



BILDUNGSPLAN 2021

BERUFLICHES GYMNASIUM

Umwelttechnik

GUTE **BILDUNG**
Beste Aussichten
Baden-Württemberg



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT

Inhaltsverzeichnis

- 3 Inkraftsetzung
- 5 Vorbemerkung
- 9 Bildungsplanübersicht

Auf den Inhalt des Hefts „Allgemeine Aussagen zum Bildungsplan 2021 für das Berufliche Gymnasium“ wird besonders hingewiesen:

- Vorwort
- Der Erziehungs- und Bildungsauftrag der beruflichen Schulen
- Der besondere Erziehungs- und Bildungsauftrag für das Berufliche Gymnasium

IMPRESSUM

| | |
|------------------------|--|
| Kultus und Unterricht | Amtsblatt des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg |
| Ausgabe C | Bildungsplanhefte |
| Herausgeber | Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Postfach 103442, 70029 Stuttgart |
| Bildungsplanerstellung | Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Neckarstr. 207, 70190 Stuttgart (www.zsl.kultus-bw.de) |
| Internet | www.bildungsplaene-bw.de |
| Verlag und Vertrieb | Neckar-Verlag GmbH, Klosterring 1, 78050 Villingen-Schwenningen |
| Urheberrecht | Fotomechanische oder anderweitig technisch mögliche Reproduktion des Satzes beziehungsweise der Satzordnung für kommerzielle Zwecke nur mit Genehmigung des Herausgebers |
| Technische Umsetzung | pibase imperia GmbH, Von-der-Wettern-Str. 27, 51149 Köln |
| Titelkonzeption | Johannes-Gutenberg-Schule Stuttgart, Fachschule für Visuelle Kommunikation, www.jgs-stuttgart.de Entwurf: Anna Sophie Hofmann, Nora Linda Nann, Nina Pichler Betreuende Lehrer und PrePress-Finishing: Maurizio Di Dario, Roman Wagner |
| Druck | guldedruck, Tübingen Alle eingesetzten beziehungsweise verarbeiteten Rohstoffe und Materialien entsprechen den zum Zeitpunkt der Angebotsabgabe gültigen Normen beziehungsweise geltenden Bestimmungen und Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland. Der Herausgeber hat bei seinen Leistungen sowie bei Zulieferungen Dritter im Rahmen der wirtschaftlichen und technischen Möglichkeiten umweltfreundliche Verfahren und Erzeugnisse bevorzugt eingesetzt. |
| Bezugsbedingungen | Die Lieferung der unregelmäßig erscheinenden Bildungsplanhefte erfolgt automatisch nach einem festgelegten Schlüssel. Der Bezug der Ausgabe C des Amtsblattes ist verpflichtend, wenn die betreffende Schule im Verteiler (abgedruckt auf der zweiten Umschlagseite) vorgesehen ist (Verwaltungsvorschrift vom 22. Mai 2008, K.u.U. S. 141). Die Bildungsplanhefte werden gesondert in Rechnung gestellt. Die einzelnen Reihen können zusätzlich abonniert werden. Abbestellungen nur halbjährlich zum 30. Juni und 31. Dezember eines jeden Jahres schriftlich acht Wochen vorher bei der Neckar-Verlag GmbH, Klosterring 1, 78050 Villingen-Schwenningen. |

Der vorliegende Fachplan *Umwelttechnik* ist Bestandteil des Bildungsplans für das Berufliche Gymnasium der sechs- und dreijährigen Aufbauform (Reihe I, Nr. 40). Er wird wie folgt eingeordnet:

| Band | Aufgabenfeld/Richtung | Heft-Nr. | Fachbezeichnung | Richtung(en) | Klasse(n)/Jahrgangsstufe(n) |
|------|------------------------|----------|-----------------|--------------------|---|
| 2b | 5. Technische Richtung | 5 | Umwelttechnik | TG (Profil TGU) | Eingangsklasse Jahrgangsstufen 1 und 2 |

Stuttgart, 23. Juli 2020

**BILDUNGSPLAN FÜR DAS BERUFLICHE GYMNASIUM;
HIER:
BERUFLICHES GYMNASIUM DER SECHS- U. DREIJ. AUFBAUFORM**

Vom 23. Juli 2020

44 - 6512.- 240/211

- I. Für das Berufliche Gymnasium gilt der als Anlage beigefügte Bildungsplan.
- II. Der Bildungsplan tritt
für die Eingangsklasse am 1. August 2021
für die Jahrgangsstufe 1 am 1. August 2022
für die Jahrgangsstufe 2 am 1. August 2023
in Kraft.

Im Zeitpunkt des jeweiligen Inkrafttretens tritt der im Lehrplanheft 5/2016 veröffentlichte Lehrplan in diesem Fach vom 30. Juni 2016 (Az. 45-6512.-240/155) außer Kraft.

Vorbemerkungen

Profilübergreifendes Bildungsziel des Technischen Gymnasiums

Wenn Technik als Teilbereich der Kultur mehr und mehr den Alltag und die Zukunft der Arbeit und der Gesellschaft als Ganzes prägt, dann kommt dem Erwerb technischer Kompetenzen, der Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Technik, den sich aus ihrem Einsatz ergebenden Folgen sowie den wirtschaftlichen Aspekten, die in der Technik liegen, eine besondere Rolle zu. Die Schülerinnen und Schüler der Technischen Gymnasien sollen Technik nicht nur als Mittel zu einem Ziel oder als Form methodisch-planvollen Handelns begreifen, sondern befähigt werden, die in der Welt ablaufenden technischen Vorgänge ganzheitlich zu erfassen, um sie in ein zielgerichtetes und verantwortliches Handeln einbinden zu können.

Zukunftsfähige technische Lösungen erfordern neben fundiertem technischem Fachwissen verstärkt Handlungskompetenz, die auf fachlichen, personalen, methodischen und sozialen Kompetenzen beruht, sowie systemische Denk- und Arbeitsweisen, um auch bei komplexen Problemstellungen selbstständig, rational und reflektiert handeln und somit erfolgreiche und nachhaltig wirksame Entscheidungen treffen zu können. Das Technische Gymnasium stellt dies unter Berücksichtigung der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler mit seinem wissenschaftspropädeutischen Ansatz sicher und schafft in diesem Sinne die Voraussetzungen für das Studium an Universitäten. Zudem ermöglicht es eine vertiefte Profilierung für anspruchsvolle Tätigkeiten und Führungspositionen im Bereich naturwissenschaftlich-technischer, gestalterisch-technischer sowie wirtschaftstechnisch geprägter beruflicher Tätigkeiten. Der Erwerb technikwissenschaftlicher Grundkompetenzen durch die Verzahnung von Theorie und Praxis – insbesondere im Profulfach – stellt hierbei ein besonderes Merkmal der Technischen Gymnasien dar.

Unter dem Aspekt der Bildung zur nachhaltigen Entwicklung wird im Technischen Gymnasium das Bewusstsein geschaffen, dass technische Systemlösungen anhand ökonomischer, ethischer und ökologischer Kriterien beurteilt sowie im gesamtgesellschaftlichen Kontext betrachtet werden müssen.

Fachbezogene Vorbemerkungen

1. Fachspezifischer Bildungsauftrag (Bildungswert des Faches)

Der stetig wachsende globale Bedarf an Energie und das Streben der Menschen nach einem hohen Maß an Mobilität und Lebensqualität machen technische Systeme erforderlich, die den Erhalt der Umwelt und des Klimas nicht gefährden. Nur wenn Technik und Umwelt in Einklang miteinander gebracht werden können, lassen sich die natürlichen Lebensgrundlagen wie saubere Luft und sauberes Wasser auf Dauer erhalten.

Der Klimawandel und seine Auswirkungen stellen eine der größten Herausforderungen für die Menschheit dar. Der Unterricht im Profulfach „Umwelttechnik“ am Technischen Gymnasium soll die Schülerinnen und Schüler befähigen, ihre eigene Verantwortung der Umwelt und zukünftigen Generationen gegenüber zu erkennen und aktiv wahrzunehmen. Sie realisieren, dass durch die Verknüpfung unterschiedlichster Technologien mit intelligentem Energiemanagement Systemlösungen geschaffen werden können, die größtmögliche Schonung von Ressourcen und Umwelt erlauben.

Im Profulfach werden Technik und Umwelt als vernetzte Systeme betrachtet, bei denen nicht nur das technisch Machbare im Vordergrund steht. Im Sinne einer Bildung zur nachhaltigen Entwicklung wird bei den Schülerinnen und Schülern das Bewusstsein geschaffen, dass technische Systemlösungen nicht nur bezüglich ihrer Funktionalität und Machbarkeit untersucht werden müssen. Vielmehr erfordert die gesellschaftliche Akzeptanz auch eine ganzheitliche Betrachtung der Technik unter Berücksichtigung der Ökobilanz und der Nachhaltigkeit.

2. Fachliche Aussagen zum Kompetenzerwerb, prozessbezogene Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erwerben und vertiefen im Profulfach eine umfassende Handlungskompetenz mit den Dimensionen der sachlichen, methodischen, sozialen und personalen Kompetenz. Diese zugrundeliegenden Kompetenzbegriffe sind in den einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik (Beschluss der Kultusministerkonferenz i. d. F. vom 16.11.2006) ausführlich beschrieben und erläutert.

Der Unterricht im Profulfach verknüpft naturwissenschaftliche Grundlagen aus den Bereichen Chemie, Physik und Biologie mit technologischen Anwendungen aus den vielfältigen Bereichen der Umwelt- und Energietechnik. Mithilfe dieser Fachkompetenzen können die Schülerinnen und Schüler auch komplexe Problemstellungen der Umwelttechnik erfassen, da sie die grundlegenden Wirkungsprinzipien technischer Systeme verstehen und ingenieur- und naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden anwenden können.

Methodenkompetenz erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler anhand geeigneter Leitbeispiele aus den Themenfeldern „Gebäudetechnik“, „Mobilität“, „Erneuerbare Energien“ sowie „Umweltschutz“ mit Gewässerschutz und Luftreinhaltung.

Dabei setzt das Profulfach gezielt einen Schwerpunkt im Bereich „Erneuerbare Energien“: Sinnvolle Einsatzmöglichkeiten, effiziente Energiewandlung, -verteilung und -speicherung

sowie Bewertung von Energiesystemen werden in vielen Bildungsplaneinheiten über die Klassenstufen hinweg thematisiert.

Die ausgewählten Themenfelder im Profulfach „Umwelttechnik“ können den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Elektrotechnik, Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Bautechnik zugeordnet werden. Ergänzt werden diese Bereiche um informationstechnische Grundlagen in den profulfachbezogenen Modulen des Fachs Informatik (TG). Durch die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden die Schülerinnen und Schüler zielgerichtet auf ingenieur- oder naturwissenschaftliche Studiengänge mit Schwerpunkten im Bereich Umwelt- oder Energietechnik sowie auf einschlägige Berufsausbildungen in diesem gesellschaftlich immer bedeutender werdenden Zukunftsfeld vorbereitet. Im umfangreichen Laborunterricht machen sich die Schülerinnen und Schüler im Rahmen von handlungsorientierter Themenbearbeitung mit wissenschaftlichen Arbeitsweisen vertraut und entwickeln ihre Handlungs- und Problemlösungskompetenz. Hierzu findet in der Eingangsklasse die Hälfte der Unterrichtsstunden in Klassenteilung statt, in den Jahrgangsstufen 1 und 2 beträgt der Laboranteil ein Sechstel der Stunden. In praktischen Übungen im Team setzen die Schülerinnen und Schüler ihre theoretischen Kenntnisse um, begründen ihre Lösungsansätze und schulen so ihre Fähigkeit zum strukturierten Lösen technischer Probleme.

Beim selbstständigen Experimentieren trainieren sie ihre manuellen Fertigkeiten und erweitern ihre Kompetenzen im exakten praktischen Arbeiten, systematischen Darstellen und Beurteilen von Versuchsergebnissen. Auf diese Weise erlernen die Schülerinnen und Schüler die typischen Denk- und Vorgehensweisen sowohl beim naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn als auch beim ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten. Hierbei werden Teamfähigkeit und soziale Kompetenzen entwickelt.

Die in der Jahrgangsstufe angegebenen Wahlthemen ermöglichen es den Lehrerinnen und Lehrern – je nach Interessenlage der Klasse und den Gegebenheiten der Schule – ein ergänzendes Gebiet der Umwelttechnik aufzugreifen oder bereits Bekanntes zu vertiefen, auch im Rahmen einer Projektarbeit.

3. Ergänzende fachliche Hinweise

Der interdisziplinäre Charakter der Umwelttechnik, der sich in den Bildungsplaninhalten des Profils widerspiegelt, erfordert eine kontinuierliche Abstimmung der unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer sowohl im Profulfach „Umwelttechnik“ als auch im Fach „Informatik (TG)“, ggf. im Wahlfach „Sondergebiete der Technik“ sowie in den naturwissenschaftlichen Fächern.

In der Eingangsklasse werden in den Bildungsplaneinheiten „Umwelttechnische Systeme steuern“ (BPE 2), „Ökologie und Klimawandel“ (BPE 4), „Umweltchemisches Labor“ (BPE 5), „Trink- und Abwasser“ (BPE 6) Themengebiete beispielhaft behandelt, die für das grundlegende Verständnis der Umwelttechnik von Bedeutung sind. Insbesondere die Thematik „Klimawandel“ stellt als Klammer über das Profulfach auch die Motivation für die Bildungsplaneinheiten der Fachstufen dar und wird daher immer wieder aufgegriffen.

Die Bildungsplaneinheiten „Sonnenenergie elektrisch wandeln und speichern“ (BPE 1) sowie „Grundlagen der Energieumwandlung“ (BPE 3) behandeln Inhalte, die für Themen der Jahrgangsstufen 1 und 2 grundlegende Voraussetzung sind.

Der übergeordnete Ansatz der Bildungsplaneinheit „Bewertung von energie- und umwelttechnischen Systemen“ (BPE 17) bietet die Möglichkeit, alle Themengebiete inhaltlich zu verbinden. Es ist möglich, einzelne Aspekte dieser Einheit bereits in vorangehenden Themen zu behandeln.

Hinweise zum Umgang mit dem Bildungsplan

Der Bildungsplan zeichnet sich durch eine Inhalts- und eine Kompetenzorientierung aus. In jeder Bildungsplaneinheit (BPE) werden in kursiver Schrift die übergeordneten Ziele beschrieben, die durch Zielformulierungen sowie Inhalts- und Hinweisspalte konkretisiert werden. In den Zielformulierungen werden die jeweiligen fachspezifischen Operatoren als Verben verwendet. Operatoren sind handlungsinitiiierende Verben, die signalisieren, welche Tätigkeiten beim Bearbeiten von Aufgaben erwartet werden. Die für das jeweilige Fach relevanten Operatoren sowie deren fachspezifische Bedeutung sind jedem Bildungsplan im Anhang beigelegt. Durch die kompetenzorientierte Zielformulierung mittels dieser Operatoren wird das Anforderungsniveau bezüglich der Inhalte und der zu erwerbenden Kompetenzen definiert. Die formulierten Ziele und Inhalte sind verbindlich und damit prüfungsrelevant. Sie stellen die Regelanforderungen im jeweiligen Fach dar. Die Inhalte der Hinweisspalte sind unverbindliche Ergänzungen zur Inhaltsspalte und umfassen Beispiele, didaktische Hinweise und Querverweise auf andere Fächer bzw. Bildungsplaneinheiten.

Der VIP-Bereich des Bildungsplans umfasst die Vertiefung, individualisiertes Lernen sowie Projektunterricht. Im Rahmen der hier zur Verfügung stehenden Stunden sollen die Schülerinnen und Schüler bestmöglich unterstützt und bei der Weiterentwicklung ihrer personalen und fachlichen Kompetenzen gefördert werden. Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer nutzen diese Unterrichtszeit nach eigenen Schwerpunktsetzungen auf Basis der fächerspezifischen Besonderheiten und nach den Lernvoraussetzungen der einzelnen Schülerinnen und Schüler.

Der Teil „Zeit für Leistungsfeststellung“ des Bildungsplans berücksichtigt die Zeit, die zur Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Leistungsfeststellungen zur Verfügung steht. Dies kann auch die notwendige Zeit für die gleichwertige Feststellung von Schülerleistungen (GFS), Nachbesprechung zu Leistungsfeststellungen sowie Feedback-Gespräche umfassen.

Bildungsplanübersicht

| Schuljahr | Bildungsplaneinheiten | Zeitrictwert | Gesamtstunden |
|------------------|--|--------------|------------------|
| Eingangsklasse | Vertiefung – Individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP) | 60 | |
| | 1 Sonnenenergie elektrisch wandeln und speichern | 35 (35) | |
| | 2 Umwelttechnische Systeme steuern | 15 (15) | |
| | 3 Grundlagen der Energieumwandlung | 38 (17) | |
| | 4 Ökologie und Klimawandel | 17 (10) | |
| | 5 Umweltchemisches Labor | 33 (33) | |
| | 6 Trink- und Abwasser | 12 (10) | 210 (120) |
| | Zeit für Leistungsfeststellung | | 30 |
| | | | 240 (120) |
| Jahrgangsstufe 1 | Vertiefung – Individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP) | 60 | |
| | 7 Elektromobilität | 26 (8) | |
| | 8 Wind- und Wasserkraft nutzen | 34 (6) | |
| | 9 Photovoltaik | 15 (6) | |
| | 10 Wärme erzeugen | 40 (12) | |
| | 11 Die Brennstoffzelle als Energiewandler | 10 (4) | |
| | 12 Wohnklima und Gebäudehülle | 25 (4) | 210 (40) |
| | Zeit für Leistungsfeststellung | | 30 |
| | | | 240 (40) |
| Jahrgangsstufe 2 | Vertiefung – Individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP) | 48 | |
| | 13 Elektro- und Hybridfahrzeuge | 25 (6) | |
| | 14 Energieumwandlung in Wärmekraftwerken | 17 (4) | |
| | 15 Umweltbereich Luft | 14 (4) | |
| | 16 Abgasreinigung | 19 (4) | |
| | 17 Bewertung von energie- und umwelttechnischen Systemen | 25 (4) | |
| | 18* Elektrotechnisches Projekt | 10 (5) | |
| | 19* Abfall und Recycling | 10 (5) | |
| | 20* Mobilitätsmanagement | 10 (5) | |
| | 21* Energie aus Biomasse | 10 (5) | 168 (32) |
| | Zeit für Leistungsfeststellung | | 24 |
| | | | 192 (32) |

Die Zeitrictwerte in Klammern geben den Anteil der Stunden in Gruppenteilung an.

* In der Jahrgangsstufe 2 sind zwei der BPE 18 – 21 zu unterrichten.

Eingangsklasse

Vertiefung - Individualisiertes Lernen - Projektunterricht (VIP)

60

| Vertiefung | Individualisiertes Lernen | Projektunterricht |
|---|--|--|
| z. B. Übungen Anwendungen Wiederholungen | z. B. Selbstorganisiertes Lernen Lernvereinbarungen Binnendifferenzierung | z. B. Laden eines Akkus mit einem Solarmodul Bau eines Stirlingmotors Planung und Durchführung einer Exkursion (Trinkwasseraufbereitung, Kläranlage) |

Die Themenauswahl des Projektunterrichts hat aus den nachfolgenden Bildungsplaneinheiten unter Beachtung Fächer verbindender Aspekte zu erfolgen.

BPE 1 Sonnenenergie elektrisch wandeln und speichern

35 (35)

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben elektrotechnische Zusammenhänge am System Solarzelle - Akkumulator. Sie entdecken die technischen Herausforderungen bei der Energiewandlung und beurteilen deren Effizienz. Sie berechnen einfache Grundsaltungen mithilfe elektrischer Grundgrößen. Die Schülerinnen und Schüler bewerten das elektrische Verhalten von Bauteilen und deren Kennlinien. Sie erörtern den effizienten Umgang mit elektrischer Energie am Beispiel energiesparender Leuchtmittel.

BPE 1.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Energiespeicher Akkumulator. Sie stellen die Zusammenhänge hinsichtlich Energieinhalt und Kapazität dar, erklären die Zusammenhänge der Begriffe Strom, Spannung, Leistung und ermitteln Energiekosten auch unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades. Sie beschreiben grundlegende technische Darstellungsarten und werten die Umwandlungen der Basiseinheiten aus.

Energiespeicher Akkumulator

- Energieinhalt, Kapazität
- Strom, Spannung, Leistung
- Energiekosten, Wirkungsgrad
- Technologieschema, Blockschaltbild
- Energieflussdiagramm

z. B. Kosten pro kWh

Umwandlung von Basiseinheiten

z. B. Ws, kWh

BPE 1.2 Die Schülerinnen und Schüler zeichnen Stromkreise und leiten das Ohm'sche Gesetz ab. Sie führen Messungen an Reihen- und Parallelschaltungen durch und bestimmen die Gesetzmäßigkeiten einfacher gemischter Schaltungen.

Grundlagen der Elektrotechnik

- Stromkreis
- Ohm'sches Gesetz
- Lineare und nichtlineare Kennlinien

technische Stromrichtung

z. B. NTC, PTC

- Reihen- und Parallelschaltung
 - einfache gemischte Schaltungen
- z. B. parallele Verbraucher mit Zuleitungswiderständen

BPE 1.3 Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und analysieren die Stromversorgung mit einer Solarzelle. Sie ermitteln messtechnisch deren Kennlinie und werten diese hinsichtlich des Punktes maximaler Leistung aus und bewerten den Wirkungsgrad.

Stromversorgung mit Solarzelle

- I(U)-, P(U)-Kennlinien bei unterschiedlichen Bestrahlungsstärken
- Punkt maximaler Leistung (MPP)
- Wirkungsgrad

Zusammenschaltung von Solarzellen zu Modulen

- Reihen- und Parallelschaltung

BPE 1.4 Die Schülerinnen und Schüler vergleichen Gleich- und Wechselspannung. Sie stellen Stromversorgungen mit Diode, Gleichrichtung und Glättungskondensator dar und führen Messungen an diesen Schaltungen durch. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben energiesparende Beleuchtungen und dimensionieren LED-Schaltungen mit Vorwiderstand.

Elektrische Stromversorgung

- Gleich- und Wechselspannung
 - Prinzipien von Gleichrichtung und Glättung mit Diode und Kondensator
- ohne Effektivwert

Energiesparende Beleuchtung

- Leuchtmittel im Vergleich: Wirkungsgrad, Umweltverträglichkeit
- LED mit Vorwiderstand: Strombegrenzung, Arbeitspunkt
- Verlustleistungshyperbel LED

BPE 2 Umwelttechnische Systeme steuern 15 (15)

Die Schülerinnen und Schüler stellen umwelttechnische Systeme exemplarisch dar. Sie leiten einzelne Wirkungsketten ab – von der Erfassung über die Wandlung bis zur Weiterverarbeitung umwelttechnischer Größen. Sie strukturieren umwelttechnische Problemstellungen und realisieren diese mit einer einfachen programmierbaren Steuerung als Kleinprojekte.

BPE 2.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben das EVA -Prinzip und übertragen es auf umwelttechnische Steuerungen. Sie beschreiben verschiedene Signalformen.

Einbindung von Steuerungen in umwelttechnische Systeme

- EVA-Prinzip
- Technologieschema

- Zuordnungsliste
 - analog, binär, digital
- Wertigkeit

BPE 2.2 **Die Schülerinnen und Schüler entwerfen kombinatorische Schaltungen zur Steuerung umwelttechnischer Systeme und stellen diese mit Funktionsplänen, Funktionstabellen und Schaltfunktionen dar. Sie untersuchen Steuerungen mit Zeit- und Speicherfunktionen.**

Grundlagen der Steuerungstechnik

- Grundverknüpfungen: UND, ODER, NICHT
- kombinatorische Schaltungen
- Schaltfunktion
- Funktionsplan
- Funktionsstabelle
- Zeitfunktionen: Timer, Ein- und Ausschaltverzögerung
- Speicherfunktion mit RS-Flipflop

BPE 3 **Grundlagen der Energieumwandlung** **38 (17)**

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Energieformen und Energieträger, stellen Energieumwandlungsprozesse dar und beurteilen deren Effizienz. Aus Lastgang-Diagrammen leiten sie die Notwendigkeit der Energiespeicherung ab.

Die Schülerinnen und Schüler führen Berechnungen zu energietechnischen Grundlagen durch und wenden dabei thermodynamische Gesetzmäßigkeiten an.

BPE 3.1 **Die Schülerinnen und Schüler beschreiben unterschiedliche Energieformen. Verschiedene Energieträger und den Energiebedarf beurteilen sie anhand von Informationsquellen hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit. Sie stellen Energieumwandlungsprozesse grafisch dar und bewerten die Effizienz der Energieumwandlung.**

- | | |
|--|-------------------------------------|
| Energieformen | vgl. Physik |
| Energieträger | Statistiken, Diagramme, vgl. BPE 17 |
| - fossil | Reichweite |
| - regenerativ | z. B. Biomasse, vgl. BPE 4 |
| - Primär-, Sekundär-, End-, Nutzen- energie | |
| Energieumwandlung | |
| - Anlagenschema | z. B. Kohlekraftwerk, vgl. BPE 14 |
| - energetisches Blockschaltbild | |
| - Energieflussdiagramm | |
| - Wirkungsgrad | |

| | |
|---|---|
| BPE 3.2 | Die Schülerinnen und Schüler werten Diagramme zum Lastgang aus, beschreiben zeitabhängige Differenzen zwischen Angebot und Bedarf elektrischer Energie und leiten daraus die Notwendigkeit der Energiespeicherung ab. Sie analysieren unterschiedliche Möglichkeiten der Energiespeicherung. |
| Energieangebot und -bedarf | z. B. Angebotsfluktuation erneuerbarer Energien |
| Energiespeicherung | |
| - Pumpspeicherkraftwerk | vgl. BPE 8 |
| - Power to Gas | Wasserstoffwirtschaft, vgl. BPE 11, Erdgasnetz, Methanisierung |
| - Druckluftspeicher | |
| - elektrochemische Speicher | Akkumulatoren |
| BPE 3.3 | Die Schülerinnen und Schüler beschreiben thermodynamische Zustandsgrößen. Sie ermitteln die spezifische Wärmekapazität von Wasser. Sie berechnen Wärmemengen und Wärmeströme und berücksichtigen dabei spezifische Wärmekapazität und Heizwert. |
| Grundlagen der Wärmelehre | vgl. Physik |
| - Temperatur und Temperaturdifferenz | T in K und ϑ in °C |
| - Gasdruck | z. B. Luft |
| - spezifische Wärmekapazität | z. B. Herleitung aus Messwerten |
| - Wärmemenge und Wärmestrom | massenspezifische Größen |
| - Heizwert | vgl. BPE 10 |
| BPE 3.4 | Die Schülerinnen und Schüler erklären Zustandsänderungen idealer Gase und stellen diese in p-V-Diagrammen dar. Zustandsgrößen berechnen sie mithilfe des allgemeinen Gasgesetzes sowie Prozessgrößen für Zustandsänderungen. |
| Zustandsgrößen: Druck, Volumen, Temperatur | |
| Stoffgrößen: R , c_v , c_p , κ | |
| Zustandsänderungen idealer Gase: isobar, isochor, isotherm, adiabat | |
| Allgemeines Gasgesetz | |
| - p-V-Diagramm | |
| - Prozessgrößen: Arbeit und Wärme | |
| BPE 3.5 | Die Schülerinnen und Schüler stellen Energieumwandlungen für rechtsgängige Kreisprozesse im p-V-Diagramm dar. Sie erklären den ersten Hauptsatz der Wärmelehre und wenden ihn auf rechtsgängige Kreisprozesse an. Sie bestimmen den Wirkungsgrad. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Aussage des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre. |
| Rechtsgängige Kreisprozesse | z. B. Carnot-Prozess, Stirling-Prozess vgl. BPE 13 |
| - 1. Hauptsatz der Wärmelehre | |

- Innere Energie
- Wirkungsgrad Carnot-Wirkungsgrad
- 2. Hauptsatz der Wärmelehre
- reversible und irreversible Prozesse z. B. Entropie (qualitativ), vgl. BPE 14

BPE 4 Ökologie und Klimawandel 17 (10)

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben ihre Umwelt und darauf einwirkende Umweltfaktoren. Sie analysieren Ursachen und Folgen des Klimawandels und untersuchen exemplarisch ein Ökosystem.

- BPE 4.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau von Ökosystemen und die auf sie einwirkenden abiotischen Umweltfaktoren. Sie erläutern den Wasser- und Kohlenstoffkreislauf.**
- Natürliche und künstliche Ökosysteme z. B. Gewässer, Kläranlage, vgl. BPE 6
 - Abiotische Umweltfaktoren
 - Temperatur Kälte-/Hitzeschutz
 - Licht
 - Wasser
 - Wasserkreislauf und -verfügbarkeit z. B. virtuelles Wasser
 - Süß-/Salzwasser
 - trockene/feuchte Standorte
 - Kohlenstoffkreislauf weitere Stoffkreisläufe: Stickstoff, Phosphor
 - Auf- und Abbau von Biomasse Photosynthese und Zellatmung im Überblick
-
- BPE 4.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den natürlichen Treibhauseffekt und erklären den anthropogenen Treibhauseffekt als Ursache des Klimawandels. Sie analysieren konkrete Auswirkungen des Klimawandels.**
- Natürlicher Treibhauseffekt
 - Anthropogener Treibhauseffekt vgl. BPE 15
 - Treibhausgase: CO₂, CH₄, H₂O
 - Quellen z. B. Verkehr, Energiewirtschaft, Landwirtschaft
 - Korrelation von CO₂-Konzentration und Temperatur
 - Klimawandel
 - Einfluss auf den Wasserkreislauf z. B. Gletscherschmelze, Dürren, Meeresspiegelanstieg
 - Extremwetterereignisse Energiegehalt in Atmosphäre
 - Räumliche und zeitliche Veränderungen klimatischer Bedingungen z. B. Klimazonen, Vogelzug, Niederschlagsverteilung

BPE 4.3 Die Schülerinnen und Schüler untersuchen exemplarisch ein Ökosystem. Dabei übertragen sie die theoretischen Kenntnisse auf konkrete Betrachtungen. Sie beurteilen die ökologische Qualität des betrachteten Ökosystems.

| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Gewässerarten | z. B. Fließgewässer, See |
| Gewässeruntersuchung | Praktikum/Exkursion |
| - Bioindikatoren, Saprobienindex | vereinfachtes Verfahren |
| - Schnelltests | vgl. BPE 5 |
| Gewässergüte | z. B. Eutrophierung |

BPE 5 Umweltchemisches Labor 33 (33)

Die Schülerinnen und Schüler beurteilen die Qualität von Wasser anhand eigener Versuchsergebnisse. Sie bestimmen ausgewählte physikalische Eigenschaften wässriger Lösungen und führen Verfahren zur Wasseraufbereitung und -behandlung durch. Sie analysieren Wasserproben, protokollieren die entsprechenden Versuche und werten diese aus. Dabei wenden sie einfache statistische Methoden an.

BPE 5.1 Die Schülerinnen und Schüler nennen die Gefahren, die für Mensch und Umwelt von Chemikalien ausgehen.

| |
|--|
| Sicherheit im Labor |
| - Sicherheitsunterweisung |
| - Gefährlichkeitsmerkmale: Sicherheitsdatenblätter |

BPE 5.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Verwendung von Wasser als Lösemittel. Sie ermitteln physikalische Größen wässriger Lösungen und wenden bei Berechnungen Dichte- und Konzentrationsangaben an.

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Wasser als Lösemittel | vgl. Chemie |
| - Herstellung von Lösungen | |
| - Konzentrationsangaben | ppm, ppb, g/l, mol/l |
| - Löslichkeit | ohne Berechnungen |
| Physikalische Größen | |
| - Masse und Volumen | Fehlerbetrachtung |
| - Dichte | z. B. Aräometer, Pyknometer |
| - elektrische Leitfähigkeit | |

BPE 5.3 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Trennverfahren aus der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung und führen diese durch.

| | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Trennverfahren | vgl. BPE 6 |
| - Fällung und Filtration | z. B. Phosphatfällung |
| - Flockung und Sedimentation | z. B. Entfernung von Trübstoffen |
| - Adsorption | Aktivkohle |

BPE 5.4 Die Schülerinnen und Schüler benennen umweltbelastende Wasserinhaltsstoffe mit chemischen Formeln, beschreiben ihre Herkunft und ihre Auswirkungen. Sie beurteilen die Wasserqualität anhand von Wasserparametern.

| | |
|--|-------------|
| Wasserparameter | vgl. BPE 6 |
| - Sauerstoffsättigung | |
| - Ammonium, Nitrat, Nitrit, Phosphat, Chlorid, Eisen | vgl. Chemie |
| - pH-Wert | vgl. Chemie |
| - Gesamthärte | |
| - CSB, BSB5 | |

BPE 5.5 Die Schülerinnen und Schüler messen Wasserparameter mit verschiedenen Methoden der quantitativen analytischen Chemie und beurteilen Messergebnisse mit einfachen statistischen Methoden. Sie erläutern die Messprinzipien unter Einbeziehung stöchiometrischer Rechnungen und optischer Grundlagen.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Titrimetrische Analyseverfahren | Bürette, Schnelltest (z. B. Gesamthärte) |
| - systematische und zufällige Fehler | Mittelwert, Standardabweichung |
| Kolorimetrische Analyseverfahren | |
| - Teststäbchen | z. B. Wasserhärte |
| - Testsätze | z. B. Nitrat, Nitrit, Ammonium |
| Fotometrie | z. B. Eisen |
| - elektromagnetisches Spektrum | qualitativ |
| - Kalibrationskurve | |

BPE 6 Trink- und Abwasser 12 (10)

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Verfügbarkeit und Bedarf an Trinkwasser, sie erklären verschiedene Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung. Sie unterscheiden nicht-gewerbliche Abwasserarten und erklären unterschiedliche Abwasserparameter. Sie beurteilen Kanalisationssysteme und erläutern die mechanischen, chemischen und biologischen Reinigungsprozesse in einer Kläranlage.

BPE 6.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Trinkwasservorkommen und -gewinnung. Dabei berücksichtigen sie örtliche Gegebenheiten und benennen die Qualitätsanforderungen an Trinkwasser.

| | |
|-------------|-----------------------|
| Trinkwasser | Wasserkreislauf |
| - Vorkommen | Wasserdargebot |
| - Gewinnung | Wasserbedarf |
| - Qualität | Trinkwasserverordnung |

BPE 6.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Wirkung unerwünschter Wasserinhaltsstoffe im Trinkwasser und erklären Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung.

| |
|-------------------------|
| Trinkwasseraufbereitung |
| - Filtration |

- | | |
|----------------------------------|--|
| - weitere Aufbereitungsschritte: | z. B. Enthärtung, Entsäuerung, Enteisenung |
| - Desinfektion | z. B. Chlorung, Ozonierung, UV-Bestrahlung |

BPE 6.3 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben verschiedene Abwasserarten und vergleichen den Aufbau der Abwasserkanalisation nach dem Misch- und Trennsystem. Sie erklären die Bedeutung der unterschiedlichen Abwasserparameter.

Abwasser

- | | |
|---|---|
| - Arten | Regen-, Schmutzwasser |
| - Misch- und Trennsystem der Abwasserkanalisation | Vor- und Nachteile |
| - Inhaltsstoffe, Parameter | z. B. Phosphat, Nitrat, Nitrit, BSB5, CSB, vgl. BPE 5 |

BPE 6.4 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben physikalische Prozesse in der mechanischen Reinigungsstufe einer Kläranlage. Sie erklären die grundlegenden Prozesse der chemischen und biologischen Abwasserbehandlung.

Anlagenschema Abwasserbehandlung

vgl. BPE 5

Mechanische Abwasserbehandlung

Rechen, Siebe

- Sedimentation, Flotation

Biologische Abwasserbehandlung

vgl. BPE 4

- Kohlenstoffentfernung, Nitrifikation
- Denitrifikation

Belebtschlammverfahren

Chemische Abwasserbehandlung

- Phosphatelimination

Phosphor als endliche Ressource

Klärschlammbehandlung

deskriptiv

Jahrgangsstufe 1

Vertiefung - Individualisiertes Lernen - Projektunterricht (VIP)

60

| Vertiefung | Individualisiertes Lernen | Projektunterricht |
|---|--|--|
| z. B. Übungen Anwendungen Wiederholungen | z. B. Selbstorganisiertes Lernen Lernvereinbarungen Binnendifferenzierung | z. B. Bausatz Gleichstrommotor, Akkumulator mit Solarmodul laden, Planung und Durch- führung einer Exkursion (Fertighausbau, Wärmeerzeuger, Wind- und Wasserkraftan- lagen, Solarkraftwerk) |

Die Themenauswahl des Projektunterrichts hat aus den nachfolgenden Bildungsplaneinheiten unter Beachtung Fächer verbindender Aspekte zu erfolgen.

BPE 7 Elektromobilität 26 (8)

Die Schülerinnen und Schüler analysieren am Beispiel eines einfachen Elektrofahrzeugs die Bereitstellung von elektrischer Energie durch Akkumulatoren und deren Umsetzung in Bewegungsenergie durch die verlustarme Steuerung von Gleichstrommotoren. Sie beurteilen die Effizienz, den Energieeinsatz und den Wirkungsgrad anhand relevanter Parameter und Kennlinien.

BPE 7.1 Die Schülerinnen und Schüler nennen grundlegende Komponenten eines Elektrofahrzeugs. Sie vergleichen verschiedene Akkutechnologien hinsichtlich Energiedichte und Einsatzbereichen.

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Komponenten eines Elektrofahrzeugs | z. B. E-Bike, Pedelec |
| Akkumulator | |
| - Akkutechnologien | |
| - Ladungsmenge, Energiedichte | Ah |

BPE 7.2 Die Schülerinnen und Schüler erklären die Strom- und Spannungsverläufe beim Ein- und Ausschalten von Induktivitäten an Gleichspannung. Sie beschreiben den Aufbau einer permanenterregten Gleichstrommaschine, untersuchen das Motorersatzschaltbild und analysieren seine Drehmoment-Drehzahlkennlinie.

| | |
|--|--|
| Spule und Induktivität | Induktionsgesetz |
| - Spule an geschalteter Gleichspannung | |
| - Strom- und Spannungsverläufe | |
| Gleichstrommotor | |
| - Funktionsprinzip | |
| - Motorersatzschaltbild | $U_{\text{ind}}/n = \text{konst}$, $M/I = \text{konst}$ |
| - Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie | Verlustleistungshyperbeln |

BPE 7.3 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben ideale Schaltvorgänge mit Transistoren. Sie beurteilen die PWM als Möglichkeit der verlustarmen Steuerung von Gleichstrommaschinen, bestimmen den Tastgrad und berechnen den arithmetischen Mittelwert. Sie erklären die Funktionsweise des Tiefsetzstellers.

Transistor als Schalter: Wirkungsprinzip

z. B. Bipolartransistor, MOSFET, IGBT

Drehzahlsteuerung

- Pulsweitenmodulation PWM
- Tastgrad, Arithmetischer Mittelwert
- H-Brückenschaltung

Tiefsetzsteller

- prinzipieller Aufbau
- Funktionsweise, Strom- und Spannungsverläufe

BPE 7.4 Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die Reichweite von Elektrofahrzeugen und beurteilen den Energieeinsatz, den Gesamtwirkungsgrad und die erzielte Reichweite.

Effizienz von Elektrofahrzeugen

mögliche Vertiefung in BPE 17

- Gesamtwirkungsgrad
- Gesamtbetrachtung Energieeinsatz
- Reichweite: Berechnungen u. a. durch Interpretation der Kennlinien $P(v)$, $M(v)$

Primärenergieeinsatz – Nutzenergie

BPE 8 Wind- und Wasserkraft nutzen 34 (6)

Die Schülerinnen und Schüler bewerten die Voraussetzungen, Möglichkeiten und Einsatzchancen von Wind- und Wasserkraftanlagen. Sie berechnen das zur Verfügung stehende Energiepotenzial sowie mechanische und elektrische Kenngrößen anhand einfacher Modelle. Sie stellen den Energietransport vom Generator über ein Hochspannungsnetz zum Verbraucher dar.

BPE 8.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau und die Bedeutung von Wasserkraftwerken. Sie analysieren die Verwendung von Turbinen hinsichtlich Einsatzgebieten und Wirkungsgrad. Sie dimensionieren grundlegende Komponenten von Wasserkraftanlagen.

Wasserkraftwerke

- Aufbau Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicher-Kraftwerk
- Pelton-, Kaplan-, Francis-, Rohrturbine: Eigenschaften, Einsatzgebiete, Wirkungsgrade
- Bemessung: u. a. Volumenstrom, Speicherseevolumen

exemplarischer Anlagenquerschnitt

- Gesamtwirkungsgrad
- Einsatzgebiete und Bedeutung für die Energieversorgung

BPE 8.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau und die Bedeutung von Windkraftanlagen und untersuchen deren Funktionsweisen. Sie bewerten den Ertrag von Windkraftanlagen und deren Beitrag zur Energieversorgung.

Windkraftanlagen

- | | |
|--|--|
| - Aufbau | exemplarischer Anlagenquerschnitt |
| - Standortauswahl | z. B. Windkarte, gesellschaftliche Akzeptanz |
| - Rotoren und Laufräder | |
| - Strömung und Kreisbewegung: Strömungswiderstand, Auftrieb, Kraft, Drehmoment, Anlaufverhalten, Leistungsbegrenzung | Bernoulli z. B. Pitchregelung |
| - Ertragsberechnung Windkraftanlage | z. B. Nabenhöhe, Rotorlänge, Windverteilung |
| - Leistungsbeiwert, Wirkungsgrad | cp-Betz |
| - Einsatzgebiete und Bedeutung für die Energieversorgung | |

BPE 8.3 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen und erklären die Phänomene Wirk-, Blind- und Scheinleistung. Sie vergleichen Drehstrom- und Gleichstromübertragung.

Erzeugung elektrischer Energie

- Generatorprinzip
- Kenngrößen sinusförmige Wechselspannung: Amplitude, Effektivwert, Frequenz
- Wirk-, Blind- und Scheinleistung: Prinzip von Leistungsfaktor und Kompensation

Elektrischer Energietransport

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - Verbundnetz | |
| - Drehstrom | Verkettung |
| - Drehstromleistung | $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ |
| - Bedeutung des Transformators | z. B. Hochspannung, Leitungsverluste |
| - Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung | Vor- und Nachteile |

BPE 9**Photovoltaik****15 (6)**

Die Schülerinnen und Schüler planen eine Photovoltaikanlage, legen die Betriebsart fest und wählen geeignete Komponenten anhand ihrer Kenngrößen aus. Dabei analysieren sie die Eigenschaften der einzelnen Funktionsgruppen und bewerten die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

BPE 9.1**Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren und verschalten Solarmodule. Mithilfe von Kennlinien und Kenngrößen beurteilen sie die Eigenschaften von Solarmodulen.**

Solarmodule

Recycling, vgl. BPE 17

- Eigenschaften

aktuell technisch relevante Typen,
z. B. monokristallin, multikristallin,
Dünnschicht

- Kenngrößen: P_{MPP} , U_{MPP} , I_{MPP} , I_{SC} , U_{OC} Solarmodul-Kennlinien $I(U)$, $P(U)$

- STC, NOCT

- Parameter Bestrahlungsstärke

- Temperaturabhängigkeit

Verschaltung der Module

Verschaltung der Stränge zum Photovol-
taikgenerator

BPE 9.2**Die Schülerinnen und Schüler berechnen den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit vom Standort und von der Ausrichtung der Solarmodule.**

Standortbewertung und Standortauswahl

- Ausrichtung

- Verschattung

z. B. Bypassdiode

- Ertragsberechnung

- Wirtschaftlichkeit

beispielhafte Betrachtung

BPE 9.3**Die Schülerinnen und Schüler stellen die Betriebsarten von Photovoltaikanlagen dar und beschreiben die dafür notwendigen Komponenten. Sie übertragen die grundlegenden Prinzipien der verlustarmen Leistungssteuerung auf die Funktion des Wechselrichters. Sie dimensionieren die Komponenten des Netzparallel- und Inselbetriebs.**

Netzparallelbetrieb

Einspeisung ins Netz

Wechselrichter

Technologie nur beim einphasigen
Wechselrichter

- Aufgaben

z. B. MPP-Tracking

- Gesteuerte H-Brückenschaltung

- PWM

- Glättungsdrossel

Strom- und Spannungsverläufe

- Auswahl des Wechselrichters

z. B. Leistungshyperbel

Inselbetrieb

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| - Technologieschema | z. B. Akkumulator, Laderegler |
| - Dimensionierung | Ertrag vs. Verbrauch |

| | | |
|---------------|-----------------------|----------------|
| BPE 10 | Wärme erzeugen | 40 (12) |
|---------------|-----------------------|----------------|

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise von Anlagen zur Wärmeerzeugung für die Gebäudebeheizung. Sie erläutern das Zusammenwirken der Anlagenkomponenten und dimensionieren diese nach dem Wärmebedarf. Sie bewerten Energiesysteme anhand geeigneter Bilanzen und Kennwerte hinsichtlich Effizienz sowie ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte.

| | |
|-----------------|---|
| BPE 10.1 | Die Schülerinnen und Schüler erläutern die energetischen und anlagentechnischen Grundlagen der Solarthermie, erklären den Aufbau und die Funktion einer Solaranlage und berechnen Anlagenkomponenten hinsichtlich Wärmegewinnung und -speicherung. |
|-----------------|---|

Astronomische und meteorologische Grundlagen

- Solarkonstante
- Globalstrahlung
- meteorologische und örtliche Einflüsse

Anlagenschema solarthermische Anlage

Wärmeübertragungsarten

vgl. BPE 12

Solarthermische Kollektoren

- Bauformen: Flach-, Vakuumröhrenkollektor, Schwimmbadabsorber
- Neigung und Ausrichtung
- Kollektorwirkungsgrad: optische und thermische Verluste
- Deckungsgrad, Nutzungsgrad

vgl. BPE 9

Dimensionierung

Anlagenwirkungsgrad

Wärmespeicher

- Pufferspeicher
- bivalenter Speicher
- Auslegung des Volumens

Heizungsunterstützung

| | |
|-----------------|--|
| BPE 10.2 | Die Schülerinnen und Schüler stellen die Grundlagen der Brennwerttechnik dar und ermitteln für den Betrieb von Brennwertkesseln charakteristische Kenngrößen. Sie beschreiben den Aufbau von Brennwertkesseln und vergleichen diese - auch energetisch - mit herkömmlichen Heizkesseln. |
|-----------------|--|

Brennwertgerät

- Anlagenschema
- Heizwert, Brennwert
- Brennstoffvergleich

Vergleich mit konventionellem Heizkessel

Verdampfungswärme

z. B. Erdgas, Heizöl, Pellets

- Wärmeleistung und -belastung
 - Wirkungsgrade
- Verbrennungsprozess
- Reaktionsgleichung
 - Luftverhältniszahl
 - Partialdruck des Wasserdampfes im Abgas
 - Taupunktermittlung im Abgas
- Betriebsbedingungen
- Vor- und Rücklauftemperaturen
 - Taupunktunterschreitung
 - Kondensatmenge

bezogen auf Brennwert oder Heizwert

vgl. Chemie

vgl. BPE 16

energetische Betrachtungen

BPE 10.3 Die Schülerinnen und Schüler erläutern den Aufbau, die energetischen Grundlagen und mögliche Betriebsarten von Wärmepumpen. Sie benennen und beurteilen unterschiedliche Quellen der Umweltwärme und bewerten die Effizienz einer Wärmepumpe anhand energetischer Kennzahlen.

Wärmepumpe

- Aufbau
- Kreisprozess/Arbeitsprinzip

Vergleich Erwärmen/Kühlen mit einer Wärmepumpe

deskriptiv

Umweltwärmequellen

Energetische Grundlagen

- Energieeinsatz und Nutzenergie
- Kennzahlen: ϵ , COP, JAZ bzw. β

Primärenergieeinsatz

Betriebsarten: monoenergetisch, mono-valent, bivalent

BPE 10.4 Die Schülerinnen und Schüler erklären den Aufbau und die Funktionsweise von Blockheizkraftwerken. Sie beschreiben die Einsatzgebiete von Blockheizkraftwerken, erklären die energetischen Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung und legen Blockheizkraftwerke nach dem Wärmebedarf aus.

Blockheizkraftwerk

- Aufbau und Funktionsweise
- Anordnung der Wärmetauscher
- Betriebsweise: strom-, wärmegeführt

Otto- und Dieselpsprozess in BPE 13

Energetische Grundlagen

- Kraft-Wärme-Kopplung
- energetisches Blockschaltbild
- Energieflussdiagramm: maßstäbliche Darstellung
- thermischer und elektrischer Wirkungsgrad

vgl. Brennstoffzellen-BHKW, BPE 11

| | |
|--|--------------------------------------|
| Auslegung eines Blockheizkraftwerks | typische Einsatzgebiete/Gebäudetypen |
| - Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs | |
| - Optimierung Modulation zur Volllastbetriebsstundenerhöhung | |
| - Optimierung Pufferspeicher | vgl. solarthermische Anlage |

| | | |
|---------------|---|---------------|
| BPE 11 | Die Brennstoffzelle als Energiewandler | 10 (4) |
|---------------|---|---------------|

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Grundzüge der Wasserstoffwirtschaft. Sie erklären das Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle, analysieren ihr Betriebsverhalten und erläutern den Aufbau eines Brennstoffzellen-BHKWs.

| | |
|-----------------|--|
| BPE 11.1 | Die Schülerinnen und Schüler erklären die Funktionsweise eines Elektrolyseurs und ermitteln dessen Wirkungsgrad. Sie skizzieren ein wasserstoffbasiertes Energiesystem und diskutieren Vor- und Nachteile vor dem Hintergrund einer regenerativen und nachhaltigen Energieversorgung. |
|-----------------|--|

Elektrolyse

- Funktionsprinzip
- Wirkungsgrad

experimentelle Ermittlung

Wasserstoffwirtschaft

- Wasserstoff als Energiespeicher
- Vor-/Nachteile

Power to Gas

| | |
|-----------------|--|
| BPE 11.2 | Die Schülerinnen und Schüler erklären die Funktionsweise einer PEM Brennstoffzelle und ermitteln den elektrischen Wirkungsgrad experimentell. Sie vergleichen BHKWs mit Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle hinsichtlich ihrer Effizienz. |
|-----------------|--|

Funktionsprinzip PEM Brennstoffzellen

- Aufbau
- elektrochemische Reaktionen

vgl. Chemie, Jahrgangsstufe

Wirkungsgrad PEM Brennstoffzellen

Brennstoffzellen-BHKW

Verbrennungsmotor-BHKW, vgl. BPE 10

| | |
|-----------------|---|
| BPE 11.3 | Die Schülerinnen und Schüler berechnen die theoretische Zellspannung. Sie untersuchen das Betriebsverhalten der Brennstoffzelle und bestimmen den Punkt der maximal abgegebenen elektrischen Leistung. |
|-----------------|---|

Betriebsverhalten PEM Brennstoffzellen

- Messung und theoretische Ermittlung der Zellspannung
- Strom-Spannungs-Kennlinie
- Maximum Power Point (MPP)

BPE 12**Wohnklima und Gebäudehülle****25 (4)**

Die Schülerinnen und Schüler erklären Einflussfaktoren auf die Behaglichkeit in Wohnräumen und analysieren Wohnraumlufzustände mithilfe des h-x-Diagramms. Sie erklären die Funktion und den Aufbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

Sie bewerten Bau- und Dämmstoffe und erläutern bauliche Vorüberlegungen sowie den sommerlichen Wärmeschutz zur energetischen Optimierung der Gebäudehülle. Sie analysieren mehrschichtige Bauteile durch die Bestimmung des U-Werts und erklären die Ursachen von Wärmebrücken. Die Schülerinnen und Schüler analysieren Wandquerschnitte hinsichtlich Tauwasseranfalls mithilfe des Glaserverfahrens und erläutern die Vor- und Nachteile einer Innen- und Außendämmung.

BPE 12.1

Die Schülerinnen und Schüler erläutern wohnklimatische Grundlagen. Sie analysieren die Wohnraumluf mithilfe des h-x-Diagramms. Sie bestimmen Luftzustände, verursacht durch Mischung und thermodynamische Luftbehandlung.

Behaglichkeit

- thermisch
- Luftzusammensetzung
- relative und absolute Luftfeuchte

Schimmelbildung

h-x-Diagramm

- Taupunkt
- thermodynamische Luftbehandlung z. B. heizen, kühlen, befeuchten, entfeuchten
- Mischung von Luftmassen
- Enthalpie

BPE 12.2

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Luftdichtheit von modernen Gebäuden und leiten daraus die Notwendigkeit der Raumbelüftung ab. Sie beschreiben den Aufbau und das Funktionsprinzip einer Anlage zur kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

Grundlagen der Lüftung

- Lüftungsarten
- Transmissions-, Lüftungswärmeverluste
- Luftdichtheit z. B. Blower-Door-Test
- Luftwechselrate

Kontrollierte Wohnraumlüftung

ohne Wohnraumklimatisierung

- Lüftungsschema
- Anordnung von Zu- und Abluftauslässen
- Wärmetauscher: Luftstromführung, Rückwärmezahl Sommerbetrieb ohne Wärmerückgewinnung

BPE 12.3 Die Schülerinnen und Schüler erläutern bauliche Vorüberlegungen mit der Zielsetzung, Gebäudehüllen energetisch zu optimieren. Sie bewerten Bau- und Dämmstoffe nach wärmeschutztechnischen Gesichtspunkten. Sie beurteilen mehrschichtige Bauteile und berechnen dafür Kennwerte des Wärmedurchgangs. Die Schülerinnen und Schüler begründen die Ursachen von Wärmebrücken.

Bauliche Vorüberlegungen zum Wärmeschutz

- solare Gewinne
- $\frac{A}{V}$ -Verhältnis

Bau- und Dämmstoffarten

- Wärmeleitfähigkeit
- spezifische Wärmekapazität

Sommerlicher Wärmeschutz

ohne rechnerischen Nachweis

- Sonnenschutz
- Verglasung
- Wärmespeicherfähigkeit, Temperatur-Amplitudenverhältnis

Wärmedurchgang an Decken und Wänden

- mehrschichtige Bauteile
- U-Wert
- Wärmedurchgangsberechnungen

Wärmebrücken

BPE 12.4 Die Schülerinnen und Schüler ermitteln eine mögliche Taupunktunterschreitung auf der Bauteiloberfläche und innerhalb eines Wandquerschnitts. Sie begründen die Notwendigkeit baulicher Maßnahmen zur Verhinderung von Tauwasserbildung. Die Schülerinnen und Schüler vergleichen und bewerten verschiedene Wandkonstruktionen hinsichtlich des Wärme- und Feuchteschutzes.

Wasserdampfdiffusion an Außenwänden

- Dampfdurchlässigkeit/ μ -Wert
- grafisches Verfahren nach Glaser
- Dampfbremse

ohne Bestimmung der Tauwassermenge

Innen- und Außendämmung

- Wärmespeicherung
- Einfluss auf Tauwasserbildung
- tauwasservermeidende und -tolerierende Innendämmungen

Jahrgangsstufe 2

Vertiefung - Individualisiertes Lernen - Projektunterricht (VIP)

48

| Vertiefung | Individualisiertes Lernen | Projektunterricht |
|---|--|--|
| z. B. Übungen Anwendungen Wiederholungen | z. B. Selbstorganisiertes Lernen Lernvereinbarungen Binnendifferenzierung | z. B. Planung und Durchführung von Exkursionen (Wärmekraftwerk, Autohersteller) Erstellen einer einfachen Ökobilanz Projektieren einer Gebäudesteuerung |

Die Themenauswahl des Projektunterrichts hat aus den nachfolgenden Bildungsplaneinheiten unter Beachtung Fächer verbindender Aspekte zu erfolgen.

BPE 13 Elektro- und Hybridfahrzeuge 25 (6)

Die Schülerinnen und Schüler wenden die thermodynamischen Grundlagen an, um die Energiewandlung in Verbrennungsmotoren darzustellen. Sie erörtern und vergleichen die Eigenschaften von Elektro- und Verbrennungsmotoren und analysieren das Zusammenwirken der Komponenten im Hybridfahrzeug.

BPE 13.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Kreisprozesse von Verbrennungsmotoren und berechnen Zustandsgrößen. Sie analysieren zugehörige Kennlinienfelder.

| | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Verbrennungsmotoren | Abgasreinigung, vgl. BPE 16 |
| - p-V-Diagramm mit p, V, T, W, Q | |
| - Ottoprozess, Dieselprozess | |
| - Wirkungsgrad | |
| - M(n)-Kennlinienfeld | |
| - Verbrauchskennlinienfeld | |

BPE 13.2 Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Eigenschaften von Verbrennungsmotoren und elektrischen Maschinen. Sie analysieren das Zusammenspiel der gekoppelten Antriebe und stellen die Energieflüsse dar.

| | |
|---|-------------------------------|
| Elektrische Maschine | |
| - M(n)-Kennlinienfeld mit Verlustleistungshyperbeln | |
| - Wirkungsgrad | |
| - Vierquadrantenbetrieb | Rekuperation |
| - Elektrofahrzeug | |
| Kopplung der Antriebe | |
| - serieller Hybridantrieb | Range-Extender |
| - paralleler Hybridantrieb | |
| - Antriebskraft, Drehmoment, Leistung, Verbrauch | |
| - Energiemanagement | energetisches Blockschaltbild |

| | | |
|---------------|--|---------------|
| BPE 14 | Energieumwandlung in Wärmekraftwerken | 17 (4) |
|---------------|--|---------------|

Die Schülerinnen und Schüler erklären und vergleichen die Energieumwandlung bei der Stromerzeugung ausgehend von unterschiedlichen Typen von Wärmekraftwerken. Sie berechnen Kenngrößen eines Kraftwerksprozesses und analysieren Optimierungsmöglichkeiten.

| | |
|-----------------|---|
| BPE 14.1 | Die Schülerinnen und Schüler erklären das gemeinsame Grundprinzip der Stromerzeugung in Wärmekraftwerken und beschreiben die wesentlichen Prozessschritte in einem solchen Kraftwerk. Sie vergleichen unterschiedliche Kraftwerkstypen nach Art der Wärmequelle. |
|-----------------|---|

- | | |
|---|--|
| Wärmekraftwerk | vgl. BPE 17 |
| <ul style="list-style-type: none"> - Baugruppen - energetisches Blockschaltbild | |
| Kraftwerkstypen | |
| <ul style="list-style-type: none"> - solarthermische Kraftwerke - Kohlekraftwerk - Gas- und Dampfturbinenkraftwerk | z. B. Parabolrinnen-, Solarturmkraftwerk |

| | |
|-----------------|---|
| BPE 14.2 | Die Schülerinnen und Schüler stellen den Dampfkraftprozess als thermodynamischen Kreisprozess grafisch dar, berechnen Zustands- und Prozessgrößen und analysieren Optimierungen in der Prozessführung. |
|-----------------|---|

- | | |
|---|--|
| T-s-Diagramm | Entropiedifferenz s als q/T definieren |
| <ul style="list-style-type: none"> - idealer und realer Dampfkraftprozess - Wärmemengen in Verdampfer, Überhitzer und Kondensator - Nutzarbeit | nichtisentrope Expansion in der Turbine |
| Thermodynamischer Wirkungsgrad | |
| Optimierung | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Zwischenüberhitzung - Wärmeauskopplung | |

| | | |
|---------------|---------------------------|---------------|
| BPE 15 | Umweltbereich Luft | 14 (4) |
|---------------|---------------------------|---------------|

Die Schülerinnen und Schüler benennen Luftverunreinigungen, erklären ihre Herkunft und erläutern ihre Auswirkungen auf die Umwelt. Sie untersuchen individuelle und gesellschaftliche Maßnahmen zur Luftreinhaltung an einem konkreten Beispiel.

| | |
|-----------------|--|
| BPE 15.1 | Die Schülerinnen und Schüler benennen wichtige Luftverunreinigungen und beschreiben ihre Freisetzung und Ausbreitung. |
|-----------------|--|

- | | |
|--|--|
| Luftverunreinigungen | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Schadstoffbegriff - Feinstaub, CO_2, CH_4, NO_x, SO_2 | |

- | | |
|--------------------------------------|---|
| - Quellgruppen | z. B. Verkehr, Energiewirtschaft, natürliche Prozesse |
| Ausbreitung von Luftverunreinigungen | |
| - Einflüsse | z. B. Wind, Schornsteinhöhe |
| - Emission und Immission | |
| - Immissionsgrenzwerte | z. B. BImSchG, TA Luft, Feinstaub, NO _x , Ozon |

BPE 15.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Auswirkungen von Luftverunreinigungen auch unter Verwendung von Reaktionsgleichungen. Sie erläutern die Wirkung auf die belebte und unbelebte Umwelt. Sie beurteilen die Notwendigkeit und die Wirksamkeit individueller und gesellschaftlicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung an einem Beispiel.

Auswirkungen von Luftverunreinigungen

- | | |
|---|---|
| - Treibhauseffekt: u. a. CO ₂ , CH ₄ | |
| - Feinstaubproblematik: PM, Lungengängigkeit | |
| - Wintersmog: Feinstaub, SO ₂ , Inversionswetterlage | |
| - saurer Regen, SO ₂ , NO _x | natürlich, anthropogen |
| - Sommersmog: Ozon in der Troposphäre | |
| - Luftreinhaltung | z. B. Feinstaubproblematik |
| - Einflüsse auf Mensch und Umwelt | z. B. Situationsbeschreibung, Grenzwertüberschreitung |
| - Lösungsansätze | nur individuelle und gesellschaftliche Maßnahmen |

BPE 16 Abgasreinigung 19 (4)

Die Schülerinnen und Schüler erklären den Einfluss der Verbrennungsbedingungen auf die Schadstoffentstehung und führen Berechnungen zum Luftbedarf durch. Sie beschreiben die Funktionsweise der einzelnen Baugruppen der Rauchgasreinigung. Die Schülerinnen und Schüler beurteilen den Zusammenhang zwischen Betriebsbedingungen eines Verbrennungsmotors und der Qualität der Abgasreinigung im Kraftfahrzeug.

BPE 16.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben vereinfacht die Zusammensetzung von Brennstoffen und stellen die Reaktionsgleichungen für deren Verbrennung auf. Sie erklären die Luftverhältniszahl und analysieren den Einfluss der Verbrennungsbedingungen auf die Abgaszusammensetzung.

Grundlagen der Verbrennung

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| - Brennstoffzusammensetzung | z. B. Erdgas, Kohle, Benzin, Diesel |
| - theoretischer Mindestluftbedarf | |

- Luftverhältniszahl
- Einfluss der Verbrennungsbedingungen auf Abgaszusammensetzung: Ruß, CO, NO_x, HC

BPE 16.2 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Rauchgasreinigung im Kohlekraftwerk mithilfe eines Anlagenschemas. Sie erklären die Funktionsweise der Entstaubung durch Elektroabscheider und Gewebefilter. Sie beschreiben die Arbeitsweise von Rauchgasentstickungsanlagen mit und ohne Katalysator und erläutern die Funktionsweise der Rauchgasentschwefelung.

| | |
|---|---------------------------|
| Rauchgasreinigung im Kohlekraftwerk | Verwendung der Reststoffe |
| - Anlagenschema | |
| Rauchgasentstaubung | |
| - Elektroabscheider | |
| - Gewebefilter | |
| - Abscheidegrad | |
| Rauchgasentstickung | |
| - SCR/SNCR-Verfahren | Ammoniakschlupf |
| - Reaktionsgleichung | nur NO |
| - High-Dust-, Low-Dust- und Tail-End-Schaltung beim SCR-Verfahren | |
| - Ammoniakbedarf | |
| Rauchgasentschwefelung | |
| - Reaktionsgleichungen | nur Nassverfahren |

BPE 16.3 Die Schülerinnen und Schüler diskutieren die Notwendigkeit der Abgasreinigung vor dem Hintergrund der Schadwirkung verschiedener Abgasbestandteile. Sie analysieren die Auswirkungen unterschiedlicher Verbrennungsbedingungen auf die Abgaszusammensetzung und leiten daraus jeweils passende Reinigungsstrategien ab. Sie erklären die Funktionsweise des Dreiwege-, des Oxidations- und des SCR-Katalysators auch mithilfe von Reaktionsgleichungen. Sie erklären den Aufbau und die Funktionsweise des Dieselpartikelfilters.

| | |
|---|---|
| Auswirkung der Verbrennungsbedingungen auf die Abgaszusammensetzung | z. B. Druck, Temperatur, Luftüberschuss |
| Abgasreinigung beim Ottomotor | |
| - geregelter Dreiwegekatalysator | |
| Abgasreinigung beim Dieselmotor | |
| - Oxidationskatalysator | |
| - Dieselpartikelfilter | |
| - SCR Katalysator | |

BPE 17 Bewertung von energie- und umwelttechnischen Systemen 25 (4)

Die Schülerinnen und Schüler führen technische Inhalte der vorhergehenden Bildungsplaneinheiten zusammen und bewerten die Auswirkungen dieser Technologien hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und ihres Einflusses auf den Klimawandel. Sie analysieren vertieft mindestens ein ausgewähltes energie- und umwelttechnisches System basierend auf gegebenen Daten.

BPE 17.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben ein ausgewähltes energie- und umwelttechnisches System.

Energie- und umwelttechnische Systeme, z. B.

- Mobilität
- Energieversorgungssysteme: zentral, dezentral, Wärmeenergie, elektrische Energie, Energiespeicherung
- Haus- und Wohnungsbau

BPE 17.2 Die Schülerinnen und Schüler leiten die Dimensionen des Nachhaltigkeitsbegriffs am Beispiel des ausgewählten energie- und umwelttechnischen Systems ab.

Nachhaltigkeitsbegriff

Brundtlanddefinition

- Soziales
- Ökonomie
- Ökologie

BPE 17.3 Die Schülerinnen und Schüler stellen verschiedene Möglichkeiten der Bilanzierung des ausgewählten energie- und umwelttechnischen Systems dar.

Methoden zur Bilanzierung von Stoff- und Energieströmen

Ökobilanz

- Definition der Rahmenbedingungen: Systemgrenzen und Bezugsgrößen

- Treibhausgas-Bilanz

z. B. CO₂, CH₄, N₂O

- Ressourcenbedarf

z. B. Rohstoffe, Fläche, Wasser

Primärenergieeinsatz

Energieamortisation

BPE 17.4 Die Schülerinnen und Schüler analysieren und bewerten die Ergebnisse einer umwelttechnischen Bilanz. Dabei stellen sie Zusammenhänge zu aktuellen Fragestellungen her und beurteilen diese hinsichtlich des Leitbilds der Nachhaltigkeit.

Bewertung von Stoff- und Energieströmen

- Gesamtwirkungsgrad
- Wirkungsketten, -abschätzung

z. B. klimatische Auswirkungen, Klimawandel

- externe Kosten
 - Ökologischer Fußabdruck
 - Ökosystemqualität
- eigenes Verhalten
z. B. Artenvielfalt, Eutrophierung

| | | |
|----------------|-----------------------------------|---------------|
| BPE 18* | Elektrotechnisches Projekt | 10 (5) |
|----------------|-----------------------------------|---------------|

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten selbstständig eine vorgegebene Problemstellung aus den nachfolgenden Themen.

| | |
|-----------------|---|
| BPE 18.1 | Die Schülerinnen und Schüler führen Parametrierungen an einem System der Gebäudeleittechnik durch. |
|-----------------|---|

Gebäudeleittechnik

- Datenaustausch über Bussystem
- Adressierung
- Parametrierung

| | |
|-----------------|---|
| BPE 18.2 | Die Schülerinnen und Schüler führen messtechnische Übungen im Bereich der Wechselstromtechnik durch und werten diese mathematisch aus. |
|-----------------|---|

Wechselstromtechnik

- Zeigerdiagramm
- Komplexe Rechnung
- Kompensation
- Drehstrom

| | |
|-----------------|---|
| BPE 18.3 | Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren eine lichttechnische Anlage. |
|-----------------|---|

Beleuchtungstechnik

- Lichttechnische Größen
- Planung einer Raumbeleuchtung

| | |
|-----------------|---|
| BPE 18.4 | Die Schülerinnen und Schüler entwickeln die Lösung zu einer umwelttechnischen Problemstellung. |
|-----------------|---|

Schuleigenes Projekt

| | | |
|----------------|-----------------------------|---------------|
| BPE 19* | Abfall und Recycling | 10 (5) |
|----------------|-----------------------------|---------------|

Die Schülerinnen und Schüler vergleichen Abfallarten und deren Aufkommen. Sie beurteilen abfallwirtschaftliche Konzepte und bewerten Verfahren der Abfallbehandlung, -verwertung und -vermeidung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten.

BPE 19.1 **Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Begrifflichkeiten der Abfallwirtschaft und erläutern die Stufen der Abfallhierarchie an konkreten Beispielen. Sie diskutieren Möglichkeiten der Abfallvermeidung auf Hersteller- und Verbraucherseite.**

Abfallbegriff

Abfallhierarchie

Hinweis auf gesetzliche Vorschriften

BPE 19.2 **Die Schülerinnen und Schüler untersuchen ein konkretes Beispiel für Recyclingverfahren aus dem Themenfeld Umwelttechnik. Dazu führen sie wenn möglich eine Exkursion zu einem Recyclingbetrieb durch. Sie beurteilen die stofflichen und energetischen Vorteile des Recyclings am konkreten Beispiel.**

Endlichkeit von Ressourcen

z. B. seltene Erden, Lithium

Grundlagen Recyclingverfahren

z. B. PV-Anlagen, Windkraftanlagen, Dämmstoffe

- stoffliche Trennung
- Grundlagen Zerkleinern
- Abläufe beim Recycling

Energetische und stoffliche Betrachtung

- Bilanzierung
- Qualität des Recyclats

Downcycling

BPE 19.3 **Die Schülerinnen und Schüler vergleichen Verfahren zur Abfallbehandlung. Sie analysieren Vor- und Nachteile und beschreiben die Konsequenzen in energetischer und stofflicher Hinsicht.**

Biologische Abfallbehandlung

- Vergärung
- Kompostierung

Energetische Verwertung, Verbrennung

Deponie

BPE 20* **Mobilitätsmanagement** **10 (5)**

Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Ziele einer nachhaltigen Mobilität und begründen die Notwendigkeit von Mobilitätskonzepten. Sie beschreiben und analysieren exemplarisch Mobilitätskonzepte. Sie entwickeln und beurteilen ein Konzept für die Optimierung der nachhaltigen Mobilität in ihrer Umgebung.

BPE 20.1 **Aufbauend auf den Bildungsplaneinheiten 13 und 17 beschreiben die Schülerinnen und Schüler Bedarf, Angebote und Probleme der Mobilität.**

Mobilität

- Bedarf
- Angebot
- Auswirkungen, Probleme

Erreichbarkeit, Verkehrsströme

Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln

CO₂-Ausstoß, Lärm

BPE 20.2 Die Schülerinnen und Schüler diskutieren zum Thema nachhaltige Mobilität und die Hindernisse bei der Umsetzung. Sie erklären existierende nachhaltige Mobilitätskonzepte.

Nachhaltige Mobilität

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Begriffsbestimmung, Ziele | Klimaschutz, Raumplanung |
| - Mobilitätskonzepte | Car-Sharing, Fahrradförderung, Förderprogramme |
| - Hindernisse | |

BPE 20.3 Die Schülerinnen und Schüler organisieren ein schuleigenes Projekt zum Thema nachhaltige Mobilität unter Beachtung regionaler Gegebenheiten.

Schuleigenes Projekt

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| - Regionales Mobilitätsprojekt | z. B. Familie, Dorf, Schule, Stadt |
| - Umsetzungsstrategien | |

BPE 21* Energie aus Biomasse 10 (5)

Die Schülerinnen und Schüler begründen die Verwendung von Biomasse als Energiequelle. Sie beschreiben die Vielfalt biogener Rohstoffe und deren Verarbeitungsmöglichkeiten. Am Beispiel einer Biogasanlage erläutern sie die verschiedenen Aspekte der praktischen Umsetzung bei der Energiegewinnung aus Biomasse und diskutieren regionale Einsatzmöglichkeiten.

BPE 21.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Biomassearten und erklären unterschiedliche Verfahren zur energetischen Nutzung der Biomasse.

Biomasse

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| - Holz, Ackerpflanzen | nachhaltige Landwirtschaft |
| - Rest- und Abfallstoffe | Gülle |

Verarbeitung der Biomasse

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| - Vergärung | Biogas, Bioethanol |
| - thermochemische Verfahren | Vergasung, Verflüssigung |
| - Umesterung von Pflanzenölen | Biodieselherstellung |

BPE 21.2 Die Schülerinnen und Schüler erläutern den Prozess- und Verfahrensablauf einer Biogasanlage. Sie beschreiben die Biogasaufbereitung und Gasverwertung und analysieren die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Betrieb einer Biogasanlage

- | | |
|--|----------------------|
| - Biomasse | Betriebsbesichtigung |
| - biologischer Verfahrensablauf | Auswahlkriterien |
| - Biogasaufbereitung und Gasverwertung | Temperatur, pH-Wert |
| - Wirtschaftlichkeit | |

Operatorenliste

In den Zielformulierungen der Bildungsplaneinheiten werden Operatoren (= handlungsleitende Verben) verwendet. Diese Zielformulierungen (Standards) legen fest, welche Anforderungen die Schülerinnen und Schüler in der Regel erfüllen. Zusammen mit der Zuordnung zu einem der drei Anforderungsbereiche (AFB) dienen Operatoren einer Präzisierung. Dies sichert das Erreichen des vorgesehenen Niveaus und die angemessene Interpretation der Standards.

Anforderungsbereiche

Anforderungsbereich I umfasst die Reproduktion und die Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden, das Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form sowie die Darstellung einfacher Bezüge.

Anforderungsbereich II umfasst die Reorganisation und das Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Anwendung von technischen Kommunikationsformen, die Wiedergabe von Bewertungsansätzen sowie das Herstellen von Bezügen, um technische Problemstellungen entsprechend den allgemeinen Regeln der Technik zu lösen.

Anforderungsbereich III umfasst das problembezogene Anwenden und Übertragen komplexer Sachverhalte und Fachmethoden, die situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen, das Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten.

| Operator | Erläuterung | Zuordnung AFB I-III |
|--------------------------|--|---------------------|
| ableiten | auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen | II |
| abschätzen | eine technische Einrichtung nach den Verfahren der jeweiligen Technikwissenschaft entsprechend der gestellten Anforderung grob dimensionieren ohne genaue Berechnungen durchzuführen | II |
| analysieren, untersuchen | wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten. Untersuchen beinhaltet ggf. zusätzlich praktische Anteile | II, III |
| auswerten | Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen | II |
| begründen | Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen | II |
| berechnen, bestimmen | Ergebnisse von einem bekannten Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen oder grafische Lösungsmethoden gewinnen | I, II |
| beschreiben | Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben | I |

| Operator | Erläuterung | Zuordnung AFB I-III |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| beurteilen | zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen | II, III |
| bewerten, Stellung nehmen | eine eigene Position nach ausgewiesenen Kriterien vertreten | II, III |
| darstellen | Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden usw. strukturiert und ggf. fachsprachlich wiedergeben | I, II |
| dimensionieren | eine technische Einrichtung nach den Verfahren der jeweiligen Technikwissenschaft entsprechend der gestellten Anforderung bestimmen | II, III |
| dokumentieren | entscheidende Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen | III |
| durchführen | eine vorgegebene oder eigene Anleitung (z. B. für ein Experiment oder eine Befragung) umsetzen | II |
| entwickeln, entwerfen | Lösungen für komplexe Probleme erarbeiten | II, III |
| erläutern, erklären | einen technischen Sachverhalt in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen | I, II |
| ermitteln | einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren | II |
| konstruieren | Form und Bau eines technischen Objektes durch Ausarbeitung des Entwurfs, durch technische Berechnungen, Überlegungen usw. maßgebend gestalten | II |
| nennen | Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen | I |
| optimieren | einen gegebenen technischen Sachverhalt oder eine gegebene technische Einrichtung so verändern, dass die geforderten Kriterien unter einem bestimmten Aspekt erfüllt werden | II |
| skizzieren | Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduzieren und diese grafisch oder als Text übersichtlich darstellen | II |
| strukturieren, ordnen | vorliegende Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren | II |
| überprüfen und nachweisen | Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken | II, III |
| übertragen | einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen | II, III |
| vergleichen | Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln | I, II |
| zeichnen | einen technischen Sachverhalt mit zeichnerischen Mitteln unter Einhaltung der genormten Symbole darstellen | I, II |

vgl. Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik der KMK i. d. F. vom 16.11.2006