

# Werkzeugmechaniker und Werkzeugmechanikerin

IZT

Dr. Edgar Göll  
e.goell@izt.de

Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin

Webseite: [www.pa-bbne.de](http://www.pa-bbne.de)

Telefon: 030-308088-54

GEFÖRDEBT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**izt** Institut für  
Zukunftsstudien und  
Technologiebewertung

**PA-BBNE**  
Projektagentur  
Berufliche Bildung  
für nachhaltige Entwicklung  
des Partnernetzwerkes Berufliche Bildung am IZT



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
1.1 BBNE und BNE - Ziele der Projektagentur PA-BBNE	3
1.2 Die Materialien der Projektagentur	3
1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung	4
1.3.1 Die Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit"	4
1.3.2 Die Berufsbildpositionen der Ausbildungsordnung und die Lernfelder	6
1.3.3 Modulare Rahmenaufgaben	6
1.3.4 Zielkonflikte und Widersprüche	7
2. Glossar	8
3. Literatur	9
4. Tabelle 1 - Die Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit"	11
5. Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit	16
6. Unterrichts- und Ausbildungsmodul	24
6.1 Rahmenaufgabe Nachhaltigkeits- und Klimaanalyse	24
6.1.1 Analyse Rohstoffe und Halbzeuge	24
6.1.2 Energieverbrauch für Werkstoffe und im Betrieb	27
6.1.3 Reststoffe	28
7. Zielkonflikte und Widersprüche	30
7.1 Die Effizienzfalle und Widersprüche	30
7.2 Beispielhafte Zielkonflikte	31

# 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 diesen Fragen zu nähern, entwickelt die Projektagentur BBNE zwei Materialien, die von unterschiedlichen Perspektiven herkommen:

- Zum einen betrachten wir die berufliche Ausbildung, denn die Nachhaltigkeit der nächsten Jahrzehnte wird durch die jungen Generationen ausgestaltet werden. Die berufliche Ausbildung orientiert sich an den Ausbildungsordnungen und den Rahmenlehrplänen spezifisch für jedes Berufsbild. Hierzu haben wir ein Impulspapier erstellt (dieses Dokument), das die Bezüge zur wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskussion praxisnah aufzeigt.
- Zum anderen orientieren wir uns an der Agenda 2030. Die Agenda 2030 wurde im Jahr 2015 von der Weltgemeinschaft beschlossen und ist ein Fahrplan in die Zukunft (Bundesregierung o.J.). Sie umfasst die sogenannten 17 Sustainable Goals (SDG), die jeweils spezifische Herausforderungen der Nachhaltigkeit benennen (vgl. . Hierzu haben wir ein umfangreiches Hintergrundmaterial (HGR) im Sinne der Bildung für Nachhaltigkeit (BNE) erstellt, das spezifisch für unterschiedliche Berufe ist.

## 1.2 Die Materialien der Projektagentur

Die neue Standardberufsbildposition gibt aber nur den Rahmen vor. Selbst in novellierten Ausbildungsordnungen in Berufen mit großer Relevanz für wichtige Themen der Nachhaltigkeit wie z.B. dem Klimaschutz werden wichtige Fähigkeiten, Kenntnissen und Fertigkeiten in den berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen nicht genannt – obwohl die Berufe deutliche Beiträge zum Klimaschutz leisten könnten. Deshalb haben wir uns das Ziel gesetzt, Auszubildenden und Lehrkräften Hinweise im Impulspapier zusammenzustellen im Sinne einer Operationalisierung der Nachhaltigkeit für die unterschiedlichen Berufsbilder. Zur Vertiefung der stichwortartigen Operationalisierung wird jedes Impulspapier ergänzt durch eine umfassende Beschreibung derjenigen Themen, die für die berufliche Bildung wichtig sind. Dieses sogenannte Hintergrundmaterial orientiert sich im Sinne von BNE an den 17 SDGs ist

faktenorientiert und wurde nach wissenschaftlichen Kriterien erstellt. Ergänzt werden das Impulspapier und das Hintergrundmaterial durch einen Satz von Folien, die sich den Zielkonflikten widmen, da „Nachhaltigkeit das Ziel ist, für das wir den Weg gemeinsam suchen müssen“. Und dieser Weg ist nicht immer gleich für alle Branchen, Betriebe und beruflichen Handlungen, da unterschiedliche Rahmenbedingungen in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökonomie, Ökologie und Soziales – gelten können. Wir haben deshalb die folgenden Materialien entwickelt:

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

## 1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung

### 1.3.1 Die Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“

Seit August 2021 müssen auf Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) bei einer Modernisierung von Ausbildungsordnungen die 4 neuen Positionen "Organisation des Ausbildungsbetriebs, Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht", "Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit", "Umweltschutz und Nachhaltigkeit" sowie "Digitalisierte Arbeitswelt" aufgenommen werden (BiBB 2021). Insbesondere die letzten beiden Positionen unterscheiden sich deutlich von den alten Standardberufsbildpositionen.

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

Die Standardberufsbildpositionen sind allerdings allgemein gehalten, damit sie für alle Berufsbilder gelten (vgl. BMBF 2022). Eine konkrete Operationalisierung erfolgt üblicherweise durch Arbeitshilfen, die für alle Berufsausbildungen, die modernisiert werden, erstellt werden. Die Materialien der PA-BBNE ergänzen diese Arbeitshilfen mit einem Fokus auf Nachhaltigkeit und geben entsprechende Anregungen (vgl. BIBB o.J.b).

Das Impulspapier zeigt vor allem in tabellarischen Übersichten, welche Themen der Nachhaltigkeit an die Ausbildungsberufe anschlussfähig sind.

Die neue Standardberufsbildposition “Nachhaltigkeit” ist zentral für eine “Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung” (BBNE), sie umfasst die folgenden Positionen (BGB § 5 Absatz 3 Nummer 3, vgl. BGB 2022):

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

Die Schnittstellen zwischen der neuen Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit” werden in der

- [Tabelle 1 - Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”](#)

kursorisch aufgezeigt. Mit Ausnahme der Position c) werden in der Tabelle alle Positionen behandelt. Die Position c) wird hier nicht behandelt, da dies vor allem ordnungsrechtliche Maßnahmen betrifft, die zwingend zu beachten sind. Maßnahmen zur Nachhaltigkeit hingegen sind meist freiwillige Maßnahmen und können, müssen aber nicht durch das Ordnungsrecht geregelt, bzw. umgesetzt werden. In der Tabelle werden die folgenden Bezüge hergestellt:

- Spalte 1: Positionen der Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”;
- Spalte 2: Vorschläge für Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten;
- Spalte 3: Bezug zur Nachhaltigkeitsdiskussion;
- Spalte 4: Möglichen Aufgabenstellungen im Sinne der Position 3e “Vorschläge für nachhaltiges Handeln entwickeln sowie
- Spalte 5: der Zuordnung zu einem oder mehreren SDG (Verweis auf das Hintergrundmaterial).

### 1.3.2 Die Berufsbildpositionen der Ausbildungsordnung und die Lernfelder

Nachhaltigkeit sollte integrativ vermittelt werden, sie sollte auch in den berufsprofilgebenden Berufsbildpositionen verankert werden (BIBB o.J.):

- *Die berufsübergreifenden Inhalte sind von den Ausbilderinnen und Ausbildern während der gesamten Ausbildung integrativ, das heißt im Zusammenspiel mit den berufsspezifischen Fertigkeiten, Kenntnissen und Fähigkeiten, zu vermitteln.*

Aus diesem Grund haben wir die jeweiligen Berufsbildpositionen sowie die Lernfelder des gültigen Rahmenlehrplanes gleichfalls betrachtet in der Tabelle

- [Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit](#)

Die Betrachtung ist beispielhaft, es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es wurde die folgende tabellarische Darstellung gewählt:

- Spalte A: Berufsbildposition und Lernfeld(er)
- Spalte B: Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gemäß Ausbildungsordnung (AO) sowie Lernfelder des Rahmenlehrplans (RLP, kursive Zitierung). Explizite Formulierungen des RLP zu Themen der Nachhaltigkeit werden als Zitat wiedergegeben;
- Spalte C: Beispielhafte Bezüge zur Nachhaltigkeit;
- Spalte D: Referenz auf die jeweilige Position der Standardberufsbildposition (siehe Tabelle 1, Spalte A).

### 1.3.3 Modulare Rahmenaufgaben

Zur Verbesserung der Anschaulichkeit der integrativen Förderung nachhaltigkeitsorientierter Kompetenzen werden in diesem Impulspapier exemplarische Aufgabenstellungen für die betriebliche oder berufsschulische Unterrichtung vorgeschlagen. Werkzeugmechaniker/Werkzeugmechanikerinnen stellen Bauelemente und technische Systeme der Stanz- und Formentechnik, des Vorrichtungens-, Lehren- und Instrumentenbaus her. Sie montieren diese, nehmen sie in Betrieb und halten sie instand.

- Als erstes erfolgt eine Analyse der Materialien und Ressourcen (inkl. Energieeinsatz), die für exemplarische Bauelemente und technische Systeme der Stanz- und Formentechnik, des Vorrichtungens-, Lehren- und Instrumentenbaus üblicherweise genutzt werden. Im Fokus steht die Erfassung des jeweiligen Energieverbrauchs.
- Als zweites erfolgt darauf aufbauend die Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung und Einsparung des Einsatzes von Energie. Konkretes Beispiel: Datenlogger zu kontinuierlichen Messungen des Stromverbrauchs an elektrischen Antrieben, Produktionsmaschinen, Anlagen und digitalen

Kommunikationsgeräten im Betrieb einsetzen, Ergebnisse in Bezug zu Energieeinsparpotenzial auswerten.

- Alternativen untersuchen und entwickeln: Eignen sich das Dach Ihres Betriebs oder andere Flächen für eine PV- oder Windenergie Anlage? Lässt sich der Stromverbrauch in Bezug zu variablen Einstellungsmöglichkeiten von Geräten und Werkzeugen und das Einsparpotential kalkulieren und reduzieren?

Anmerkungen zur Kompetenzorientierung:

- Für die berufliche Bildung gilt das Kompetenzmodell der vollständigen Handlung (vgl. BIBB 2021:15).
- Für den Teilbereich „Unterricht der Berufsschule im Bereich Wirtschafts- und Sozialkunde gewerblich-technischer Ausbildungsberufe“: Kompetenzorientiertes Qualifikationsprofil (vgl. KMK 2021)
- Für die Allgemeinbildung im schulischen Bereich wurde ein Kompetenzmodell für den Lernbereich Globale Entwicklung von der Kultusministerkonferenz und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung erstellt (Orientierungsrahmen: KMK/BMZ 2015).

Im Orientierungsrahmen wird auf die Notwendigkeit verwiesen, Lernende derart zu qualifizieren, dass sie in einer sich stetig verändernden Lern- und Arbeitswelt handlungsfähig bleiben sollten. Aufgrund der grundlegenden Systematik - Erkennen, Bewerten, Handeln - fokussiert dieses Begleitmaterial auf die ersten beiden Stufen (Erkennen und Bewerten) der Sustainable Development Goals (SDG, Destatis 2022). Die Schnittstellen zum Kompetenzmodell der vollständigen Handlung in der Berufsbildung (BIBB 2021) sind dann deren erste drei Schritte:

- Informieren: Dies erfolgt durch die Lehrkräfte der Berufsschule bzw. die Ausbilder an Hand des Impulspapieres und des Hintergrundmaterials sowie die Unterrichtung der Berufsschüler\*innen und Auszubildenden
- Planen: Hierzu werden an die Auszubildenden Fragen auf Basis des Hintergrundmaterials bzw. auf Basis der Zielkonflikte (s.u. hier im Impulspapier) gestellt - Was ist Ihre Lösung für das genannte Problem?
- Entscheiden: Die Berufsschüler\*innen bzw. die Auszubildenden präsentieren ihre Lösung.

### 1.3.4 Zielkonflikte und Widersprüche

Zielkonflikte und Widersprüche sind bei der Suche nach dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit immanent und für einen Interessenausgleich hilfreich. In dem Kapitel 7 werden beispielhafte Zielkonflikte aufgezeigt. Ergänzend werden in dem hierzu gehörigen Dokument auch einige Folien (pptx bzw. pdf) erstellt, die für Lernprozesse verwendet werden können. Ein Beispiel für einen berufsbildbezogenen Zielkonflikt ist der folgende:

- Bei der Herstellung, Montage und Instandhaltung von Bauelementen und technischen Systemen der Stanz- und Formentechnik, des Vorrichtung-, Lehren- und Instrumentenbaus gilt es, die optimale Nutzung von Materialien und Ressourcen (vor allem Energie) und umweltschonende Arbeitsverfahren vorzusehen. Dabei wäre Ökodesign anzustreben, damit z.B. Re-Use oder Recycling von Bauteilen ermöglicht und erleichtert werden. Damit konfliktieren allerdings häufig Gewohnheiten oder auch bislang maßgebliche betriebliche Gesichtspunkte wie Kosten und Zeitaufwand.
- Der Einsatz seltener Erden oder wertvoller Rohstoffe, die unter menschenunwürdigen Bedingungen und wenig umweltfreundlichen Rahmenbedingungen gewonnen und teilweise über große Strecken bei vernichtender Ökobilanz über die Weltmeere transportiert werden.

### 1.3.5 Hinweis für handwerkliche, kaufmännische und Industriebetriebe

Die in den folgenden Tabellen 1 und 2 im didaktischen Impulspapier (IP), im Hintergrundmaterial (HGM) sowie in den Foliensätzen zu den Zielkonflikten (FS) vorgeschlagenen Hinweise zu Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten bzw. Lernfelder, Aufgabenstellungen und Zielkonflikte bilden den in 2022 aktuellen Stand der Entwicklungen in Hinsicht auf technische Verfahren, Dienstleistungen und Produkte in Bezug auf Herausforderungen der Nachhaltigkeit bzw. deren integrative Vermittlung in den verschiedenen Berufen dar. Sie enthalten Anregungen und Hinweise ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit Lesen dieses Textes sind Sie als Ausbilder:innen und Berufsschullehrkräfte eingeladen, eigene Anregungen in Bezug auf die dann jeweils aktuellen Entwicklungen in ihren Unterricht einzubringen. Als Anregungen dient diesbezüglich z.B. folgende hier allgemein formulierte Aufgabenstellung (analog zu IP, Tabelle 1), die Sie in Ihren Unterricht aufnehmen können:

Recherchieren Sie (ggf. jeweils alternativ:) Methoden, Verfahren, Materialien, Konstruktionen, Produkte oder Dienstleistungen, die den aktuellen Stand der (technischen) Entwicklung darstellen und die in Hinblick auf die Aspekte der Nachhaltigkeit (ökologisch, sozial-kulturell und/oder ökonomisch) bessere Wirkungen und/oder weniger negative Wirkungen erzielen als die Ihnen bekannten, eingeführten und „bewährten“ Ansätze.

## 2. Glossar

- AO Ausbildungsordnung
- BNE Bildung für nachhaltige Entwicklung
- BBNE Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung
- CO<sub>2</sub>-Äq Kohlendioxid-Äquivalente

- FS Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- THG Treibhausgase bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq)

### 3. Literatur

- 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 (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 (2021): Vier sind die Zukunft. Online: [www.bibb.de/de/pressemitteilung\\_139814.php](http://www.bibb.de/de/pressemitteilung_139814.php)
- 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)
- City of Amsterdam (2020): Amsterdam Circular 2020-2025 Strategy. Online: [https://assets.amsterdam.nl/publish/pages/867635/amsterdam-circular-2020-2025\\_strategy.pdf](https://assets.amsterdam.nl/publish/pages/867635/amsterdam-circular-2020-2025_strategy.pdf)
- Destatis Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: <http://sdg-indikatoren.de/>
- Europäische Kommission (2020): Widerstandsfähigkeit der EU bei kritischen Rohstoffen: Einen Pfad hin zu größerer Sicherheit und Nachhaltigkeit abstecken, Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>
- ICSG – International Copper Study Group (2021): Copper Bulletin October 2021. Nr. 28, Vol. 10
- IPT – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT (o.J.): Werkzeugbau. Online: <https://www.ipt.fraunhofer.de/de/branchen/werkzeugbau.html>

- IHK zu Düsseldorf (2018): Ausbildungsrahmenplan. Zu vermittelnde Fähigkeiten und Kenntnisse. „Industrielle Metallberufe. Werkzeugmechaniker, Werkzeugmechanikerin.“ Düsseldorf. Online: <https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/4571256/c4485a9c7324edd7dd1dc78e812df597/werkzeugmechaniker-2018-rahmenplan-data.pdf>
- KMK – Kultusministerkonferenz (2018): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Werkzeugmechaniker/Werkzeugmechanikerin. Online: <https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Werkzeugmechaniker-IH04-03-25-idF-18-02-23.pdf>
- KMK/BMZ Kultusministerkonferenz / Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2015): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Online: [www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2015/2015\\_06\\_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf)
- KMK (2021): Kompetenzorientiertes Qualifikationsprofil für den Unterricht der Berufsschule im Bereich Wirtschafts- und Sozialkunde gewerblich-technischer Ausbildungsberufe [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_06\\_17-Berufsschule-Unterricht-Wirtschafts-Sozialkunde.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-Berufsschule-Unterricht-Wirtschafts-Sozialkunde.pdf)
- UNEP – United Nations Environment Programme (2021): The use of natural resources in economy. New York und Nairobi
- VDI-Nachrichten (2022): Excellence in Production. Der beste Werkzeugbau 2022: Stepper holt zum zweiten Mal den Gesamtsieg. 27. Okt 2022, von Martin Ciupek. Online: <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/produktion/der-beste-werkzeugbau-2022-stepper-holt-zum-zweiten-mal-den-gesamtsieg/>
- Vetter, Reinhard; Walter Escherich, Andreas Stephan, Falko Wieneke, Ludwig Reißler, Stefan Oesterle, Eckhard Ignatowitz, Jürgen Burmester, Hans Dilger (2023): Fachkunde Metall (59. Auflage). Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten. <https://www.europa-lehrmittel.de/leseprobe/10129-59.pdf>
- WBA – Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH (o.J.): Aachener Werkzeugbau Akademie. Aachen. Online: <https://werkzeugbau-akademie.de/>
- WK-intern (2021): Kupferpreis auf Höhenflug – Der Kupferpreis ist über die 10.000 US-Dollar-Marke gestiegen. In: 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>

## 4. Tabelle 1 – Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”

Standardberufsbildposition	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Bezüge zur Nachhaltigkeit	Mögliche Aufgabenstellungen im Rahmen von 3e “Vorschläge für nachhaltiges Handeln entwickeln”	SDG
3a – Gesellschaft – soziale Verantwortung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesellschaftliche Rahmenbedingungen für nachhaltige Entwicklung kennen und deren Relevanz für die Tätigkeit als Werkzeugmechaniker_in einschätzen lernen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grenzen des Wachstums</li> <li>• Übernutzung der Biosphäre</li> <li>• Planetare Grenzen</li> <li>• nachhaltige Bewirtschaftung</li> <li>• nachhaltige Verfahren</li> <li>• Berichte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren über existenzbedrohende Umweltverschmutzung und -belastung („Planetare Grenzen“, „Save Operating Space“)</li> <li>• Für den Ausbildungsbetrieb nachhaltigere Verfahren recherchieren, ihre Einführung vorschlagen und ihre Aufnahme in Berichterstattung des Unternehmens unterstützen</li> <li>• Beschreiben und ausführen der Begrenztheit und Übernutzung von Materialien und Rohstoffe</li> <li>• Einordnen und Einschätzen der im Betrieb häufig eingesetzten Rohstoffe und Materialien hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit</li> <li>• Identifizieren und erläutern gesundheits- und umweltschädlicher Materialien und Werk-/Wertstoffe</li> <li>• Identifizieren und erklären der Nutzung alternativer Materialien und Werk-/Wertstoffe</li> <li>• Ermitteln von Alternativen der im Betrieb häufig eingesetzten Rohstoffe und Materialien</li> </ul>	SDG 12
3a – Gesellschaft – soziale Verantwortung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzungen industrieller Produktion wissen und insb. nachhaltige Gestaltbarkeit von Lieferketten erkennen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparenz über die Wertschöpfungs- und Lieferketten</li> <li>• menschenwürdige Arbeit in der Lieferkette</li> <li>• Auswirkungen der Rohstoffextraktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben warum es das Lieferkettensorgfaltsgesetz gibt und in welcher Form ein(e) Werkzeugmechaniker_in damit in Berührung kommt</li> <li>• Darstellung der Zusammenhänge von internationalen Arbeitsrechtsstandards (ILO) und Stationen der Lieferketten verwendeter Produkte (z.B. Bauteile oder Normteile)</li> <li>• Weltkarte der Rohstoff-Extraktionsgebiete mit der Lieferkette der im Betrieb eingesetzter Rohstoffe in Beziehung setzen</li> <li>• Ausgewählte Produkte bzw. Dienstleistungen der Werkzeugmechaniker_in als Teil eines globalen Netzwerkes</li> </ul>	SDG 8

			<p>darstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorgfaltspflichten von Unternehmen anhand eines Beispiels in Bezug zu sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit benennen und auf Produkte anwenden:</li> <li>• Bezug des Lieferkettensorgfaltsgesetz zum eigenen Betrieb beschreiben können</li> <li>• Die eigenen Tätigkeiten im Beruf unter Beachtung der Nachhaltigkeit in Bezug zu den globalen Wertschöpfungsketten und dem Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz in Verbindung setzen können</li> </ul>	
3a - Gesellschaft - Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizieren und erläutern gesundheitsschädlicher Materialien und Werk-/Wertstoffe im Arbeitsprozess sowie für Gesellschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltverträglicher Umgang mit Chemikalien</li> <li>• Todesfälle und Erkrankungen erheblich verringern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermitteln von nachhaltigen Alternativen zu den im Betrieb häufig eingesetzten Chemikalien und Materialien (weniger schädlich, umweltfreundliche Herstellung und Entsorgung, Herstellung unter hohen Standards)</li> <li>• Erlernen eines umweltverträglichen Umgangs mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und Wissen aneignen über die Verringerung ihrer Freisetzung in Luft, Wasser und Boden, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken</li> <li>• Die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund gefährlicher Chemikalien und der Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden erheblich zu verringern lernen</li> </ul>	SDG 3
3a Gesellschaft - Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kulturelle, soziale und körperliche Diversität der Menschen (physisch und kulturell) international und lokal in wertschätzender Gesprächsführung berücksichtigen</li> <li>• Digitale Übersetzung anwenden können</li> <li>• im virtuellen Raum zusammenarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversität und Gleichheit aller Menschen anerkennen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit einem Mitschüler/einer Mitschülerin mit unterschiedlicher kultureller Identität eine Arbeitsaufgabe besprechen und einander wertschätzend Feedback geben (Diversität achten)</li> <li>• Mit Mitschüler:innen mit besonderen kommunikativen Fähigkeiten (Sprachfähigkeiten/ geistigen Fähigkeiten) eine Arbeitsaufgabe besprechen und einander Feedback geben (Inklusion praktisch üben)</li> <li>• Digitale Übersetzungssoftware zur Kommunikation in einer Fremdsprache erproben, Vor- und Nachteile ermitteln und Ergebnisse im Team präsentieren</li> </ul>	SDG 7

3a - Gesellschaft - Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über die Arbeitsrechte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsrechte schützen für alle Arbeitnehmer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzen und anwenden der arbeitsrechtlichen Regelungen sowie der Vorgaben zur Arbeitssicherheit</li> <li>• Möglichkeiten erläutern, um die Arbeitsrechte zu schützen und sichere Arbeitsumgebungen für alle Arbeitnehmer, einschließlich der Wanderarbeitnehmer, insbesondere der Wanderarbeitnehmerinnen, und der Menschen in prekären Beschäftigungsverhältnissen, zu fördern</li> </ul>	SDG 8
3a - Umwelt - Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche klimaschädlichen Emissionen mit dem Einsatz wesentlicher Rohstoffe und der Nutzung wesentlicher Fertigungsverfahren verbunden sind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschwächung des Klimawandels</li> <li>• Schutz vor Klimaauswirkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checkliste möglicher Klimabelastungen von Anlagen und Werkzeugen erstellen (z..B. beinhalten Zerspanungswerkzeuge Wolfram und ähnlich seltene Metalle und Legierungen)</li> <li>• Klimafreundliche Alternativen recherchieren und betriebsbezogen erörtern (Anschlussfähigkeit, Umsetzungskonzept)</li> <li>• Ansätze für 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 aufzeigen</li> </ul>	SDG 13
3a - Gesellschaft - Umweltmanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevante nationale und internationale Leitlinien und Gütesiegel kennen</li> <li>• Monitoring der Energieverbräuche und Nutzungszeiten von Antrieben und Maschinen im Betrieb in Verbindung zu Nachhaltigkeitszielen kennen</li> <li>• Materialbedarfe und Lebensdauer von Maschinen und Antrieben hinsichtlich der Ressourceneffizienz dokumentieren können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring und Berichtsverfahren</li> <li>• Nachhaltigkeit im Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermitteln von Güte-, Qualitäts- und Nachhaltigkeitssiegeln, die bei der Auswahl und dem Einsatz von Rohstoffen und Materialien in der Produktion helfen, Umweltbelastungen zu vermeiden</li> <li>• Diskussion über Vorteile eines strukturierten Umweltmanagements</li> <li>• Erstellen eines Nachhaltigkeits-Leitfadens für lokal und bei Bedarf für globale Belange</li> <li>• Einsatz und Analyse digitaler Sensorik zur Dokumentation, Monitoring, Störungsanalyse</li> <li>• Monitoring der Nutzungs- und Stand-By-Zeiten von Maschinen und Kommunikationsgeräten mit dem Ziel der Energieeinsparung</li> </ul>	SDG 12
3b - Gesellschaft- Energie allgemein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Über effektiven Einsatz von verschiedenen Energieformen in den verschiedenen Planungen, Arbeitsabläufen und Produktionsphasen berichten und ausführen können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nachhaltige Energie</li> <li>• Erneuerbare Energie</li> <li>• Energieeffizienz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Produktionsprozesse auf vermeidbare Energieverluste: Gibt es Prozesswärme, die nutzbar gemacht werden kann? Ist eine Wärmerückgewinnung installiert und ließe sich eine solche gegebenenfalls installieren?</li> <li>• Datenlogger zur kontinuierlichen Messung des</li> </ul>	SDG 7 SDG 13

			<p>Stromverbrauchs an elektrischen Antrieben, Produktionsmaschinen und digitalen Kommunikationsgeräten im Betrieb einsetzen, Ergebnisse in Bezug zu Energieeinsparpotenzial auswerten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromverbrauch in Bezug zu variablen Einstellungsmöglichkeiten von Geräten und Werkzeugen messen und das Einsparpotential diskutieren</li> </ul>	
3c - Gesellschaft - Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizieren und Beschreiben von Notwendigkeit sowie Möglichkeiten und Ansatzpunkten für Auswahl von umweltfreundlichen Materialien im gesamten Arbeitsprozess.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• umweltfreundliche Materialien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenstellung der im Betrieb genutzten Materialien in einer Liste und kurze Beschreibung ihrer jeweiligen Qualität und etwaiger Umweltrisiken</li> <li>• Maßnahmen zur Optimierung des Materialeinsatzes entwickeln und miteinander diskutieren</li> <li>• Entwicklung von Maßnahmen zur wieder- und Weiterverwendung von einzelnen Materialien</li> </ul>	SDG 8 SDG 9 SDG 12
3d - Gesellschaft - Abfallvermeidung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizieren und Beschreiben von Notwendigkeit sowie Möglichkeiten und Ansatzpunkten für materielle Einsparpotenziale und Vermeidung von Abfällen.</li> <li>• Möglichkeiten für Kreislaufwirtschaft benennen.</li> <li>• Identifizieren und erläutern gesundheits- und umweltschädlicher Materialien und Werk-/Wertstoffe</li> <li>• Identifizieren und erklären der Nutzung alternativer Materialien und Werk-/Wertstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abfallvermeidung</li> <li>• Wiederverwertung und Wiederverwendung</li> <li>• nachhaltige Infrastruktur und Industrie</li> <li>• Ressourceneinsatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Übersicht über Stoffströme im Betrieb erstellen und mit anderen Berufsschülern und Berufsschülerinnen diskutieren</li> <li>• Maßnahmen zur Optimierung des Materialeinsatzes entwickeln und diskutieren</li> <li>• Entwicklung von Maßnahmen zur wieder- und Weiterverwendung von fehlerhaften Produkten</li> <li>• Bei Bestellverfahren die Möglichkeit von Mehrwegsystemen und PSS (Product-Service-Systemen) identifizieren</li> <li>• Berührungspunkte des Betriebes mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht ermitteln und diskutieren</li> <li>• Ideen sammeln, um das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern</li> <li>• Erörtern, wie die Infrastruktur modernisiert und die Industrien nachgerüstet werden könnte, um sie nachhaltig zu machen, effizienteren Ressourceneinsatz und vermehrte Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse verstärken</li> </ul>	SDG 8 SDG 12
3f - Gesellschaft - Nachhaltigkeit kommunizieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oben genannte Kenntnisse den jeweiligen Zielgruppen (Kolleginnen und Kollegen, Vorgesetzten, Auszubildenden und anderen) mitteilen und erklären können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochwertige Bildung für Nachhaltigkeit im Sinne der Positionen 3a, 3b und 3d</li> <li>• Frauen und Männer zu Bildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oben genannte Aufgabenstellungen im Betrieb und in der Berufsschule beispielhaft umsetzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2030 den gleichberechtigten Zugang aller Frauen und Männer zu einer erschwinglichen und</li> </ul> </li> </ul>	SDG 4

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualifikation Jugendlicher und Erwachsener</li> <li>• gleichberechtigter Zugang zu allen Bildungs- und Ausbildungsebenen</li> <li>• Bildung für nachhaltige Entwicklung</li> <li>• Nachhaltigkeitskommunikation</li> </ul>	<p>hochwertigen fachlichen, beruflichen und tertiären Bildung einschließlich universitärer Bildung gewährleisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 Ausbildungsebenen gewährleisten</li> <li>• 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</li> </ul>	
--	--	---	--	--

## 5. Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit

Berufsbildposition laut Nr. 5-18, §19 AO IndMetAusbV 2007/ Lernfeld	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gemäß Ausbildungsordnung ( <i>kursiv: Lernfelder des RLP</i> )	Beispielhafte Bezüge zur Nachhaltigkeit	Standardberufsbildposition
<p>Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit (§ 23 Absatz 1 Nummer 5)</p> <p><i>Lernfeld: 10</i></p>	<p>a) auftragsbezogene und technische Unterlagen unter Zuhilfenahme von Standardsoftware erstellen            b) Daten und Dokumente pflegen, austauschen, sichern und archivieren            c) Daten eingeben, verarbeiten, übermitteln, empfangen und analysieren            d) Vorschriften zum Datenschutz anwenden            e) informationstechnische Systeme (IT-Systeme) zur Auftragsplanung, Auftragsabwicklung und Terminverfolgung anwenden            f) Informationsquellen und Informationen in digitalen Netzen recherchieren und aus digitalen Netzen beschaffen sowie Informationen bewerten            g) digitale Lernmedien nutzen            h) die informationstechnischen Schutzziele Verfügbarkeit, Integrität, Vertraulichkeit und Authentizität berücksichtigen            i) betriebliche Richtlinien zur Nutzung von Datenträgern, elektronischer Post, IT-Systemen und Internetseiten einhalten            j) Auffälligkeiten und Unregelmäßigkeiten in IT-Systemen erkennen und Maßnahmen zur Beseitigung ergreifen</p> <p><i>Lernfeld 10: Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen und Beispiele zusammenstellen und anwenden über ressourcenschonende Nutzungsweisen von IT-Systemen und Geräten.</li> <li>• Beispiele recherchieren über Einsparpotenziale, insb. von Energieverbrauch bei der Anwendung von IT-Systemen und Geräten.</li> <li>• Dasselbe gilt in Bezug auf Software und Apps.</li> <li>• Nutzung effektiver und ressourcenschonender digitalen Kooperationsmethoden und Tools (z.B. Plattformen, Videokonferenzen, Social Media, Crowd Sourcing)</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft - soziale Verantwortung</p> <p>SDG 8 SDG 9 SDG 12</p>
<p>Betriebliche und technische Kommunikation (§</p>	<p>c) Gespräche mit Kunden, Vorgesetzten und im Team situationsgerecht und zielorientiert auch mit digitalen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse aneignen über umwelt- und ressourcenschonende Dokumentationstechniken und Wissensmanagement innerhalb</li> </ul>	<p>3f - Gesellschaft - Nachhaltigkeit</p>

<p>19 Absatz 1 Nummer 6)</p> <p>Lernfelder: 8, 10</p>	<p>Kommunikationsmitteln führen und dabei kulturelle Identitäten berücksichtigen d) Sachverhalte darstellen, Protokolle anfertigen; englische Fachbegriffe in der Kommunikation anwenden f) Besprechungen organisieren und moderieren, Ergebnisse dokumentieren und präsentieren g) Konflikte im Team lösen</p> <p><i>Lernfeld 8: Erstellen technischer Dokumentationen, präsentieren der Ergebnisse und verwenden geeigneter Anwendungsprogrammen</i> <i>Lernfeld 10: Benutzen verschiedener Informationsmedien und Kommunikationstechniken</i></p>	<p>des Unternehmens und anwenden lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In der internen und externen Kommunikation situationsbezogene konkrete Hinweise auf Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung einbringen, wie Einsparung von Energie und Materialien in einzelnen Arbeitsschritten, oder auch deren Ersatz durch regenerative Energie oder umweltschonende Materialien</li> <li>• Nachforschen über Alternativen zu nicht-nachhaltigen Arbeitsabläufen, wie überlange Maschinenlaufzeiten reduzieren, Nutzung regenerativer Energiequellen, Nutzung umweltschonender Ressourcen und Materialien. Dies ist zu dokumentieren und im Unternehmen einzubringen.</li> </ul>	<p>kommunizieren</p> <p>SDG 9 SDG 4</p>
<p>Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse (S 19 Absatz 1 Nummer 7)</p> <p>Lernfeld: 14</p>	<p>a) Arbeitsplatz unter Berücksichtigung betrieblicher Vorgaben einrichten c) Arbeitsabläufe und Teilaufgaben unter Beachtung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben planen und durchführen e) betriebswirtschaftlich relevante Daten erfassen und bewerten f) Lösungsvarianten prüfen, darstellen und deren Wirtschaftlichkeit vergleichen g) im eigenen Arbeitsbereich zur kontinuierlichen Verbesserung von Arbeitsvorgängen beitragen h) Qualifikationsdefizite feststellen, Qualifizierungsmöglichkeiten nutzen i) unterschiedliche Lerntechniken anwenden j) Prüfverfahren und Prüfmittel auswählen und anwenden, Einsatzfähigkeit von Prüfmitteln feststellen k) Arbeitsergebnisse kontrollieren, beurteilen und dokumentieren l) Aufgaben im Team planen und durchführen</p> <p><i>Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Branchenrecherche herausfinden, welche sozialen und technologischen Innovationen zur Stärkung einer nachhaltigen Entwicklung im Unternehmen beitragen könnten (Anregungen sammeln aus Good-Practice-Beispielen), also Praxisbeispiele über die Nutzung regenerativer Energiequellen, Nutzung umweltschonender Ressourcen und Materialien</li> <li>• Bekanntmachen mit den Prinzipien und Erfahrungen des EcoDesign - möglichst auch für den Betrieb, z.B. wartungsfreundliche und wiederverwendbare bzw. recyclefähige Produkte, Bauteile und Anlagen.</li> <li>• Bei der Planung und Durchführung von Arbeitsabläufen die Prinzipien der Nachhaltigkeit angemessen berücksichtigen u.a. durch Nutzung regenerativer Energiequellen, Nutzung umweltschonender Ressourcen und Materialien</li> <li>• Bei der Erfassung betriebswirtschaftlicher Daten auch natur- und umweltbezogene Aspekte angemessen berücksichtigen (inkl. Ökosystemleistungen)</li> <li>• Überblick erarbeiten über die Möglichkeiten von ressourcenschonenden Prüfverfahren und Prüfmitteln</li> <li>• Einübung in die Fähigkeit, bei der Kontrolle und Beurteilung von Arbeitsergebnissen die Prinzipien der Nachhaltigkeit wie Ressourcen- und Umweltschonung einzubeziehen (z.B. durch Abschätzung des Energieverbrauchs, der Hilfsmittel oder des Materialeinsatzes)</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft - soziale Verantwortung 3d - Gesellschaft - Abfallvermeidung</p> <p>SDG 9 SDG 12</p>

<p>Unterscheiden, Zuordnen und Handhaben von Werk- und Hilfsstoffen (§ 19 Absatz 1 Nummer 8)</p> <p><i>Lernfeld: 4, 12</i></p>	<p>a) Werkstoffeigenschaften und deren Veränderungen beurteilen und Werkstoffe nach ihrer Verwendung auswählen und handhaben b) Hilfsstoffe ihrer Verwendung nach zuordnen, einsetzen und entsorgen</p> <p><i>Lernfeld 12: Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus</i> <i>Lernfeld 4: die notwendigen Werkzeuge und Hilfsstoffe bestimmen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exemplarisch an einem Arbeitsauftrag die Auswahl und Anwendung von Werkstoffen hinsichtlich Nachhaltigkeit praktizieren (inkl. ökologische und soziale Gesichtspunkte, z.B. fairer Handel)</li> <li>• Beim Einsatz von Hilfsstoffen insbesondere auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen.</li> <li>• Vor und bei der Entsorgung von Hilfsstoffen auf deren Wiederverwertungsmöglichkeiten beachten</li> <li>• Über das Konzept der Kreislaufwirtschaft informieren und beispielhaft anwenden.</li> </ul>	<p>3c - Gesellschaft - Material</p> <p>SDG 12</p>
<p>Herstellen von Bauteilen und Baugruppen (§ 19 Absatz 1 Nummer 9)</p> <p><i>Lernfelder: 1,2, 3, 5, 6, 10</i></p>	<p>a) Betriebsbereitschaft von Werkzeugmaschinen einschließlich der Werkzeuge sicherstellen b) Werkzeuge und Spannzeuge auswählen, Werkstücke ausrichten und spannen c) Werkstücke durch manuelle und maschinelle Fertigungsverfahren herstellen d) Bauteile durch Trennen und Umformen herstellen e) Bauteile, auch aus unterschiedlichen Werkstoffen, zu Baugruppen fügen</p> <p><i>Lernfeld 1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen</i> <i>Lernfeld 2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen</i> <i>Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen</i> <i>Lernfeld 5: Formgeben von Bauelementen durch spanende Fertigung</i> <i>Lernfeld 6: Herstellen technischer Teilsysteme des Werkzeugbaus</i> <i>Lernfeld 10: Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Auswahl und Herstellung von Bauteilen und Baugruppen informieren, wie Ressourcenschutz und die Nachhaltigkeit von Werkstoffen und Werkzeugen beachtet werden kann (an einem Beispiel durchspielen, z.B. ob und welche seltenen Metalle eingesetzt werden und ob Alternativen existieren).</li> <li>• In den Unterlagen über einzelne Baugruppen einschätzen, ob die Bauteile weiter verwendet werden können</li> </ul>	<p>3d Gesellschaft - Abfallvermeidung</p> <p>SDG 9 SDG 12</p>
<p>Warten von Betriebsmitteln (§ 19 Absatz 1 Nummer 10)</p> <p><i>Lernfeld: 4</i></p>	<p>a) Betriebsmittel inspizieren, pflegen, warten und die Durchführung dokumentieren b) mechanische und elektrische Bauteile und Verbindungen auf mechanische Beschädigungen sichtbar prüfen, instandsetzen oder die Instandsetzung veranlassen c) Betriebsstoffe auswählen, anwenden und entsorgen</p> <p><i>Lernfeld 4: Warten technischer Systeme, die notwendigen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Auswahl und Anwendung von Betriebsstoffen auf deren Qualitäten in Bezug auf Nachhaltigkeit achten</li> <li>• Vor der Entsorgung von Betriebsmitteln über deren Weiterverwendbarkeit informieren und prüfen bzw. sich über umweltfreundliche alternative Betriebsmittel in Kenntnis setzen.</li> <li>• Bei Bedarf die Recherche nach den Möglichkeiten von alternativen Betriebsstoffen etc. durchführen und Anwendung konzipieren und organisieren.</li> </ul>	<p>3d - Gesellschaft - Abfallvermeidung</p> <p>SDG 12</p>

	<i>Werkzeuge und Hilfsstoffe bestimmen</i>		
Steuerungstechnik (§ 19 Absatz 1 Nummer 11) <i>Lernfeld: 8</i>	a) steuerungstechnische Unterlagen auswerten b) Steuerungstechnik anwenden  <i>Lernfeld 8: Planen und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Anwendung steuerungstechnischer Unterlagen relevante Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit wie Umwelt- und Ressourcenschonung berücksichtigen (z.B. der Einsatz riskanter Materialien und Bauteile).</li> <li>• Kritisch reflektieren und einschätzen lernen, welche Elemente der angewendeten Steuerungstechniken in Bezug auf Nachhaltigkeit, also hinsichtlich Ressourcen- und Umweltschonung optimiert werden können (z.B. Recherche nach sinnvollen Alternativen durchführen)</li> </ul>	3a - Gesellschaft - Umweltmanagement  SDG 12
Anschlagen, Sichern und Transportieren (§ 19 Absatz 1 Nummer 12) <i>Lernfeld: 12</i>	a) Transport-, Anschlagmittel und Hebezeuge auswählen, deren Betriebssicherheit beurteilen, unter Berücksichtigung der einschlägigen Vorschriften anwenden oder deren Einsatz veranlassen b) Transportgut absetzen, lagern und sichern  <i>Lernfeld 12: Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiesparende Möglichkeiten dieser Tätigkeiten suchen und ihren betrieblichen Einsatz abschätzen</li> </ul>	3b - Gesellschaft - Transport  SDG 9
Kundenorientierung (§ 19 Absatz 1 Nummer 13) <i>Lernfeld: 14</i>	a) auftragsspezifische Anforderungen und Informationen beschaffen, prüfen, umsetzen oder an die Beteiligten weiterleiten b) Kunden auf auftragsspezifische Besonderheiten und Sicherheitsvorschriften hinweisen  <i>Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sich mit einem Leitfaden vorbereiten auf die Kommunikation mit Kunden, um Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit nutzen und ansprechen zu können (nachhaltige Innovationen betonen und vorschlagen, wie z.B. Ressourceneinsparung, fair gehandelte Materialien, recycelbare Verbundstoffe)</li> <li>• Informationen und Erfahrungen sammeln über die unterschiedlich lange Dauer der Verwendbarkeit der Werkzeuge und Produkte, sowie Reparaturfähigkeit.</li> </ul>	3f Nachhaltigkeit kommunizieren  SDG 9
Anfertigen von Bauteilen mit unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren (§ 19 Absatz 1 Nummer 14) <i>Lernfelder: 3, 10</i>	a) Fertigungsunterlagen oder Muster beschaffen und anwenden b) Maschinenwerte ermitteln und einstellen, Werkzeuge auswählen, bereitstellen und einsetzen c) Halbzeuge und Werkstücke unter Beachtung des Bearbeitungsverfahrens und der Werkstoffeigenschaften ausrichten und spannen d) Bearbeitungswerkzeuge messen und Korrekturwerte berücksichtigen e) Bauteile durch manuelle und maschinelle Schleif- oder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren über die Anwendung von Werkstoffen hinsichtlich Nachhaltigkeit (inkl. ökologische und soziale Gesichtspunkte, z.B. fairer Handel, seltene Materialien/Metalle)</li> <li>• Recherchieren, welche zu verwendeten Halbzeuge auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen und eingesetzt werden können.</li> <li>• Vor der Auswahl und Herstellung von Bauteilen informieren, inwiefern Ressourcenschutz und die Nachhaltigkeit von Werkstoffen und Werkzeugen praktiziert werden können.</li> </ul>	3c - Gesellschaft - Material  SDG 12

	<p>Abtragsverfahren aus verschiedenen Werkstoffen nach betrieblichen Fertigungsunterlagen erstellen  f) Änderungen aufgrund konstruktiver und technischer Anforderungen durchführen  g) Stoffeigenschaften ändern  h) Bearbeitungsverfahren auswählen</p> <p><i>Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen</i>  <i>Lernfeld 10: Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In den Beschreibungen von Bauteilen über deren Weiterverwendbarkeit informieren und entsprechende Erfahrungen dokumentieren.</li> </ul>	
<p>Montage und Demontage (§ 19 Absatz 1 Nummer 15)</p> <p><i>Lernfelder: 3, 14</i></p>	<p>a) Bauteile und Baugruppen für die funktionsgerechte Montage prüfen  b) Bauteile und Baugruppen, insbesondere zu Werkzeugen, Lehren, Vorrichtungen, Formen oder Instrumenten, funktionsgerecht nach Montageplänen zusammenbauen, passen, Lage sichern und kennzeichnen  c) Baugruppen demontieren und kennzeichnen, den Zustand von Bauteilen prüfen und dokumentieren  d) Betriebsbereitschaft, insbesondere von Werkzeugen, Lehren, Vorrichtungen, Formen und Instrumenten, herstellen  e) Montageplatz und Baugruppen gegen Unfallgefahren sichern, Sicherheitseinrichtungen überprüfen  f) unterschiedliche Verbindungstechniken anwenden, insbesondere Verschrauben, Einpressen, Kleben oder Schweißen  g) Normteile auswählen</p> <p><i>Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen</i>  <i>Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sich sachkundig machen, welche Verbindungstechniken zur Verfügung stehen und konkret anwendbar sind (z.B. Verschrauben, Einpressen, Kleben oder Schweißen), die die weitere Nutzung von Bauteilen (Recycling, Kreislaufwirtschaft) ermöglichen und erleichtern.</li> </ul>	<p>3c - Gesellschaft - Material</p> <p>SDG 12</p>
<p>Erprobung und Übergabe (§ 19 Absatz 1 Nummer 16)</p> <p><i>Lernfeld: 12</i></p>	<p>a) Einzel- und Gesamtfunktion prüfen, Fehleranalyse durchführen  b) Funktionsfähigkeit herstellen und dokumentieren  c) mechanische oder pneumatische Komponenten prüfen, Betriebssicherheit herstellen  d) Erprobung durchführen oder veranlassen und Prozess unter Beachtung qualitativer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte optimieren</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In der Praxis Muster oder Probestücke erproben hinsichtlich nachhaltiger Kriterien wie Ressourcen- und Umweltschutz sowie aufgrund der Ergebnisse den Arbeitsprozess bei Bedarf unter Beachtung insb. ökologischer Gesichtspunkte optimieren (z.B. hinsichtlich Energiebedarf, Verbindungstechnik, Materialien)</li> </ul>	<p>3f - Gesellschaft - Nachhaltigkeit kommunizieren</p> <p>SDG 12</p>

	<p>e) Muster oder Probestücke, insbesondere auf Maß- und Formhaltigkeit und Funktion, prüfen  f) Bemusterungsvorgang dokumentieren  g) Maschinen unter Berücksichtigung der entsprechenden Sicherheitsvorschriften bedienen, Transportmittel einsetzen  h) Sicherheitseinrichtungen prüfen, Sicherheit im Arbeitsbereich gewährleisten</p> <p><i>Lernfeld 12: Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus</i></p>		
<p>Instandhaltung von Bauteilen und Baugruppen (§ 19 Absatz 1 Nummer 17)</p> <p><i>Lernfeld 12</i></p>	<p>a) Bauteile und Baugruppen inspizieren, insbesondere durch Sichtprüfungen und mit optischen und mechanischen Prüfgeräten  b) Ist-Zustand dokumentieren  c) Störungen und Fehler eingrenzen, ihre Ursachen feststellen, Möglichkeiten zu ihrer Behebung aufzeigen, beseitigen und dokumentieren sowie mit den betrieblichen Vorschriften abgleichen  d) Verschleiß feststellen und beheben, Verschleißteile austauschen  e) Funktion prüfen und dokumentieren  f) Instandhaltungsmaßnahmen nach betrieblichen Vorschriften durchführen und dokumentieren</p> <p><i>Lernfeld 12: Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauteile und Baugruppen hinsichtlich nachhaltiger Kriterien (Nutzung regenerativer Energiequellen, Nutzung umweltschonender Ressourcen und Materialien) prüfen bzw. aufgrund der Ergebnisse den Arbeitsprozess bei Bedarf unter Beachtung insb. ökologischer Gesichtspunkte optimieren (z.B. hinsichtlich Energiebedarf, Verbindungstechnik, Materialien)</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft - Umwelt - Umweltmanagement</p> <p>SDG 12</p>
<p>Programmieren von Maschinen und Anlagen (§ 19 Absatz 1 Nummer 18)</p> <p><i>Lernfeld: 10</i></p>	<p>a) Dateneingabe- und Datenausgabegeräte sowie Datenträger handhaben  b) rechnerunterstützte Techniken zur Programmierung anwenden  c) Programme erstellen, eingeben, testen, ändern, optimieren und sichern  d) Funktionsabläufe prüfen sowie Programmabläufe unter Berücksichtigung der Fertigungstechnik anpassen</p> <p><i>Lernfeld: 10: Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sich informieren, wie Programme und Funktionsabläufe in Bezug auf Nachhaltigkeit zu optimieren und zu sichern sind (z.B. bessere Software, geringerer Energiebedarf)</li> </ul>	<p>3d - Gesellschaft -- Abfallvermeidung</p> <p>SDG 9</p>
<p>Prüfen (§ 19 Absatz 1 Nummer 19)</p>	<p>a) Prüfverfahren und -geräte nach dem Verwendungszweck</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der betrieblichen Praxis durch sachgerechten Umgang</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft -</p>

<p>Lernfeld 14:</p>	<p>auswählen  b) Bauteile auf Formtoleranzen mit mechanischen, optischen, elektrischen oder pneumatischen Messgeräten prüfen  c) Baugruppen auf Lageabweichung mit mechanischen, optischen, elektrischen oder pneumatischen Messgeräten prüfen  d) Oberflächenbeschaffenheit mit verschiedenen Verfahren prüfen</p> <p><i>Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus</i></p>	<p>mangelhafte Arbeitsergebnisse vermeiden helfen, um den Ausschuss zu minimieren.</p>	<p>Umweltmanagement  SDG 12</p>
<p>Geschäftsprozesse und Qualitätssicherungssysteme im Einsatzgebiet (§ 19 Absatz 1 Nummer 20)  Lernfelder: 12, 14</p>	<p>a) Art und Umfang von Aufträgen klären, spezifische Leistungen feststellen, Besonderheiten und Termine mit Kunden absprechen  b) Informationen für die Auftragsabwicklung beschaffen, auswerten und nutzen, technische Entwicklungen berücksichtigen, sicherheitsrelevante Vorgaben beachten  c) Auftragsabwicklungen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, betriebswirtschaftlicher und ökologischer Gesichtspunkte planen sowie mit vor- und nachgelagerten Bereichen abstimmen, Planungsunterlagen erstellen  d) Teilaufträge veranlassen, Ergebnisse prüfen  e) Aufträge, insbesondere unter Berücksichtigung von Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Terminvorgaben, durchführen  f) betriebliche Qualitätssicherungssysteme im eigenen Arbeitsbereich anwenden; Ursachen von Qualitätsmängeln systematisch suchen, beseitigen und dokumentieren  g) Prüfverfahren und Prüfmittel auswählen und anwenden, Einsatzfähigkeit von Prüfmitteln feststellen, Prüfpläne und betriebliche Prüfvorschriften anwenden, Ergebnisse dokumentieren  h) Auftragsabwicklung, Leistungen und Verbrauch dokumentieren  i) technische Systeme oder Produkte an Kunden übergeben und erläutern, Abnahmeprotokolle erstellen  j) Arbeitsergebnisse und -durchführung bewerten sowie zur kontinuierlichen Verbesserung von Arbeitsvorgängen im</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einen Leitfaden erstellen, um bei Aufträgen mit den Kund:innen klären zu können, inwiefern und in welchem Maß Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden können</li> <li>• Auftragsabwicklungen unter Berücksichtigung ökologischer und weiterer Nachhaltigkeitsgesichtspunkte planen sowie mit vor- und nachgelagerten Bereichen abstimmen</li> <li>• Aufträge insbesondere unter Berücksichtigung von Umweltschutz und Nachhaltigkeit durchführen (Ressourcenschonung, Einsparpotenziale nutzen z.B. hinsichtlich Energie- und Materialeinsatz)</li> <li>• Die erfolgte Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien dokumentieren (z.B. für Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens)</li> <li>• Bei der Übergabe technischer Systeme oder Produkte an Kunden sollen vor allem auch ein nachhaltiger, umweltschonender Umgang mit ihnen erläutert werden</li> <li>• Lebenszyklusdaten von Aufträgen, Dienstleistungen, Produkten und Betriebsmitteln gilt es hinsichtlich Nachhaltigkeitsprinzipien auszuwerten und darauf bezogen Vorschläge zur nachhaltigen Optimierung von Abläufen und Prozessen zu erarbeiten (insb. Hinsichtlich Ressourcenschonung, Einsparpotenzialen)</li> </ul>	<p>3d - Gesellschaft - Abfallvermeidung  3f - Gesellschaft - Nachhaltigkeit kommunizieren</p> <p>SDG 9  SDG 12  SDG 4</p>

	<p>Betriebsablauf beitragen k) Optimierung von Vorgaben, insbesondere von Dokumentationen, veranlassen l) Lebenszyklusdaten von Aufträgen, Dienstleistungen, Produkten und Betriebsmitteln auswerten und Vorschläge zur Optimierung von Abläufen und Prozessen erarbeiten</p> <p><i>Lernfeld 12: Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus</i> <i>Lernfeld 14: Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus</i></p>		
--	---	--	--

## 6. Unterrichts- und Ausbildungsmodul

Das hier vorgeschlagene Unterrichts- und Ausbildungsmodul bezieht sich auf eine umweltbezogene Analyse von Aspekten die bei der Herstellung, Montage und Instandhaltung von Bauelementen und technischen Systemen der Stanz- und Formentechnik, des Vorrichtung-, Lehren- und Instrumentenbaus relevant sind oder wichtig werden könnten. In diesem Beispiel gilt es, die optimale Nutzung von Materialien und Ressourcen (vor allem Werkstoffen und Energie) und umweltschonende Arbeitsverfahren vorzusehen. In weitergehender Perspektive wäre in diesem Kontext Ökodesign anzustreben, damit z.B. Re-Use oder Recycling von Bauteilen ermöglicht und erleichtert werden. Damit konfliktieren allerdings häufig Gewohnheiten oder auch betriebliche und betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte wie Kosten und Zeitaufwand.

In dem Kapitel 7. Zielkonflikte werden beispielhafte Zielkonflikte aufgezeigt. Hierzu werden auch einige Folien (pptx bzw. pdf) erstellt, die im Rahmen der Unterrichtung verwendet werden können.

### 6.1 Rahmenaufgabe Nachhaltigkeits- und Klimaanalyse

Als Rahmenaufgabe bietet sich eine Analyse Ihres Betriebes an, aus der dann Einschätzungen zum Einsparpotenzial und schließlich Vorschläge zu Schritten für mehr Nachhaltigkeit und besseren Klimaschutz entwickelt werden können. Diese Aufgabe ist im Rahmen eines größeren Projekts mit Auszubildenden gut machbar, es lassen sich aber auch Teilaufgaben bearbeiten. Mit der Nachhaltigkeits- und Klimaanalyse lassen sich beispielsweise folgende drei Aspekte untersuchen:

- Rohstoffe und Halbzeuge
- Energieverbrauch
- Reststoffe

Alle drei Aspekte sind besonders relevant für nachhaltige Entwicklung und Klimaschutz, wobei der Umfang der Klimarelevanz von den zu produzierenden Bauteilen und technischen Systemen abhängt. Bitte informieren Sie sich hierzu im Hintergrundmaterial dieses Projektes (s. IZT HGM Werkzeugmechaniker und Werkzeugmechanikerin). Wenn Sie nur Teile der Analyse durchführen wollen, wählen Sie diejenigen Aspekte, Produkte oder Geräte aus, für die Sie gegebenenfalls später klimafreundliche Verbesserungsvorschläge machen wollen.

#### 6.1.1 Analyse Rohstoffe und Halbzeuge

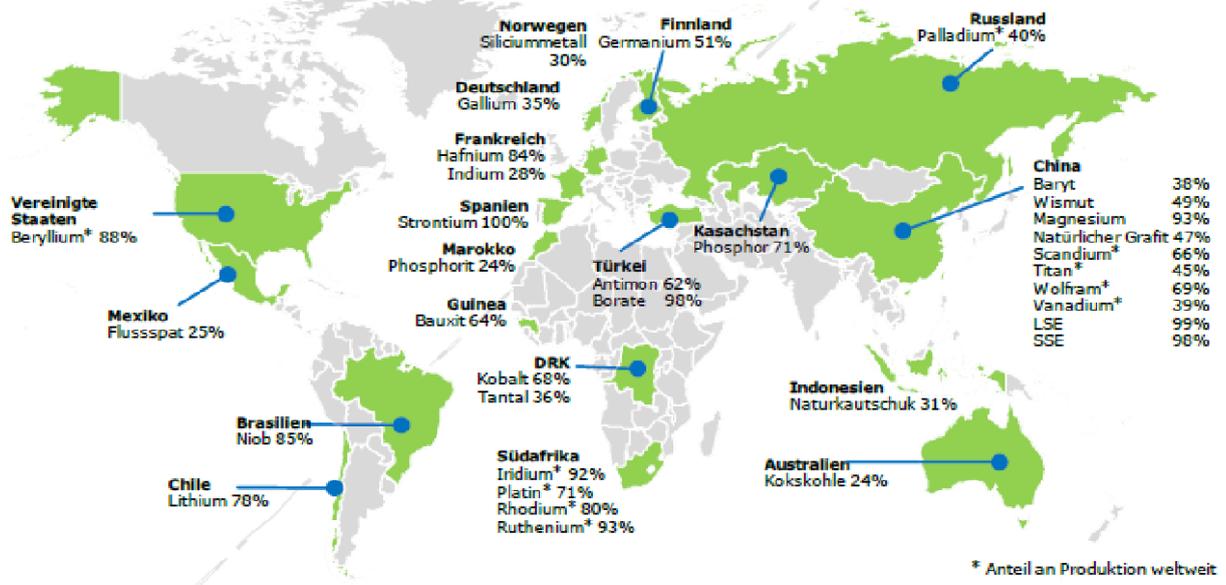
Bei der Herstellung, Montage und Instandhaltung von Bauelementen und technischen Systemen der Stanz- und Formentechnik, des Vorrichtung-, Lehren- und Instrumentenbaus werden Rohstoffe verwendet, die zunehmend nur in beschränktem

Maße vorhanden bzw. zugänglich sind. Zudem ist die weltweite Nachfrage dazu im Ansteigen begriffen, was das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage weiter beeinträchtigen dürfte, inklusive Preissteigerungen, wie bereits seit Jahren festzustellen ist. Es handelt sich vor allem um verschiedene Arten von Metallen, seltene Erden und damit kombinierte Legierungen.

1. In einem ersten Schritt soll ein Überblick über die Versorgungslage erarbeitet werden: wie hoch sind die Verbräuche ausgewählter, für den jeweiligen Betrieb oder die jeweilige Branche verwendeten Rohstoffe (und Halbzeuge)? Hierzu kann eine begründete Auswahl getroffen werden, um an konkreten Beispielen eine fundierte Einschätzung der Lage und der Trends zu gewinnen. So wäre der jährliche Verbrauch einer Stahlsorte oder z.B. von Kupfer oder Kupfer zu recherchieren. Und damit verbunden wären die letzten fünf oder zehn Jahre, sowie – falls möglich und zugänglich, die Prognosen und Planungen für die nächsten Jahre zu klären.
2. In einem darauf aufbauenden Arbeitsschritt wäre einzuschätzen, inwiefern Engpässe oder riskante Trends zu entdecken sind. Dazu bietet sich an, eine Prioritätenliste mit jeweiligen Fakten und Begründungen aus der Fachliteratur anzulegen.
3. Im dritten Schritt wären für die ausgewählten, priorisierten Rohstoffe exemplarisch Alternativen zu entwickeln, also beispielsweise zu untersuchen und abzuschätzen, ob und wie z.B. Re-Use oder Recycling durchgeführt werden könnte. Oder ob andere Rohstoffe und Materialien als Alternative und Ersatz verwendet werden könnten – beispielsweise für bestimmte Bauteile. Dafür könnte zur Orientierung und Inspiration das Konzept des „Ökodesign“ hinzugezogen werden.

Für diese Aufgaben können unter anderem die folgenden beiden Darstellungen genutzt werden. Dazu sollen aber auch möglichst zusätzliche und aktuellere Quellen verwendet werden.

## Wichtige Lieferländer von kritischen Rohstoffen an die EU



Quelle: Europäische Kommission (2020, S. 4)

## Bedeutung kritischer Rohstoffe für industrielle Ökosysteme

	Raumfahrt / Verteidigung	Textilien	Elektronik	Mobilität/Autoindustrie	Energieintensive Industrien	Erneuerbare Energien	Agrarprodukte und Lebensmittel	Gesundheit	Digitalisierung	Baugewerbe
Antimon	✓	✓		✓						✓
Baryt				✓	✓			✓		✓
Bauxit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beryllium	✓		✓	✓		✓			✓	
Wismut	✓		✓		✓			✓	✓	✓
Borat	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Kobalt	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
Kokskohle				✓	✓	✓				
Flussspat					✓		✓			
Gallium	✓		✓	✓		✓			✓	✓
Germanium	✓		✓	✓	✓	✓				
Hafnium	✓				✓				✓	
Indium	✓		✓		✓	✓			✓	
Lithium	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Magnesium	✓		✓	✓	✓				✓	✓
Natürlicher Grafit	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓
Naturkautschuk	✓	✓		✓				✓		
Niob	✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓
Phosphorit					✓		✓			
Phosphor	✓				✓		✓			
Scandium	✓			✓		✓				
Siliciummetall	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Strontium	✓		✓		✓			✓		✓
Tantal	✓		✓		✓	✓			✓	
Titan	✓		✓	✓	✓			✓		✓
Wolfram	✓		✓	✓	✓			✓		
Vanadium	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓
MPG	✓		✓	✓	✓	✓		✓		
SSE	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓
LSE	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓

Quelle: Europäische Kommission (2020, S. 25)

Vergleichen Sie anschließend:

- Welche Metalle, Legierungen und Verbundstoffe, die in Ihrem Betrieb verwendet werden, können als besonders nachhaltig eingestuft werden bzw. sind deutlich klimafreundlich oder klimaschädlich?
- Welche Möglichkeiten gibt es bereits oder könnten entwickelt werden, um klimaschonender zu arbeiten? Gibt es Praxisbeispiele in der Region, anderen Betrieben oder auch im Ausland?

### 6.1.2 Energieverbrauch für Werkstoffe und im Betrieb

Einstiegsaufgabe: Die in der Metallbranche erforderlichen Werkstoffe werden aus natürlichen Rohstoffen erzeugt (Primärerzeugung) und benötigen dazu einen sehr hohen Energieaufwand. Beispiele für den Energieverbrauch in der Einheit kWh zur Erzeugung von je einer Tonne Werkstoff: Eisen/Stahl: 4.300, Aluminium 16.000, Kupfer 13.500. Beim Recycling dieser Werkstoffe hingegen ergeben sich viel niedrigere Energiebedarfe: Eisen/Stahl: 1.670, Aluminium 2.000, Kupfer 1.730. Das Recycling ermöglicht demnach sehr hohe Energieeinsparungen und damit verbunden Kostenreduzierungen. Aufgabe: suchen Sie die entsprechenden Werte für den Energieaufwand bei Primärerzeugung und Recycling weiterer, in Ihrem Betrieb genutzter Werkstoffe. Zur Vertiefung: Berechnen Sie dazu dann auch die entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen (s.u.).

Aufgabe: Informieren Sie sich, wie hoch der Energieverbrauch Ihrem Betrieb ist. Hierzu reichen die Jahresenergierechnungen für Strom, Erdöl und Erdgas. Berechnen Sie die CO<sub>2</sub>-Menge, die bei der Erzeugung des Stroms und der Verbrennung des Gases emittiert wurde.

Die Emissionen für den Stromverbrauch berechnet man mit Hilfe des sogenannten Strommixes. Strom wird zum großen Teil aus emissionsfreien, erneuerbaren Energiequellen mit Windkraft-, Photovoltaik- oder Biogasanlagen erzeugt. Der andere große Anteil stammt aus fossilen Kraftwerken wie Gas-, Steinkohle- und Braunkohlekraftwerken. In 2022 stammt ein kleiner Teil von ca. 5% noch aus Atomkraftwerken, die auch emissionsfrei sind. Der Strom aller Anlagen wird in das Stromnetz eingespeist, so dass die Emissionen aus den fossilen Kraftwerken auf den gesamten Strom umgelegt werden. Im Mittel betragen die Emissionen in 2021 rund 0,42 kg CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde Strom.

Ihre Aufgaben sind wie folgt:

- Bestimmen Sie den Strom- bzw. Gasverbrauch in Ihrem Betrieb. Versuchen Sie auch, Daten für die vergangenen Jahre und Prognosen/Planungen für die nächsten Jahre einzubeziehen (welcher Trend ist erkennbar?).

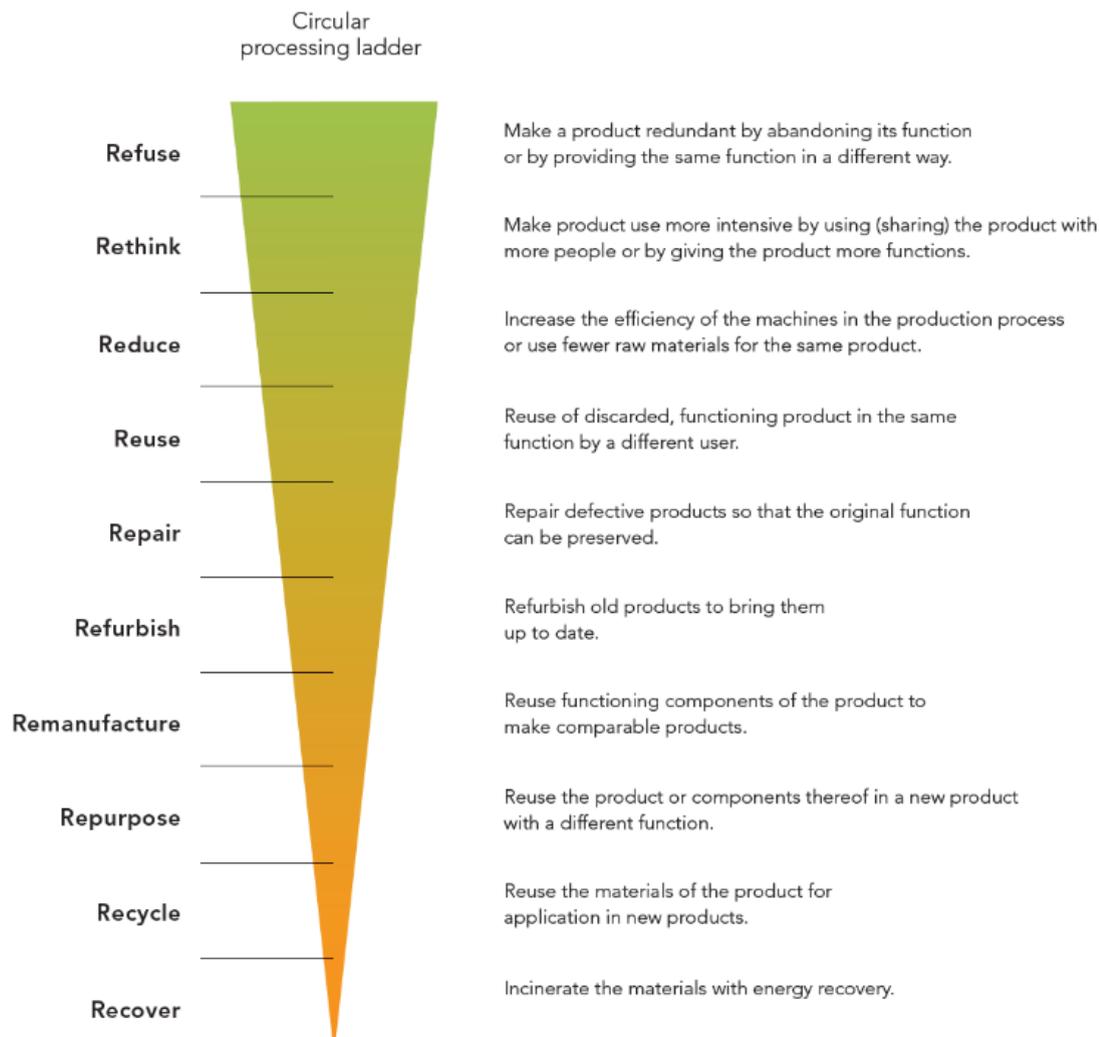
- Untersuchen Sie die größten Emissionen durch den Stromverbrauch in den verschiedenen Abteilungen und Teams, oder alternativ von ausgewählten Produktionseinheiten oder Maschinen/Anlagen.
- Recherchieren Sie nach alternativen, klimafreundlicheren Lösungsmöglichkeiten und skizzieren Sie ein Umsetzungskonzept.

Die folgende Tabelle zeigt ein Beispiel:

	Einheit	Strom	Erdgas	Summe
Mengen	kWh bzw. m <sup>3</sup>	18.870	2.100	
Energie	kWh	18.570	21.000	11.900
Emissionsfaktor	CO <sub>2</sub> -Äq/kWh	0,42		
Emissionsfaktor	CO <sub>2</sub> -Äq/m <sub>3</sub>		2,00	
THG-Emissionen	CO <sub>2</sub> -Äq	7.800	4.200	13.056

### 6.1.3 Reststoffe

Abfall, Verschnitt oder auch Ausschuss tragen indirekt zur Klimaerwärmung und anderen Negativfolgen bei, da sie keinen vorgesehenen Nutzen haben. In manchen Teilbranchen und Regionen sind allerdings bereits seit vielen Jahren Netzwerke bzw. Wertstoffbörsen entstanden, die eine Weiternutzung sowie Recycling ermöglichen. Aufgrund des zunehmenden Problemdrucks und Preissteigerungen sind mittlerweile stärkere gesetzliche Regelungen geschaffen worden, die als Perspektive die Entwicklung von Kreislaufwirtschaft erfordern, was wiederum mittels Förderprogrammen unterstützt wird. Ein besonders fortgeschrittenes Konzept und lokales Vorgehen lässt sich in Kopenhagen beobachten, wo durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Unternehmen, Behörden und Wissenschaften ambitionierte Schritte in Richtung einer circular economy unternommen werden. In der folgenden Grafik werden die unterschiedlichen Stufen für einen kreislaufförmigen Umgang mit Reststoffen und „Abfällen“ bzw. deren Weiterverwendung aufgeführt sind. Nicht alle diese Stufen sind für die Arbeitsbereiche von Werkzeugmechanikerinnen und Werkzeugmechanikern nutzbar, aber einige davon sind durchaus anwendbar oder können zumindest als Anregung und Orientierung dienen.



Quelle: City of Amsterdam 2020, S. 12

Für manche Branchen und Unternehmen ist dies womöglich noch Zukunftsmusik. Doch eine frühzeitige Beschäftigung mit dieser Thematik und diesem zukunftsbezogenen Konzept wäre angesichts der zu Beginn des Kapitels geschilderten bedrohlichen Trends und den Herausforderungen sehr sinnvoll. Denn derartige Konzepte sind von der Kooperationsbereitschaft und der Kommunikation der notwendigen Daten (Quantität und Qualität der Reststoffe, zeitliche Verfügbarkeit, Preise etc.) zwischen verschiedenen Institutionen und Betrieben angewiesen. Dies gilt es frühzeitig zu entwickeln.

Hier besteht die Aufgabe darin, für ausgewählte Werkzeuge oder Bauteile zu untersuchen, welche davon nicht einfach als Abfall vernichtet werden, sondern einer sinnvollen, und womöglich profitablen Weiternutzung zugeführt werden können. Um dies einschätzen zu lernen, kann die oben abgebildete Liste der möglichen kreisförmigen Nutzung (“circular processing ladder”) sowie passende Literatur herangezogen werden. Darüber hinaus können solche Fragen/Aufgaben auch im Arbeitsteam des Betriebes und in der Klasse der Berufsschule bearbeitet und diskutiert werden.

## 7. Zielkonflikte und Widersprüche

Beim Ansteuern von Nachhaltigkeit sind Zielkonflikte bzw. Widersprüche und Herausforderungen nichts Ungewöhnliches. Dies gilt auch für Metallberufe und den Werkzeugbau, die in einem sehr großen Markt mit vielen Konkurrenten und dynamischen technologischen Innovationen ihre Erfolge erzielen müssen. Bedingt durch die volatilen und dynamischen Marktverhältnisse, die unter anderem von unsicheren Liefer- und Wertschöpfungsketten sowie Preisschwankungen gekennzeichnet sind, ist der Werkzeugbau, wie manch andere Wirtschaftsbereiche auch, auf weitere Effizienz ausgerichtet. Hinzu kommen die auf dem Weltmarkt „nachziehenden“ Staaten und dortige Unternehmen mit meist geringeren Kosten. Klassisch ist der Zielkonflikt zwischen Ökonomie einerseits und Ökologie sowie Soziales andererseits, die für nachhaltige Entwicklung maßgebliche Qualitäten sind. Ökologische, umweltschonende und sozial gestaltete Produktionsverfahren sind meist teurer als „herkömmliche“ (nicht-nachhaltige), da diese alle Rohstoffe und technologischen Verfahren zur Effizienzsteigerung vorbehaltlos nutzen können, und bestimmte Kosten externalisieren – das müssen dann Andere bezahlen bzw. erleiden (schmutzige, vergiftete Luft, Wassermangel, Arbeitsunfälle). Höhere Kosten bedingen höhere Werkzeug- und Anlagenpreise. Höhere Preise wiederum führen häufig zu Absatzeinbußen. Der Umsatz kann sinken und der Betrieb wird womöglich in seiner Existenz gefährdet oder muss seine Produktion reduzieren. Unternehmen versuchen dies durch noch mehr „Effizienz“ zu kompensieren, aber „Effizienz“ führt nicht unbedingt zu mehr „Nachhaltigkeit“, wie im Folgenden erläutert wird.

### 7.1 Die Effizienzfalle und Widersprüche

Effizienz beschreibt vor allem eine eng gefasste Wirtschaftlichkeit. Wenn so wenig wie möglich von einer notwendigen Ressource verwendet wird, so gilt dies als effizient. So könnte man meinen, dass Effizienzsteigerungen im Unternehmensalltag folglich auch zu einem nachhaltigen Wirtschaften führen. Weniger Abfall oder Energieaufwand bedeutet gleichzeitig weniger Umweltbelastung und längere Verfügbarkeit von endlichen Ressourcen – oder? Nicht unbedingt!

Das Missverständnis hinter dieser Annahme soll anhand eines Beispiels aufgedeckt werden. Seit 1990 hat sich der deutsche Luftverkehr mehr als verdreifacht. Mit Hilfe technischer Innovationen, besserer Raumnutzung und weiterer Maßnahmen konnte der durchschnittliche Kerosinverbrauch pro Person seitdem um 42 Prozent gesenkt werden – eine gute Entwicklung auf den ersten Blick. Auf den zweiten Blick ist jedoch auch zu erkennen, dass das Flugverkehrsaufkommen im gleichen Zeitraum stark zugenommen hat. Daraus folgt, dass trotz starker Effizienzsteigerungen absolut betrachtet immer mehr Kerosin verbraucht wird – nämlich 85 Prozent mehr seit 1990.

Wissenschaftler sprechen daher auch von einer „Effizienzfalle“ oder auch „Rebound-Effekt“. Denn obwohl sich mit Effizienzsteigerung eine relative Umweltentlastung pro Produkt oder Dienstleistung (z.B. Flug pro Fluggast) erzeugen lässt, bleibt die Herausforderung des absoluten Produktionswachstums weiterhin bestehen. So ist das effiziente Handeln aus der ökonomischen Perspektive zwar zielführend, ist jedoch aus der ökologischen oder auch sozialen Perspektive problematisch und unzureichend. Es lässt sich schlussfolgern, dass Effizienzstreben und Nachhaltigkeitsorientierung zwei eigenständige Rationalitäten darstellen, die von Unternehmen beide gleichermaßen beachtet werden sollten, um zukunftsfähig zu wirtschaften. Eine langfristig erfolgreiche Unternehmensführung würde demnach aus den zur Verfügung stehenden Ressourcen unter Erhalt der Ressourcenbasis möglichst viele ökonomische Werte erschaffen, um somit intergenerational und intragenerational gerecht zu wirtschaften. Somit sollte sich ein zukunftsorientiertes berufliches Handeln sowohl den Herausforderungen der eher kurzfristigen Effizienzrationalität als auch der langfristigen Nachhaltigkeitsrationalität stellen und beide Perspektiven wo immer möglich verknüpfen.

Im Rahmen des beruflichen Handelns entstehen jedoch Widersprüche zwischen der Effizienzrationalität („Funktionalität“, „ökonomische Effizienz“ und „Gesetzeskonformität“) und der Nachhaltigkeitsrationalität („ökologische Effizienz“, „Substanzerhaltung“, „soziale Standards“ und „Verantwortung“). Ein zukunftsfähiges berufliches Handeln zeichnet sich dadurch aus, dies bewusst zu machen und mit diesen Widersprüchen umgehen zu können.

Doch stellt sich nun die Frage, was der Umgang mit Widersprüchen für den Berufsalltag bedeutet. In diesem Zusammenhang kann von so genannten „Trade-offs“ – auch „Zielkonflikte“ oder „Kompromisse“ – gesprochen werden. Grundsätzlich geht es darum, den möglichen Widerspruch zwischen einer Idealvorstellung und dem Berufsalltag zu verstehen und eine gut begründete Handlungsentscheidung zu treffen. Dabei werden Entscheidungsträger häufig in Dilemma-Situationen versetzt. Im beruflichen Handeln geht es oftmals um eine Entscheidung zwischen knappen Ressourcen, wie Geld, Zeit oder Personal, für die es gilt, konkrete Lösungen zu finden.

Im Folgenden werden einige Zielkonflikte aufgezeigt.

## 7.2 Beispielhafte Zielkonflikte

Folgende Zielkonflikte und Herausforderungen sind im Bereich des modernen Werkzeugbaus häufig zu finden, die im Rahmen eines Unterrichts- oder Ausbildungsgesprächs diskutiert werden können:

- Ein Werkzeugbau, der Prinzipien und Kriterien nachhaltiger Entwicklung angemessen berücksichtigt, nutzt sämtliche Ressourcen, Rohstoffe und Werkzeuge in geringstmöglichem Ausmaß. Dabei handelt es sich vor allem um unterschiedliche

Metalle und Legierungen, zunehmend aber auch um nicht-metallische Materialien, wie z.B. diverse Kohlenstoffe, Keramiken, Verbundstoffe. Aufgrund der Zunahme der Mittelschichten in Ländern des globalen Südens und ihrer Konsummuster sowie der enormen Zuwächse von Infrastrukturmaßnahmen sind hier größere Engpässe bei manchen Rohstoffen zu erwarten („Peak Everything“) und Alternativen zu entwickeln und einzusetzen. Das setzt die Fähigkeit voraus, komplexe Zusammenhänge sowie Lösungsansätze zu suchen und zu berücksichtigen.

- Um ganz bestimmte Materialqualitäten zu gewährleisten (und deren lange Dauerhaftigkeit und Nutzbarkeit) bei höchst unterschiedlichen Beanspruchungen sind zunehmend Legierungen und Verbundstoffe zum Einsatz gekommen. Diese sind jedoch häufig nur sehr aufwändig und kostenintensiv zu trennen, zu recyceln und einer Wiederverwendung zuzuführen. Hier wäre von Anfang an bei der Konstruktion von Werkzeugen und Bauteilen darauf zu achten, dass ein Höchstmaß an Wiederverwendbarkeit aufwandsarm ermöglicht bzw. erleichtert wird. Auch hierfür ist ein weitgehendes Verständnis der Zusammenhänge und Zusammenwirken mit anderen Kolleginnen und Kollegen erforderlich oder zumindest hilfreich. Dabei lohnt sicherlich ein Blick auf andere Unternehmen im In- und Ausland und auf neueste wissenschaftliche Trends und Erfolgsbeispiele.
- Aus betrieblicher und betriebswirtschaftlicher Sicht ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, welche Materialqualitäten notwendig sind und welche nicht. Hier liegen aus Sicht der Nachhaltigkeit, und insbesondere der ökologischen, umweltschonenden Perspektive womöglich ungenutzte Potenziale einer Effizienzsteigerung. Hier könnte eine Befassung mit dem Konzept „frugal technology“ und dem oben erwähnten „Ökodesign“ eine Orientierung bieten.
- Die laufenden Trends von Rationalisierung, Automatisierung und Digitalisierung im Werkzeugbau dürfte aufgrund ihrer Bedeutung in der metallverarbeitenden Industrie weiterhin hoch sein, und damit zu einem abnehmenden Gesamtarbeitsvolumen führen (soziale Auswirkungen, Gefahr von Arbeitsplatzverlusten bzw. Chance von Arbeitszeitverkürzungen). Vor allem die Automobil- und Stahlbranche befindet sich in einer tiefen Umbruchphase. Hier sind mögliche und realisierbare Alternativen in den Blick zu nehmen, wie z.B. neue Arbeitszeitmodelle (seit Jahren wird von Australien ausgehend immer häufiger eine 4-Tage-Woche angewendet).
- Insgesamt ist eine nachhaltige Versorgung mit elektrischer Energie sowie deren sparsamer Verbrauch eine wesentliche Herausforderung. Durch die zunehmende Verbreitung moderner Prozessor- und Regelungstechnik sowie IKT lässt sich in vielen Anwendungen Energie sparen und gleichzeitig der Komfort für Benutzer erhöhen. Zugleich verbrauchen die verschiedenen Computer und IKT insgesamt

immense Energiemengen. Hier gilt es, zwischen verschiedenen Nutzungsformen im Sinne der Nachhaltigkeit abzuwägen.

- Der weltweite Nachfrageanstieg nach Metallen und ähnlichen Rohstoffen (insb. von Seiten der schnell wachsenden Verbräuche in den BRICS-Staaten) gefährdet die Versorgungssicherheit mit diesen Komponenten. Die hohe Importabhängigkeit der deutschen Industrie könnte zu weiteren Engpässen führen. Beispiel Kupfer: Deutschland importierte im Jahr 2020 ca. 1,2 Mio. t Kupfererz und -konzentrat (überwiegend aus Peru, Brasilien und Chile). Das ist gegenüber dem Vorjahr ein Anstieg um 21,5 % (BGR 2021). Zugleich steigen die Preise sehr stark an und die Lieferketten werden unzuverlässiger.
- Die globalen Materialströme stehen in vielfacher Hinsicht in Wechselwirkung mit nachhaltiger Entwicklung, mit ökologischen, sozial-kulturellen und wirtschaftlichen Faktoren sowie deren Verarbeitung, was wiederum direkt den Klimawandel vorantreibt.

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)“