

City4Future

Entwickle deine klimafreundliche Stadt der Zukunft!



Modul C Stadtteil Speicherstadt

Eine Entwicklung in Kooperation von:

Im Auftrag der:

Inhalt

1 Überblick	3
1.1 Steckbrief	3
1.2 Ablauf und Unterrichtsphasen	3
2 Basisinfos (nicht nur für Lehrkräfte)	5
2.1 Warum und wie wird Strom gespeichert?	5
2.2 Stromnetze als Bindeglied	6
2.3 Smart Grids – die intelligenten Netze der Zukunft	7
2.4 Wärme	8
2.5 Unterstützendes Material.....	8
3 Umsetzung des Moduls C Speicherstadt	9
3.1 Einstieg: Einführung in das Thema Speicherung	9
3.2 Erarbeitung mit Hilfe des Experiments und Rechercheauftrag	10
3.3 Präsentation / Sicherung und Transfer (Wahl)	11
4 Überblick Arbeitsmaterialien	12
5 Lösungshinweise	13
5.1 Erwartungshorizont für das Experiment Schwerkraftaufzug (Station 1)	13
5.2 Lösungsblatt - Rechercheauftrag „erneuerbare Energien“	13
5.3 Erläuterungen zu den richtigen Antworten des Quiz:	17
6 Arbeitsmaterial für Schüler*innen	19
6.1 Reaktionsspiel „Wir Netzversther“	19
6.2 Station 1: Schwerkraftspeicher.....	29
6.3 Informationsblatt 1: Berechnung der Speicherkapazität	30
6.4 Arbeitsblatt 1: Schwerkraftspeicher – Bau eines Windrad-Aufzugs.....	31
6.5 Arbeitsblatt 2: Rechercheauftrag zu erneuerbaren Energien & Kahoot Quiz	32
6.6 Arbeitsblatt 3: Beobachtung von Gruppenprozessen und der Präsentation.....	35
6.7 Optionales Arbeitsblatt 1: Statements	36

1 Überblick

1.1 Steckbrief

Lernfeld/Cluster:		Energiespeicherung
Zielgruppe/Klassenstufe:	(X) 4. bis 5. Klasse X 6. bis 7. Klasse X 8. bis 10. Klasse (X) 11. bis 12. Klasse	
Geschätzter Zeitaufwand:	ca. 5 Unterrichtsstunden	
Lernziele:	Die Schüler*innen ... <ul style="list-style-type: none"> • lernen verschiedene Möglichkeiten des Energiespeicherns kennen. • können die Notwendigkeit des Ausbaus der Energienetze für eine erfolgreiche Energiewende nachvollziehen. • verstehen die Erforderlichkeit einer breiten Öffentlichkeitsbeteiligung vor allem beim Ausbau der Netze. 	
Vorkenntnisse der Schüler*innen:	<ul style="list-style-type: none"> • Keine grundlegenden Vorkenntnisse erforderlich 	
Vorkenntnisse der Lehrkraft:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse zum Thema Energiespeicherung/Netze sind nötig 	
Rolle des Unternehmensvertreters / Möglichkeiten zur Exkursion:	<ul style="list-style-type: none"> • Diskussion mit einem/r Fachexperten*in eines Unternehmens zum Thema Energiespeicher / erneuerbare Energien • Besuch eines Pumpspeicherkraftwerks o.ä. – auch Wasserkraftwerke an Talsperren speichern Energie 	

1.2 Ablauf und Unterrichtsphasen

Unterrichtsphasen	Inhalt und Methode	Benötigtes Material
Einstieg		
Zeitaufwand ca. 1 Unterrichtsstunde	Plenum	
Klassenverbund	Reaktionsspiel „Wir Netzversther“, Story der City4Future, Aufteilung in die Teams	Basisinfos Spielkärtchen Bälle, Becher
Erarbeitung		
Zeitaufwand ca. 2 Unterrichtsstunden	Gruppenarbeit mit Experimenten	Es gibt 2 Stationen (2 Arbeitsaufträge) – jede Station gibt es dabei 3 x. Jedes Team bearbeitet beide Stationen.
Station 1	Mechanische Speicher – Experiment Aufzug	Dokumente: <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt 1 • <i>Ausdrucken:</i> Kopiervorlage 1: Konstruktionsideen für einfache Windräder Modulmaterial: <ul style="list-style-type: none"> • Papiertrinkhalme

Unterrichtsphasen	Inhalt und Methode	Benötigtes Material
		<ul style="list-style-type: none"> • Holzspieße • Gummiringe • Klebeband • Glasvase • verschiedene Gewichte (wie z.B. Kreide, Schlüssel oder Radiergummi) • Faden • Föhn <p>Hinweis: Wenn zuvor Modul B durchgeführt wurde, können die Schüler*innen hier dieselben gebastelten Windräder verwenden und sie mit den Gewichten versehen.</p> <p>Zusätzlich benötigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schere • Papier
Station 2: Rechercheauftrag	Recherche, Kahoot-Quiz	<p>Dokumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt 2 • Online Kahoot-Quiz • Lösungsblatt <p>Zusätzlich benötigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PC oder Tablet mit Internetzugang
Sicherung und Transfer		
<i>Zeitaufwand ca. 1 Unterrichtsstunde</i>		
Alle Teams	<p>Präsentation der Ergebnisse in einem festgelegten Zeitraum (z.B. 3-minütiges Pecha-Kucha)</p> <p>Jedes Team stellt schwerpunktmäßig 1 Experiment vor, d.h. jedes Experiment wird bei 6 Teams 2x vorgestellt</p> <p>Diskussion + Wahl der besten Präsentation</p>	<p>Zusätzlich benötigt (je nach Wahl der Präsentationsform):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rechner oder Tablet (mit Internetzugang) • Whiteboard • Flipcharts • ggfs. Präsentationsmaterial passend zu den gewählten Präsentationsmedien (z.B. Pinnwandkarten und Nadeln, Flipchart-Papier, Filz-Stifte etc.) <p>Dokumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informationsblatt 1 • Beobachtungsbogen • Optionales Arbeitsblatt 1

2 Basisinfos (nicht nur für Lehrkräfte)

2.1 Warum und wie wird Strom gespeichert?

Kohlekraftwerke erzeugen zumeist im Dauerbetrieb Strom. Die großen Kraftwerke benötigen viel Zeit, um hochzufahren und lassen sich daher nicht einfach an- und ausschalten. Da in der Nacht der Strombedarf sinkt, wird der erzeugte Strom gespeichert (dies geschieht vor allem in Pumpspeicherkraftwerken). Da vor allem die Kohlekraftwerke aufgrund ihrer Klimaschädlichkeit nach und nach stillgelegt werden müssen, werden erneuerbare Energien ihren Platz einnehmen. Während erneuerbare Energien wie Biomasse und Geothermie gut regelbar sind, stellen Windkraft und Sonnenenergie sogenannte fluktuierende erneuerbare Energien dar, die abhängig vom jeweiligen Grad an Sonne und Wind sind. Durch den steigenden Anteil von Windkraft und Sonnenenergie muss das gesamte Stromsystem daher viel flexibler werden, um kurzfristig auf schwankendes Angebot bzw. schwankende Nachfrage reagieren zu können. Die Speicherung von Energie stellt eine Möglichkeit dar, diese notwendige Flexibilität zu erhöhen. Bei viel Wind lässt sich die Energie also speichern, während bei Flaute dann aus dem Speicher ins Stromnetz eingespeist werden kann. Es findet also eine Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch statt. Zusätzlich unterstützen die Speicher die Stabilität der Netzfrequenz, indem sie als Regelleistung Schwankungen ausgleichen.

Es gibt verschiedene Arten von Energiespeichern, die auf mechanischer, (elektro)chemischer, elektrischer oder thermischer Energie basieren. Ganz konkret handelt es sich dann z.B. um Pumpspeicher, Batteriespeicher, Druckluftspeicher, Schwunghmassenspeicher oder Power-to-Gas-Anlagen (oder auch Power-to-Liquids, Power-to-Heat).

Wichtig ist auch, wie lange die Energie gespeichert werden kann. Daher wird zusätzlich in Kurzzeitspeicher und Langzeitspeicher unterschieden. Kurzzeitspeicher sind in der Lage, mehrmals am Tag Energie aufzunehmen und wieder abzugeben. Ihre Speicherkapazität ist daher relativ gering. Es gibt Leistungsspeicher, die innerhalb von Sekunden bis Minuten mehrmals am Tag ihre Speicher auffüllen und entleeren können. Dies geschieht vor allem bei kurzfristigen Fluktuationen für Netzdienstleistungen/Regelleistungen, also vor allem dann, wenn kurzfristig kleinere Spannungsschwankungen ausgeglichen werden müssen. Verwendet werden vor allem Batterien, Kondensatoren oder Schwungradspeicher. Ebenfalls zu den Kurzzeitspeichern zählen Verschiebespeicher, die innerhalb von Minuten bis Stunden ein- oder zweimal am Tag ihren Speicher auffüllen bzw. entleeren können. Hierfür werden vor allem Batterien, Druckluftspeicher und Pumpspeicherwerke genutzt.

Langzeitspeicher speichern ihre Energie Tage bis Wochen und werden für langfristige Flaute, saisonale Speicherung oder Back-up genutzt. Sie durchlaufen nur wenige Zyklen pro Jahr. Genutzt werden dafür vor allem chemische Speicher wie Wasserstoff oder Methan und große Speicherwasserkraftwerke.

In den letzten Jahren wurde auch an sogenannten „unkonventionellen“ Speichern getüftelt und erste innovative Schwerkraftspeicher entwickelt (z.B. von Gravitricity, Energy Vault).

Die Abbildung 1 gibt einen guten Überblick über Speichermöglichkeiten und deren Kapazitäten:

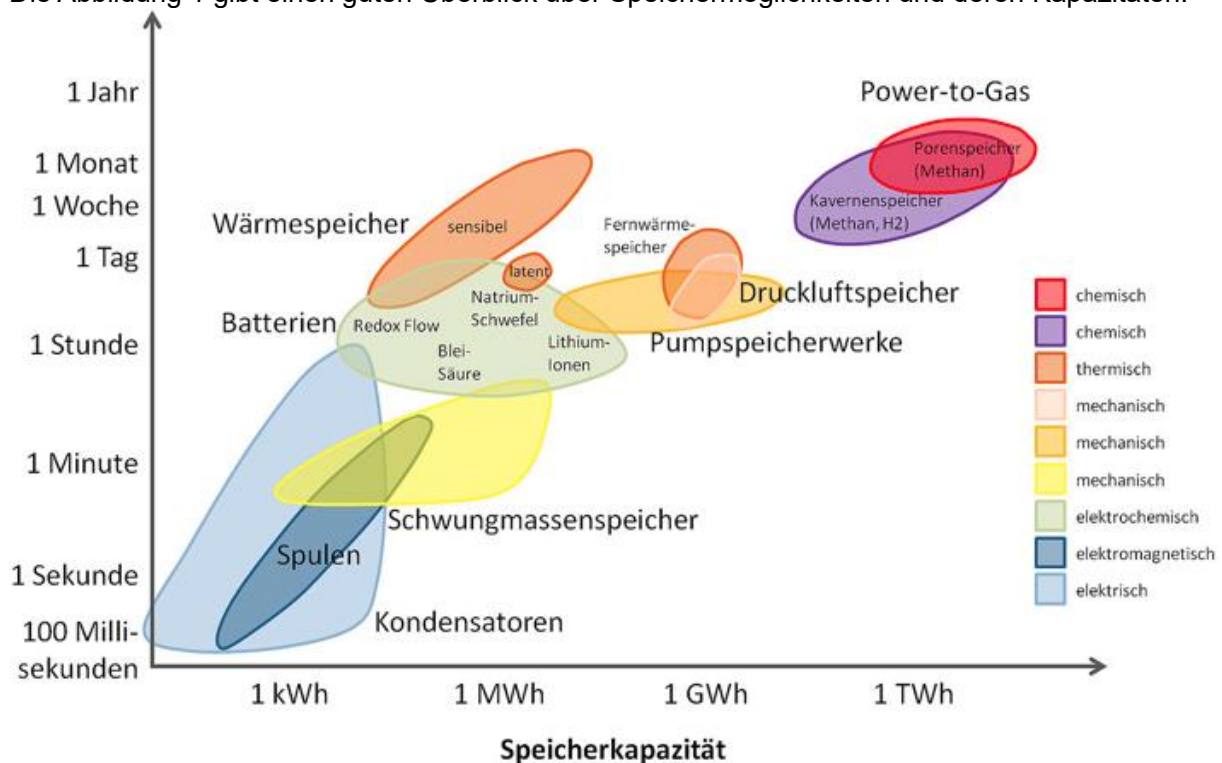


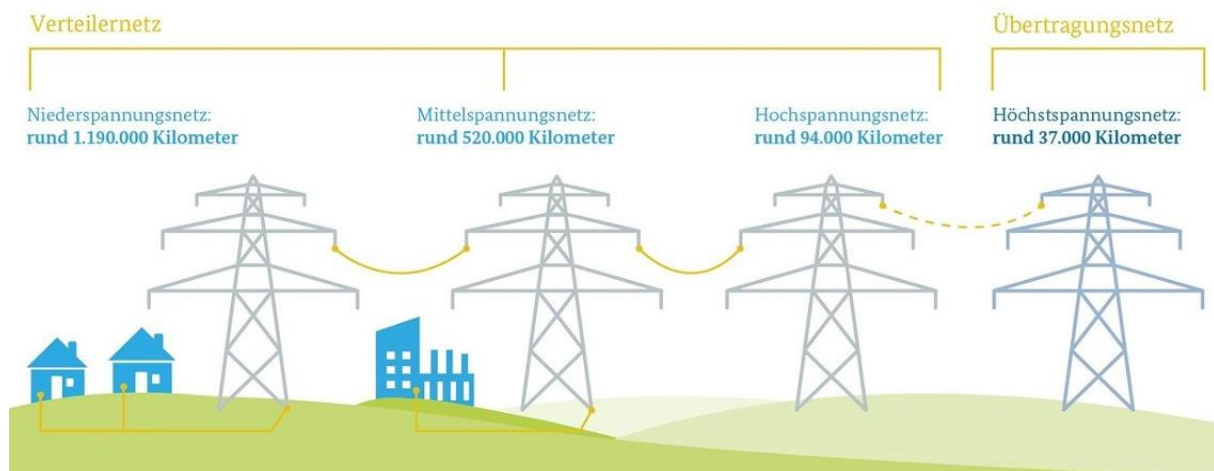
Abbildung 1_ Überblick über verschiedene Speichermöglichkeiten und deren Kapazitäten

Quelle: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oeekostrom/energiespeicher, 2021>.

2.2 Stromnetze als Bindeglied

Über das Stromnetz wird Strom transportiert, das Netz bildet so das Bindeglied zwischen den Stromerzeugern (Kraftwerken) und den Stromverbrauchern und -speichern. Insgesamt ist das deutsche Verteilernetz ca. 1,8 Millionen Kilometer lang (siehe Abbildung 2).

in Abbildung 2: Das deutsche Stromnetz



Quelle: BMWi Infografik, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/II/Infografiken/infografik-verteilernetz.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Die Netzbetreiber sind zuständig für die Instandhaltung und Optimierung der Infrastruktur und sorgen für die konstante Stromversorgung mit Regelenergie. Schwankungen im Stromnetz (Normal-Stromnetzfrequenz 50 Hertz) werden durch zusätzliche Stromeinspeisung bei zu niedriger Netzfrequenz oder durch Drosselung der Einspeisung bei zu hoher Netzfrequenz ausgeglichen. Stromproduzenten und -versorger sind verpflichtet, möglichst genaue Prognosen bezüglich der Einspeisung und Entnahme von Strom abzugeben, um die Lastflüsse im Stromnetz optimal zu planen und die Normalfrequenz bei 50 Hertz zu halten.

Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien kommt es zu größeren Schwankungen im Stromnetz, denn Wind weht nicht immer und unterschiedlich stark und die Sonne scheint nur unregelmäßig. Auch Stromverbraucher haben keine gleichmäßigen Lastprofile und es kann auch passieren, dass ein konventionelles Kraftwerk ausfällt – warum bricht trotzdem das Stromnetz nicht zusammen? Dann gleicht die Regelenergie Schwankungen im Stromnetz innerhalb von Sekunden (Primärreserve), 5 Minuten (Sekundärreserve) oder Viertelstunden (Minutenreserve) aus. Dabei stellen sowohl Stromproduzenten als auch Stromverbraucher und Stromspeicher Regelenergie zur Verfügung. Doch es kann nicht nur zu einer plötzlichen Nachfrage nach mehr Strom kommen, es kann auch zu einem Überangebot von Strom kommen – dann ist nicht eine zusätzliche Stromeinspeisung nötig, sondern eine Speicherung oder eine schnelle Herunterregelung von Kraftwerken oder eine Steigerung des Stromverbrauchs, z.B. durch industrielle Stromverbraucher.

Neben der Speicherung von gerade nicht benötigtem Strom besteht eine weitere Möglichkeit, auf die schwankende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien reagieren zu können, nämlich in der Flexibilisierung der Stromnachfrage. Das heißt, die Stromnachfrage wird zu bestimmten Zeiten gezielt erhöht oder gesenkt. Das ist bei verschiebbaren Lasten (Stromverbräuchen) besonders im Industrie- und Gewerbebereich möglich. Durch das Management verschiebbarer Lasten können Schwankungen bei der Stromerzeugung ausgeglichen und das Stromnetz damit stabilisiert werden. Das ist immer wichtiger, weil konventionelle Kraftwerke ihre Volllaststundenzahl verringern und immer weniger Regelenergie erbringen.

2.3 Smart Grids – die intelligenten Netze der Zukunft

Aufbauend auf den Erkenntnissen des Lastmanagements entstand das Konzept der Smart Grids als eine Kombination aus Erzeugung, Speicherung und Verbrauch von Strom. Bisher ist meist ein*e Ingenieur*in in einem großen Kraftwerk dafür zuständig, die Netzspannung im Blick zu haben und so die Netzeinspeisung des Kraftwerks zu regulieren. Noch haben Netzbetreiber keine Kontrolle und Kenntnis darüber, wann und wo dezentrale Anlagen Strom ins Netz einspeisen. Dies soll durch ein intelligentes Netz, also das Smart Grid, geändert werden! Eine digitale zentrale Steuerung soll alles – Stromerzeuger, Speicher, Verbraucher und Stromnetz – optimal aufeinander abstimmen und intelligent vernetzen. So lassen sich Angebotsschwankungen ausgleichen und das Netz bleibt stabil.

Aber auch die Nachfrageseite ändert sich im Smart Grid. Die Verbraucher passen ihre Stromnachfrage stärker an das Angebot an, wie beim Lastmanagement beschrieben. Sie können selbst Strom ins Netz einspeisen, etwa über die Photovoltaikanlage auf dem Dach. Auch die Speicherung von Energie ist bei den Verbrauchern vorgesehen, etwa über die Batterie eines Elektroautos.

Die ersten Annäherungen an ein intelligentes Netz sind Smart Meter, Smart Homes und Smart Machines. All dies soll dazu führen, dass Verbraucher ihr Verhalten nachvollziehen können und ihren Verbrauch an Strompreise bzw. an das Stromangebot anpassen können und so der Strom effizienter genutzt werden kann. Von einem derartigen Smart Grid ist Deutschland allerdings noch weit entfernt. Dazu sollte eine passende IT-Infrastruktur und auch das Stromnetz ausgebaut werden – und das kostet Zeit und viel Geld.

2.4 Wärme

Energie tritt nicht nur in Form von Strom auf, sondern auch als Wärme. Daher lassen sich die vorherigen Kapitel auch auf Wärmeenergie übertragen. Es gibt verschiedene Wärmespeicher, beispielsweise solche, die thermische Energie speichern und solche, die chemische Energie speichern. Ein einfaches Beispiel ist die Heizung: Sie erhitzt das Wasser und lässt es in einem Heizungskreislauf in die Heizkörper laufen, die so warm werden und die Umgebungstemperatur ansteigen lassen.

Wie bei den Stromspeichern kann man auch Wärmespeicher nach der Zeitspanne der Speicherung unterscheiden: Es gibt Kurzfrist-Wärmespeicher (Tagesspeicher) und Saisonal-Wärmespeicher (Wochenspeicher).

Abwärme von Großkraftwerken / Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, großen Industriebetrieben oder auch Wärmepumpen lässt sich über Fern- und Nahwärmenetze an die Verbraucher weiterleiten.

2.5 Unterstützendes Material

Unterstützendes Material, wie z. B. Videos, Homepages oder Literatur, welches Sie als Hintergrundwissen oder im Unterricht verwenden können, finden Sie auf der Wissensfabrik-Homepage unter: <https://www.wissensfabrik.de/downloadmaterial-city4future/#weiteresmaterial>

Video-Anleitungen zu den einzelnen Versuchen finden Sie auf unserem Youtube-Kanal: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLaQltc4GMyy6TOyhb-qE6buLW0XQh4ezh>

3 Umsetzung des Moduls C Speicherstadt

3.1 Einstieg: Einführung in das Thema Speicherung

Geschätzter Zeitaufwand: 1 Unterrichtsstunde

Ziel: Die Schüler*innen erkunden die Komplexität des Themas und sind motiviert, in die Details einzusteigen.

Vorgehen:

1) Spiel „Wir Netzverstehler“ (ca. 25 Min.)

Zum Einstieg wird im Klassenverbund ein kleines Reaktionsspiel durchgeführt. Dies soll verdeutlichen, dass das Netz schnell und flexibel auf den aktuellen Strombedarf / das aktuelle Stromangebot reagieren muss. Die Spielregeln werden im Reaktionsspiel „Wir Netzverstehler“ erläutert.

2) Story und Bedeutung des Klimawandels für die City4Future (ca. 10 Min.)

Die Lehrkraft stellt ggf. die Gesamtstory der City4Future vor. Dazu können sich die Schüler*innen den Stadtplan der City4Future anschauen und erste Überlegungen anstellen, welche Stadtteile besonders vom Klimawandel betroffen sein könnten und in welchen Stadtteilen welche Klimaschutzmaßnahmen getroffen werden können.

3) Vorstellung der Aufgaben in den Teams und Aufteilung in Gruppen für die anschließende Erarbeitungsphase (ca. 10 Min.)

Die Anzahl der Schüler*innen pro Team sollte ungefähr gleich sein. Bei 30 Schüler*innen pro Klasse wäre es gut, je 4-5 Schüler*innen in einem Team zu haben. Eine Aufteilung in die Teams am Ende der ersten Unterrichtsstunde ist sinnvoll. So können die Materialien und Unterlagen für die Gruppenarbeit im Anschluss an die erste Unterrichtsstunde vorbereitet werden.

Die Schüler*innen werden in insgesamt 6 Teams aufgeteilt. Drei der Teams bearbeiten Station 1; die anderen drei Teams bearbeiten Station 2. Danach wird gewechselt, sodass alle 6 Teams jeweils beide Stationen bearbeitet haben.

- **Station 1:** Bau eines Schwerkraftspeichers in Form eines Windrades (vgl. Modul B) nach der Anleitung auf Arbeitsblatt 1. Falls das Modul B bearbeitet wurde, kann das Modell wieder benutzt und erweitert werden.
- **Station 2:** In einem Rechercheauftrag beschäftigen sich die Teams mit den unterschiedlichen erneuerbaren Energien, um einen Vergleich zu ermöglichen, wie sich diese Energiequellen sinnvoll nutzen und kombinieren lassen.

Methodisch-didaktische Tipps und Ideen:

- Die Spielregeln des Reaktionsspiels können erweitert und angepasst werden. Weitere Szenarien oder Diskussionsanregungen bestehen z.B. in der Möglichkeit Strom zu importieren (wie Atomstrom aus Frankreich), die Kohlekraftwerke nicht abzuschalten, die erneuerbaren Energien auszubauen (mehr und größere Windparks auch auf dem Meer, Solarparks) oder die Verbraucher stärker als Erzeuger (Photovoltaik, Vertikal-Windräder) und Speicher (E-Autos) einzubeziehen.

- Da die Thematik recht komplex ist, bietet es sich bei diesem Modul ganz besonders an, einen Blick in die Praxis zu werfen. Beispielsweise könnte ein Wasserkraftwerk an einer Talsperre besucht werden. Ihr lokaler Stromanbieter/Wasserverband hilft bei der Identifizierung eines geeigneten Besuchsortes sicherlich weiter.

3.2 Erarbeitung mit Hilfe des Experiments und Rechercheauftrag

Geschätzter Zeitaufwand: 2 Unterrichtsstunden

Ziel: Die Schüler*innen erkunden die unterschiedlichen Möglichkeiten des Energiespeicherns und der Funktionalität von Energienetzen anhand von Experimenten und Rechercheaufträgen. Den Rechercheauftrag schließen die Schüler*innen mit einem Online Kahoot-Quiz ab.

Vorgehen:

1. Falls noch nicht in der Einstiegsphase geschehen, werden die Schüler*innen in Gruppen aufgeteilt, bzw. teilen sich in Gruppen ein und suchen sich jeweils eine der drei Perspektiven (Wissenschaftler*innen, Kritiker*innen, Umweltschützer*innen) aus, die es bei der Erarbeitung sowie bei der Präsentation zu beachten gilt.
2. Die Teams führen das Experiment sowie den Rechercheauftrag in Stationenarbeit durch.
3. Auf den jeweiligen Arbeitsblättern sind alle wichtigen Informationen gebündelt.

Station 1: Windradaufzug

- Alle Arbeitsgruppen bauen ein Windrad, analog zu Modul B, falls das Modul B durchgeführt wurde, werden die Windräder aus Modul B erweitert und benutzt. (Station1)
- Konstruktionsideen für einfache Windräder finden sich im Arbeitsblatt 1
- Zusätzlich als Vor- oder Nachbereitung bietet sich als Hausaufgabe ein Referat über die verschiedenen Energiespeichermöglichkeiten an.

Station 2: Rechercheauftrag & Quiz

- Die SuS recherchieren online mithilfe des Arbeitsblatts über verschiedene Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energien zur Ergänzung im Energiemix
- Die SuS schließen mit einem online Kahoot-Quiz zu erneuerbaren Energien ab. Dafür benötigen sie den Zugang zum Quiz durch die Lehrkraft. Den Zugangscodes erhalten Sie über den QR-Code. Alternativ können Sie unter kahoot.com auch nach "City4Future - Quiz regenerative Energien" suchen.
- Es öffnet sich nun ein neues Fenster, in dem man die Fragen sieht und auch die Antworten anzeigen lassen kann. Um das Quiz zu starten, klickt man auf Spielen. Um es selbst einmal durchzuspielen, kann die "Übung" gewählt werden. Um es in größerer Runde direkt zu starten, ist "Unterrichten" am besten. Als Hausaufgabe etc. ist "Zuweisen" geeignet. Wenn "Unterrichten" ausgewählt wird, geht es auf der nächsten Seite weiter. Es kann zwischen "Spieler gegen Spieler" oder "Teams gegen Teams" ausgewählt werden. Beim Wählen des klassischen Spiels - also "Spieler gegen Spieler", wird auf der nächsten Seite eine Spiel-Pin erstellt. Die Mit-



spieler*innen – also die Schüler*innen - müssen mit einem digitalen Endgerät auf die Startseite www.kahoot.it gehen und dort die Spiel-Pin eingeben – und los geht's!

3.3 Präsentation / Sicherung und Transfer (Wahl)

Geschätzter Zeitaufwand: 2 Unterrichtsstunden

Ziel: Präsentation, Diskussion der Ergebnisse aus der Erarbeitungsphase und Wahl

Vorgehen:

Alle Teams präsentieren ihre gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse in max. 3 Minuten pro Gruppe mit 6 unterstützenden Bildern („Pecha-Kucha Vortrag“). Auf diese Weise wird jedes Experiment aus den 3 unterschiedlichen Perspektiven vorgestellt. Dies beinhaltet u.a. die Vorstellung und ggf. Demonstration der gebastelten Windräder / der gebastelten Anemometer sowie die Recherche zu unterschiedlichen Möglichkeiten des Einsatzes von Windkraft. Die anderen Teams sollen/dürfen dazu jeweils kritische Fragen stellen. Jedes Team präsentiert hierbei im Sinne seiner gewählten/zugeordneten Gruppe und versucht bei seiner Argumentation die jeweilige Perspektive einzunehmen und Ideen für die City4Future einzubringen.

Jeweils eines der beiden Teams (also 1 x Team Wissenschaftler*innen, 1 x Team Umweltschützer*innen, 1 x Team Kritiker*innen) konzentriert sich bei der Erarbeitung ihrer Präsentationen auf Station 1 (Windradaufzug), während sich die anderen (also 1 x Team Wissenschaftler*innen, 1 x Team Umweltschützer*innen, 1 x Team Kritiker*innen) schwerpunktmäßig auf Station 2 (Rechercheauftrag zu regenerativen Energien) für ihre Präsentationen konzentriert. In der anschließenden Diskussion sollen die Ergebnisse auf die City4Future übertragen werden. Die Lehrkraft übernimmt hierbei die Moderation und erklärt kurz das Vorgehen der Wahl.

Die Wahl wird von der Lehrkraft eröffnet und startet dann mit der Wahl eines Teams von Wissenschaftler*innen, im Anschluss wird ein Team der Kritiker*innen gewählt und danach ein Team der Umweltschützer*innen. Dabei wählen die Schüler*innen anhand des Beobachtungsbogens jeweils das Team aus, das sie am meisten mit ihrer Präsentation und Argumentation überzeugt hat.

Das Team, welches die Wahl gewonnen hat, sitzt im abschließenden Modul S – der Stadtrats-sitzung – und präsentiert dort konkrete Umsetzungsvorschläge für den Aufbau der City4Future. Das Modul S wird dabei nur berücksichtigt, wenn alle Module (A-D) mit den Schülern*innen durchgeführt werden. Ansonsten endet das Modul A mit der Wahl der besten bzw. überzeugendsten Präsentation.

Methodisch-didaktische Tipps und Ideen:

- Präsentationsform und Präsentationsmittel sind frei wählbar (z.B. PowerPoint-Vortrag, Plakate, Videos, Podcasts, Padlets etc.). Die Maximalzeit für die Präsentationen kann an die Anzahl der Gruppen angepasst werden.
- Um eine hohe Beteiligung aller Schüler*innen zu erreichen, ist es auch erlaubt, Fragen und Statements an den/die Moderator*in schriftlich (auch digital, bspw. über Mentimeter) einzureichen. Dies ermöglicht auch den Schüler*innen die Beteiligung, die sich verbal aus unterschiedlichen Gründen eher zurückhalten.

4 Überblick Arbeitsmaterialien

😊 Material für Lehrkräfte sowie Unternehmensvertreter*innen

😊 Material für Schüler*innen

Phase	Arbeitsmaterialien
Einstieg	Basisinfos 😊 😊 Reaktionsspiel: „Wir Netzversther“ 😊
Erarbeitung	Station 1: Bau eines Schwerkraftspeichers 😊 Arbeitsblatt 1: Anleitung Schwerkraftspeicher – Bau eines Windrad-Aufzug Kopiervorlage 1: Konstruktionsideen für einfache Windräder 😊 Station 2: Rechercheauftrag 😊 Arbeitsblatt 2: Rechercheauftrag „erneuerbaren Energien“ + Online Kahoot Quiz 😊 Lösungsblatt zum Rechercheauftrag „erneuerbare Energien“ 😊
Sicherung + Transfer	Informationsblatt 1: Infomaterial für Fortgeschrittene – Berechnung der Speicherkapazität 😊 😊 Beobachtungsbogen für Präsentation 😊 Optionales Arbeitsblatt 1 😊

5 Lösungshinweise

5.1 Erwartungshorizont für das Experiment Schwerkraftaufzug (Station 1)

Beobachtung:

Mit Hilfe des Windrades lassen sich unterschiedlich schwere Gegenstände in die Höhe ziehen (individuelle Lösungen).

Folgerung:

Die durch die Drehung des Windrads erzeugte Energie wird nicht direkt in elektrische Energie umgewandelt, sondern dazu verwendet ein Gewicht in die Höhe zu ziehen.

Durch das Herablassen der Gewichte kann dann wiederum Energie freigesetzt werden. So ist es möglich, überschüssige Windenergie zu speichern und zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen.

Dies ist allerdings nur eine beispielhafte Darstellung zur Umwandlung unterschiedlicher Energieformen. Derzeit ist es noch nicht möglich, die Windenergie kosteneffizient zu speichern.

Aufgabe und Hinweise für die Präsentation:

Der Schwerkraftaufzug dient als Beispiel für einen möglichen Energiespeicher. Windkraft wird derzeit in geringem Umfang in Akkus gespeichert. Power-to-X-Verfahren wandeln den aus Windenergie gewonnenen Strom in andere Energieträger um, beispielsweise indem Wasser in Wasserstoff aufgespalten wird.

Vorschläge für die City4Future:

- Überlegungen für einen sinnvollen Mix aus erneuerbaren Energien.
- Standorte für effektive Nutzung der Windenergie auswählen und überlegen, welcher Anteil des benötigten Stroms über Windkraft zuverlässig abgedeckt werden kann.

5.2 Lösungsblatt – Rechercheauftrag „erneuerbare Energien“

1. Wie werden erneuerbare Energien **definiert**? Recherchiert im Internet und notiert euch die Definition.
1. *Erneuerbare, oder auch regenerative Energien genannt, sind Energieformen, die entweder endlos vorhanden sind oder immer wieder neu entstehen.*
2. Recherchiert, welche Formen von regenerativen (= erneuerbaren) Energien es gibt und listet diese hier auf.
2. Es gibt *Windenergie, Sonnenenergie, Wasserkraft, Erdwärme und Energie aus Biomasse*
3. Vergleicht die verschiedenen Formen regenerativer Energien und füllt die folgende Tabelle aus.

Form der regenerativen Energie			
Form der regenerativen Energie	Funktionsweise	Vorteile	Nachteile
Bsp.: Windenergie	<i>Strom wird aus der Kraft des Windes durch den Antrieb von Windkraftanlagen gewonnen. Diese nutzen den Auftrieb, den der Wind beim Vorbeiströmen an den Rotorblättern erzeugt.</i>	<i>Verursacht keine Treibhausgase und verschmutzt somit nicht die Luft</i>	<i>Unterliegt natürlichen Schwankungen → wetter- und jahreszeit-abhängig</i>
Sonnenenergie	Photovoltaik-Anlagen wandeln Sonnenenergie in elektrische Energie um. Über ein Solarkabel wird „Gleichstrom“ an einen Wechselrichter weitergeleitet und dort in „Wechselstrom“ umgewandelt, welcher dann z.B. in Haushalten verbraucht werden kann.	Verursacht keine Treibhausgase und verschmutzt somit nicht die Luft; auch für einzelne private Haushalte von Nutzen; für Bürger*innen bezahlbar in der Anschaffung	Unterliegt natürlichen Schwankungen → wetter- und jahreszeit-abhängig
Wasserkraft	Die Flusskraft des Wassers wird genutzt, um als Antrieb genutzt werden zu können.	Verursacht keine Treibhausgase und verschmutzt somit nicht die Luft; zuverlässige Form der Energiegewinnung, da Wasser immer fließt	Aufbau von geeigneten Kraftwerken beansprucht Ressourcen, Energie, Zeit und eine Menge Geld
Erdwärme (Geothermie)	Nutzung der Erdwärme zur Gewinnung von Strom. Die Temperaturen im Erdinneren erwärmen die oberen Erdschichten. Mithilfe von Bohrungen von bis zu 400m in die Tiefe wird diese Energie erschlossen.	Verursacht keine Treibhausgase und verschmutzt somit nicht die Luft	
Biomasse	Pflanzenreste, tierische Abfälle sowie nachwachsende Rohstoffe (= all das nennt sich Biomasse) werden mithilfe von Mikroorganismen zersetzt, sodass das Gas „Methan“ entsteht. Das Methan wird dann verbrannt und trägt so zur Energiegewinnung bei.	Setzt nur so viel Kohlendioxid frei wie die Pflanzen, aus denen die Biomasse entstanden ist, zuvor aus der Luft gebunden haben	Aufbau von geeigneten Kraftwerken beansprucht Ressourcen, Energie, Zeit und eine Menge Geld; Pflanzen, die extra hierfür angebaut werden, beanspruchen viel Platz und Ressourcen, die ggf. für den Lebensmittel-anbau benötigt werden

4. Besucht die Website eurer Schule oder sprecht mit einer verantwortlichen Person eurer Schule und beantwortet folgende Fragen.
 - a. Findet heraus, welche Form der Energieversorgung eure Schule nutzt.
...
 - b. Überlegt, welche (weitere) Möglichkeit der regenerativen Energieversorgung in eurer Schule Sinn machen würde. Begründet eure Aussage.
...
5. Macht das Online Kahoot-Quiz zu erneuerbaren Energien.
5. *Kahoot-Quiz-Fragen + grün markierte Lösungen + Erläuterungen zu den richtigen Antworten*

1. Welche der nachfolgenden Energieträger sind regenerativ (= erneuerbar)?

- a. Windenergie, Erdöl, Energie aus Wasserkraft
- b. Kohle, Biomasse, Windenergie, Mineralöl
- c. Biomasse, Windenergie, Solarenergie, Erdwärme und Wasserkraft
- d. Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse und Gas

2. Wie sollten Photovoltaikanlagen idealerweise ausgerichtet sein?

- a. Nach Osten. Dort geht die Sonne auf und die ersten Sonnenstrahlen des Tages können so genutzt werden.
- b. Nach Westen. Dort geht die Sonne unter und die letzten Sonnenstrahlen des Tages können so genutzt werden.
- c. Nach Süden. Dort steht die Sonne am Mittag am höchsten und die Sonnenkraft ist dann am stärksten.
- d. Es ist ganz egal, da immer zu irgendeinem Zeitpunkt Sonne auf die Photovoltaikanlagen trifft.

3. Energiesparen entlastet die Umwelt. Was versteht man unter Stand-by-Stromverbrauch?

- a. Der Stromverbrauch eines Elektrogeräts im Bereitschaftsbetrieb.
- b. Der Stromverbrauch eines Fernsehgeräts während der Werbepausen.
- c. Der Stromverbrauch eines Smartphones, während der Besitzer herumsteht.
- d. Der Stromverbrauch eines Elektrogeräts, wenn man es aus der Steckdose aussteckt.

4. Was ist ein Windpark?

- a. Ein besonders windiger Bereich im Teil eines Grünflächenparks.
- b. Eine Ansammlung mehrerer Windkraftanlagen an einem Ort.
- c. Eine Anlage, in der Windsurfer ihre Ausrüstung testen können.
- d. Ein extra angelegter Park, in dem man Drachen steigen lassen kann.

5. Was ist eine Offshore-Windkraftanlage?

- a. Eine Windkraftanlage, die sich je nach Windstärke automatisch an- und abschaltet.
- b. Eine Windkraftanlage, die auf offener See errichtet wurde.
- c. Eine Windkraftanlage, die zu Wartungszwecken vom Netz genommen wurde.
- d. Eine Windkraftanlage, die höher ist als die Norm.

6. Was versteht man unter erneuerbarer Energie aus Biomasse?

- a. Energie, die ausschließlich aus Küchenabfällen erzeugt wird.
- b. Energie, die aus flüssigen, gasförmigen oder festen pflanzlichen und tierischen Stoffen erzeugt wird.
- c. Energie, die ausschließlich aus biologisch angebauten pflanzlichen Stoffen erzeugt wird.
- d. Ausschließlich Energie aus Pflanzenresten.

7. Was ist Geothermie?

- a. Ein Zubereitungsverfahren für Speisen mithilfe besonders heiß werdender Geräte.
- b. Eine Form der Energiegewinnung, welche die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Erdwärme nutzt.
- c. Die Nutzung von heißen Quellen zur Energiegewinnung.
- d. Warme Luft, die Energie erzeugt.

8. Was ist ein Nullenergiehaus?

- a. Ein Haus, das nur so viel Strom verbraucht, wie es selbst produziert.
- b. Ein Haus, das keine Energie produziert.
- c. Ein Haus, das keine Energie verbraucht.
- d. Ein Haus, in dem alle Geräte auf Stand-by-Modus gestellt sind.

9. Die Energiegewinnung durch Wind- oder Sonnenergie unterliegt natürlichen Schwankungen.

- a. Richtig
- b. Falsch

10. Welchen Nachteil bringt die Energiegewinnung durch Biomasse mit sich?

- a. Pflanzen, die extra dafür angebaut werden, benötigen viel Platz und stellen Ressourcen dar, die auch für den Lebensmittelanbau benötigt werden.
- b. Biomasse ist nicht immer verfügbar.
- c. Tierische Abfälle müssen hierfür erst einmal überall eingesammelt werden.
- d. Die Produktion ist zu zeitintensiv.

5.3 Erläuterungen zu den richtigen Antworten des Quiz:

Welche der nachfolgenden Energieträger sind regenerativ (= erneuerbar)?

Biomasse, Windenergie, Sonnenenergie, Wasserkraft und Erdwärme sind erneuerbare, regenerative Energieträger. Sie stehen nahezu unerschöpflich zur Verfügung oder erneuern sich in einer verhältnismäßig kurzen Zeit. Auch einige Formen der Wasserkraft gehören zu den erneuerbaren Energien. Die Nutzung erneuerbarer Energien verringert den CO₂-Ausstoß und entlastet die Umwelt.

1. Wie sollten Photovoltaikanlagen idealerweise ausgerichtet sein?

Für eine maximale Energiegewinnung sollten Photovoltaikanlagen möglichst nach Süden ausgerichtet sein. Hier ist die Sonneneinstrahlung am höchsten. Je höher die Sonneneinstrahlung, desto mehr Solarstrom wird durch die Photovoltaikanlage produziert.

2. Energiesparen entlastet die Umwelt. Was versteht man unter Stand-by-Stromverbrauch?

Viele Geräte verbrauchen auch dann noch Strom, obwohl sie über den Ausschalter abgeschaltet sind. Der Grund: Sie sind im Stand-by-Modus, also betriebsbereit. Meist erkennt man das an einem kleinen Lämpchen, welches am entsprechenden Gerät leuchtet. Erst, wenn man den Hauptschalter betätigt, ist das Gerät richtig abgeschaltet. Ist dieser nicht vorhanden, hilft nur eine an- und abschaltbare Steckdosenleiste.

3. Was ist ein Windpark?

An Standorten mit besonders günstigen Windverhältnissen wird oft eine größere Anzahl Windkraftanlagen errichtet. Sie werden auch Windparks genannt.

4. Was ist eine Offshore-Windkraftanlage?

Offshore-Windkraftanlagen werden auf offener See errichtet. Sie profitieren von der Kraft des Meereswindes. Onshore-Windkraftanlagen befinden sich auf dem Festland – vor allem an der Küste, aber auch auf großen Freiflächen oder auf Bergen. Ende des Jahres 2017 gab es in Deutschland 28.625 Onshore-Windenergieanlagen sowie 1.196 Offshore-Windenergieanlagen in 20 Offshore-Windparks.

5. Was versteht man unter erneuerbarer Energie aus Biomasse?

Als Biomasse gelten alle flüssigen, gasförmigen oder festen pflanzlichen und tierischen Stoffe. Zur Energiegewinnung aus Biomasse nutzt man Mais und bestimmte Getreidearten, Holz, Ernterückstände und organische Abfälle. Auch Nebenprodukte aus der Nutztierhaltung gehören dazu. Hinzu kommen unter anderem Althölzer, Sägemehl, Papier und Klärschlamm. Die Hälfte des Hausmülls wird ebenfalls zur Biomasse gerechnet. Die Energiegewinnung aus Biomasse erfolgt meist durch Verbrennung in Feuerungsanlagen. In einer Biogasanlage produzieren Bakterien beispielsweise Biogas aus Pflanzen, Abfällen und Mist. Mit diesem Biogas kann Strom erzeugt werden. Pflanzenöl und Bioalkohol kann man als Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge nutzen.

6. Was ist Geothermie?

Geothermie nutzt die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Erdwärme. Heißes Wasser oder Wasserdampf dienen dabei als Wärmeträger. Thermalwasserfelder liefern warmes Wasser mit Temperaturen unter 100 Grad Celsius, das in Form von warmen Quellen entweder an die Oberfläche tritt oder mittels spezieller Pumpen gefördert werden kann. Thermalwasserfelder lassen sich für Heilbäder, aber auch zum Heizen nutzen. Heißdampffelder liefern trockenen, häufig überhitzten Dampf, dessen Dampftemperaturen zwischen 125 und 245 Grad Celsius liegen. Dampf mit einem Druck von mehr als vier Bar und einer Temperatur ab 170 Grad Celsius eignet sich zur Elektrizitätserzeugung. In Deutschland wurde 2017 an 33 Geothermiestandorten Strom erzeugt. In Privathaushalten wird über Wärmepumpen unter anderem Erdwärme genutzt. Diese wird dabei dem Erdreich entzogen, in das Haus gepumpt und als Heizenergie abgegeben.

7. Was ist ein Nullenergiehaus?

Ein Nullenergiehaus ist die Weiterentwicklung eines Niedrigenergiehauses. Es verbraucht nur so viel Strom, wie es selbst produziert, zum Beispiel mithilfe einer hauseigenen Photovoltaikanlage. Ein Plusenergiehaus, auch Effizienzhaus Plus genannt, geht sogar noch weiter: Es erzeugt im Jahresmittel mehr erneuerbare Energie, als es selbst verbraucht. Diese überschüssige Energie kann entweder mithilfe eines Stromspeichers für den späteren Verbrauch gespeichert oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Die Eigentümer erhalten dann eine sogenannte Einspeisevergütung.

8. Die Energiegewinnung durch Wind- oder Sonnenenergie unterliegt natürlichen Schwankungen.

Wind und Sonne sind nicht 24 h am Tag vorhanden. Auch gibt es Orte, an denen mehr Wind weht oder häufiger die Sonne scheint als anderen Orten, weshalb eine Energiegewinnung durch diese beiden Formen der regenerativen Energie nicht überall gleichermaßen sinnvoll ist.

9. Welchen Nachteil bringt die Energiegewinnung durch Biomasse mit sich?

Da wir mit zunehmender Weltbevölkerung auch immer mehr Nahrung benötigen, ist es strittig, ob Nutzpflanzen, wie z.B. Raps zur Energiegewinnung als Form der regenerativen Energienutzung oder für den Lebensmittelanbau und damit zur Bekämpfung des Hungers angebaut werden sollten.

6 Arbeitsmaterial für Schüler*innen

6.1 Reaktionsspiel „Wir Netzverstehrer“

Diese Übung verdeutlicht das Zusammenspiel im Strom-Netz eurer Stadt. Wie gelingt es, dass ihr alle tagsüber genug Strom habt, damit ihr eure elektrischen Geräte wie Computer und Handys benutzen könnt? Und wie klappt es, dass bei Bedarf die Stromproduktion reduziert wird und der produzierte Strom nicht „weggekippt“ wird?

Ziel des Spiels

Eure Aufgabe ist es, das Strom-Netz eurer Stadt stabil zu halten. Das heißt, dass ihr die von den Verbrauchern benötigte Energie zur Verfügung stellen könnt und die überschüssige Energie nicht verloren geht.

Spielablauf und -regeln

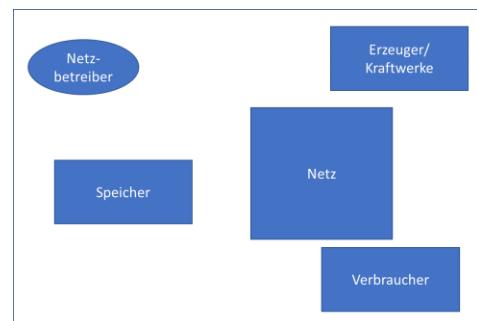
Teilt euch in der Klasse in verschiedene Gruppen auf und verteilt die Rollenkarten und Materialien.

- 2–3 Personen sind die **Netzbetreiber**. Ihr bekommt die Szenarien.
- 2–4 Personen sind die **Strom-Erzeuger**. Ihr bekommt die Styropor- und Holzbälle
- 4–8 Personen sind die **Speicher**. Ihr bekommt 6 Becher als Speicher und betreut entweder allein oder zu zweit einen Becher.
- 4–8 Personen sind die **Netze**. Ihr reicht als Strommasten oder Leitungen den Strom weiter.
- 4–8 Personen sind die **Verbraucher**. Ihr bekommt 6 Becher als Verbraucher und betreut entweder allein oder zu zweit einen Becher.

Stellt euch im Raum so auf, dass Erzeuger, Speicher und Verbraucher über das Strom-Netz verbunden sind.

Beginn des Spiels: Die Netzbetreiber lesen die erste Ereigniskarten / das erste Szenario vor. Sie überlegen im Team oder gemeinsam in der Klasse, welche Anweisung sie an die Erzeuger geben. Entsprechend der Anweisung „produzieren“ die Erzeuger Strom in Form von Holzbällen (erneuerbare Energie) oder Styroporbällen (konventionelle Energie). Die Bälle werden dann ans Netz weitergegeben, das die Bälle an die Verbraucher (bspw. Waschmaschinen in Haushalten, Unternehmen...) oder Strom-Speicher weitergibt. Ein Speicher ist dann voll bzw. ein Verbraucher ist dann versorgt, wenn 3 Holzbälle oder 3 Styroporbälle im Becher sind. Wird der Strom verbraucht, dann werden die Bälle in einen Karton/Eimer gekippt.

Wenn nicht alle Anforderungen des Szenarios erfüllt werden können, hebt die Institution mit dem Problem die Blitz-Karte hoch. Dadurch wird das Spiel unterbrochen und der Netzbetreiber bzw. die Lehrkraft moderiert eine Diskussion in der Klasse, was nun zu tun ist.



Rollenkarten

Stadtwerk (Netzbetreiber)

Euch als lokalem Stadtwerk gehören die lokalen Strom-Netze und ihr steuert in eurer Stadt den „Strom-Verkehr“. Wie viel Strom wird aktuell benötigt? Welche Erzeuger müssen hierfür an- und ausgeschaltet werden? Wie viel Strom soll aus den Speichern entnommen werden bzw. dort „gelagert“ werden?

Es gibt fünf Szenarien, die nacheinander durchgespielt werden. Zu Beginn eines Szenarios lest ihr das Szenario laut in der Klasse vor und gebt nach einer Beratung im Team die nötigen Anweisungen an die anderen Gruppen.

Falls ein Problem entsteht und eine Blitz-Karte gezeigt wird, dann leitet und moderiert ihr die Diskussion in der Klasse. Tragt in der Klasse Ideen zusammen und überlegt, was nun sinnvollerweise zu tun ist.

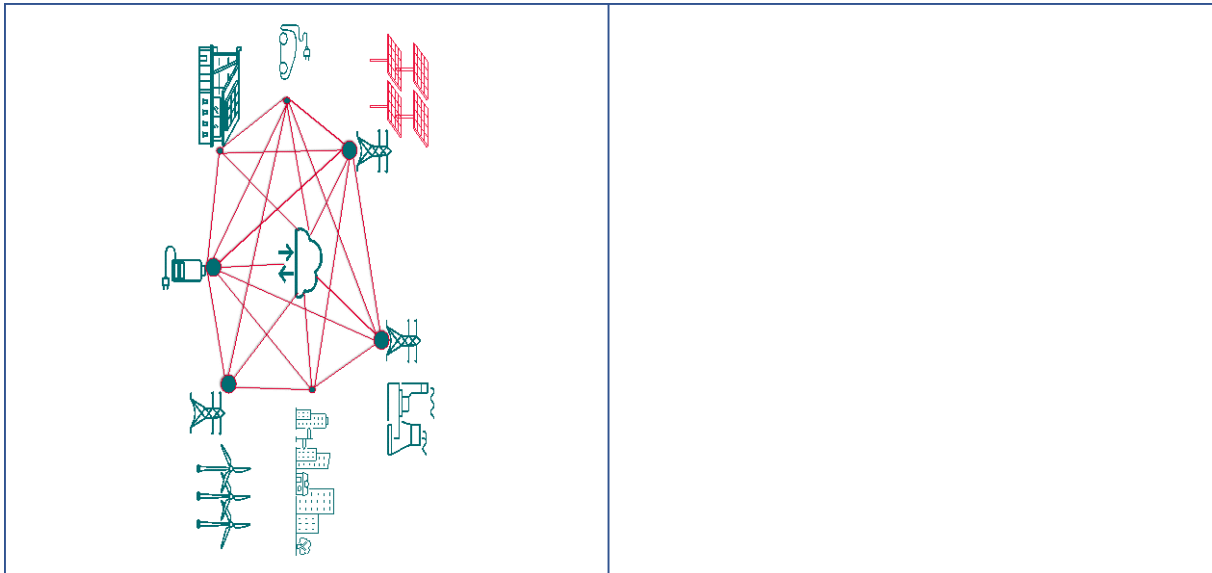
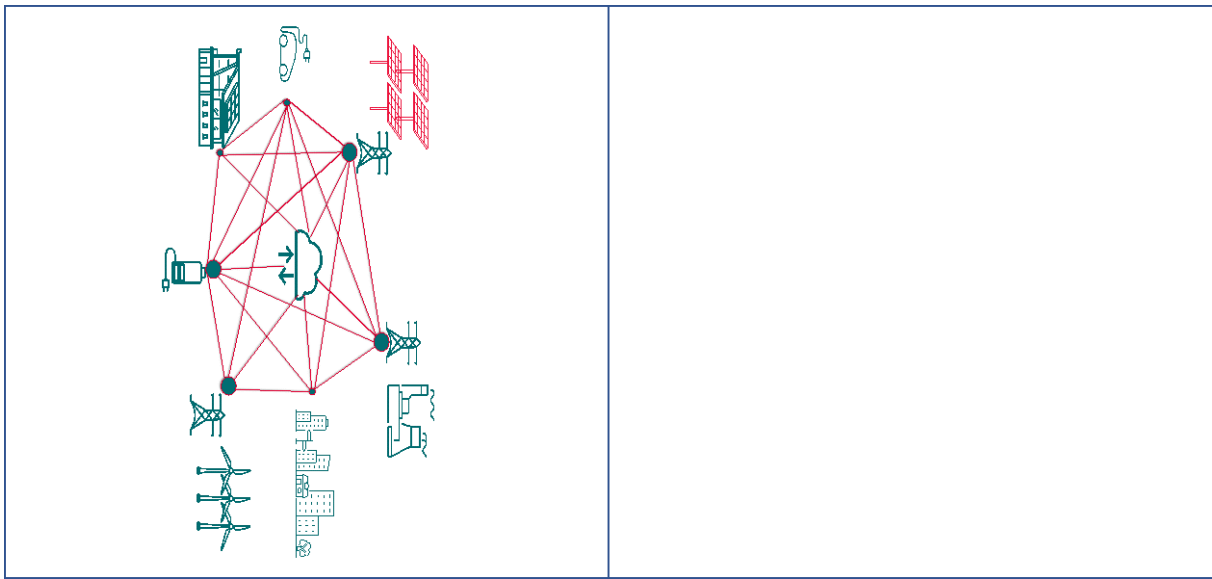
Szenario 1: Es ist Mittwochmorgen, ein Frühjahrstag, 7 Uhr und die Stadt erwacht. Kaffeemaschinen gehen in Betrieb, es wird Licht benötigt und in den Fabriken gehen die Maschinen an. Zwei der sechs Verbraucher haben Strom-Bedarf. Die Sonne scheint nicht und es ist windstill. Das Kohlekraftwerk liefert den regelmäßigen Strom (6 Styroporbälle).

Szenario 2: Es ist nun Mittag, 13 Uhr. Der Bedarf ist etwas gestiegen, weil jetzt gekocht wird und auch einige Schulkinder nach Hause kommen und elektrische Geräte benutzen. Vier der sechs Verbraucher haben Strom-Bedarf. Die Sonne steht nun im Zenit, der Wind weht mäßig (12 Holzbälle). Das Kohlekraftwerk liefert den regelmäßigen Strom (6 Styroporbälle).

Szenario 3: Es ist nun Abend, 18 Uhr. Der Bedarf ist jetzt am höchsten, es wird überall gekocht, Fernseher und co. sind angeschaltet. Alle sechs Verbraucher benötigen Energie. Die Sonne liefert kaum noch Strom, der Wind weht stark (9 Holzbälle). Das Kohlekraftwerk liefert den regelmäßigen Strom (6 Styroporbälle).

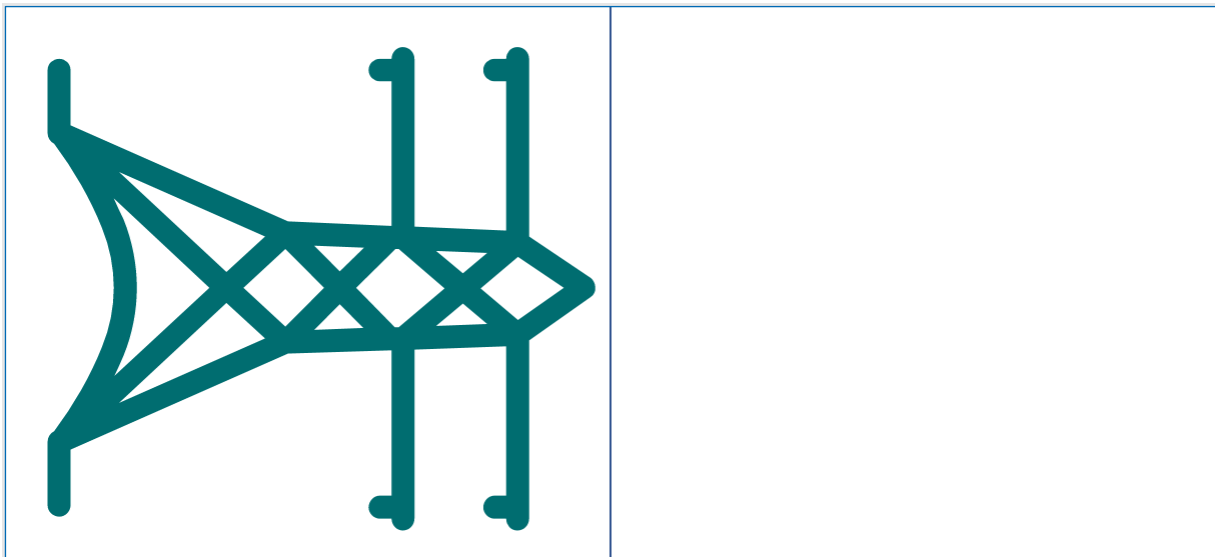
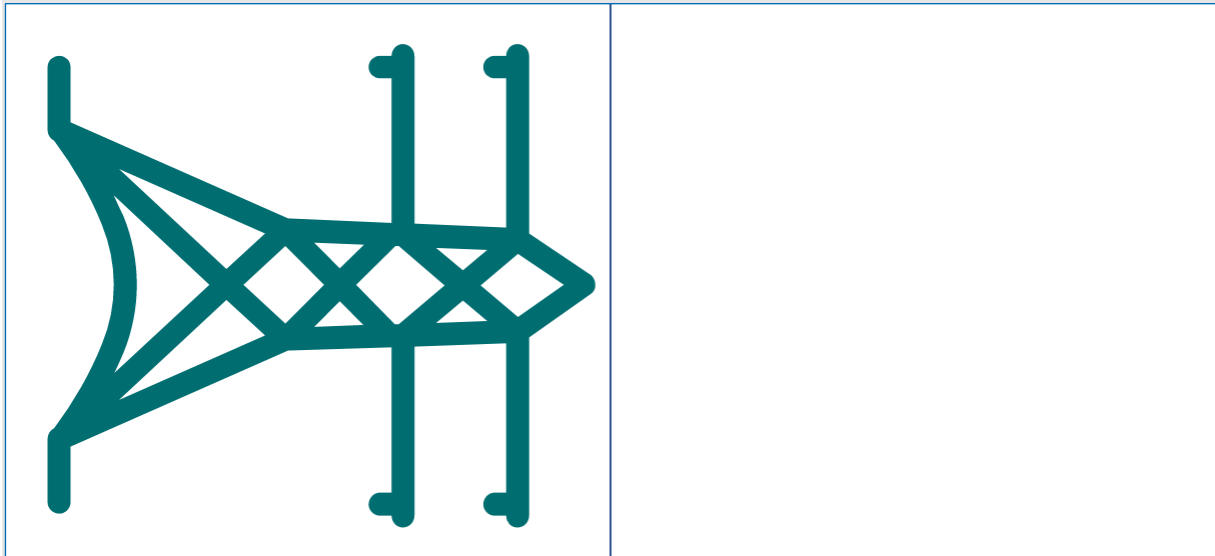
Szenario 4: In der Nacht, 24 Uhr, ist der Bedarf am niedrigsten. Einige Bars und Clubs haben offen und zwei Verbraucher benötigen Energie. Es ist windstill und die Sonne scheint auch nicht. Die Regierung hat entschieden, die Kohlekraftwerke vom Netz zu nehmen – sie liefern keinen Strom mehr.

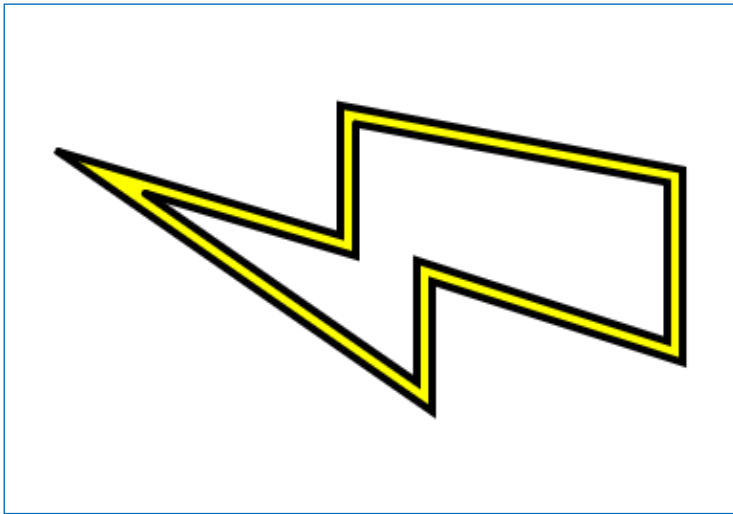
Szenario 5: An einem sonnigen Tag im Juli, 12 Uhr. Es wird gekocht, die Maschinen in den Fabriken laufen und die Schulkinder haben Ferien und benutzen elektrische Geräte. Vier der sechs Verbraucher benötigen Strom. Die Sonne brennt und es weht ein starker Wind (30 Holzbälle) und das Kohlekraftwerk ist wieder am Netz (6 Styroporbälle).



Strom-Netz

Eure Aufgabe ist es, den produzierten Strom zwischen Kraftwerken, Verbrauchern und Speichern zu transportieren. Hierzu nehmt ihr die Bälle an und gebt sie nach Anweisung des Netzbetreibers weiter. Ihr könnt die Bälle maximal für 5 Sekunden behalten, bevor ihr sie an ein weiteres Netz-element beziehungsweise zum Verbraucher oder Speicher weitergebt. Falls ihr ein Problem habt und nicht genau wisst, was ihr nun tun sollt, dann zeigt die Blitz-Karte in die Höhe!

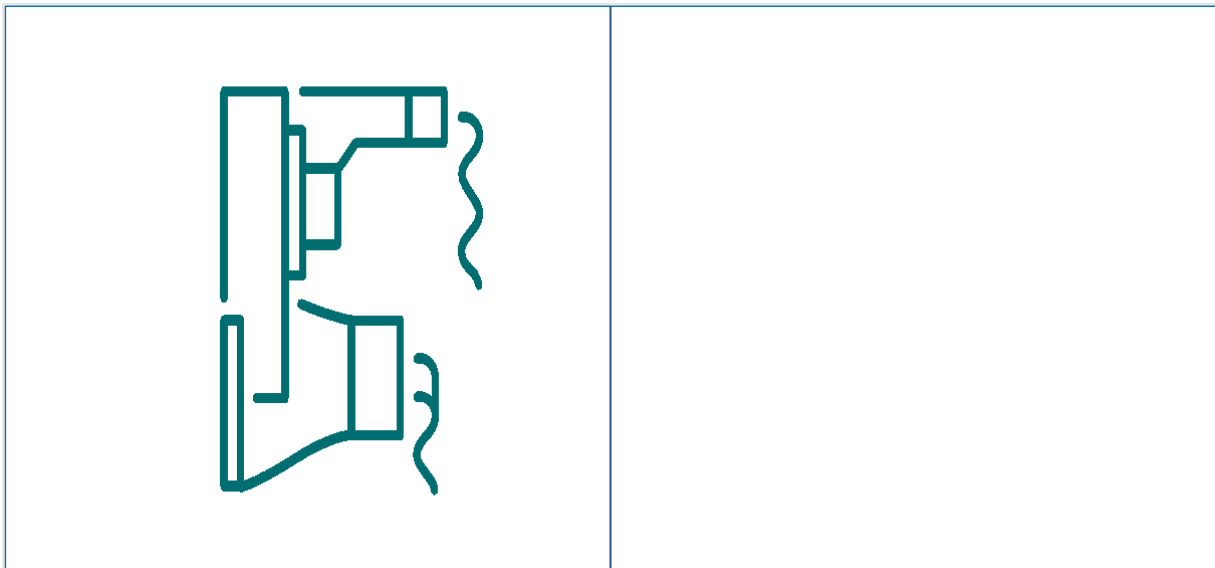
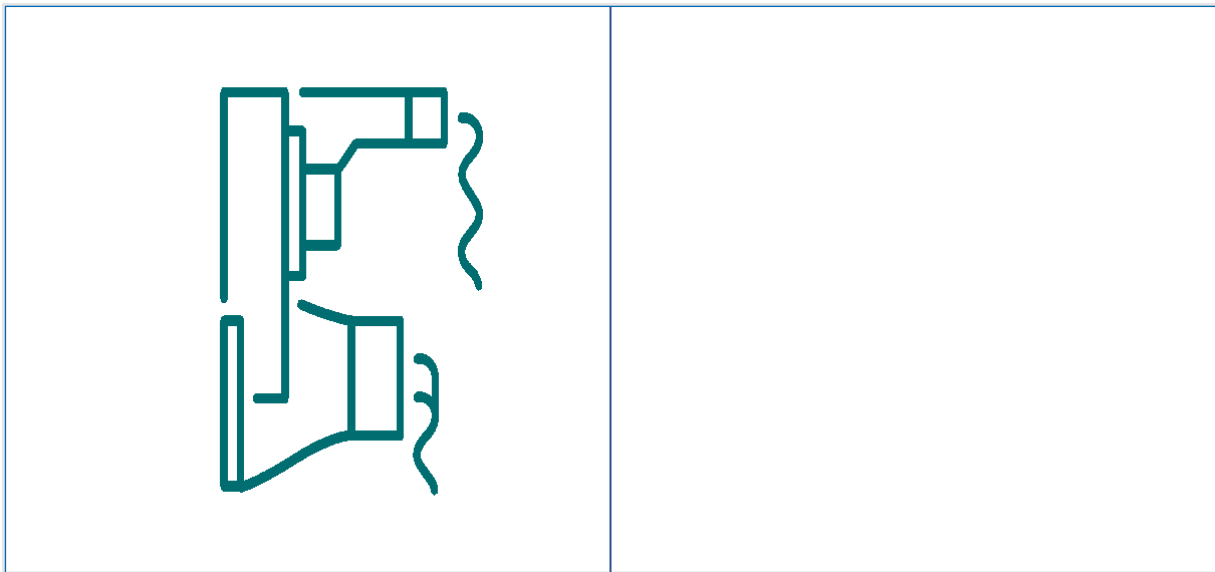




Strom-Erzeuger

Ihr erzeugt den Strom in Kraftwerken. Es gibt in der Stadt einen Solar- und Windpark, der Strom aus erneuerbaren Energien in Form von Holzbällen liefert – natürlich nur, wenn die Sonne scheint oder der Wind weht. Außerdem gibt es ein Kohlekraftwerk, das kontinuierlich Strom in Form von Softbällen liefert.

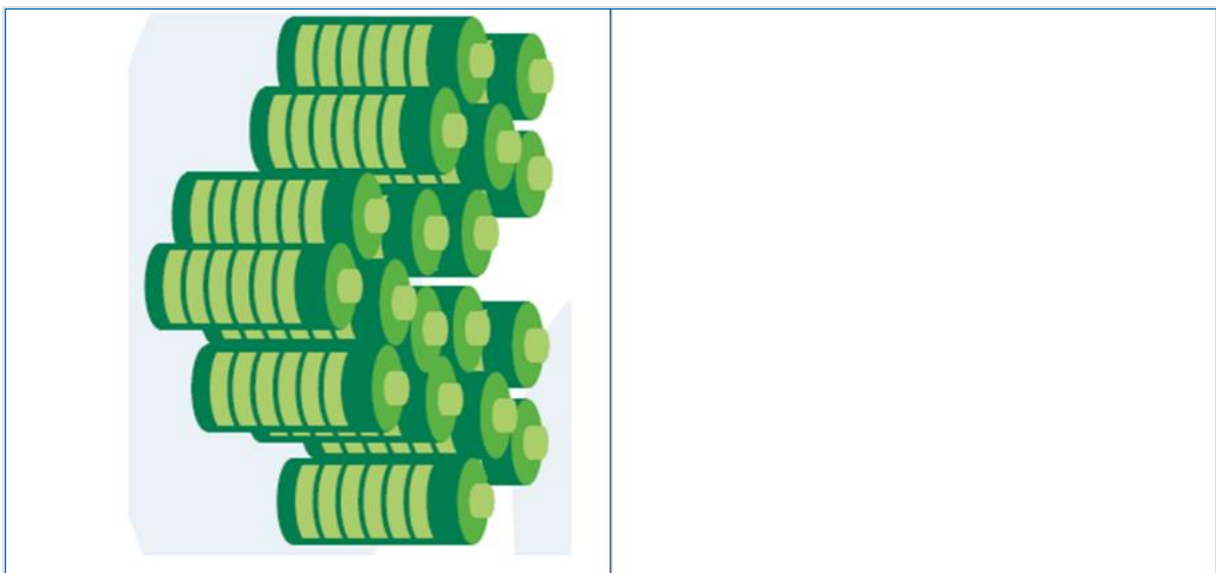
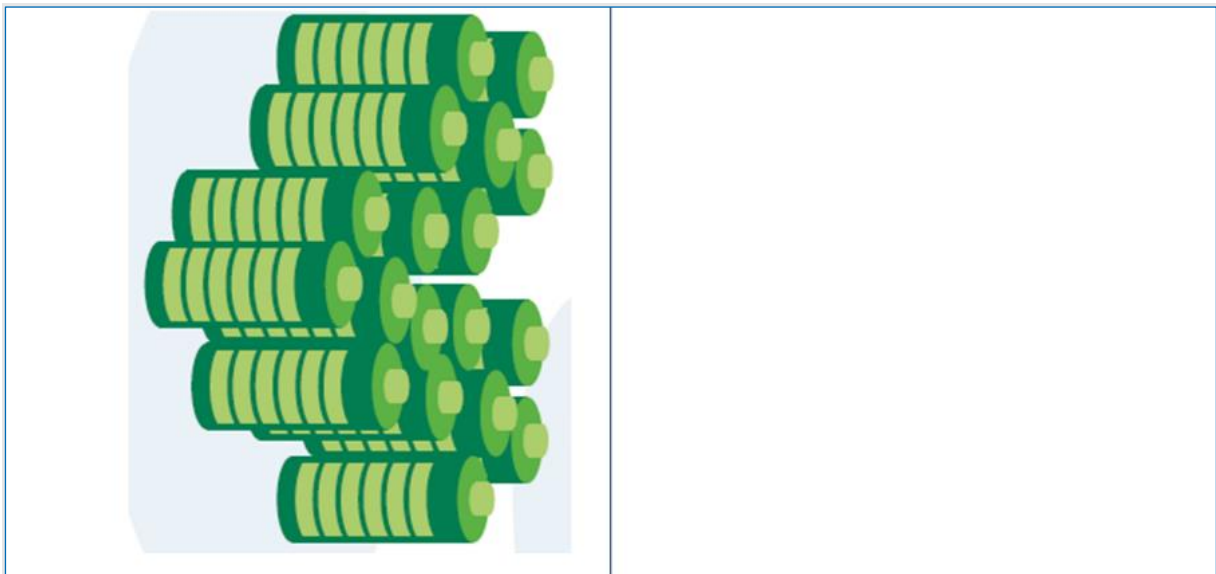
Nach Anweisung der Netzbetreiber produziert ihr den Strom für den entsprechenden Bedarf und gebt ihn ans Netz weiter.

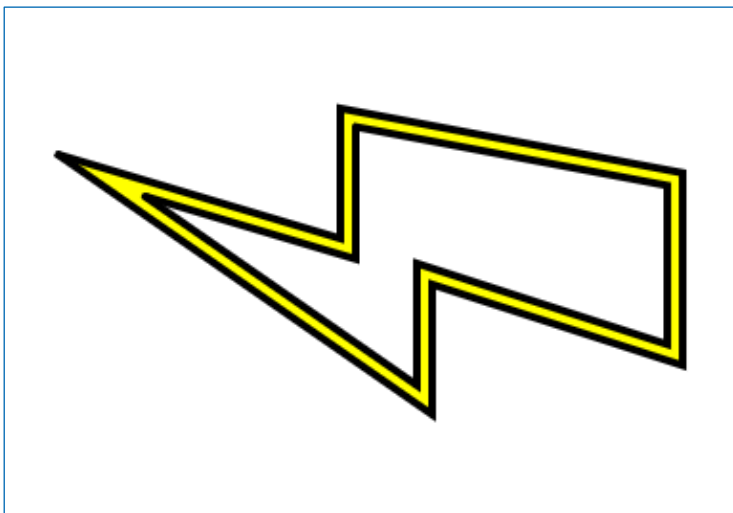
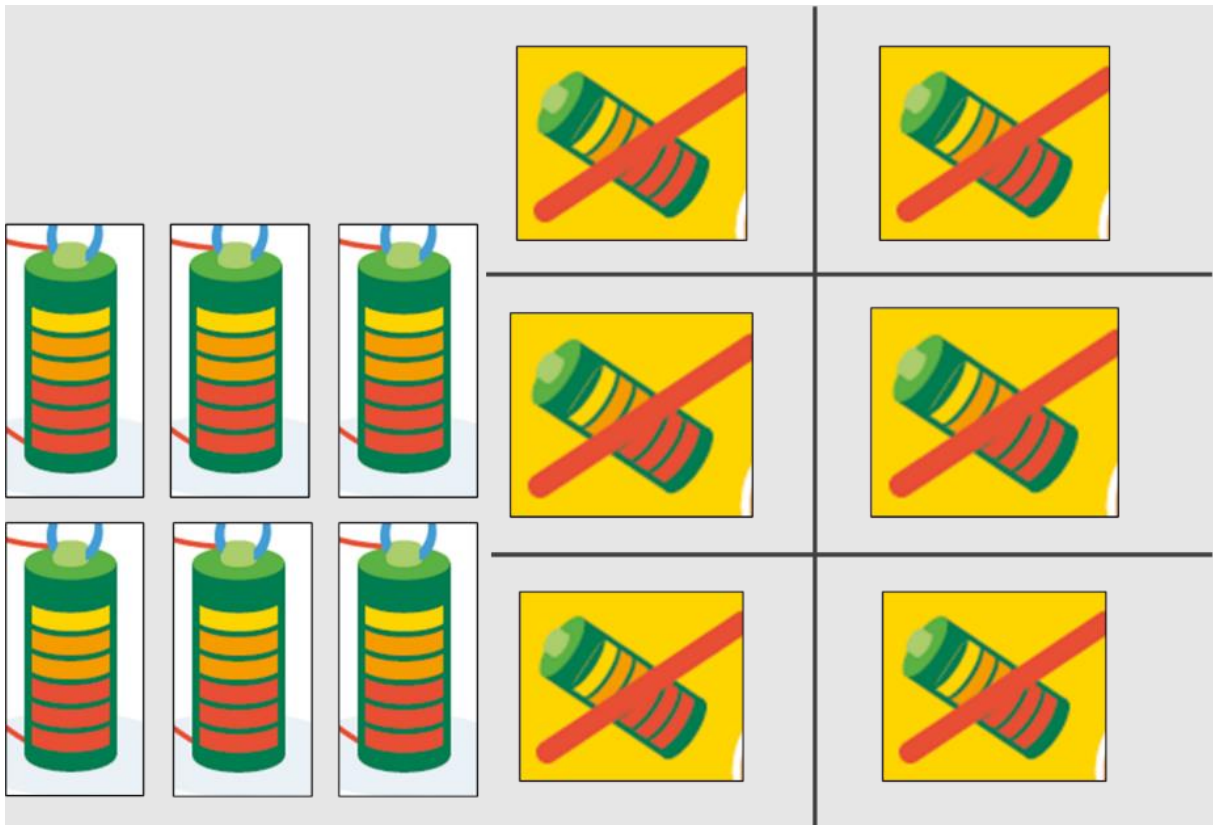


Strom-Speicher

In eurer Stadt gibt es verschiedene Pump- und Gravitationsspeicher, die zu viel produzierten Strom über eine bestimmte Zeit speichern können. Ihr erhaltet 6 Becher, die den Speicher darstellen. Euer Speicher ist voll, wenn 3 Styroporbälle oder 3 Holzbälle darin liegen.

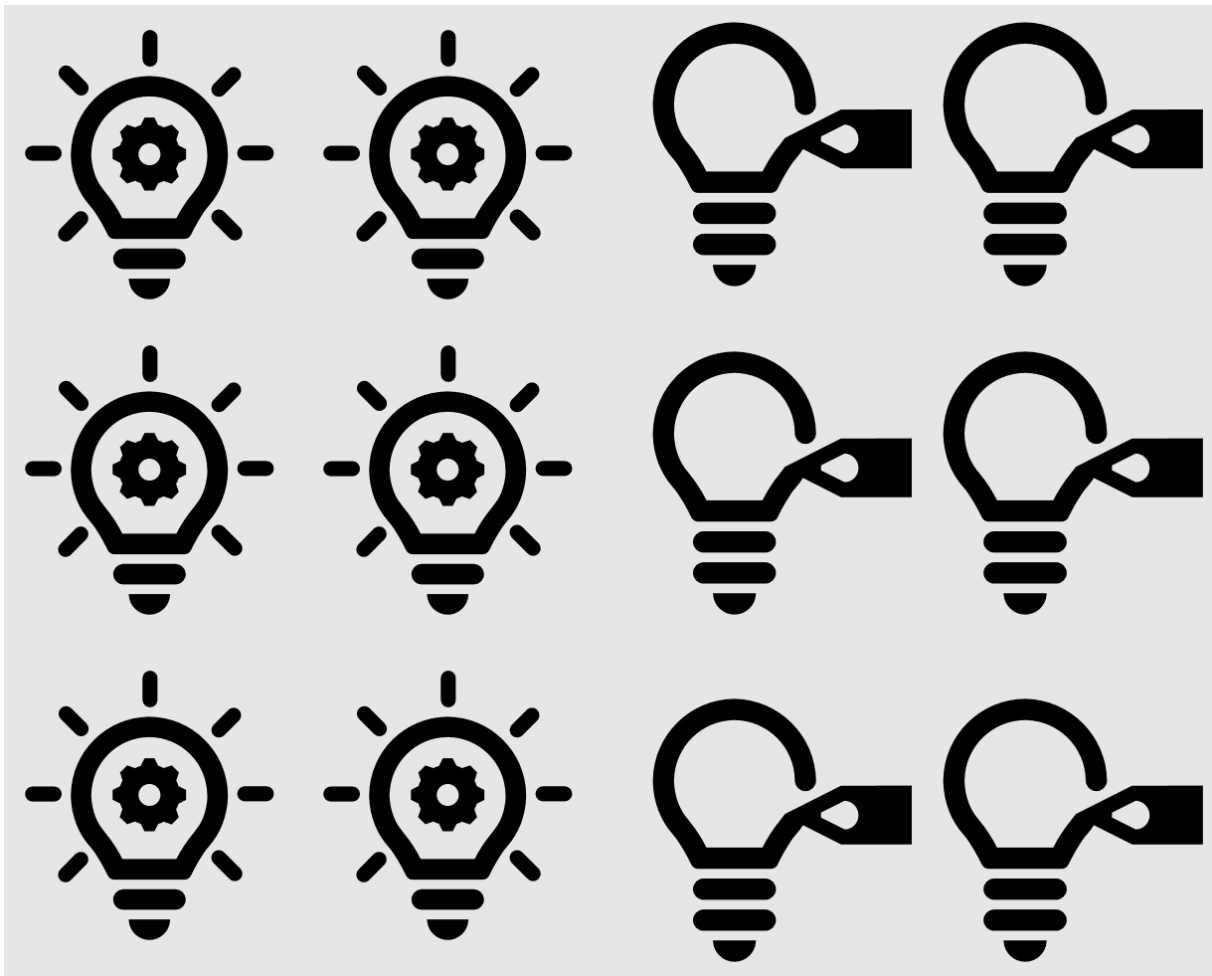
Nach Anweisung des Netzbetreibers streckt die leere Batterie-Karte in die Höhe, wenn ihr geladen werden sollt bzw. die „Batterie voll“ Karte, falls ihr entleert werden sollt. Dann weiß das Netz, wohin der Strom kommt bzw. wo er herkommt. Bei einem Problem streckt ihr die Blitz-Karte in die Höhe.

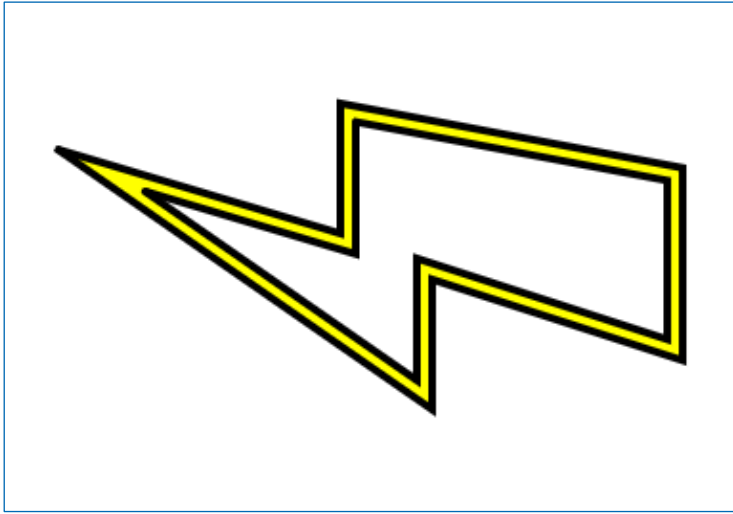




Strom-Verbraucher

Ihr verbraucht den Strom, der von den Kraftwerken erzeugt und über das Netz zu euch transportiert wird. Ihr erhaltet 6 Becher, die den Speicher darstellen. Teilt euch die 6 Becher in der Gruppe auf. Nach Anweisung des Netzbetreibers streckt ihr die ausgeschaltete Glühbirne in die Höhe, wenn ihr gerade Strom bspw. zum Kochen benötigt. Wenn ihr genügend Bälle im Becher habt, streckt ihr die angeschaltete Glühbirne in die Höhe. Dann weiß das Netz immer, wohin der Strom bzw. die Bälle kommen sollen. Wenn ihr den Strom verbraucht habt, dann kippt ihr die Bälle in einen Karton. Bei einem Problem streckt ihr die Blitz-Karte in die Höhe.





6.2 Station 1: Schwerkraftspeicher

Eure Aufgabe

Wind weht nicht immer und die Sonne scheint nicht den ganzen Tag. Wie also können wir diese Energie speichern, bis sie gebraucht wird?

- Schwerkraftspeicher: Verwendet die Energie des Windes (bzw. eures Pustens oder die eines Föhns) um zu erforschen, wie Schwerkraftspeicher funktionieren. Stellt dar, welche Schlüsse ihr aus eurem Experiment für die großen Speicher zieht.
- Recherchiert die Alternativen für erneuerbare Energien, um mögliche Lücken in der Energieversorgung auszugleichen (Arbeitsblatt 2)
- Für Fortgeschrittene: Berechnet die benötigte Speicherkapazität der City4Future (Informationsblatt 1).

Bereitet zum Abschluss eine 3-minütige Präsentation eurer Ergebnisse in der Gruppe vor.

Eure Materialien

Wenn ihr zuvor in Modul B Windräder gebaut habt, könnt ihr auch diese verwenden.

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
Vorlagen für Windräder zum Ausschneiden		Schere	
Holzspieß		Weitere Gewichte, wie z.B. Kreide, Schlüssel oder Radiergummi	
Papiertrinkhalme			
Faden			
Gummiringe			
Föhn			
Gewichte			
Glasvase			


6.3 Informationsblatt 1: Berechnung der Speicherkapazität

Es stellt sich die Frage, nach der Höhe des Speicherbedarfs, der Speicherkapazität der City4Future und der unterschiedlichen Speichermöglichkeiten.

Versucht eine grobe Berechnung der notwendigen Speicherkapazität durchzuführen und erarbeitet eine Empfehlung für den Stadtrat.

Eine derartige Berechnung aufzustellen ist nicht ganz einfach. Eine Herangehensweise wäre zu berechnen, wie hoch die Speicherkapazität von Batteriespeichern für die PV-Anlagen auf den Gebäuden der City4Future sein müsste. Wie viele PV-Anlagen und wie viele Batteriespeicher braucht die Stadt? Eine Faustregel lautet: Pro 1.000 Kilowattstunden Stromverbrauch brauchst du Solarmodule mit 1 Kilowatt Peak Leistung. Pro Kilowatt Peak Photovoltaik-Leistung sollten 0,5 bis 1 Kilowattstunden Speicherkapazität vorhanden sein. So kannst du die Hälfte deines Strombedarfs selbst decken.

Fakten und Zahlen	
Einwohner	50.000
Haushalte	30.000
Stromverbrauch pro Haushalt (in kWh) Jahresverbrauch	3.500



6.4 Arbeitsblatt 1: Schwerkraftspeicher – Bau eines Windrad-Aufzugs

Eure Aufgabe

Der Windrad-Aufzug basiert auf den Konstruktionsideen für einfache Windräder aus dem Modul B – Windberg.

Mit Hilfe von Windkraft lässt sich ein Gewicht in die Höhe ziehen (in der Abbildung wird das Gewicht durch die Drehung des Windrades nach oben aufgewickelt) und bei Bedarf kann man die Energie dann wieder freilassen (in der Abbildung würde das dann bedeuten, dass das Gewicht wieder abgelassen wird).

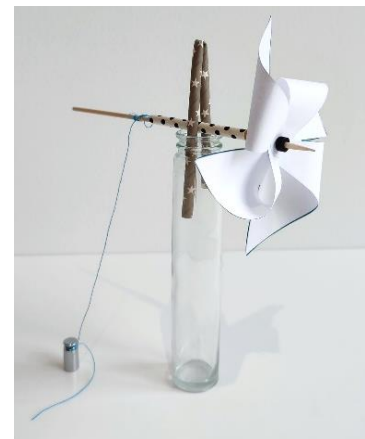
Eure Materialien

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
Papier		Schere	
Holzspieße		Weitere Gewichte, wie z.B. Kreide, Schlüssel oder Radiergummi	
Papiertrinkhalme			
Faden			
Gummiringe			
Föhn			
Gewichte			
Glasvase			

Konstruktionsanleitung

Schneidet das Papier so zurecht, wie es auf der Anleitung angegeben ist, bzw. so, dass ein einfaches Windrad entsteht. Mit einem Holzspieß wird eine Achse nachgebaut (siehe Foto). Schneidet den Strohhalm zurecht und steckt ihn auf den Holzspieß. Hält man nun den Strohhalm fest und pustet gegen das Windrad, sollte sich sowohl das Windrad als auch der Holzspieß drehen. Ggf. kann die Konstruktion mit Klebeband z.B. auf einer Flasche befestigt werden, um mehr Halt zu bekommen.

Nutzt das konstruierte Windrad und erweitert es um einen Faden, der an dem Holzspieß befestigt wird. Am anderen Ende des Fadens befestigt man Gewichte (mit einem Knoten oder mit einer Reißzwecke o.ä.).



6.5 Arbeitsblatt 2: Rechercheauftrag zu erneuerbaren Energien & Kahoot Quiz

Eure Aufgabe

Ihr benötigt Internetzugang und einen PC oder ein Tablet. Recherchiert im Internet und beantwortet mithilfe der Informationen online folgende Fragen:

- 1) Wie werden erneuerbare Energien definiert? Notiert euch hierzu 1 Satz.
- 2) Welche Formen von regenerativen (= erneuerbaren) Energien gibt es? Listet diese hier auf.
- 3) Vergleich die verschiedenen Formen erneuerbarer Energien und befüllt die folgende Tabelle:

Form der erneuerbaren Energie	Funktionsweise	Vorteile	Nachteile
<i>Bsp. Windenergie</i>	<i>Strom wird aus der Kraft des Windes durch den Antrieb von Windkraftanlagen gewonnen. Diese nutzen den Auftrieb, den der Wind beim Vorbeiströmen an den Rotorblättern erzeugt.</i>	<i>Verursacht keine Treibhausgase und verschmutzt somit nicht die Luft</i>	<i>Unterliegt natürlichen Schwankungen → wetter- und jahreszeitabhängig</i>

Form der erneuerbaren Energie	Funktionsweise	Vorteile	Nachteile

4) Besucht nun die Website eurer Schule oder sprecht mit einer verantwortlichen Person in eurer Schule, um folgende Fragen zu beantworten:

a. Findet heraus, welche Form der Energieversorgung eure Schule nutzt.

.....

.....

.....

.....

b. Überlegt, welche (weitere) Möglichkeit der regenerativen Energieversorgung in eurer Schule Sinn machen würde. Begründet eure Aussage.

.....

.....

.....

.....

5) Fragt eure Lehrkraft, nach dem Code für das Kahoot-Quiz, in welchem ihr euer Wissen zu regenerativen Energien zum Abschluss testen könnt.

Gebt den Code ein unter www.kahoot.it

6.6 Arbeitsblatt 3: Beobachtung von Gruppenprozessen und der Präsentation

Beobachtungsbogen

Präsentation	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ab	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Kommentare
Interessanter Einstieg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Fachlich überzeugender Inhalt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Schluss, der Präsentation abrundet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Souverän vorgetragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Laute, deutliche, verständliche Stimme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Körperhaltung offen zum Publikum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Beantwortung der Publikumsfragen korrekt beantwortet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Was ist mir sonst aufgefallen?						

Gruppenprozesse	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ab	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Kommentare
Es beteiligen sich alle.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Jeder kennt seine Aufgabe und arbeitet zielgerichtet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Jeder kann aussprechen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Streitigkeiten werden sachlich geklärt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Es gibt einen Moderator/Vermittler bei der Gesprächsführung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Das Zeitmanagement läuft gut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Der Umgang mit den Materialien ist achtsam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Das Team hat sich die Arbeit gleichmäßig aufgeteilt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Alle fühlen sich im Team wohl.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Was ist mir sonst aufgefallen?						

6.7 Optionales Arbeitsblatt 1: Statements

Folgende Aussagen können euch für die Diskussion und die daran anschließende Wahl nutzen. Entweder für eure eigene Präsentation zur Untermauerung eurer Meinung oder um den anderen Gruppen Fragen zu stellen.

Bankdirektor*in	Es ist viel effizienter über den verstärkten Ausbau von Netzen günstigen erneuerbaren Strom zu transportieren als teure Speicherkapazitäten vor Ort aufzubauen.
Ingenieur*in	Energiespeicher sind Meilensteine der Energiewende, da wir somit unabhängiger vom Wetter erneuerbare Energien nutzen können!
Windkraftanlagenbetreiber*in	Um die volle Leistung meines Windparks erbringen zu können, ist ein weiterer Netzausbau unbedingt notwendig!
Landwirt*in	Das Verlegen von Erdkabeln in ca. 2 Meter Tiefe führt zur Erwärmung des Bodens und birgt die Gefahr, dass der Boden austrocknet. Zumindest muss ich dadurch mit Ernteauffällen rechnen. Die Netzbetreiber kommen aber nicht für Ernteauffälle auf.
Moderator*in	Ich möchte eine ausgewogene Diskussion zum Thema Energiespeicher und Netze in der City4Future führen. Dabei sollen alle Argumente Gehör finden. Ich bin gespannt, wie die Diskussion verläuft und hoffe, dass wir am Ende zu einem guten Ergebnis kommen!

6.7 Kopiervorlage 1: Konstruktionsideen für einfache Windräder

