

Energiespeicher – mit Vorratshaltung in die Energiewende

Warum benötigen wir Energiespeicher für die Energiewende? Welche Technologien gibt es? Wo liegen jeweils Vor- und Nachteile? Die vorliegende Unterrichtsreihe ermöglicht Ihnen, diese Fragen im Unterricht aufzugreifen. Die Reihe lässt sich sowohl im Präsenzunterricht als auch im Distanzlernen einsetzen. Unser Angebot für Sie besteht aus zwei Materialpaketen: dem Paket für Lehrkräfte und dem Paket für Lernende.

Sie erhalten im **Paket für Lehrkräfte**:

- eine tabellarische Übersicht über Inhalte und didaktisch-methodische Grundzüge der Unterrichtsreihe
- Link-Tipps zu Unterrichtsmethoden oder zu weiterführenden Quellen in der Tabelle
- eine Übersicht über Lehrplanbezüge für die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg
- Kontrollblätter zum Arbeitsblatt-Paket

Das **Paket für Lernende** besteht aus Arbeits- und Materialblättern, die sich sowohl im Präsenzunterricht als auch im Distanzlernen einsetzen lassen. Die PDF-Datei enthält Formularfelder, die die Schüler*innen direkt am digitalen Endgerät ausfüllen können.

Die Unterrichtsreihe wird begleitet von der **Hintergrund-Broschüre** „Energiespeicher“, die das Thema für Lehrkräfte vertieft aufarbeitet.



Wärmespeicher des Blockheizkraftwerks in Plauen.

Überblick über die Unterrichtsreihe

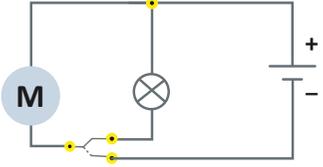
In der folgenden Tabelle finden Sie die fachlichen und didaktisch-methodischen Grundzüge der Unterrichtsreihe, die inhaltlich die wichtigsten Aspekte der Speicherung elektrischer Energie im Kontext der Energiewende behandeln soll. Die Reihe setzt inhaltlich die Behandlung des Begriffs der elektrischen Energie und Leistung voraus; daneben ist es grundsätzlich sinnvoll, schon vorher die Erzeugung elektrischer Energie in den verschiedenen Kraftwerkstypen und ihre Übertragung in Stromnetzen behandelt zu haben. Die Unterrichtsreihe passt vorwiegend zu Lehrplaninhalten der Klassen 9 und 10 in den Fächern Physik und Technik, kann jedoch in Auszügen auch in anderen Fächern oder jüngeren Klassen genutzt werden.

Tip: Wenn Sie das Unterrichtsmaterial während eines Medienprojekts an Ihrer Schule mit einer regionalen Tageszeitung einsetzen, bieten sich vielfältige überfachliche Synergien an. Entsprechende Hinweise finden Sie unter „Tipps und Ergänzungen“.

Die Energiewende und ihre Folgen – was sind Energiespeicher und wofür braucht man sie?

Kernanliegen und Methodik	Material	Tipps und Ergänzungen
Die Schüler*innen sammeln ihr Vorwissen zum Thema erneuerbare Energien und Energiewende. Daraus ziehen sie Schlüsse auf die Notwendigkeit von Energiespeichern. Methode: Zuordnungsaufgabe, schriftliche Reflexion	Collage „Energie aus unterschiedlichen Quellen“, Reflexionsaufgaben (AB 1)	Auf der Internetseite von enviaM werden verschiedene Möglichkeiten der Erzeugung elektrischer Energie genauer erklärt, zum Teil auch mit erläuternden Videos.

Ein einfacher Energiespeicher – das Pumpspeicherkraftwerk

Kernanliegen und Methodik	Material	Tipps und Ergänzungen
<p>Die Schüler*innen interpretieren ein Experiment zur Speicherung von Energie als Modell für ein Pumpspeicherkraftwerk. Sie erkennen, dass Energie durch die Umwandlung von einer Energieform in eine andere gespeichert und bei Bedarf wieder abgegeben werden kann.</p> <p>Methode: Demo-Experiment</p>	<p>Demonstrationsversuch Pumpspeicherkraftwerk entsprechend der Abbildung auf AB 2a;</p> <p>Schaltung:</p>  <p>MB 2 mit Infotext zu Pumpspeicherkraftwerken; AB 2a und AB 2b</p>	<p>Die Schüler*innen lesen zunächst MB 2. Führen Sie anschließend den Versuch durch.</p> <p>Das Gewichtsstück sollte so leicht sein, dass die Motorleistung ausreicht, um es heraufzuziehen. Gleichzeitig sollte es die innere Reibung des Motors bei Generatorbetrieb ohne zusätzliches Anstoßen überwinden können und sich selbstständig nach unten bewegen. Bei Versuchsbeginn sollte das Gewichtsstück auf dem Boden stehen.</p> <p>Die Nennspannung der Glühlampe sollte so klein sein, dass diese bei Generatorbetrieb hell leuchtet.</p> <p>Um zu zeigen, wie im Kraftwerk Energie gespeichert wird (Motorbetrieb), wird der Umschalter zunächst so eingestellt, dass Netzgerät und Motor miteinander verbunden sind und das Gewichtsstück langsam gehoben wird. Kurz bevor es auf Tischhöhe angekommen ist, wird die Spannung so heruntergeregelt, dass das Gewichtsstück in Position gehalten wird. Um zu zeigen, wie Energie im Kraftwerk abgerufen werden kann (Generatorbetrieb), wird der Umschalter so umgestellt, dass Motor und Glühlampe miteinander verbunden sind. Das Gewichtsstück sollte sich langsam nach unten bewegen. Die Glühlampe leuchtet.</p> <p>Vertiefungs- und Differenzierungsaufgaben</p> <p>➤ An der Glühlampe werden im Generatorbetrieb Spannung (parallel) und Strom (in Reihe) gemessen. Dazu sollten nach Möglichkeit kleine Hand-Multimeter verwendet werden, die nicht vom eigentlichen Modellversuch ablenken. Außerdem muss die Strecke bestimmt werden, die das Gewicht im Motorbetrieb gehoben wird; ebenso wie die Fallzeit, die das Gewicht bis zum ersten Kontakt mit dem Fußboden benötigt. Aus diesen Daten können die Schüler*innen zunächst die gesamte im Modellkraftwerk gespeicherte Energie (E_{Speicher}) und die umgesetzte elektrische Energie (E_{Nutz}) berechnen. Damit kann dann der Wirkungsgrad des Modellkraftwerks berechnet werden.</p> <p>Dafür benötigen die Schüler*innen die Formel $W = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Speicher}}}$.</p> <p>➤ Die Schüler*innen sollten dann den Wirkungsgrad eines echten Pumpspeicherkraftwerks recherchieren und diesen mit dem Wert des Modells vergleichen.</p>

Optional: Ein Blick auf die Praxis

Kernanliegen und Methodik	Material	Tipps und Ergänzungen
<p>Die Schüler*innen besuchen ein Pumpspeicherkraftwerk in der näheren Umgebung und vergleichen Modell und Original.</p> <p>Methode: außerschulische Lernorte besuchen</p>	<p>MB 2 mit Infotext zu Pumpspeicherkraftwerken; AB 2a und AB 2b</p>	<p>Lassen Sie die Schüler*innen den Besuch dokumentieren, zum Beispiel mit Fotos oder kurzen Videos. Diese lassen sich nicht nur für Präsentationen oder Erklärvideos im Physik-Unterricht nutzen, sondern auch im Rahmen von Medienprojekten der Schule – beispielsweise zum Bebildern von Artikeln, Blogeinträgen oder Social-Media-Beiträgen zum Thema Energiespeicher.</p>

Speichertechnologien im Überblick

Kernanliegen und Methodik	Material	Tipps und Ergänzungen
<p>Die Schüler*innen lernen an fünf Stationen verschiedene Speichertechnologien kennen und halten ihre wichtigsten Eigenschaften in einem Factsheet fest.</p> <p>Methode: Stationenlernen</p>	<p>Infotexte zu Akku-Speichern, Speicherung in Elektroautos, Wasserstoff als Energiespeicher und thermischem Energiespeicher sowie zu Lastmanagement statt Energiespeicherung (MB 3a bis MB 3e), Factsheet auf AB 3</p>	<p>Die Schüler*innen befassen sich bei dem Stationenlernen jeweils mit zwei Speichertechnologien und mit dem Lastmanagement.</p>

Welcher Speicher ist der beste? – Eine Anhörung vor der Energiewende-Kommission

Kernanliegen und Methodik	Material	Tipps und Ergänzungen
<p>Die Schüler*innen versetzen sich in einem Rollenspiel in verschiedene Rollen:</p> <p>Lobbyist*innen: je Technologie 2 Schüler*innen</p> <p>Energiewende-Kommission: 3-4 Schüler*innen</p> <p>Beobachter*innen: beobachten jeweils gezielt eine Gruppe, zum Beispiel die Lobbyist*innen für Pumpspeicherkraftwerke, etc.</p> <p>Vor der Energiewende-Kommission bewerben die Lobbyist*innen verschiedene Speichertechnologien und stellen ihre Vor- und Nachteile heraus. Die Energiewende-Kommission soll auf der Basis eine Empfehlung dazu abgeben, welche drei Technologien zukünftig mehr Fördermittel bekommen sollen als die anderen.</p> <p>Methode: Rollenspiel</p>	<p>ausgefüllte Factsheets (AB 3) aus der Erarbeitung der verschiedenen Speichertechnologien als Basis, ggf. auch noch das ausgefüllte AB 2a und AB 2b, wenn Pumpspeicherkraftwerke als Technologie einbezogen werden sollen</p>	<p>Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie erläutert auf seiner Internetseite das Monitoring der Energiewende. Dort sind auch die jährlichen Monitoring-Berichte des BMWi verlinkt.</p> <p>Die Beobachter*innen geben anschließend entsprechend ihrer Gruppe Feedback:</p> <p>a) Wie überzeugend war die Argumentation? – Konnten die Fragen der Kommission beantwortet werden? Wie gelungen war der Umgang mit Gegenargumenten und Einwänden?</p> <p>b) Wie fandet ihr die Argumentation sprachlich? Wurden die richtigen Fachwörter verwendet? Haben sich die Beteiligten abwechslungsreich ausgedrückt oder immer wieder dieselben Wörter benutzt?</p>

Lehrplanbezüge (Stand 3/2021):

Sachsen:

Physik:

Gymnasium Klasse 9: Energieversorgung

- > Energieverbundnetze, Energieverlust bei Übertragung elektrischer Energie
- > sich positionieren zu den Vor- und Nachteilen verschiedener Kraftwerksarten
- > Kohle- und Atomausstieg, erneuerbare Energien
- > Pro-Kontra-Diskussion zur „Energiewende“

Oberschule Klasse 9/10: Erzeugung und Umformung elektrischer Energie

Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft

Gymnasium Klasse 10: Wirtschaft und Wirtschaftsordnung in der Bundesrepublik Deutschland

- > Umwelt- und Klimaschutz, Energiepolitik

Sachsen-Anhalt:

Physik:

Sekundarschule Klasse 9/10: Bereitstellung und Übertragung elektrischer Energie untersuchen und vergleichen

- > alternative technische Lösungen zur Energiebereitstellung und Speicherung unter den Aspekten der Nachhaltigkeit vergleichen und bewerten
- > Auswirkungen der Nutzung der elektrischen Energie in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen beschreiben

Gymnasium Klasse 7/8: Elektrischer Strom und seine Wirkungen

Technik:

Gymnasium Klasse 9: Technische Nutzung regenerativer Energieressourcen untersuchen

- > Möglichkeiten und Grenzen technischer Lösungen zur effizienten und umweltverträglichen Energiebereitstellung an Beispielen untersuchen und die Bedeutung technischer Lösungen für nachhaltige Entwicklungen einschätzen

Brandenburg:

Physik:

Sekundarstufe I, Klasse 7-10: Bereitstellung und Nutzung von Energie

- > verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung und des Energiesparens beschreiben
- > zwischen regenerativen und erschöpfbaren Energiequellen unterscheiden
- > verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung vergleichen und bewerten

Geografie:

Sekundarstufe I, Klasse 9/10: Umgang mit Ressourcen

- > Ressourcen: Verfügbarkeit, Entstehung, nachhaltige Nutzung
- > Ressourcenkonflikte
- > Ressourcenschonung
- > Energierohstoffe (fossil und erneuerbar)

Lösung: Stromspeicher und Energiewende

Wir werden in Zukunft elektrische Energie aus ganz unterschiedlichen Quellen beziehen.

LB 1

➤ Überlege, warum damit mehr Energiespeicher benötigt werden.

1. Schau die einzelnen Bilder der Collage an. Ordne die Ziffern den passenden Bezeichnungen zu.



- | | |
|------------------------------|-------------------|
| ⑥ Biogasanlage | ② Solarpark |
| ① Biomasse-Heizkraftwerk | ⑤ Wasserkraftwerk |
| ④ Solaranlage auf Privathaus | ③ Windrad |

2. Stelle Vermutungen an, bei welchen dieser Anlagen die Menge an erzeugter elektrischer Energie zeitlich besonders stark schwankt. Begründe.

Die Menge der produzierten elektrischen Energie schwankt besonders stark bei Windrädern und Solaranlagen, da diese vom Wetter abhängen. An manchen Tagen weht zum Beispiel kein Wind, an anderen besonders stark. Solaranlagen erzeugen nur dann elektrische Energie, wenn die Sonne scheint. Deswegen wird weniger elektrische Energie produziert, wenn der Himmel bewölkt ist. Nachts erzeugen Solaranlagen gar keine elektrische Energie.

3. Die gezeigten Anlagen sind Beispiele für den Energiemix der Zukunft. Erläutere, warum damit der Bedarf an Energiespeichern steigt.

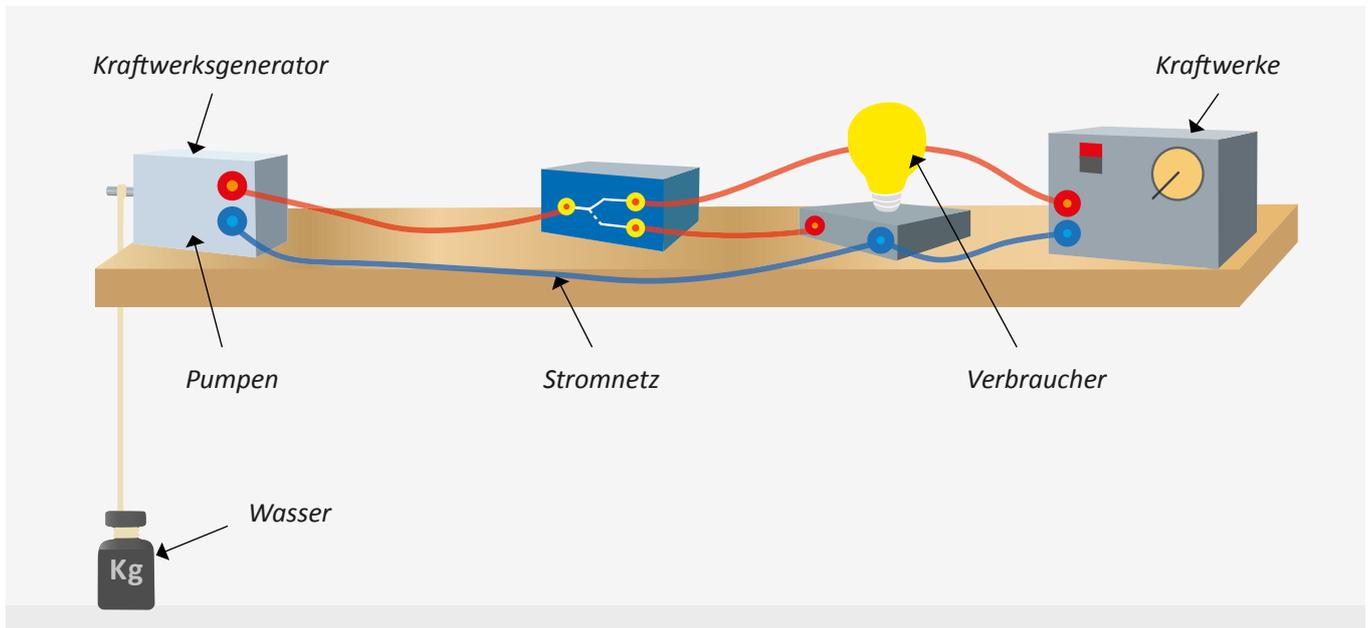
Der Bedarf an Energiespeichern steigt deshalb, weil die Anlagen für erneuerbare Energien zeitlich schwankende Mengen an elektrischer Energie produzieren. Wird diese Energie gerade nicht benötigt, so muss sie ohne Energiespeicher ungenutzt bleiben. Wird dagegen zu wenig elektrische Energie gewonnen, muss die Differenz zum tatsächlichen Bedarf mit Hilfe von konventionellen Kraftwerken ausgeglichen werden, die meist auf der Nutzung fossiler Energien beruhen. Stehen dagegen ausreichend viele und große Energiespeicher zur Verfügung, kann die überschüssige Energie aus den Zeiten, wo der Verbrauch niedrig ist, vorübergehend gespeichert werden. So kann man sie dann, wenn sie benötigt wird, wieder in die Stromnetze einspeisen.

Lösung: Pumpspeicherkraftwerk

LB 2a

Wie funktioniert ein Pumpspeicherkraftwerk?

- Mit dem Versuchsmaterial wurde ein Pumpspeicherkraftwerk im Modell nachgebaut. Anhand dessen kannst du im Kleinen nachvollziehen, wie das Kraftwerk aufgebaut ist und wie damit Strom gewonnen wird.



1. Ordne die Begriffe passend dem Versuchsaufbau zu.

Verbraucher – Kraftwerke – Stromnetz – Pumpen – Kraftwerksgenerator – Wasser

2. Wie wird im Versuch Energie umgewandelt, wenn der Motor das Gewicht nach oben zieht?

Ergänze den Text mit den richtigen Begriffen:

mechanische Arbeit – Bewegungsenergie – elektrische Energie – Lageenergie – Schwerkraft

Die *elektrische Energie* aus dem Netzgerät wird im Motor umgewandelt in *Bewegungsenergie*.

Diese wird dazu benutzt, um das Gewicht gegen die *Schwerkraft* nach oben zu bewegen.

Dabei wird *mechanische Arbeit* geleistet und das Gewicht gewinnt an *Lageenergie*.

3. Der Modellversuch zeigt im Kleinen, was in einem Pumpspeicherkraftwerk passiert, wenn dort Energie gespeichert wird. **Erkläre** anhand des Modells die Abläufe im Pumpspeicherkraftwerk. **Verwende** dafür die Begriffe aus den Aufgaben 1 und 2.

Mögliche Lösung: *In einem Pumpspeicherkraftwerk wird die elektrische Energie aus anderen Kraftwerken über das Stromnetz an die Pumpen geleitet. Diese pumpen das Wasser gegen die Schwerkraft nach oben. Dabei wird die elektrische Energie genutzt, um mechanische Arbeit zu leisten. So wird dem Wasser erst Bewegungsenergie und dann Lageenergie zugeführt, die dann gespeichert wird.*

Lösung: Pumpspeicherkraftwerk

LB 2b

Wie funktioniert ein Pumpspeicherkraftwerk?

- Mit dem Versuchsmaterial wurde ein Pumpspeicherkraftwerk im Modell nachgebaut. Anhand dessen kannst du im Kleinen nachvollziehen, wie das Kraftwerk aufgebaut ist und wie damit Strom erzeugt wird.

4. **Beschreibe**, wie bei dem Versuch Energie umgewandelt wird, wenn das Gewicht nach unten fällt und die Glühlampe leuchtet. **Benutze** dafür diese Begriffe:

mechanische Arbeit, Bewegungsenergie, elektrische Energie, Lageenergie, Lichtenergie, Wärmeenergie

Mögliche Lösung: *Indem das Gewicht fällt, wird seine Lageenergie zunächst in Bewegungsenergie umgewandelt. Diese dreht die Winde. Der Generator wandelt die Bewegungsenergie in elektrische Energie um. Diese wird dann über die Kabel zum Glühlämpchen geleitet, wo sie in Lichtenergie umgewandelt werden kann. Außerdem entsteht in den Leitungen durch den unvermeidlichen Widerstand etwas Wärmeenergie.*

5. Der Modellversuch zeigt im Kleinen, was in einem Pumpspeicherkraftwerk passiert, wenn die gespeicherte Energie freigegeben wird. **Erkläre** anhand des Modells die Abläufe im Pumpspeicherkraftwerk.

Mögliche Lösung: *Das Wasser strömt nach unten. Dadurch wird seine Lageenergie in Bewegungsenergie umgewandelt, die die Turbinen in Bewegung versetzt. Der Kraftwerksgenerator wandelt diese Bewegungsenergie in elektrische Energie um. Diese wird dann über das Stromnetz zu den Verbrauchern geleitet.*

Speichertechnologien im Überblick – Factsheet

LB 3a

Sammele Fakten zu drei Speichertechnologien. Liste Vor- und Nachteile auf.

- > Informiere dich über eine Speichertechnologie, die mit Akkus arbeitet (MB 3a und MB 3b).
- > Informiere dich entweder über Wasserstoff als Energiespeicher oder über thermische Energiespeicher (MB 3c und MB 3d).
- > Lies außerdem den Text über Lastmanagement statt Energiespeicherung.

Technologie	Vorteile	Nachteile
Akku-Speicher	<ul style="list-style-type: none"> > seit langem genutzt, viel Erfahrung damit > guter technischer Umgang > günstig > wissenschaftlicher Fortschritt: immer bessere und preiswertere Akkus mit mehr Kapazität und längeren Speicherzeiten 	<ul style="list-style-type: none"> > begrenzte Lebensdauer > Das Recycling ist teuer und aufwändig aufgrund der verwendeten Chemikalien.
Speicherung in Elektroautos	<ul style="list-style-type: none"> > können große Mengen Energie in Akkus speichern > viele E-Autos > viel Energie speichern > sicher und seit langem verwendet > Akkus werden in E-Autos sowieso verwendet, also auch zum Energiespeichern brauchbar 	<ul style="list-style-type: none"> > Langlebigkeit und Recycling (s.o.) > E-Auto benötigt zusätzliche Software > Beim (Ent)laden der Akkus verringert sich seine Lebensdauer und das E-Auto verliert an Wert, Besitzer müssen dem zustimmen und eine Entschädigung erhalten.
Wasserstoff als Energiespeicher	<ul style="list-style-type: none"> > Wasser als Grundstoff praktisch unbegrenzt verfügbar > Bei der „Verbrennung“ von Wasserstoff und Sauerstoff entsteht nur Wasser, keine Treibhausgase > umweltfreundlich > Wasserstoff und Sauerstoff können relativ leicht in Tanks gelagert werden. > flexible Einsatzbereiche: Brennstoffzellen in Autos, Wärmeerzeugung oder Stromerzeugung in Kraftwerken usw. 	<ul style="list-style-type: none"> > Der Wirkungsgrad eines Wasserstoffspeichers ist deutlich kleiner als bei den Alternativen. > Energie pro Volumen ist geringer als bei herkömmlichen verbrennbaren Energieträgern (Benzin), Tanks müssen für die gleiche freigesetzte Energie also wesentlich größer sein

Speichertechnologien im Überblick – Factsheet

LB 3b

Sammele Fakten zu drei Speichertechnologien. Liste Vor- und Nachteile auf.

- Informiere dich über eine Speichertechnologie, die mit Akkus arbeitet (MB 3a und MB 3b).
- Informiere dich entweder über Wasserstoff als Energiespeicher oder über thermische Energiespeicher (MB 3c und MB 3d).
- Lies außerdem den Text über Lastmanagement statt Energiespeicherung.

Technologie	Vorteile	Nachteile
Thermischer Energiespeicher	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Energie wird in Form von Wärme gespeichert und nur als solche wieder abgegeben, kein Hin und Her von elektrischer Energie zu thermischer Energie und wieder zurück ➤ Speichernde Medien sind günstig und vielfach vorhanden, zum Beispiel Wasser. ➤ eignet sich sowohl im großen als auch im kleinen Maßstab, siehe Heizung und Kraftwerk ➤ umweltschonend bei Unfällen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gespeicherte Energie kann nicht als elektrische Energie freigesetzt werden. ➤ Es gibt keine hundertprozentigen Isolatoren, also findet auch immer ein Wärmeverlust statt.
Lastmanagement statt Energie-speicherung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geräte arbeiten dann, wenn der Strom produziert wird > weniger Speicher nötig ➤ wenig Ausbau und Entwicklung neuer Speicheroptionen nötig > kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fernsteuerung erforderlich, technische Voraussetzungen müssen geschaffen werden und Endverbraucher muss den Produzenten Zugriff auf die technischen Geräte gestatten ➤ Daten der Endverbraucher müssen geschützt werden ➤ Energieproduktion und -verbrauch müssten genau vorhergesagt werden, das ist nicht immer möglich.

Was mache ich, wenn ...

... ein abgerissenes Freileitungs- oder Erdkabel auf dem Boden liegt?

- > Nicht weiter nähern! Einen Notruf absetzen und andere in der Umgebung warnen.

... jemand mit Traktor oder Lkw in eine Freileitung oder ein Erdkabel gefahren ist, ohne es zu bemerken?

- > Fahrer*in warnen, sie oder er soll nicht aussteigen! Nicht weiter nähern und einen Notruf absetzen.

... ein Unwetter vorhergesagt wurde?

- > Nicht in der Nähe von Strommasten aufhalten.

... ich gefahrlos Drachen steigen lassen möchte?

- > Die Nähe zu Strommasten und Freileitungen meiden.



IMPRESSUM:

Bildnachweise: AB 2, MB 2: Grafik Medienagentur mct;
Rechte für alle weiteren Fotos: enviaM (Michael Setzpfandt,
Thomas Goethe, Tyton)

Herausgeber:
envia Mitteldeutsche Energie AG
Chemnitztalstr. 13
09114 Chemnitz
T+49 (0)371 482-0
USt-ID-Nr. DE813427980

Redaktion: Medienagentur mct, Dortmund

Kontakte:
Energiebildung:
Internet: <https://www.enviam-gruppe.de/engagement/bildung>
Mail: engagement@enviaM.de
Ausbildung:
Internet: <https://www.enviam-gruppe.de/karriere/ausbildung>
Mail: info@bze-online.de