

wwW – world wide Wasserstoff

Brettspiel für die 8. bis 10. Klasse



Inhaltsverzeichnis

Ziel	2
Spielausstattung	2
Vorbereitung	2
Spielregeln	4
Spielkarten zum Ausschneiden	6
Spielfiguren zum Ausschneiden	24
Zusatzmodule zum Ausschneiden	25
Spielgeld wwW-Euro	28
Wasserstoffanteile zum Ausschneiden	29
Scorecard	30
Hintergrundinformation	31

Was ist das Ziel von world wide Wasserstoff?

Ziel von wwW ist es, die Zusammenhänge einer Energieversorgung mit Wasserstoff darzustellen. Die Spieler*innen versuchen dabei möglichst viel Wasserstoff zu produzieren, Handel zu treiben, zu speichern und zu verstromen. Durch Zusatzmodule kann der Wasserstoffanteil erhöht werden. Wer die richtigen Bausteine der Wasserstoffwirtschaft kauft und sie richtig einsetzt, gewinnt.

Spielausstattung

- 1 Spielbrett
- 4 Spielfiguren
- 18 Besitzrechtkarten
- 16 Ereigniskarten
- 18 Zusatzmodule
- 2 Würfel
- 1 Satz Spielgeld
- 1 Satz Wasserstoffanteile
- 1 Satz Scorekarten
- 1 Spielanleitung

Die Spielvorbereitung

Als erstes druckt man die vorliegende Datei und „Spielplan“ in DinA4 in Farbe aus. Die Spielfiguren (Seite 17) werden ausgeschnitten, gerollt und zusammengeklebt. Die Ereignis- und Besitzrechtkarten (ab Seite 6) werden ebenfalls ausgeschnitten, gefaltet, zusammengeklebt. Das Geld und die Wasserstoffanteile (ab Seite 28) werden ausgeschnitten und sortiert. Ebenso müssen die Zusatzmodule (ab Seite 18) ausgeschnitten, gefaltet und zusammengeklebt werden. Last but not least werden die Scorekarten (Seite 30) ausgedruckt.

Der Spielplan kommt in die Mitte zwischen die Spieler, so dass jeder einen guten Zugang hat. Alle Karten, das Spielgeld, die Wasserstoffanteile und die Zusatzmodule werden um das Spielbrett herum arrangiert. Außerdem erhält jede*r Spieler*in eine Figur in der Farbe seiner Wahl. Die Figuren werden auf das Startfeld gestellt.

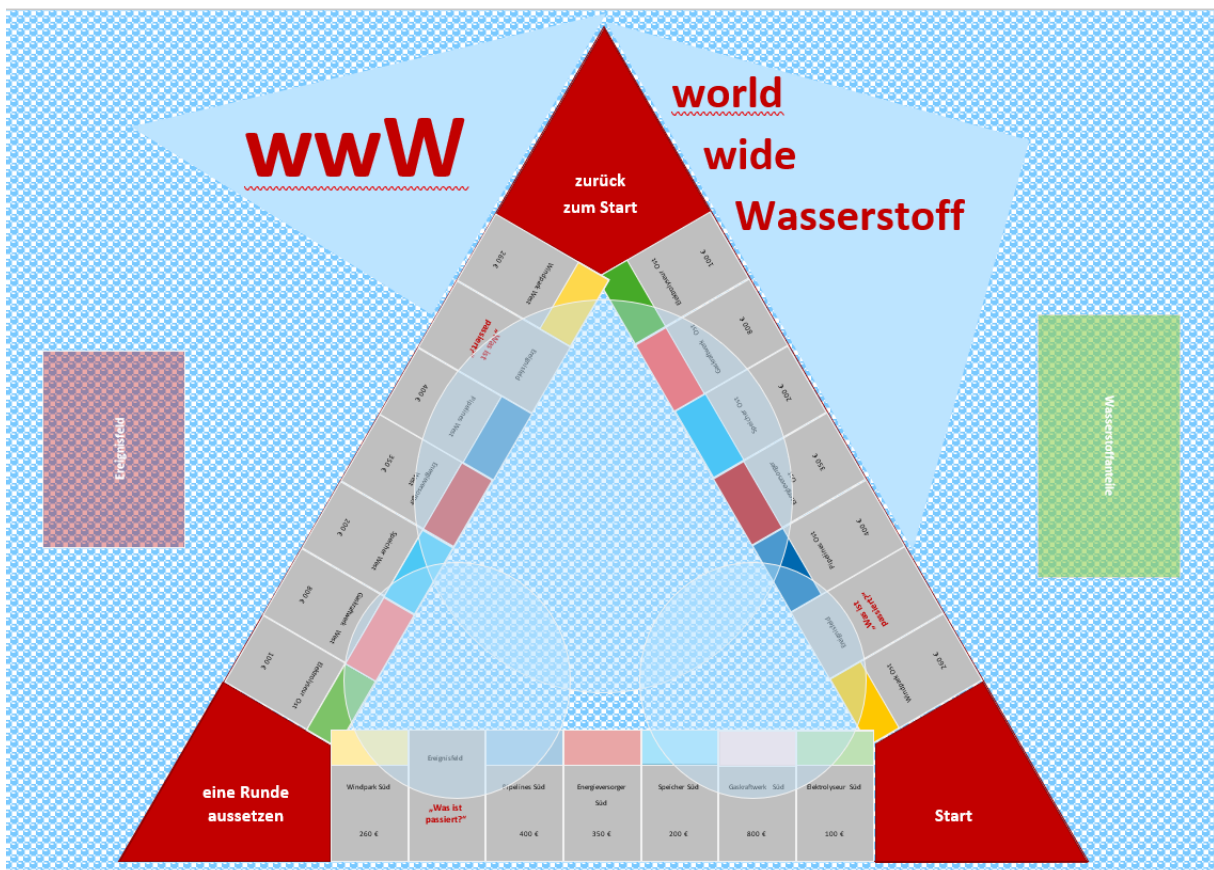
Jede*r Spieler*in sucht sich eine Spielfigur aus. Bis zu 4 Spieler können mitspielen – mindestens braucht es jedoch Zwei. Die Spielfiguren werden auf das „Start“-Feld gestellt. Die Ereigniskarten werden verdeckt auf das markierte Feld in der Mitte des Spielbretts gelegt.

Danach würfelt jede*r Spieler*in einmal mit beiden Würfeln. Der/die Spieler*in mit der höchsten Würfelzahl beginnt, dann werden die Würfel im Uhrzeigersinn weitergereicht. Ein*e Spieler*in muss die Funktion des/der Bankhalters*in übernehmen – also über die Ein- und Auszahlungen in die Bank wachen.

Ein wichtiger Schritt bei der Vorbereitung ist die Geldverteilung: Das Startkapital beträgt 2.500 wwW Euro aufgeteilt in:

4 x 500 €	4 x 100 €	1 x 50 €
1 x 20 €	2 x 10 €	2 x 5 €

Spielplan in A2:



Siehe anliegende Datei spielplan.pdf

Spielregeln

Der/die erste Spieler*in würfelt nun mit beiden Würfeln und zieht seine/ihre Spielfigur um die gewürfelte Augenzahl im Uhrzeigersinn nach vorne. Landet er/sie auf einem der bunt markierten Felder kann der/die Spieler*in diese Anlage kaufen. Der Preis steht dabei auf dem Feld als auch auf der dazugehörigen Karte. Das Geld wird der Bank übergeben.

Ereignisfelder

Landest Du auf einem der Ereignisfelder, muss Du eine Karte vom Stapel ziehen und sie laut vorlesen. Die auf der Karte beschriebene Aktion muss ausgeführt werden.

Das „Start“-Feld

Auf dem „Start“-Feld beginnen alle Spieler*innen. Landest Du erneut auf dem „Start“-Feld oder überschreitet es, werden Dir jedes Mal 200 wwW-Euro ausgezahlt.

Der nächste ist dran

Würfelt ein*e Spieler*in einen Pasch, zieht er/sie mit seiner Spielfigur entsprechend der Augenzahl weiter. Jetzt ist er/sie nochmal an der Reihe. Aber Achtung: Würfelst Du drei Mal hintereinander einen Pasch, musst Du auf das Aussetzen-Feld. Wird kein Pasch gewürfelt, ist der/die nächste Spieler*in an der Reihe.

Wann dürfen zusätzliche Bausteine hinzugefügt werden?

Wenn ein*e Spieler*in zwei Teile einer Kategorie besitzt. Dabei ist unerheblich, ob der/die Spieler*in auf einem der Felder steht.

Wasserstoff verkaufen

Der produzierte Wasserstoff kann an der Börse verkauft werden. 1000 kg Wasserstoff haben einen Preis von 100 €. Die Bank wickelt das Geschäft ab.

Wie funktionieren Hypotheken in wwW?

Wenn Du kein Bargeld mehr hast, kannst Du eine Deiner Anlagen mit einer Hypothek belasten. Wichtig ist dabei, dass alle zusätzlichen Bausteine auf dem jeweiligen Feld


zuvor an die Bank zurückverkauft werden müssen. Der Wert der Hypothek steht auf der Karte.

Spielende


Das Spiel endet nach 30 Minuten oder 10 Minuten vor Ende der Schulstunde. Alle Vermögenswerte jedes Spielers werden auf der Scorecard zusammengerechnet. Gewonnen hat der/die Spieler*in mit der größten Summe.

Spielkarten zum Ausschneiden, Falten und Kleben

Windpark Ost	
Anlagenwert	260 €
Einspeisertrag	100 €
5 Windkraftanlagen	300 €
10 Windkraftanlagen	500 €
15 Windkraftanlagen	700 €
5 WKA kostet	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €



Pipelines Ost	
Anlagenwert	400 €
Transportmenge	1000 kg
100 km Rohrleitung	3000 kg
200 km Rohrleitung	6000 kg
300 km Rohrleitung	9000 kg
100 km Rohrleitung kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €



- +

Windpark Süd

Anlagenwert	260 €
Einspeiseertrag	100 €
5 Windkraftanlagen	300 €
10 Windkraftanlagen	500 €
15 Windkraftanlagen	700 €
5 WKA kostet	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

⊗

- +

Windpark West

Anlagenwert	260 €
Einspeiseertrag	100 €
5 Windkraftanlagen	300 €
10 Windkraftanlagen	500 €
15 Windkraftanlagen	700 €
5 WKA kostet	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

⊗

- +
Pipelines Süd

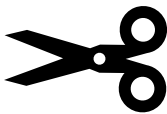
Anlagenwert	400 €
Transportmenge	1000 kg
100 km Rohrleitung	3000 kg
200 km Rohrleitung	6000 kg
300 km Rohrleitung	9000 kg
100 km Rohrleitung kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

⊗

- +
Pipelines West

Anlagenwert	400 €
Transportmenge	1000 kg
100 km Rohrleitung	3000 kg
200 km Rohrleitung	6000 kg
300 km Rohrleitung	9000 kg
100 km Rohrleitung kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

⊗




Speicher Ost

Anlagenwert	200 €
Speichermenge	1000 kg
10 Druckspeicher	2000 kg
20 Druckspeicher	3000 kg
30 Druckspeicher	4000 kg
10 Druckspeicher kosten	80 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	100 €

Elektrolyseur Ost

Anlagenwert	100 €
Wasserstofftrag	1000 kg
10 Elektrolysezellen	3000 kg
20 Elektrolysezellen	4000 kg
30 Elektrolysezellen	7000 kg
10 Elektrolysezellen kosten	50 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	50 €



-
+

Speicher Süd

Anlagenwert	200 €
Speichermenge	1000 kg
10 Druckspeicher	2000 kg
20 Druckspeicher	3000 kg
30 Druckspeicher	4000 kg
10 Druckspeicher kosten	80 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	
	100 €

⊗

-
+

Speicher West

Anlagenwert	200 €
Speichermenge	1000 kg
10 Druckspeicher	2000 kg
20 Druckspeicher	3000 kg
30 Druckspeicher	4000 kg
10 Druckspeicher kosten	80 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	
	100 €

⊗

- | +

Elektrolyseur Süd

Anlagenwert 100 €

Wasserstofftrag 1000 kg

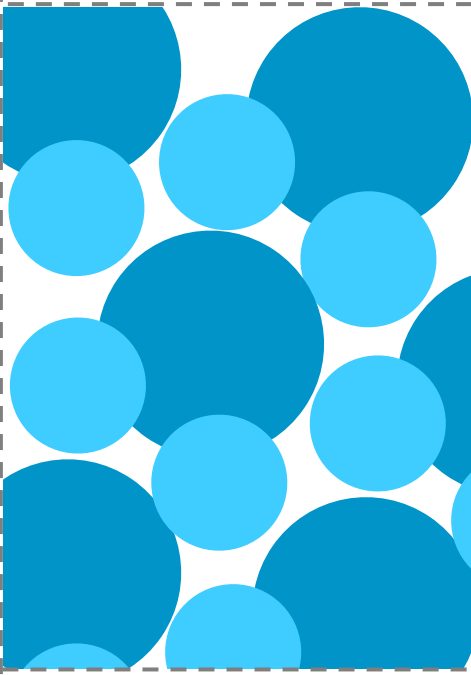
10 Elektrolysezellen 3000 kg

20 Elektrolysezellen 4000 kg

30 Elektrolysezellen 7000 kg

10 Elektrolysezellen kosten 50 €

Der Hypothekenwert der Anlage beträgt 50 €



⊗

- | +

Elektrolyseur West

Anlagenwert 100 €

Wasserstofftrag 1000 kg

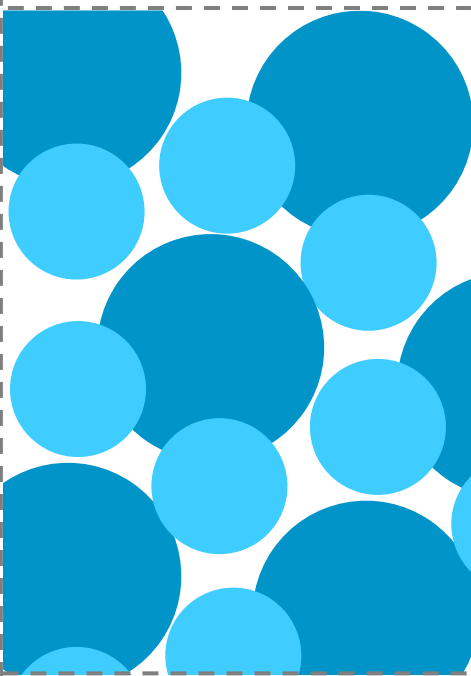
10 Elektrolysezellen 3000 kg

20 Elektrolysezellen 4000 kg


30 Elektrolysezellen 7000 kg

10 Elektrolysezellen kosten 50 €

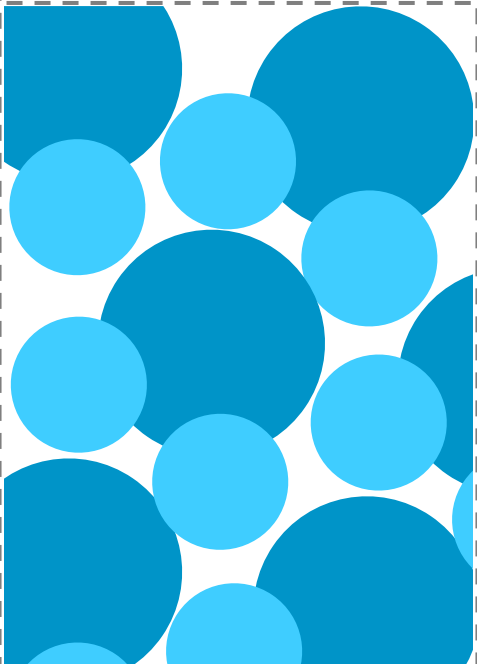
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt 50 €



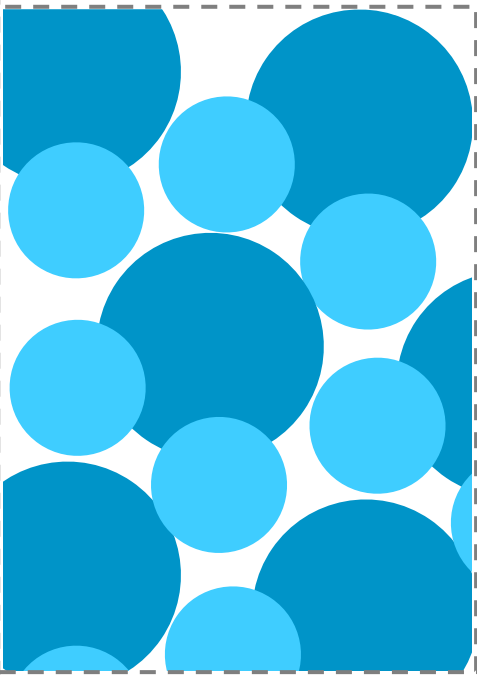

⊗



Gaskraftwerk Ost	
Anlagenwert	800 €
Einspeisertrag	150 €
1 Turbine	300 €
2 Turbine	450 €
3 Turbine	600 €
1 Turbine kosten	200 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	400 €



Energieversorger Ost	
Anlagenwert	350 €
Einnahmen	100 €
1000 Kunden	300 €
1000 Kunden	600 €
1000 Kunden	900 €
1000 Kunden kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

- +

Gaskraftwerk Süd

Anlagenwert	800 €
Einspeiseertrag	150 €
1 Turbine	300 €
2 Turbine	450 €
3 Turbine	600 €
1 Turbine kosten	200 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	400 €

⊗

- +

Gaskraftwerk West

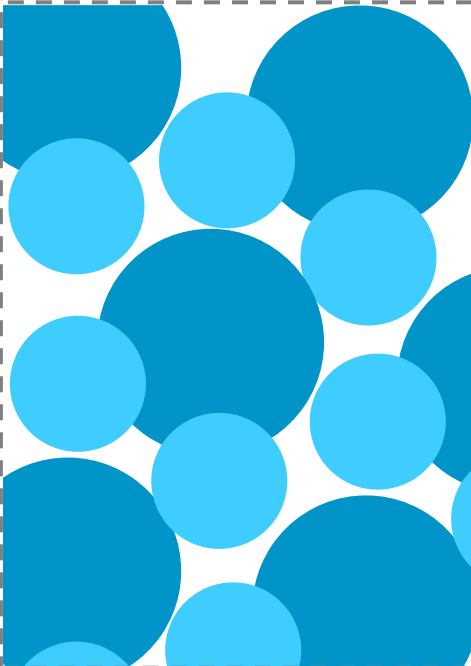
Anlagenwert	800 €
Einspeiseertrag	150 €
1 Turbine	300 €
2 Turbine	450 €
3 Turbine	600 €
1 Turbine kosten	200 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	400 €

⊗

- | +

Energieversorger Süd

Anlagenwert	350 €
Einnahmen	100 €
1000 Kunden	300 €
1000 Kunden	600 €
1000 Kunden	900 €
1000 Kunden kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €

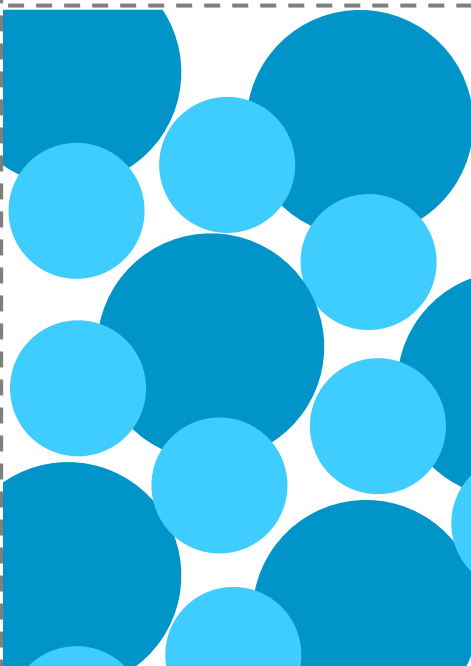


⊗

- | +

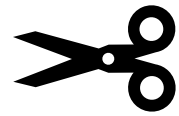
Energieversorger West

Anlagenwert	350 €
Einnahmen	100 €
1000 Kunden	300 €
1000 Kunden	600 €
1000 Kunden	900 €
1000 Kunden kosten	150 €
Der Hypothekenwert der Anlage beträgt	130 €



⊗

Ereigniskarten zum Ausschneiden, Falten und Kleben



- +

Der Schwerlasttransporter, der deine 8,75 Megawatt starke Elektrolyseanlage liefern soll, hat eine Reifenpanne. Du kannst nicht wie geplant produzieren. Um das Gaskraftwerk Süd nicht hängen zu lassen, kaufe 3000 kg Wasserstoff und liefere es ihm.

⊗

Was ist passiert?

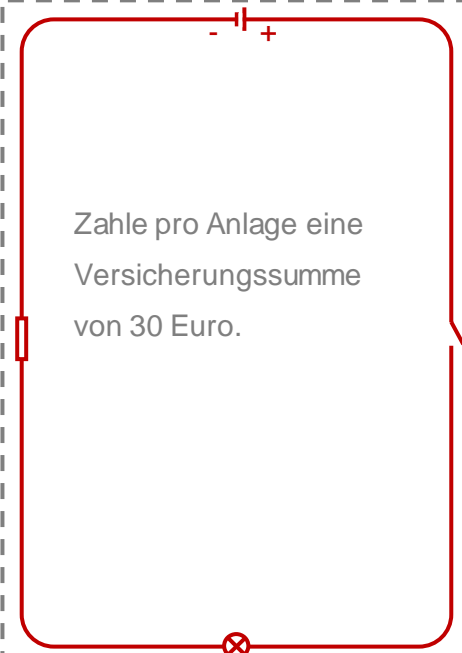
- +

Du hast nicht rechtzeitig Deine Speicherkapazitäten ausgebaut. Nun ist Dein Speicher voll und Du kannst keine weiteren Aufträge annehmen. Deine Kunden suchen sich einen anderen Speicher. Gib 2000 kg Wasserstoffanteile ab.

⊗

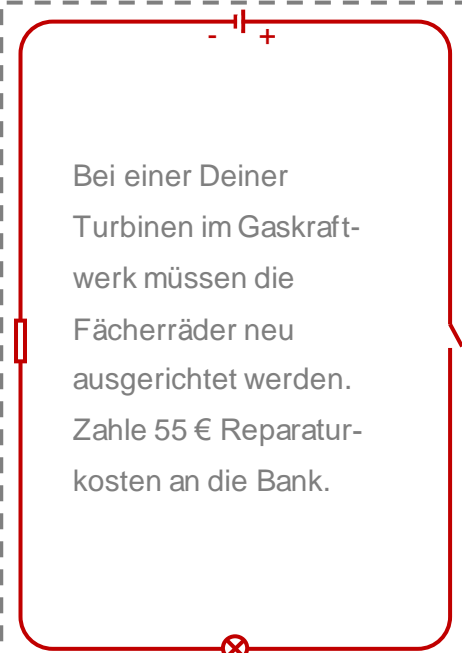
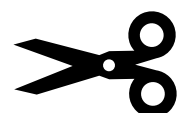
Was ist passiert?






Zahle pro Anlage eine Versicherungssumme von 30 Euro.

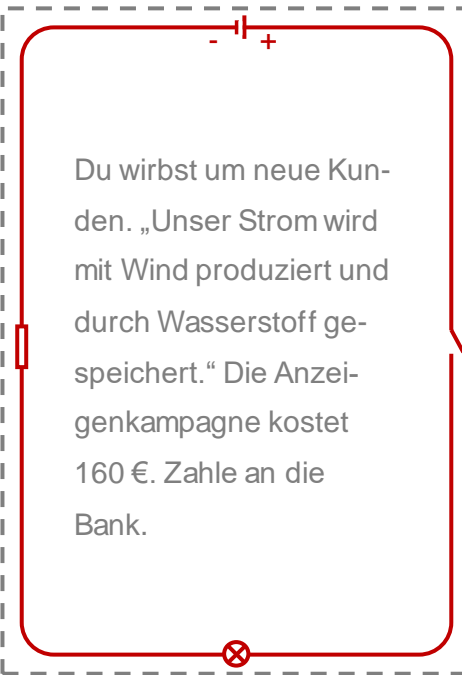
Was ist passiert?



Bei einer Deiner Turbinen im Gaskraftwerk müssen die Fächerräder neu ausgerichtet werden. Zahle 55 € Reparaturkosten an die Bank.

Was ist passiert?

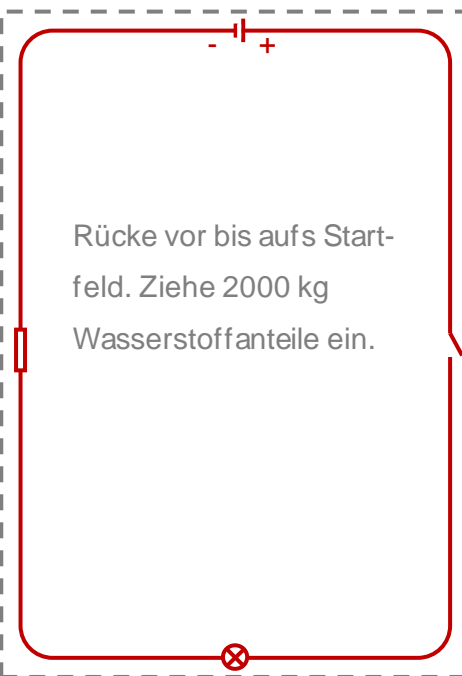
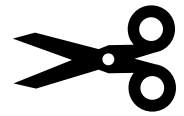
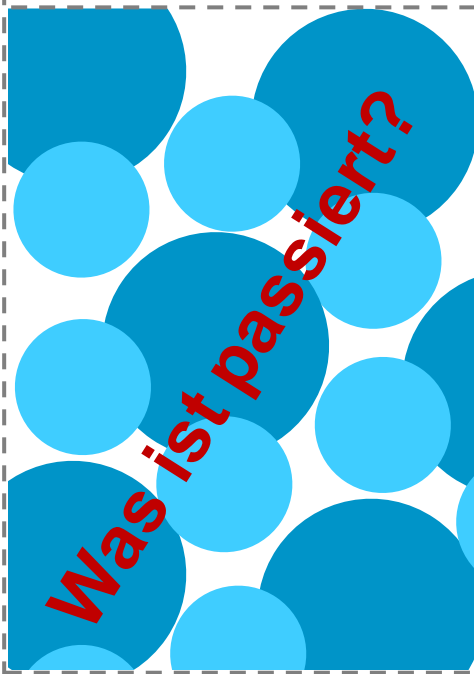




- +

Du wirbst um neue Kunden. „Unser Strom wird mit Wind produziert und durch Wasserstoff gespeichert.“ Die Anzeigenkampagne kostet 160 €. Zahle an die Bank.

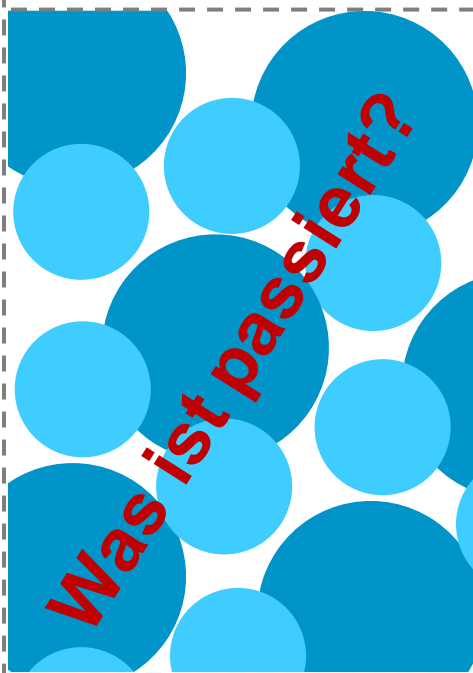
⊗

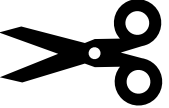


- +

Rücke vor bis aufs Startfeld. Ziehe 2000 kg Wasserstoffanteile ein.

⊗






Über deinen social media Kanal erreichst du viele Neukunden. Dein Slogan „Nachhaltig durch Erneuerbare - mit Wasserstoff in die Zukunft“ zieht. Agenturkosten 140 €. Zahle an die Bank.

Was ist passiert?

Der Wasserstoffmarkt in Deutschland ist wie leer gefegt. Du orderst an der internationalen Börse. Es werden Dir 5000 kg Wasserstoff per Flüssigwasserstofftanker geliefert. Nimm Dir die Anteile vom Stapel.

Was ist passiert?






Du schließt einen neuen Industriekunden an Deine Pipelines an. Dazu musst Du 20 Kilometer neue Rohrleitungen verlegen. Zahle 75 €.

Was ist passiert?

Lasse alle Deine Anlagen überholen. Zahle an die Bank für jede Anlage 70 wwW-Euro.

Was ist passiert?





- +

Während der Arbeit am Smartphone gedaddelt - Strafe 5 wwW-Euro.

Was ist passiert?

This block contains a red circuit diagram on the left with a battery symbol at the top and a light bulb symbol at the bottom. The text describes a smartphone usage penalty. On the right, there is a blue and light blue bubble pattern with the red text 'Was ist passiert?' overlaid. A scissors icon is positioned to the right of the bubble pattern.

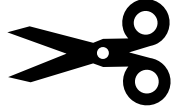


- +

Eine Deiner Windkraftanlagen hat einen Getriebebeschaden. Du kannst nicht die gewünschte Leistung ins Stromnetz einspeisen. Zahle 45 €.

Was ist passiert?

This block contains a red circuit diagram on the left with a battery symbol at the top and a light bulb symbol at the bottom. The text describes a wind turbine gearbox damage and its financial impact. On the right, there is a blue and light blue bubble pattern with the red text 'Was ist passiert?' overlaid. A scissors icon is positioned to the right of the bubble pattern.




Die Windernte war im letzten Monat besonders gut. Du kannst Strom für die Erzeugung von 5000 kg Wasserstoff liefern. Nimm Dir die entsprechenden Anteile vom Stapel.

Was ist passiert?

Rücke bis zum nächsten Windpark vor. Wenn Du über das Startfeld kommst, ziehe 2000 Wasserstoffanteile ein.

Was ist passiert?





- +

Rücke vor bis zum über-
nächsten Energieversor-
ger. Wenn du über Los
kommst, ziehe 2000
Wasserstoffanteile ein.

⊗

Was ist passiert?

- +

Du bekommst staatliche
Subventionen für den
Bau eines Elektroly-
seurs. Ziehe 160 wwW-
Euro ein.

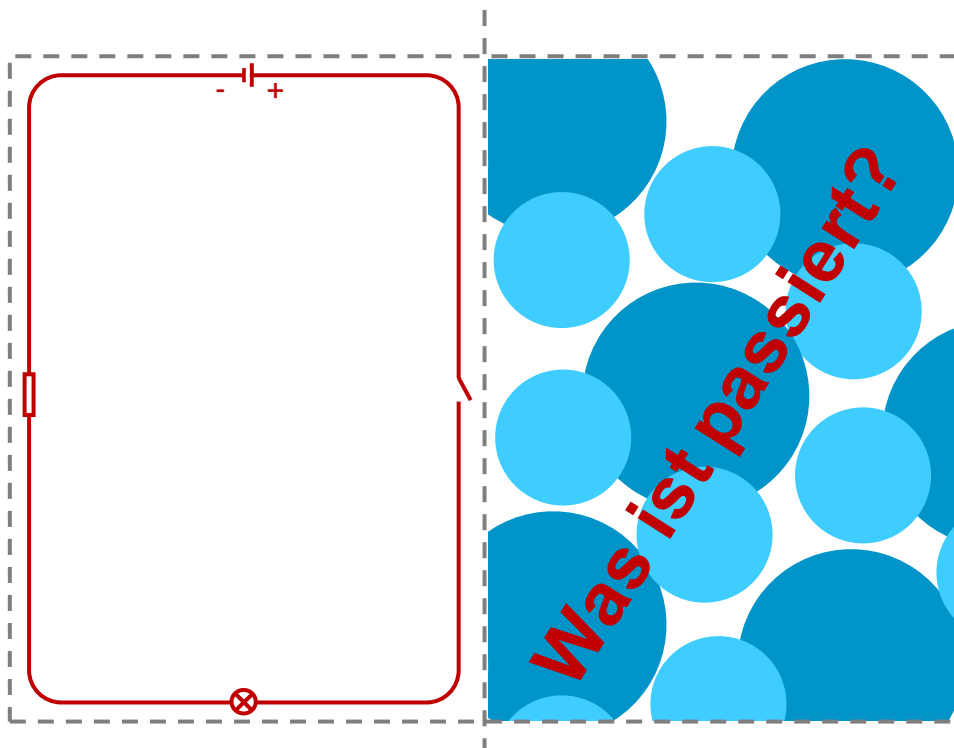
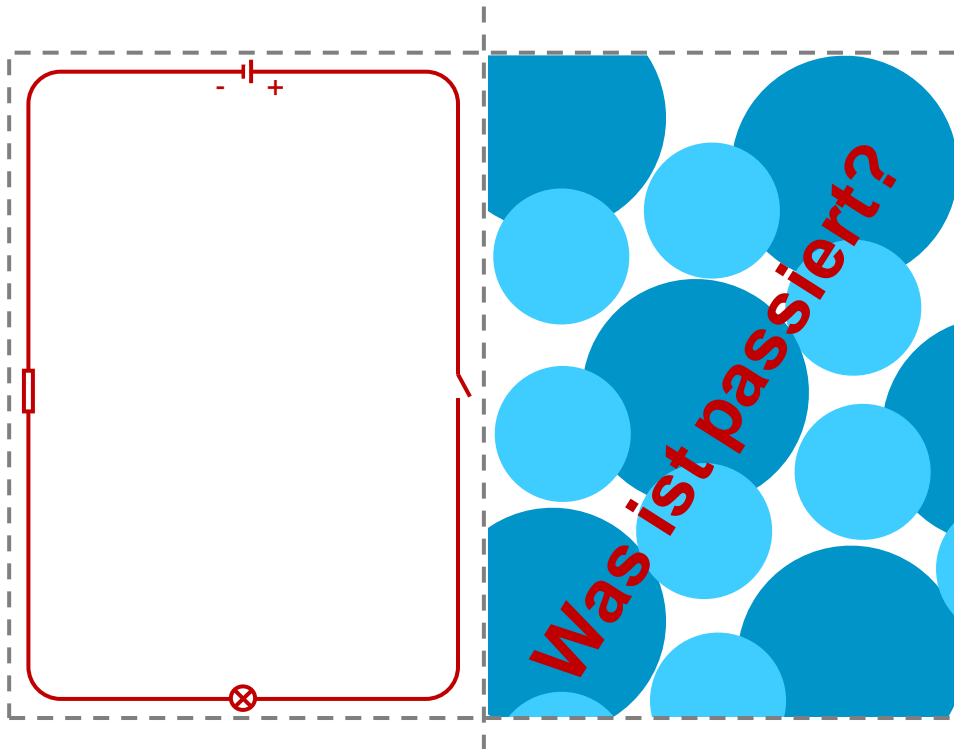
⊗

Was ist passiert?



Fällt Dir ein passendes Ereignis ein?

Schreibe es auf die leere Karte und nehme diese ins Spiel auf.



Spielfiguren zum Ausschneiden

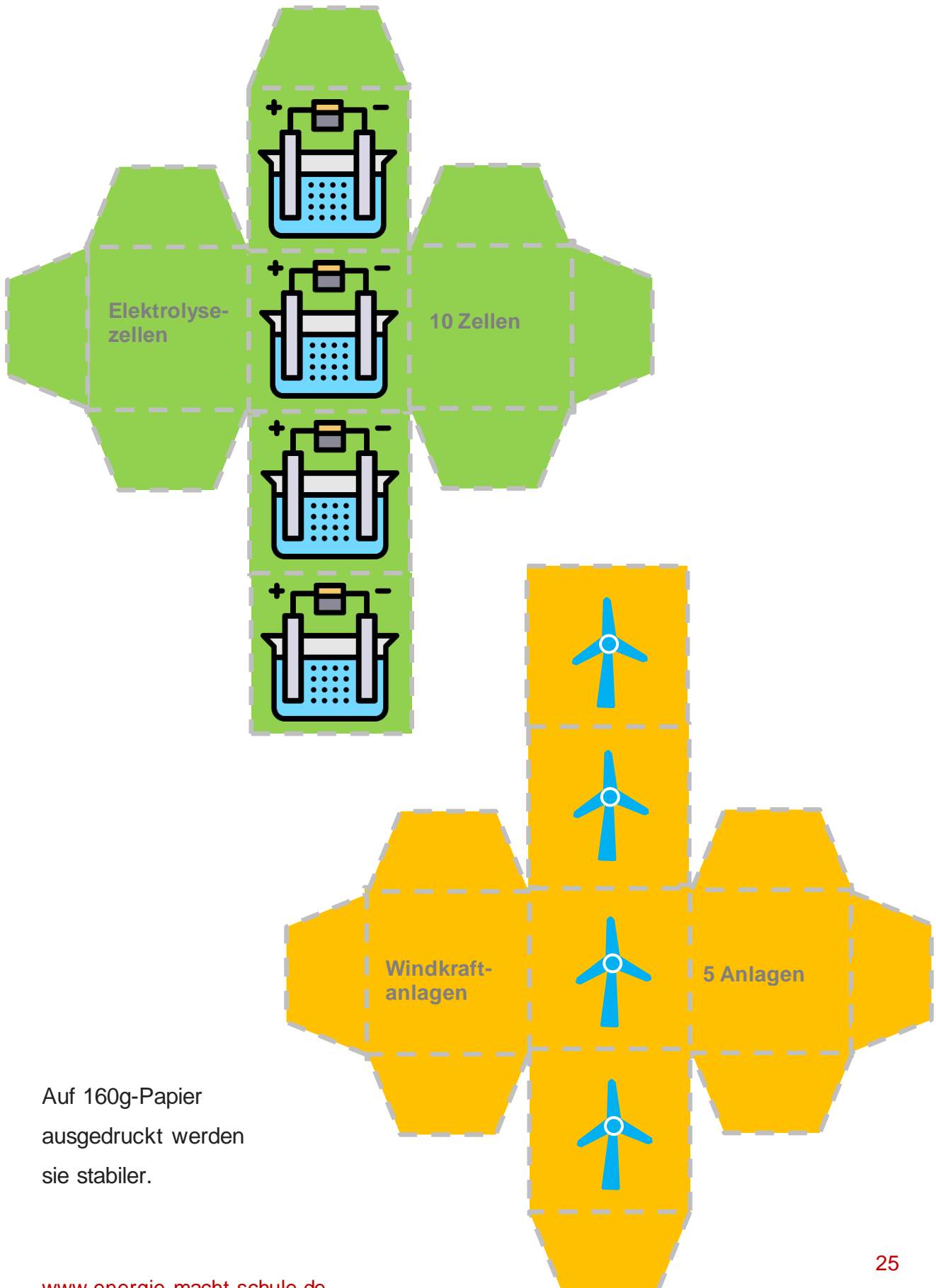
<p>Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt.</p>	<p>Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Brennstoffen gewonnen. In der Regel wird Erdgas in Wasserstoff und CO₂ umgewandelt.</p>	<p>Blauer Wasserstoff ist grauer Wasserstoff, dessen CO₂ bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert wird.</p>	<p>Türkiser Wasserstoff wird durch Methanpyrolyse hergestellt. Anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff.</p>
<p>hier festkleben</p>	<p>hier festkleben</p>	<p>hier festkleben</p>	<p>hier festkleben</p>

Bitte ausschneiden, rollen und mit Tesafilm zusammenkleben.

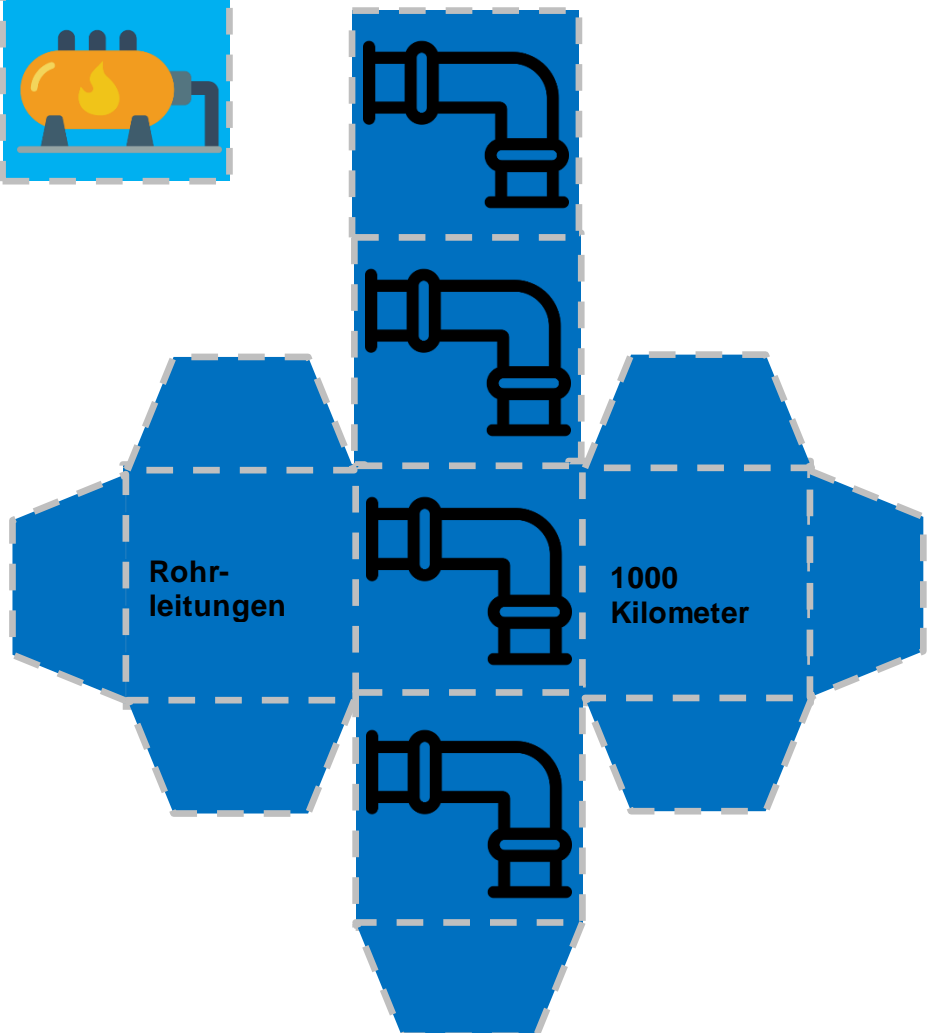
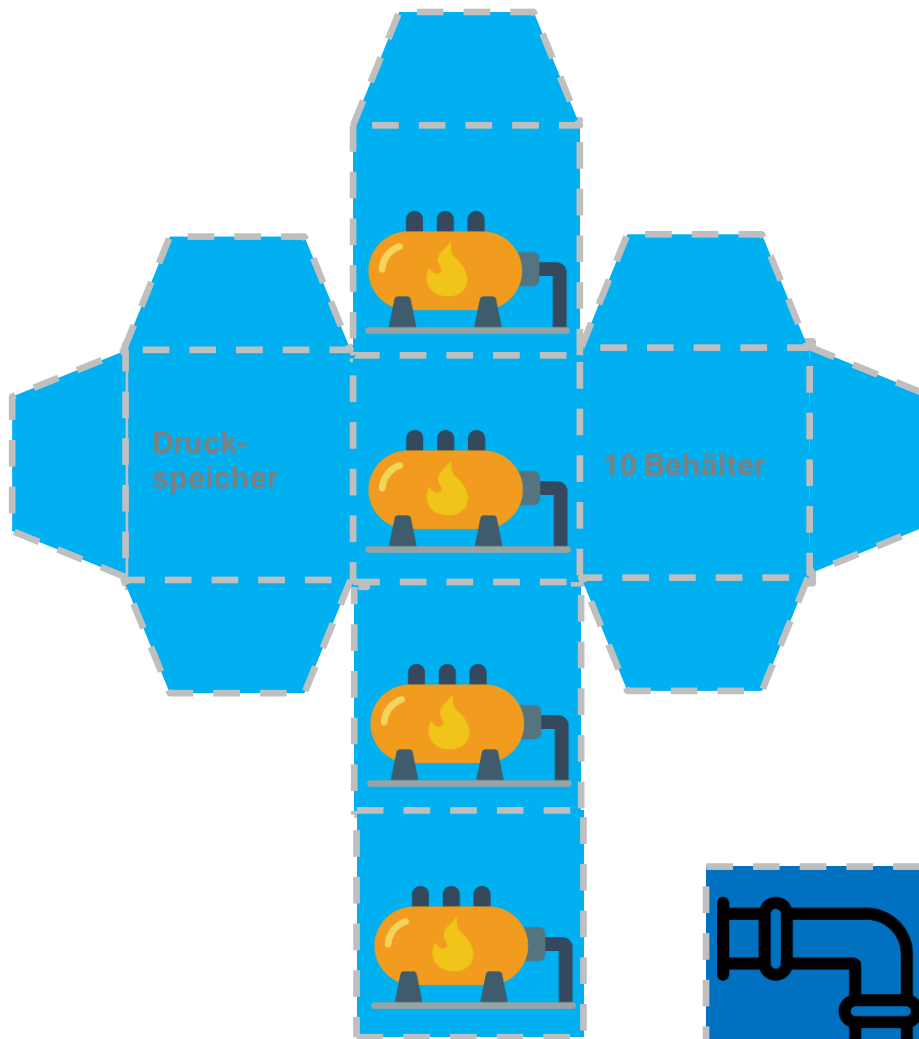


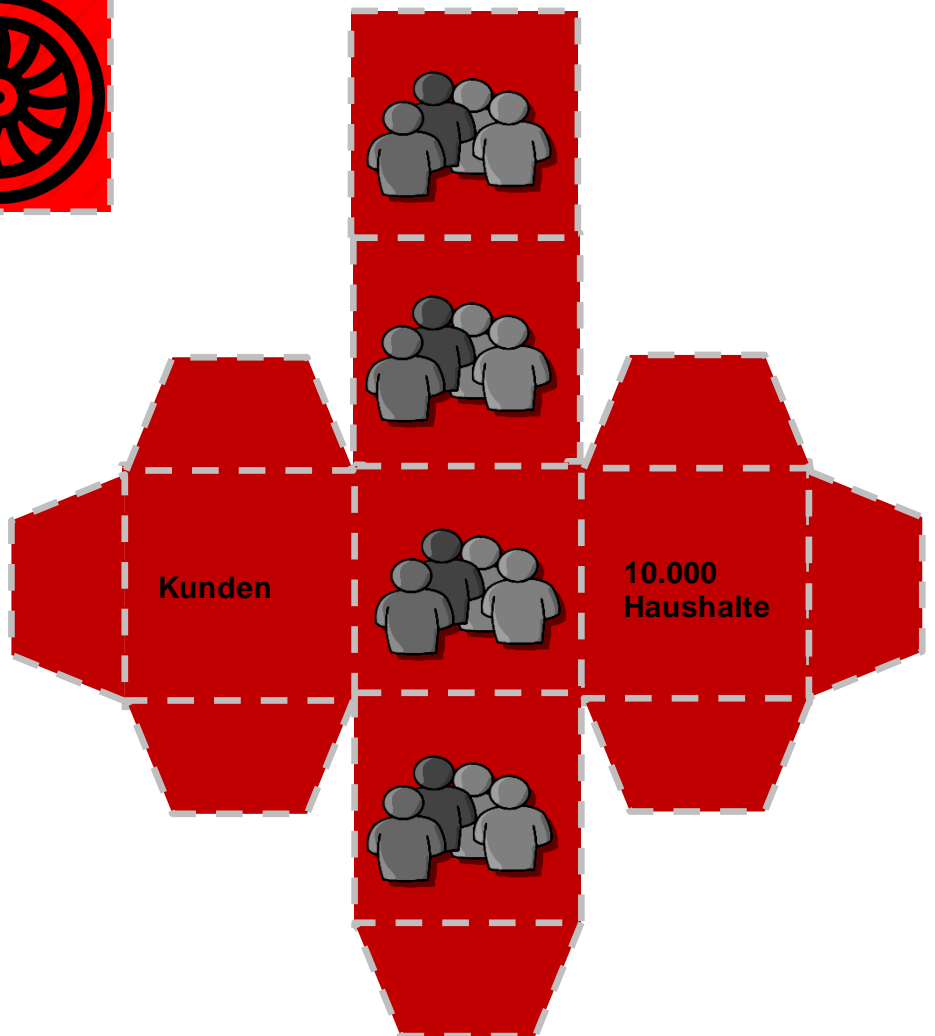
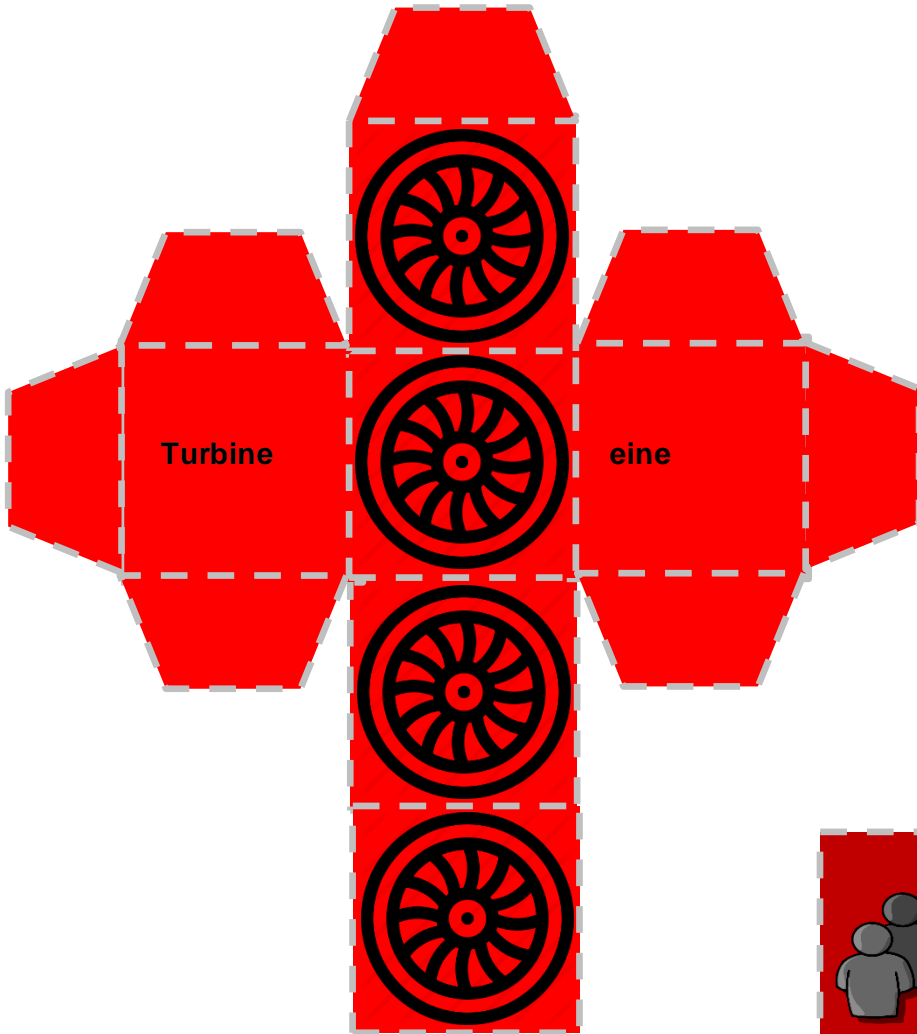
Zusatzmodule zum Ausschneiden, Falten und Kleben

Seite 24 bis 26 bitte je neun Mal ausdrucken.



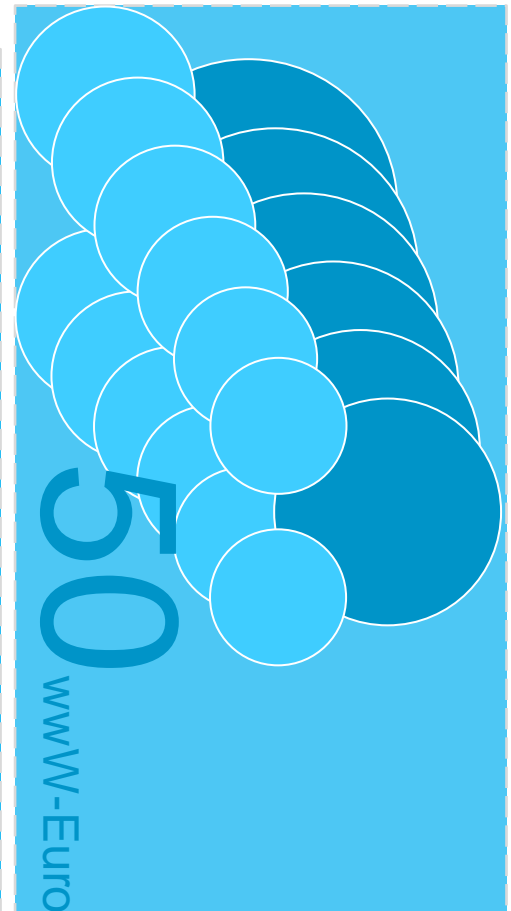
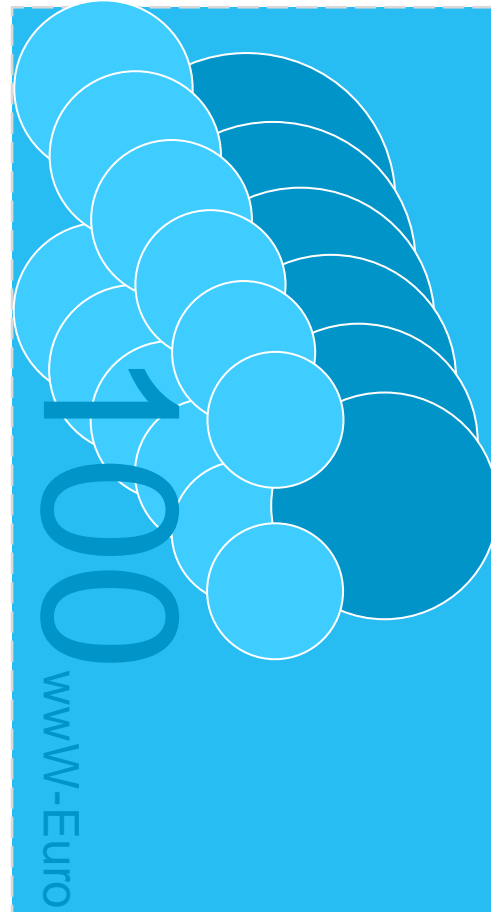
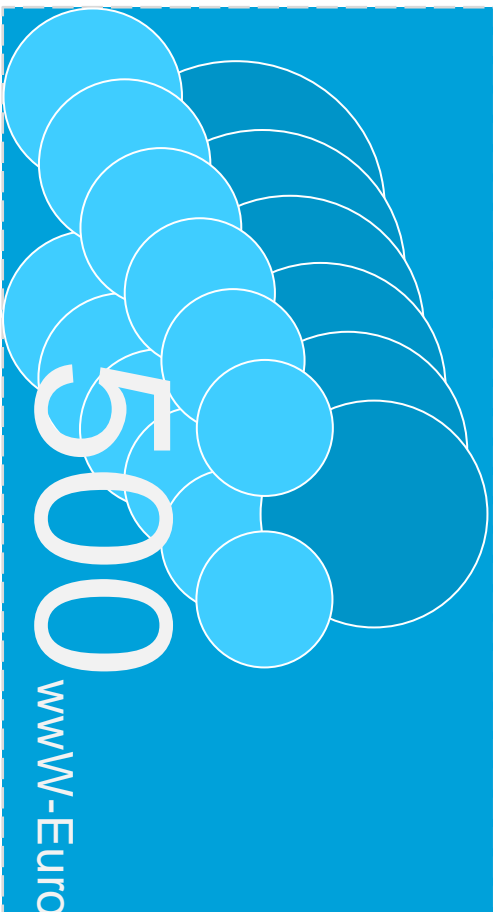
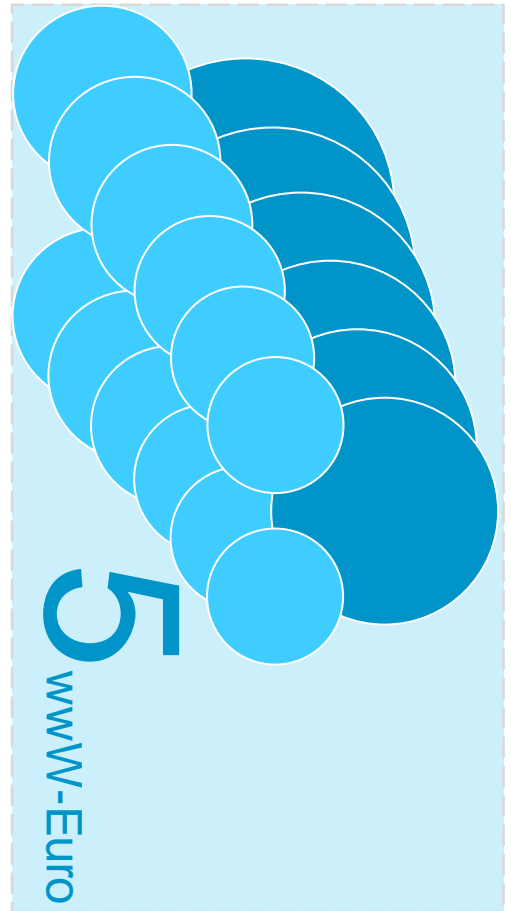
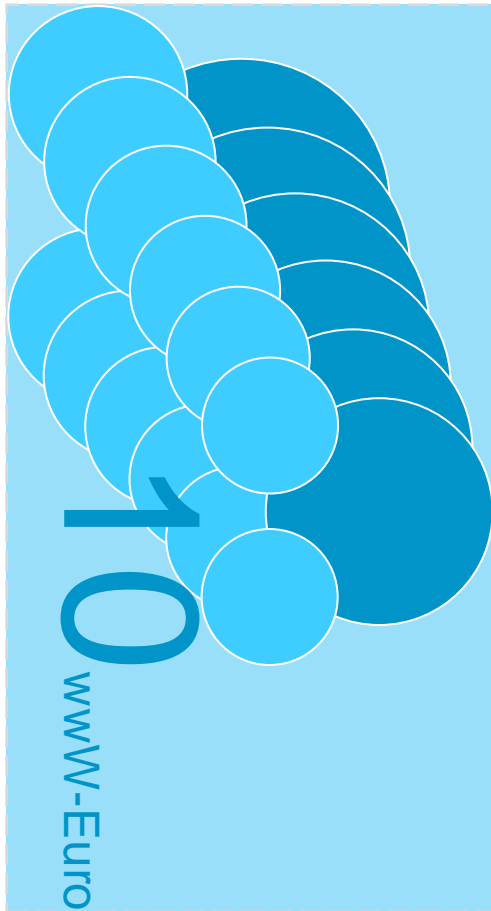
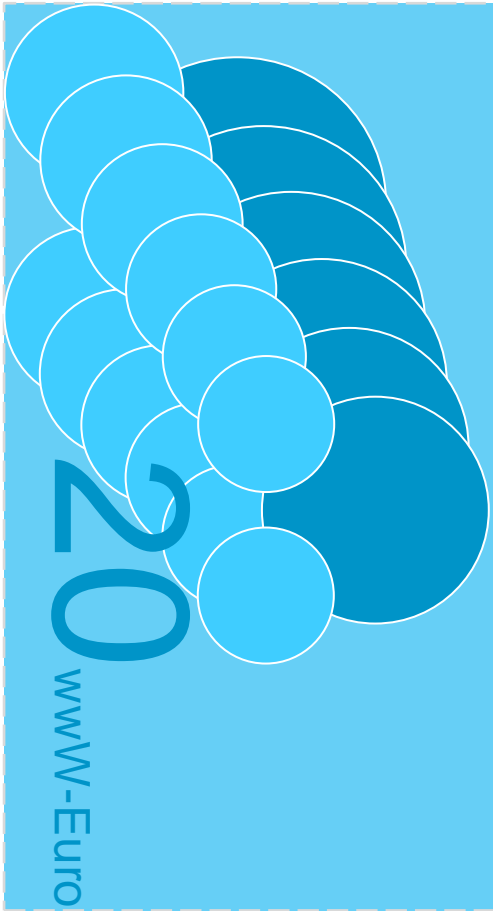
Auf 160g-Papier
ausgedruckt werden
sie stabiler.





Spielgeld wwW-Euro zum Ausschneiden

Seite 28 bitte je 20 Mal ausdrucken.



Wasserstoffanteile zum Ausschneiden

Seite 28 bitte je 20 Mal ausdrucken.



Scorecard**Name:**

Vermögenswerte	Beträge
Bargeld	
Anlagen	
Wasserstoffanteile (1000 kg sind 100 Wwww-Euro wert)	
Zwischensumme	
abzüglich der Hypotheken	
Summe	

Diese Seite bitte viermal ausdrucken. Jede*r Spieler*in bekommt eine Eigene.

Hintergrundinformation

Die Energieversorgung in Deutschland durchläuft seit Beginn der 2000er-Jahre einen grundlegenden Wandel. Ein wesentlicher Treiber dieses Wandels ist das Ziel, klimaschädliche Emissionen – hauptsächlich von Kohlenstoffdioxid (CO₂) – aus dem Energiesystem zu senken. CO₂-Emissionen entstehen dadurch, dass fossile, aus der Erdkruste geförderte Kohle oder Kohlenwasserstoffe verbrannt werden.

Gemäß den EU-Zielen hat die Bundesregierung bereits 2010 beschlossen, die Emissionen in Deutschland bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu senken. Im Klimaschutzplan der Bundesregierung sind darüber hinaus Reduktionsziele für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft festgelegt, die bis 2030 erreicht werden müssen. Neben der Senkung des Energieverbrauchs ist der Austausch von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien das zentrale Mittel auf dem Weg zu einem CO₂-neutralen Energiesystem.

Im deutschen Energieversorgungssystem spielt Erdgas eine tragende Rolle. Das gilt für die verschiedensten Sektoren. So liegt der Anteil von Erdgas am Energieverbrauch in den Endverbrauchssektoren Gewerbe und Industrie bei knapp einem Drittel. Die Hälfte der bestehenden Wohnungen in Deutschland wird mit Erdgas beheizt, in neu errichteten Gebäuden sind es 40 %.

In der Stromerzeugung besitzt Erdgas ebenfalls eine zentrale Rolle – Gaskraftwerke stellen einen Großteil der benötigten Flexibilität bereit. Erdgas ist damit ein wichtiger und integraler Bestandteil des Energieversorgungssystems in Deutschland. Infrastrukturen für den Transport, die Speicherung sowie die Umwandlung von Energie sind zum großen Teil auf die Nutzung von Erdgas ausgerichtet, ebenso Endverbrauchsgeräte wie z. B. Heizungen. Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen CO₂-Emissionen. Im Zuge der angestrebten Dekarbonisierung des Energiesystems müssen diese Emissionen – wie auch die aller anderen Energieträger – vermieden oder neutralisiert werden.

Der Ansatz zunehmend grüner Gase hat im Hinblick auf das energiepolitische Ziel-dreieck – Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit – mehrere Vorteile. So würden die bestehenden Infrastrukturen und Endgeräte weiter genutzt, es könnten weiterhin große Energiemengen in den Gasspeichern zwischengelagert werden und durch eine höhere Diversität bei Technologien und Energieträgern würde sich auch die Resilienz des Energiesystems erhöhen. Die Industrie benötigt gasförmige Energieträger zudem für einige stofflichen Prozesse.

Wie kann also Wasserstoff oder Methan in großen Mengen erzeugt werden, um den Platz des Erdgases einzunehmen?

Die Experten sind sich einig, dass das unter dem Einsatz von vorzugsweise erneuerbarem Strom in einem Prozess, der als Elektrolyse bezeichnet wird, erreicht werden könnte. Im Fall der direkten Nutzung des Wasserstoffs würde dann Kohlenstoff gar keine Rolle mehr spielen, d. h. es wird weder bei der Herstellung CO₂ der Atmosphäre entnommen, noch wird bei der Verwendung CO₂ in der Atmosphäre freigesetzt.

Dieser Wasserstoff kann in Reinform in der Industrie – z. B. in der chemischen Industrie oder in Raffinerien – und im Verkehrssektor als Kraftstoff zum Einsatz kommen oder (in gewissen Grenzen) dem Erdgas beigemischt werden. Für eine unbegrenzte Einspeisung in das Erdgasnetz ist hingegen noch ein weiterer Aufbereitungsschritt nötig, bei dem der Wasserstoff mit Kohlenstoff zu Methan umgewandelt wird. Dieser Vorgang wird auch als Methanisierung bezeichnet.

Hier ist also wieder Kohlenstoff beteiligt, dennoch ist die Verbrennung des so erzeugten Methans klimaneutral – bei der Verbrennung des Methans wird nur so viel CO₂ freigesetzt wie zuvor zum Zweck der Methanisierung aus der Luft oder anderen CO₂-Quellen entnommen wurde.

Grün, blau, grau oder türkis: Je nach seinem Ursprung trägt Wasserstoff unterschiedliche Namen. Obwohl Wasserstoff stets farbloses Gas ist, geben Farben in der Bezeichnung Auskunft über die Art der Produktion.

Grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Unabhängig von der gewählten Elektrolysetechnologie erfolgt die Produktion von Wasserstoff CO₂-frei.

Grauer Wasserstoff

Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Brennstoffen gewonnen. In der Regel wird bei der Herstellung Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und CO₂ umgewandelt (Dampfreformierung). Das CO₂ wird anschließend ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben und verstärkt so den globalen Treibhauseffekt: Bei der Produktion einer Tonne Wasserstoff entstehen rund 10 Tonnen CO₂.

Blauer Wasserstoff

Blauer Wasserstoff ist grauer Wasserstoff, dessen CO₂ bei der Entstehung jedoch abgeschieden und gespeichert wird (engl. Carbon Capture and Storage, CCS). Das bei der Wasserstoffproduktion erzeugte CO₂ gelangt so nicht in die Atmosphäre und die Wasserstoffproduktion kann bilanziell als CO₂-neutral betrachtet werden.

Türkiser Wasserstoff

Türkiser Wasserstoff ist Wasserstoff, der über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt wurde. Anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff. Voraussetzungen für die CO₂-Neutralität des Verfahrens sind die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus erneuerbaren Energiequellen, sowie die dauerhafte Bindung des Kohlenstoffs.

Wasserstoff-Elektrolyse

Wasserstoff (H) ist ein chemisches Element und in gebundener Form Bestandteil fast aller organischen Verbindungen. Unter normalen Umweltbedingungen kommt Wasserstoff in molekularer Form (H₂) als farb- und geruchloses Gas vor. Wasserstoff kann durch die Elektrolyse von Wasser unter Verwendung von Strom erzeugt werden. Dabei wird Wasser (H₂O) in einem Elektrolyseur in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten, indem eine elektrische Spannung angelegt wird.

Man nennt diesen Prozess auch Reduktions-Oxidations-Reaktion (Redoxreaktion). Sie ist eine chemische Reaktion, bei der ein Reaktionspartner Elektronen auf einen anderen Reaktionspartner überträgt. Der als Reduktionsmittel bezeichnete Partner (z. B. Wasserstoff) gibt Elektronen ab und wird dabei oxidiert. Der als Oxidationsmittel bezeichnete Partner (z. B. Sauerstoff) nimmt die Elektronen auf und wird dabei reduziert. Redoxreaktionen sind von grundlegender Bedeutung in der Chemie: Viele Stoffwechsel- und Verbrennungsvorgänge, technische Produktionsprozesse und Nachweisreaktionen basieren auf solchen Elektronenübertragungsreaktionen.

Zur Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse werden im Wesentlichen zwei Technologien angewendet: die alkalische Elektrolyse und die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEM)-Elektrolyse. Die alkalische Elektrolyse ist eine bewährte Technologie und wird schon seit vielen Jahrzehnten in der Industrie eingesetzt. Der Umwandlungswirkungsgrad von elektrischer in chemische Energie liegt bei diesem Verfahren bei 65 bis 75 %. Die PEM-Elektrolyse ist hingegen eine etwas jüngere Technologie mit niedrigeren Wirkungsgraden im Bereich zwischen 60 und 70 %. Im Vergleich zur alkalischen Elektrolyse besitzt die PEM-Elektrolyse allerdings Vorteile für die Aufnahme von fluktuierenden erneuerbaren Energien, da sie innerhalb von Sekunden gestartet werden kann und eine schnellere Leistungsanpassung möglich ist.

Neben der alkalischen und der PEM-Elektrolyse existiert zudem mit der Hochtemperatur-Dampfelektrolyse, auch SOEC-Elektrolyse genannt (SOEC = Solid Oxide Electrolysis Cell), eine weitere Technologie, die sich jedoch noch im Forschungsstadium befindet. Im Zuge der bestehenden Forschungsbemühungen sind in Zukunft weitere Wirkungsgradsteigerungen bei den Elektrolysetechnologien zu erwarten.

Wird bei dem Elektrolysevorgang Strom aus erneuerbaren Quellen eingesetzt, ist die Herstellung des Wasserstoffs komplett CO₂-frei, da neben dem erzeugten Wasserstoff lediglich Sauerstoff anfällt. Auch bei der späteren Verwendung fallen keinerlei klimawirksame Emissionen an, da keine Kohlenstoffverbindungen im Wasserstoff enthalten sind. Der Energiegehalt von Wasserstoff liegt, bezogen auf das Volumen, bei einem Drittel des Energiegehalts von Erdgas.

In Deutschland sind etwa 35 Elektrolyseure zur Herstellung von grünem Wasserstoff installiert. Bei diesen Anlagen handelt es sich im Moment noch um Demonstrations- und Forschungsprojekte. Eine zentrale Zielstellung von Forschungs- und Entwicklungsbemühungen ist die Senkung der Systemkosten.

Transport

Wird Wasserstoff nicht am Ort seiner Nutzung produziert, muss er transportiert werden. In Abhängigkeit der vorhandenen Infrastruktur und der zu transportierenden Mengen wird Wasserstoff entweder in Gasleitungen (Pipelines) oder per Tankwagen transportiert. Die Verwendung von Pipelines eignet sich besonders zur Versorgung großer Verbraucher mit gasförmigem Wasserstoff, für die sich der wirtschaftliche Aufwand einer Pipeline lohnt. Der Transport per Tankwagen erfolgt für kleinere Mengen Druckwasserstoff (200 bar) oder für Flüssigwasserstoff (LH₂) bei -253° C. In einem LH₂-Trailer können ca. 3500 kg Wasserstoff transportiert werden.

Verwendung von Wasserstoff

Wasserstoff ist ein vielseitig nutzbarer Energieträger, für den es unterschiedliche Anwendungen gibt. Eine Möglichkeit besteht in der stofflichen Nutzung bei Industrieprozessen wie der Stahlherstellung. Dabei geht es vor allem darum, fossil erzeugten durch grünen Wasserstoff zu ersetzen.

Daneben ist die energetische Nutzung von Wasserstoff mittels Brennstoffzelle möglich. In der Brennstoffzelle läuft der Elektrolyseprozess in entgegengesetzter Richtung ab, d. h. es wird Wasserstoff mit Sauerstoff in Verbindung gebracht. Dabei entstehen Strom, Wärme und als Nebenprodukt Wasser. Brennstoffzellen eignen sich sowohl für stationäre Anwendungen, z. B. zur Strom- und Wärmeproduktion im Haushalt, als auch für den mobilen Einsatz, also als Stromlieferant in elektrisch betriebenen Fahrzeugen.

Wasserstoff kann zudem in das Gasnetz eingespeist werden. Allerdings ist dies nicht unbegrenzt möglich, da andernfalls u. a. die brenntechnischen Eigenschaften des Mischgases im Gasnetz so sehr verändert werden, dass dies zu Problemen bei einigen angeschlossenen Anwendungen führen könnte. Die Begrenzung des Wasserstoffanteils ergibt sich im Wesentlichen aus den an das Gasnetz angeschlossenen Endverbrauchern.

Besondere Beschränkungen bestehen z. B. bei Erdgastankstellen (zurückzuführen auf einen Teil der Tanks in den Erdgasfahrzeugen), Gasturbinen, untertägigen Erdgasspeichern und bei sensiblen Industrieanwendungen wie der Glasherstellung. Sind keine solchen Anwendungen an das Gasverteilnetz angeschlossen, wird ein Wasserstoffanteil von bis zu zehn Volumenprozent als unbedenklich angesehen.

Aktuell werden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, um einen höheren Anteil an eingespeistem Wasserstoff zu ermöglichen.

Methanisierung von Wasserstoff

Für eine uneingeschränkte Einspeisung des elektrisch erzeugten Wasserstoffs in das Gasnetz ist eine nachgeschaltete Methanisierung notwendig. Dies erfolgt durch einen thermochemischen Prozess, bei dem Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff in Methan umgewandelt werden. Neben dem standardmäßigen Verfahren, bei dem ein metallischer Katalysator verwendet wird, existieren auch biologische Methanisierungsmöglichkeiten unter Einsatz von Mikroorganismen.

Das für die Methanisierung benötigte CO₂ kann aus der Umgebungsluft absorbiert werden (Air Capture). Außerdem ist die Verwendung von Kohlenstoffdioxid möglich, welches bei der Biomethan-Aufbereitung entsteht. Der Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Wasserstoff in Methan liegt im Bereich zwischen 70 und 85 %.

Das erzeugte Methan weist die gleichen Eigenschaften wie Erdgas auf und wird daher auch als synthetisches Erdgas (SNG = Synthetic Natural Gas) bezeichnet. Eine Einspeisung in das Erdgasnetz ist ohne Einschränkungen möglich. In Deutschland haben im Jahr 2017 sechs Anlagen synthetisches Erdgas eingespeist.