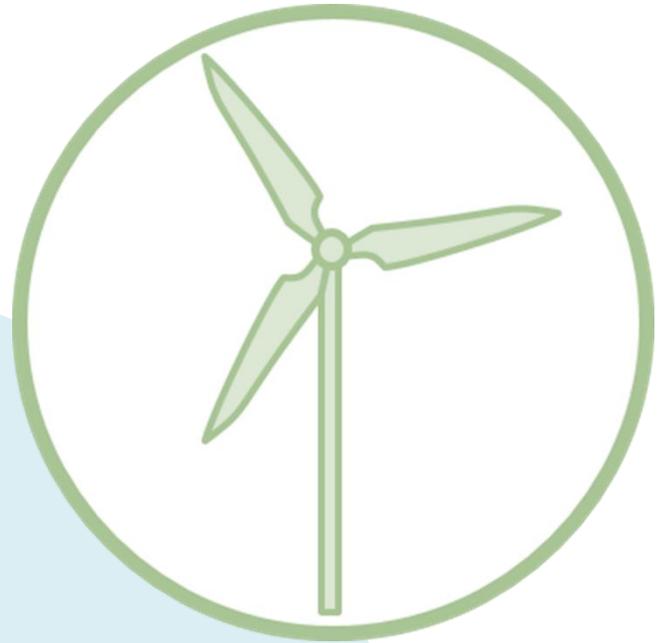


Universität Stuttgart

Institut für Erziehungswissenschaft



Lehr- und Lernmaterialien für  
Naturwissenschaft und Technik (NwT)

Laura Eisenhardt

**„Econeuingen“  
Ein Planspiel zur Standortanalyse  
verschiedener, erneuerbarer  
Stromversorgungssysteme**

Stuttgart, September 2020



# Redaktionelle Bearbeitung

**Autor/-in**

Laura Eisenhardt

Laura Eisenhardt ist Masterstudentin im Studiengang Lehramt NwT in Kombination mit dem Fach Biologie an der Universität Stuttgart.

Die Schülerinnen und Schüler lernen im Zuge eines Planspiels drei verschiedene Möglichkeiten der Nutzbarmachung von regenerativen Energien kennen: Windkraftanlage, Photovoltaik und Bioreaktor mit Brennstoffzelle. Dabei steht der praktische Zugang durch technische Experimente im Vordergrund. Anschließend lernen die Schülerinnen und Schüler durch eine Standortanalyse, verschiedene Eignungsfaktoren eines Standortes im Hinblick auf Stromversorgungssysteme zu analysieren und energietechnische Systeme zur Bereitstellung von elektrischer Energie begründet auszuwählen. Dabei erkennen sie, welche Aspekte - unter anderem naturräumliche Gegebenheiten, politische Rahmenbedingungen und ökonomische Vorgaben - bei einer solchen Entscheidung berücksichtigt werden müssen.

## **Vorkenntnisse:**

- Messungen mit dem Multimeter (Stromstärke, Spannung)
- Grundlagen elektronischer Schaltungen
- Grundbegriffe der Energie (Energie, Leistung)
- Grundlagen zu erneuerbaren Energien und Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Energie (Windkraft, Photovoltaik, Brennstoffzelle) wünschenswert, aber kein Muss.

Die Informationen, welche in diesem Skript zusammengetragen wurden, sind sorgfältig erarbeitet worden. Jedoch können wir Fehler nicht komplett ausschließen. Wir als Autoren und Herausgeber übernehmen keine juristische Haftung und Verantwortung für eventuelle Fehler und deren Folgen. Die Bildrechte liegen bei den Autoren, außer bei den Abbildungen, bei denen die Originalquellen vermerkt sind.

# Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. Bernd Zinn und Mira Latzel

Druck und Vertrieb:

**MINT Teacher Lab**

Universität Stuttgart

Institut für Erziehungswissenschaft

Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Azenbergstraße 12

70174 Stuttgart

Internetseite: <https://www.ife.uni-stuttgart.de/bpt/Mint-Teacher-Lab/>

E-Mail: [mtl@ife.uni-stuttgart.de](mailto:mtl@ife.uni-stuttgart.de)

Urheberrecht:

Die Inhalte dieses Heftes dürfen nicht vervielfältigt werden. Jede mechanisch oder technisch mögliche Reproduktion oder Vervielfältigung ist allein mit der Genehmigung des Herausgebers möglich.

## Förderhinweis:

Die Lehr- und Lernmaterialien wurden im Rahmen des Projekts *Lehrerbildung PLUS* im Projektseminar „Lehr- und Lernprozesse im natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht“ im Modul „Vertiefung der Fachdidaktik NwT“ ausgearbeitet. Das MINT Teacher Lab wird im Rahmen des Projekts *MINT Teacher Lab an der Professional School of Education Stuttgart-Ludwigsburg* von der Vector Stiftung finanziell unterstützt.

**Lehrerbildung**  
PLUS



Gefördert vom



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Gefördert von

**VECTOR**   
STIFTUNG



# Inhaltsverzeichnis

<b>Redaktionelle Bearbeitung</b> .....	<b>2</b>
<b>Impressum</b> .....	<b>3</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Abgleich Bildungsplan 2016</b> .....	<b>7</b>
Mittelstufe .....	7
Inhaltsbezogene Kompetenzen .....	7
1.1 Denk- und Arbeitsweisen in Naturwissenschaft und Technik: Systeme und Prozesse .....	7
1.2 Energie und Mobilität .....	8
1.3 Stoffe und Produkte .....	10
1.3.1. Eigenschaften von Stoffen .....	10
1.3.3. Produktentwicklung .....	10
1.3.4. Stoffströme und Verfahren .....	11
1.4 Informationsaufnahme und –verarbeitung .....	11
1.4.2. Gewinnung und Auswertung von Daten .....	11
Prozessbezogene Kompetenzen .....	13
1.5 Erkenntnisgewinnung und Forschen .....	13
1.6 Entwicklung und Konstruktion .....	14
1.7 Kommunikation und Organisation .....	14
1.8 Bedeutung und Bewertung .....	15
1.9 Leitperspektiven .....	16
<b>2. Formeln und Einheiten</b> .....	<b>17</b>
2.1 Größen und ihre Einheiten .....	17
<b>3. Einführung</b> .....	<b>18</b>
3.1 Bedeutung des Themas .....	18
3.2 Fachwissenschaftlicher Hintergrund .....	19
3.2.1 Erneuerbare Energien .....	19
3.2.2 Die Zukunft der Energieversorgung .....	25
3.2.3 Standortanalyse .....	28
<b>4 Verlaufsplan</b> .....	<b>29</b>

<b>5. Arbeitsblätter und Materialien .....</b>	<b>32</b>
5.1 Arbeitsblätter .....	32
5.2 Materialliste .....	60
<b>6 Lösungen zu den Arbeitsblättern .....</b>	<b>62</b>
6.1 Lösung Windkraft .....	62
6.2 Lösung Photovoltaik .....	63
6.3 Lösung Bioreaktor .....	64
6.4 Lösungsvorschläge Standortanalyse .....	64
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>72</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>73</b>

# 1. Abgleich Bildungsplan 2016

In diesem Kapitel wird der Bezug der Lehr- und Lernmaterialien zu den aktuellen Bildungsplänen für die Mittel- und Oberstufe im gymnasialen Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) des Bundeslands Baden-Württemberg aufgeführt. Die Inhalte der Lehr- und Lernmaterialien wurden dafür mit den in den Bildungsplänen der Mittel- und der Kursstufe aufgelisteten prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen abgeglichen. Bei den Kompetenzen ist jeweils markiert (farblich hinterlegt), welche Themen in dieser Unterrichtseinheit behandelt werden. Bei der Kennzeichnung handelt es sich nur um eine Orientierungshilfe. Je nach Klasse bzw. Klassenstufe müssen Lerninhalte gegebenenfalls intensiver oder weniger intensiv unterrichtet werden.

## Mittelstufe

### Inhaltsbezogene Kompetenzen

#### 1.1 Denk- und Arbeitsweisen in Naturwissenschaft und Technik:

##### Systeme und Prozesse

- 1) Systeme analysieren und durch Systemgrenzen und Teilsysteme beschreiben (zum Beispiel Lebewesen, Maschinen, Sonnensystem)
- 2) Energie-, Stoff- und Informationsströme zwischen Teilsystemen erklären (zum Beispiel Treibhauseffekt, Stoffwechsel, GPS)
- 3) Wechselwirkungen (positive und negative Rückkopplung) zwischen Teilsystemen beschreiben (zum Beispiel Atemfrequenzanpassung, chemisches Gleichgewicht, Drehzahlregelung, Klimawandel)
- 4) Veränderungen in Systemen als Prozesse beschreiben (Prozessschritt, Teilprozess, Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip)
- 5) Teilsysteme durch ihre äußeren Funktionen beschreiben (Black-Box-Denken; zum Beispiel Sinneszelle, Batterie)

## 1.2 Energie und Mobilität

### 1.2.1 Energie in Natur und Technik

- 1) Die Bedeutung der Sonne für das Leben auf der Erde erläutern (zum Beispiel Photosynthese, Windsysteme, Schiefe der Ekliptik)
- 2) die Begriffe Energiespeicher und Energieübertragung erläutern (zum Beispiel Körpertemperatur von Tieren, elektrochemischer Energiespeicher, Gebäudeheizung, Atmosphäre)
- 3) Energieübertragungsketten in Systemen grafisch darstellen und erklären (zum Beispiel Lebewesen, Maschinen)
- 4) Energiedichten oder Speicherkapazitäten vergleichen (zum Beispiel Brennwert, latente Wärme)
- 5) Energieumsätze abschätzen, berechnen und vergleichen
- 6) aus individuellen oder regionalen Energieumsätzen eigenes und gesellschaftliches Handeln ableiten
- 7) Wirkungsgrade und Leistungen berechnen und vergleichen (Wirkungsgrad in Energieübertragungsketten)

### 1.2.2 Energieversorgungssysteme

- 1) Grundbegriffe der Energieversorgung beschreiben (zum Beispiel fossile und regenerative Energieträger, Grund- und Spitzenlast)
- 2) verschiedene Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Energie beschreiben (Photovoltaik, Solarthermie, Windenergie, thermische Kraftwerke; höchster theoretischer Wirkungsgrad, zum Beispiel Carnotwirkungsgrad oder Betz'sche Leistungsentnahme)
- 3) Möglichkeiten der Energieversorgung hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Kriterien vergleichen und bewerten

- 4) ein Funktionsmodell eines energietechnischen Systems entwickeln, konstruieren, fertigen und die Energieumsetzung quantitativ auswerten (zum Beispiel Windkraftanlage, Photovoltaik, Anlage mit Brennstoffzelle, elektrochemischer Energiespeicher)
- 5) Eignungsfaktoren eines Standorts für ein Energieversorgungssystem analysieren (zum Beispiel naturräumliche, technische, gesellschaftliche, ökologische, wirtschaftliche Faktoren)

### 1.2.3 Bewegung und Fortbewegung

- 1) Bewegungen in Natur und Technik vergleichen (zum Beispiel aktive und passive Bewegungen)
- 2) Antriebsmöglichkeiten für Bewegungsabläufe beschreiben (zum Beispiel Muskel, Elektromotor)
- 3) Rückstoß, Auftrieb oder Reibung als Ursache für die Fortbewegung in Natur und Technik beschreiben (zum Beispiel Rakete, Heißluftballon)
- 4) Hebelwirkung, Drehmomente und Drehzahlen bestimmen (zum Beispiel Zusammenwirken von Muskulatur-Knochen-Gelenk, Motor-Welle-Lager)
- 5) Systeme zur Wandlung von Dreh- und Längsbewegungen erläutern
- 6) Übersetzungen dimensionieren und Getriebe konstruieren (Drehrichtung, Drehzahl, Drehmoment)
- 7) ein Objekt mit Antrieb entwickeln, konstruieren, fertigen und optimieren

## **1.3 Stoffe und Produkte**

### 1.3.1. Eigenschaften von Stoffen

- 1) Eigenschaften von Stoffen bestimmen (zum Beispiel Löslichkeit, Leitfähigkeit, Brennbarkeit, Zugfestigkeit, Härte, Wasserspeicherfähigkeit)
- 2) die Eignung von Stoffen für einen bestimmten Zweck erläutern
- 3) Stoffeigenschaften mit einfachen Modellen auf Teilchen- oder mikroskopischer Ebene erläutern

### 1.3.2. Statische Prinzipien in Natur und Technik

- 1) den statischen Aufbau von natürlichen und technischen Systemen analysieren (geometrische Konstruktion, Stabilität des Dreiecks, Profile)
- 2) Zug- und Druckkräfte zweidimensional geometrisch oder rechnerisch bestimmen (zum Beispiel Brücke, Kran, Körperbau)

### 1.3.3. Produktentwicklung

- 1) ein Produkt mit definierter Funktion und bestimmter Eigenschaft entwickeln, konstruieren und normorientiert darstellen (zum Beispiel Windkraftanlage, Messgerät, Maschine)
- 2) Analogien zwischen technischen Produkten und natürlichen Systemen erläutern (zum Beispiel Lotuseffekt, Wärmedämmung, Stabilität von Konstruktionen)
- 3) Roh- und Werkstoffe ressourcenschonend auswählen und nutzen (Verschnitt, Ökobilanz)
- 4) mit Werkzeugen und Maschinen ein Produkt fertigen (Verfahren zum Trennen, Fügen, Umformen, zum Beispiel computergestützte Fertigung)
- 5) Funktion und Eigenschaften eines Produkts bewerten und Optimierungsansätze entwickeln

#### 1.3.4. Stoffströme und Verfahren

- 1) natürliche und technische Stoffströme und Stoffkreisläufe erläutern (zum Beispiel Kalk-, Wasserkreislauf, atmosphärische Zyklen, Entstehung chemischer Elemente)
- 2) einen verfahrenstechnischen Herstellungsprozess und die darin enthaltenen Grundoperationen erläutern (chemische, thermische oder biochemische Verfahren)
- 3) in einem chemisch-technischen Verfahren ein Produkt realisieren und den Herstellungsprozess oder das Produkt optimieren (zum Beispiel Sonnencreme, Bioethanol, Zuckerherstellung, Produkt aus Gummi)

### **1.4 Informationsaufnahme und –verarbeitung**

#### 1.4.1. Informationsaufnahme durch Sinne und Sensoren

- 1) Die Verwendungsmöglichkeiten von Sensoren beschreiben (zum Beispiel Blutdruckmessgerät, Hygrometer, Anemometer)
- 2) Bau und Funktionsweise eines Sinnesorgans mit einem entsprechenden technischen Sensor vergleichen (zum Beispiel Auge mit Digitalkamera, Ohr mit Mikrofon)
- 3) die Gefährdung von Auge oder Ohr durch Überlastung beschreiben und persönliches Handeln von gesundheitlichen Grenzwerten ableiten
- 4) die Gesetzmäßigkeit zwischen subjektivem Erleben und Intensität des physikalischen Reizes erläutern (zum Beispiel Lichtintensität, Lautstärke, Schwereempfinden)
- 5) die Erweiterung menschlicher Sinnesleistungen durch Sensoren erläutern (zum Beispiel IR-Sensor, Hörgerät, Wärmebildkamera, Barometer)

#### 1.4.2. Gewinnung und Auswertung von Daten

- 1) Bedingungen für zuverlässige Messungen erläutern und Messverfahren optimieren (systematische und zufällige Messfehler, Standardabweichungen, Randbedingungen oder Einflussgrößen, Kontrollmessungen oder Reproduzierbarkeit)
- 2) an einem ausgewählten Beispiel direkte und indirekte Messverfahren vergleichen
- 3) Messdaten mithilfe von Software auswerten und darstellen (Standardabweichungen, Tabellenkalkulation)

- 4) ein optisches oder akustisches Spektrum darstellen und auswerten (zum Beispiel Sonnenspektrum, Leuchtmittel aus dem Haushalt, Ton und Klang)
- 5) raumbezogene Daten darstellen und nutzen (zum Beispiel thematische Karten zur Sonneneinstrahlung oder Windstärke, Wetterkarten, Geoinformationssysteme)
- 6) Verfahren zur räumlichen Orientierung beschreiben (zum Beispiel astronomische Orientierung, satellitengestützt Navigation)

#### 1.4.3. Informationsverarbeitung

- 1) Beispiele der analogen oder digitalen Informationscodierung aus Natur und Technik beschreiben (zum Beispiel digitale Dateiformate, maschinenlesbare Codesysteme, DNA)
- 2) die Funktionsweise gesteuerter oder geregelter Systeme analysieren und dazu Energie-, Stoff- und Informationsströme untersuchen (zum Beispiel effiziente Energienutzung, Entwicklung eines Objekts mit Antrieb, Herstellung eines Produkts in einem chemisch-technischen Verfahren, physiologischer Regelkreis)
- 3) das Prinzip der Steuerung darstellen und erklären (zum Beispiel Robotik)
- 4) das Prinzip der Regelung auch unter Verwendung der Begriffe Sollwert, Istwert, Regelgröße und Störgröße darstellen und an Beispielen aus der Natur und der Technik erklären (zum Beispiel Körpertemperatur des Menschen, chemisches Gleichgewicht, Klimawandel: Mittlere Oberflächentemperatur der Erde, Oberflächentemperatur von Himmelskörpern)
- 5) Elemente einer Programmiersprache beschreiben (zum Beispiel Bedingung, Verzweigung, Schleife, Zähler, Zeitglied, Unterprogramm, Programmbausteine)
- 6) Algorithmen für zeit- und sensorgesteuerte Prozesse in einer Programmiersprache darstellen und damit Steuerungsabläufe realisieren (zum Beispiel Ampelsteuerung, Robotik)
- 7) Algorithmen für zeit- und sensorgesteuerte Prozesse entwickeln, beschreiben und darstellen
- 8) Chancen und Risiken der Informationstechnik für Individuum und Gesellschaft erläutern (zum Beispiel Simulation, Datenschutz, Internet of Things, Geoinformationssysteme, autonomes Fahren)

#### 1.4.4. Elektronische Schaltungen

- 1) die Funktion von Bauteilen elektrischer oder elektronischer Schaltungen beschreiben (Schalter, Widerstand, Leuchtdiode, Transistor)
- 2) Schaltungen entwickeln, Bauteile dimensionieren und auswählen (Schaltplan, Datenblatt, Vorwiderstand, Spannungsteiler)
- 3) elektrische oder elektronische Schaltpläne analysieren und in einfachen Fällen entwickeln
- 4) elektrische oder elektronische Schaltungen realisieren und ihre Funktionsfähigkeit untersuchen

### **Prozessbezogene Kompetenzen**

#### **1.5 Erkenntnisgewinnung und Forschen**

##### **recherchieren**

- 1) Informationsquellen gezielt nutzen und deren Aussagekraft und Zuverlässigkeit bewerten
- 2) Bestimmungshilfen, Datenblätter, thematische Karten und Tabellen nutzen
- 3) Informationen systematisieren, zusammenfassen und darstellen

##### **experimentieren**

- 4) Experimente entwickeln, planen, durchführen, auswerten und bewerten
- 5) Messdaten mathematisch auswerten, beschreiben und interpretieren
- 6) große Datenmengen auch computergestützt erfassen, verarbeiten und visualisieren
- 7) Messverfahren oder -instrumente begründet auswählen und anpassen

##### **Modelle nutzen**

- 8) Modelle zur Beschreibung und Erklärung von Sachverhalten nutzen
- 9) zu naturwissenschaftlichen und technischen Vorgängen Modelle entwickeln
- 10) Grenzen von Modellen erkennen

##### **vernetzt forschen**

- 11) aus Problemstellungen Recherche- und Forschungsfragen ableiten
- 12) Hypothesen entwickeln und in Untersuchungen überprüfen
- 13) Lösungsansätze für naturwissenschaftliche beziehungsweise technische Problemstellungen entwickeln

- 14) naturwissenschaftliche und technische Zusammenhänge mathematisch beschreiben und nutzen
- 15) computergestützte Simulationen zur Erkenntnisgewinnung nutzen

## 1.6 Entwicklung und Konstruktion

### planen

- 1) typische Problemlösungen und Lösungsmethoden aus verschiedenen Technikbereichen beschreiben
- 2) ein Problem analysieren und auf lösbare Teilprobleme zurückführen
- 3) die Lösung eines technischen Problems durch Auswählen, Anpassen, Dimensionieren und Kombinieren von Teillösungen entwickeln, darstellen und bewerten

### realisieren

- 4) Schwierigkeiten bei der Planung und Herstellung eines Produkts überwinden (Durchhaltevermögen und Beharrlichkeit)
- 5) Werkstoffe fachgerecht bearbeiten
- 6) Werkzeuge und Maschinen fachgerecht auswählen und verwenden

### optimieren

- 7) die Funktionsweise technischer Systeme analysieren
- 8) technische Optimierungsansätze entwickeln
- 9) ein selbst konstruiertes Produkt optimieren

## 1.7 Kommunikation und Organisation

### Fachsprache nutzen

- 1) Fachbegriffe der Naturwissenschaften und der Technik verstehen und nutzen sowie Alltagsbegriffe in Fachsprache übertragen
- 2) gleich lautende Fachbegriffe verschiedener naturwissenschaftlicher oder technischer Disziplinen gegeneinander abgrenzen
- 3) Sachverhalte auf das Wesentliche reduziert darstellen
- 4) zeichnerische, symbolische und normorientierte Darstellungen analysieren, nutzen und erstellen
- 5) verschiedene Darstellungsweisen zur Erstellung von Dokumentationen geeignet kombinieren

### **projektartig arbeiten**

- 6) ein Vorhaben strukturieren, planen und durchführen
- 7) einen Projektverlauf dokumentieren, Projektzwischenstände beschreiben und auf Planabweichungen nachsteuernd reagieren
- 8) das abgeschlossene Projekt reflektieren und Optimierungsansätze entwickeln

### **kooperieren**

- 9) beim Arbeiten im Team Verantwortung übernehmen
- 10) typische Phasen der Arbeit in Gruppen erkennen und für den Arbeitsprozess nutzen

## **1.8 Bedeutung und Bewertung**

### **interdisziplinär denken**

- 1) Lösungsansätze für fachübergreifende Problemstellungen entwickeln
- 2) das Zusammenwirken naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Innovationen erläutern
- 3) den Zusammenhang zwischen Bedürfnissen des Menschen und naturwissenschaftlichen und technischen Entwicklungen erläutern
- 4) naturwissenschaftlich - technische Problemstellungen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher und ökologischer Wechselwirkungen analysieren
- 5) die Folgen der Wechselwirkungen eines technischen Systems mit Gesellschaft und Umwelt an einfachen Beispielen abschätzen und bewerten

### **Nutzen und Risiken abschätzen und bewerten**

- 6) Material und Energie verantwortungsbewusst verwenden
- 7) Qualität von Untersuchungsergebnissen und Produkten begründet einschätzen
- 8) Risiken beim praktischen Arbeiten erkennen und durch Sicherheitsvorkehrungen Gefährdungen vermeiden

### **Arbeits- und Berufsfelder beschreiben**

- 9) Arbeitsfelder regionaler Firmen in Forschung, Entwicklung und Produktion erkunden und Berufe und Ausbildungsgänge zu Arbeitsgebieten der angewandten Naturwissenschaften und der Technik beschreiben
- 10) ausgewählte aktuelle Forschungsziele und Entwicklungen beschreiben und deren Bedeutung für die Gesellschaft erläutern

## 1.9 Leitperspektiven

- Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)
- Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt (BTV)
- Prävention und Gesundheitsförderung (PG)
- Berufliche Orientierung (BO)
- Medienbildung (MB)
- Verbraucherbildung (VB)

## 2. Formeln und Einheiten

### 2.1 Größen und ihre Einheiten

Tabelle 1: Größen und ihre Einheiten

Physikalische Größe	Symbol	Einheit	Zusammenhänge / Formeln
(elektrische) Spannung	U	Volt [V]	Potentialdifferenz  $U = R \cdot I$
(elektrische) Stromstärke	I	Ampere [A]	Ladungsmenge pro Zeiteinheit  $I = U/R$
(elektrischer, ohmscher) Widerstand	R	Ohm [ $\Omega$ ]	$R = U / I$
Energie	E	Joule [J]	
Leistung	P	Watt [W]	Energieumsatz pro Zeitspanne  $P = U \cdot I$ $1W = 1 J / s$

Tabelle 2: Ausgewählte Präfixe

Vorsatz	Vorsatz- zeichen	Zehner- potenz	Vorsatz	Vorsatz- zeichen	Zehner- potenz
Kilo	k	$10^3$	Zenti	c	$10^{-2}$
Mega	M	$10^6$	Milli	m	$10^{-3}$
Giga	G	$10^9$	Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Tera	T	$10^{12}$			

## 3. Einführung

### 3.1 Bedeutung des Themas

Die Energiewende ist ein hochaktuelles aber auch umstrittenes Thema. Zentral für deren Umsetzung ist der Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Energieversorgung in Deutschland soll klimaverträglicher werden und uns gleichzeitig unabhängiger vom Import von Energieträgern machen. Nicht zuletzt durch die "Fridays for future"-Bewegung ist das Thema "Erneuerbare Energien" stark in der Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler vertreten. Die Notwendigkeit der Umstellung auf regenerative Energiesysteme im Hinblick auf die Zukunft der Menschheit, zum einen wegen des Klimawandels, zum anderen aufgrund der endlichen Vorräte an fossilen Energieträgern, wird von den meisten Schülerinnen und Schülern gesehen und als wichtig erachtet. Doch die Energiewende birgt auch einige Herausforderungen, gesellschaftliche, soziologische und politische. Im vorliegenden Unterrichtsverlauf soll durch eine Standortanalyse auf einige dieser Herausforderungen aufmerksam gemacht werden. Die Schülerinnen und Schüler wiederholen bzw. lernen verschiedene Technologien der Nutzbarmachung von erneuerbaren Energien und können diese beschreiben (Windkraft, Photovoltaik, Biomasse mit Brennstoffzelle). Sie können die Stromstärke und die Spannung messen und daraus die Leistung berechnen und so quantitativ den Energieumsatz eines energetischen Systems auswerten. Das Augenmerk soll jedoch auf die Standortanalyse gelegt werden. Die Schülerinnen und Schüler können Eignungsfaktoren eines Standortes analysieren und energietechnische Systeme zur Bereitstellung von elektrischer Energie begründet auswählen. Dabei erkennen sie, welche Faktoren berücksichtigt werden müssen, wie natürliche Gegebenheiten, politische Rahmenbedingungen und ökonomische Aspekte.

## 3.2 Fachwissenschaftlicher Hintergrund

### 3.2.1 Erneuerbare Energien

#### Strommix in Deutschland

Der Begriff Strommix beschreibt die Zusammensetzung des in Deutschland erzeugten Stroms in Bezug zu den Energiequellen. Laut Daten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie betrug der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch 2019 46 %, der der konventionellen 54 %<sup>1</sup>. Dabei steigt der Anteil der regenerativen Stromquellen seit Jahren kontinuierlich an. Im Vergleich zu 2018 stieg er beispielsweise um 13 %. In Abbildung 1 ist der Netto-Strommix Deutschlands für 2019 zu finden.

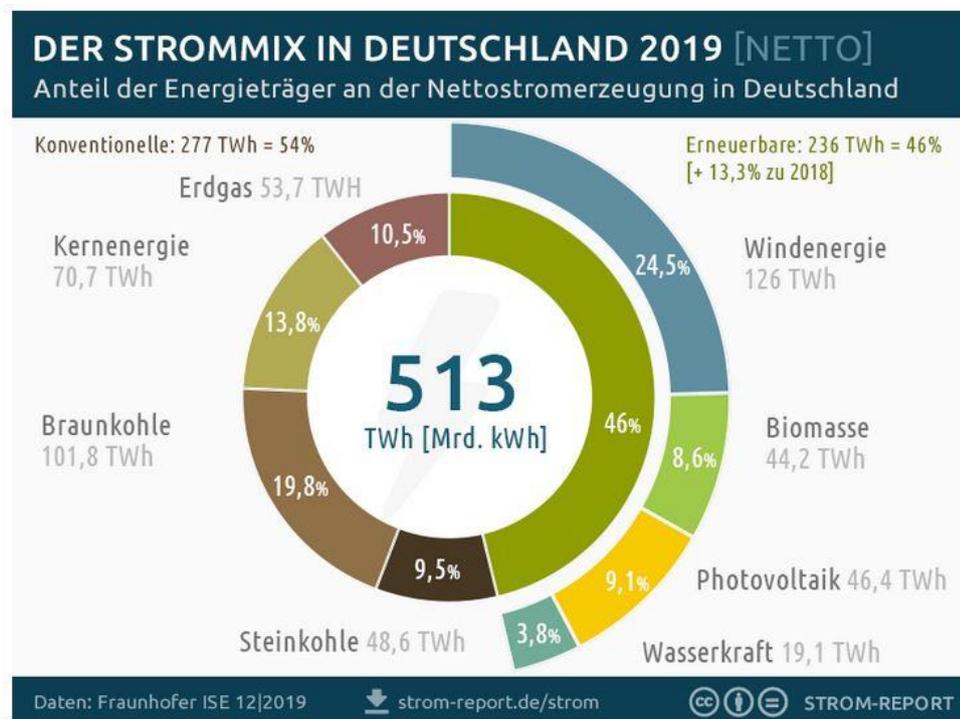


Abbildung 1: Netto-Strommix Deutschlands im Jahr 2019.

Quelle: <https://strom-report.de/strom/#strommix-2019-deutschland>

<sup>1</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>



### Fachwissenschaftliches Zusatzwissen

Was ist der Unterschied zwischen Brutto- und Nettostromerzeugung?

Die Bruttostromerzeugung umfasst die gesamte, in Deutschland erzeugte Strommenge. Von dieser wird der Eigenbedarf der Kraftwerke für die Stromproduktion abgezogen, um die Nettostrommenge zu erhalten. Diese entspricht dem tatsächlich aus der Steckdose kommenden Strommix. Der Eigenbedarf eines Kohlekraftwerks liegt beispielsweise zwischen 7 und 8 %.

Eine weitere Betrachtungsebene die für das Gelingen der Energiewende herangezogen werden kann, ist die Frage, wo der Strom verbraucht wird. In Abbildung 2 ist der Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen aufgeschlüsselt. Hier wird schnell deutlich, dass der größte Hebel zur Energieeinsparung zum einen die Industrie, aber auch die privaten Haushalte sind. Der Verbraucher kann also mit der Wahl seines Stromanbieters, der seinen spezifischen Energiemix ausweisen muss, Einfluss auf den Verlauf der Energiewende nehmen.

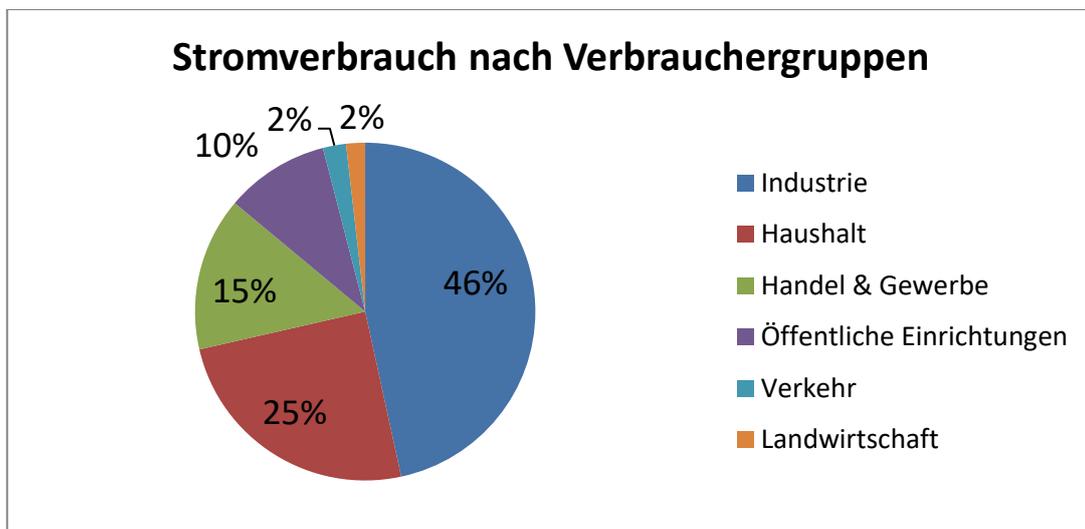


Abbildung 2: Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen in Deutschland

## Windkraft

Die Windkraft wird schon seit hunderten von Jahren vom Menschen genutzt. Doch erst in jüngerer Zeit kann sie durch neue Innovationen zur Bereitstellung von Strom genutzt werden. Die Windenergie spielt gegenwärtig die tragende Rolle beim Ausbau der erneuerbaren Energien. So betrug die installierte Leistung der Windenergieanlagen im Jahr 2018 an Land (Onshore) 52,5 Gigawatt und auf See (Offshore) 6,4 Gigawatt. Diese Anlagen erzeugten 2018 insgesamt rund 100 Terawattstunden (90,5 TWh an Land, 19,5 TWh auf See). Bis zum Jahr 2030 soll nach den Plänen der Bundesregierung eine Leistung von 15 GW Offshore-Windenergie am Netz sein<sup>2</sup>.

Windenergieanlagen nutzen die durch unterschiedliche Luftdruckverhältnisse in der Nähe der Erdoberfläche entstehende Bewegungsenergie des Windes. Dabei nutzen moderne Anlagen nicht wie früher das Widerstandsprinzip, sondern das Auftriebsprinzip. Die Flügel der Windenergieanlagen sind so geformt, dass der Wind an ihnen beim Vorbeiströmen einen Auftrieb erzeugt und der Flügel so in Rotation versetzt wird. Aus der (linearen) Bewegungsenergie des Windes wird also zunächst Rotationsenergie. Über eine Welle und ein Getriebe wird diese Rotationsenergie auf einen Generator übertragen, der durch Induktion mechanische in elektrische Energie wandelt.

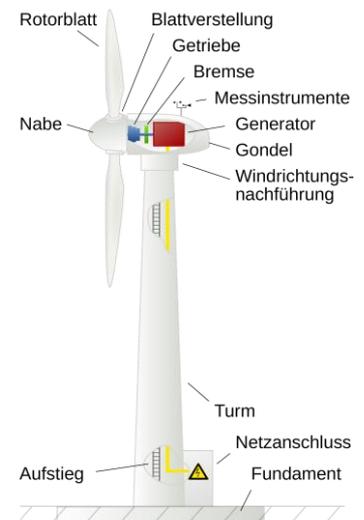


Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer Windenergieanlage

Arne Nordmann ([norro](#)), [Windkraftanlage](#), [CC BY-SA 3.0](#)

In Abbildung 3 findet sich der schematische Aufbau einer Windenergieanlage.



### Fachwissenschaftliches Zusatzwissen

Die bestimmenden Größen für den Energieertrag sind zum einen die Windgeschwindigkeit, welche in großen Höhen höher als in der Nähe des Erdbodens ist und zwar aufgrund der Windverwirbelungen durch z.B. Bäume. Der Ertrag einer Anlage kann in bestimmtem Rahmen durch höhere Türme gesteigert werden. Auch Offshore-Anlagen haben einen besseren Ertrag, da die Verwirbelungen durch die relativ glatte See geringer ist, als an Land. Zum anderen bestimmt die Rotorfläche wie viel kinetische Energie dem Wind entzogen werden kann.

Moderne Anlagen sorgen durch verschiedene verbaute Technik dafür, einen optimalen Betrieb zu erreichen. So sind viele Anlagen in der Lage, die Gondel nach der Windrichtung

<sup>2</sup> <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Windenergie-an-Land/windenergie-an-land.html>

auszurichten. Sensoren erkennen außerdem, ob die minimal nötige Geschwindigkeit für einen wirtschaftlichen Betrieb erreicht ist (Anschaltgeschwindigkeit). Wenn ja, wird die Anlage durch die Regelelektronik angefahren. Um eine Überlastung des Getriebes und des Generators bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten (meist um die 25 m/s) zu vermeiden, wird die Anlage bei Erreichen dieser "Abschaltgeschwindigkeit" abgeschaltet. Diese Werte variieren je nach Anlage. Jede Windenergieanlage ist auf eine bestimmte Nenngeschwindigkeit (= Windgeschwindigkeit, ab der die maximale Stromproduktion erreicht wird) und eine entsprechende Nennleistung ausgelegt.

Die Windenergieanlagen spielen auch aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades eine wichtige Rolle bei der Energiewende. Sie besitzen einen maximalen, theoretischen Wirkungsgrad von 59 %. Im Betrieb erreichen sie Wirkungsgrade von 40 - 50 % und sind damit deutlich effizienter als andere Energiequellen<sup>3</sup>.

## Photovoltaik

Photovoltaikanlagen nutzen die Energie der Solarstrahlung zur Stromgewinnung. Sie bestehen aus vielen zusammengeschalteten Solarmodulen, die wiederum aus vielen Solarzellen bestehen. Solarzellen sind elektrische Bauelemente, die die Energie des Energieträgers Licht bzw. Strahlung auf den Energieträger Elektrizität umladen. Nach der Windenergie stellen die mehr als 1,6 Millionen Photovoltaikanlagen in Deutschland mit einer installierten Leistung von rund 52 Gigawatt den zweitgrößten Anteil der regenerativen Stromerzeugungssysteme. Photovoltaikanlagen werden zum einen auf Dächern als Dachanlagen installiert, zum anderen als sogenannte Freiflächenanlagen. Letztere haben durch ihre Dimensionierung Kostenvorteile gegenüber Dachanlagen und weisen einen um bis zu 30 % höheren Ertrag auf<sup>4</sup>. Die Photovoltaikmodule einer Freiflächenanlage können mit frei wählbarem und somit optimalem Winkel aufgeständert werden. Außerdem können die Module mit einer elektrischen Sonnennachführung ausgestattet werden, so dass sie immer perfekt zur Sonne ausgerichtet sind. Wichtig bei der Konzeption einer solchen Anlage ist, die Module in ausreichendem Abstand zueinander zu platzieren, um Verschattungen zu vermeiden.

Neben Photovoltaikanlagen wird die Energie der Solarstrahlung auch durch sogenannte Sonnenkollektoren genutzt. Dabei wird statt Strom Wärme generiert, in dem eine Trägerflüssigkeit (meist Wasser mit chemischen Zusätzen), die durch die Kollektoren fließt, erwärmt wird. Solche Anlagen werden jedoch nicht als Freiflächenanlagen gebaut, da das

---

<sup>3</sup> [http://energie-strom.com/erneuerbare\\_energien/windkraft/windkraftanlagen.html](http://energie-strom.com/erneuerbare_energien/windkraft/windkraftanlagen.html)

<sup>4</sup> <https://www.photovoltaik.org/beispiele/freiflaechenanlage>

warme Trägerflüssigkeit schlecht über weite Strecken transportiert werden kann. So finden sich Solarkollektoren vor allem auf Privstdächern oder Hallenbädern, wo sie als preiswerte Anlagen zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden<sup>5</sup>.



#### Fachwissenschaftliches Zusatzwissen

Solarzellen bestehen aus Halbleitermaterialien. Verwendet wird dabei vor allem Silizium, das dotiert wird. Die Dotierung erfolgt dabei mit Elementen der dritten Hauptgruppe, z.B. Bor (=p-Dotierung) und Elementen der fünften Hauptgruppe, z.B. Phosphor (=n-Dotierung).

Die klassische Silizium-Solarzelle besteht aus einer ca. 0,001 mm dicken n-dotierten Schicht (kurz: n-Schicht), welche in das ca. 0,6 mm dicke p-dotierte Silizium-Substrat (kurz: p-Substrat) eingebracht wurde. Den Übergang zwischen n-Schicht und p-Substrat nennt man p/n-Übergang. Um diesen p/n-Übergang bildet sich ein Bereich, in dem sich Raumladungen mit Überschuss und Mangel an Ladungsträgern gegenüberstehen, so dass diese Zone im Gleichgewichtsfall nach außen ladungsneutral erscheint. Diesen Bereich nennt man Raumladungszone.

Um den Strom der Solarzelle nutzen zu können, müssen auf Vorder- u. Rückseite metallische Kontakte aufgebracht werden. In der Regel wird hierzu auf der Rückseite eine ganzflächige Kontaktschicht aufgebracht. Auf der Vorderseite werden die Kontakte in Form eines dünnen Gitters aufgebracht, sodass Licht ungehindert auf die Oberfläche fallen kann. Die Kontaktschicht besteht auf beiden Seiten aus Aluminium oder Silber. Um Lichtreflexionen zu verringern, wird auf die Oberfläche eine dünne Schicht aus Siliziumnitrid oder Titandioxid aufgedampft.

## Biomasse

Biomasse kann von allen regenerativen Energieträgern am flexibelsten eingesetzt werden. Sie kann in flüssiger, fester oder gasförmiger Form sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung und zur Bereitstellung von Biokraftstoffen verwendet werden. Unter Biomasse fallen unter anderem Pflanzen wie Raps und Mais, Holz, Stroh, Biomüll sowie Gülle<sup>6</sup>. Der Energieversorgung durch Biomasse kommt beim Umstieg auf regenerative Energiequellen eine besondere Bedeutung zu, da sie rund um die Uhr und flexibel zur Verfügung steht. Anders als die anderen erneuerbaren Energiequellen, die teils stark fluktuie-

<sup>5</sup> <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Solarenergie-Photovoltaik/solarenergie-photovoltaik.html>

<sup>6</sup> <https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie>

ren und oft schlecht planbar sind, können die Kraftwerke, welche Biomasse verwerten, genauso wie konventionelle Kraftwerke gesteuert werden. Außerdem sind die Anlagen nicht standortgebunden. Sie sind daher wichtig, um eine gleichbleibende Grundversorgung zu gewährleisten. Besonders effizient sind sogenannte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen), da sie die Abwärme, die bei der Stromproduktion entstehen als Wärmeenergie in das Wärmenetz einspeisen und so den Brennstoff effizienter nutzen. Biomasse hatte 2019 mit rund 44 Terawattstunden einen Anteil von 8,6% an der Nettostromerzeugung in Deutschland.

## Wasserkraft

Wasserkraft hatte 2019 mit 3,8 % und 19,1 TWh den geringsten Anteil der regenerativen Energien an der Nettostromproduktion in Deutschland. Weltweit steht die Wasserkraft jedoch an zweiter Stelle, was die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen angeht. Diese Diskrepanz zwischen Deutschland und der Welt, kann topografisch erklärt werden. Deutschland besitzt wenige Stellen, an der Wasser hohes Gefälle passiert. Dies zeigt sich auch in der Verteilung der Wasserkraftwerksarten. So sind nur 20 % der Wasserkraftanlagen in Deutschland Speicherkraftwerke, 80 % sind Laufwasserkraftwerke. Erstere nutzen hohes Gefälle und die Speicherung von Wasser in Stauseen oder Talsperren. Die Turbinen werden durch die Kraft des "fallenden" Wassers angetrieben. Potentielle Energie wird also in Bewegungsenergie und anschließend über einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. Laufwasserkraftwerke nutzen hingegen die Strömungsenergie eines Flusses oder Kanals, der nur eine geringe Fallhöhe, dafür aber eine große Wassermenge aufweist.

Mit mehr als 300 Gigawatt installierter Leistung, wies China 2019 mit Abstand den größten Wert an installierter Leistung durch Wasserkraft auf<sup>7</sup>. In China steht auch das größte Wasserkraftwerk der Erde mit einer Nennleistung von 22.500 MW<sup>8</sup>. Zum Vergleich, die größte Anlage in Deutschland hat nur eine installierte Leistung von 1060 MW<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/467755/umfrage/leistung-von-wasserkraftanlagen-nach-laendern/>

<sup>8</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_gr%C3%B6%C3%9Ften\\_Wasserkraftwerke\\_der\\_Erde](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_Wasserkraftwerke_der_Erde)

<sup>9</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk\\_Goldisthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk_Goldisthal)

## Brennstoffzelle

Brennstoffzellen sind Energiewandler, sie wandeln chemische Energie in elektrische. Die Gesamtreaktion einer Brennstoffzelle entspricht der Verbrennungsreaktion des Brennstoffes. Da bei dieser Reaktion jedoch keine Wärmeenergie frei wird, nennt man die Umsetzung in einer Brennstoffzelle auch „kalte Verbrennung“: Es wird direkt elektrische Energie erhalten. Dabei können verschiedene Gase eingesetzt werden, zum Beispiel Methanol, Butan oder Wasserstoff.

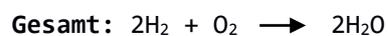
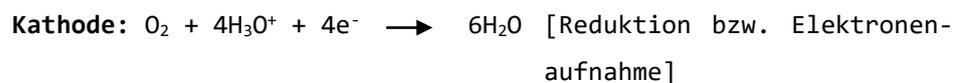
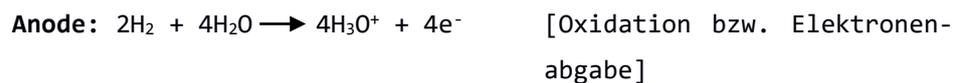
Dabei wird elektrische Energie frei, die abgegriffen werden kann.

Um diese Reaktion zu ermöglichen, sind Brennstoffzellen (galvanische Zellen), die Wasserstoff umsetzen, aus zwei gasdurchlässigen Elektroden, einer Anode und einer Kathode, sowie einer gastrennenden, ionenleitenden Elektrolytschicht (auch Diaphragma oder Ionen-Austausch-Membran genannt) aufgebaut. An der Anode wird der Brennstoff, z.B. Wasserstoff, unter Abgabe von Elektronen zu Protonen oxidiert. Die Protonen können die Elektrolytschicht passieren und gelangen so in die andere Elektrodenkammer. Die Elektronen fließen über einen externen Verbraucher zur Kathode, wo sie das Oxidationsmittel, hier Sauerstoff, durch die Aufnahme zu Anionen reduzieren. Die Anionen reagieren mit den Wasserstoffionen zu Wasser. Der elektrochemische Prozess in der Brennstoffzelle verläuft prinzipiell umgekehrt zur Elektrolyse.



### Fachwissenschaftliches Zusatzwissen

Die **Redox-Reaktionsgleichung** einer Wasserstoff-Brennstoffzelle ist folgende:



### 3.2.2 Die Zukunft der Energieversorgung

Um den Ausstieg aus konventionellen, fossilen Energiequellen und den Umstieg auf regenerative Energien zu ermöglichen, sind neben dem Ausbau von erneuerbaren Energieversorgungssystemen noch weitere Elemente entscheidend. Im folgenden sollen drei Zukunftstechnologien, die teils schon in der Anwendung sind, vorgestellt werden. Diese können im Unterricht beliebig ergänzt, ausgetauscht und vertieft werden.

## Smart Grids

Die traditionellen Stromnetze sind stark hierarchisch aufgebaut und auf einen gleichmäßigen und planbaren Energiefluss ausgelegt. Wenige Kraftwerke versorgen viele Verbraucher. Dies wird sich in Zukunft ändern, da sich die Stromerzeugung durch erneuerbare Energieversorgungssysteme stark dezentralisiert und viele verschiedene Anlagen gemeinsam und teils auch nur regional die Verbraucher mit Strom versorgen werden.

Um diese Entwicklung zu unterstützen und auch um der stärkeren Fluktuation der Stromgewinnung durch erneuerbare Energien zu begegnen, werden intelligente Stromnetze, sogenannte Smart Grids, entwickelt. Das Prinzip eines solchen Smart Grids ist in Abbildung 4 verdeutlicht.

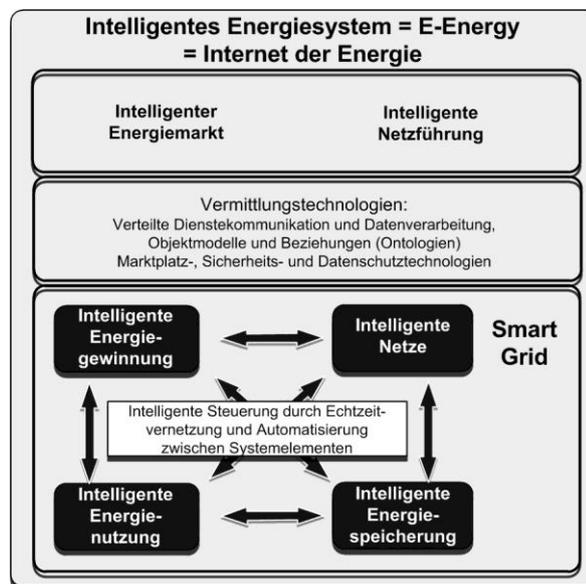


Abbildung 4: Prinzipieller Aufbau eines Smart Grids

[AKiessling](#), [E-Energy SmartGrid](#), [CC BY-SA 3.0](#)

In diesen verbindet moderne Kommunikationstechnik die verschiedenen Teile des Energiesystems. Dazu zählt die Abstimmung von Stromerzeugung und -verbrauch. So sollen Überlastungen des Stromnetzes verhindert und Leistungsschwankungen ausgeglichen werden. Zum Beispiel kann überschüssiger Strom, der z.B. aufgrund von starkem Wind oder momentaner geringerer Nachfrage entsteht, solange in Elektroautos oder hausinternen Speichern zwischengespeichert werden, bis er gebraucht wird.

Um dies zu erreichen, muss die Datenkommunikation zwischen Energieverbrauchern, -speichern und -erzeugern in beide Richtungen durch das Smart Grid ermöglicht werden. Aufgrund dessen werden sie auch häufig als "Internet der Energie" bezeichnet. Die Daten werden mit sogenannten "Smart Metern" erfasst. Das sind intelligente Messsysteme.

Netzbetreiber erhalten so ständig Informationen über Energieproduktion und -verbrauch<sup>10</sup>  
11.

## Stromspeicher

Stromspeicher sind ein weiteres wichtiges Element, um die Energiewende zu ermöglichen. Sie können auch in Smart Grids eingebunden werden. Stromspeicher sorgen für einen Ausgleich zwischen Versorgung und Verbrauch bzw. für deren zeitliche Entkoppelung. Es gibt viele verschiedene Arten von Stromspeichern. In Abbildung 5 ist ein Überblick zu den verschiedenen Stromspeichertechnologien zu finden. Direkt kann elektrische Energie nur durch Kondensatoren oder Spulen gespeichert werden. Indirekt lässt sie sich in elektrochemischer Form speichern, und zwar durch verschiedene Akkumulatoren oder Redox-Flow-Batterien. Elektrische Energie kann zur Speicherung auch in mechanische Energie umgewandelt werden, zum Beispiel mittels Pumpspeicherkraftwerke. Hier wird bei Stromüberschuss das Wasser aus dem Tal wieder auf den Berg gepumpt. Bei Strommangel kann die potentielle Energie des Wassers über die Turbinen wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Chemische Speicher speichern elektrische Energie durch Elektrolyse von Wasser in Wasserstoff. Viele dieser Optionen sind jedoch noch nicht wirtschaftlich. Hier gibt es in Zukunft noch hohes Entwicklungspotential.

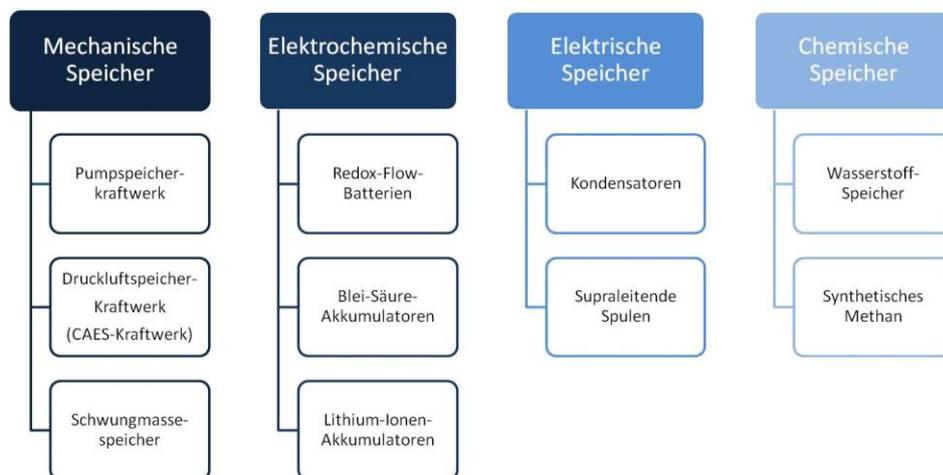


Abbildung 5: Verschiedene Stromspeichertechnologien<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid>

<sup>11</sup> <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2019/05/Meldung/direkt-erklaert.html>

<sup>12</sup>nach Kunz 2019. S.6

## Power-to-X

Unter Power-to-X versteht man Verfahren, die Strom aus erneuerbaren Quellen entweder in chemische Energieträger zur Stromspeicherung, oder in strombasierte Kraftstoffe aber auch in Rohstoffe für die Chemieindustrie wandeln. Die Power-to-X-Technologien werden einerseits anhand ihres Verwendungszwecks unterteilt, dazu zählen Power-to-Fuel, -to-Ammonia oder -to-Chemicals. Andererseits anhand ihrer Energieform in Power-to-Gas, -to-Heat oder -to-Liquid.



### Fachwissenschaftliches Zusatzwissen

Bei Power-to-Gas wird durch Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff und Sauerstoff. Anschließend kann der Wasserstoff gespeichert oder mit Kohlenstoffdioxid zu Methan gasmethanisiert werden. Dieses kann anschließend in das Erdgasnetz eingespeist werden oder in Gasspeichern zwischengespeichert werden.

### 3.2.3 Standortanalyse

Die Standortanalyse wird vor allem bei der richtigen Standortwahl für ein Unternehmen durchgeführt. Aber auch für die Planung von Energieversorgungssystemen ist die Standortanalyse von Bedeutung. Mit Hilfe der Analyse verschiedener Standortfaktoren kann der optimale Standort bestimmt werden.

Im Allgemeinen wird zwischen harten und weichen Standortfaktoren unterschieden. Harte Standortfaktoren sind quantifizierbar und können direkt in die Standortanalyse einbezogen werden. Zu ihnen gehören zum Beispiel naturräumliche oder technische Voraussetzungen sowie wirtschaftliche Faktoren (Preis, Ertrag etc.). Weiche Standortfaktoren wie Kulturangebote oder Freizeitmöglichkeiten können dagegen nicht direkt ermittelt werden. Für die Installation von energietechnischen Systemen sind vor allem die harten Standortfaktoren entscheidend.

## 4 Verlaufsplan

Der folgende Verlaufsplan ist als Vorschlag zu verstehen. Er kann und sollte je nach Klasse, Vorwissen und verfügbarer Zeit angepasst werden.

Zeit [Min]	Phase	Lehr-Lern-Aktivitäten ( <b>Lehrkraft</b> , <b>SuS</b> ) & <b>Hinweise</b>	Sozialform	Material & Medien
<b>1. Doppelstunde</b>				
5	Einstieg	Erklärung der Methode "Planspiel"	Plenum	
7	Einführung	<p>Begrüßung der SuS als Ingenieure durch die Lehrkraft, die die Tagungsleitung und die Stadt Econeuingen repräsentiert</p> <p>Ablauf "Agenda" ppt</p> <p>Namensschilder / Visitenkarten beschriften lassen            [Namensschilder können durch die Abbildung der Energieversorgungssysteme später zur Einteilung der Expertengruppen in Erarbeitungsphase I herangezogen werden. Sollte es jede Expertengruppe mehr als einmal geben, kann durch Zahlen auf der Rückseite der Karten die Einteilung zusätzlich vorgenommen werden.]            [Für eine bessere Identifikation mit der Rolle, können für die Namensschilder Halterungen mit Nadel ausgegeben werden.]            [In das Feld "Position" kann von der Lehrkraft vorab eine bestimmte Aufgabe innerhalb der Gruppenarbeit für jeden SuS bestimmen, wie z.B. Zeitmanager, Messbeauftragter, Protokollant, Sicherheitsbeauftragter etc.]</p> <p>Gruppennamen finden für das Planungsbüro und auf Tischaufsteller schreiben (Gruppen können bankweise (mindestens 3 Personen / Gruppe) oder, falls die Lehrperson die Klasse kennt, selbstständig bilden)</p> <p>Austeilen und Erklären der Broschüre "Econeuingen"</p>	<p>Plenum</p> <p>T-P-S</p>	<p>Ppt Namensschilder</p> <p>Tafel</p> <p>Broschüre "Econeuingen"</p>
15	Lernstandsanalyse	<p>Fragen zu Erneuerbaren Energien, Elektrotechnik und Messen mit dem Multimeter</p> <p>[Kann auch als Kahoot o.ä. durchgeführt werden]</p>	Plenum	PPT



2. Doppelstunde				
8	Wiederholung + Überleitung II	<p>Wiederholung letzte Stunde</p> <p>Wir haben jetzt die Informationen über die Technologien die uns zur Verfügung stehen. Können wir damit schon anfangen zu bauen? Wenn ja, warum / Wenn nein, warum nicht?</p> <p>--&gt; SuS: Wir wissen noch nicht wo und wie viel gebaut werden muss</p> <p>Dafür müssen wir die Standortfaktoren von Econeuingen berücksichtigen. Das geschieht in der "Standortanalyse". Jedes PB soll einen Entwurf für die Stadt ausarbeiten wo was und wie viel gebaut werden soll, um den gesamten Strombedarf zu decken. Dazu bekommen Sie eine Reihe von Informationen. Sie sollen ein Plakat erstellen, mit dem Sie später die Stadt und auch die anderen Planungsbüros für Ihren Entwurf begeistern.</p>	Plenum	<p>Ppt</p> <p>Broschüre "Econeuingen"</p> <p>Windkarte, Solarstrahlungskarte, Taschenrechner, Plakat, Blanko-Stadtplan, Stifte, Klebstoff</p>
45	Erarbeitung II	<p>Standortfaktoren ermitteln und Energiemix erarbeiten</p> <p>Plakat gestalten</p>	EA + GA	<p>Ppt</p> <p>Broschüre "Econeuingen"</p> <p>Windkarte, Solarstrahlungskarte, Taschenrechner, Plakat, Blanko-Stadtplan, Stifte, Klebstoff</p>
22	Sicherung II	Vorstellen der Lösungsentwürfe (+ Diskussion Optional, je nach Zeit)	Schülerpräs.  Plenum	
15	Ausblick	Besprechung von Zukunftsthemen im Bezug zu erneuerbaren Energien, z.B. Smart Grid, Speichertechnologie, Power-to-X	Plenum	ppt

## 5. Arbeitsblätter und Materialien

In Tabelle 3 sind die Arbeitsblätter den jeweiligen Unterrichtsphasen zugeordnet. Diese können natürlich je nach Klasse angepasst werden. Außerdem können die Abs teilweise den Schülerinnen und Schülern auch nur digital zur Verfügung gestellt werden. Die Lösungsvorschläge finden sich in Kapitel 8 ab Seite 62. Die Materialliste befindet sich auf Seite 59.

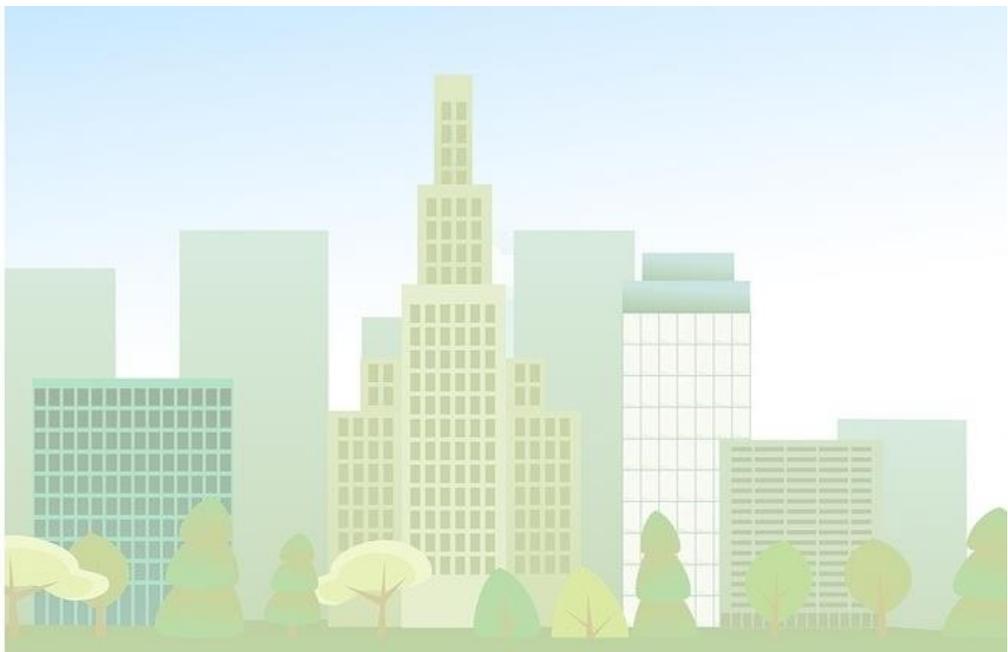
### 5.1 Arbeitsblätter

Tabelle 3: Arbeitsblätter

Phase	Arbeitsblatt	Seitenzahlen im Heft
<b>Alle Phasen</b>	Tischaufsteller	32
	Visitenkarten / Namensschilder	33
	Fixpunkt "Agenda"	34
	Broschüre "Econeuingen"	37 - 43
<b>Bearbeitung I</b>	Wie war das nochmal... Formeln und Einheiten	35
	Wie war das nochmal ... Messen mit dem Multimeter	36
	Broschüre "Windkraft"	44 - 47
	Broschüre "Photovoltaik"	48 - 51
	Broschüre "Bioreaktor"	52 - 55
<b>Bearbeitung II</b>	Broschüre "Econeuingen"	37 - 43
	Windkarte Econeuingen	56
	Solarstrahlungskarte von Econeuingen	57
	Blanko Stadtplan von Econeuingen	58

---

Firma



# ECONEUINGEN

Tagung: Energieversorgungssysteme mit erneuerbaren Energien

---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma



---

Name

---

Position

---

Firma





# ECONEUINGEN

heißt Sie herzlich Willkommen zur heutigen Tagung!

## Agenda:

<b>Begrüßung</b>	durch L. Eisenhardt, die die Stadt vertritt
<b>Einführung</b>	in die wichtigsten Aspekte des Themas
<b>Bearbeitung</b>	verschiedener energietechnischer Systeme der Firma <b>RENEWERGY</b>
<b>Vorstellung</b>	der energietechnischen Systeme für die anderen Teilnehmer
<b>Pause</b>	
<b>Erarbeitung</b>	eines Energieversorgungskonzeptes für die Stadt <b>ECONEUINGEN</b> mit Ihrem Planungsbüro
<b>Vorstellung und Diskussion</b>	der verschiedenen Entwürfe
<b>Ausblick</b>	auf zukünftige Entwicklungen



## Wie war das nochmal...?

### Größen, Einheiten und Formeln

Im Bereich Energie und Elektronik gibt es eine Reihe von Formeln, Größen und Einheiten, die typischerweise verwendet werden müssen. Im Folgenden sind die wichtigsten zur Wiederholung aufgelistet.

Physikalische Größe	Symbol	Einheit	Zusammenhänge / Formeln
(elektrische) Spannung	U	Volt [V]	Potentialdifferenz $U = R \cdot I$
(elektrische) Stromstärke	I	Ampere [A]	Ladungsmenge pro Zeiteinheit $I = U/R$
(elektrischer, ohmscher) Widerstand	R	Ohm [ $\Omega$ ]	$R = U / I$
Energie	E	Joule [J]	
Leistung	P	Watt [W]	Energieumsatz pro Zeitspanne $P = U \cdot I$ $1W = 1 J / s$

### Präfixe

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz	Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz
Kilo	k	$10^1$	Zenti	c	$10^{-2}$
Mega	M	$10^6$	Milli	m	$10^{-3}$
Giga	G	$10^9$	Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Tera	T	$10^{12}$			



## Wie war das nochmal...?

### Messen mit dem Multimeter

Mit Multimetern kann die Spannung, die Stromstärke und der Widerstand gemessen werden. Um das Multimeter nicht zu zerstören, muss es fachgerecht und je nach Anwendungsfall verwendet werden.

#### Messen der Spannung

- die schwarze Messleitung muss in die Buchse "com" (- Pol)
- die rote Messleitung muss in Buchse " V  $\Omega$   $\mu$ A mA " (+Pol)
- Drehregler auf "V "(Gleichstrom " --- ") stellen
- Messen der Spannung im Stromkreis parallel zum Bauteil



#### Messen der Stromstärke

- die schwarze Messleitung muss in die Buchse "com"(- Pol)
- die rote Messleitung muss in Buchse " V  $\Omega$   $\mu$ A mA " (+Pol)
- Drehregler auf "mA" stellen
- Messen der Stromstärke im Stromkreis in Reihe zum Bauteil (Stromkreis "kappen" und Messgerät dazwischen schalten)





# ECONEUNGEN

Unsere Stadt soll grüner werden.

Tagung zum Bauprojekt für ein neues, städtisches Energieversorgungssystem, beruhend auf erneuerbaren Energien

Exemplar von:

---

Leitung:

---

---

## Herzlich Willkommen zur Tagung!

Es freut mich, dass Sie und Ihr Planungsbüro an der heutigen Tagung teilnehmen und mit Ihrer Expertise helfen, unsere Stadt auf erneuerbare Energien umzustellen.

Wir haben uns bereits für einen Anbieter von Energieversorgungssystemen entschieden; der genaue Energiemix ist jedoch noch offen und soll von Ihnen heute gemeinsam mit Ihren Kollegen festgelegt werden.

Bevor wir richtig mit der Tagung beginnen, überlegen Sie sich zusammen mit Ihren Kollegen einen Namen für Ihr Planungsbüro und tragen diesen auf dem Tischaufsteller ein.

### Der Ablauf:

<b>Begrüßung</b>	durch _____, die die Stadt vertritt
<b>Einführung</b>	in die wichtigsten Aspekte des Themas
<b>Bearbeitung</b>	verschiedener energietechnischer Systeme der Firma <b>RENEWERGY</b>
<b>Vorstellung</b>	der energietechnischen Systeme für die anderen Teilnehmer
<b>Pause</b>	
<b>Erarbeitung</b>	eines Energieversorgungskonzeptes für die Stadt <b>ECONEUINGEN</b> mit Ihrem Planungsbüro
<b>Vorstellung und Diskussion</b>	der verschiedenen Entwürfe
<b>Ausblick</b>	auf zukünftige Entwicklungen



---

## Konzeptausarbeitung für Energieversorgungssysteme in ECONEUINGEN

ECONEUINGEN möchte seinen gesamten jährlichen Strombedarf mit erneuerbaren Energien decken. Ihr Planungsbüro soll dafür einen Entwurf ausarbeiten. Mit Hilfe der Standortfaktoren sollen Sie die Standorte und die Anzahl der anfangs analysierten Technologien Windkraftanlage, Photovoltaikanlage und Bioreaktor der Firma **RENEWERGY** in Econeuingen planen. Zur Verfügung stehen Ihnen insgesamt 41 Millionen Euro. Beachten Sie bitte, dass alle drei Anlagentypen gebaut werden sollen, um eine optimale Versorgungssicherheit der Stadt zu gewährleisten. Tipps zum Vorgehen finden Sie, falls Sie diese benötigen auf der letzten Seite.

### Aufgaben:

1. Berechnen Sie zuerst den jährlichen Strombedarf der Stadt, der zukünftig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden soll.
2. Lesen Sie die Beschreibung der Standortbedingungen.
3. Analysieren Sie auch die verschiedenen Karten, die Ihnen zur Verfügung stehen.
4. Entwerfen Sie anschließend auf der Basis aller Informationen mit Ihrem Planungsbüro einen Vorschlag für die Installation von erneuerbaren Energieversorgungssystemen in ECONEUINGEN.
5. Gestalten Sie ein **Plakat** zu Ihrem Entwurf. Dieses sollte folgende Informationen enthalten:
  - Stadtplan ECONEUINGEN, in dem die Standorte der EVS eingezeichnet sind
  - Dimensionierung der verschiedenen Anlagengrößen (z.B. wie viele Windräder, wie viele PV-Module, Bioreaktorgröße)
  - Elektrische Energie, die von den geplanten Anlagen im Jahr abgegeben wird (Beachten Sie, dass insgesamt der komplette Strombedarf durch ihre Kombination gedeckt wird)
  - verwendetes Budget (Maximal 41 Mio. €)
6. Stellen Sie den anderen Planungsbüros Ihren Entwurf vor.



Als Hilfestellung können Sie folgende Planungstabelle verwenden.

## Planungstabelle

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Gesamt</b>							



---

## Standortfaktoren

Standortfaktoren sind wesentliche Kriterien, die bei der Entscheidung über einen Standort für ein Unternehmen, ein Gebäude oder anderer Neubauten von Bedeutung sind. Im Allgemeinen wird zwischen harten und weichen Standortfaktoren unterschieden. **Harte Standortfaktoren** sind quantifizierbar und können direkt in die Standortanalyse einbezogen werden. Zu ihnen gehören zum Beispiel naturräumliche oder technische Voraussetzungen sowie wirtschaftliche Faktoren (Preis, Ertrag etc.). **Weiche Standortfaktoren** wie Mietpreise, Kulturangebote oder Freizeitmöglichkeiten können dagegen nicht direkt ermittelt werden. Für die Installierung von energietechnischen Systemen sind vor allem die harten Standortfaktoren entscheidend. Deshalb können Sie bei Ihrer Analyse die weichen Faktoren vernachlässigen. Energieversorgungssysteme haben teils gleiche, teils ganz unterschiedliche Standortvoraussetzungen, je nachdem wie deren Energie gewonnen wird. **Kernkraftwerke** benötigen zum Beispiel in der Nähe ein ausreichend großes Gewässer als Kühlmittellieferant.

Ein wesentlicher Standortfaktor für **Windkraftanlagen** ist die Windressource, die unmittelbar vor Ort zur Verfügung steht. Dieser naturgegebene Standortfaktor wird mittels komplexer Messungen, Berechnungen und Simulationen für den gewünschten Raum ermittelt und in einem sogenannten Wind-Atlas zusammengefasst. Es gibt außerdem Karten, die die mittleren jährlichen Windverhältnisse darstellen, die Windkarten des Deutschen Wetterdienstes. Jede Windkraftanlage erzeugt eine Geräuschkulisse, die sich unangenehm auf die Anwohner auswirken kann, sollte der erforderliche Siedlungsabstand nicht eingehalten werden. Der Mindestabstand einer Windenergieanlage zur nächsten Wohnbebauung muss daher 1000 m betragen. Wichtig ist außerdem, einen Mindestabstand zwischen den Windrädern untereinander einzuhalten, um den Abschattungseffekt (d.h. die Windräder nehmen sich gegenseitig den Wind weg) zu vermeiden. Windräder sollten deshalb versetzt und mit einem Abstand von mindestens 10 Rotordurchmessern zueinander aufgestellt werden. Das heißt zum Beispiel das nächste Windrad kann in einem Abstand von 10 Rotordurchmessern nach rechts und 10 Rotordurchmessern nach unten gebaut werden.

Für den Bau von **Photovoltaikfreiflächenanlagen** (Anlagen, die nicht auf Gebäuden errichtet werden) ist dagegen die Einstrahlung der Sonnenenergie (Solarstrahlung) bestimmend, da mit dieser der Strom erzeugt wird. Der Deutsche Wetterdienst stellt Karten zur Verfügung, die Messwerte für die Solarstrahlung im langfristigen Durchschnitt enthalten. Sie dienen als Grundlage für die Standortentscheidung einer PV-Anlage. Wichtig ist natürlich, dass beim gewählten Standort keine Verschattung durch Bäume, Gebäude oder andere Hindernisse auftritt (Mindestabstand 500 m). Limitierend für den Bau ist außerdem die zur Ver-



---

fügung stehende Fläche. Für PV-Anlagen sollte außerdem ein für den Standort optimaler Neigungswinkel berücksichtigt werden, um möglichst exakt den Neigungswinkel der Sonne zu treffen.

Die Standortwahl einer **Bioenergieanlage** kann etwas flexibler getroffen werden, da der Rohstoff bzw. der Primärenergieträger (Biomasse) nicht ausschließlich naturgegeben ist, sondern mittels LKWs angeliefert werden kann. In der Umgebung sollten sich jedoch genug Anbaufelder befinden, um den Transportweg so gering wie möglich zu halten. Nur so kann der Energieaufwand für den Verkehr gemindert werden. Ebenfalls für den Transport zu berücksichtigen ist eine geeignete Infrastruktur (Zufahrt, Straßen, etc.). Außerdem ist die zur Verfügung stehende Fläche entscheidend. Zum einen für die Bioenergieanlage selbst. Es muss genug Platz für die Reaktoren und die Lagerung der Biomasse vorhanden sein. Aber es muss vor allem auch genug Anbaufläche für das Substrat zur Verfügung stehen.

### Der Nutzungsgrad

Bioreaktoren haben den Vorteil, dass sie ganzjährig und gleichmäßig betrieben werden können. Sie haben also einen Nutzungsgrad von 100%. Windkraft und Photovoltaik können den Nutzungsgrad von 100% nicht erreichen.

Bei Photovoltaik leuchtet dies unmittelbar ein, nachts scheint schließlich keine Sonne. Und auch tagsüber schwankt das Angebot an Solarstrahlung, zum Beispiel wetterbedingt.

Der Wind weht ebenfalls über das Jahr hinweg nicht konstant. Bei der Installation von Wind- und Photovoltaikanlagen muss daher der standortabhängige Nutzungsgrad berücksichtigt werden.

**Tipps zum Vorgehen:**

- → Beginnen Sie mit Windkraft oder Photovoltaik, da der Bioreaktor relativ standortunabhängig gebaut werden kann. Bei diesem ist vor allem auf genug Anbaufläche zu achten.
- → Die Fläche, die für Photovoltaik benötigt wird, ist verschwindend gering und kann deshalb in diesem Fall vernachlässigt werden. D.h. Sie müssen keine genaue Fläche in den Plan einzeichnen, sondern nur den Standort markieren.



Bild von Lukas Bieri auf Pixabay

# RENEWERGY

Für die grüne Energie von morgen

## Die Windkraftanlage Wipo 2000

Allgemeine Informationen

Wipo 2000 Testanlage

Technische Daten

Preise

# Wipo 2000 - Die Windkraftanlage von RENEWERGY

Windräder sind keine neue Erfindung. Schon bei den alten Ägyptern waren Windräder als Mühlen und Schöpfwerke im Einsatz. In den letzten Jahrhunderten etablierte sich die Windenergie auch in Europa. Hier wurde sie vor allem zum Mahlen von Korn eingesetzt. Seit Anfang der 1980er-Jahre haben sich Windenergieanlagen mit horizontaler Drehachse, drei Rotorblättern, Getriebe und Generator zur Stromerzeugung durchgesetzt.

## Wie wird aus Wind Strom erzeugt?

Durch den Wind werden die einzelnen Rotorblätter an den Windkraftanlagen in eine Drehbewegung versetzt. Damit wird ein Generator angetrieben, der Strom produziert. Es wird physikalisch gesprochen die kinetische Energie des Luftstroms in elektrische Energie umgewandelt.

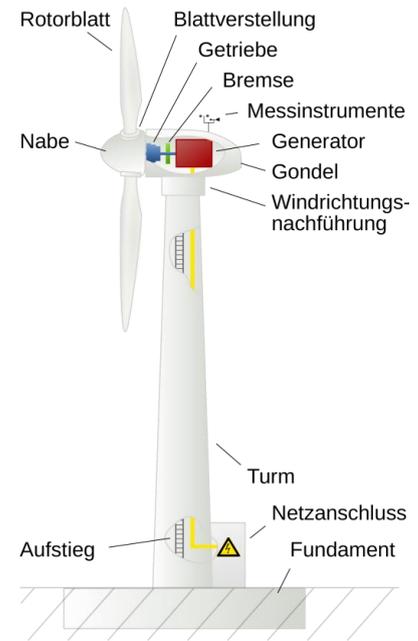


Abbildung 7: Aufbau und Komponenten einer Windkraftanlage

Arne Nordmann ([norro](#)), [Windkraftanlage](#), CC BY-SA 3.0

## Die Wipo 2000 - Aufbau und Funktionsprinzip:

Unsere neuste Windenergieanlage Wipo 2000 besteht im Wesentlichen, wie andere Anlagen auch, aus einem Fundament, einem Turm, einer Gondel und dem Rotor, der die Strömungsenergie des Windes in Rotationsenergie umwandelt. Die auf dem Turm gelagerte Gondel ist drehbar und enthält alle mechanischen und elektrotechnischen Komponenten zur Umwandlung der Rotordrehung in elektrische Energie. Für eine bestmögliche Ausnutzung der Windverhältnisse kann die Wipo 2000 nachgeführt werden, sie passt sich also der Windrichtung an. Die von uns empfohlene Turmhöhe beträgt 100 m. Mit zunehmender Höhe liegen nämlich eine gleichmäßigere Strömung und höhere Windgeschwindigkeiten vor. Als Faustregel gilt: Je höher der Turm und je größer der Rotordurchmesser, desto mehr Energie kann eine Windenergieanlage liefern.



---

## Die Wipo 2000 Testanlage

Mit der vorliegenden Testanlage können Sie die Wipo 2000 Windkraftanlage für Ihren Bedarf testen. Führen Sie dazu die wie folgt beschriebenen Messungen durch. Anschließend können Sie mit den ermittelten Daten die beim Einsatz der Wipo 2000 real zu erwarteten Werte errechnen. Bei Schwierigkeiten stehen wir Ihnen jeder Zeit gerne zur Verfügung.

Achten Sie bitte auf den **korrekten Einsatz des Messgeräts**. Falls Sie sich hier unsicher sind, können Sie im beiliegenden Informationsblatt nachsehen.

Achten Sie außerdem für eine optimale Messung auf das **senkrechte Auftreffen des Windes auf die Nabe und einen Abstand von ungefähr 50 cm** zwischen Föhn und Nabe.

### Material:

- Wipo 2000 Testanlage mit zwei Messkabeln
- Multimeter
- Messwiderstand
- Föhn

### Durchführung:

- 1.** Messen Sie zunächst die Spannung  $U$  über den Messwiderstand bei den zwei verschiedenen Windgeschwindigkeiten (Stufe 1 und Stufe 2 des Föhns) und notieren Sie sich die Werte in der Tabelle 4.
  
- 2.** Ermitteln Sie nun die Stromstärke  $I$  bei den gleichen zwei Windgeschwindigkeiten. Verwenden Sie dazu ebenfalls den Messwiderstand. In dieser Parallelschaltung aus Widerstand und LED, fließt in den beiden Betriebspunkten ( $v_1$  und  $v_2$ ) ein gleichgroßer Strom durch den Widerstand und die LED. Der Gesamtstrom kann also durch folgenden Formel ermittelt werden:

$$I_{\text{Gesamt}} = I_{\text{LED}} + I_{\text{Widerstand}} = 2 * I_{\text{Widerstand}}$$

Notieren Sie die gemessenen und anschließend berechneten Werte der Stromstärke ebenfalls in Tabelle 4.

- 3.** Berechnen Sie die Leistung, die die Testanlage bei den beiden Windgeschwindigkeiten abgeben kann. Tragen Sie Ihre Ergebnisse in Tabelle 4 ein.



5. Berechnen Sie die real zu erwartenden Leistungen der Wipo 2000. In 100 m Höhe kann bei Windgeschwindigkeiten von 8 m/s von einer Multiplikation um den Faktor  $2,6 \cdot 10^8$  ausgegangen werden. Bei einer Windgeschwindigkeit von 12 m/s erhöht sich die Leistung im Vergleich zum Testbetrieb um den Faktor  $1,6 \cdot 10^8$ . Runden Sie auf die erste Nachkommastelle und tragen Sie Ihre Ergebnisse in Tabelle 5 ein.

Tabelle 4: Gemessene Werte der Wipo 2000 Testanlage

Windgeschwindigkeit	Spannung	Stromstärke (durch R)	Stromstärke (Gesamt)	Leistung
Stufe 1				
Stufe 2				

Tabelle 5: Errechnete Werte der realtechnischen Wipo 2000 Anlage

Windgeschwindigkeit	Leistung [MW]
Stufe 1: (entspricht $v_{\text{Wind}} = 8 \text{ m/s}$ )	
Stufe 2: (entspricht $v_{\text{Wind}} = 12 \text{ m/s}$ )	

### Technische Daten der Wipo 2000

<b>Leistung</b>	
Einschaltgeschwindigkeit:	5,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit:	12 m/s
Abschaltgeschwindigkeit:	25,0 m/s
<b>Rotor</b>	
Durchmesser:	50 m
Rotorfläche:	10.515,5 m <sup>2</sup>
Blattzahl:	3

### Preise

Anlage	Preis
Wipo 2000 (100 m Höhe)	7 Millionen €





Bild von [torstensimon](#) auf [Pixabay](#)

# RENEWERGY

Für die grüne Energie von morgen

## Die Photovoltaikanlage Solaris 5000

Allgemeine Informationen

Solaris 5000 Testanlage

Technische Daten

Preise

# Solaris 5000 - Die Photovoltaikanlage von RE- NEWERGY

Die Solarenergie wird immer wichtiger, **um Energiekosten einzusparen** und die Umwelt zu entlasten. Auch Renewergy erweitert sein Angebot an Energieversorgungssystemen durch die Photovoltaikanlage Solaris 5000.

## Wie funktioniert eine solche Solaranlage eigentlich?

Die Funktion von Photovoltaikanlagen ist grundsätzlich gleich, egal ob es sich um eine kleine Solaranlage auf dem Einfamilienhaus oder eine Freiflächenanlage, d.h. frei stehend auf einem Feld, handelt. Während Licht auf die Solarzellen fällt, erzeugen diese daraus Gleichstrom. Solarzellen sind nämlich elektrische Bauteile aus Halbleitermaterialien wie z.B. Silizium. Sie laden die Energie des Energieträgers Licht auf den Energieträger Elektrizität um. Dieser Effekt wird photovoltaischer Effekt genannt. Die einzelnen Solarzellen sind zu größeren Solarmodulen verschaltet. Die einzelnen Solarmodule sind wiederum zum Solargenerator zusammengeschaltet. Der erzeugte Gleichstrom wird mithilfe des Wechselrichters zu Wechselstrom umgewandelt. Dank der Umwandlung kann der Wechselstrom direkt ins Stromnetz eingespeist werden.



Abbildung 8: Funktionsschema einer Freiflächenphotovoltaikanlage<sup>13</sup>

## Die Solaris 5000:

Unsere neuste Photovoltaikanlage Solaris 5000 kann von Ihnen vollständig für Ihre Bedürfnisse personalisiert werden. Wir liefern Ihnen die gewünschte Anzahl an Modulen (maximal 14000) fertig verschaltet zu Solargeneratoren für die Nutzung als Freiflächenphotovoltaikanlage.

<sup>13</sup> Quelle: [https://www.uka-gruppe.de/fileadmin/assets/de\\_DE/images/190722\\_Illustration\\_Solaranlage\\_final\\_800x600.jpg](https://www.uka-gruppe.de/fileadmin/assets/de_DE/images/190722_Illustration_Solaranlage_final_800x600.jpg)



---

## Die Solaris 5000 Testsolarzellen

Mit den beiden vorliegenden Solarzellen, die in der Solaris 5000 verbaut werden, können Sie die Solarzellen für Ihren Bedarf testen, um so die benötigte Anzahl an Solarmodulen zu ermitteln. Führen Sie dazu die wie folgt beschriebenen Messungen durch.

Anschließend können Sie mit den ermittelten Daten die beim Einbau in die Solaris 5000 real zu erwarteten Werte errechnen. Bei Schwierigkeiten stehen wir Ihnen jeder Zeit gerne zur Verfügung.

Achten Sie bitte auf den **korrekten Einsatz des Messgeräts**. Falls Sie sich hier unsicher sind, können Sie im beiliegenden Informationsblatt nachsehen.

Achten Sie außerdem für eine optimale Messung auf den stets **gleichen Abstand der Lichtquelle zu den Solarzellen**. Legen Sie dafür die Solarzellen auf den Sockel der Lampe und verstellen Sie den Lampenkopf nicht.

### Material:

- 2 Solarzellen (Entnommen aus der Solaris 5000)
- Multimeter
- Kabel
- Lampe

### Durchführung:

- 6.** Messen Sie zunächst die Spannung  $U$  und die Stromstärke  $I$  bei einer der beiden Solarzellen (Die Solarzellen sind baugleich.) für die beiden Beleuchtungsstufen (Stufe 1: ohne Lampe; Stufe 2: mit Lampe) und notieren Sie sich die Werte in der Tabelle 4.
  
- 7.** Schalten Sie nun Solarzelle 1 und 2 in Reihe und messen sie über beide Solarzellen die Spannung  $U$  und die Stromstärke  $I$  bei beiden Beleuchtungsstufen. Tragen Sie die Werte in Tabelle 4 ein. .
  
- 8.** Berechnen Sie für alle Messungen die Leistung.







Bild von WikimediaImages auf Pixabay

# RENEWERGY

Für die grüne Energie von morgen

## Der Bioreaktor Biotricity 3000

Allgemeine Informationen

Biotricity 3000 Testanlage

Technische Daten

Preis

# Biotricity 3000 - Der Bioreaktor mit Brennstoffzelle zur Stromerzeugung von RENEWERY

In Bioreaktoren, die häufig auch als Fermenter bezeichnet werden, werden bestimmte Mikroorganismen, Zellen oder kleine Pflanzen unter möglichst optimalen Bedingungen kultiviert. Sie befinden sich dabei in einer Nährlösung oder einem Substrat. Zweck dieser Kultivierung ist es, entweder die Zellen bzw. Organismen selbst, Teile von ihnen oder deren Stoffwechselprodukte zu gewinnen. Im Bioreaktor Biotricity 3000 von Renewergy werden spezielle Bakterien eingesetzt, deren Stoffwechselprodukt unter anderem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ist.

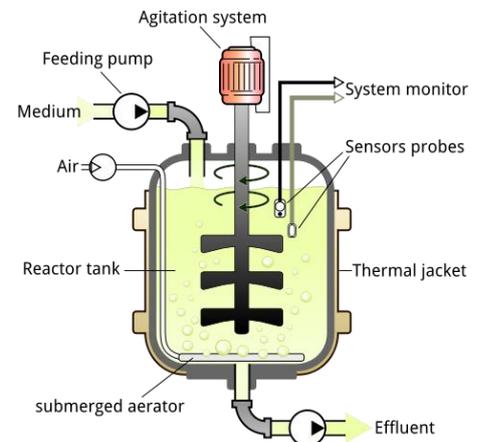
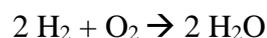


Abbildung 9: Schema eines Bioreaktors

[GYassineMrabetTalk](#), [Bioreactor principle](#), [CC BY-SA 3.0](#)

## Wie kann aus Wasserstoff Strom erzeugt werden?

Wasserstoff kann mit Hilfe einer Brennstoffzelle in Strom umgewandelt werden. Brennstoffzellen sind also Energiewandler. Die Gesamtreaktion einer Brennstoffzelle entspricht der Verbrennungsreaktion des Brennstoffes. Daher nennt man die Umsetzung in einer Brennstoffzelle auch „kalte Verbrennung“, wobei direkt (d. h. ohne Umweg über Wärmeenergie) elektrische Energie erhalten wird. Die Umsetzung mit Wasserstoff erfolgt dabei nach folgender Reaktionsgleichung:



Dabei wird elektrische Energie frei, die abgegriffen werden kann.

## Der Biotricity 3000:

Unser Biotricity 3000 besteht aus einem Bioreaktor mit angeschlossener Brennstoffzelle, so dass der von den Bakterien produzierte Wasserstoff direkt in Strom umgewandelt werden kann. Wir haben für Sie verschiedene Reaktorgrößen im Angebot. Für Details und Preise sehen Sie bitte unter "Technische Daten" weiter hinten in der Broschüre nach.







# Windkarte für ECONEUINGEN



## Legende

Windgeschwindigkeit:  $v = 12 \text{ m/s}$

Nutzungsgrad: 30 %

Windgeschwindigkeit:  $v = 8 \text{ m/s}$

Nutzungsgrad: 35 %

Windgeschwindigkeit:  $v = 4 \text{ m/s}$

Nutzungsgrad: 35 %

Windgeschwindigkeit:  $v = 2 \text{ m/s}$

Nutzungsgrad: 35 %

## Nutzungsgrad:

Der Nutzungsgrad gibt an, wie viel Prozent des Jahres die Anlage genutzt werden kann.



# Solarstrahlungskarte für ECONEUINGEN



## Legende

Solarstrahlung: Stufe 2

Nutzungsgrad: 20 %

Solarstrahlung: Stufe 1

Nutzungsgrad: 30 %

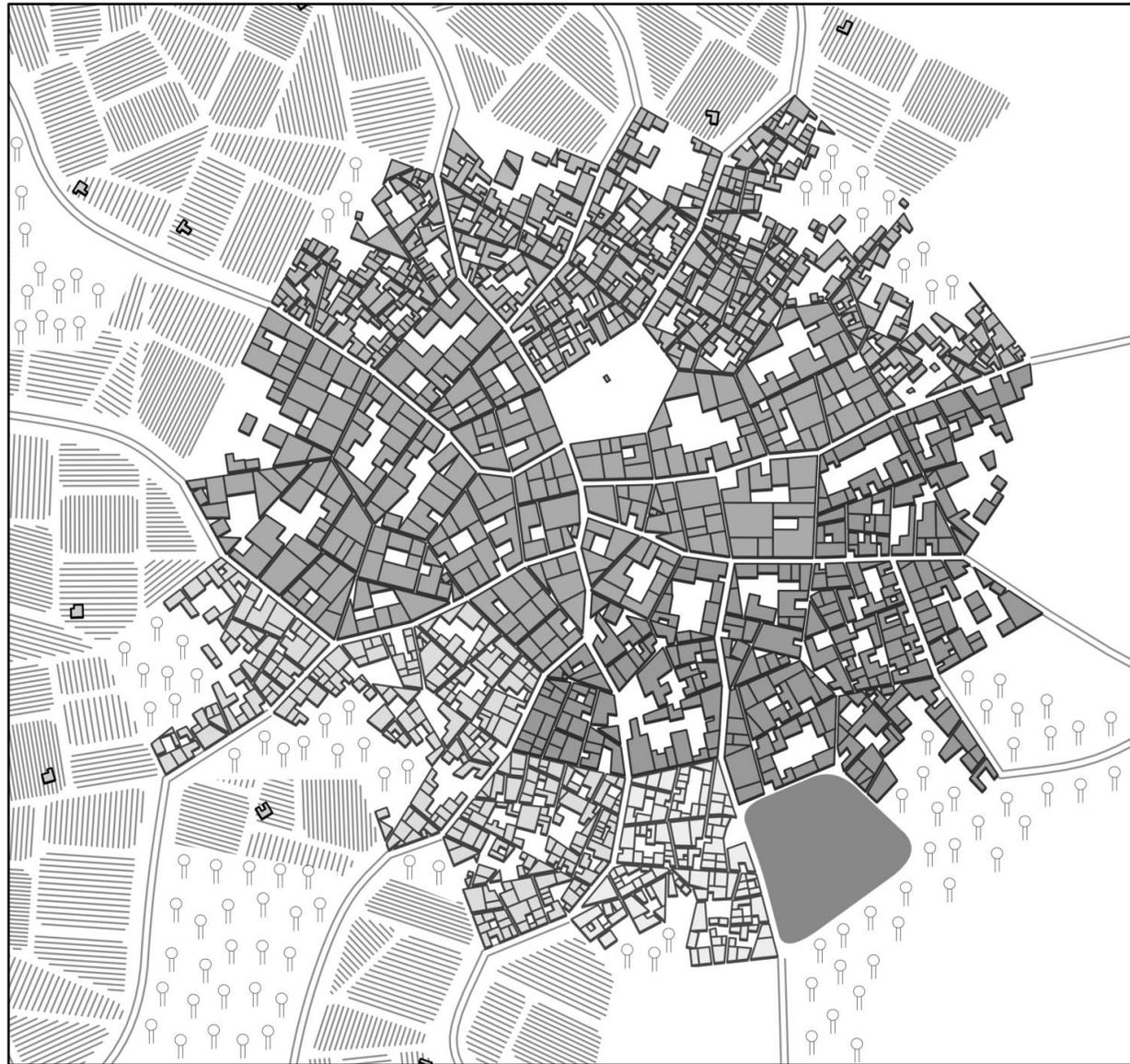
Solarstrahlung: Stufe 0

Nutzungsgrad: 50 %

## Nutzungsgrad:

Der Nutzungsgrad gibt an, wie viel Prozent des Jahres die Anlage genutzt werden kann.





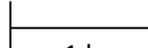
**Legende:**

 Bäume

 Feld

 See

Maßstab:

 1 km



## 5.2 Materialliste

In Tabelle 10 sind die Materialien aufgelistet, sowie spezifische Hinweise Links zu den von mir verwendeten Materialien. Natürlich können auch andere verwendet werden. Das Material muss dann bezüglich der Zahlen und Werte entsprechend angepasst werden.

Tabelle 10: Verwendete Materialien und Hinweise

Material	Link	Hinweis	Abbildung
Windrad	<a href="https://shop.rewe.de/p/4m-green-science-windrad/874FG0KK">https://shop.rewe.de/p/4m-green-science-windrad/874FG0KK</a>	Um Strom bzw. Spannung messen zu können, muss zwischen dem Generator und der LED ein Messanschluss angelötet werden und aus der Gondel herausgeführt werden. Dabei unbedingt Schutzstecker an die Kabelenden anbringen!	
Solarzelle	<a href="https://www.reichelt.de/entwicklerboards-solarpanel-0-5-w-debo-solar-0-5w-p254385.html?&amp;trstct=pos_0&amp;nbc=1">https://www.reichelt.de/entwicklerboards-solarpanel-0-5-w-debo-solar-0-5w-p254385.html?&amp;trstct=pos_0&amp;nbc=1</a>	Für die Messung mit dem Multimeter sollten Kabel zur Verfügung gestellt werden, die auf der einen Seite einen male-Anschluss und auf der anderen einen Schutzstecker aufweisen	
Lampe		Hier sollte am besten eine Solarlampe oder ein Baustrahler verwendet werden.	

Föhn bzw Ventilator	<a href="https://www.lidl.de/de/silvercrest-haartrockner-mit-ionenfunktion-2200-watt-180-cm-kabellaenge/p334382">https://www.lidl.de/de/silvercrest-haartrockner-mit-ionenfunktion-2200-watt-180-cm-kabellaenge/p334382</a>	Standventilator bietet den Vorteil, dass der Abstand konstant bleibt	
Bioreaktor mit Brennstoffzelle	<a href="https://h-tec-education.com/education-kits/fuel-cell-kits?page=2">https://h-tec-education.com/education-kits/fuel-cell-kits?page=2</a>	Der Bioreaktor kann selbst gebaut werden . Die Brennstoffzelle kann über linksstehenden Link bezogen werden, genauso wie der Ventilator.	
Multimeter	<a href="https://www.reichelt.de/multimeter-digital-2000-counts-palm-size-ut-131b-p224311.html?&amp;trstct=pol_26&amp;nbc=1">https://www.reichelt.de/multimeter-digital-2000-counts-palm-size-ut-131b-p224311.html?&amp;trstct=pol_26&amp;nbc=1</a>		

---

## 6 Lösungen zu den Arbeitsblättern

Die vorliegenden Lösungen wurden mit bestem Gewissen und viel Sorgfalt erstellt. Dennoch kann es sein, dass die Werte nicht mit denen aus Ihrer Durchführung übereinstimmen. Dies liegt an verschiedenen Messungenauigkeiten. Deshalb sollte vor der Durchführung mit den Schülerinnen und Schülern eine Probemessung durchgeführt und bei der Sicherung bei abweichenden Werten eingegriffen werden. Eventuell müssen auch die Umrechnungsfaktoren angepasst werden.

### 6.1 Lösung Windkraft

Tabelle 11: Gemessene Werte der Wipo 2000 Testanlage

Windgeschwindigkeit	Spannung	Stromstärke (durch R)	Stromstärke (Gesamt)	Leistung
Stufe 1	1 V	5 mA	10 mA	0,01 W
Stufe 2	1,5 V	7 mA	14 mA	0,021 W

Tabelle 12: Errechnete Werte der realtechnischen Wipo 2000 Anlage

Windgeschwindigkeit	Leistung [MW]
Stufe 1 (entspricht $v_{\text{Wind}} = 8 \text{ m/s}$ )	2,6
Stufe 2 (entspricht $v_{\text{Wind}} = 12 \text{ m/s}$ )	3,4

## 6.2 Lösung Photovoltaik

Tabelle 13: Ermittelte Werte der WIpo 2000 Testanlage

Solarzelle(n)	Beleuchtungsstufe	Spannung [V]	Stromstärke [A]	Leistung [W]
SZ 1	1	2,5	0,1	0,25
	2	5,7	0,1	0,57
SZ 1 + SZ 2	1	5,3	0,1	0,53
	2	11,3	0,1	1,13

1. Unsere Module bestehen aus jeweils 600 Solarzellen, die in Reihe geschaltet werden. Berechnen Sie, welche Leistung dieses Modul bei den beiden Beleuchtungsstärken abgeben kann.

<u>Beleuchtungsstufe 1:</u> $P_{\text{Modul}} = 2,5\text{V} * 600 * 0,1\text{A} = 150\text{W}$ oder $P_{\text{Modul}} = 0,25\text{W} * 600 = 150\text{W}$	<u>Beleuchtungsstufe 2:</u> $P_{\text{Modul}} = 5,7\text{V} * 600 * 0,1\text{A} = 340\text{W}$ oder $P_{\text{Modul}} = 0,57\text{W} * 600 = 340\text{W}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6.3 Lösung Bioreaktor

Tabelle 14: Ermittelte Werte des Biotricity 3000 Testreaktors

Spannung [V]	Stromstärke [A]	Leistung [W]
5	0,03	150 mW

Tabelle 15: Berechnete Werte des Biotricity 3000 für unterschiedliche Fassungsvermögen

Fassungsvermögen [l]	Leistung [kW]
500.000	150
1.666.666	500

Tabelle 16: Benötigte jährliche Anbaufläche zum Betrieb der verschiedenen Bioreaktoren

Fassungsvermögen [l]	Leistung [kW]	Benötigte Anbaufläche [km <sup>2</sup> ]
500.000	150	1,5 km <sup>2</sup>
1.666.666	500	5 km <sup>2</sup>

## 6.4 Lösungsvorschläge Standortanalyse

Berechnen Sie zunächst, wie viel an elektrischer Leistung die Stadt im Jahr benötigt. Runden Sie auf volle GWh.

$$5 * 10^6 * 24 * 265 = 43,8 \text{ GWh}$$

Ermitteln Sie, wie viel elektrische Leistung im Jahr momentan aus fossilen Energieträgern (inklusive "Sonstige") gewonnen wird. Diese soll zukünftig aus einem Mix von neuinstallierter Windkraft, Photovoltaik und Biomasse bereit gestellt werden. Runden Sie das Ergebnis auf volle GWh.

$$E = 43,8 \text{ GWh} * 0,98 = 43 \text{ GWh}$$

## Planungstabelle

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 1</b>							
Windkraft V=12	4	-	29784 MWh	120GWh	0,3	35,7 GWh	28 Mio €
PV Stufe 2	13500	-	340W	40 GWh	0,2	8 GWh	1,35 Mio €
Bioreaktor 1	1	1,5 km <sup>2</sup>	150 kW	1,314 GWh	1	1,314 GWh	4 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>45 GWh</b>	<b>33,35 Mio €</b>

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 2</b>							
Windkraft V=12	4	-	29784 MWh	120GWh	0,3	35,7 GWh	28 Mio €
PV Stufe 2	5500	-	340W	16 GWh	0,2	3,2 GWh	550 000 €
Bioreaktor 2	1	5 km <sup>2</sup>	500 kW	4,38 GWh	1	4,38 GWh	6,5 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>43,28 GWh</b>	<b>35,05 Mio €</b>

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 3</b>							
Windkraft V=12	3	-	29784 MWh	89 GWh	0,3	26,8 GWh	21 Mio €
PV Stufe 2	13000	-	340W	38,7 GWh	0,2	7,7 GWh	1,3 Mio €
Bioreaktor 2	2	10 km <sup>2</sup>	500 kW	8,8 GWh	1	8,8 GWh	13 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>43,3 GWh</b>	<b>35,3 Mio €</b>

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 4</b>							
Windkraft V=8	5	-	22776 MWh	114 GWh	0,35	39,9 GWh	35 Mio €
PV Stufe 1	5000	-	150 W	6,5 GWh	0,3	1,9 GWh	500000 €
Bioreaktor 1	1	1,5 km <sup>2</sup>	150 kW	1,3 GWh	1	1,3 GWh	4 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>43,1 GWh</b>	<b>39,5 Mio €</b>

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 5</b>							
Windkraft V=8	4	-	22776 MWh	91 GWh	0,35	32 GWh	28 Mio €
PV Stufe 1	13500	-	150 W	17,7 GWh	0,3	5,3 GWh	1,35 Mio €
Bioreaktor 1+2	Je 1x	6,5 km <sup>2</sup>	650 kW	5,7 GWh	1	5,7 GWh	10,5 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>43 GWh</b>	<b>39,85 Mio €</b>

Technologie	Anzahl	Benötigte Anbaufläche	Theoretische Leistung / Anlage bzw. Modul	Theoretische Jährliche Gesamtleistung	Nutzungsgrad (standortabhängig)	Tatsächliche jährliche Gesamtleistung	Preis
<b>Lösungsvariante 6</b>							
Windkraft V=12	3	-	29784 MWh	89 GWh	0,3	26,7 GWh	21 Mio €
PV Stufe 2	14000	-	340 W	41,7 GWh	0,2	8,3 GWh	1,4 Mio €
Bioreaktor 1+2	3+ 1	9,5 km <sup>2</sup>	950 kW	8,3 GWh	1	8,3 GWh	18,5 Mio €
<b>Gesamt</b>						<b>43,3 GWh</b>	<b>40,9 Mio €</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Netto-Strommix Deutschlands im Jahr 2019.....	19
Abbildung 2: Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen in Deutschland .....	20
Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer Windenergieanlage .....	21
Abbildung 4: Prinzipieller Aufbau eines Smart Grids .....	26
Abbildung 5: Verschiedene Stromspeichertechnologien.....	27

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Größen und ihre Einheiten .....	17
Tabelle 2: Ausgewählte Präfixe.....	17
Tabelle 3: Arbeitsblätter .....	32
Tabelle 4: Verwendete Materialien und Hinweise .....	60

---

## Literaturverzeichnis

In den vorliegenden Lehr- und Lernmaterialien " *Ein Planspiel zur Standortanalyse verschiedener, erneuerbarer Stromversorgungssysteme*" wurden für die Erstellung der Texte, Abbildungen und Tabellen, die nachfolgenden Bücher und Internetseiten verwendet.

Bildungsplan (2016): Bildungsplan des Gymnasiums. Bildungsplan 2016. Naturwissenschaft und Technik (NwT). Profulfach. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.).

Latzel, Mira (2019), Skript Vertiefung der Fachdidaktik. Universität Stuttgart.

O, Katrin (2013): Windenergie als alternative. [Place of publication not identified]: Grin Verlag

Kunz, Claudia (2019): Energiespeicher. Technologien und ihre Bedeutung für die Energiewende.

In: *Renews Spezial* (88), S. 6–11. Online verfügbar unter <https://energie>

Schwägele, Sebastian (Hg.) (2012): Planspiele - Lernen im Methoden-Mix. Integrative Lernkonzepte in der Diskussion. Norderstedt: Books on Demand (ZMS-Schriftenreihe, 4).

Schwägele, Sebastian; Zürn, Birgit; Trautwein, Friedrich (Hg.) (2014): Planspiele - Erleben, was kommt. Entwicklung von Zukunftsszenarien und Strategien. Norderstedt: Books on Demand (ZMS-Schriftenreihe, 5).

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>

[Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.chemie.de/lexikon/Bioreaktor.html> [Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/brennstoffzellen-heizung/was-sind-brennstoffzellen/> [Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.enercon.de/produkte/ep-2/e-103/> [Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.photovoltaiik.org/beispiele/freiflaechenanlage> [Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.photovoltaiik4all.de/solarmodule-?p=1> [Aufgerufen am 25.03.2020]

<https://www.uka-gruppe.de/buerger-kommunen/funktionsweise-einer-windenergieanlage/> [Aufgerufen am 25.03.2020]

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: [3.12 Netto-Elektrizitätsverbrauch in Deutschland nach Verbrauchergruppen](#). November 2015, abgerufen am 11. Mai 2016

<https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie>

[Aufgerufen am 01.09.2020]

<https://strom-report.de/strom/#strommix-2019-deutschland> [Aufgerufen am 14.08.2020]

<https://www.unendlich-viel-energie.de/energiespeicher-technologien-und-ihre-bedeutung-fuer-die-energiewende2> [Aufgerufen am 16.09.2020]

<https://www.starting-up.de/gruenden/standort/standortanalyse.html>

[Aufgerufen am 16.09.2020]

<https://www.tuvsud.com/de-de/indust-re/klima-und-energie-info/power-to-x>

[Aufgerufen am 16.09.2020]

---

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/speichertechnologien.html> [Aufgerufen am 16.09.2020]

<https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid>  
[Aufgerufen am 17.09.2020]

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/intelligente-netze.html> [Aufgerufen am 17.09.2020]

[https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_gr%C3%B6%C3%9Ften\\_Wasserkraftwerke\\_der\\_Erde](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_Wasserkraftwerke_der_Erde)  
[Aufgerufen am 12.09.2020]

[https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk\\_Goldisthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk_Goldisthal) [Aufgerufen am 12.09.2020]

<https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie>  
[Aufgerufen am 05.09.2020]

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/467755/umfrage/leistung-von-wasserkraftanlagen-nach-laendern/> [Aufgerufen am 18.09.2020]

<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Windenergie-an-Land/windenergie-an-land.html> [Aufgerufen am 20.08.2020]

<https://www.photovoltaik.org/beispiele/freiflaechenanlage> [Aufgerufen am 12.09.2020]

<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Solarenergie-Photovoltaik/solarenergie-photovoltaik.html> [Aufgerufen am 22.09.2020]

[http://energie-strom.com/erneuerbare\\_energien/windkraft/windkraftanlagen.html](http://energie-strom.com/erneuerbare_energien/windkraft/windkraftanlagen.html) [Aufgerufen am 15.09.2020]

## Bildquellen

<https://strom-report.de/strom/#strommix-2019-deutschland>

[https://www.uka.gruppe.de/fileadmin/assets/de\\_DE/images/190722\\_Illustration\\_Solaranlage\\_final\\_800x600.jpg](https://www.uka.gruppe.de/fileadmin/assets/de_DE/images/190722_Illustration_Solaranlage_final_800x600.jpg) [Aufgerufen am 23.03.2020]

Arne Nordmann ([norro](#)), [Windkraftanlage](#), [CC BY-SA 3.0](#)

[GYassineMrabetTalk](#) , [Bioreactor principle](#), [CC BY-SA 3.0](#)

[AKiessling](#), [EEnergy SmartGrid](#), [CC BY-SA 3.0](#)

Bild von [WikimediaImages](#) auf [Pixabay](#)

Bild von [torstensimon](#) auf [Pixabay](#)

Bild von [Lukas Bieri](#) auf [Pixabay](#)

