

*Didaktisches Bealeitmaterial – Impulsanier (IP)*

# Zerspanungsmechaniker und Zerspanungsmechanikerin

Vereinigung für Betriebliche Bildungsforschung  
im Auftrag von IZT nstitut für Zukunftsstudien und  
Technologiebewertung gGmbH  
Henry Tackenberg  
Gubener Straße 47, 10243 Berlin  
henry.tackenberg@ibbf.berlin

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH  
Dr. Michael Scharp  
Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin  
m.scharp@izt.de  
Webseite: [www.pa-bbne.de](http://www.pa-bbne.de)

GEFÖRDERT VOM



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1 BBNE und BNE - Ziele der Projektagentur PA-BBNE	2
1.2 Die Materialien der Projektagentur	3
1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung	3
1.3.1 Die Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit"	3
1.3.2 Die Berufsbildpositionen der Ausbildungsordnung und die Lernfelder	5
1.3.3 Modulare Rahmenaufgaben	6
1.3.4 Zielkonflikte und Widersprüche	6
1.3.5 Hinweis für handwerkliche, kaufmännische und Industriebetriebe	7
<b>2. Glossar</b>	<b>7</b>
<b>3. Literatur</b>	<b>8</b>
<b>4. Tabelle 1 - Die Standardberufsbildposition "Umweltschutz und Nachhaltigkeit"</b>	<b>9</b>
<b>5. Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit</b>	<b>13</b>
<b>6. Unterrichts- und Ausbildungsmodulare</b>	<b>18</b>
6.1 Ermitteln von Nachhaltigkeitskennzahlen für Werkzeugtypen	18
6.1 a) Informieren	20
6.1 b) Planen	21
6.1 c) Durchführen	22
6.1 d) Kontrollieren und Bewerten	23
6.2 Recherche alternativer Rohstoffe (inkl. Zertifizierung nach ROHS, REACH, ...)	24
6.2 a) Informieren	25
6.2 b) Planen	25
6.2 c) Durchführen	26
6.2 d) Kontrollieren und Bewerten	27
<b>7. Zielkonflikte und Widersprüche</b>	<b>27</b>
7.1 Die Effizienzfalle und Widersprüche	28
7.2 Beispielhafte Zielkonflikte	29

# 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 Fachkraft sowie die verschiedenen Fachrichtungen);
2. BBBNE-Hintergrundmaterial (HGM): Betrachtung der SDGs unter einer wissenschaftlichen Perspektive der Nachhaltigkeit im Hinblick auf das Tätigkeitsprofil eines Ausbildungsberufes bzw. auf eine Gruppe von Ausbildungsberufen, die ein ähnliches Tätigkeitsprofil aufweisen;
3. BBNE-Foliensammlung (FS) und Handreichung (HR): Folien mit wichtigen Zielkonflikten – dargestellt mit Hilfe von Grafiken, Bildern und Smart Arts für das jeweilige Berufsbild, die Anlass zur Diskussion der spezifischen Herausforderungen der Nachhaltigkeit bieten. Das Material liegt auch als Handreichung (HR) mit der Folie und Notizen vor.

## 1.3 Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung

### 1.3.1 Die Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“

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

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

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

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

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

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

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

- Tabelle 1 – Die Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“

fortlaufend aufgezeigt. Mit Ausnahme der Position c) werden in der Tabelle alle Positionen behandelt. Die Position c) wird nicht behandelt, da diese 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 A: Positionen der Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“;
- Spalte B: Vorschläge für Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten, die im Sinne der nachhaltigen Entwicklung wichtig sind;
- Spalte C: Bezüge zur Nachhaltigkeit;
- Spalte D: Mögliche Aufgabenstellungen für die Ausbildung im Sinne der Position 3e „Vorschläge für nachhaltiges Handeln entwickeln“;
- Spalte E: Zuordnung zu einem oder mehreren SDGs (Verweis auf das Hintergrundmaterial).

- Spalte B: Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gemäß AO sowie Lernfelder des RLP (kursiv). Explizite Formulierungen des RLP zur Themen der Nachhaltigkeit werden als Zitat wiedergegeben (kursiv)
- Beispielhafte Bezüge zur Nachhaltigkeit
- Referenz auf die jeweilige Position der Standardberufsbildposition (siehe Tabelle 1 mit den Bezügen zu den SDG bzw. dort mit Bezügen zum Hintergrundmaterial mit weiterführenden Informationen)

### 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

- Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit

Die Betrachtung ist beispielhaft, es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Folgende tabellarische Darstellung wurde 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:

- Als erstes sind Nachhaltigkeitskennzahlen für Werkzeugtypen zu ermitteln, dies umfasst eine Leistungsmessung an der Werkzeugmaschine bei Automatiklauf ohne und mit Programoptimierung sowie mit einem anderen Werkzeug. Hierzu gehört auch die Kennzahlenermittlung kombiniert mit dem Stromverbrauch sowie weiterer wichtiger Informationen.

- Als zweite Aufgabe wird eine Recherche alternativer Rohstoffe (inkl. Zertifizierung nach ROHS, REACH, FAIR Trade, ...) durchgeführt.

### 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.

### 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.

Beschreiben Sie mögliche positive Wirkungen dieser neuen Methoden, Verfahren, Materialien, Konstruktionen, Produkte und/oder Dienstleistungen auf die Nachhaltigkeit in Ihrem Betrieb.



## 2. Glossar

- AO Ausbildungsordnung
- BBNE Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung
- BNE 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

- BGBl (2018): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 5. Juli 2018 Online: [http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl&jumpTo=bgbl118s0975.pdf](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl118s0975.pdf)
- 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)
- 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)
- Destatis Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: <http://sdg-indikatoren.de/>



- 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)

## 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>• Bezugsquellen für Produkte, deren ökologische und soziale Verantwortlichkeit zertifiziert sind, anhand von Konformitätszertifizierungen finden</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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohstoffextraktion und Aufbereitung in verschiedenen Ländern zu Lasten von Umwelt und Gesellschaft</li> <li>• Ökologische und soziale Auswirkungen der Rohstoffextraktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RoHS und REACH Konformität am Beispiel von Aluminiumprofilen diskutieren - insb. Ersatz von EN AW-2007 durch EN AW-6026 LF</li> <li>• Weltkarte der Rohstoff-Extraktionsgebiete mit der Lieferkette der im Betrieb eingesetzter Rohstoffe in Beziehung setzen können</li> <li>• Ausgewählte Produkte bzw. Dienstleistungen des Ausbildungsbetriebs als Teil eines globalen Netzwerkes darstellen</li> <li>• Sorgfaltspflichten von Unternehmen anhand eines Beispiels in Bezug zu sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit benennen und auf Produkte anwenden. Beispiel: Blei - REACH Abkommen</li> </ul>	SDG 8 SDG16 SDG17
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> </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> </ul>	SDG10
3a - Gesellschaft Gesundheit und Bildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soziale Sicherungssysteme, die Bedeutung unterschiedlicher Beschäftigungsmodelle und ihrer Folgen (u.a. für die Gesundheit) kennen</li> <li>• Folgen des betrieblichen Handelns für die persönliche und menschliche Gesundheit aller Beteiligten der Wertschöpfungskette einschätzen können und lebenslanges Lernen als Grundlage betrieblichen Handelns</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheit als individuelles und betriebliches Gut sichern</li> <li>• lebenslanges Lernen als Grundlage für Sicherheit und sozialen Aufstieg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Belegschaften entwickeln und mit anderen Berufsschülern und Berufsschülerinnen diskutieren</li> <li>• Gegenüberstellung verschiedener Beschäftigungsmodelle in der Industrie (Teilzeitarbeit, Heimarbeit, Schichtarbeit, Akkordarbeit, ...) und Zuordnung von Vor- und Nachteilen aus gesellschaftlicher und ökonomischer Sicht</li> <li>• Karrieremöglichkeiten von Zerspanungsmechaniker: innen in verschiedenen Einsatzgebieten recherchieren,</li> </ul>	SDG 3 SDG4

	beschreiben		verschiedenen Lebensphasen (z.B. am Modell der Lebensphasen des Menschen nach Lievegoed) zuordnen und Weiterbildung als Brücke dazwischen im Rahmen von lebenslangem Lernen diskutieren	
3a - Umwelt Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung von langer Nutzungsdauer und Reparierbarkeit von Produkten beschreiben</li> <li>• Endlichkeit der nicht-erneuerbaren Rohstoffe und Alternativen zur Nutzung von Primärrohstoffen erklären und Soziale / ökologische Folgen der Rohstoffgewinnung in Drittländern beschreiben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materielle und finanzielle Ressourcenschonung</li> <li>• Langlebigkeit von Anlagen und Maschinen fördern - dadurch wird der Rohstoffbedarf reduziert</li> <li>• Ökologische und soziale Auswirkungen der Rohstoffextraktion</li> <li>• Endlichkeit von fossilen Ressourcen und Versorgungssicherheit mit diesen Stoffen</li> <li>• Begrenztheit von metallischen Rohstoffen und Versorgungssicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichkeiten der Verstärkung des inländischen Materialrecycling recherchieren und diskutieren</li> <li>• Einordnen und Einschätzen der im Betrieb häufig eingesetzten Rohstoffe und Materialien hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit</li> <li>• bei verschiedenen Rohstoffen und Kunststoffen Recyclebarkeit prüfen</li> <li>• bei Kunststoffen die Möglichkeit der Ersetzbarkeit (Substitution) durch nicht-fossile Stoffe, z. B. R-PET oder biobasiertes Polyamid, nach funktionalen Kriterien prüfen</li> <li>• Beschreiben und ausführen der Begrenztheit und Übernutzung von ausgewählten Rohstoffen</li> </ul>	SDG9 SDG12 SDG15
3a - Umwelt Wasser, Boden, Luft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourcenschonung</li> <li>• Wasserverbrauch (Wasserfußabdruck) und Flächenbedarf bei der Extraktion mineralischer Rohstoffe in Bezug zu Nachhaltigkeit erläutern können</li> <li>• Umweltauswirkungen und gesellschaftliche Bedeutung von Baugruppen und Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie kennen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zerstörung von Ökosystemen durch nicht-nachhaltige Extraktionsmethoden</li> <li>• Wasserkonflikte zu Lasten von lokaler Landwirtschaft in der Umgebung von Bergbauminen</li> <li>• Wasserbedarfe (-Fußabdruck) für die Herstellung von Kupfer, Aluminium und anderen Rohstoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzept des virtuellen Wassers am Beispiel Stahlherstellung diskutieren und mit Aluminium und Kupfer vergleichen</li> <li>• Prüfung der Herkunft und der Vermeidung von Metallen mit hohem Wasserfußabdruck</li> <li>• Recherche von recycelten Produkten, insbesondere von Metallen (Sekundärrohstoffen) und Berechnung der Kostendifferenz zu Neuware/Primärrohstoff.</li> <li>• Bezugsquellen finden für recycelte Metalle</li> </ul>	SDG 6 SDG 15
3a - Umwelt Umweltmanagementsystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring der Energieverbräuche und Nutzungszeiten von Antrieben und Maschinen im Betrieb in Verbindung zu Nachhaltigkeitszielen darstellen können</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>• Die Ziele der Nachhaltigkeit durch konkretes Analysieren und Handeln im Betrieb verfolgen</li> <li>• Nachhaltigkeitsleitfäden lokal und global</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermitteln von Güte-, Qualitäts- und Nachhaltigkeits-Siegeln, 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>• Einsatz und Analyse digitaler Sensorik an Werkzeugmaschinen zur Dokumentation, Monitoring, Störungsanalyse am Beispiel AFC von Heidenhain oder AVCM</li> </ul>	SDG 9 SDG 12

			Siemens <ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring der Nutzungs- und Stand-By-Zeiten von Maschinen und Kommunikationsgeräten mit dem Ziel der der Energieeinsparung</li> </ul>	
3b - Arbeitsprozessgestaltung - Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieverbrauch für Fertigungsprozesse berechnen und überprüfen können</li> <li>Ansätze für Reduzierung des Energieverbrauchs und Einflussgrößen der Fertigungsprozesse auf den Energieverbrauch identifizieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung von Abwärme</li> <li>THG Emissionen von Unternehmen durch Produktion und Kommunikation im Arbeitsprozess</li> <li>Zusammenhang zwischen Fertigungsparametern, THG Emissionen und Hilfsstoffverbrauch</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>Ressourcenschonende Programmierung der Werkzeugmaschinen (nicht notwendige Beschleunigungen vermeiden, Drehrichtungsumkehr nicht aus vollem Lauf)</li> <li>Dokumentieren und bewerten des Stromverbrauchs von Produktionsmaschinen und digitalen Kommunikationsgeräten im Betrieb</li> <li>Stromverbrauch in Bezug zu variablen Einstellungsmöglichkeiten von Geräten und Werkzeugen ermitteln und das Einsparpotential diskutieren</li> </ul>	SDG 7 SDG 13
3b - Materialien und Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoffe nach fossiler und nicht-fossiler Basis unterscheiden können und deren Eigenschaften hinsichtlich der Funktionalität und Ressourcenschonung abwägen können</li> <li>Ökologische Auswirkungen (Umweltbelastungen) durch die übermäßige Produktion von Waren (z.B. Halbzeugen, Werkzeugmaschinen) darstellen können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produktion und Dienstleistungen auf Kreislaufwirtschaft ausrichten</li> <li>effizienten und sparsamen Materialeinsatz zur Minderung des Rohstoffbedarfs</li> <li>Transparenz über die Wertschöpfungs- und Lieferketten des Unternehmens herstellen</li> <li>Reduktion fossiler Rohstoffe zugunsten nicht-fossiler Alternativen</li> <li>Überproduktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche nicht-fossiler und biologisch abbaubaren Werk- und Hilfsstoff-Alternativen, z.B. für Kühlschmierstoffe</li> <li>Lieferketten der eingesetzten Rohstoffe und Materialien unter ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten bewerten</li> <li>Eine Checkliste für die Beschaffung von Hilfs- und Werkstoffen und Werkzeugen entsprechend der Grundsätze nachhaltiger Entwicklung erstellen können</li> <li>Langlebigkeit mittels des Kriteriums der Reparierbarkeit (Zerlegbarkeit, garantierter Zeitraum der Ersatzteilverfügbarkeit) einer Werkzeugmaschine beurteilen</li> </ul>	SDG 8 SDG 9 SDG 12
3b - Energie - Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnisse zu alternativen Antrieben für Fahrzeuge im Unternehmen (LKW, PKW, Flurförderfahrzeuge etc.) erwerben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ablösung von fossilen Mobilitätslösungen durch geeignete Alternativen (Elektromobilität aus EE)</li> <li>Reduzierung von Schadstoffausstößen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse des Fuhrparks und seiner Verbräuche (stofflich und finanzielle), oder alternativ (wenn es keine Flotte gibt) der genutzten Verkehrsmittel für die Wege zur/von der Arbeit</li> <li>Prüfung der Einsatzmöglichkeiten von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (inner- und außerbetrieblicher Verkehr)</li> </ul>	SDG 13
3b - Wirtschaft-	<ul style="list-style-type: none"> <li>kurz- vs. langfristige Geschäftsmodelle des</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preisdruck auf dem Weltmarkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherchieren, welchen Einfluß die Verwendung</li> </ul>	SDG 8

lichkeit	<p>Unternehmens kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Zielkonflikt der Wirtschaftlichkeit vs. ökologischer und gesellschaftlicher Nachhaltigkeit anhand von Rohstoffen und Zulieferteilen darstellen können</li> </ul>	<p>vs. Einhaltung von sozial-ethischen Richtlinien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorteile inländische Produktion für Mensch und Staat vs. globaler Zulieferung</li> </ul>	<p>erneuerbarer Energien bei der Herstellung von Aluminium und die Einhaltung des Mindestlohns und des Gesundheitsschutzes auf den Handelspreis haben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion, warum Bergbau in Deutschland im Vergleich zu Ländern des globalen Südens als unwirtschaftlich gilt am Beispiel Eisenerz</li> </ul>	SDG12
3b- Langlebigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rationelle Verwendung kritischer Rohstoffe in Bezug zu deren begrenzter Vorkommen auf der Welt begründen können</li> <li>• Einfluss von Fertigungsparametern auf Langlebigkeit von Maschinenkomponenten kennen und entsprechend konfigurieren können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langlebigkeit von Werkzeugen und Maschinen fördern – dadurch wird der Rohstoffbedarf reduziert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentationsformular für Standzeiten von Werkzeugen und Nutzungszeiten von Werkzeugmaschinen anlegen</li> <li>• Checklisten für vorausschauende Instandsetzung von Werkzeugen und Maschinen anlegen</li> <li>• Möglichkeiten der Auswertung von Sensordaten zur vorbeugenden Wartung recherchieren und diskutieren (z.B. AFC von Heidenhain oder oder AVCM Siemens)</li> </ul>	SDG 12
3d - Abfälle vermeiden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Stoffströme im Betrieb (Produktionsreste, Ausschuss etc.) erfassen können und mögliche Ursachen für das Aufkommen sowie Verwertungsmöglichkeiten für Produktionsreste kennen</li> <li>• Kenntnisse zum Abfall- und Kreislaufwirtschaftsrecht bezogen auf den Ausbildungsbetrieb erwerben und anwenden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourcenschonung durch Nutzung von Abfällen und Reststoffen – Verringerung des Abfallaufkommens</li> <li>• Zirkuläre Stoffströme fördern durch die Rückführung von Resten und gebrauchten Materialien als Rohstoffe in den Wirtschaftskreislauf</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 am Beispiel von Putzlappen / Fußabtreter</li> <li>• Berührungspunkte des Betriebes mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht ermitteln und diskutieren</li> </ul>	SDG 8 SDG 12 SDG17
3f - Nachhaltigkeit kommunizieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oben genannten Kenntnisse den jeweiligen Zielgruppen (Geschäftsführung, Kollegen und Kollegen, Lieferanten, Kunden 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>• Kundenwünsche im Sinne der Nachhaltigkeit erfüllen können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oben genannte Aufgabenstellungen im Betrieb und in der Berufsschule beispielhaft umsetzen</li> <li>• Informationen zur Nachhaltigkeit von Produkten im Sortiment für Kundinnen und Kunden sichtbar machen.</li> <li>• Leitfaden entwickeln für Gespräche mit an Nachhaltigkeit interessierten Kund*innen.</li> </ul>	SDG 4 SDG 12

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

Berufsbild- position / Lernfeld	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gemäß Ausbildungsordnung ( <i>kursiv: Lernfelder des RLP</i> )	Beispielhafte Bezüge zur Nachhaltigkeit	Standard- berufsbildposition
<p>Betriebliche und technische Kommunikation (§ 23 Absatz 1 Nummer 6)</p> <p>Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse (§ 23 Absatz 1 Nummer 7)</p> <p>LF 1</p>	<p>c) Gespräche mit Kunden, Vorgesetzten und im Team situationsgerecht und zielorientiert auch mit digitalen Kommunikationsmitteln führen und dabei kulturelle Identitäten berücksichtigen</p> <p>f) Besprechungen organisieren und moderieren, Ergebnisse dokumentieren und präsentieren</p> <p>g) Konflikte im Team lösen</p> <p>l) Aufgaben im Team planen und durchführen</p> <p><i>Lernfeld 1 Präsentationstechnik</i></p>	<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>• in interdisziplinären Teams die Ökosystemleistungen mit ihrer Bedeutung für die Gesellschaft diskutieren</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft 3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p> <p>Kommunikation</p> <p>SDG6 SDG9</p>
<p>Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse (§ 23 Absatz 1 Nummer 7)</p> <p>LF 2</p>	<p>a) Arbeitsplatz unter Berücksichtigung betrieblicher Vorgaben einrichten</p> <p>c) Arbeitsabläufe und Teilaufgaben unter Beachtung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben planen und durchführen</p> <p>e) betriebswirtschaftlich relevante Daten erfassen und bewerten</p> <p>f) Lösungsvarianten prüfen, darstellen und deren Wirtschaftlichkeit vergleichen</p> <p>g) im eigenen Arbeitsbereich zur kontinuierlichen Verbesserung von Arbeitsvorgängen beitragen</p> <p><i>Lernfeld 2 Werkzeug- und Maschinenkosten, Materialverbrauch, Arbeitszeit</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Checkliste für die Beschaffung entsprechend der Grundsätze nachhaltiger Entwicklung erstellen können</li> <li>• Bei Planung von Arbeitsabläufen Vorschläge zur Beachtung ökologischer und nachhaltiger Aspekte (unnötige Maschinenlaufzeit vermeiden) einbringen können</li> <li>• Für soziale und technologische Innovationen zur Stärkung einer nachhaltigen Entwicklung im Unternehmen beitragen (Anregungen)</li> </ul>	<p>3b - Wirtschaftlichkeit 3a - Gesellschaft - soziale Verantwortung 3e - Vorschläge zur Nachhaltigkeit</p> <p>SDG 8, SDG 16, SDG 17</p>
<p>Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse (§ 23 Absatz 1 Nummer 7)</p> <p>LF 3</p>	<p>h) Qualifikationsdefizite feststellen, Qualifizierungsmöglichkeiten nutzen</p> <p>i) unterschiedliche Lerntechniken anwenden</p> <p><i>Lernfeld 3 technische Informationsquellen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro und contra inklusiver Bildung darstellen</li> <li>• den Zusammenhang zwischen Bildung und Wohlstand erklären können</li> <li>• den Zusammenhang zwischen Bildung und Nachhaltigkeit erklären können</li> </ul>	<p>3a - Gesellschaft Gesundheit und Bildung</p> <p>SDG 3</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bedeutung der Mitarbeiterqualifizierung für den Unternehmenserfolg als Teil einer Nachhaltigkeitsstrategie darstellen</li> <li>• die Begriffe "Teilhabe" und "Gerechtigkeit" am Beispiel des eigenen Unternehmens erklären können</li> <li>• Ursachen für die Notwendigkeit lebenslangen Lernens kennen (z.B. technologischer Wandel, gesellschaftliche Transformation, Globalisierung, Digitalisierung) und in Verbindung mit den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit bringen können</li> <li>• die Bedeutung des lebenslangen Lernens für die Beschäftigungsfähigkeit erläutern und ein Weiterbildungsangebot konzipieren vor dem Hintergrund der Digitalisierungen Zusammenhang von Beschäftigungsfähigkeit und damit Einkommen der Mitarbeitenden kennen und vermitteln können</li> </ul>	SDG4
<p>Planen und Organisieren der Arbeit, Bewerten der Arbeitsergebnisse (§ 23 Absatz 1 Nummer 7)</p> <p>Unterscheiden, Zuordnen und Handhaben von Werk- und Hilfsstoffen (§ 23 Absatz 1 Nummer 8)</p> <p>LF 1</p>	<p>b) Werkzeuge und Materialien auswählen, termingerecht anfordern, prüfen, transportieren und bereitstellen</p> <p>a) Werkstoffeigenschaften und deren Veränderungen beurteilen und Werkstoffe nach ihrer Verwendung auswählen und handhaben</p> <p>b) Hilfsstoffe ihrer Verwendung nach zuordnen, einsetzen und entsorgen</p> <p><i>Lernfeld 1</i>  <i>Eisen- und Nichteisenmetalle</i>  <i>Eigenschaften metallischer Werkstoffe</i>  <i>Kunststoffe</i>  <i>Halbzeuge, Normteile und Hilfsstoffe</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltigkeitskriterien erstellen, um Auftrags-Anforderungen hinsichtlich der Materialien, Werkzeuge, Bearbeitungsmaschinen, Baugruppen analysieren zu können (Nachhaltige Beschaffung: Transportwege, Emissionen, Zertifizierungen, recycelte Werkstoffe, nachhaltige Lieferwege, Wiederverwendbarkeit u.a.)</li> <li>• Transparenz über die Wertschöpfungs- und Lieferketten des Unternehmens herstellen</li> <li>• Einsatz fossil freier, alternativer Kühl- und Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten prüfen</li> </ul>	<p>3a - Umwelt</p> <p>Wasser, Boden, Luft (Ressourcen - Wasser, Strom, Fläche)</p> <p>SDG 6</p> <p>SDG 15</p>
<p>Warten von Betriebsmitteln (§ 23 Absatz 1 Nummer 10)</p> <p>LF 4</p>	<p>a) Betriebsmittel inspizieren, pflegen, warten und die Durchführung dokumentieren</p> <p>c) Betriebsstoffe auswählen, anwenden und entsorgen</p> <p><i>Lernfeld 4</i>  <i>Grundbegriffe der Instandhaltung</i>  <i>Wartungspläne</i>  <i>Betriebsanleitungen</i>  <i>Verschleißursachen, Störungsursachen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Wert von Instandhaltung und Wartung für die Verlängerung des Produktlebenszyklus und damit für die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit erläutern können</li> <li>• Die Richtlinie der EU-Kommission zum "Ecodesign" auf Baugruppen und Maschinen bei Instandsetzung / Modernisierung berücksichtigen können</li> <li>• Zur Verlängerung der Produktlebensdauer Baugruppen demontieren und modernisieren können</li> </ul>	<p>3a - Umwelt</p> <p>Ressourcen</p> <p>SDG 9, SDG 15</p>



	<p><i>Schmier- und Kühlschmierstoffe, Entsorgung Korrosionsschutz und Korrosionsschutzmittel Normen und Verordnungen</i></p> <p><i>Lernfeld 6 Produktionsfaktor Werkzeugmaschine Abnutzung, Abnutzungsvorrat Instandhaltungsstrategien Ereignisorientierte- und Vorausschauende Instandhaltung Condition Monitoring Entsorgungsvorschriften Schmierstoffe, -spezifikationen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläutern können der Notwendigkeit eines rationellen Umgangs mit kritischen Rohstoffen, deren Vorkommen auf der Welt begrenzt ist (z.B. Vanadium für die Stahlherstellung)</li> <li>• Energieeffiziente Nutzung, z.B. durch Drehzahlregulierung und Abschaltung außerhalb der Nutzungszeiten, von Werkzeugmaschinen beurteilen können</li> <li>• Maßnahmen zur Erhöhung der Langlebigkeit von Werkzeugen, Materialien, Baugruppen durch mechanische Anpassungen kennen</li> </ul>	<p>3b- Langlebigkeit SDG 12</p>
<p>Steuerungstechnik (§ 23 Absatz 1 Nummer 11)</p> <p>LF 7</p>	<p>a) steuerungstechnische Unterlagen auswerten b) Steuerungstechnik anwenden</p> <p><i>Lernfeld 7 Schalt- und Stromlaufplan Pneumatik, Hydraulik, elektrische Ansteuerung Analoge, digitale und intelligente Sensoren und Aktoren</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiemonitoring am Beispiel von Antrieben oder Maschinen erklären können</li> <li>• Treibhausgasemissionen im Ausbildungsbetrieb insgesamt, bei Produktion, Mobilität, Arbeitsprozessen und Kommunikation erschließen und dokumentieren können</li> <li>• Vorschläge für die Reduktion des Energiebedarfs eines Unternehmens gemeinsam im Arbeitsteam entwickeln (z.B. Einsatz energieeffizienter und vernetzter Gebäudetechnik)</li> </ul>	<p>3a - Umwelt Umweltmanagementsystem SDG 9, SDG 12</p>
<p>Kundenorientierung (§ 23 Absatz 1 Nummer 13)</p>	<p>a) auftragsspezifische Anforderungen und Informationen beschaffen, prüfen, umsetzen oder an die Beteiligten weiterleiten b) Kunden auf auftragsspezifische Besonderheiten und Sicherheitsvorschriften</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kurz- vs. langfristige Geschäftsmodelle des Unternehmens kennen</li> <li>• Aspekte der Nachhaltigkeit anhand von Rohstoffen und Zulieferteilen darstellen können</li> </ul>	<p>3b - Wirtschaftlichkeit SDG 8 3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>Planen des Fertigungsprozesses (§ 23 Absatz 1 Nummer 14)</p>	<p>b) Fertigungsauftrag analysieren und die technische Umsetzbarkeit beurteilen c) Fertigungsverfahren und Prozessschritte festlegen e) Werkzeuge und Schneidstoffe unter Beachtung der Fertigungsverfahren, des zu bearbeitenden Werkstoffes, der Bearbeitungsstabilität und der Werkstückgeometrie festlegen f) Fertigungsparameter in Abhängigkeit von Werkstück, Werkstoff, Werkzeug und Schneidstoff festlegen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentationsformular für Standzeiten von Werkzeugen und Nutzungszeiten von Werkzeugmaschinen anlegen</li> <li>• Checklisten für vorausschauende Instandsetzung von Werkzeugen und Maschinen anlegen</li> <li>• Möglichkeiten der Auswertung von Sensordaten zur vorbeugenden Wartung recherchieren und diskutieren (z.B. AFC von Heidenhain oder oder AVCM Siemens)</li> </ul>	<p>3a - Umwelt Ressourcen SDG9, SDG 12, SDG15</p>

<p>Herstellen von Werkstücken (§ 23 Absatz 1 Nummer 17)</p> <p>Programmieren von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Fertigungssystemen (§ 23 Absatz 1 Nummer 15)</p> <p>Einrichten von Werkzeugmaschinen oder Fertigungssystemen, (§ 23 Absatz 1 Nummer 16)</p> <p>LF 5 und 8</p>	<p>c) Zerspanbarkeit von Werkstücken unter Berücksichtigung der stofflichen Zusammensetzung, des Anlieferungszustandes und des Wärmebehandlungszustandes beurteilen</p> <p>e) Werkstücke unter Beachtung wirtschaftlicher Faktoren fertigen</p> <p>c) Programme eingeben, testen, ändern und optimieren</p> <p>d) Fertigungsparameter einstellen und eingeben</p> <p>Lernfeld 5</p> <p>Schneidstoffe Fertigungsparameter: Technologiedaten, Schneidengeometrie, Schnittkraft, Schnitt- und Maschinenleistung, Zeitspannungsvolumen, Hauptnutzungszeit, Fertigungskosten Verschleiß, Standzeit</p> <p>Lernfeld 8 Fertigungsparameter Fertigungsunterlagen Normen Dokumentations- und Präsentationstechnik</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen und Mitschülern vorstellen</li> <li>• Einfluss von Fertigungsparametern auf Energie- und Werkzeugverbrauch (Drehzahl, Vorschub, Schnittgeschwindigkeit)</li> <li>• Auswirkungen des Einsatzes von verschiedenen Schneidstoffen auf die Umwelt beschreiben können (Gegenüberstellung HSS gegen Schneidkeramik)</li> <li>• Zielkonflikt Zeitoptimierung vs. Ressourcenoptimierung beim Spanen erläutern</li> <li>• Möglichkeiten der Fertigungsoptimierung recherchieren und diskutieren (z.B. AFC von Heidenhain oder oder AVCM Siemens)</li> <li>• Bei der Auswahl der verwendeten Werkzeuge, der verschiedenen manuellen Verfahren und der Werkstoffe auf Ressourcenschutz und Nachhaltigkeit achten.</li> </ul>	<p>3b - Arbeitsprozess-gestaltung - Energie</p> <p>SDG 7 SDG 13</p>
<p>Überwachen und Optimieren von Fertigungsabläufen (§ 23 Absatz 1 Nummer 18)</p> <p>LF 10</p>	<p>a) Fertigungsprozess überwachen und optimieren</p> <p>e) Qualität und Quantität durch Optimieren der Prozessparameter lenken</p> <p>Lernfeld 10 Werkzeugüberwachungssysteme Condition-Monitoring Vorausschauende Instandhaltung Maschinenkonzepte ERP-Systeme und MES Maschinenleistung Hauptnutzungszeit, Rüst- und Nebenzeit Kalkulation Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertigungsprozesse in Hinsicht auf Ressourceneffizienz optimieren können</li> <li>• Je nach Produktqualität die Nutzung alternativer Rohstoffe einplanen können</li> <li>• Fertigungsprozesse in Hinsicht auf Energieeffizienz optimieren können</li> <li>• Maschinenlaufzeiten minimieren können</li> <li>• Instandhaltungsroutinen planen können</li> </ul>	<p>SDG 8 SDG 12</p>

<p>Geschäftsprozesse und Qualitätssicherungssysteme im Einsatzgebiet (§ 23 Absatz 1 Nummer 19)</p> <p>LF 2, 3 und 13</p>	<p>b) Informationen für die Auftragsabwicklung beschaffen, auswerten und nutzen, technische Entwicklungen berücksichtigen, sicherheitsrelevante Vorgaben beachten</p> <p>c) Auftragsabwicklungen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, betriebswirtschaftlicher und ökologischer Gesichtspunkte planen sowie mit vor- und nachgelagerten Bereichen abstimmen, Planungsunterlagen erstellen</p> <p>e) Aufträge, insbesondere unter Berücksichtigung von Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Terminvorgaben, durchführen</p> <p>h) Auftragsabwicklung, Leistungen und Verbrauch dokumentieren</p> <p>j) Arbeitsergebnisse und -durchführung bewerten sowie zur kontinuierlichen Verbesserung von Arbeitsvorgängen im Betriebsablauf beitragen</p> <p>l) Lebenszyklusdaten von Aufträgen, Dienstleistungen, Produkten</p> <p><i>Lernfeld 2 Grundlagen des Qualitätsmanagements Lernfeld 3 Grundlagen des Qualitätsmanagements Lernfeld 13 Audit, Betriebliche Prüfvorschrift, Prüfanweisung Qualitätsregelkarte Qualitätsregelkreis Qualitätslenkung Prozessfähigkeit, Maschinenfähigkeit Betriebsdatenerfassung Dokumentation Produkthaftung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro und contra inklusiver Bildung darstellen</li> <li>• Produktspezifische Kriterienlisten zu prüfender Qualitätsmerkmale der Nachhaltigkeit erstellen können</li> <li>• Nachhaltigkeit im Sinne der Umweltverträglichkeit als Qualitätsmerkmal auf Produkte anhand einer Checkliste anwenden können</li> <li>• Bewerten ihrer Produkte hinsichtlich der Nachhaltigkeit anhand von Güte-, Qualitäts- und Nachhaltigkeitssiegeln</li> <li>• Nachhaltigkeit im Sinne sozialer Sorgfaltsverpflichtung (Einhaltung von Mindestlöhnen, Arbeits- und Menschenrechten) des Betriebes an Produkten anhand einer Checkliste prüfen können</li> <li>• Den Wert von Instandhaltung und Wartung für die Verlängerung des Produktlebenszyklus und damit für die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit erläutern können</li> <li>• Die Richtlinie der EU-Kommission zum “Ecodesign” auf Baugruppen und Maschinen beschreiben können</li> <li>• Bei der Verwendung von zertifizierten Produkten, nachhaltigen Rohstoffen und Bauteilen auf mögliche Unterschiede in der Beschaffenheit hinweisen können (Eigenschaften und Aussehen von Materialien aus nicht-fossilen bzw. fossilen Grundstoffen, Herkunftsorte)</li> <li>• nicht-nachhaltige Komponenten erkennen und Alternativen vorschlagen können (z.B. Schmelzsicherungen)</li> <li>• Grundzüge der Kreislaufwirtschaft beschreiben können</li> <li>• Grundzüge des Konzeptes “cradle to cradle” beschreiben können</li> <li>• Konzepte für Recycling, Wieder- und Weiterverwendung und Refurbishing erklären können</li> </ul>	<p>3b - Langlebigkeit</p> <p>3d - Abfälle vermeiden</p> <p>SDG 12 SDG 8 SDG 17</p>
--	---	---	--

## 6. Unterrichts- und Ausbildungsmodule

Das hier vorgeschlagene Unterrichts- und Ausbildungsmodul ist auf Lernfeld 10 “Optimieren des Fertigungsprozesses” und Ausbildungsordnungspunkt § 23 Absatz 1 Nummer 18 “Überwachen und Optimieren von Fertigungsabläufen ” des Ausbildungsberufsbildes Zerspanungsmechaniker und Zerspanungsmechanikerin ausgerichtet. Damit wird den Auszubildenden die Bedeutung des Energiebedarfs des Betriebes für den nachhaltigen Unternehmenserfolg in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht vermittelt. Die Tätigkeiten der Beschäftigten im Unternehmen sollten darauf ausgerichtet sein, Energiesparpotenziale zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu deren Senkung umzusetzen. Die Aufgaben des Moduls können auch einzeln bearbeitet werden.

### 6.1 Ermitteln von Nachhaltigkeitskennzahlen für Werkzeugtypen

Zerspanungsmechaniker\*innen fertigen Bauteile z.B. für Maschinen, Motoren oder Turbinen. Hierfür arbeiten sie in der Regel mit CNC-gesteuerten Dreh-, Fräs- und Schleifmaschinen. Durch den stetig wachsenden Einsatz von IKT in der Industrie und die immer komplexer werdenden Anlagen ist es notwendig, so früh wie möglich in der Ausbildung für Verbräuche und Energieeffizienz zu sensibilisieren.

Für Zerspaner\*innen besteht die Besonderheit darin, dass sie direkten Einfluss auf die Energieverbräuche nehmen können, indem sie CNC-Programme optimieren, maschinenspezifische Bahn-Optimierungsfunktionen nutzen und Werkzeuge nicht allein nur nach ihrem Zeitspanvolumen aussuchen.

Die folgende Aufgabe dient den Auszubildenden als Grundlage, den tatsächlichen Einfluss von verschiedenen Werkzeugen auf die Energieaufnahme der Werkzeugmaschine abschätzen zu können, Energiesparpotenziale leichter zu erkennen und Maßnahmen zu entwickeln, um diese umzusetzen.

Ziel ist eine differenzierte Betrachtung des Spannungsfeldes aus Zeitspanvolumen, Werkzeugverschleiß und Energiebedarf im Zerspanprozess durch Ermitteln von Nachhaltigkeitskennzahlen für verschiedene Werkzeugarten bei vergleichbarer Qualität. Auszubildende sollen Auswirkungen des Einsatzes von verschiedenen Schneidstoffen auf die Umwelt beschreiben können (Gegenüberstellung HSS gegen Hartmetall und Schneidkeramik) und den Zielkonflikt Zeitoptimierung vs. Ressourcenoptimierung beim Spanen erläutern.

Für diese Aufgabe werden eine Stoppuhr, ggf. eine Stromzange sowie verschiedene Werkzeuge zum Längsdrehen (HSS; Schneidkeramik, Hartmetall,...) und eine CNC-Drehmaschine benötigt. Als Rohmaterial wird der Automatenstahl D80 vorgeschlagen.

## 6.1 a) Informieren

Im ersten Schritt wird geprüft, welche Werkzeugtypen an der CNC- Drehmaschine eingesetzt werden. Als ideale Gegenüberstellung eignen sich Schneidkeramik, Hartmetall und HSS.

Dazu recherchieren die Auszubildenden, aus welchen Rohstoffen diese Schneidstoffe hergestellt werden und welche Energie für die Herstellung von Wendeschneidplatten aus Schneidkeramik aufgewandt wird.

Sollte die Recherche nicht das gewünschte Ergebnis zeigen ist folgende Quelle eine Referenz:

- <https://www.degruyter.com/document/doi/10.3139/104.110629/pdf>

Im zweiten Schritt wird ermittelt, ob auch unterschiedliche Werkzeuggeometrien vorhanden sind (Werkzeugform nach ISO 1832 - S, C, W, T, D, ...).

Sämtliche in Frage kommenden Werkzeuge werden gesammelt und mit ihrer ISO-Bezeichnung in die Tabelle 1 (unten) eingetragen.

Für diese Aufgabe ist es sinnvoll, einen gewöhnlichen Automatenstahl z.B. 11SMn30 (1.0715) zu verwenden oder alternativ einen betriebsüblichen Werkstoff festzulegen.

Nun wird ermittelt, welche Schnittwerte laut Herstellerangaben für diesen Werkstoff vorgesehen für einen festgelegten Werkstoff sind. Alternativ kann der Toolscout von Hoffmann realistische Werte liefern. Benötigt werden:

- Schnittgeschwindigkeit
- Standzeit bei Nennbelastung
- Vorschub
- Zustellung

Im dritten Schritt ist zu ermitteln, ob die CNC Drehmaschine konkrete Leistungsdaten anzeigen kann. Ältere Maschinen zeigen entweder keine Leistungsaufnahme oder nur sehr ungenau in Form von LED-Balken (je mehr LEDs leuchten, desto mehr Leistung wird benötigt). Sollte dies nur ungenau möglich sein, ist ein Strommessgerät in Form einer Stromzange an der Zuleitung durch eine Elektrofachkraft so zu installieren, dass ein Ablesen durch die Auszubildenden gefahrlos möglich wird. Dabei ist zu beachten, dass für bessere Vergleichbarkeit der Ablesewert der Maschine im Leerlauf vom Messwert abgezogen wird.

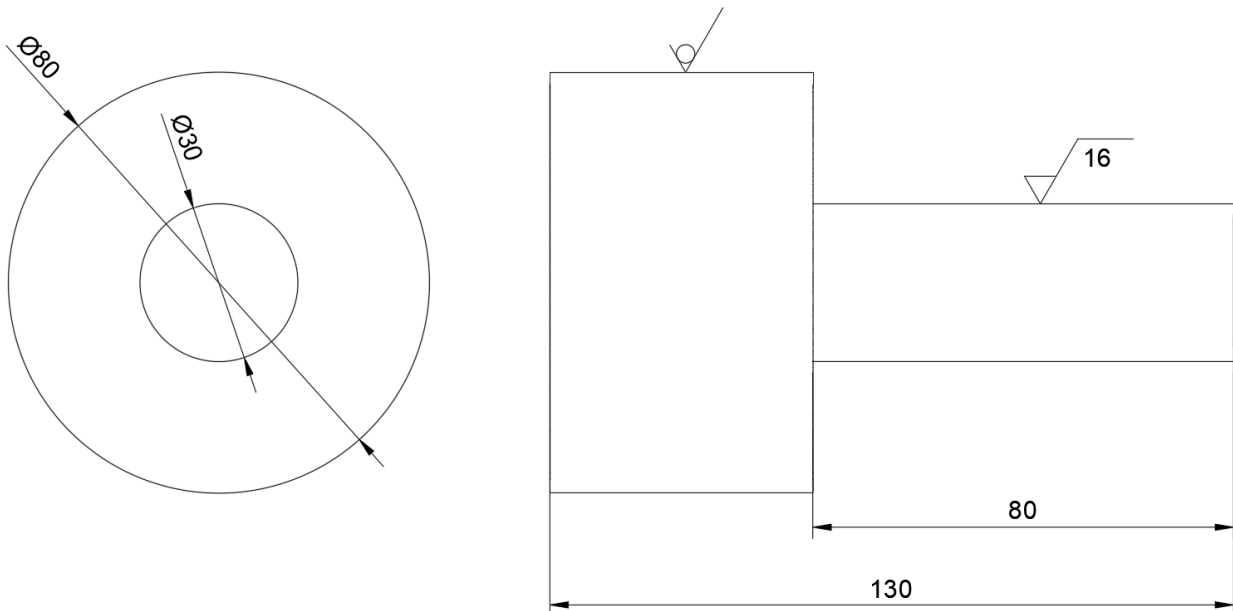
## 6.1 b) Planen

Für die Testreihe sind die in Schritt 2 ermittelten Werte in die Tabelle einzutragen.

Werkzeug- typ, ISO-Code	Standzeit in s	Vs in mm/ U	Vf in mm/ min	ap in mm	Ø Maschinen- leistung	Energie- verbrauch in kWh für 100 Teile	Fertigungs- zeit in s	Zeitspan- volumen Q in mm <sup>3</sup> /min
HSS								
Schneid- keramik								
Hartmetall								

Es ist ein CNC Programm zu schreiben, bei dem ein zylindrisches Werkstück längs von einem Start-Durchmesser auf einen Zieldurchmesser heruntergedreht wird. Hier ein Beispiel:

**Abbildung 1 - Fertigungsskizze für die Übung 1**



Besonders interessant ist der Energieverbrauch beim Vordrehen (“Schruppen”), da hier das meiste Material abgetragen wird und dieser Vorgang üblicherweise den größten Anteil an der Bearbeitungszeit hat.

Wichtig ist, dass die Fertigung mit konstanter Schnittgeschwindigkeit (G96) erfolgt. Bitte beachten Sie die Angaben des Maschinenherstellers für die maximale Drehzahl für diese Bearbeitung (G92)!

Für Automatenstahl wird empfohlen, die Aufgabe mit allen Werkzeugen nur mit Kühlschmierstoff durchzuführen - trockene Schnitte könnten das Ergebnis deutlich

verfälschen, selbst wenn vielleicht das Werkzeug, laut Hersteller, auch ohne KSS eingesetzt werden kann..

### 6.1 c) Durchführen

Es werden 2er Teams gebildet. Ein Auszubildender bedient die Maschine und überwacht den Fertigungsprozess. Dabei stoppt er die Fertigungszeit und liest den aktuellen Energieverbrauch regelmäßig ab. Ein zweiter Auszubildender notiert die Werte in der Tabelle (ggf. wird noch ein Dritter benötigt, der die Stromzange abliest).

Die Durchführung erfolgt dann in 4 Schritten:

1. Die Werkzeugmaschine wird vorbereitet (Werkstück spannen, Nullpunkt festlegen, Werkzeug vermessen, eintragen und einspannen)
2. Das Fertigungsprogramm wird auf die Herstellerangaben angepasst (Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, Schnitttiefe)
3. Das Fertigungsprogramm wird gestartet und die Leistungswerte bei jedem Schnitt notiert.
4. Aus allen Werten wird am Ende ein Durchschnittswert gebildet (Summe aller Werte durch Anzahl der Werte) um eine Vergleichbarkeit herzustellen

Mit einem neuen Werkzeug wird wieder bei 1 begonnen.

Beim Einsatz einer Stromzange kann mit dem abgelesenen Stromwert  $I$  die Scheinleistung der Werkzeugmaschine durch die Formel

- $S = U \times I \times \sqrt{3}$  berechnet werden, wobei  $U$  400V sind.

Durch Umrechnung der Fertigungszeit von Sekunden in Stunden und Division durch die mittlere Stromaufnahme (Summe aller Messwerte geteilt durch ihre Anzahl) kann der Stromverbrauch ermittelt werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit wird der Wert mit 100 multipliziert, was einer Serienfertigung von 100 Teilen entspricht.

Dies wird solange wiederholt, bis alle Werkzeuge zum Einsatz gekommen sind, die verglichen werden sollen.

Zuletzt wird für jedes Werkzeug das reale Zeitspanvolumen berechnet.

- $Q = A \cdot v_c$

wobei sich der Spanquerschnitt  $A$  auch aus Spantiefe und Vorschub berechnen lässt:

- $A = a_p \cdot f$

### 6.1 d) Kontrollieren und Bewerten

Anhand der Tabelle lassen sich deutliche Unterschiede feststellen - zum Einen beträgt die Fertigungszeit mit Herstellerangaben bei HSS-Werkzeugen ein Vielfaches von moderner Schneidkeramik, zum Anderen ist trotz geringem Zeitspanvolumen der Energieverbrauch vergleichbar.



Es werden also mit demselben Energieaufwand deutlich weniger Werkstücke gefertigt. Auch bei VHM und Schneidkeramik lassen sich solche Unterschiede erkennen, wenngleich nicht ganz so deutlich. Hier ist vor allem die Standzeit des Werkzeuges bei ähnlicher Schnittleistung ausschlaggebend.

Am Ende lässt sich gut darstellen, welchen Energiebedarf und welchen Werkzeugverschleiß die unterschiedlichen Werkzeuge erzeugen und wie viele Werkzeuge notwendig für die Fertigung von 100 Werkstücken sind.

Natürlich ist der Schneidstoff nicht der einzige Einfluss auf die Schnittleistung - ebenso wichtig sind Schneidengeometrie und Eingriffswinkel.

Es könnten nach Auswertung der ersten Versuchsreihe ebenfalls verschiedene Schneidengeometrien des selben Schneidenmaterials miteinander verglichen werden - hier ist das Interesse der Gruppe und die technische Ausstattung der Berufsschule der einzige begrenzende Faktor.

Alternativ kann auf der Sandvik-Webseite über verschiedene Einstellungen der Versuch nachgebildet und der CO<sub>2</sub> Ausstoß für diese Operation mit sämtlichen verfügbaren Sandvikwerkzeugen verglichen werden:

- Auswahl: Drehen->Außen -> zylindrische Fläche mit Schulter
- Maße eingeben-> Ergebnisse anfordern
- [www.sandvik.coromant.com/de-de/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation](http://www.sandvik.coromant.com/de-de/tools/coroplus-toolguide/tool-recommendation)

Ebenfalls könnten im Anschluss an den Versuch ökonomische Berechnungen angeschlossen werden, bei denen die Werkzeuglogistik (Bestellhäufigkeit), die Rentabilität des Prozesses unter gegebenen Parametern sowie Optimierungsmöglichkeiten am CNC-Programm gemeinsam erarbeitet werden.

Für weiterführende Informationen werden folgende Links empfohlen:

- Welt der Fertigung (o.J.): Die energiesparende Schneide. Online: [www.weltderfertigung.de/suchen/goodies/zerspanungswerkzeuge/die-energiesparende-schneide.php](http://www.weltderfertigung.de/suchen/goodies/zerspanungswerkzeuge/die-energiesparende-schneide.php)
- Erika Redecker, Manuela: Kenngrößen der Energieeffizienz in der spanenden Fertigung - DISSERTATION. Online: <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=5f3122132682c&location=browse>

## 6.2 Recherche alternativer Rohstoffe

Zerspanungsmechaniker/-innen, können durch Kenntnis von Ersatzrohstoffen bei der Auswahl und Beschaffung von Rohstoffen und Materialien einen großen Einfluss ausüben, indem sie in Besprechungen und Planungssitzungen Möglichkeiten zur Kommunikation nachhaltigerer Alternativen auf die Tagesordnung rufen (siehe Nudging HMG Zerspanungsmechaniker:in SDG 3). Aufklärung, Innovation und Nachhaltigkeit werden zu immer größeren Säulen des Einkaufs. Sie leisten so einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit ihres Unternehmens (siehe auch SDG 12 und 13).

Diese Aufgabe sollte als Rechercheaufgabe in kleinen Teams durchgeführt werden.

### 6.2 a) Informieren

Als Einstieg in die Aufgabe sollte die Bedeutung der Zertifizierungen nach ROHS und REACH als Rechercheauftrag bearbeitet oder alternativ erklärt oder präsentiert werden. Insbesondere ist dabei auf folgende Fragen einzugehen:

- Welche Stoffe sind betroffen oder sollten vermieden werden?
- Warum - welche Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt sind bekannt?

Die Rechercheergebnisse werden verglichen und validiert. In diesem Zuge können auch andere wichtige Zertifizierungen im Metallbereich betrachtet werden ( z.B. FAIR-Trade, ISO 14001, EMAS, Klimamanagement, Umweltmanagement, ...).

### 6.2 b) Planen

Im nächsten Schritt wird eine Liste im Unternehmen verwendeter Materialien in Tabellenform nach folgendem Beispiel erstellt:

**Tabelle: Datenblatt verschiedener Materialien**

Werkstoff - nummer	Zusammen- setzung	Verwendung	verwendete Menge im Monat	Gehalt gefährlicher Stoffe
EN-AW-2007	AlCu4PbMgMn	Drehen, Fräsen	2,721t	0,8-1,5% Pb
Stahl 1.0737	11SMnPb37	Drehen, Fräsen	1,231t	...
...				

Zu sämtlichen verwendeten Materialien werden die technischen Datenblätter gesammelt.

**Tabelle: Datenblatt Aluminium - Chemische Zusammensetzung EN AW-2007**

Chemische Zusammensetzung in Massenanteil % (nach DIN EN 573-3)	
Si	0,8
Fe	0,8
Cu	3,3 bis 4,6
Mn	0,5 bis 1,0
Mg	0,4 bis 1,8
Cr	0,1
Ni	0,2
Zn	0,8
Ti	0,2
Bemerkungen	0,20 Bi; 0,8-1,5 Pb; 0,20 Sn

In den Datenblättern ist systematisch nach problematischen Stoffen zu suchen. Diese sind mengenmäßig zu erfassen und in die Tabelle einzutragen.

Anschließend wird die Tabelle nach Häufigkeit der Verwendung sortiert. Die 5 am häufigsten verwendeten Materialien, die gefährliche Stoffe enthalten, sind Grundlage der Recherche alternativer, Umweltfreundlicher Alternativrohstoffe.

### 6.2 c) Durchführen

Im Herstellerdatenblatt werden die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe identifiziert.

**Tabelle: Herstellerdatenblatt eines Werkstoffes**

Gezogene Stangen									
Werkstoffzustand	Maße mm		R <sub>m</sub> MPa		R <sub>p0,2</sub> MPa		A %	A <sub>50 mm</sub>	HBW Typischer Wert
	D <sup>a</sup>	s <sup>b</sup>	min.	max.	min.	max.	min.	min.	
T3 <sup>c</sup>	≤30	≤30	370	-	240	-	7	5	95
	30<D≤80	30<S≤80	340	-	240	-	6	-	95
T351 <sup>c</sup>	≤80	≤80	370	-	240	-	5	3	95
Gezogene Rohre									
Werkstoffzustand	Wanddicke t mm	R <sub>m</sub> MPa		R <sub>p0,2</sub> MPa		A %	A <sub>50 mm</sub> %	HBW Typischer Wert	
		min.	max.	min.	max.	min.	min.		
T3 <sup>c</sup>	≤20	370	-	250	-	7	5	95	
T3510 <sup>c</sup> , T3511 <sup>c</sup>	≤20	370	-	240	-	5	3	95	

Anschließend wird nach alternativen Werkstoffen recherchiert. Eine gute Quelle dazu ist:

- Alumeco-Service (o.J.):  
[www.alumeco-service.de/wissen-technik/normung-klassifizierung/mechanische-eigenschaften-nach-legierung-zustand/?s=0](http://www.alumeco-service.de/wissen-technik/normung-klassifizierung/mechanische-eigenschaften-nach-legierung-zustand/?s=0)

Hier lassen sich verschiedene Legierungen nach chemischer Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften miteinander vergleichen.

Am Beispiel EN AW-6026 LF - Öko-Aluminium (ROHS und REACH konform) wird deutlich, dass es aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften als idealer Ersatzkandidat für Bleifreie Aluminium-Automatenlegierung in Frage kommt.

Sind für alle in Frage kommenden Werkstoffe Ersatzrohstoffe identifiziert, werden diese validiert und besprochen. Hier wird insbesondere auf den möglichen Einsatz seltener Metalle (Tellur, Zirkonium) geachtet und ggf. erneut der Rechercheprozess in Gang gesetzt.

## 6.2 d) Kontrollieren und Bewerten

Mit der Entstandenen Liste könnten folgende Fragen bearbeitet werden:

- Wieviel der gefährlichen Substanzen könnte durch den Materialwechsel im Monat eingespart werden?
- Welche Auswirkungen hat ein Wechsel ökologisch, ökonomisch und sozial für unser Unternehmen, die Branche und die Herkunftsländer des Materials?

Ziel könnte eine Empfehlung an die Geschäftsführung des eigenen Unternehmens sein, die Verwendung alternativer Rohstoffe aufgrund der entstandenen Recherche zu prüfen.

# 7. Zielkonflikte und Widersprüche

Beim Ansteuern von Nachhaltigkeit sind Zielkonflikte bzw. Widersprüche nichts Ungewöhnliches. Klassisch ist der Zielkonflikt zwischen Ökonomie und Ökologie. Ökologische und umweltschonende Produktionsverfahren sind teurer als "herkömmliche", da diese alle technischen, biologischen und chemischen Verfahren zur Effizienzsteigerung nutzen. Höhere Kosten bedingen höhere Menüpreise. Höhere Menüpreise schrecken kostenbewusste Verbraucher ab. Der Umsatz kann sinken und der Betrieb wird gefährdet. Unternehmen versuchen dies durch mehr "Effizienz" zu kompensieren, aber diese "Effizienz" führt nicht unbedingt zu mehr "Nachhaltigkeit", wie im Folgenden erläutert wird.

## 7.1 Die Effizienzfalle und Widersprüche

Effizienz beschreibt unter anderem 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 Verkehrsaufkommen 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“. Denn obwohl sich mit Effizienzsteigerung eine relative Umweltentlastung erzeugen lässt, bleibt die Herausforderung des absoluten Produktionswachstums weiterhin bestehen. So ist das effiziente Handeln aus der ökonomischen Perspektive zwar zielführend, aus der ökologischen Perspektive jedoch fraglich. 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 verknüpfen.

Im Rahmen des beruflichen Handelns entstehen jedoch Widersprüche zwischen der Effizienzrationalität („Funktionalität“, „ökonomische Effizienz“ und „Gesetzeskonformität“) und der Nachhaltigkeitsrationalität („ökologische Effizienz“, „Substanzerhaltung“ und „Verantwortung“). Ein zukunftsfähiges berufliches Handeln zeichnet sich dadurch aus, 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 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, Lösungen zu finden.

Im Folgenden werden einige Zielkonflikte aufgezeigt.

## 7.2 Beispielhafte Zielkonflikte

Folgende Zielkonflikte sind im Metallbau häufig zu finden, die im Rahmen eines Unterrichts- oder Ausbildungsgesprächs diskutiert werden können:

- Im Metallbau werden Prinzipien und Kriterien nachhaltiger Entwicklung dadurch angemessen berücksichtigt, dass sämtliche Ressourcen, Rohstoffe und Werkzeuge in geringstmöglichem Ausmaß verwendet werden. Dabei handelt es sich vor allem um unterschiedliche Metalle und Legierungen, zunehmend aber auch um nichtmetallische Materialien, wie z.B. Kunststoffe. 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.
- 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 Metallbau 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 einsparen 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)“