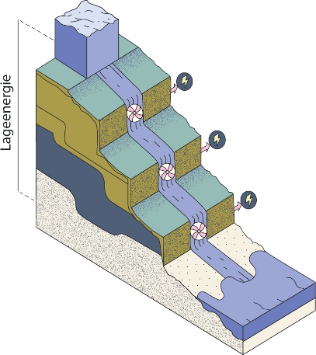
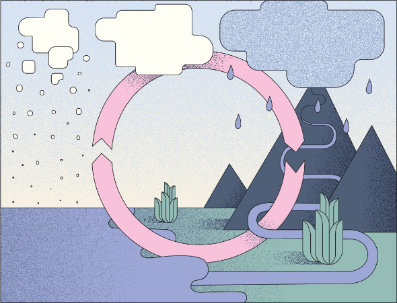
## **Wieviel el. Energie kann man in Deutschland durch Wasserkraft maximal bereitstellen?**

Österreich produziert ca. 11 % der benötigten Energie durch Wasserkraft. Ist das bei uns auch möglich?



In der folgenden Aufgabe soll das für Deutschland grob abgeschätzt werden.

Jedes Wasser, das genutzt werden kann, muss als Regen vom Himmel fallen.

Um Energie durch Wasserkraft zu gewinnen, muss dieses Wasser von höheren Lagen in tiefere Lagen gelangen.

**#**

Vorüberlegung 1: Schätze ab, wieviel Energie **im Jahr 2022** durch Solarenergie, durch Wind- und durch Wasserkraft bereitgestellt wurde. Verbinde die folgenden Kästchen paarweise miteinander. 1

***2,1 kWh pro Tag und pro Person***

***4,2 kWh pro Tag und pro Person***

***Energie durch Wasserkraft***

***0,55 kWh pro Tag und pro Person***

***Solarenergie***

***Energie durch Windkraft***

|  |  |
| --- | --- |
| Solarenergie | 0,7 kWh pro Tag und pro Person |
| Windenergie | 1,7 kWh pro Tag und pro Person |
| Wasserenergie | 4,2 kWh pro Tag und pro Person |

Vorüberlegung 2:Gib eine Schätzung ab, wie viel Energie in kWh wir in Deutschland **maximal** pro Tag und pro Person durch Wasserkraft erzeugen könnten. Denke daran, dass wir pro Tag und pro Person insgesamt 94 kWh benötigen.

kWh

1. Schätze mit Hilfe des durchschnittlichen Niederschlags und der durchschnittlichen Höhe von Deutschland ab, wie viel Energie durch Wasserkraft maximal zur Verfügung stehen kann.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1: Quelle: [www.destatis.de](http://www.destatis.de) Statistisches Bundesamt 10/2023

**Lösungen Antworten**

|  |  |
| --- | --- |
| **Schritt 1**  Jedes Wasser, das genutzt werden kann, um Energie zu erzeugen, muss als **Regen** vom Himmel fallen. Um Energie durch Wasserkraft zu gewinnen, muss dieses Wasser von **höheren Lagen** in **tiefere Lagen** gelangen.   1. Benenne die Energieform, die vorliegt, wenn das Wasser sich auf der höheren Lage befindet. 2. Gib die Formel zur Berechnung dieser Energieform an. |  |
| **Schritt 2**   1. Recherchiere die durchschnittliche Niederschlagsmenge in Deutschland pro m2. 2. Wie groß ist Deutschlands ungefähr (in m2). 3. Berechne aus diesen Daten die gesamte **Masse** des Niederschlags in einem Jahr. ( |  |
| **Schritt 3**  Recherchiere die durchschnittliche Höhe des Geländes in Deutschland. |  |
| **Schritt 4**  Berechne mit den recherchierten bzw. berechneten Größen die gesamte Energie, die durch Wasserkraft bereitgestellt werden kann. |  |
| **Schritt 5**  Rechne die Energie in um! |  |
| **Schritt 6**  Rechne die Energie in kWh pro Tag und pro Person um und vergleiche den Wert mit dem Gesamtenergiebedarf von 94 kWh pro Tag und Person! |  |

1. Nenne zwei Gründe, warum die in Aufgabe 1 berechnete Energie nicht vollständig genutzt werden kann.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Schätze mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabe 1 ab, wie viel Energie pro Person und pro Tag man tatsächlich nutzen könnte.

**⃝ 7,0 kWh ⃝ 3,5 kWh ⃝ 1 kWh ⃝ 0,1 kWh**

**Weitere Informationen über die Möglichkeiten** **von Wasserkraft in Deutschland**

Broschüre zur Energie in Österreich:

[www.bmk.gv.at/dam/jcr:f0bdbaa4-59f2-4bde-9af9-e139f9568769/Energie\_in\_OE\_2020\_ua.pdf](http://www.bmk.gv.at/dam/jcr:f0bdbaa4-59f2-4bde-9af9-e139f9568769/Energie_in_OE_2020_ua.pdf)

****Potential von Wasserkraft in Deutschland beim Umweltbundesamt:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/nutzung-belastungen/nutzung-von-fluessen-wasserkraft#wasserkraft-und-klimawandel>

Nach einer Studie des Bundesministeriums für Umwelt aus dem Jahr 2010…

* …liegt das theoretische Potential bei 92,6 TWh pro Jahr (Tera = T = 1012).
* Dies entspricht \_\_\_\_\_\_\_ kWh pro Person und pro Tag.
* Davon sind 1,4 kWh pro Tag und pro Person technisch nutzbar.
* Aktuell werden in Deutschland 0,6 bis 0,8 kWh pro Person pro Tag genutzt.

**Natürliche und künstliche Nutzung der Wasserkraft**

* In Deutschland gibt es etwa 7.600 Wasserkraftanlagen.
* Davon sind 31 Pumpspeicherkraftwerke zur Speicherung von Energie, davon verfügen elf über einen natürlichen Zufluss. In diesen elf Anlagen dient Wasserkraft daher als erneuerbare Energie.
* Siehe auch die folgende Karte:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/bilder/dateien/wasserkraftwerke_deutschland_bestand_0.pdf>

**Zitat aus der Studie:**

„Das geringe zusätzliche Potential rührt aus der langen Tradition der Wasserkraftnutzung in Deutschland und zeigt, dass die vorhandenen Möglichkeiten im Wesentlichen genutzt und erschlossen wurden.“

**Gründe, die gegen eine intensivere Nutzung und einen weiteren Ausbau sprechen:**

* Nutzung der Flüsse für die Schifffahrt.
* Der Regen, der direkt im Grundwasser versickert, steht nicht mehr zur Nutzung zur Verfügung.

**Internationale Nutzung:**

Im globalen Vergleich (2012) stammen die höchsten Strommengen aus Wasserkraft aus

* China (864 TWh = 29,6 kWh pro Person (in D) und Tag),
* Brasilien (441 TWh = 15,1 kWh pro Person (in D) und Tag),
* Kanada (376 TWh = 12,9 kWh pro Person (in D) und Tag),
* USA (277 TWh = 9,5 kWh pro Person (in D) und Tag),
* Russland 155 (TWH = 5,3 kWh pro Person (in D) und Tag),
* Norwegen (143 TWh = 4,9 kWh pro Person (in D) und Tag) und
* Indien (116 TWh = 4,0 kWh pro Person (in D) und Tag).

**Länder, in denen über 50 Prozent des erzeugten Stroms aus der Wasserkraft stammen:**

* Italien
* Luxemburg
* Österreich
* Schweiz
* Schweden

**Wasserkraft und Klimawandel**

Die Höhe der Wassermenge in einem Fluss wird durch viele Faktoren bestimmt, wobei Niederschlag und [Verdunstung](https://www.umweltbundesamt.de/service/glossar/v?tag=Verdunstung#alphabar) einen wesentlichen Einfluss haben. Da diese Einflussgrößen vor allem klimatisch gesteuert sind, hat das Umweltbundesamt die möglichen Effekte des Klimawandels auf die Ertragssituation der Wasserkraft untersuchen lassen und kam zu dem Schluss, das mit fortschreitendem Klimawandel der Ertrag durch Wasserkraft sich verringert wird.

**Fazit**

Wasserkraft ist ein wichtiger, aber sehr kleiner Baustein der Energiewende. Insbesondere der Einsatz als Pumpspeicher wird sehr nützlich sein. Aber der notwendige Ausbau der erneuerbaren Energie ist mit Wasserkraft schlicht nicht möglich, da das Potential sehr gering und nahezu komplett ausgeschöpft ist.

## **Wieviel el. Energie kann man in Deutschland durch Wasserkraft maximal bereitstellen? – *Lösungen***

**Lösungen** zu Wasserkraft – Arbeitsblatt 2 - Seite 1&3

#Energieträger,-umwandlungen #Epot=m·g·h #Umrechnung\_Wasser-Volumen-Masse

#leichter Dreisatz #Zehnerpotenzen #Umrechnung\_J-kWh #Energieentwertung

**Seite 1 – Vorüberlegung 1**

***4,2 kWh pro Tag und pro Person***

***2,1 kWh pro Tag und pro Person***

***0,7 kWh pro Tag und pro Person***

***Energie durch Wasserkraft***

***Energie durch Windkraft***

***Solarenergie***

**Aufgabe 1**

*Siehe nächste Seite*

**Aufgabe 2**

Nenne zwei Gründe, warum die in Aufgabe 1 berechnete Energie nicht vollständig genutzt werden kann.

* *Nicht jeder Regentropfen sammelt sich in Flüssen, viele versickern im Erdreich.*
* *Nicht die gesamte Lageenergie wird in elektrische Energie umgewandelt (z. B. durch Reibungsverluste beim Fließen).*

**Aufgabe 3**

Schätze mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabe 1 ab, wie viel Energie pro Person und pro Tag man tatsächlich nutzen könnte.

x

**⃝ 7,0 kWh ⃝ 3,5 kWh ⃝ 1 kWh ⃝ 0,1 kWh**

*Deutschland braucht* ***94 kWh*** *pro Tag pro Person. Davon sind maximal* ***7 kWh*** *pro Person und Tag durch Wasserkraft zu erwirtschaften – wenn man jeden Regentropfen mit einem Wirkungsgrad von 100 % nutzen könnte. Wenn man die Reibungsverluste berücksichtigt und deshalb von einem Wirkungsgrad von 50 % ausgeht, könnte man eine Energie von* ***3,5 kWh*** *pro Person und Tag aus Wasserkraft gewinnen.*

*Untersuchungen haben ergeben, dass z. B. aufgrund der Gewährleistung von Schifffahrtswegen eine Energie von maximal* ***1 kWh*** *pro Tag und Person realisierbar wäre.*

**Lösungen als Kopiervorlage mit Schnittmarken**

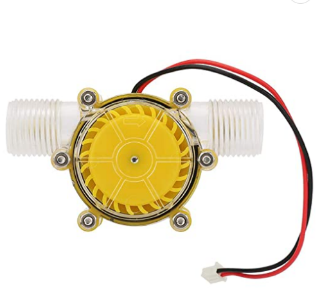
#Energieträger,-umwandlungen #Epot=m·g·h #Umrechnung\_Wasser-Volumen-Masse

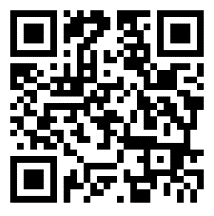
#leichter Dreisatz #Zehnerpotenzen #Umrechnung\_J-kWh #Energieentwertung

**Lösungen** zu Wasserkraft – Arbeitsblatt 2 – Seite 2

|  |  |
| --- | --- |
| **Schritt 1**  Jedes Wasser, das genutzt werden kann, um Energie zu erzeugen, muss als **Regen** vom Himmel fallen. Um Energie durch Wasserkraft zu gewinnen, muss dieses Wasser von **höheren Lagen** in **tiefere Lagen** gelangen.   1. Benenne die Energieform, die vorliegt, wenn das Wasser sich auf der höheren Lage befindet. 2. Gib die Formel zur Berechnung dieser Energieform an. | *Lageenergie oder*  *potenzielle Energie*  *Epot = m ⋅ g ⋅ h* |
| **Schritt 2**   1. Recherchiere die durchschnittliche Niederschlagsmenge in Deutschland pro m2. 2. Wie groß ist Deutschlands ungefähr (in m2). 3. Berechne aus diesen Daten die gesamte **Masse** des Niederschlags in einem Jahr. ( | *Niederschlagsmenge ≈ 800 l pro m2*  *Tipp: 1 Liter Wasser entspricht 1 kg*  *Fläche von Deutschland:  357 581 km2 bzw.   m<Regen = ⋅ 800*  *= 2,88⋅1014 kg* |
| **Schritt 3**  Recherchiere die durchschnittliche Höhe des Geländes in Deutschland. | *h = 263 m* |
| **Schritt 4**  Berechne mit den recherchierten bzw. berechneten Größen die gesamte Energie, die durch Wasserkraft bereitgestellt werden kann. | *Epot = 2,88 ⋅ 1014 kg ⋅ 9,81 ⋅ 263 m*  *= 7,43 ⋅ 1017 J* |
| **Schritt 5**  Rechne die Energie in um! | *Epot = 7,43 ⋅ 1017 Ws*  *= 7,43 1014 kWs*  *= 7,43 1014 kW h*  *= 2,1 ⋅ 1011 kWh* |
| **Schritt 6**  Rechne die Energie in kWh pro Tag und pro Person um und vergleiche den Wert mit dem Gesamtenergiebedarf von 94 kWh pro Tag und Person! | Epot pro Pers pro Tag =  = 2,1 ⋅ 1011 kWh : 84 700 000 : 365  = **6,8 kWh** |

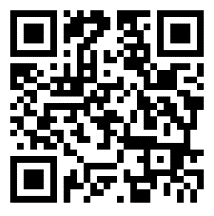
## **Ausblicke und Experimente zur Wasserkraft**



Mit dieser Wasserturbine, etwas Basteltalent, einer aufgeschnittenen PET-Flasche und Schlauchmaterial aus dem Baumarkt können verschiedene Versuche zur Spannungserzeugung mit Wasser durchgeführt werden.

Video vom [Zusammenbau](http://www.youtube.com/shorts/tYK3Ik25I4E%7C): [youtube.com/shorts/tYK3Ik25I4E](https://youtube.com/shorts/tYK3Ik25I4E) *(t=40 s)*

Luftblasen im Schlauch behindern das Drehen der Turbine, deshalb ist es am besten, das Wasser schwallartig und schnell einzufüllen.

**Versuch 1: Mit fallendem Wasser eine LED zum Leuchten bringen**

Eine LED mit Vorwiderstand wird angeschlossen und durch das fallende Wasser zum Leuchten gebracht:

[youtube.com/shorts/C15yBcxem64?feature=share](https://youtube.com/shorts/C15yBcxem64?feature=share) *(t = 10 s)*

Durch Heben und Senken des Wasserzuflusses kann man zeigen, dass die Helligkeit der LED von der Fallhöhe abhängt.

**Versuch 2: Spannung (Leistung) in Abhängigkeit von der Höhe messen**

Indem man ein Spannungsmessgerät (entweder direkt oder über einen 1-kΩ-Widerstand) anschließt, kann man zeigen, dass sich die Spannung (bzw. die Leistung) mit der Höhe ändert. [youtube.com/shorts/yukXNsk\_a2A](https://youtube.com/shorts/yukXNsk_a2A) *(Zeit: 10 s)*

Bei vorhandener Ausstattung (z. B. digitale Sensoren) kann man auch Leistung bzw. Energie direkt messen und versuchen, z. B. 1 mWh zu erzeugen.

**Versuch 3: Betrieb am Wasserhahn**

In den meisten Physikräumen kann man die Turbine auch direkt an den Wasser-hahn am Pult anschließen. Dazu wechselt man dort den Hahnaufsatz. Dann kann man problemlos ein Glühbirnchen zum Leuchten bringen und auf diese Weise ein Kraftwerk mit mehreren hundert Metern Höhenunterschied veranschaulichen.

Weitere Ideen befinden sich im Experimentierzirkel:

<https://klimawandel-schule.de/sites/default/files/2023-06/energien_experimentierzirkel.pdf>

Ein Bild, das Muster, nähen, Pixel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

**Videolinks und Simulationen**

* Sendung mit der Maus vom Pumpspeicherwerk *(Zeit: 10:17 min)*:

Ein Bild, das Muster, Quadrat, Pixel, Design enthält.

Automatisch generierte Beschreibung<https://kinder.wdr.de/tv/die-sendung-mit-der-maus/av/video-wie-funktioniert-ein-pumpspeicherwerk-100.html>   
Leider sind einige Fehler in der Fachsprache („Kraft“ bzw. „Wucht“ statt „Energie“)

* Der folgende ScienceSlam erklärt Energieerhaltung bzw. Energieentwertung u. a.

Ein Bild, das Muster, nähen enthält.

Automatisch generierte Beschreibungam Wasserkraftwerk. Leider mit sehr starkem Fokus auf Energie *(Zeit: 9:23 min)*: [www.youtube.com/watch?v=qRMnpV5E5J8](http://www.youtube.com/watch?v=qRMnpV5E5J8)

* Mit der phet-Simulation <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_de.html> kann man die Umwandlungen visualisieren. Man kommt aber den realen Zusammenhängen nur begrenzt nahe.