

Niveaubestimmende Aufgaben – Ingenieurwissenschaften – Schuljahrgang 13:

## Ein Unternehmen erweitern, den Maschinenpark modernisieren und Produktionskapazitäten erhöhen – und das nachhaltig?

### 1. Einordnung in den Fachlehrplan

**Kompetenzschwerpunkt: Soziotechnische Systeme entwickeln Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung umsetzen**

zu entwickelnde bzw. zu überprüfende Kompetenzen:

#### *Analysekompetenz*

ingenieurwissenschaftliches Handeln am Beispiel ausgewählter Systeme in den Phasen ihrer Planung und Entwicklung, Produktion, Verteilung, Nutzung und Entsorgung oder Recycling analysieren

- Internet of Things (IOT) als zukünftiges soziotechnisches System charakterisieren
- Methoden der Technikbewertung auf ausgewählte soziotechnische Systeme der Ingenieurwissenschaften anwenden

#### *Entwicklungs- und Gestaltungskompetenz*

- ausgewählte interdisziplinäre Aufgabenstellungen der ingenieurwissenschaftlichen Domänen mittels Systemlösung unter Berücksichtigung betrieblicher und gesellschaftlicher Anforderungen entwickeln
- Modelle für die künftige Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Systeme unter dem Aspekt ihrer sozialen, ökonomischen und ökologischen Wechselbeziehungen gegenüberstellen

#### *Bewertungskompetenz*

- Kriterien für die Bewertung von soziotechnischen Systemen auf ausgewählte Anwendungsfälle transferieren
- technische Systeme hinsichtlich Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Gesundheit bzw. Umwelt- und Gesellschaftsqualität beurteilen und Vorschläge zur qualitativen Weiterentwicklung erörtern
- Stärken und Schwächen der gewählten technischen Lösungen beurteilen und bewerten

Bezug zu grundlegenden Wissensbeständen:

- Projektmanagement, z. B. Netzplantechnik: Vorgangsknoten, Vorgangspfeilnetz
- Fertigungsorganisation
- Wärmeschutz: Dämmstoffe,

- Feuchteschutz: Dampfdiffusion, Tauwasser, Taupunkt, Glaserdiagramme
- Abdichtungen: Einwirkungen von Wasser, erdberührte Bauteile
- Technikbewertung (VDI-Richtlinie)
- Arbeitssystem nach REFA
- nachhaltige technische Systeme
- regenerative Energien, Energiespeicherung, Lithiumakkumulator

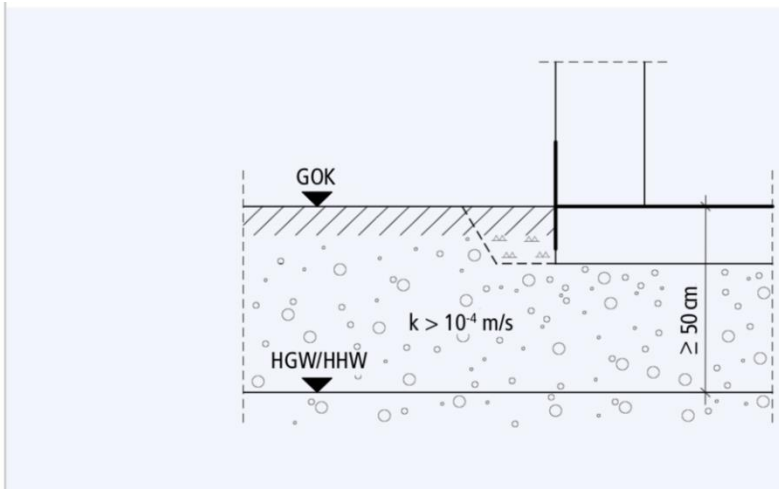
## 2. Anregungen und Hinweise zum unterrichtlichen Einsatz

- Einsatz in der Erarbeitungs- oder Kontrollphase; einige Teilaufgaben sind explizit zur (selbstständigen) Kompetenzentwicklung konzipiert,
- Arbeitszeit ca. 30 Unterrichtsstunden
- Verkürzung durch Verzicht auf einzelne Teilaufgaben ist möglich
- Fachübergreifend können Wissensbestände des Faches Informatik (Tabellenkalkulation und Präsentationssoftware) und als Basis genutzt werden.
- fachübergreifende Aspekte:
  - Wirtschaftslehre: Aspekte der Nachhaltigkeit
  - Chemie: galvanisches Element, Primärelement, Sekundärelement, Elektrolyse
- Möglichkeit der Binnendifferenzierung
  - Material kann dem Internet entnommen (Schüler suchen selbstständig) oder kann als Ausdruck übergeben werden
  - komplexe Aufgaben können mit Zwischenschritten untersetzt werden
  - Aufgaben b), e), f), g) bis k), sowie o) bis q) können zum Lernen auf Distanz verwendet werden

## 3. Lösungserwartungen

Aufgabe	Erwartungshorizont	
a)	Die Schülerinnen und Schüler leiten aus der allgemeinen Notwendigkeit des Feuchtigkeitsschutzes konkrete Auswirkungen auf das Projekt ab.	
	Allgemeine Kriterien der Notwendigkeit	Auswirkungen Projekt (Beispiele)
	Negative Einflüsse von Wasser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• chemische Kriterien</li> <li>• physikalische Kriterien:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungsmittel für Schadstoffe</li> <li>• Vermittler in chemischen Reaktionen</li> <li>• Korrosion an Anlagen</li> <li>• Transportmittel für Schadstoffe</li> <li>• Kapillarität in porösen Stoffen</li> <li>• Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit in Außenbauteilen</li> </ul>

Quelle: Bildungsserver Sachsen-Anhalt (<http://www.bildung-isa.de>) | Lizenz: Creative Commons (CC BY-SA 3.0)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>biologische Kriterien:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nährboden für Schimmel, Bakterien, Pilze</li> <li>Beeinträchtigung von Raumklima, Behaglichkeit, Gesundheit</li> </ul>																												
	<p>Folgen mangelnder Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>unzureichender Bautenschutz</li> <li>höhere Baukosten</li> <li>mangelnde Bauhygiene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schäden an Bausubstanz und Technik im Gebäude</li> <li>Reparaturen, Instandsetzung, Sanierung, Instandhaltungskosten</li> <li>sinkender Immobilienwert</li> <li>höhere Heizkosten</li> <li>Unbehaglichkeit</li> <li>Krankheitserreger</li> <li>Staub- und Schmutzbefall an Technik</li> </ul>																												
b)	<p>Die Schülerinnen und Schüler entnehmen der Broschüre für das Projekt zutreffende technische Vorschriften, erläutern diese ggf. auch zeichnerisch.</p> <table border="1" data-bbox="357 801 1385 1014"> <thead> <tr> <th>Wassereintrittsklasse</th> <th>Art der Wassereintritt</th> <th>Bemessungswasserstand (HGW bzw. HHW) / Hydrostatischer Druck</th> <th>Einbindetiefe</th> <th>Wasserdurchlässigkeitswert des Baugrunds</th> <th>Dränung nach DIN 4095</th> <th>Abb.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="7">W1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser</td> </tr> <tr> <td colspan="7">W1.1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden</td> </tr> <tr> <td>W1.1-E, Situation 1 Bodenfeuchte bei Bodenplatten</td> <td>Bodenfeuchte</td> <td>Unterkante Abdichtungsebene <math>\geq</math> 50 cm oberhalb HGW/HHW</td> <td>keine Anforderung</td> <td><math>k &gt; 10^{-4}</math> m/s</td> <td>nein</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Wassereintrittsklasse W1-E Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser</b> Die Mindestwassereintritt auf ein erdberührtes Bauwerk ist Bodenfeuchte und liegt vor bei stark durchlässigem Boden. Bei wenig durchlässigem Boden kann durch Dränung die gleiche Wassereintrittsklasse erreicht werden. Dementsprechend wird unterschieden zwischen W1.1-E und W1.2-E. W1.1-E liegt vor, wenn Niederschlags- bzw. Oberflächenwasser durch stark durchlässigen Boden (<math>k &gt; 10^{-4}</math> m/s) bis mindestens 50 cm unterhalb der Abdichtungsebene versickert und auch nicht vorübergehend aufstauen kann (mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes).</p>		Wassereintrittsklasse	Art der Wassereintritt	Bemessungswasserstand (HGW bzw. HHW) / Hydrostatischer Druck	Einbindetiefe	Wasserdurchlässigkeitswert des Baugrunds	Dränung nach DIN 4095	Abb.	W1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser							W1.1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden							W1.1-E, Situation 1 Bodenfeuchte bei Bodenplatten	Bodenfeuchte	Unterkante Abdichtungsebene $\geq$ 50 cm oberhalb HGW/HHW	keine Anforderung	$k > 10^{-4}$ m/s	nein	1
Wassereintrittsklasse	Art der Wassereintritt	Bemessungswasserstand (HGW bzw. HHW) / Hydrostatischer Druck	Einbindetiefe	Wasserdurchlässigkeitswert des Baugrunds	Dränung nach DIN 4095	Abb.																								
W1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser																														
W1.1-E – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden																														
W1.1-E, Situation 1 Bodenfeuchte bei Bodenplatten	Bodenfeuchte	Unterkante Abdichtungsebene $\geq$ 50 cm oberhalb HGW/HHW	keine Anforderung	$k > 10^{-4}$ m/s	nein	1																								
	 <p>Abbildung 1: W1.1-E, Situation 1: Bodenfeuchte bei Bodenplatten und stark durchlässigem Boden</p>																													
c)	<p>Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Infrarotthermografie und das Differenzdruckverfahren.</p>																													

**Infrarotthermografie: - wärmetechnische Bauwerksanalyse -**

**Wesen:** Von einem Gegenstand ausgehende Strahlung im nicht sichtbaren Infrarot-Wellenbereich wird in elektrische Signale umgewandelt. Grau- und Farbtöne können bestimmten Oberflächentemperaturen zugeordnet werden:

**Einflüsse:**

- Sonneneinstrahlung
- Temperatur der Außenluft und Innentemperatur des Gebäudes
- Wärmekapazität
- Wärmeübergangswiderstände innen/außen
- Wärmedurchlasswiderstände der Materialien
- Reflexion

**Bedingungen:**

- günstige Wetterverhältnisse
- Durchführung am besten im Winter
- Bauteile vor der Messung nicht von Sonne bestrahlt (Untersuchung meist nachts bei Dunkelheit)

**Leistungen:**

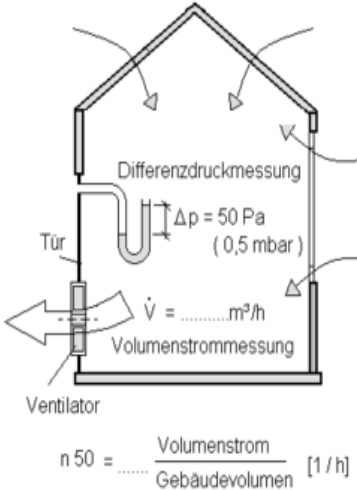
- qualitative Analyse: = Mängel an Außenbauteilen aufzeigen
- wärmetechnische Beurteilung: = zeigt auf, ob wirtschaftlich beheizt wird, Wertung von Wärmeschutz und Wärmeverlusten
- quantitative Analyse: = zeigt, wie hoch die tatsächlichen Wärmeverluste sind und gibt Hinweise, was dagegen zu tun ist

**Differenzdruckverfahren (Blower Door Test)****Wesen:**

Das Blower-Door-Verfahren ist das zugelassene Verfahren, um die Luftdichtheit des Gebäudes quantitativ bewerten zu können. Dabei wird im gesamten Gebäude (oder in Teilen davon) durch ein Gebläse ein Differenzdruck nach außen aufgebaut und die dabei auftretenden Volumenströme der Luft gemessen. Hierbei können Dichtheitswerte des Gebäudes berechnet werden. Darüber hinaus ist es möglich, Leckagen (schon in der Bauphase) zu lokalisieren und mit entsprechendem Material zu beseitigen.

**Einsatzgebiete:**

- Überprüfen der Gebäudedichtheit von Neu- und Bestandsbauten nach EnEV und nach DIN 4108 Teil 7
- Aufspüren und Analyse von Schwachstellen in der Luftdichtheitsschicht
- Begutachtung von Bauschäden durch konvektive Wärmebrücken, dadurch auch Lokalisierung von Feuchteindrang)
- Sicherstellung der Qualität der ausgeführten Arbeiten an der luftdichten Ebene (Protokoll und Zertifikat)

	<p><b>Messprinzip:</b></p>  <p><math>n_{50} = \frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Gebäudevolumen}} \quad [1/h]</math></p>	<p><b>Ermitteln der Luftwechselrate (n50-Wert)</b></p> <p>Der Ventilator wird mittels eines verstellbaren Metallrahmens, der von einer luftundurchlässigen Plane umgeben ist, in eine Tür- oder Fensteröffnung eingesetzt. Dabei drückt sich der Rahmen über Gummidichtungen im Tür- oder Fensterrahmen fest. Durch die Messung in einer Tür kam der Name <b>Blower-Door-Test</b> (deutsch: Gebläse-Tür-Messung) zustande. Da es oft sehr wichtig ist, auch die meist großen Haustüren mit zu messen, kann für den Einbau des Blower Door- Gerätes auch z. B. eine Balkontür verwendet werden. Ein n50-Wert = 2,5 h<sup>-1</sup> bedeutet zum Beispiel, dass die Luft in dem Gebäude bei einer Druckdifferenz von 50 Pa in einer Stunde 2,5-mal durch Luftundichtheiten ausgetauscht wird.</p>								
	<p><b>Normwerte/charakteristische Werte zur Beurteilung:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>1 bis 2 h<sup>-1</sup> bei Niedrigenergiehäusern</td> <td>1,5 h<sup>-1</sup> Wohngebäude mit Lüftungsanlage</td> </tr> <tr> <td>4 bis 12 h<sup>-1</sup> bei undichten Altbauten</td> <td>3,0 h<sup>-1</sup> Wohngebäude</td> </tr> <tr> <td>3 bis 7 h<sup>-1</sup> bei Neubauten ohne besondere Sorgfalt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,1 bis 0,6 h<sup>-1</sup> bei Passivhäusern</td> <td></td> </tr> </table> <p>In Passivhäusern ist die Luftdichtheit besonders wichtig, daher ist dort ein Grenzwert von 0,6 h<sup>-1</sup> vorgegeben</p>		1 bis 2 h <sup>-1</sup> bei Niedrigenergiehäusern	1,5 h <sup>-1</sup> Wohngebäude mit Lüftungsanlage	4 bis 12 h <sup>-1</sup> bei undichten Altbauten	3,0 h <sup>-1</sup> Wohngebäude	3 bis 7 h <sup>-1</sup> bei Neubauten ohne besondere Sorgfalt		0,1 bis 0,6 h <sup>-1</sup> bei Passivhäusern	
1 bis 2 h <sup>-1</sup> bei Niedrigenergiehäusern	1,5 h <sup>-1</sup> Wohngebäude mit Lüftungsanlage									
4 bis 12 h <sup>-1</sup> bei undichten Altbauten	3,0 h <sup>-1</sup> Wohngebäude									
3 bis 7 h <sup>-1</sup> bei Neubauten ohne besondere Sorgfalt										
0,1 bis 0,6 h <sup>-1</sup> bei Passivhäusern										
d)	<p>Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten praktische Lösungen für das Projekt und erläutern diese.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Außendämmung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bauphysikalisch wirkungsvoll und meist unproblematisch: Wärmedämmung + Wärmespeichervermögen bilden eine Einheit aus <i>winterlicher Wärmedämmung und sommerlichem Wärmeschutz</i></li> <li>- aber: im Gebäudebestand nur begrenzt praktikabel: ca. 30...40% des Bestandes</li> </ul> <p><b>Ursachen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Denkmal-, Milieu-, Ensembleschutz</li> <li>- Erhalt der Fassadenoptik</li> <li>- Teilsanierung einzelner Wohnungen</li> <li>- Mangelnder Zugang über angrenzende Bebauung</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausführungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- WDVS</li> <li>- hinterlüftete, gedämmte vorgehängte Fassade</li> <li>- Zweischalige gedämmte Wand</li> <li>- Dämmputz</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• <b>Innendämmung (raumseitig, „warme“ Seite):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trockenbaukonstruktionen z.B. Vorsatzschale auf Profilen mit gedämmtem Zwischenraum, Gipskartonverbundelemente als „Trockenputz“</li> <li>- „Thermopanzer“ = vorgemauerte Wände aus PB + MW, gefüllten Steinen</li> <li>- kapillaraktive Innendämmungen</li> </ul> </li> </ul>									

	<p>Der Außendämmung <b>ist der Vorrang zu geben:</b> (Dämmstoff auf der <i>kalten Seite</i> – Dampfsperre auf der <i>warmen Seite</i> der Konstruktion), d.h., nur, wenn AD nicht möglich – Wahl der ID als Ausnahme, z. B. bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhalt der Außenfassade/Außenansicht, wie z.B. Fachwerk</li> <li>- Teilsanierung / Kosten</li> <li>- Dachgeschossausbau</li> <li>- Betreten des Nachbargrundstücks nicht möglich</li> <li>- technische Probleme in der Befestigungstechnik</li> </ul> <p><b>Begründung: = bauphysikalische Probleme bei der Innendämmung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmebrücken sind in Kauf zu nehmen (einbindende Wände, Deckenaufleger, Fensteranschlüsse usw.)</li> <li>- kritische Taupunktverschiebung – Gefahr von schädlicher Tauwasserbildung (Tauwassernachweis nach Glaser, Anordnung von Dampfbremsen mit erheblichem Gefahrenpotenzial in mangelnder Funktion bei unsachgemäßer Ausführung!)</li> <li>- nur kurzzeitiges Aufheizen + schnelles Wiederabkühlen der Räume wegen geringer Wärmespeicherfähigkeit der Konstruktion</li> <li>- Platzverlust im Innenraum</li> </ul>
e)	Die Schülerinnen und Schüler wählen aus der Onlinebroschüre einige Kriterien aus (Zielstellung kann vorher festgelegt werden, dann erfolgt eine zielgerichtete Kriterienwahl) und erarbeiten auf Basis der ausgewählten Kriterien Vorschläge zur Verbesserung der Nachhaltigkeit. (Freie Auswahl der Umsetzung nach Onlinebroschüre 2)
f)	Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten die Präsentation als Zusammenfassung der erarbeiteten Lösungen (Ausführung des Feuchtigkeitsschutzes: Aufbereiten Teil C der Onlinebroschüre 1)
g)	<p>Die Schülerinnen und Schüler stellen Vor- und Nachteile der Werkstatt-, Reihen- und Fließbandfertigung gegenüber und erläutern Anwendungsmöglichkeiten.</p> <p><b>Reihenfertigung:</b> Anordnung der Betriebsmittel nach Fertigungsablauf; ohne Zeitzwang oder mit Zeitzwang=<b>Fließbandfertigung</b>. Vorteile: kurze Durchlaufzeiten, geringe Wartezeiten, geringer Transportaufwand, Nachteile: einseitige Arbeit, schlechte Umstellung auf andere Produktarten, schwierige Marktanpassung</p> <p><b>Werkstattfertigung:</b> Betriebsmittel mit gleichartiger Funktion in einer Werkstatt zusammengefasst; Vorteile: flexibel, Universalmaschinen, abwechslungsreiche Arbeit, Störungen leichter beheben; Nachteil: erhöhter Transportaufwand, lange Wartezeiten, hohe Lagerkosten, hohe Lohnkosten</p> <p>Fließbandfertigung: Reihenfertigung mit Zeitzwang; Vorteil: Durchlaufzeitenverringering, Transportkostensenkung; Nachteile: störungsanfällig, große Auswirkungen von Störungen, unflexibel</p>
h)	<p>Die Schülerinnen und Schüler wenden die Bewertungskriterien der VDI-Richtlinie an und beurteilen die Werkstatt- und die Fließfertigung.</p> <p>Begriff: soziotechnisches System; Betrachtungskriterien nach VDI Richtlinie 3780: Technikbewertung: Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Sicherheit, Gesundheit, Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität</p>
i)	<p>IoT: Oberbegriff: vernetzt nicht nur klassische Geräte wie Smartphones und Laptops miteinander, sondern alle möglichen Maschinen, Fahrzeuge, Geräte <b>auch</b> im Homebereich (Kühlschrank, Staubsauger, Rasenroboter). Diese sind mit Sensoren ausgestattet und lassen sich digital im Netzwerk erfassen. IoT stellt den Zustand der Dinge fest. Dazu werden physikalische Größen wie Geokoordinaten, Beschleunigung, Erschütterung, Temperatur und Helligkeit... ermittelt.</p> <p>IIoT: IIoT (Industrial Internet of things) bezieht sich auf IoT-Anwendungen im industriellen Bereich. Fokus: Sensoren auslesen und Maschinen/Geräte steuern, die auf Cloud-Technologien basieren. Besondere Anwendung: Machine-to-Machine-Anwendungen (M2M; drahtlose Kommunikation zwischen Maschinen zur Steuerung von Prozessen). Zudem gewinnen personalisierte Dienstleistungen und Waren immer mehr an Bedeutung.</p>

	<p>Nutzen: Fernbedienung von Maschinen und Geräten, intelligente Fertigung, vorausschauende Wartung, dadurch Effizienzsteigerung und Kostensenkung u.a. auch durch Reduzierung des Überwachungspersonals; neue Umsatzchancen durch personalisierte Produkte, gesteigerte Mitarbeiterproduktivität durch Wearables (Exoskelett)</p> <p>Potential: aus smart home entwickelt sich smart city, intelligente Logistik, anfallende Daten werden genutzt, um Muster zu erkennen und Schlussfolgerungen zu ziehen und Handlungsempfehlungen zu geben (KI)</p> <p>Gefahr: Maschinen entscheiden über Handlungen, menschliche Arbeit beschränkt sich auf Wartung und Dienstleitung für die Maschinen, Industriespionage,</p>																																																																																																																																																																																								
j)	Ergonomische, (z. Bsp. Berücksichtigung der Arbeitshaltung, der Körpergröße), arbeitsorganisatorische (z. Bsp. Schichtarbeit, Vorgabezeiten) und sicherheitsrelevante Aspekte (z. Bsp. Schutzeinrichtungen, Schutzausrüstungen) bei der Gestaltung des Arbeitssystems																																																																																																																																																																																								
k)	Linienysteme, Spartenorganisation, Gruppenarbeit																																																																																																																																																																																								
l)	<p>Fristenplan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vorgang \ Tag</th> <th>Tag1</th> <th>Tag2</th> <th>Tag3</th> <th>Tag4</th> <th>Tag5</th> <th>Tag6</th> <th>Tag7</th> <th>Tag8</th> <th>Tag9</th> <th>Tag10</th> <th>Tag11</th> <th>Tag12</th> <th>Tag13</th> <th>Tag14</th> <th>Tag15</th> <th>Tag16</th> <th>Tag17</th> <th>Tag18</th> <th>Tag19</th> <th>Tag20</th> <th>Tag21</th> <th>Tag22</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>■</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td>■</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> </tr> </tbody> </table>	Vorgang \ Tag	Tag1	Tag2	Tag3	Tag4	Tag5	Tag6	Tag7	Tag8	Tag9	Tag10	Tag11	Tag12	Tag13	Tag14	Tag15	Tag16	Tag17	Tag18	Tag19	Tag20	Tag21	Tag22	A	■	■																					B			■	■	■	■	■																C									■	■	■	■	■	■	■	■	■						D																							E																		■	■	■	■		F																			■	■			G																						■
Vorgang \ Tag	Tag1	Tag2	Tag3	Tag4	Tag5	Tag6	Tag7	Tag8	Tag9	Tag10	Tag11	Tag12	Tag13	Tag14	Tag15	Tag16	Tag17	Tag18	Tag19	Tag20	Tag21	Tag22																																																																																																																																																																			
A	■	■																																																																																																																																																																																							
B			■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																		
C									■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																								
D																																																																																																																																																																																									
E																		■	■	■	■																																																																																																																																																																				
F																			■	■																																																																																																																																																																					
G																						■																																																																																																																																																																			
	<p>Netzplan</p> <p><b>Berechnungen</b></p> <p>FAZ = Höchster FEZ-Wert der Vorgänger  FEZ = FAZ + D  SEZ = Niedrigster SAZ-Wert der Nachfolger  SAZ = SEZ - D  GP = SEZ - FEZ  FP = Niedrigster FAZ der Nachfolger - FEZ</p>																																																																																																																																																																																								
	<p>Digitales Zeitplanungsmodell</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vorgangsnummer</th> <th>Vorgangsbezeichnung</th> <th>Dauer</th> <th>Anfang</th> <th>Ende</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Planung</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Konstruktion</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>C</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>D</td> <td>5</td> <td>7</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>E</td> <td>4</td> <td>17</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>F</td> <td>2</td> <td>17</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>G</td> <td>1</td> <td>21</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>	Vorgangsnummer	Vorgangsbezeichnung	Dauer	Anfang	Ende	1	Planung	2	0	2	2	Konstruktion	5	2	7	3	C	10	7	17	4	D	5	7	12	5	E	4	17	21	6	F	2	17	19	7	G	1	21	22																																																																																																																																																
Vorgangsnummer	Vorgangsbezeichnung	Dauer	Anfang	Ende																																																																																																																																																																																					
1	Planung	2	0	2																																																																																																																																																																																					
2	Konstruktion	5	2	7																																																																																																																																																																																					
3	C	10	7	17																																																																																																																																																																																					
4	D	5	7	12																																																																																																																																																																																					
5	E	4	17	21																																																																																																																																																																																					
6	F	2	17	19																																																																																																																																																																																					
7	G	1	21	22																																																																																																																																																																																					

m)	<p>Eine Solaranlage zur Netzeinspeisung liefert die elektrische Energie ohne Beeinflussung durch den Erzeuger in das öffentliche Stromnetz. Die Abnahme muss durch den Betreiber des Energienetzes geregelt werden, um die Abnahme zu gewährleisten, jedoch das Netz dabei zu überlasten oder einen Mangel an Energie zuzulassen.</p> <p>Bei einer Solaranlage zur Eigenversorgung wird die gewonnene elektrische Energie durch den Erzeuger direkt verbraucht. Sie wird nicht in das öffentliche Netz eingespeist. Dabei ist zu beachten, dass Großverbraucher, z.B. Waschmaschinen, Geschirrspüler, in den Zeiten mit hoher Sonneneinstrahlung eingeschaltet werden sollten, welches durch ein Energiemanagement des bzw. jeweiligen Verbraucher geregelt werden sollte. Alle anderen Verbraucher, z.B. Beleuchtung, Telekommunikationseinrichtungen, müssen über Akkumulatoren und ggf. erforderliche Wechselrichter ständig mit elektrischer Energie versorgt werden. Nach der Anzahl und der Leistungsaufnahme der ständigen Verbraucher richtet sich u.a. die Speicherkapazität des benötigten Akkumulators.</p>
n)	<p>Die Berechnung möglicherweise bereitgestellter Energiemenge ergibt sich aus der Größe eines Solarmodules, der Spitzenleistung der Solarmodule und der durchschnittlichen Sonnenscheindauer im Sommer bzw. Winter.</p> <p>Angenommen werden folgende Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Größe eines Solarmodules: 1,2 m x 0,54 m</li> <li>- Halterung je Solarmodul: 0,05 m zusätzlich zur Breite eines Modules</li> <li>- Spitzenleistung eines Solarmodules: 100 W</li> <li>- angenommene Sonnenscheindauer (Achtung: diese ist unterschiedlich in einzelnen Regionen):       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Im Winter: 2 Stunden</li> <li>b. Im Sommer: 6 Stunden</li> </ol> </li> </ul> <p>Auf der Breite des Daches (12m) können 10 Module gesetzt werden.</p> $\frac{12m}{\frac{1,2m}{\text{Modul}}} = 10 \text{ Module}$ <p>Auf der Länge des Daches (24m) können maximal 40 Module gesetzt werden.</p> $\frac{24m}{\left(\frac{0,54m}{\text{Modul}} + \frac{0,05m}{\text{Modul}}\right)} = 40 \text{ Module}$ <p>Auf der möglichen Dachfläche (Breite 12m, Länge 24m) können somit maximal 400 Solarmodule gesetzt werden.</p> $10 \text{ Module} \times 40 \text{ Module} = 400 \text{ Module}$ <p>Die maximal möglicherweise bereitgestellten Energiemenge sind 40.000 kW.</p> $400 \text{ Module} \times 100 \text{ W} \frac{\text{Spitzenleistung}}{\text{Modul}} = 40000 \text{ W}$ <p>Multipliziert mit der angenommenen Sonnenscheindauer ergeben sich im Winter 80 kWh und im Sommer 240 kWh.</p> $40000 \text{ W} \times 2h = 80000 \text{ Wh} = 80 \text{ kWh}$ $40000 \text{ W} \times 6h = 240000 \text{ Wh} = 240 \text{ kWh}$
o)	<p>Da die Leistung von 50 kW des Fahrzeugantriebes i.d.R. nur beim Anfahren des Fahrzeuges und somit nur in geschätzt ca. 10 Prozent der Betriebsdauer benötigt wird, wird im Fahrzeug vermutlich ein Akkumulator mit einer Kapazität von 50 kWh ausreichend sein.</p> <p>Daraus ergibt sich folgendes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Winter können ca. zwei Fahrzeuge vollständig geladen werden.</li> <li>- Im Sommer können ca. fünf Fahrzeuge vollständig geladen werden.</li> </ul> <p>(Der Wirkungsgrad der Ladeeinrichtung und des Ladevorganges wurde nicht berücksichtigt.)</p>



p)	<p>Da im Winter 2 Fahrzeuge vollständig geladen werden können und somit jeweils ca. 60 km mit der gespeicherten Energie zurücklegen können, werden 12,6 kg Co<sub>2</sub> eingespart.</p> $2 \text{ Fahrzeuge} \times 60 \text{ km} \times 105 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Fahrzeug km}} = 12600 \text{ g CO}_2 = 12,6 \text{ kg CO}_2$ <p>Da im Sommer 5 Fahrzeuge vollständig geladen werden können und somit jeweils ca. 60 km mit der gespeicherten Energie zurücklegen können, werden 31,5 kg Co<sub>2</sub> eingespart.</p> $5 \text{ Fahrzeuge} \times 60 \text{ km} \times 105 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Fahrzeug km}} = 31500 \text{ g CO}_2 = 31,5 \text{ kg CO}_2$ <p>(CO<sub>2</sub> – Werte bei Produktion und Recycling der Anlagen werden bei dieser Rechnung nicht berücksichtigt.) (Diese Aufgabe ist als Zusatzaufgabe für Schüler mit überdurchschnittlichem Niveau gedacht.)</p>																																								
q)	<p>Die Schülerinnen und Schüler stellen die Energiespeicher gegenüber und entscheiden unter Nutzung der technischen und ökonomischen Parameter:</p> <table border="1" data-bbox="354 779 1388 2047"> <thead> <tr> <th colspan="5">Preis je kWh und Lebensdauer sowie 1kW Leistungsabgabe</th> </tr> <tr> <th>Kriterium</th> <th>Lithion-Ionen-Akku</th> <th>Bleiakku</th> <th>Brennstoffzelle 1 kW Mini BHKW</th> <th>Redox-Flow-Akku</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grundpreis mit Schutzschaltung</td> <td>723 €</td> <td>957 €</td> <td>ca. 11000 €</td> <td>keine Angabe</td> </tr> <tr> <td>Ladezyklen</td> <td>1500</td> <td>500</td> <td>keine Einschränkungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewicht</td> <td>12 kg</td> <td>29 kg</td> <td></td> <td>sehr hoch</td> </tr> <tr> <td>Technik verfügbar</td> <td>sofort einsetzbar</td> <td>sofort einsetzbar</td> <td>muss Konfiguriert werden, Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Wasserstoff muss entworfen und gebaut werden</td> <td>noch im Forschungsstadium</td> </tr> <tr> <td>Recycling</td> <td>Zur Zeit sehr schwierige Materialtrennung, mehr als 90% der Inhaltsstoffe können recycelt werden, Verfahren jedoch sehr gefährlich, kostenaufwändig und nicht weit verbreitet</td> <td>fast vollständiges Recycling möglich, Recycling ausgereift und weit verbreitet</td> <td></td> <td>fast vollständiger Recycling möglich</td> </tr> <tr> <td>Werkstoffe</td> <td>Lithium endlich, Bergbaufolgen</td> <td></td> <td>Wasserstoff selbst erzeugen: enorm energieaufwändig, hohe Sicherheitsanforderungen, Wasserstoff jedoch nahezu unendlich verfügbar</td> <td>Vanadium seltenes Schwermetall, enorme Preisschwankungen</td> </tr> </tbody> </table>	Preis je kWh und Lebensdauer sowie 1kW Leistungsabgabe					Kriterium	Lithion-Ionen-Akku	Bleiakku	Brennstoffzelle 1 kW Mini BHKW	Redox-Flow-Akku	Grundpreis mit Schutzschaltung	723 €	957 €	ca. 11000 €	keine Angabe	Ladezyklen	1500	500	keine Einschränkungen		Gewicht	12 kg	29 kg		sehr hoch	Technik verfügbar	sofort einsetzbar	sofort einsetzbar	muss Konfiguriert werden, Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Wasserstoff muss entworfen und gebaut werden	noch im Forschungsstadium	Recycling	Zur Zeit sehr schwierige Materialtrennung, mehr als 90% der Inhaltsstoffe können recycelt werden, Verfahren jedoch sehr gefährlich, kostenaufwändig und nicht weit verbreitet	fast vollständiges Recycling möglich, Recycling ausgereift und weit verbreitet		fast vollständiger Recycling möglich	Werkstoffe	Lithium endlich, Bergbaufolgen		Wasserstoff selbst erzeugen: enorm energieaufwändig, hohe Sicherheitsanforderungen, Wasserstoff jedoch nahezu unendlich verfügbar	Vanadium seltenes Schwermetall, enorme Preisschwankungen
Preis je kWh und Lebensdauer sowie 1kW Leistungsabgabe																																									
Kriterium	Lithion-Ionen-Akku	Bleiakku	Brennstoffzelle 1 kW Mini BHKW	Redox-Flow-Akku																																					
Grundpreis mit Schutzschaltung	723 €	957 €	ca. 11000 €	keine Angabe																																					
Ladezyklen	1500	500	keine Einschränkungen																																						
Gewicht	12 kg	29 kg		sehr hoch																																					
Technik verfügbar	sofort einsetzbar	sofort einsetzbar	muss Konfiguriert werden, Anlage zur Gewinnung und Speicherung von Wasserstoff muss entworfen und gebaut werden	noch im Forschungsstadium																																					
Recycling	Zur Zeit sehr schwierige Materialtrennung, mehr als 90% der Inhaltsstoffe können recycelt werden, Verfahren jedoch sehr gefährlich, kostenaufwändig und nicht weit verbreitet	fast vollständiges Recycling möglich, Recycling ausgereift und weit verbreitet		fast vollständiger Recycling möglich																																					
Werkstoffe	Lithium endlich, Bergbaufolgen		Wasserstoff selbst erzeugen: enorm energieaufwändig, hohe Sicherheitsanforderungen, Wasserstoff jedoch nahezu unendlich verfügbar	Vanadium seltenes Schwermetall, enorme Preisschwankungen																																					

	<p>Aufgrund des Preisverfalls von Lithium-Ionen-Akkus und deren langer Lebensdauer ist ein Lithium-Ionen-Akku betriebswirtschaftlich sinnvoll. Um eine zwar schon verfügbare Brennstoffzelle zu nutzen fallen enorme Investitionskosten an, die sich betriebswirtschaftlich nicht amortisieren. Redox-Flow-Akkumulatoren befinden sich noch im Forschungsstadium.</p> <p>Nach Anwendung ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte beurteilen sie die Auswahl erneut. Ergebnis: Lithium-Ionen-Akkus sind ökologisch bedenklich. Blei-Akkus können gut recycelt werden und gelten als die derzeit nachhaltigsten sofort einsetzbaren und handelsüblichen Akkus. Unter rein ökologischen Aspekt ist die Brennstoffzelle mit eigener Wasserstoffsynthese zu nennen. Nachhaltigkeitsbetrachtungen beziehen aber auch ökonomische Aspekte mit ein. Daher ist diese Technologie für unseren Anwendungsfall nicht sinnvoll. Die Redox-Flow-Technologie könnte sich mittelfristig für stationäre Lösungen durchsetzen, da neben einer guten Recyclingfähigkeit die Investitionskosten überschaubar bleiben.</p> <p>Insgesamt betrachtet bietet sich für das Unternehmen eine Strategie an: Für die Erstinvestition könnten ein Lithium-Ionen-Akku die Energiespeicherung vorerst übernehmen. Am Ende von deren Lebensdauer kann die Redox-Flow-Technologie soweit ausgereift sein, dass Vanadium als Material entweder ersetzt wurde oder neue Abbaumöglichkeiten gefunden wurden. Ab 2026 rechnet die Industrie mit einer breiteren Verfügbarkeit von Redox-Flow-Akkus, so dass diese dann für die abgeschrieben Lithium-Ionen-Akkus eine Alternative wären.</p>
r)	<p>(Quelle: Eigene Darstellung)</p>
s)	<p>Ein Ladungsausgleich zwischen einzelnen Zellen kann durch passives oder aktives Balancieren erfolgen.</p> <p>a) <u>Passives Balancieren</u>: Der Ladestrom wird um eine bereits vollgeladene Zelle herumgeleitet und dadurch die anderen Zellen vollständig geladen. Gleichzeitig wird überschüssige Ladungsmenge zum Schutz der Zellen durch einen Widerstand in Wärme umgewandelt. Sie ist die einfachere Schaltung mit etwas geringerem Wirkungsgrad.</p> <p>b) <u>Aktives Balancieren</u>: Die höhere Ladungsmenge einzelner Zellen wird durch elektronische Schaltungen auf die anderen Zellen mit niedrigerer Ladungsmenge übertragen. Sie ist die aufwändigere Schaltung mit einem höheren Wirkungsgrad</p>

#### 4. Weiterführende Hinweise/Links

Onlinebroschüre 1: [https://deutsche-bauchemie.de/uploads/tx\\_ttproducts/datasheet/DBC\\_221-RL-D-2019\\_aktualisiert\\_03-2020\\_03.pdf](https://deutsche-bauchemie.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DBC_221-RL-D-2019_aktualisiert_03-2020_03.pdf)

Onlinebroschüre 2: [https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/veroeffentlichungen/bnb\\_2020-barrierefrei.pdf](https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/veroeffentlichungen/bnb_2020-barrierefrei.pdf)

#### 5. Quellenverzeichnis

Seite	Name der Quelle	Ursprung (Link oder Werk)
1	Abb. 1: Bürogebäude mit Werkhalle	<a href="https://projekte.baudokumentation.ch/burogebaude-mit-werkhalle">https://projekte.baudokumentation.ch/burogebaude-mit-werkhalle</a>
3	Abb. 2: Technische Daten eines Photovoltaikmoduls	eigene Darstellung
4	Abb. 3: Bauteile einer Solaranlage	eigene Darstellung
4	Abb. 4: Ladungsausgleich an einem Lithium-Ionen-Akkumulator	eigene Darstellung
5	Onlinebroschüre 1	<a href="https://deutsche-bauchemie.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DBC_221-RL-D-2019_aktualisiert_03-2020_03.pdf">https://deutsche-bauchemie.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DBC_221-RL-D-2019_aktualisiert_03-2020_03.pdf</a>
5	Onlinebroschüre 2	<a href="https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/veroeffentlichungen/bnb_2020-barrierefrei.pdf">https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/veroeffentlichungen/bnb_2020-barrierefrei.pdf</a> . Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat