

## Automaten & künstliche Intelligenz

# Künstliche Intelligenz in der Energiewende und Wasserstoffstrategie

Wiebke Arps



Hiroshi Watanabe/Digital Vision/Getty Images

Das Unterrichtsmaterial gibt gemäß der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) Einblick in die Energiewende und die Wasserstofftechnologie sowie in die unterstützende Rolle von KI. Lassen Sie Ihre Lernenden die Chancen auf mehr Nachhaltigkeit im Energiesektor, aber auch die Herausforderungen der neuen Technologien verstehen, indem sie Aufbau und Funktionsweise des zukünftigen Energienetzes analysieren. Ihre Lernenden analysieren, inwieweit innovative KI-Anwendungen die Zukunft der Energienetze unterstützen. Dabei erarbeiten sie Fachtermini von Energiewende, Wasserstofftechnologie und Netzmanagement. Lassen Sie Ihre Lernenden als Expertinnen und Experten der neuen Energien ausgewählte, zukunftsweisende KI-Anwendungen analysieren.

---

### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	7/8
<b>Dauer:</b>	5 Unterrichtsstunden
<b>Lernziele:</b>	Die Lernenden ... 1. erläutern wichtige Bausteine von Energiewende, Wasserstoffstrategie und Veränderungen im Energienetz, 2. beschreiben innovative KI-Anwendungen für zukünftige Energienetze, 3. erörtern KI-Anwendungen und deren Sicherheitsrisiko.
<b>Thematische Bereiche:</b>	Energiewende, Wasserstoffstrategie, zukünftige Energienetze, KI-Anwendungen, künstliche Intelligenz
<b>Kompetenzbereiche</b>	Argumentieren, Darstellen und Interpretieren, Kommunizieren und Kooperieren

---

## Didaktisch-methodische Hinweise

### Was sollten Sie zum Thema wissen?

Mit dieser Unterrichtseinheit vermitteln Sie Ihren Schülerinnen und Schülern mit Bezug zur Nachhaltigkeit einen Einblick in die Grundzüge der Energiewende, der Wasserstofftechnologie und des Netzmanagements des zukünftigen Energienetzes. Ferner werden Aufbau und Funktion exemplarischer, innovativer KI-Anwendungen zur Unterstützung des zukünftigen, nachhaltigen Energienetzes untersucht. Ihre Lernenden erarbeiten sich zunächst arbeitsteilig in Expertengruppen wichtige Aspekte, Motivation, Hintergrund und Fachbegriffe zu den Kernelementen der Energiewende, der Einbindung von „grünem“ Wasserstoff und der Herausforderungen an das Netzmanagement der zukünftigen Energienetze. Nach der Diskussion der Ergebnisse im Plenum und auf der gemeinsamen Verständnisbasis analysieren die Lernenden anschließend zukunftsweisende, exemplarische KI-Anwendungen bezüglich des technischen Aufbaus und der Funktion. Als abschließenden wesentlichen Schritt prüfen und erörtern Ihre Expertinnen und Experten, für welche Herausforderungen des zukünftigen Energienetzes die jeweilige Anwendung Nutzen oder eher Risiken mit sich bringt.

### Wie kann die Erarbeitung des Themas im Unterricht erfolgen?

#### Vorbereitung

- Projektionsmöglichkeit (Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor) bereithalten
- Internetzugang im Klassenraum sicherstellen
- ausreichend Laptops/PCs bereitstellen (mindestens 1 Gerät pro Schülerpaar)

#### Einstieg

Projizieren Sie als zentralen Einstieg in die Unterrichtseinheit das Gespräch **M 1**. Lassen Sie diesen Satz für Satz durch Freiwillige laut vorlesen. Zur Vertiefung des Textverständnisses lassen Sie die Lernenden in Zweiergruppen die fett gedruckten Überschriften in der Tabelle zuordnen. Diese Überschriften gliedern das Thema in seine wesentlichen Teilbereiche, die im Anschluss von den Expertengruppen intensiv erarbeitet werden. (Aufgabe 1).

Lassen Sie Aufgabe 2 in drei Expertengruppen A, B und C für jede der Überschriften in den Tabellenspalten bearbeiten. Dabei ist Thema A „Klimawandel und Energiewende“ auf einfachem, Thema B „Die Wasserstoffstrategie“ auf mittlerem und Thema C auf schwierigem Niveau. Die Gruppen recherchieren, falls notwendig, selbstständig zu den Stichworten, sichern damit einen ersten Überblick zu ihrem Themenbereich und grenzen das Thema ein. Im Anschluss erarbeiten sich die Gruppen Fragestellungen zur weiteren Erschließung des Themas und formulieren eigene Fragen, die ihnen zum Verständnis wichtig sind. Lassen Sie die Ergebnisse jeder Gruppe vor der Klasse vorstellen. Leiten Sie zu **M 2a–M 2c** über. Verdeutlichen Sie, dass die Lernenden nach der Bearbeitung als Expertinnen und Experten für ihr spezielles Thema in der Lage sein sollen, wesentliche Aspekte, Fachbegriffe sowie technische Funktion und Aufbau zu beschreiben und wesentliche Herausforderungen zu beurteilen.

#### Erarbeitung

Die Lernenden aus Gruppe A schauen **als Vorbereitung für M 2a** das Erklärvideo *Energiewende einfach erklärt* (<https://www.youtube.com/watch?v=rhz5uLuN5zU>) an. Die Anforderungen sind auf einfacherem Niveau. Das Titelthema von **M 2a** ist mit den Puzzlesteinen und den Überschriften in Einzelblöcke unterteilt, um das Thema im Sinnzusammenhang zu erschließen. Die Lernenden recherchieren und diskutieren die vermischten Stichworte und Aussagen A bis V aus der Liste in **M 2a** und eignen sich damit ein vertieftes, inhaltliches Verständnis an. Sie ordnen die Zusammenhänge und erschließen sich Sinnzusammenhang und Querbezüge, indem sie im Anschluss die Aussagen den Überschriften zuordnen und das „Puzzle“ legen. Mit diesem Expertenwissen füllen die Lernenden

den Steckbrief zum Thema (Aufgabe 2) in freien Stichworten aus und können das Thema als Ganzes fachkundig einschätzen und verständlich darstellen. Als letzten Quercheck zum Verständnis sollten die Lernenden überprüfen, inwieweit sie ihre eigenen Erschließungsfragen aus **M 1** beantworten können. Expertengruppe B bearbeitet **M 2b** auf mittlerem Niveau, das mit dem Erklärvideo *Wasserstoff als Energieträger der Zukunft* (<https://www.youtube.com/watch?v=ECHfMWnaJlq>) zur Vorbereitung des Themas startet. Ziel der Experteneinschätzung ist es, mithilfe der Aussagen A bis X in freien Worten einen Steckbrief zum Thema zu erstellen, der auch die eigenen Untersuchungsfragen aus **M 1** beantwortet. Expertengruppe C erarbeitet **M 2c** auf schwierigem Niveau. Zur Vorbereitung auf das Thema schauen die Lernenden das Erklärvideo *Wie funktioniert das Stromnetz heute und in Zukunft?* (<https://www.youtube.com/watch?v=szJQ5Pf9Aus>). Die Erarbeitung und Erschließung des Themas erfolgen über die Zuordnung der Informationen aus der Liste zu den Überschriften in der Tabelle. Mit der abschließenden Erstellung des Steckbriefs zum Thema sollen die Lernenden die Informationen auf den Punkt bringen und in einem Sinnzusammenhang darstellen und einschätzen. Auch hier sollten die Expertinnen und Experten in der Lage sein, die eigenen Erschließungsfragen aus **M 1** zu beantworten. Als allgemeine Verständigungsbasis und zur Sicherung der Ergebnisse stellen jeweils Freiwillige aus den Expertengruppen ihre Ergebnisse der Klasse vor.

Leiten Sie zu **M 3**, der Analyse von KI-Anwendungen, über. Die Analyse setzt das Expertenwissen aus **M 2a–M 2c** voraus. Projizieren Sie dazu die Grafik mit den drei KI-Anwendungen und verteilen Sie die Aussagen zu den allgemeinen Eigenschaften von KI, den Gefahren und Herausforderungen darunter. Lassen Sie die einzelnen Aussagen von Freiwilligen laut vorlesen und klären Sie Verständnisfragen dazu in einer Diskussion im Plenum. Die Lernenden bearbeiten die einzelnen KI-Anwendungen am sinnvollsten in Partnerarbeit. Die Anwendungen sind nach aufsteigendem Niveau und zunehmender Komplexität angeordnet, mit dem intelligenten Stromzähler im Haushalt auf einfachem Niveau.

Die Lernpaare für die drei KI-Anwendungen diskutieren anhand der Grafik und den angegebenen allgemeinen und spezifischen Aussagen die Funktionsweise und den Sinn „ihrer“ KI-Anwendung. Im Steckbrief schätzen sie aus ihrer Sicht die KI-Anwendung ein und benennen auch, welchen speziellen Nutzen die Anwendung für die Herausforderungen des zukünftigen Energienetzes hat und welche Risiken ggf. damit verbunden sind. Lassen Sie für jede KI-Anwendung ein freiwilliges Lernpaar die Ergebnisse vor der Klasse vorstellen und diskutieren Sie diese gemeinsam.

Leiten Sie zu dem fiktiven Interview **M 4** über, in dem die Experteneinschätzungen der Lernenden gefragt sind. Die Bearbeitung der **Lernerfolgskontrolle** erfolgt sinnvollerweise in Einzelarbeit.

## Auf einen Blick

### Benötigte Materialien

- Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor
- Laptop/PC/Tablet
- Internetzugang

### Einstieg

**Thema:** Fachbegriffe zu Energiewende, Wasserstoffstrategie und der Rolle von KI mit Nachhaltigkeitsbezug

**M 1** Kann KI die Energiewende und die zukünftigen Energienetze unterstützen?

### Erarbeitung

**Thema:** KI-Anwendungen nach Aufbau, Funktion und Nachhaltigkeitsaspekten

**M 2a** Klimawandel und Energiewende richtig verstehen

**Benötigt:**  <https://www.youtube.com/watch?v=rhz5uL0N5zU>

**M 2b** Wasserstofftechnologie und -strategie richtig verstehen

**Benötigt:**  Erklärvideo: Wasserstoff als Energieträger der Zukunft <https://www.youtube.com/watch?v=ECHfMWnaJg>

**M 2c** Das heutige und zukünftige Energienetz richtig verstehen

**M 3** Künstliche Intelligenz im Energienetz der Zukunft

**Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor

### Lernerfolgskontrolle

**M 4** LEK: Expertinnen- und Experteninterview

**Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor

### Erklärung zu den Symbolen



Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.



leichtes Niveau



mittleres Niveau



schwieriges Niveau

M 2b

Wasserstofftechnologie und -strategie richtig verstehen



Wiebke Arps © RAABE

Aufgabe 1

- a) **Schaut** euch auch das Erklärvideo <https://www.youtube.com/watch?v=EChfMWna1Iq> zu Wasserstoff als Energieträger an.
- b) **Macht** euch in der Gruppe mit den in der Liste (A–Y) angegebenen Informationen **vertraut** und **recherchiert**, wenn nötig, im Internet dazu.
- c) **Diskutiert** die Informationen aus der Liste in der Gruppe und **ordnet** sie abgekürzt durch die Großbuchstaben den zugehörigen Überschriften in der Tabelle unten zu.  
Hinweis: Mehrfachnennungen sind möglich
- d) „**Legt**“ die Puzzlesteine mit den Überschriften aus der Tabelle passend und mit sinnvollem Bezug zueinander **zusammen**, indem ihr eine einfache Skizze der Puzzlesteine mit den Überschriften in der richtigen Formation anfertigt.

Anwendungen und Nutzen	Herausforderungen	Wasserstoff-Strategie	Transport und Lagerung	Unterstützung durch Technologie und KI	Erzeugung von Wasserstoff
A, ...					

### Informationen

- A. Um die Klimaziele zu erreichen und als wichtiger Baustein der Energiewende, wird in Deutschland die Wasserstoffstrategie verfolgt: „Grüner“ Wasserstoff als wirkungsvolle Maßnahme gegen Treibhausgasemissionen und als Speichermöglichkeit für Strom aus erneuerbaren Quellen.
- B. Die Energie aus „erneuerbarem“ Strom kann mithilfe von Wasserstoff auch in Bereichen verwendet werden, in denen Strom wenig hilfreich ist. Mit dieser sogenannten Sektorenkopplung ist Wasserstoff als Energieträger in den emissionsstarken und energieaufwendigen Bereichen Industrie, Verkehr und Wärme einsetzbar.
- C. „Grüner“ Wasserstoff kann aus sonnen- und/oder windreichen Ländern nach Deutschland importiert werden, nach dem Motto: „Shipping the sunshine“.
- D. In der Chemieindustrie ist Wasserstoff Rohstoff für Stickstoffdünger und synthetische Kraftstoffe (englisch: E-fuels).
- E. Im Bereich Verkehr ist Wasserstoff der „Kraftstoff“ für Elektrofahrzeuge und versorgt diese durch die On-Board-Brennstoffzellen mobil mit Strom.
- F. Wasserstoff erzeugt als Energieträger direkt Wärme durch Verbrennung in Knallgasheizungen oder indirekt in Brennstoffzellenheizungen oder Gasturbinen als Abwärme bei der Stromerzeugung.
- G. Die Herstellung von Wasserstoff in Deutschland als farb- und geruchsloses, ungiftiges Gas z.B. aus dem Rohstoff Wasser benötigt sehr viel Energie, die dann teilweise im Energieträger Wasserstoff chemisch gespeichert ist. Ein Teil der Energie geht bei der Herstellung als Abwärme verloren. Die Herstellung von Wasserstoff ist geeignet, eine zeitweise Überproduktion von Strom aus erneuerbaren Quellen aufzufangen.
- H. Reiner Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft beim kleinsten Funken in einer Knallgasexplosion. Um das zu verhindern, sind der sichere Transport und die Lagerung von Wasserstoff aufwendig.
- I. Bei der Elektrolyse leitet man Gleichstrom in eine leitende, wässrige Lösung ein. Dabei werden die kleinsten Wasserteilchen, die aus Wasserstoff- und Sauerstoffatomen bestehen, chemisch voneinander getrennt. Es entstehen die Gase Wasserstoff und Sauerstoff.
- J. Nichtgrüner Wasserstoff kann unter großer Wärmezufuhr und Treibhausgasemission auch aus Erdgas und Methangas hergestellt werden.
- K. Elektrolyse erfordert elektrische Energie und ist daher eine Speichermöglichkeit für Strom.
- L. Die Power-to-X-Strategie als Schlüsseltechnologie der Energiewende bezeichnet verschiedene Verfahren (Abkürzung: X), die eine zeitweise Überschussproduktion von Strom aus erneuerbaren Energien (englisch: Power) in Gas, Wärme oder in synthetischen Kraftstoffen speichern.
- M. Brennstoffzellen kehren den Vorgang der Elektrolyse um und erzeugen elektrischen Strom ohne Treibhausgasemissionen. Sie sind ein wichtiger Baustein der Energiewende. Wasserstoff und Sauerstoff aus der Umgebungsluft reagieren durch eine Membran „gebremst“ in einer Säure miteinander. Es entstehen Strom, Wärme und Wasserdampf.
- N. Brennstoffzellen benötigen sogenannte Katalysatoren für den Ablauf der chemischen Reaktion im Innern. Diese bestehen aus teuren Metallen wie Platin und „verbrauchen“ sich.
- O. Da gasförmiger Wasserstoff aus winzigen Teilchen besteht, benötigen Transport und Lagerung in Gasform hochdichte Rohre, Behälter und Anschlüsse. Die bestehende Erdgasinfrastruktur kann für Wasserstoff genutzt werden, muss aber umgerüstet werden, beispielsweise durch spezielle Kunststoffe und Metall-Kunststoff-Verbundsysteme.
- P. Gasförmiger Wasserstoff kann per Schiff oder mit Fahrzeugen in Druckbehältern unter hohem Druck transportiert werden.

- Q. **Flüssiger Wasserstoff kann in großen Tanks per Schiff transportiert werden, muss dafür aber unter großem Energieaufwand dauerhaft auf  $-253\text{ °C}$  gekühlt werden.**
- R. **Der Transport von Wasserstoff über ein sogenanntes Trägergas wie beispielsweise Ammoniak ist sicher, erfordert aber eine energieintensive Um- und Rückwandlung.** Hierfür sind zukünftig **energiesparende Verfahren und geeignete Katalysatoren** erforderlich.
- S. Die bestehenden Entladeeinrichtungen für Flüssiggas, sogenannte **LNG-Terminals** (Abkürzung für englisch: Liquid Natural Gas), sind für Erdgas ausgelegt, **eignen sich für Wasserstoff, erfordern jedoch eine Umrüstung für Wasserstoff.**
- T. Für die Wasserstoffstrategie sind **sehr große Wasserstoffmengen notwendig.**
- U. **Künstliche Intelligenz** kann die Wasserstoffstrategie mit **Leistungsprognosen für erneuerbare Energien** und einer **effizienteren Energieerzeugung** unterstützen.
- V. **Schwere Druckbehälter aus Stahl verringern das Gasvolumen zum Transport von Wasserstoff wesentlich, verschlechtern aber das Verhältnis von Nutzgewicht zu Behälter und damit die Wirtschaftlichkeit des Transports.**
- W. **„Grüner“ Wasserstoff** wird durch elektrischen Strom aus **erneuerbaren Quellen** hergestellt und erzeugt dabei **keine Treibhausgasemissionen.** Bei der Rückumwandlung in **Strom oder Wärme** entsteht als **„Abgas“ Wasserdampf.**
- X. Wasserstoff ist wegen seiner **hohen Energiedichte ein hervorragender Energieträger.** Seine Energiedichte pro Kilogramm ist **doppelt so hoch wie die von Erdgas.** Allerdings ist **Wasserstoff sehr „leicht“, und die auf das Volumen bezogene Energiedichte beträgt nur ein Drittel derjenigen von Erdgas.** Für die wirtschaftliche Weiterverarbeitung muss Wasserstoff daher **in der Regel aufbereitet werden.**
- Y. **Weiterentwicklungen der Brennstoffzellen zu noch größerer Wirtschaftlichkeit der Materialien, Kompaktheit und Leistungsstärke** eröffnen neue, mobile Einsatzmöglichkeiten.

### Aufgabe 2

Fertigt einen „Steckbrief“ rund um das Thema Wasserstoff an und **erörtert** die wesentlichen Aspekte, Ursachen, Hintergründe und Zusammenhänge zu den Überschriften in der Tabelle. Verwendet dazu auch die fettgedruckten Stichworte aus der Liste. Hinweis: Berücksichtigt eure Recherchefragen aus M 1.

### Aufgabe 3

Stellt die Ergebnisse aus dem „Steckbrief“ der Klasse **vor.**