentlichen Zugang zu Informationen gewährleisten und die Grundfreiheiten schützen, im Einklang mit den nationalen Rechtsvorschriften und völkerrechtlichen Übereinkünften		
16.a Die zuständigen nationalen Institutionen namentlich durch internationale Zusammenarbeit beim Kapazitätsaufbau auf allen Ebenen zur Verhütung von Gewalt und zur Bekämpfung von Terrorismus und Kriminalität unterstützen, insbesondere in den Entwicklungsländern 16.b Nichtdiskriminierende Rechtsvorschriften und Politiken zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung fördern und durchsetzen		
<b>SDG 17: PARTNERSCHAFTEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELE - Umsetzungsmittel stärken und die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen</b>		
17.1 Die Mobilisierung einheimischer Ressourcen verstärken, einschließlich durch internationale Unterstützung für die Entwicklungsländer, um die nationalen Kapazitäten zur Erhebung von Steuern und anderen Abgaben zu verbessern		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>17.2 Sicherstellen, dass die entwickelten Länder ihre Zusagen im Bereich der öffentlichen Entwicklungshilfe voll einhalten, einschließlich der von vielen entwickelten Ländern eingegangenen Verpflichtung, die Zielvorgabe von 0,7 Prozent ihres Bruttonationaleinkommens für öffentliche Entwicklungshilfe zugunsten der Entwicklungsländer und 0,15 bis 0,20 Prozent zugunsten der am wenigsten entwickelten Länder zu erreichen; den Gebern öffentlicher Entwicklungshilfe wird nahegelegt, die Bereitstellung von mindestens 0,20 Prozent ihres Bruttonationaleinkommens zugunsten der am wenigsten entwickelten Länder als Zielsetzung zu erwägen</p>		
<p>17.3 Zusätzliche finanzielle Mittel aus verschiedenen Quellen für die Entwicklungsländer mobilisieren</p>		
<p>17.4 Den Entwicklungsländern dabei behilflich sein, durch eine koordinierte Politik zur Förderung der Schuldenfinanzierung, der Entschuldung beziehungsweise der Umschuldung die langfristige Tragfähigkeit der Verschuldung zu erreichen, und das Problem der Auslandsverschuldung hochverschuldeter armer Länder angehen, um die Überschuldung zu verringern</p>		
<p>17.5 Investitionsförderungs Systeme für die am wenigsten entwickelten Länder beschließen und umsetzen</p>		
<p>17.6 Die regionale und internationale Nord-Süd und Süd-Süd-Zusammenarbeit und Dreieckskooperation im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation und den Zugang dazu verbessern und den Austausch von Wissen zu einvernehmlich festgelegten Bedingungen verstärken, unter anderem durch eine bessere Abstimmung zwischen den vorhandenen Mechanismen, insbesondere auf Ebene der Vereinten Nationen, und durch einen globalen Mechanismus zur Technologieförderung</p>		
<p>17.7 Die Entwicklung, den Transfer, die Verbreitung und die Diffusion von umweltverträglichen Technologien an die Entwicklungsländer zu gegenseitig vereinbarten günstigen Bedingungen, einschließlich Konzessions und Vorzugsbedingungen, fördern</p>		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
17.8 Die Technologie Bank und den Mechanismus zum Kapazitätsaufbau für Wissenschaft, Technologie und Innovation für die am wenigsten entwickelten Länder bis 2017 vollständig operationalisieren und die Nutzung von Grundlagentechnologien, insbesondere der Informations und Kommunikationstechnologien, verbessern		
17.9 Die internationale Unterstützung für die Durchführung eines effektiven und gezielten Kapazitätsaufbaus in den Entwicklungsländern verstärken, um die nationalen Pläne zur Umsetzung aller Ziele für nachhaltige Entwicklung zu unterstützen, namentlich im Rahmen der Nord-Süd und Süd-Süd-Zusammenarbeit und der Dreieckskooperation		
17.10 Ein universales, regel gestütztes, offenes, nicht diskriminierendes und gerechtes multilaterales Handelssystem unter dem Dach der Welthandelsorganisation fördern, insbesondere durch den Abschluss der Verhandlungen im Rahmen ihrer ENTWICKLUNGSAGENDA VON DOHA		
17.11 Die Exporte der Entwicklungsländer deutlich erhöhen, insbesondere mit Blick darauf, den Anteil der am wenigsten entwickelten Länder an den weltweiten Exporten bis 2020 zu verdoppeln		
17.12 Die rasche Umsetzung des zoll und kontingent freien Marktzugangs auf dauerhafter Grundlage für alle am wenigsten entwickelten Länder im Einklang mit den Beschlüssen der Welthandelsorganisation erreichen, unter anderem indem sichergestellt wird, dass die für Importe aus den am wenigsten entwickelten Ländern geltenden präferenziellen Ursprungsregeln transparent und einfach sind und zur Erleichterung des Marktzugangs beitragen		
17.13 Die globale makroökonomische Stabilität verbessern, namentlich durch Politikkoordinierung und Politikkohärenz		
17.14 Die Politikkohärenz zugunsten nachhaltiger Entwicklung verbessern		
17.15 Den politischen Spielraum und die Führungsrolle jedes Landes bei der Festlegung und Umsetzung von Politiken zur Armutsbeseitigung und für nachhaltige Entwicklung respektieren		

Unterziele	Pro-Argumente	Contra-Argumente
<p>17.16 Die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung ausbauen, ergänzt durch Multi-Akteur-Partnerschaften zur Mobilisierung und zum Austausch von Wissen, Fachkenntnissen, Technologie und finanziellen Ressourcen, um die Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung in allen Ländern und insbesondere in den Entwicklungsländern zu unterstützen</p>		
<p>17.17 Die Bildung wirksamer öffentlicher, öffentlich-privater und zivilgesellschaftlicher Partnerschaften aufbauend auf den Erfahrungen und Mittel Beschaffungsstrategien bestehender Partnerschaften unterstützen und fördern</p>		
<p>17.18 Bis 2020 die Unterstützung des Kapazitätsaufbaus für die Entwicklungsländer und namentlich die am wenigsten entwickelten Länder und die kleinen Inselentwicklungsländer erhöhen, mit dem Ziel, über erheblich mehr hochwertige, aktuelle und verlässliche Daten zu verfügen, die nach Einkommen, Geschlecht, Alter, Rasse, Ethnizität, Migrationsstatus, Behinderung, geografischer Lage und sonstigen im nationalen Kontext relevanten Merkmalen aufgeschlüsselt sind</p>		
<p>17.19 Bis 2030 auf den bestehenden Initiativen aufbauen, um Fortschritts Maße für nachhaltige Entwicklung zu erarbeiten, die das Bruttoinlandsprodukt ergänzen, und den Aufbau der statistischen Kapazitäten der Entwicklungsländer unterstützen</p>		



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)“