

Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE)

Didaktisches Begleitmaterial – Impulspapier (IP)

Biologielaborant und Biologielaborantin

IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH
Katrin Ludwig, k.ludwig@izt.de
Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin
Webseite: www.pa-bbne.de
Telefon: 030-308088-0

GEFÖRDERT VOM



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
1.3.5 Hinweis für handwerkliche, kaufmännische und Industrieberufe	7
2. Glossar	8
3. Literatur	9
4. Tabelle 1 : Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”	10
5. Tabelle 2: Berufsbildpositionen und Lernfelder mit Bezug zur Nachhaltigkeit	14
6. Unterrichts- und Ausbildungsmodule	21
6.1 Rahmenaufgabe: Nachhaltigkeit im Labor	21
6.1.1 Bestandsaufnahme	22
6.1.2 Optionen zum schonenden Umgang mit Ressourcen	22
6.1.3 Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verringerung des Footprints	23
6.2 Rahmenaufgabe: Lebenszyklus	24
6.2.1. Erfassung Lebenszyklus	25
6.2.2. Material- und Energiebedarfe sowie THG-Emissionen des jährlichen Petrischalen Bedarfs im Betrieb	26
7. Zielkonflikte und Widersprüche	27
7.1 Die Effizienzfalle und Widersprüche	27
7.2 Beispielhafte Zielkonflikte	28

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). 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).

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 Vermittlung der Nachhaltigkeit sind in diesem Impulspapier zwei modular aufgebaute Rahmenaufgaben für die betriebliche oder berufsschulische Unterrichtung von Biogielaboranten / Biogielaborantinnen enthalten:

- Die erste Rahmenaufgabe widmet sich der Verringerung des ökologischen Fußabdrucks im Versuchswesen. Der ökologische Fußabdruck beschreibt, wie viel Ressourcen und Energie benötigt werden, um einen Versuch durchzuführen und die Versuchsziele zu erreichen. Bei dieser Aufgabe geht es darum, komplexe Stoffströme und Prozesse bei der Planung und Durchführung eines Versuchs und den damit verbundenen Ressourceneinsatz genau zu kennen und nach Maßnahmen zu suchen, die auf eine effiziente Nutzung von Ressourcen zielen. Die Aufgabe umfasst die Schritte
 - a) Bestandsaufnahme,
 - b) Optionen zum schonenden Umgang mit Ressourcen und
 - c) Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Ressourcenschonung

- Die zweite Rahmenaufgabe widmet sich dem Lebenszyklus einer Petrischale aus Polystyrol. Dieser soll beginnend mit der Rohstoffgewinnung und endend mit dem (thermischen) Recycling ausgearbeitet, dargestellt, näher untersucht und diskutiert werden. Bei der Aufgabe geht es nicht um eine vollständige Berechnung der Material- und Energieströme über den gesamten Lebenszyklus. Es geht darum zu verstehen, welche komplexen technischen Verfahren notwendig sind, um etwas für die Laborarbeit so Alltägliches herzustellen, wie eine Petrischale für die Verwendung in mikrobiologischen Tätigkeiten. Es geht vielmehr darum, zu verstehen, woher die Materialien kommen und welche Neben- und Abfallprodukte sowie Emissionen in den einzelnen Verarbeitungsschritten und über den gesamten Lebenszyklus entstehen.

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: Die Reduktion von fossilen Rohstoffen und Energieträgern sowie Gefahrstoffen und den mit ihnen verbundenen Emissionen ist ein Merkmal einer nachhaltigen Wirtschaft, da so Gesundheit und Umwelt geschont werden. Die Politik ist hierbei internationale Verpflichtungen eingegangen und muss diese erfüllen. Dennoch nutzen wir fossile Rohstoffe und Substanzen mit Gefahrstoffeigenschaften in unserem beruflichen und privaten Alltag in vielfacher Weise: als Ausgangsstoffe für Medikamente, Beschichtungs- und Bindemittel, Desinfektions- und Lösemittel, Kunst- und Kraftstoffe und vieles mehr. Der Umstieg auf umweltschonende Rohstoffe und Verfahren bedarf einer Neuausrichtung der Herstellung der angebotenen Produkte und der Nachfrage nach diesen durch professionelle und private Verbraucherinnen und Verbraucher. In der Bevölkerung und in Unternehmen gibt es große Beharrungskräfte, die den Umstieg auf eine klima- und umweltschonende Wirtschaft verzögern. Für den Zielkonflikt zwischen komfortabler Produktvielfalt und notwendigem Umweltschutz muss ein Kompromiss gefunden werden, der mit Blick auf zukünftige Generationen und auf Menschen in anderen Erdteilen akzeptabel ist.

Im Kapitel 7. Zielkonflikte werden beispielhafte Zielkonflikte aufgezeigt. Hierzu werden auch einige Folien (pptx bzw. pdf) erstellt, die im Rahmen des Unterrichts verwendet werden können.

1.3.5 Hinweis für handwerkliche, kaufmännische und Industriebetriebe

In den folgenden Tabellen 1 und 2 des didaktischen Impulspapiers (IP) aber auch im Hintergrundmaterial (HGM) sowie in den Foliensätzen (FS) finden sich zu den Zielkonflikten (FS) vorgeschlagenen Hinweise zu den Fertigkeiten, Kenntnisse und

Fähigkeiten sowie Aufgabenstellungen bezüglich der Zielkonflikte. Sie bilden den 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 und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit Lesen dieses Textes sind Sie als Ausbilder:innen und Berufsschullehrkräfte daher eingeladen, eigene Anregungen in Bezug auf die dann jeweils aktuellen Entwicklungen in ihren Unterricht ergänzend 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
- CO₂-Äq Kohlendioxid-Äquivalente
- FS Foliensammlung mit Beispielen für Zielkonflikte
- HGM Hintergrundmaterial (wissenschaftliches Begleitmaterial)
- IP Impulspapier (didaktisches Begleitmaterial)
- PBT-Stoffe sind Stoffe mit persistenten, bioakkumulierenden und toxischen Eigenschaften
- RLP Rahmenlehrplan
- SBBP Standardberufsbildposition
- SDG Sustainable Development Goals
- THG Treibhausgase bzw. CO₂-Äquivalente (CO₂-Äq)

3. Literatur

- Beyond Benign (o.J.): Lecture 10 – Life Cycle Assessment. Online: https://www.beyondbenign.org/bbdocs/curriculum/higher-ed/Lecture_10.zip und https://www.beyondbenign.org/curriculum_topic/he-green-chemistry/
- BGBl (2020): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung im Laborbereich Chemie, Biologie und Lack. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 21, Bonn, Mai 2020. Online: [ChemBioLackAusbV 2009 - Verordnung über die Berufsausbildung im Laborbereich Chemie, Biologie und Lack *\) \(gesetze-im-internet.de\)](https://www.gesetze-im-internet.de/ChemBioLackAusbV_2009-Verordnung_ueber_die_Berufsausbildung_im_Laborbereich_Chemie_Biologie_und_Lack_*/)
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (2021): Vier sind die Zukunft. Online: www.bibb.de/de/pressemitteilung_139814.php
- BIBB Bundesinstitut für berufliche Bildung (o.J.): Nachhaltigkeit in der Ausbildung. Online: www.bibb.de/de/142299.php
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.a): FAQ zu den modernisierten Standardberufsbildpositionen. Online: <https://www.bibb.de/de/137874.php>
- BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung (o.J.b): Ausbildung gestalten. Online: <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/series/list/2>
- BMBF (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
- Bundesregierung (o.J.): Globale Nachhaltigkeitsstrategie – Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. Online: www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklaert-232174
- Destatis Statistisches Bundesamt (2022): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Online: [http://sdg-indikatoren.de/](https://sdg-indikatoren.de/)
- Deutschlandfunk DLF (2023): Plastikmüll – Wie Kunststoff-Recycling in Deutschland besser werden könnte. Stand: 12.01.2023. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/kunststoff-recycling-in-deutschland-100.html>. Letzter Zugriff: 09.02.2023
- Deutschlandfunk DLF (2016): Seltene Krankheiten – Wenn Forschung nicht lukrativ ist. Stand: 28.02.2016. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/seltene-krankheiten-wenn-forschung-nicht-lukrativ-ist-100.html>
- KMK Kultusministerkonferenz (2019): Rahmenlehrplan für die Ausbildungsberufe Biologielaborant/Biologielaborantin
- Umweltbundesamt UBA (2022): Strom- und Wärmeversorgung in Zahlen. Stand 18.05.2022. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen#Kraftwerke>

4. Tabelle 1 : Die Standardberufsbildposition “Umweltschutz und Nachhaltigkeit”

Standardberufs- -bildposition	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Bezüge zur Nachhaltigkeit	Mögliche Aufgabenstellungen im Rahmen von 3e “Vorschläge für nachhaltiges Handeln entwickeln”	SDG
3a -Umwelt Gefahrstoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Toxische, persistente und bioakkumulierende Eigenschaften von verwendeten Gefahrstoffen recherchieren können • Recycling- und Entsorgungswege von Gefahrstoffen beurteilen können 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion von Gefahrstoffeinträgen in die Umwelt 	<ul style="list-style-type: none"> • Auflisten besonders häufig verwendeter Gefahrstoffe aus der beruflichen Praxis z.B. organische Lösungsmittel, Färbemittel, Schwermetall Lösungen und -verbindungen • Gefahrstoffe, insbesondere organische Lösemittel und Schwermetall Lösungen hinsichtlich Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten beurteilen: Recyclingmöglichkeiten, thermische Verwertung, Deponierung • Auflisten der Wege, auf denen die Produkte des eigenen Betriebes, besonders solche mit PBT-Eigenschaften unbeabsichtigt oder indirekt über Kunden und Kundinnen in die Medien Boden, Luft und Wasser gelangen. 	12, 3, 15, 14, 6
3a - Umwelt Gefahrstoffe (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Eintrag von Medikamenten und deren Stoffwechselprodukten in die Biosphäre erklären können 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion von Gefahrstoffeinträgen in die Umwelt • Reduktion von gesundheitlichen Komplikationen (Todesfälle und Erkrankungen) aufgrund Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden 	<ul style="list-style-type: none"> • Erklären von Umwelt- und Gesundheitsrisiken, die mit dem Eintrag von Antibiotika und anderen Medikamenten in die Umwelt verbunden sind • Wirkstoffalternativen aufzählen, die weniger umwelt- und gesundheitliches Schädigungspotential besitzen • Auflisten der Wege, auf denen die Arzneimittelprodukte des eigenen Betriebes, besonders solche mit PBT-Eigenschaften, unbeabsichtigt oder indirekt über Kunden und Kundinnen in die Medien Boden, Luft und Wasser gelangen. 	3, 14, 15, 6
3a - Umwelt Belastung	<ul style="list-style-type: none"> • Das Risiko der Nutzung gentechnisch veränderten Pflanzen erklären können 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt der natürlichen biologischen Vielfalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Risiko der unkontrollierten Verbreitung von gentechnisch veränderten Pflanzen mit induzierten Insekten- und Herbizidresistenzen kennen und darstellen • Das Vorsorgeprinzip kennen und bezogen auf andere betriebspezifische Produkte mit potentiellen umwelt- und gesundheitsbelastenden Wirkungen diskutieren 	12
3a - Umwelt Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> • Beiträge von tierischen Hilfsstoffen zum Klimawandel erklären können 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der THG-Emissionen aus der Rinderzucht 	<ul style="list-style-type: none"> • Den Einfluss der Rinderzucht (rindbasierte Bestandteile in Nährmedien der Zellkultur) auf den Klimawandel erklären • Ermitteln der Mengen an Rinder, die für die Bereitstellung 	13

			<p>von Bestandteilen der jährlich im Betrieb benötigten Nährmedien gezüchtet werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hochrechnen (Abschätzung) des Jahresbedarfs an Rindern für die deutschlandweite Produktion von Nährmedien • Berechnung deutschlandweiten THG-Emissionen, die aus der Nutzung von Rindern für die Nährmedienproduktion resultieren • Alternative Nährmedien ohne rindbasierte Bestandteile kennen und sie anwenden 	
3a - Umwelt Energie Kühl- und Gefriergeräte	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierte Kühl- und Gefrierprozesse kennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimale Kühl- bzw. Gefriertemperaturen für den jeweiligen Anwendungsfall recherchieren • Energieverbräuche der verschiedenen Kühl- und Gefriergeräte ermitteln • weiteres siehe Zeile "3a - Umwelt Energie allgemein" 	13, 7
3a - Umwelt Energie allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • THG-Emissionen von technischen Anlagen und Geräten berechnen können 	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverbräuche ermitteln • THG-Emissionen aus der Energienutzung darstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Stromverbrauch von 220-Volt-Geräten mit Steckermessgerät messen z.B. Pumpe, Vakuumpumpe, Zentrifuge, Kochplatte, Destillationskolonne, Kryostat, Analysegeräte, Wärmebäder, Trocknungsöfen etc • Stromverbrauch von Drehstromgeräten, z.B. Autoklav anhand der Leistungsdaten und Nutzungszeiten berechnen • Stromverbrauch der elektrischen Anlagen und Geräten eines Labors vergleichen • Vorschläge zur Verringerung des Energieverbrauchs durch Veränderung des Nutzungsverhaltens (z.B. Laufzeiten von Anlagen reduzieren etc.) und Investitionen in effiziente Anlagen erarbeiten • Berechnen der THG-Emissionen die durch den Stromverbrauch der technischen Anlagen und Geräte im Labor verursacht werden • Die Energieeffizienz der Geräte, die am meisten Strom verbrauchen, mit marktüblichen effizienteren Angeboten vergleichen • Erklären, warum trotz eines höheren Stromverbrauchs es nachhaltiger sein kann, ein altes Gerät weiterzunutzen • Abklärung der Frage, ob ein altes Gerät mit hohem Stromverbrauch noch weiter genutzt werden kann (Verkauf) oder recycelt werden muss (E-Schrott-Problematik) 	13, 7

3b -Materialien Ökologischer Fußabdruck	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsverfahren und Recyclingwege für in großen Mengen verwendete Arbeitsmittel und Werkstoffe kennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcen- und Energieverbräuche für Materialien und über ihren Lebenszyklus darstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Lebenszyklusbetrachtung der Kunststoff- oder Arzneimittelproduktion vornehmen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Beginnend bei der Erdöl-/Erdgasförderung bzw. einer biogenen Rohstoffquelle ○ Über die einzelnen Verarbeitungsschritte bis zur Nutzung durch private Endverbraucher und Endverbraucherinnen ○ Abschließend mit dem Recycling / der thermischen Verwertung oder stoffliche Emission in die Umwelt • Auswertung des Lebenszyklus: <ul style="list-style-type: none"> ○ Darstellung aller Materialien und Verfahren die für Produktion und Entsorgung notwendig sind ○ Zusammenstellung aller Gefahrstoffe, die benötigt werden 	12
3b -Materialien Ökologischer Fußabdruck (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Rinderfreie und vegane Nährmedien gestalten können 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion von vermeidbarer Tierzucht und der damit einhergehenden Flächenverbräuche für Futtermittel • Reduktion von Tierleid 	<ul style="list-style-type: none"> • Recherchieren alternativer Nährmedien Bestandteile in den jüngsten öffentlich zugänglichen Studien, z.B. für fetales Kälberserum (Rinderalbumin) • Hochrechnen (Abschätzung) des Jahresbedarfs an Rindern für die deutschlandweite Produktion von Nährmedien • Hochrechnung des Bedarfs an alternativen Bestandteilen für die deutschlandweite Produktion von Nährmedien 	12 13
3d - Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrwegprodukte von Einwegprodukten unterscheiden können • Möglichkeiten für produktionsinternes Wiederverwenden / Recycling erkennen können 	<ul style="list-style-type: none"> • Abfälle vermeiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsmöglichkeiten von Laborwaren (z.B. Glaswaren wie Kolben und Färbebehälter, Kunststoffwaren wie Messpipetten und Zellkulturflaschen, Keramikwaren wie Tiegel, Zellstoff Waren wie Reinigungstücher) recherchieren die in großer Menge im Betrieb genutzt werden: Recyclingwege und -quoten, thermische Verwertung, Deponierung • Potenziale der Abfallvermeidung durch die Nutzung von Mehrweg Waren statt Einweg Waren im Betrieb erarbeiten 	12
3e -Nachhaltigkeit Handlungsalter nativen	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativen zu Tierversuchen kennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion von vermeidbarer Tierzucht und der damit einhergehenden Flächenverbräuche für Futtermittel • Reduktion von Tierleid 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovative Methoden, die Tierversuche ersetzen können, recherchieren und gegenüberstellen (z.B. bildgebende Verfahren, Zellkulturverfahren, Organchips) • Internet-Recherche innovativer Methoden in den jüngsten öffentlich zugänglichen Studien z.B. über die Webseite des Bundesministerium für Bildung und Forschung als Initiator des Bundesnetzwerk 3R und der Institutionen, die im Netzwerk engagiert sind • Alternativen Verfahren zu Tierversuchen kennen und erklären 	9

			<ul style="list-style-type: none"> Anwendungsfälle und Einschränkungen der innovativen Methoden aufzeigen 	
3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen	<ul style="list-style-type: none"> Möglichkeiten zum Ersetzen von umweltschädlichen Gefahrstoffen mit toxischen, persistenten und bioakkumulierenden Eigenschaften durch nachhaltigere Substanzen kennen und kritisch vergleichen können 	<ul style="list-style-type: none"> Verringerung des Einsatzes von Gefahrstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> Alternativen zu Gefahrstoffen entsprechend der notwendigen chemischen / physikalischen Eigenschaften recherchieren, z.B. Lösungsvermögen, Fällungs- oder Farbeigenschaften ermitteln. Mögliche Recherche: über die englischsprachige Datenbank https://www.echemportal.org/echemportal/substance-search über die GHS classification der ECHA REACH Umweltwirkungen von Alternativen vergleichen, die (a) aus einem möglichen Eintrag in die Umwelt folgen (b) mit Recyclingverfahren oder der thermischen Verwertung verbunden sind z.B. Menge an THG-Emissionen, an schadstoffbelasteten Filterstäuben, Schlacken, Aschen etc. 	12
3e - Nachhaltiges Handeln - Zertifizierung	<ul style="list-style-type: none"> relevante Umweltsiegel kennen: EU-Energielabel, EnergyStar, ACT-Label 	<ul style="list-style-type: none"> Steigerung Energieeffizienz Nutzung umweltverträglicher Produkte 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrische Geräte anhand ihrer Energiekennzeichnung vergleichen und das sparsamste Gerät unter allen am Markt verfügbaren auswählen Laborwaren mit ACT-Label recherchieren Umweltschonende Reagenzien, Verbrauchsmaterialien, Laborgeräte auswählen 	12
3f - Nachhaltigkeit kommunizieren	<ul style="list-style-type: none"> oben genannten Kenntnisse den jeweiligen Zielgruppen (Geschäftsführung, Kolleginnen und Kollegen, Kundinnen und anderen) mitteilen und erklären können 	<ul style="list-style-type: none"> hochwertige Bildung für Nachhaltigkeit im Sinne der Positionen 3a, 3b und 3d Kundenwünsche im Sinne der Nachhaltigkeit erfüllen können 	<ul style="list-style-type: none"> oben genannte Aufgabenstellungen im Betrieb und in der Berufsschule beispielhaft umsetzen Vorteile von nachhaltigem Arbeiten für die Umwelt, das Unternehmen und die Menschen gegenüber Lehrkräften und Mitschüler*innen benennen und Praxisbeispiele erläutern (Reduktion der CO₂-Emissionen gegen die Erderwärmung, Einsparung von Ressourcen, faire Löhne, seelische Gesundheit und Zufriedenheit, Stabilität des Unternehmens etc.) 	4

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

Berufsbildposition / Lernfeld	Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten gemäß Ausbildungsordnung (<i>kursiv: Lernfelder des RLP</i>)	Beispielhafte Bezüge zur Nachhaltigkeit	Standardberufsbildposition
5 Umgehen mit Arbeitsstoffen <i>Lernfelder 1, 2, 3, 5</i>	<p>a) laborspezifische Werkstoffe Einsatzgebieten zuordnen und mit diesen Werkstoffen umgehen</p> <p><i>Lernfeld 1: ... nutzen unterschiedliche Informationsquellen ...</i> <i>Lernfeld 3: ... die chemischen Eigenschaften von Stoffen bestimmen können...</i> <i>Lernfeld 5: ... nutzen unterschiedliche Datenquellen – auch fremdsprachlicher – um sich über die Möglichkeiten der Herstellung eines Präparates zu informieren</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Im Betrieb verwendete Werkstoffe ihrer Werkstoffgruppe zuordnen und Einwegmaterialien identifizieren können: Metalle (z.B. Eisen, Aluminium), Nichtmetalle (z. B. Graphit), organische Werkstoffe (z. B. Holz, Kunststoff), anorganische nichtmetallische Werkstoffe (z. B. Keramik, Glas), Verbundwerkstoffe (z.B. Faser-Kunststoff-Verbunde), Halbleiter (z.B. Silizium) • Typische Produktionsverfahren für die wichtigsten Werkstoffe je Werkstoffgruppe, die im Betrieb verwendet werden, recherchieren und erklären können: <ul style="list-style-type: none"> ◦ wo wird viel Energie verbraucht ◦ wo entstehen gefährliche Abfälle ◦ wo entstehen Abfälle, die verbrannt werden müssen ◦ wo entstehen viele Emissionen • Entsorgungs- und Recyclingwege recherchieren können: welche Werkstoffe werden in großen Mengen im Betrieb eingesetzt (z.B. als Verpackungsmaterialien, Trägermaterialien, Beschichtungsmaterialien; Recyclingquoten, thermische Verwertung, Deponierung) • Recycling- und Abfallmengen der hergestellten Produkte des Betriebs auf Basis der eingesetzten Werkstoffe berechnen können • Im Betrieb eingesetzte Werkstoffe hinsichtlich ökologischer Wirkungen wie Rohstoffverbrauch, Energieverbrauch, Recyclingfähigkeit kritisch vergleichen können • Das ACT Environmental Impact Factor Label erklären können 	<p>3b - Materialien Ökologischer Fußabdruck</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltiges Handeln - Zertifizierung</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
5 Umgehen mit Arbeitsstoffen <i>Lernfelder 1, 2, 3, 5</i>	<p>b) Vorschriften zum Umgang mit Gefahrstoffen anwenden, insbesondere Gefahrensymbole und -bezeichnungen von Arbeitsstoffen erklären und beachten</p> <p>c) Arbeitsstoffe kennzeichnen</p> <p>f) mit Säuren, Basen und Salzen sowie ihren Lösungen umgehen</p> <p>g) mit organischen Lösemitteln umgehen</p> <p>h) mit Gasen umgehen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Art und Menge der im Betrieb besonders häufig eingesetzten Arbeitsstoffe angeben können • Jährlichen Einkaufsmengen, Produktionsmengen, Verkaufsmengen und Abfallmengen der am häufigsten im Betrieb genutzten Gefahrstoffe (Arbeitsstoffe mit Gefahrensymbolen und -bezeichnungen) benennen können • Produkte unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und Einsatz von Gefahrstoffen bewerten können: Brauchen wir die Produkte oder gibt 	<p>3a -Umwelt Belastungen</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltiges Handeln - Zertifizierung</p>

	<p><i>Lernfeld 1: ... nutzen unterschiedliche Informationsquellen ...</i></p> <p><i>Lernfeld 3: ... können die chemischen Eigenschaften von Stoffen bestimmen...</i></p> <p><i>Lernfeld 5: ... nutzen unterschiedliche Datenquellen - auch fremdsprachliche - um sich über die Möglichkeiten der Herstellung eines Präparates zu informieren</i></p>	<p>es alternative Produkte, die nachhaltiger sind?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten der Gefahrstoffe, insbesondere organische Lösemittel, recherchieren können, die in großer Menge im Betrieb eingesetzt werden: Recyclingmöglichkeiten, thermische Verwertung, Deponierung • Alternativen für die besonders häufig genutzten Gefahrstoffe recherchieren können, die für den gleichen Anwendungsfall nutzbar sind • Gefahrenklassen und -kategorien von Gefahrstoffen und ihren Alternativen von Gefahrstoffen für den gleichen Anwendungsfall kritisch vergleichen können, insbesondere hinsichtlich der Umweltgefahren aufgrund toxischer (inkl. H400-Reihe), persistenter und bioakkumulierender Eigenschaften. • Kriterien für die Einstufung der Arbeitsstoffe als Gefahrstoffe erklären können, insbesondere die Gefahrstoffe mit Umweltgefahren toxischer (inkl. H400-Reihe), persistenter und bioakkumulierender Eigenschaften. • Das ACT Environmental Impact Factor Label erklären können 	<p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>6.1. Probenahme und Probenvorbereitung Lernfeld 6</p>	<p>b) Proben nehmen</p> <p><i>Lernfeld 6: ...Stoffe aus biologischem Material isolieren. Schülerinnen und Schüler nutzen unterschiedliche - auch fremdsprachliche - Informationsquellen und Arbeitsanleitungen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proben aufbewahren: Die optimalen Anwendungsbereiche für verschiedene Temperaturniveaus von Kühl- und Gefrier Prozessen (z.B. +8°C, +4°C, -20°C, -40°C, -80°C, -196°C mit Stickstoff) zur Probenlagerung und -konservierung erläutern können: Welches höchste Temperaturniveau ist für den Anwendungsfall möglich? • Energieverbräuche für verschiedene Kühl- und Gefrieranlagen im Betrieb messen (220 V-Geräte) und berechnen (Drehstromgeräte) können sowie mit den besten am Markt verfügbaren Systemen vergleichen können • THG-Emissionen, durch den Energieverbrauch der betrieblichen Kühl- und Gefrieranlagen berechnen und mit den besten am Markt verfügbaren Systemen vergleichen können • Berechnung der Einsparung und Kosten unter der Annahme, die beste am Markt verfügbare Technologie wäre verfügbar • Energieeffiziente Nutzung von Kühl- und Gefrieranlagen entsprechend Herstellerangaben recherchieren und erklären können (z.B. Abtauzyklen, Abtandsregeln) 	<p>3a - Umwelt Emissionen</p> <p>3a Umwelt - Energie allgemein</p> <p>3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>6.3. Analyseverfahren Lernfeld 3, 4</p>	<p>a) fotometrische Bestimmungen durchführen und auswerten</p> <p>b) chromatographische Trennverfahren insbesondere nach Einsatzgebieten, unterscheiden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Toxische, persistente und bioakkumulierende Eigenschaften von Gefahrstoffen, die in photometrischen und chromatographischen Verfahren eingesetzt werden, recherchieren können, z.B. Acetonitril, Methanol, Isopropanol als mobile Phase in der 	<p>3a - Umwelt Belastungen</p> <p>3a - Umwelt</p>

	<p>c) Stoffgemische durch chromatographische Verfahren trennen</p> <p><i>Lernfeld 3: Löslichkeit, Acidität/Basizität, Protolyse, Ampholyte, Brennbarkeit, Oxidation, Reduktion, Aliphatische und aromatische KW, funktionelle Gruppen; den Zusammenhang zwischen Aufbau und charakteristischen Eigenschaften von Stoffen erklären</i></p> <p><i>Lernfeld 4: Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen erstellen und anwenden, die Regeln der Arbeitssicherheit begründet; Gefahren für Mensch und Umwelt,</i></p>	<p>Säulenchromatographie oder Petrolether, Essigsäureethylester als mobile Phase in der Dünnschichtchromatographie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die jährlichen Mengen an Gefahrstoffen aus den spezifischen Arbeiten ermitteln können • Weniger problematische Alternativen für die verwendeten Gefahrstoffe in den spezifischen Arbeitsprozessen recherchieren und darstellen können • Energieverbräuche der für diese Arbeiten spezifischen Geräte und technischen Anlagen bestimmen können, z.B. Photometer, Chromatographiesäule • Energieeffiziente Geräte, die am Markt verfügbar sind recherchieren und mit den im Betrieb genutzten Geräten vergleichen können • Abfallmengen von unbedenklichen Arbeitsstoffen in chromatographischen Verfahren über einen bestimmten Zeitraum erfassen und darstellen können, z.B. Kieselgel, Kieselgur, Aluminiumoxid, Cellulose der stationären Phase der Säulenchromatografie • Die mögliche Nutzung von Mehrweg Waren gegenüber Einweg Waren analysieren und die daraus resultierende Abfallreduktion über einen definierten Zeitraum untersuchen können 	<p>Energie allgemein</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>6.4. Trennen und Vereinigen von Arbeitsstoffen</p> <p><i>Lernfelder 1, 2</i></p>	<p>b) Feststoffe von Flüssigkeiten trennen, insbesondere durch Dekantieren, Sedimentieren, Filtrieren, Zentrifugieren und Eindampfen</p> <p><i>Lernfeld 1: ... wählen ... geeignete Laborgeräte aus, nutzen unterschiedliche Informationsquellen...</i></p> <p><i>Lernfeld 2: ... setzen Energieträger rationell ein...</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverbräuche der für diese Arbeiten spezifischen Geräte und technischen Anlagen bestimmen können, z.B. Pumpe, Vakuumpumpe, Zentrifuge, Kochplatte • Am Markt verfügbare Geräte und deren Energieeffizienz recherchieren mit den im Betrieb genutzten Geräten vergleichen können • THG-Emissionen, durch den Energieverbrauch der spezifischen Geräte im Betrieb berechnen und zu THG-Emissionen aus alltäglichen Energieverbräuchen ins Verhältnis setzen können (z.B. THG-Emissionen aus Stromverbrauch verschiedener Haushaltsanwendungen, die u.a. über das EU-Energielabel ausgewiesen werden.) • Abfallmengen von unbedenklichen Arbeitsstoffen, die zum Trennen und Vereinigen verwendet werden, über einen bestimmten Zeitraum erfassen und darstellen können. z.B.: Kieselgur, Perlit, Cellulose als Filterhilfsmittel oder Ultrafiltrationsmembranen aus Polyethersulfon • Die mögliche Nutzung von Mehrweg Waren gegenüber Einweg Waren analysieren und die daraus resultierende Abfallreduktion über einen definierten Zeitraum untersuchen können 	<p>3a - Umwelt Emissionen</p> <p>3a - Umwelt Energie allgemein</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>7. Durchführen</p>	<p>b) Methoden der Desinfektion und Sterilisation anwenden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfektions- und Sterilisationsverfahren für die jeweiligen 	<p>3a - Umwelt</p>

<p>mikrobiologische Arbeiten I Lernfeld 5, 11</p>	<p>c) kontaminiertes Material entsorgen <i>Lernfeld 5: ... können biologisches Material sachgerecht entsorgen</i> <i>Lernfeld 11: Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material</i></p>	<p>Anwendungen kritisch vergleichen können, hinsichtlich: (a) Energieverbräuchen und damit verbundenen THG-Emissionen thermischer Verfahren und (b) der toxischen, persistenten und bioakkumulierenden Gefahrstoffe bei chemischen Mitteln und Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> • umwelt- und klimaschonende Desinfektions- und Sterilisationsverfahren im Betrieb beschreiben können: z.B. optimalen Temperatur- und Druckbereich für Autoklaven (Dampfsterilisation) für den jeweiligen Anwendungsfall • Arbeitsprozessen beschreiben können, so dass für sie möglichst wenig Desinfektion/Sterilisation nötig ist • Verwendung von Laborwaren im Betrieb (Messpipetten, Gläser, Becher, Flaschen): Die Mengen der verwendeten Einweg Waren und Mehrweg Waren, die von Kontamination betroffen sind, über einen definierten Zeitraum darstellen können • den jährlichen Verbrauchs an Einwegwaren und Mehrwegwaren je Werkstoffgruppe (z.B. Glas, Keramik, Kunststoff, Zellstoff) im Betrieb, die von Kontamination betroffen sind, berechnen können • Die mögliche Nutzung von Mehrweg Waren gegenüber Einweg Waren, die von Kontamination betroffen sind, analysieren und die daraus resultierende Abfallreduktion über einen definierten Zeitraum untersuchen können 	<p>Belastungen</p> <p>3a - Umwelt Energie allgemein</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen</p>
<p>7. Durchführen mikrobiologischer Arbeiten I</p>	<p>d) Nährmedien herstellen f) Impf- und Kulturtechniken für Aerobier anwenden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menge tierischer Bestandteile an Nährmedien bestimmen • Alternativen zu tierischen Bestandteilen (z.B. fetales Kälberserum, Rinderalbumin) in Nährmedien aufzählen können • Den Zusammenhang zwischen Rinderzucht, den damit verbundenen THG-Emissionen (Methan, Kohlenstoffdioxid) und deren Auswirkungen auf den Klimawandel erklären können 	<p>3a -Umwelt Emissionen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>8. Durchführen zellkultureller technischer Arbeiten I Lernfeld 1</p>	<p>a) Geräte und Materialien für Zellkulturtechniken einsetzen b) Adhäsions- und Suspensionszellen kultivieren <i>Lernfeld 1: geeignete Laborgeräte auswählen</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Laborwaren im Betrieb (Messpipetten, Gläser, Schalen, Flaschen): Die Mengen der verwendeten Einweg Waren und Mehrwegwaren über einen definierten Zeitraum darstellen können • Berechnen des jährlichen Verbrauchs an besonders häufig genutzten Einweg Waren und Mehrwegwaren im Betrieb nach Werkstoffgruppen (Glas, Keramik, Kunststoff, Zellstoff) berechnen können • Verwertungsmöglichkeiten der Laborwaren recherchieren können, die in großer Menge im Betrieb genutzt werden: Recyclingquoten, thermische Verwertung, Deponierung • Die mögliche Nutzung von Mehrweg Waren gegenüber Einweg Waren analysieren und die daraus resultierende Abfallreduktion über einen 	<p>3b - Materialien Ökologischer Fußabdruck</p> <p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit</p>

		definierten Zeitraum untersuchen können • Potenziale der Abfallvermeidung durch die Nutzung von Mehrweg Waren statt Einweg Waren im Betrieb kommunizieren können • siehe auch 7. Durchführen mikrobiologischer Arbeiten I d) Nährmedien herstellen	kommunizieren
9. Durchführen molekularbiologischer Arbeiten <i>Lernfelder 6</i>	b) Nukleinsäuren schneiden und ligieren c) Nukleinsäuren elektrophoretisch trennen und nachweisen <i>Lernfeld 6: ... nutzen unterschiedliche – auch fremdsprachliche – Informationsquellen und Arbeitsanleitungen.</i>	• Analog zu allen Punkten in 6.3. Analyseverfahren, unter Berücksichtigung spezifischer biochemischer Arbeitsmittel: ○ Gefahrstoff Beispiel: Ethidiumbromid als Farbstoff für DNA und RNA in der Agarose-Gelelektrophorese ○ Geräte Beispiele für molekularbiologische Arbeiten z.B. Zentrifuge, Elektrophorese Anlage	wie 6.3 Analyseverfahren
10. Durchführen biochemischer Arbeiten <i>Lernfelder 6</i>	a) fotometrische und chromatographische Methoden anwenden d) Proteingemische elektrophoretisch trennen <i>Lernfeld 6: ... können Stoffe aus biologischem Material isolieren ... nutzen unterschiedliche – auch fremdsprachliche – Informationsquellen und Arbeitsanleitungen.</i>	• Analog zu allen Punkten in 6.3. Analyseverfahren, unter Berücksichtigung spezifischer biochemischer Arbeitsmittel: ○ Beispiele für Gefahrstoffe in biochemischen Arbeiten: SDS-PAGE (Inhaltsstoffe von Gel und Puffern der Acrylamid-Gelelektrophorese), Trichlorethanol (Farbstoff in der Photometrie) ○ Geräte Beispiele für biochemische Arbeiten: Photometer, Elektrophorese Anlage	wie 6.3 Analyseverfahren
11.2. Durchführen histologischer Arbeiten <i>Lernfeld 8</i>	a) Gewebe und Gewebeproben von Organismen entnehmen, fixieren und einbetten b) Gewebeschnitte herstellen, färben und eindecken	• Analog zu allen Punkten in 6.3. Analyseverfahren, unter Berücksichtigung spezifischer histologischer Arbeitsmittel: ○ Gefahrstoff Beispiele in histologischen Arbeiten: Formalin und Xylol für die Herstellung von Paraffinschnitten ○ Geräte Beispiele für histologische Arbeiten: Kryostat / Gefriermikrotom für die Herstellung von Gefrierschnitten	wie 6.3 Analyseverfahren
12. Durchführen zoologisch-pharmakologischer Arbeiten <i>Lernfeld 7</i>	c) Möglichkeiten der Vermeidung, Verringerung und Verbesserung von Tierversuchen (sogenanntes 3R-Prinzip: Replacement, Reduction, Refinement) sowie den Ersatz durch andere Verfahren erläutern <i>Lernfeld 7: Alternativen zu Tierversuchen</i>	• Innovative Methoden, die Tierversuche ersetzen können, recherchieren und gegenüberstellen können (z.B. bildgebende Verfahren, Zellkulturverfahren, Organchips)	3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen
14. Durchführen immunologischer und biochemischer Arbeiten	a) Enzyme aus biologischem Material isolieren b) Antikörper gewinnen und Titer bestimmen c) Antigen- und Antikörpernachweis durchführen d) Proteine durch Blotting-Verfahren identifizieren	• Analog zu allen Punkten 6.3. Analyseverfahren unter Berücksichtigung von Gefahrstoffen und technischen Geräten in den spezifischen immunologischen und biochemischen Arbeitsprozessen	wie 6.3 Analyseverfahren

Lernfeld 12	Lernfeld 12: Immunassays, Enzymaktivitäten; Einsatz von Laborinformations- und Labormanagementsystemen		
15. Durchführen biotechnologischer Arbeiten Lernfeld 11	c) Zellen im Fermenter kultivieren und Proben entnehmen d) Fermentationsprodukte aufarbeiten Lernfeld 11: Fermentation Aufarbeitung von Fermentationsprodukten Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material	<ul style="list-style-type: none"> • Analog zu allen Punkten in 6.3. Analyseverfahren, unter Berücksichtigung spezifischer Arbeitsmittel: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gefahrstoff Beispiele in biotechnologischen Arbeiten: Desinfektions- und Reinigungsmittel ○ Geräte Beispiele für biotechnologische Arbeiten: Bioreaktoren, Brutschränke • siehe auch 7. Durchführen mikrobiologischer Arbeiten I 	wie 6.3 Analyseverfahren
16. Durchführen botanischer und phytomedizinischer Arbeiten Lernfeld 9	a) Sprosspflanzen kultivieren sowie vegetativ und generativ vermehren b) Pflanzenschädlinge kennen und bestimmen c) Stammhaltung von Pflanzenschädlingen oder Pflanzen Krankheitserregern durchführen e) Wirkstoffe in vitro und in vivo testen Lernfeld 9: ... können gentechnische Verfahren in die Pflanzenproduktion und den Pflanzenschutz einordnen ... prüfen Wirkstoffe auf Wirksamkeit und Umweltverträglichkeit...	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen, welche Folgen gentechnisch induzierte Insekten- und Herbizidresistenzen von Nutzpflanzen auf die Tiere und Pflanzen in der Umgebung haben können 	3a - Umwelt Belastungen
17. Durchführen mikrobiologischer Arbeiten II Lernfeld 11	a) Wirkkonzentrationen von Antiinfektiva bestimmen b) Resistenz von Mikroorganismen bestimmen Lernfeld 11: Antibiotika, Antibiotikatests Resistenz von Mikroorganismen	<ul style="list-style-type: none"> • Umwelt- und Gesundheitsrisiken erklären können, die mit dem Eintrag von Antibiotika in die Umwelt verbunden sind • Gesundheitsrisiken durch die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen von Bakterien erklären können • Persistente, bioakkumulierende und toxische Eigenschaften von Antiinfektiva (Arznei Wirkstoffen) benennen können, die in großer Menge im Betrieb hergestellt werden • Die Möglichkeiten und Potenziale digitaler Technologien (bspw. Künstliche Intelligenz) für die Entwicklung neuer Arzneiwirkstoffe überblickshaft kennen 	3a - Umwelt Belastungen 3f - Nachhaltigkeit kommunizieren
18. Durchführen gentechnischer und molekularbiologischer Arbeiten Lernfeld 13	a) Vorschriften zum Gentechnikgesetz anwenden b) Abschnitte von Nukleinsäuren klonieren c) Nukleinsäuren durch Blotting-Verfahren nachweisen d) Abschnitte von Nukleinsäuren mit Gensonden identifizieren e) Nukleinsäuren, insbesondere durch	<ul style="list-style-type: none"> • Vorsichtsmaßnahmen kennen, die eine ungesteuerte Ausbreitung gentechnisch veränderter Pflanzen (durch Einkreuzen in umliegende gentechnikfreie Pflanzen) in der natürlichen Umwelt verhindern sollen • siehe zusätzlich 6.3. Analyseverfahren unter Berücksichtigung spezifischer gentechnischer Arbeitsmittel 	3a - Umwelt Belastungen 3a - Umwelt Energie allgemein

	<p>Polymerase-Kettenreaktion (PCR), vervielfältigen f) Plasmide isolieren g) Transformationen durchführen und Transformationsrate bestimmen</p> <p><i>Lernfeld 13: ... gentechnologische und molekularbiologische Arbeiten auf der Grundlage geltender gesetzlicher Vorgaben zu planen und durchzuführen.</i></p>		<p>3d - Abfälle</p> <p>3e - Nachhaltigkeit Handlungsalternativen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>
<p>26. Umweltbezogene Arbeitstechniken <i>Lernfeld 9</i></p>	<p>a) bei einem prozessbezogenen Verfahren der Abfallwirtschaft, Boden-, Luft- oder Gewässerreinigung mitwirken b) Konzentrationen und Kenngrößen von Umweltparametern unter Beachtung einschlägiger Vorschriften bestimmen c) Emissionen und Immissionen messen d) Untersuchungsergebnisse mit Bestimmungen von Regelwerken vergleichen, dokumentieren und beurteilen sowie Maßnahmen veranlassen</p> <p><i>Lernfeld 9: ... prüfen Wirkstoffe auf ... Umweltverträglichkeit und protokollieren diese</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Wege kennen, auf denen die Produkte des eigenen Betriebes (unbeabsichtigt, indirekt über Kunden und Kundinnen) in die Medien Boden, Luft und Wasser gelangen. • Die Ergebnisse des Praktikums in einen größeren Kontext setzen können: Welche Ergebnisse / Probleme / Folgen ergeben sich, wenn die ermittelten Werte auf den eigenen Betrieb oder Deutschland bezogen werden? • siehe auch 17. Durchführen mikrobiologischer Arbeiten II 	<p>3a - Umwelt Belastungen</p> <p>3f - Nachhaltigkeit kommunizieren</p>

6. Unterrichts- und Ausbildungsmodule

Die hier vorgeschlagenen Unterrichts- und Ausbildungsmodule umfassen die Entwicklung von Maßnahmen für einen verringerten Ressourcenverbrauch im Labor/ im Versuchswesen (6.1) sowie die Auseinandersetzung mit den Energie- und Ressourcenverbräuchen und Umweltwirkungen aus dem Lebenszyklus eines labortypischen Einwegproduktes (6.2).

6.1 Rahmenaufgabe: Nachhaltigkeit im Labor

Das Versuchswesen im Labor, z. B. zur Reinheitsanalyse von Erzeugnissen, erfordert einen hohen Ressourceneinsatz. Energie wird sowohl beim Betrieb der erforderlichen Gebäude bzw. Räumlichkeiten als auch bei den einzelnen versuchsbezogenen Tätigkeiten im Labor verbraucht, z. B. durch den Einsatz von Analysegeräten, Kühlgeräten oder Lüftung. Hinzu kommen versuchsspezifische Materialien und Ausstattungsgegenstände, z. B. Chemikalien und Wasser, die als Abfälle und Abwässer fachgerecht entsorgt werden müssen sowie Gefäße und Behälter. Vor diesem Hintergrund bietet es sich an, komplexe Stoffströme und Prozesse im Labor und den damit verbundenen Ressourceneinsatz genau zu kennen und nach Maßnahmen zu suchen, wie der Beitrag des Labors zu einer schonenden und effizienten Nutzung von Ressourcen im Laboralltag gestaltet werden kann. Maßnahmen für einen verringerten Ressourcenverbrauch im Labor/ im Versuchswesen lassen sich anhand der folgenden Leitfragen entwickeln:

- Welche Stoff- und Materialströme sind mit einem Laborversuch oder einem Teilprozess eines Versuches verbunden?
- Welcher Stoff- bzw. Materialeinsatz ist mit dem zu untersuchenden Prozess verknüpft (z. B. Beschaffung mit Langstreckentransporten, Energie- und Ressourcenaufwand, Entsorgung)?
- Welche Maßnahmen zur Verringerung des Ressourceneinsatzes folgen daraus (Optimierung) und sind umsetzbar?

Diese Aufgabe kann für einen Versuch, einen Teilaspekt oder einen einzelnen Analyseprozess im Labor durchgeführt werden. Wichtig ist, zu Beginn zu definieren, welches geschlossene System untersucht werden soll. Die weitere Aufgabenstellung wird anhand eines Analyseprozesses im Labor beschrieben. Die Aufgabenstellung besteht aus den folgenden Teilschritten:

1. Bestandsaufnahme
2. Optionen zum schonenden Umgang mit Ressourcen
3. Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Ressourcenschonung

Bei der Aufgabe geht es nicht um konkrete, aufwändige Berechnungen. Auf der Grundlage möglichst realitätsnaher Abschätzung des Ressourceneinsatzes steht

vielmehr im Mittelpunkt, sich die Ressourcenströme bewusst zu machen, die Umweltauswirkungen zu reflektieren und konkrete Maßnahmenvorschläge zu entwickeln.

6.1.1 Bestandsaufnahme

Eine Voraussetzung für die Bestandsaufnahme ist, das betrachtete System genau zu definieren (z. B. den gesamten Versuchsaufbau, Teilaspekte oder einzelner Analyseprozesse im Labor). Für dieses betrachtete In diesem System werden nun sowohl der Input der Ressourcen als auch der Output bestimmt. Unter Input werden versteht man alle Ressourcen verstanden, die benötigt werden:

- Eingesetzte Betriebsmittel und Verbrauchsmaterialien, z. B. Laborbehälter, Pipettenspitzen oder Filter;
- Chemikalien;
- Energie für die Versuchsdurchführung/ Prozess, z. B. für den Betrieb der Geräte, Beleuchtung, Aufbereitung von Wasser oder die Lagerung von Proben sowie
- Wasserverbrauch, z. B. aufbereitetes Laborwasser, Wasser zur Probenherstellung, zum Kühlen oder Heizen.

Unter Output werden alle Emissionen, Abwässer und Abfallfraktionen zusammengefasst, die mit dem betrachteten System verbunden sind.

Die Bestandserfassung von Input und Output erfolgt in Form einer Tabelle. Die Mengen für die oben dargestellten Input- und Outputgrößen werden erfragt, gemessen oder anhand der Versuchsbeschreibung realistisch abgeschätzt.

6.1.2 Optionen zum schonenden Umgang mit Ressourcen

Folgende Fragen helfen dabei, die bisherige Praxis in Bezug auf Input und Output im Sinne der Ressourceneffizienz zu hinterfragen:

- Eingesetzte Betriebsmittel und Verbrauchsmaterialien
 - Gibt es Möglichkeiten, den Verbrauch an Materialien und Verbrauchsmitteln zu reduzieren?
 - Gibt es für Laborbehälter u.ä. aus Plastik (wiederverwendbare) Alternativen aus Glas?
 - Gibt es Regeln für die nachhaltige Beschaffung?
- Chemikalien
 - Gibt es bereits strategische Ansätze für die Nutzung nachhaltiger Chemikalien? Wird z. B. das Substitutionsprinzip (Umstieg auf ungefährliche Alternativen) für Chemikalien und Lösungsmittel beachtet?
 - Ist eine Verringerung des Materialeinsatzes z. B. durch Wechsel der Methode möglich?

- **Energieverbrauch:** Bei der Ermittlung des Energieverbrauchs wird der direkte und indirekte Verbrauch ermittelt bzw. abgeschätzt. Der direkte Energieverbrauch steht in Verbindung mit dem durchgeführten Prozess. Folgende Fragen helfen bei der Ermittlung des direkten Verbrauchs:
 - Welche Geräte werden in dem Prozess eingesetzt?
 - Wie lange laufen die Geräte und mit welcher Leistung?
 - Werden die Geräte effizient eingesetzt oder laufen sie auch vor/nach dem Einsatz? Gibt es besondere Regelungen für die Bedienung der Geräte?
- Darüber hinaus sind indirekte Aspekte einzubeziehen:
 - Welche Rahmenbedingungen sind bezüglich des Versuchsaufbaus zu erfüllen (z. B. konstante Temperatur, Kühlung, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung und Lagerung) und mit welchem Energieaufwand sind diese verbunden?
 - Erfolgt eine regelmäßige Wartung?
- **Wasserverbrauch und -aufbereitung**
 - Welche Wasserqualität wird für einen bestimmten Prozess benötigt?
 - Wie viel Wasser wird für bestimmte Prozesse oder zum Kühlen bzw. Heizen eingesetzt?
 - Muss für bestimmte Geräte eine regelmäßige Wartung auf Leckagen durchgeführt werden?
- **Abfälle**
 - Werden Abfälle sortenrein getrennt und entsorgt?
 - Gibt es Alternativen für Einwegmaterial?
 - Ist eine Teilnahme an Recycling-Programmen möglich (z. B. für Handschuhe [Kimtech™ Einmalhandschuh-Recyclingprogramm | TerraCycle® DE](#))
 - Gibt es für bestimmte Produkte Lieferanten, die Rücknahmesysteme anbieten oder auf verminderten Materialeinsatz bei der Verpackung achten?

Antworten auf die oben gestellten Fragen werden als Optionen in die Tabelle eingetragen.

6.1.3 Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verringerung des Footprints

Auf der Grundlage der Bestandserfassung und der entwickelten Optionen wird ein Maßnahmenkatalog zusammengestellt. Die Maßnahmen werden weiterhin wie folgt charakterisiert:

- Umweltrelevanz: hoch - mittel - gering
- Umsetzbarkeit: einfach - machbar - schwierig
- Einschätzung der Priorität im Unternehmen hoch - mittel - gering

6.2 Rahmenaufgabe: Lebenszyklus

Wie alle Produkte haben auch chemisch-pharmazeutische sowie biotechnologische Erzeugnisse umweltrelevante Auswirkungen: Für ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung/Recycling werden Ressourcen und Energie benötigt. Der gesamte Lebenszyklus dieser Produkte geht mit umweltrelevanten Wirkungen einher. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das Produktdesign nicht explizit zirkulär angelegt wird, das heißt, das Produktdesign nicht bereits vor dem Hintergrund eines möglichst einfachen und umweltschonenden Recyclings entwickelt wird. Bei einer Lebenszyklusanalyse werden alle Prozessschritte, die ein Produkt im Laufe „seines Lebens“ durchlaufen, auf die Input- und Output-Flüsse der jeweils eingesetzten Materialien- und Energieträger untersucht, welche auch sämtliche Emissionen in der Umwelt umfassen. Aus diesen Daten können anschließende Folgen für die Umwelt oder Gesundheit abgeleitet werden, bspw.:

- Welcher Prozessschritt im gesamten Lebenszyklus verursacht die meisten THG-Emissionen, entweder weil CO₂ direkt im Prozess entsteht oder aber aus der Energienutzung resultierendes CO₂?
- Welcher Prozessschritt erzeugt die meisten Abfälle / Koppelprodukte?
- In welchem Prozessschritt werden die meisten Gefahrstoffe eingesetzt oder emittiert?

Diese Lebenszyklusanalyse kann also helfen, die wichtigsten Stellschrauben zu identifizieren, um ein Produkt nachhaltiger, also weniger umwelt- und gesundheitsschädigend zu gestalten. Das Werkzeug, das sich für die Lebenszyklusanalyse etabliert hat, ist die Ökobilanz (geregelt in ISO 14040 und ISO 14044).

Die Grundstoffindustrie versorgt die chemische Industrie sowie zahlreiche nachgelagerte Industrien und Betriebe mit Werk- und Arbeitsstoffen. Ist beispielsweise ein Gebrauchsprodukt, wie ein Einweg-Kaffeeteller, ein Farb- oder Lackprodukt oder ein Reinigungs- oder Hygienemittel mit Gefahrstoffen angereichert, so wurden diese vorher in der chemischen Industrie hergestellt und als Additive, Löse- oder Bindemittel etc. zugesetzt. Die Biotechnologie setzt von Farb- und Lösungsmitteln über Kunst- und Wirkstoffe viele Produkte der chemischen Industrie ein, um die eigenen Prozesse zu betreiben. Darüber hinaus werden in der Biotechnologie zunehmend auch in der chemischen Industrie biotische Grundstoffe wie Zucker, Stärke und holzige Bestandteile eingesetzt. Auch ihre Verwendung ist mit einem ökologischen Fußabdruck verbunden (z.B. Flächenverbrauch, Flächenumwandlung). Am Ende jedes Produktes stehen in einem linearen Wirtschaftssystem zahlreiche Abfälle. Mit der Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft, müssen diese Abfälle recyclingfähig sein, um wieder in den Rohstoffkreislauf eingespeist werden zu können. Es ist daher wichtig, dass das Prinzip der Lebenszyklusanalyse zu verstehen, da die Ergebnisse solcher Analysen sowohl die

genutzten natürlichen Ressourcen bei der Erzeugung, Verwendung und Entsorgung von Produkten sichtbar machen sondern auch die dabei in die Umwelt freigesetzten Stoffe. Diese Sichtbarkeit ermöglicht eine Sensibilisierung für die Folgen und eine Motivation für nachhaltiges Handeln.

- Zur Einführung in die Themen Lebenszyklus und Kreislaufwirtschaft kann das Video “So funktioniert eine Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe” von Fraunhofer UMSICHT angesehen werden: <https://www.youtube.com/watch?v=vEjR1odTFfA> (Veröffentlicht: 04.09.2019; <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/forschungslinien/circular-plastics-economy.html>)

6.2.1. Erfassung Lebenszyklus

- Wie verläuft der Lebenszyklus einer Petrischale?
- Welche Material- und Energieströme ergeben sich über den gesamten Lebenszyklus?
- Welche Verfahren finden Anwendung und welche Neben- und Abfallprodukte entstehen?

Mit dem englischsprachigen Online-Tool

<https://www.petrochemistry.eu/interactive-flowchart/> kann der Materialfluss von Petrochemikalien erforscht werden. Der Lebenszyklus einer Petrischale aus Polysterol umfasst (Beyond Benign o.J.):

1. Gewinnung der Rohstoffe

- Rohöl: Bohrungen (100-1000 m), Pumpen, Destillation, Entsalzung usw.
 - Alternative 1: Im Erdgas enthaltene flüssige Kohlenwasserstoffe (Natural Gas Liquids, NGL): Hydraulic Fracturing („Fracking“), Pumpen, Verdichtung, Pipeline Transport usw.
 - Alternative 2: Benzol aus der Pyrolyse nachwachsender Rohstoffe
- Wasser / Dampf: Wasseraufbereitung, Heizen, Pumpen

2. Herstellung (konventionelles Verfahren)

- Rohöl → Naphtha / Pyrolysebenzin → Benzol → Ethylbenzol → Styrol → Polystyrol
- (Englisch: Crude Oil → Naphtha/Pygas → Benzene → Ethyl Benzene → Styrene → Polystyrene)

3. Nutzung

- Verpackung für Transport
- Transporte von der Produktionsstätte zum Labor

4. Lebensende

- Thermisches Recycling (In 2021 wurden 51 % der Kunststoffabfälle verbrannt; DLF 2023)
- Alternativen: mechanisches oder chemisches Recycling

Das Ergebnis der (Gruppen-)Aufgabe kann eine Grafik sein, die den Fluss und die Prozesse (thermisches Cracken, Destillation, katalytische Dehydrierung, Vakuum, Abtrennung) von der Erdölquelle bis zum fertigen Polymermaterial darstellt. Berücksichtigt werden sollten ebenfalls typische thermische Formgebungsverfahren des Polystyrols zu Halbzeugen, bzw. im Fall der Petrischale zu Endprodukten. Zu den Formgebungsverfahren, die üblicherweise bei Temperaturen zwischen +170 und +280 °C ablaufen, gehören Spritzgießen, Extrudieren, Blasformen oder Kalandrieren. Außerdem sollten die Verpackungsmaterialien berücksichtigt werden.

- Mit Hilfe von Internetrecherche (bspw. über Wikipedia und/oder <https://www.chemie.de/>) können Prozesse nachrecherchiert werden, wenn diese nicht bereits innerhalb der Ausbildungsordnung vermittelt werden.

Anhand der Lebenszyklus Grafik kann mit Blick auf die Prozesse diskutiert werden, was neben den jeweiligen Rohstoffen/Edukten noch zu berücksichtigen ist:

- Geforderte Prozessparameter: Temperaturen, Drücke, Katalysatoren etc.
- Energieverbrauch bei der Verarbeitung (für Heizung, Kühlung, Cracken usw.)
- Energieverbrauch für Transporte
- Verpackungsmaterialien
- Anwendungen und/oder Gefährdungspotenziale von Zwischen- und Koppelprodukten

6.2.2. Material- und Energiebedarfe sowie THG-Emissionen des jährlichen Petrischalen Bedarfs im Betrieb

Nach (Beyond Benign o.J.) bedarf die Herstellung einer 16 g schweren Polystyrol-Petrischale rund 1.600 kJ = 0,4 kWh an Energie (kumulierter Energiebedarf beginnend mit der Erdölförderung), für die Transporte kommen rund 160 kJ = 0,04 kWh hinzu. Die thermische Energie, die durch Verbrennung zurückgewonnen werden kann, kann ebenfalls mit rund 160 kJ = 0,04 kWh geschätzt werden.

- Welche Masse an Polystyrol (PS) wird jährlich im Betrieb in Form von PS-Petrischalen und PS-Zellkulturflaschen verbraucht?
- Wie viel Energie wird für die Produktion der jährlich im Betrieb genutzten PS-Petrischalen und PS-Zellkulturflaschen verbraucht?
- Welche weiteren Produkte aus Polystyrol werden im Arbeitsalltag verwendet?

- Im Jahr 2021 verursachte die Produktion einer Kilowattstunde Strom 428 g CO₂-Äquivalente (Deutscher Strommix; UBA 2022). Wie viele CO₂-Äquivalente resultieren aus dem jährlichen Polystyrol Verbrauch im Betrieb?

7. Zielkonflikte und Widersprüche

Beim Ansteuern von Nachhaltigkeit sind Zielkonflikte und 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 Produktionskosten induzieren höhere Produktpreise. Höhere Produktpreise 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.

Wissenschaftlerinnen und 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 Entscheidungsträgerinnen und 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 innerhalb des Berufsbilds Biologielaborant/Biologielaborantin häufig zu finden, die im Rahmen eines Unterrichts- oder Ausbildungsgesprächs diskutiert werden können:

- Eine Möglichkeit, Umweltschäden zu verringern, ist die Vermeidung von umweltschädlichen Aktivitäten. Diese Strategie nennt sich Suffizienzstrategie und ist neben der Effizienz- und der Konsistenzstrategie eine bedeutsame Nachhaltigkeitsstrategie. Bei der Suffizienz geht es insbesondere um den Verzicht auf den Konsum von umweltschädlichen Produkten. Zielkonflikte ergeben sich hinsichtlich der freien Entscheidungssouveränität der Konsumentinnen und Konsumenten und einem möglicherweise wahrgenommenen Verlust an Wohlstand und Lebensqualität, wenn gewünschte und gewohnte Produkte aus dem Markt verschwinden. Suffizienz auf der Ebene der Produktion betrifft den Verzicht auf die Herstellung von Produkten mit negativen Umweltfolgen, beispielsweise Einweg Kunststoffprodukten mit einer kurzen Lebensdauer oder Lifestyleprodukte wie Beauty- und Kosmetikprodukte, die ebenfalls nach kurzer Nutzung zu Abfall werden. Hier besteht zwischen angestrebter wirtschaftlicher Prosperität und der damit

verbundenen unternehmerischen Freiheit auf der einen Seite und einer erzielbaren Umweltschonung auf der anderen Seite ein Zielkonflikt.

- Eine weitere Möglichkeit, Umweltschäden zu verringern, ist es, umweltschonende Aktivitäten auszuführen. Diese Strategie nennt sich Konsistenzstrategie. Die Abkehr von einer fossilen Rohstoffbasis und Hinwendung zu einer nachwachsenden Rohstoffbasis kann Umweltschäden verringern, da nachwachsende Rohstoffe mit deutlich weniger THG-Emissionen verbunden sind. Bilanziell entstehen THG-Emissionen nachwachsender Rohstoffe nur durch den Betrieb von Maschinen und Prozessen, die zum Anbau, der Ernte und Weiterverarbeitung der nachwachsenden Rohstoffe verbunden sind. Wird die Energie für diese Arbeitsschritte und die Bereitstellung der Arbeitsmittel ausschließlich erneuerbar erzeugt, können nachwachsende Rohstoffe THG-neutral genutzt werden. Der Zielkonflikt hier: Nachwachsende Rohstoffe wachsen auf Böden, die auch für die Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln benötigt werden.
- Diverse Produkte der chemisch-pharmazeutischen oder biotechnologischen Industrie werden unvermeidlich in die Umwelt eingetragen während sie verwendet werden: Biozide und Insektizide beispielsweise werden in vielen Baubereichen, wie dem Garten- und Landschaftsbau, dem Gebäude- oder Schiffsbau als Zusätze von Anstrichen eingesetzt. Um gegen Bewuchs wirken zu können, müssen Biozide und Insektizide oberflächlich präsent sein. Damit ist eine Abschwemmung funktionell unumgänglich. Biozide, Insektizide, Herbizide etc. sind immer umwelttechnisch fraglich. Sie werden mit der Berührung von Feuchtigkeit wie Regenwasser ausgewaschen und in die Umwelt und schließlich ins Grundwasser eingebracht.
- Bei der Durchführung von Versuchen und Untersuchungsreihen ist ein sorgsamer und effizienter Umgang mit Ressourcen wesentlich, um notwendige Rohstoffe und fossile Energieträger zu reduzieren und dadurch das Klima und unsere Umwelt zu schützen. Gleichzeitig stehen die Versuchs- und Untersuchungsziele im Vordergrund, die es zu erreichen gilt. Dabei steht die Ressourceneffizienz nicht im Vordergrund, was einen grundlegenden Zielkonflikt darstellt. Eine Möglichkeit, beide Ziele zu vereinen, bietet die nachhaltige Beschaffung im Labor.
- Die Verwendung von Mehrwegprodukten an Stelle von Einwegprodukten geht mit einem höheren Arbeitsaufwand einher: Statt genutzte Einwegprodukte einfach zu entsorgen, müssen Mehrwegprodukte für die neue Verwendung gereinigt werden. Wenn die Arbeitszeit für die Reinigung mit höheren Kosten zu Buche schlägt, als Entsorgung und Neuerwerb von Einweg Waren, wird aus wirtschaftlichen Gründen oftmals auf die Nachhaltigkeit verzichtet. Dies gilt neben typischen Einwegprodukten im Labor, wie Kunststoffpipetten oder Kunststoffreaktionsgefäßen auch für Substanzen, wie Lösungsmittel, die im Kreislauf geführt werden könnten.
- Bei der Entwicklung von Diagnoseverfahren und Medikamenten verläuft ein Zielkonflikt zwischen der ökologischen und der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit: Bei seltenen Erkrankungen ist die Forschung an Diagnostika und

Therapien finanziell nicht gewinnbringend. Viele tausend Menschen haben daher aufgrund der ökonomischen Zusammenhänge keinen Zugang zu effektiven Wirkstoffen, die ihr Leiden lindern könnten (DLF 2016).

- Die Gefahrenwirkungen vieler Substanzen, die in unserem Leben alltäglich geworden sind, zeigen sich oft erst im Laufe der Zeit, wenn sie bereits in die Umwelt gelangt sind. Das Vorsorgeprinzip, das eine Leitlinie der Umweltpolitik auf der deutschen, der EU- und der internationalen Ebene darstellt, leitet den Gesetzgeber an, bei unvollständigem oder unsicherem Wissen über Art, Ausmaß, Wahrscheinlichkeit sowie Kausalität von Umweltschäden und -gefahren vorbeugend zu handeln, um diese von vornherein zu vermeiden. Hersteller von chemischen, (bio-)pharmazeutischen und biotechnologischen Produkten oder auch öffentliche Kontrollinstanzen können schwerlich alle potentiellen (Langzeit-)Gefahren, die aus der Herstellung oder Anwendung ihrer Produkte folgen, vor der Inverkehrbringung ermitteln oder abschätzen. Und schon gar nicht, welche Schädigungspotenziale sich für Mensch und Umwelt ergeben, wenn verschiedene potenziell gefährliche Substanzen zusammen auf Mensch und Umwelt wirken. Hieraus ergibt sich also ein Dilemma zwischen dem erhofften Nutzen und dem erwartbaren Schaden.
- Der Umstieg auf umweltschonende Verfahren und Technologien bedarf finanzieller Investitionen in bspw. neue Anlagen und ist mit Lernprozessen verbunden, welche Zeit und somit ebenfalls Geld kosten. Es ist i.d.R. wirtschaftlich sinnvoll, laufende Anlagen und Prozesse so lange weiterzubetreiben wie möglich. Beispielsweise bedarf die Anpassung von Zellkulturen an neue, bspw. rinderfreie Kulturmedien Zeit. Viele Veränderungen werden daher “auf die lange Bank” geschoben, auch wenn bereits nachhaltige Alternativen auf dem Markt verfügbar sind. Auch ist die Umstellung auf eine nachhaltige Produktion nicht ohne die Verbraucherinnen und Verbraucher denkbar, da die erhöhten Produktionspreise i.d.R. an diese weitergegeben werden. So bekunden viele Menschen in Umfragen, dass ihnen hohe ökologische Standards und der Schutz der Umwelt wichtig sind, im Konsum entscheiden sie sich aber häufig für billige Produkte, die diese Kriterien nicht erfüllen.

Die Projektagentur Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (PA-BBNE) des Partnernetzwerkes Berufliche Bildung am IZT erstellt für eine Vielzahl von Ausbildungsberufen umfangreiche Materialien, um die neue Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ konkret auszugestalten. Dabei werden in den Hintergrundmaterialien die 17 Sustainable Goals (SDG) der Agenda 2030 und ihre Unterziele aus einer wissenschaftlichen Perspektive der Nachhaltigkeit im Hinblick auf das jeweilige Berufsbild betrachtet. In den sogenannten Impulspapieren werden ausgehend von den Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrplänen die Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“ sowie die jeweiligen Berufsbildpositionen beleuchtet und die Möglichkeiten der integrativen Vermittlung der Nachhaltigkeitsthemen aufgezeigt. Darüber hinaus werden wichtige Zielkonflikte sowie die spezifischen Herausforderungen der Nachhaltigkeit mittels Grafiken zur Diskussion gestellt. <https://www.pa-bbne.de>

Das IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH ist eine unabhängige Forschungseinrichtung in Berlin und adressiert seit mehr als 40 Jahren die großen gesellschaftlichen Herausforderungen mit Blick auf die notwendige tiefgreifende Transformation der Gesellschaft. Es ist der Nachhaltigkeit und der Gestaltbarkeit von Zukünften verpflichtet. Als gemeinwohlorientierte inter- und transdisziplinäre Forschungseinrichtung integriert das IZT die wissenschaftlichen Möglichkeiten der Zukunftsforschung, gesellschafts- und naturwissenschaftliche Expertise sowie Praxiswissen. Gesellschaftlich relevante Themen werden frühzeitig erkannt, in den wissenschaftlichen und öffentlichen Diskurs eingebracht und in strategische Forschungsprojekte umgesetzt sowie auch in Bildungsangebote für Allgemeinbildung, berufliche Aus- und Weiterbildung sowie Hochschulbildung übersetzt. <https://www.izt.de>

Impressum

Herausgeber

IZT – Institut für Zukunftsstudien und
Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Schopenhauerstr. 26, 14129 Berlin
www.izt.de

Projektleitung

Dr. Michael Scharp
Forschungsleiter Bildung und Digitale Medien am IZT

m.scharp@izt.de | T 030 80 30 88-14

Förderhinweis

Dieser Bericht wurde im Rahmen des Projekts
„Projektagentur Berufliche Bildung für Nachhaltige
Entwicklung“ (PA-BBNE) des Partnernetzwerkes
Berufliche Bildung (PNBB) am IZT“ erstellt und mit
Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und
Forschung unter dem Förderkennzeichen 01J02204
gefördert. Die Verantwortung der Veröffentlichung
liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Dieses Bildungsmaterial berücksichtigt die Gütekriterien für digitale BNE-Materialien gemäß Beschluss der Nationalen Plattform BNE vom 09. Dezember 2022.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Lizenzhinweis



Diese Texte unterliegen der Creative Commons Lizenz
„Namensnennung – Weitergabe unter gleichen
Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC)“