“El agua y el viento – volver a descubrir fuentes de energía tradicionales”

Esta guía proveerá una vista general del contenido y contexto didáctico de los medios en el paquete de medios didácticos titulado “El agua y el viento – volver a descubrir fuentes de energía tradicionales”.

1 Introducción a la enseñanza de este tema

La importancia práctica de estos temas es evidente, ya que después de la biomasa el agua y la energía eólica son las fuentes de energía renovable que han sido utilizadas por la humanidad durante más tiempo.

Los temas de las energías hidráulica y eólica existen en los planes de estudio en función del estado federal, el tipo de escuela y la rama de formación en la física en los grados 7^{mo} al 12^{mo}. A menos que los temas se especifiquen en forma explícita, pueden ser tratados como ejemplos de temas actuales en otros tópicos del plan de estudios de diferentes áreas, tales como generación de energía eléctrica, suministro de energía, conversión de energía, generador, turbina, turbina eólica, efecto Bernoulli, flujo o parámetros eléctricos. El paquete de medios didácticos actual también ofrece interfaces para la enseñanza de la geografía. Presta apoyo al profesor o profesora en el tratamiento de materiales didácticos estándar sobre dos temas de gran actualidad.

Para una introducción general al tema de las “Energías renovables”, está disponible en el portal de medios didácticos de la Siemens Stiftung un paquete de medios didácticos titulado “Energías renovables: ¡El futuro es soleado!”. Se encuentra también allí un paquete de medios didácticos adicional sobre el tema “El calor solar y la energía fotovoltaica – las fuentes de energía con futuro”.

El profesor o profesora puede utilizar las directrices de este paquete de medios didácticos para familiarizarse con los temas de “energía hidroeléctrica” y “energía eólica” y como una referencia rápida.

Medios	Guía “Energías renovables” Guía “Conversión de energía”
--------	--

Se pueden utilizar los archivos de medios en el paquete individual e independientemente uno de otro estrictamente por asignatura, pero la enseñanza ciertamente se hará más viva si se usan en contexto. La aplicabilidad directa del material a las vidas de los alumnos crea una oportunidad para despertar el interés de los mismos en los detalles técnicos. Con ese fin, recomendamos desarrollar el tema en los siguientes pasos:

- **Viento y agua - dos fuentes de energía muy similares**
Dos fuentes de energía de larga data con tecnología moderna
¿Cómo encajan el agua y el viento con las otras fuentes de energía?
- **Energía hidroeléctrica**
¿Qué significa energía hidroeléctrica?
¿Por qué existen centrales hidroeléctricas diferentes? ¿Cómo funcionan?
Física de la turbina hidráulica
¿Es posible ampliar la energía hidroeléctrica mediante tipos innovadores de centrales eléctricas?

- **Energía eólica**
Energía eólica subestimada
¿Cómo funcionan los parques eólicos?
Frecuencia y fase – ¿Necesitan las turbinas eólicas un tren de engranajes?
¿Cómo encaja la electricidad del viento en la red?
- **Energía eólica y energía hidráulica en comparación física**
Energía potencial y cinética del viento y del agua
Turbinas eólicas e hidráulicas como turbinas tipo fuerza de resistencia o de turbomáquinas (“turbina eólica tipo sustentación”)

2 Introducción: Viento y agua - dos fuentes de energía muy similares

2.1 Dos fuentes de energía de larga data con tecnología moderna

Ambas fuentes de energía han sido utilizadas por la humanidad durante mucho tiempo, en forma de molinos de agua (desde el año 2300 a.C.) y molinos de viento (desde el año 600 d.C.). A partir de 1880 se construyeron modernas centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad con turbinas hidráulicas. Los parques eólicos para generar electricidad surgieron por primera vez alrededor de 1900. A partir de los años ochenta, estos fueron desarrollados rápidamente hacia una solución técnicamente madura. En este sentido, el viento y el agua son dos fuentes de energía renovables para los cuales no existen barreras técnicas con miras a una rápida expansión a fin de sustituir a los combustibles fósiles. Los aspectos físicos del uso de las dos fuentes de energía en las centrales eléctricas también son bastante similares, por lo que se puede aprender mucho de la física y la tecnología acerca de las diferencias y similitudes.

Para comenzar, una imagen que muestra ambas fuentes de energía en conjunto:

Medio Fotografía “Parque eólico costa afuera”

(La energía hidroeléctrica sólo indirectamente como centrales eléctricas undimotrices y mareomotrices, que no son visibles en la imagen; por lo tanto, debe hacerse referencia a las mareas y olas en el mar como fuentes de energía).

2.2 ¿Cómo encajan el agua y el viento con las otras fuentes de energía?

Los alumnos pueden tener en cuenta a qué proceso se pueden remontar en última instancia todas las fuentes de energía. El ejemplo de la amplitud de la marea es didáctica y especialmente valioso para la enseñanza de la física, ya que a primera vista parece ser una máquina de movimiento perpetuo. Aunque es obvio para todos el trabajo de elevación que la Luna ha hecho. Pero ¿de dónde ha tomado la energía? Lo que se “gana” en energía por un lado, tiene que ser “perdido” en otro lado.

Un rápido repaso del tópico de formas de energía y dónde y qué cantidad de agua está en juego se encuentra en:

Medios Figura de conjunto “Fuentes de energía renovables”
Tabla “¿Qué energía se encuentra en cuál fuente de energía?”
Diagrama esquemático “Fuentes de energía para generar potencia eléctrica”
Módulo informativo con diagramas “Generación de energía eléctrica a nivel mundial”

Como preparación para profesores y profesoras o como base para presentaciones por estudiantes:

Medios	Guía “Energías renovables” Guía “Conversión de energía” Lista de enlaces “Energías renovables”
--------	--

3 Energía hidráulica

3.1 ¿Qué significa energía hidroeléctrica?

Si se observa el agua termal (calor de la tierra) y el flujo mareal (Luna, rotación de la Tierra), la energía hidroeléctrica se basa en la energía potencial de las masas de agua evaporadas por el Sol y precipitadas.

Medios	Figura de conjunto “El agua como fuente de energía” Hoja informativa “El agua como proveedor de energía eléctrica”
--------	---

3.2 ¿Por qué existen centrales hidroeléctricas diferentes? ¿Cómo funcionan?

La energía potencial antes mencionada puede ser utilizada para la generación de electricidad en centrales hidroeléctricas a lo largo de la ruta de descarga del agua precipitada hasta el nivel del mar. Existen diferentes tipos de centrales eléctricas dependiendo de las condiciones geográficas. La central eléctrica de agua fluyente y la de almacenamiento se presentan como los dos tipos básicos; la central eléctrica de almacenamiento por bombeo como almacenamiento temporal de energía creada por los seres humanos. La central eléctrica mareomotriz (con la Luna y la rotación de la Tierra como fuentes de energía) y la central eléctrica undimotriz (viento como fuente de energía) quedan fuera del marco en cuanto a sus fuentes de energía, pero la física de las centrales eléctricas es la misma.

Medio	Módulo informativo con animación “Centrales hidroeléctricas”
-------	--

Para generar electricidad a partir de la energía hidráulica, se necesitan turbinas y generadores:

Medio	Fotografía “Turbinas y generadores en la central eléctrica del lago Walchen”
-------	--

3.3 Física de las turbinas hidráulicas

En la central hidroeléctrica debe ser posible convertir tanto como sea posible de la energía potencial y cinética del agua en energía rotativa, para que un generador pueda ser impulsado por la rotación. Puesto que esto es una conversión “de mecánica a mecánica” se podría, teóricamente, lograr un rendimiento del 100 %. En la rueda de molino, una gran parte del agua fluye sobre el aspa (sobrepaso) o alrededor del aspa (paso inferior), por lo que el rendimiento es bajo. En la turbina de agua, por otra parte, la carcasa, las boquillas o álabes de guía adicionales y la forma de las palas obligan al agua a correr completamente contra los álabes de la turbina, lo que le permite proporcionar hasta el 95 % de su energía. Mediante la medición de la suma de la energía poten-

cial ($= m \cdot g \cdot h$) y la energía cinética ($= 1/2 \cdot m \cdot v^2$) antes y después de la turbina, se sabe qué tanto de la energía hidráulica fue transferida.

Pero, ¿cómo se construyen las turbinas para asegurar que esta eficiencia sea óptima? Dependiendo de la altura de caída y la cantidad de agua, han surgido para este fin tres tipos de turbinas que logran un rendimiento de más del 90 %: la turbina Pelton, la Francis y la Kaplan.

Medio Módulo informativo con animación “La física de las turbinas hidráulicas”

3.4 ¿Es posible ampliar la energía hidroeléctrica mediante tipos innovadores de centrales eléctricas?

En los EE. UU. se considera que la energía hidroeléctrica se ha agotado en gran medida desde el punto de vista económico, pero podría incrementarse en alrededor del 10 % mediante la ampliación y mejora de las plantas existentes. Sin embargo, en África, Asia y América del Sur sólo alrededor del 20 % del potencial técnico se utiliza para la energía hidroeléctrica. En Alemania y Europa Central, sin embargo, el potencial hidroeléctrico está claramente agotado con las centrales eléctricas convencionales. Además, las centrales eléctricas mareomotrices convencionales no valen la pena. Las posibilidades adicionales residen en la explotación de la energía undimotriz:

Medios Módulo informativo con animación “Centrales hidroeléctricas”
Gráfico etiquetado “Central eléctrica undimotriz”
Simulación “Central eléctrica de almacenamiento por bombeo”

Idea didáctica: Proyecto o presentación sobre el tema “¿En qué por ciento podría incrementarse la participación de la energía hidroeléctrica en la generación de energía eléctrica en Alemania si se utilizaran centrales eléctricas de olas en la costa, y en ríos y arroyos “boyas de agua”, “tornillos hidráulicos” o las denominadas “centrales hidroeléctricas de agua de pozo?”

4 Energía eólica

4.1 Energía eólica subestimada

Las manga-veletas antes de los grandes puentes recuerdan la frecuentemente subestimada energía eólica.

Medios Fotografía “El viento como fuente de energía”
Fotografía “Turbina eólica en el paisaje”

Las tormentas graves y destructivas están aumentando en todo el mundo. ¿Cuáles son las causas? ¿Qué significa esto con respecto al uso de la energía eólica para la generación de energía eléctrica? El profesor o profesora podría dar estas preguntas a los alumnos como tarea de investigación.

Medios Tarea de investigación y lista de enlaces “Tormentas y energía eólica”

4.2 ¿Cómo funcionan los parques eólicos?

Aquí sólo se trata la turbina eólica de hélice con eje de rotación horizontal; en su forma de tres palas es hoy en día el estándar técnico mundial. Se explican su estructura y rendimiento, que se-

gún las leyes de la física no puede superar el 59,3 %. También se aborda la necesidad de almacenamiento de energía, las ubicaciones favorables y el potencial de la energía eólica.

Medios Módulo informativo “Cómo funciona un parque eólico”
Módulo informativo “Almacenamiento de energía”

4.3 Frecuencia y fase - ¿Necesitan las turbinas eólicas un tren de engranajes?

Una pequeña excursión en los aspectos eléctricos muestra que para poder transformar la energía eólica directamente y alimentarla a la red, debe tener exactamente 50 Hz de frecuencia en fase sincrónica. Al igual que los generadores en centrales termoeléctricas o hidroeléctricas, los generadores unipolares tendrían que funcionar exactamente a 3000 rpm, los generadores bipolares a 1500 rpm, etc. Sin embargo, dado que el viento sopla a diferentes velocidades, los aerogeneradores convencionales tienen trenes de engranajes regulables y posiblemente generadores con números de polos seleccionables. Sin embargo, en la tecnología más moderna, la corriente alterna del alternador es rectificadora en primer lugar y, a continuación, es invertida exactamente con la frecuencia y la fase de la red y transformada a la tensión de red. En este caso, se prescinde del tren de engranajes y de los generadores conmutables.

Medios Gráfico etiquetado “Estructura funcional de una turbina eólica”
Gráfico etiquetado “Turbina eólica – vista interior”
Fotografía “Generador para turbina eólica”
Guía “Conversión de energía”

Nota: El problema de la frecuencia o velocidad exacta de la turbina también existe en la energía hidroeléctrica. El diseño básico de las turbinas hidráulicas ya está adaptado al caudal de agua existente sobre el terreno. El ajuste fino del flujo de agua se realiza mediante el control automático de los álabes o boquillas de guía.

4.4 ¿Cómo encaja la electricidad del viento en la red?

Mientras que la electricidad proveniente de centrales eléctricas de agua fluyente y de almacenamiento se utiliza generalmente para cubrir la carga básica, la electricidad generada por el viento es relativamente inadecuada para este propósito. Existe la posibilidad de utilizar la energía eólica en combinación con las centrales eléctricas de turbinas a gas. Dependiendo de cuánta energía eólica falte actualmente, es compensada entonces conectando las turbinas de gas, para que el viento pueda contribuir tanto a la carga básica como a la máxima. Pero la combinación con gas natural en realidad contradice la sustitución de fuentes de energía fósil. Por lo tanto, la energía eólica, al igual que la solar, necesita combinarse con los nuevos sistemas de almacenamiento de energía. También, la idea frecuentemente citada de que “muchos pequeños sistemas modulares de generación de energía renovable proporcionan toda la energía de forma descentralizada” no funciona en términos de seguridad de suministro (esto podría funcionar para los hogares privados, pero no para las grandes plantas industriales). Sólo una alianza del suministro de energía eléctrica centralizado con la generación de energía eléctrica descentralizada, combinados con la alimentación y almacenamiento de energías renovables, tanto a nivel centralizado como también descentralizado podrá resolver el problema.

Medio Diagrama esquemático “Suministro de energía centralizado y descentralizado”

Mediante la conversión del exceso de energía eólica y solar en hidrógeno, o incluso metano (“Power to Gas”), se puede utilizar la red de gas natural existente para la distribución y el almacenamiento. Un gráfico ilustra el proceso “Power to Gas” (conversión de energía eléctrica a gases). Por ejemplo, también los vehículos con la tecnología de células de combustible pueden ser alimentados con el hidrógeno obtenido de este modo. Una fotografía muestra una célula de combustible para experimentos (escolares).

Medios: Gráfico “Power to Gas” (conversión de energía eléctrica a gases)
Fotografía “Célula de combustible para experimentos”

5 Energía eólica y energía hidráulica en comparación física

Dependiendo del nivel escolar y del plan de estudio podría profundizarse en el tema de la energía eólica y la energía hidráulica.

Por ejemplo, se podría aclarar aún más la razón por la cual el rendimiento de la energía eólica y de la energía hidráulica son muy diferentes. Para ello es posible, por ejemplo, calcular las diferencias en el comportamiento de flujo de medios compresibles (aire) y no comprimibles (agua). Se podría deducir matemáticamente la ley de Betz para el rendimiento óptimo de la energía eólica como una tarea de optimización.

Podría explicarse la diferencia entre las turbinas tipo fuerza de resistencia y las turbomáquinas. En la turbina tipo fuerza de resistencia, el flujo másico fuerza el álabe directamente en la dirección del flujo, un principio que se encuentra en la turbina hidráulica Pelton o en la turbina eólica Savonius. En la turbomáquina, la cubeta se desplaza en el sentido de rotación debido a la diferencia de presión entre la parte delantera y trasera del perfil del álabe, un principio que se encuentra en el agua para la turbina Kaplan y en la turbina eólica en la forma de la hélice. La turbina Francis, sin embargo, es un híbrido de ambos tipos. Estos temas pueden ser tratados en los dos módulos informativos del paquete de medios didácticos, en conjunto con las dos guías.

Medios Módulo informativo con animación “La física de las turbinas hidráulicas”
Módulo informativo “Cómo funciona un parque eólico”
Guía “Energías renovables”
Guía “Conversión de energía”
Lista de enlaces “Energías renovables”