

Liebe Schüler*innen,
 liebe NwT-Kolleg*innen,
 viel Spaß und viel Erfolg
 bei dem Planspiel
Sontal regenerativ!



Video-Einführung



Autorin und redaktionelle
 Bearbeitung: **Sina Zandler**

Digitale Umsetzung, Layout
 und redaktionelle Bearbeitung:
Christian Fingerhut

Illustration und redaktionelle
 Bearbeitung: **Kristin Stepan**



Sofern nicht anders angegeben, ist das Planspiel unter der Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 lizenziert.



Impressum



Planspiel Sontal regenerativ

Büro

Willkommen
in **Sontal!**

Ich bin Bürgermeisterin
Dennler. Wir brauchen
Eure Unterstützung.
Lasst uns in meinem **Büro**
darüber sprechen.

Sontaler Tagblatt

Donnerstag, 26. Mai 2022

Sontals Vision: 100 % Grüner Strom

Die 35 000 Einwohner der Stadt und ihre Bürgermeisterin haben sich ehrgeizige Ziele gesetzt: In spätestens 15 Jahren soll die Stadt ihren Strom zu 100 % aus Erneuerbaren Energien erhalten.

Sontal. Vor allem die Bewegung »Fridays for Future« sorgte in den Schulen für Aufruhr, wodurch der Druck auf die Stadtverwaltung weiter anstieg. Bis jetzt deckte die Stadt ihren Energiebedarf größtenteils mit Kohle. Die Zeiten der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen soll aber bald vorbei sein. Die Bewohner wollen durch den Umstieg auf eine saubere Energieversorgung ihren Beitrag für den Klimaschutz leisten. Ermöglichen soll dies eine Kombination aus Solar-, Wind- und Wasserenergie in Verbindung mit Speichern und Elektroautos. Nach der letzten Gemeinderatssitzung richtet sich die Bürgermeisterin Martina Dennler mit einem ambitionierten Aufruf direkt an die Bürgerinnen und Bürger der Stadt.

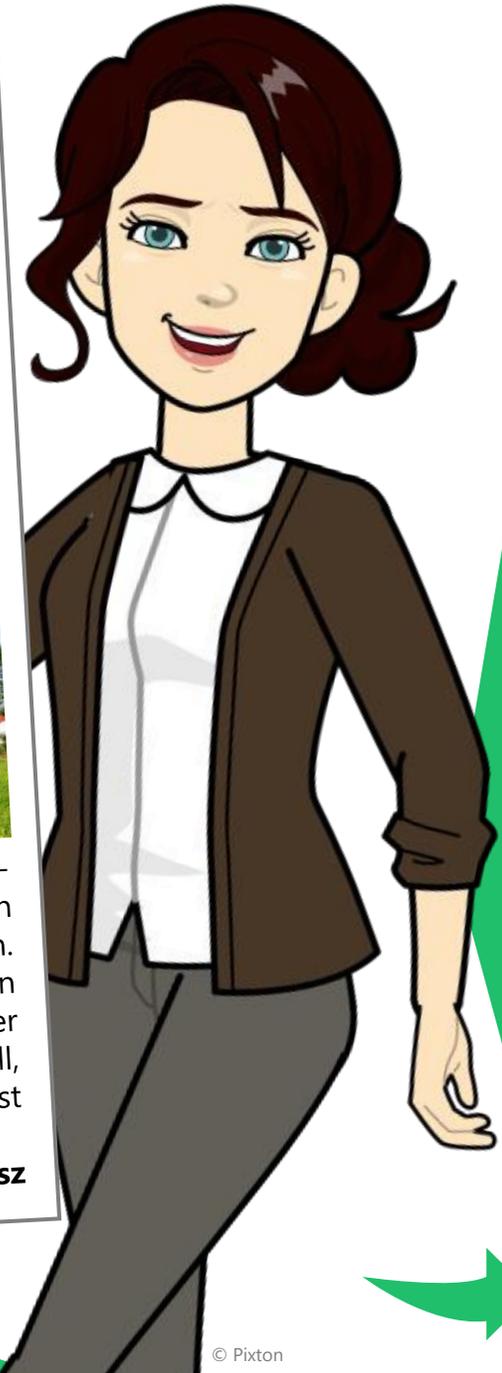
»Wir müssen handeln und nicht mehr nur darüber reden. Durch ein nachhaltiges Konzept zur weitgehend emissionsfreien Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien nimmt Sontal eine Vorreiterrolle in ganz Europa ein. Wir haben durch unsere günstige geographische Lage das Potenzial und müssen es nur noch nutzen. Besonders wichtig ist mir ein vielseitiger Mix mehrerer Erneuerbarer Energien. Einerseits, um nicht zu sehr von einer der Technologien abhängig zu sein und die Vorteile der Technologie voll zu nutzen, andererseits aber auch, um Unwägbarkeiten hinsichtlich der weiteren Forschung in diesem Bereich ausgleichen zu können. Fangen wir direkt damit an!«



CC BY-NC Sina Zendler

Für das Projekt können bei der EU-Kommission Fördergelder in Höhe von 44 Millionen Euro beantragt werden. Auch die Gemeinde selbst leistet einen finanziellen Beitrag. Die Worte der Bürgermeisterin klingen hoffnungsvoll, doch in den Nachbargemeinden ist bereits ein leises Schmunzeln zu hören.

SZ



Willkommen in Sontal

Gemeinsam mit allen 35 000 Einwohner*innen der Stadt habe ich beschlossen, die Energiewende in Sontal umzusetzen. Wir möchten daher unseren Strom zu 100 % aus Erneuerbaren Energien beziehen.

Aktuell liegt unser Bedarf an elektrischer Energie bei etwa 1750 kWh pro Jahr und Einwohner*in. Diesen Lebensstandard wollen wir auf jeden Fall halten.

Unser idyllisches Städtchen südlich des Gebirges liegt direkt am Meer und wird von dem Fluss Sonel durchzogen. Weil es den Menschen hier so gut gefällt, gehen wir davon aus, dass unsere Bevölkerung auch in den nächsten fünf Jahren um durchschnittlich 1,5 % pro Jahr wachsen wird.



Hinweis



A0-1

Berechnet, wie viel elektrische Energie pro Jahr für die Versorgung der Stadt in fünf Jahren bereitgestellt werden muss.

Haltet alle Überlegungen im **Planungsskript** fest.

Antrag auf EU-Fördergelder

Zum Bau und Kauf von Windrädern, Wasserkraftwerken und Photovoltaikanlagen muss die Gemeinde tief in die Tasche greifen.

Ohne Fördergelder der EU in Höhe von 44 Mio. € ist dieses Mammut-Projekt nicht umsetzbar. Doch die Fördergelder sind an bestimmte Bedingungen geknüpft und müssen beantragt werden.

Bitte unterstützt mich beim Schreiben des Antrags.
Ich habe bereits ein Formular vorbereitet und stelle Euch die Bedingungen in dieser Mappe bereit.

Förderantrag



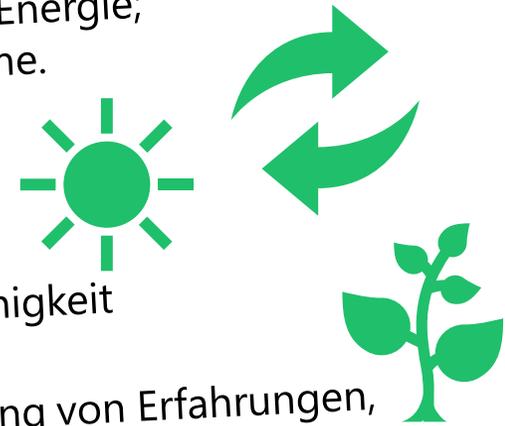
Lest Euch die Bedingungen genau durch und schreibt einen Antrag für die EU-Fördergelder.

EU-Programm HORIZONT 2020 (Wissenschaft) im Bereich Gesellschaftliche Herausforderungen mit den Schwerpunkten Umwelt und Energie

Im EU-Wissenschaftsprogramm HORIZONT 2020 finden Sie Fördermöglichkeiten zu folgenden Schwerpunkten: Lösungen zur Kreislaufwirtschaft; Rohstoffe; Nachhaltiges Wachstum; Klimaschutz und Dekarbonisierung; Arktis und Erdbeobachtung; Naturbasierte Lösungen; Wettbewerbsfähige CO₂-arme Energie; smart cities & communities; KMU Innovation für CO₂-emissionsarme Energiesysteme.

Dabei werden folgende Projektarten gefördert:

- ✓ Forschung und Innovation (Förderquote 100 %) mit Projekten zur Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Lösungen;
- ✓ Innovation (Förderquote 70 %) mit Projekten zur Demonstration der Funktionsfähigkeit neuer Technologien und Lösungen bzw. der Markteinführung;
- ✓ Koordination und Unterstützung (Förderquote 100 %) mit Projekten zur Einführung von Erfahrungen, zur Mobilisierung von Investments, zur europaweiten Anwendung innovativer Lösungen.



EU-Fördermittel Informationsplattform www.eu-foerdermittel.eu/horizont-2020-zum-thema-umwelt-energie



A0-2

Lest Euch die Förderbedingungen genau durch.



1/2

Eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches EU-Projekt ist die tiefgründige Kenntnis und kompetente Anwendung der entsprechenden EU-Politiken im Kontext des geplanten Projektkonzepts. Ihr Vorhaben muss einen innovativen und nachhaltigen Lösungsansatz für die formulierten Herausforderungen der EU-Politiken bieten. Dann haben Sie gute Chancen auf eine Förderung.

Die wichtigsten aktuellen EU-Gesetze, Empfehlungen und Regelungen zum Thema Umwelt und Energie sind:

- ✓ Europa-Strategie 2020
- ✓ Das 7. Umweltaktionsprogramm der EU bis 2020
- ✓ Biodiversitätsstrategie der EU für 2020
- ✓ Verringerung der Emissionen von Treibhausgasen: Fahrplan bis 2050
- ✓ Energie 2020
- ✓ Rahmen für die Klima- und Energiepolitik 2020-2030
- ✓ Energiefahrplan 2050
- ✓ Strategie für eine sichere europäische Energieversorgung



EU-Fördermittel Informationsplattform www.eu-foerdermittel.eu/horizont-2020-zum-thema-umwelt-energie



A0-2

**Schreibt einen Antrag für die EU-Fördergelder.
Nutzt dazu den Antrag im Planungsskript.**

Gebt den Antrag bei der Bürgermeisterin ab und drückt die Daumen, dass dieser bewilligt wird und die Fördergelder bald fließen...



Wirtschafts-, Ökologie- und Sozialpunkte

Während wir darauf warten, ob der Antrag angenommen wird, möchte ich noch einmal betonen, dass mir und dem Gemeinderat eine nachhaltige Lösung wichtig ist, die sowohl wirtschaftliche als auch soziale und ökologische Aspekte berücksichtigt. Für die Vorschläge aller Planungsgruppen vergeben wir bei dieser Ausschreibung daher **Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkte**.



Je mehr Energie für wenig Geld gewonnen werden kann, desto wirtschaftlicher ist die Anlage. Das gibt **Wirtschaftspunkte**. Überschüssige Energie kann an andere Städte verkauft werden: Für je 2 000 MWh/a Überschuss gibt es daher einen Extrapunkt. Und außerdem je 2 Mio. € einen zusätzlichen Wirtschaftspunkt, wenn am Ende der Planung noch Geld übrig bleibt.



Jede Stadt möchte, dass ihre Bürgerinnen und Bürger sich wohlfühlen. Geht Ihr bei der Planung besonders auf die Wünsche, Sorgen und Bedürfnisse der Sontaler ein, sichert Ihr die Akzeptanz für die Umstellung auf Erneuerbare Energien und erhaltet **Sozialpunkte**.



Euch und den Sontalern ist es wichtig, die idyllische Natur und die Artenvielfalt Sontals zu schützen. Wenn Ihr bei der Planung auf die Umwelt Rücksicht nehmt, erhaltet Ihr deshalb **Ökologiepunkte**.



Plant Sontals Energieversorgung und verdient möglichst viele Punkte. Wägt bei Eurer Planung wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte ab.

Die Gruppe, die das beste Konzept vorlegt, gewinnt die Ausschreibung und das Planspiel.



Natürlich könnt Ihr Punkte nur für Anlagen erhalten, in die Ihr investiert.

Beachtet außerdem diese **Symbole**:
Auf Karten mit einem Plus könnt Ihr Euch **Zusatzpunkte** verdienen!



Ist ein Punkt grau hinterlegt, kann dieser nur durch Zusatzleistungen erworben werden.

Verwendung der Fördergelder

Gute Neuigkeiten: Euer Antrag wurde bewilligt!
Sontal bekommt Fördergelder in Höhe von 44 Mio. €.

je 1 Punkt

Weitere 380 500 € können wir aus der Gemeindekasse zusteuern.

Wir können das gesamte Geld in die Energiewende investieren.
Mit dem Geld könnten aber auch noch vier andere, von den Bürgern lang ersehnte Projekte in der Stadt umgesetzt werden...

Egal, wie: Wir müssen uns auf der nächsten Sitzung des Gemeinderats entscheiden. Unsere Entscheidung kann danach nicht mehr rückgängig gemacht werden.

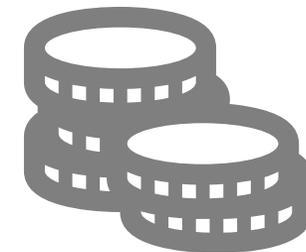
| | | |
|---|---------------------------------|----------|
|  | Digitalisierung der Grundschule | 50 000 € |
|  | Erlebnispfad für Jung und Alt | 40 000 € |
|  | Sanierung des Tierheims | 80 000 € |
|  | Errichtung eines Tourismusbüros | 75 000 € |



A0-3

Entscheidet, ob Ihr einen Teil des Geldes in eines oder mehrere soziale Projekte investieren wollt.

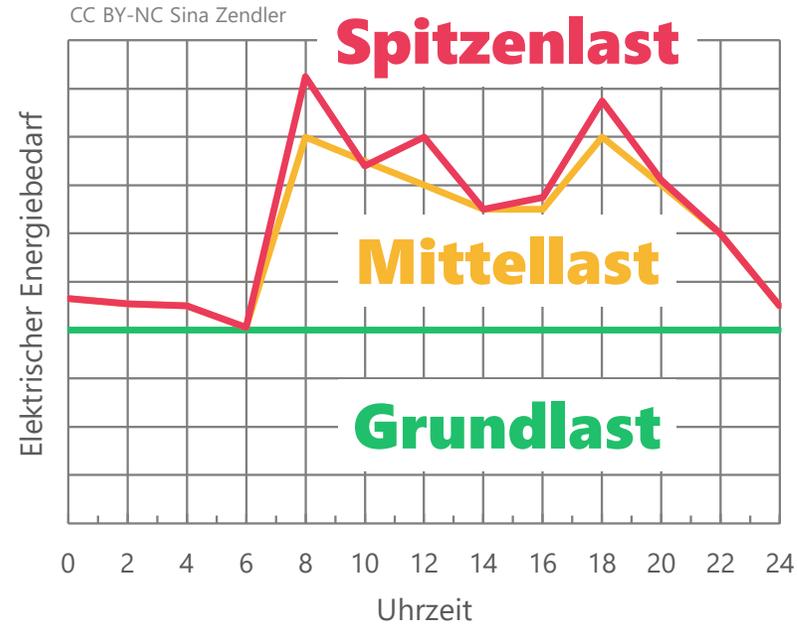
Berechnet nach der Entscheidung Euer endgültiges Startkapital.



Schwankungen des Strombedarfs

In Sontal legen die Menschen Wert auf ein gutes und gesundes Mittagessen. Pünktlich um 12 Uhr starten die meisten Sontaler mit dem Kochen. Sie schalten ihren Herd oder Backofen ein und der Bedarf an elektrischer Energie steigt.

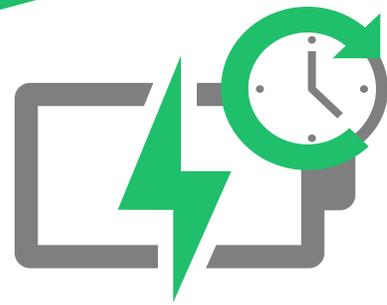
Müssen wir solche Überlegungen bei den Planungen berücksichtigen? Wie sehr der Strombedarf über den Verlauf eines Wochentags schwankt, haben die Stadtwerke in einem Diagramm dargestellt.



A0-4

Nennt Gründe für die Schwankungen des Strombedarfs. Erläutert, welche Probleme sich daraus bei der Energie-wende ergeben und wie Ihr diese lösen könntet.





Um die Schwankungen des Energiebedarfs über den Verlauf eines Tages auszugleichen, muss die Stadt Sontal in einen Energiespeicher mit 60 MWh Speicherkapazität investieren. Ein »Batteriepark« kommt daher nicht infrage, sondern nur ein Pumpspeicherkraftwerk im Wandergebirge. Dieses kann schnell zwischen Pump- und Generatorbetrieb umschalten.

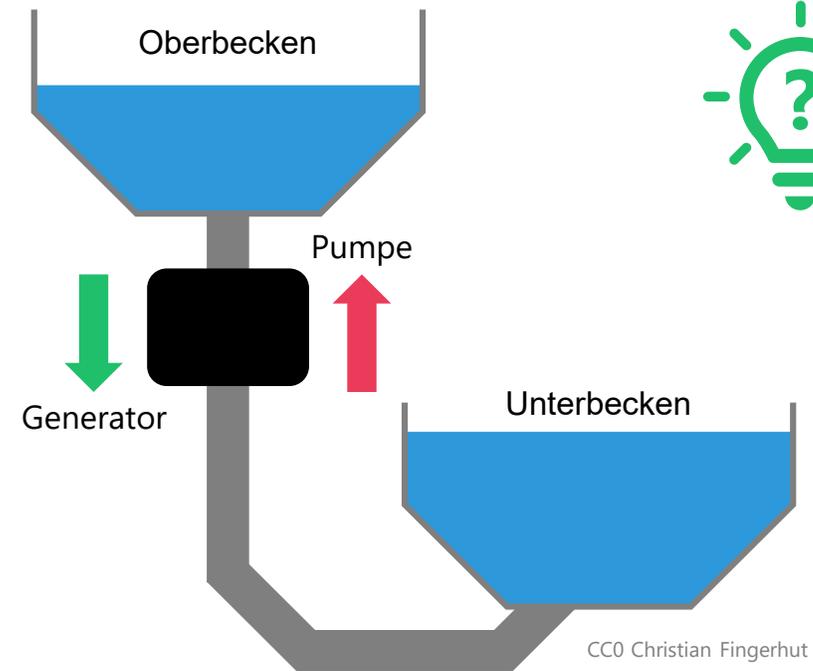
Überzeugt die Bürgermeisterin, dass für die Umstellung auf 100 % Erneuerbare Energie eine Investition von insgesamt 7 Millionen Euro für den Bau absolut notwendig sind.



Erklärt, warum das Pumpspeicherkraftwerk notwendig ist und wie es funktioniert.

Verwendet dazu die Grafik und nutzt die Begriffe Pump- und Generatorbetrieb.

Energiespeicher



Mögliche Standorte

Die Formalitäten sind erledigt und die Planung beginnt, denn schon in wenigen Jahren wollen die Sontaler ihren Strom zu 100 % aus Erneuerbaren Energien beziehen.

Dafür kommen **Windenergie**, **Photovoltaik** und **Wasserkraft** in Frage. Ein Mix aus **mindestens zwei**, besser noch allen drei Erneuerbaren Energien ist optimal.

Auf der **Landkarte** sind mögliche Standorte für Windräder, Photovoltaikanlagen und Wasserkraftwerke eingetragen.

Wo und wie Ihr diese Anlagen baut, müsst Ihr gut überlegen. Dabei spielen nicht nur die Investitionskosten und der mögliche Energieertrag, den Ihr jeweils berechnen müsst, eine Rolle. Auch die Sontaler haben ein Wörtchen mitzureden.



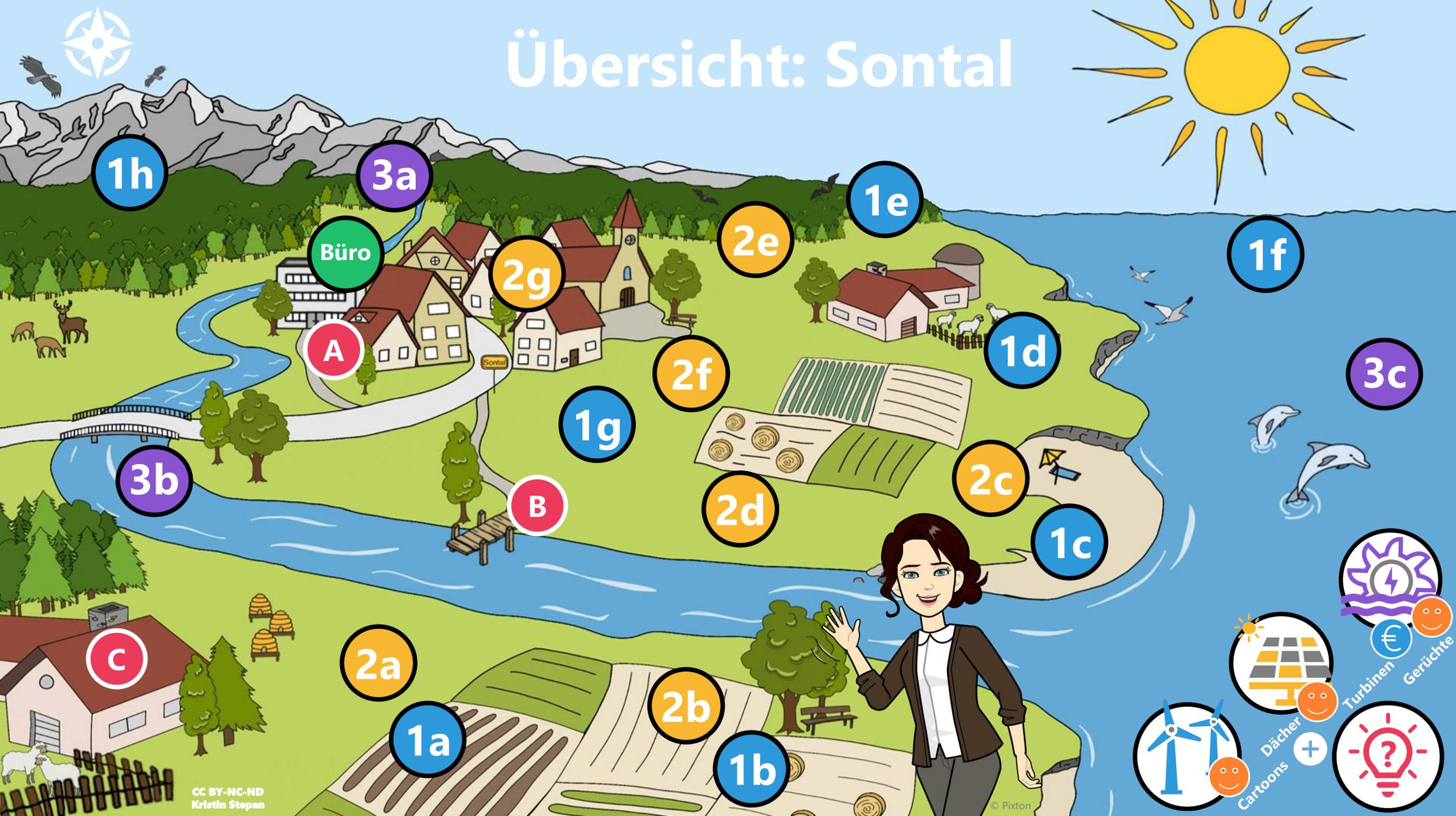
Plant Sontals Energieversorgung und verdient möglichst viele Punkte. Wägt bei Eurer Planung wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte ab.

Die Gruppe, die das beste Konzept vorlegt, gewinnt! Erstellt hierzu in Eurem Skript eine Energiebilanz und einen Finanzhaushalt, um den Überblick nicht zu verlieren.

- 1a** Hier könnten **Windräder** stehen.
- 2a** Mögliche Standorte für eine **Photovoltaikanlage**
- 3a** Wie wäre es an dieser Stelle mit einem **Wasserkraftwerk**?
- A** **Persönlichkeiten** und **Vereine** haben hier ihren Sitz.



Übersicht: Sontal



1h

3a

1e

Büro

2g

2e

1f

A

1d

3c

2f

1g

2c

3b

B

2d

1c

C

2a

2b

1a

1b

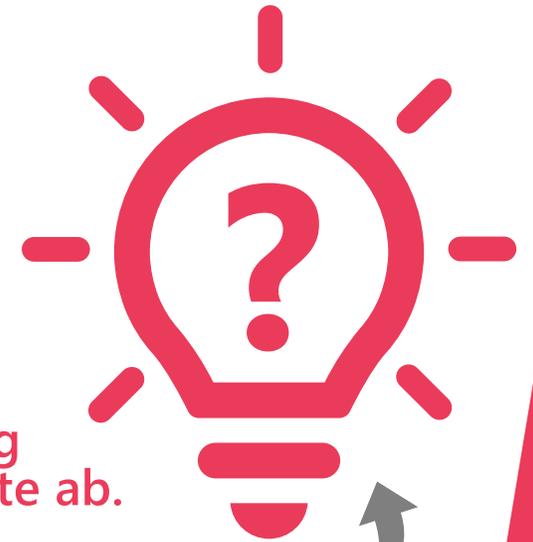
Cartoons + Dächer + Turbinen + Gerichte

zurück zu Übersicht, Standort oder Thema

Planspiel Sontal regenerativ

Spielanleitung

Die Sontaler wollen ihren Strom zu 100 % aus Erneuerbaren Energien beziehen. Dafür kommen Windenergie, Photovoltaik und Wasserkraft infrage. Ein Mix aus **mindestens zwei**, besser noch allen drei Erneuerbaren Energien ist optimal. Auf der Landkarte sind mögliche **Standorte** für Windräder, Photovoltaikanlagen und Wasserkraftwerke eingetragen.



Hinweise

- 1a** Hier könnten **Windräder** stehen.
- 2a** Mögliche Standorte für eine **Photovoltaikanlage**
- 3a** Wie wäre es an dieser Stelle mit einem **Wasserkraftwerk**?
- A** **Persönlichkeiten** und **Vereine** haben hier ihren Sitz.

Wo und wie Ihr diese Anlagen baut, müsst Ihr gut überlegen. Dabei spielen nicht nur die Investitionskosten und der mögliche Energieertrag, den Ihr jeweils berechnen müsst, eine Rolle. Auch die Sontaler haben ein Wörtchen mitzureden.



Plant Sontals Energieversorgung und verdient möglichst viele Punkte. Wägt bei Eurer Planung wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte ab.

Die Gruppe, die das beste Konzept vorlegt, gewinnt!

Nachhaltiges Vorgehen wird von der Bürgermeisterin belohnt: Mit **Wirtschafts-**, **Sozial-** und **Ökologiepunkten**.

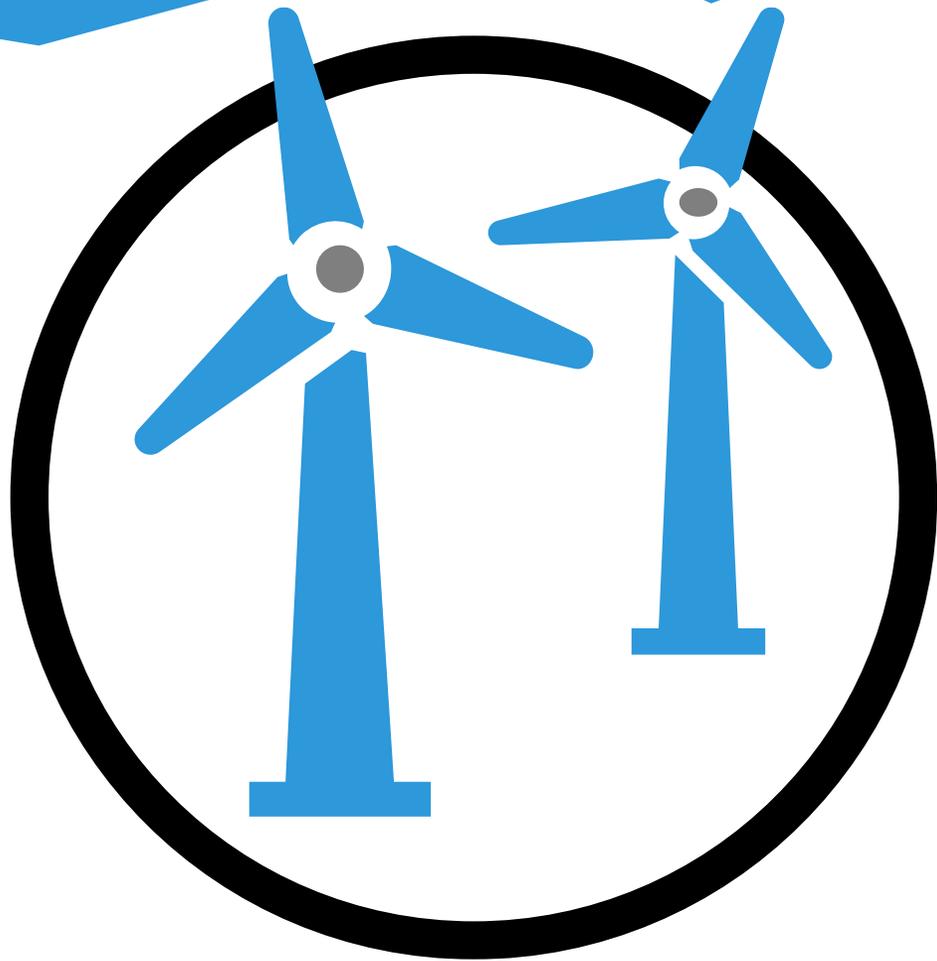
- Je mehr Energie für wenig Geld gewonnen werden kann, desto wirtschaftlicher ist die Anlage: Das gibt **Wirtschaftspunkte**. Überschüssige Energie kann an andere Städte verkauft werden: Für je 2 000 MWh/a Überschuss gibt es daher einen Extrapunkt. Und außerdem je 2 Mio. € einen weiteren Wirtschaftspunkt, wenn am Ende der Planung noch Geld übrig bleibt.
- Jede Stadt möchte, dass ihre Bürgerinnen und Bürger sich wohlfühlen. Geht ihr bei der Planung besonders auf die Wünsche, Sorgen und Bedürfnisse der Sontaler ein, sichert Ihr die Akzeptanz für die Umstellung auf Erneuerbare Energien und erhaltet **Sozialpunkte**.
- Euch und den Sontalern ist es wichtig, die idyllische Natur und die Artenvielfalt Sontals zu schützen. Wenn Ihr bei der Planung auf die Umwelt Rücksicht nehmt, erhaltet Ihr deshalb **Ökologiepunkte**.

Beachtet außerdem diese **Symbole**:

Auf Karten mit einem Plus könnt Ihr Euch **Zusatzpunkte** verdienen!



Ist ein Punkt grau hinterlegt, kann dieser nur durch Zusatzleistungen erworben werden.



Windenergie



Für die Nutzung der **Windenergie** kommen in Sontal die mit einer »1« gekennzeichneten Standorte in Frage:

- 1a** Ackerland West
- 1b** Ackerland Süd
- 1c** Liegewiese
- 1d** Viehweide
- 1e** Wiese am Waldrand
- 1f** Offenes Meer
- 1g** Bauerwartungsland
- 1h** Naturschutzgebiet

Die Sontaler sind in Sorge um das Landschaftsbild und wollen Windräder daher an höchstens zwei sorgfältig ausgewählten Standorten akzeptieren. 

Windenergie



Für jedes mit Windrädern bebaute Grundstück könnt Ihr maximal die angegebenen Punkte erlangen.

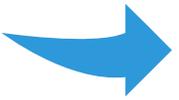
Berücksichtigt bei der Standortwahl die **gesetzlichen Rahmenbedingungen**.



Auf einem Grundstück können gemäß den **gesetzlichen Rahmenbedingungen** mehrere Windräder gebaut werden.

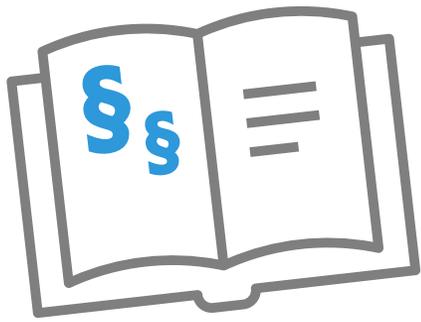


Um den Jahresenergieertrag eines Windrads zu berechnen, benötigt Ihr das **Datenblatt der ENERCON E-92 Anlage**.





Gesetzliche Rahmenbedingungen



»Bei Windenergieanlagen ohne Eiserkennungssysteme sind zu Verkehrswegen und Gebäuden bestimmte Abstände einzuhalten. Dabei gelten Abstände größer als das 1,5-fache der Summe aus Nabenhöhe und Rotordurchmesser im Allgemeinen als ausreichend.«



»Die Baugrube einer WEA nimmt ca. 750 m², das Fundament selbst ca. 350 m² Bodenoberfläche in Anspruch. Für die notwendigen Aufstell-, Lager-, Steuerungs- und Wartungsbereiche wird pro Anlage eine Fläche von [...] 4 000 m² dauerhaft benötigt. Hinzu kommen die Zuwegung zur nächstgelegenen öffentlichen Straße sowie kleinere Flächen für die Stromtransportleitungen und deren Nebenanlagen.«

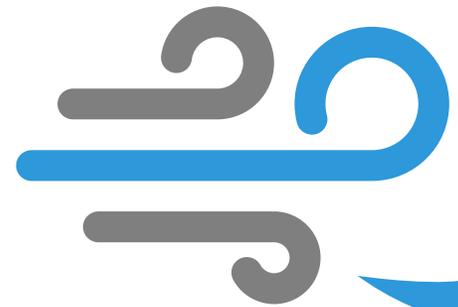
Deutscher Naturschutzring (DNR): Grundlagenanalyse 2012



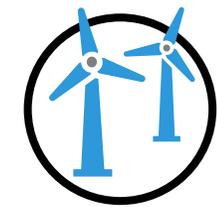
»Bei der Wahl der Standorte für Windenergieanlagen bleiben strenggeschützte Naturschutzgebiete und bedeutende Vogelbrut- und -rastgebiete grundsätzlich außen vor.«



Bundesverband WindEnergie



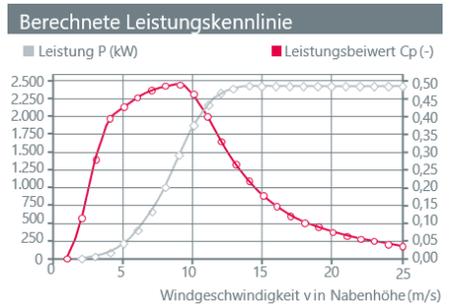
Datenblatt der ENERCON E-92 Anlage



Um den Jahresenergieertrag einer Windenergieanlage zu berechnen, benötigt Ihr das **Datenblatt der ENERCON E-92 Anlage**:

E-92
2.350 kW

| Wind (m/s) | Leistung P (kW) | Leistungsbeiwert c_p (-) |
|------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | 0,0 | 0,00 |
| 2 | 3,6 | 0,11 |
| 3 | | 0,27 |
| 4 | 98,2 | 0,38 |
| 5 | 208,3 | 0,41 |
| 6 | 384,3 | 0,44 |
| 7 | 637,0 | 0,46 |
| 8 | | 0,47 |
| 9 | 1.403,6 | 0,47 |
| 10 | 1.817,8 | 0,45 |
| 11 | 2.088,7 | 0,39 |
| 12 | 2.237,0 | 0,32 |
| 13 | 2.300,0 | 0,26 |
| 14 | 2.350,0 | 0,21 |
| 15 | | 0,17 |
| 16 | 2.350,0 | 0,14 |
| 17 | 2.350,0 | 0,12 |
| 18 | 2.350,0 | 0,10 |
| 19 | 2.350,0 | 0,08 |
| 20 | 2.350,0 | 0,07 |



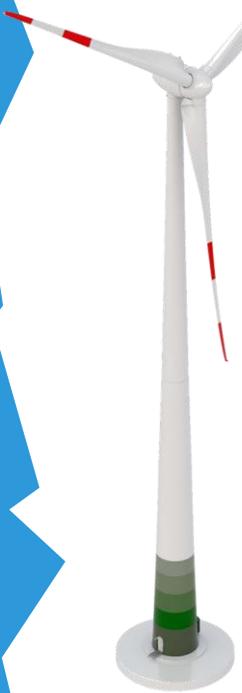
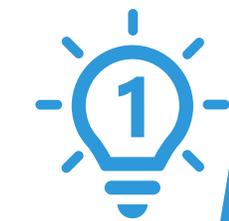
Technische Daten E-92

- Nennleistung:** 2.350kW
- Rotordurchmesser:** 92m
- Nabenhöhe:** 85m
- Windzone (DIBt):** WZIII / WZ4GK1 / WZ4GKII
- Windklasse (IEC):** IEC/EN IIA
- Anlagenkonzept:** getriebelos, variable Drehzahl, Einzelblattverstellung
- Rotor**
- Typ: Luvläufer mit aktiver Blattverstellung
- Drehrichtung: Uhrzeigersinn
- Blattanzahl: 3
- Überstrichene Fläche: 6.648 m²
- Blattmaterial: GFK (Epoxidharz); integrierter Blitzschutz
- Drehzahl: variabel, 5 - 16 U/min
- Blattverstellung: ENERCON Einzelblattverstellungssystem, je Rotorblatt ein autarkes Stellsystem mit zugeordneter Notversorgung



- 1 Maschinenträger
- 2 Azimutantrieb
- 3 Ringgenerator
- 4 Blattadapter
- 5 Rotornabe
- 6 Rotorblatt

- Antriebsstrang mit Generator**
- Hauptlager: zweireihiges Kegelrollenlager/Zylinderrollenlager
- Generator: direktgetriebener ENERCON Ringgenerator
- Netzeinspeisung:** ENERCON Wechselrichter
- Bremssysteme:**
 - 3 autarke Blattverstellungssysteme mit Notversorgung
 - Rotorhaltebremse
 - Rotorarretierung
- Windnachführung:** aktiv über Stellgetriebe, lastabhängige Dämpfung
- Abregelwindgeschwindigkeit:** 28 - 34m/s (mit ENERCON Sturmregelung*)
- Fernüberwachung:** ENERCON SCADA



© ENERCON

$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$

© ENERCON

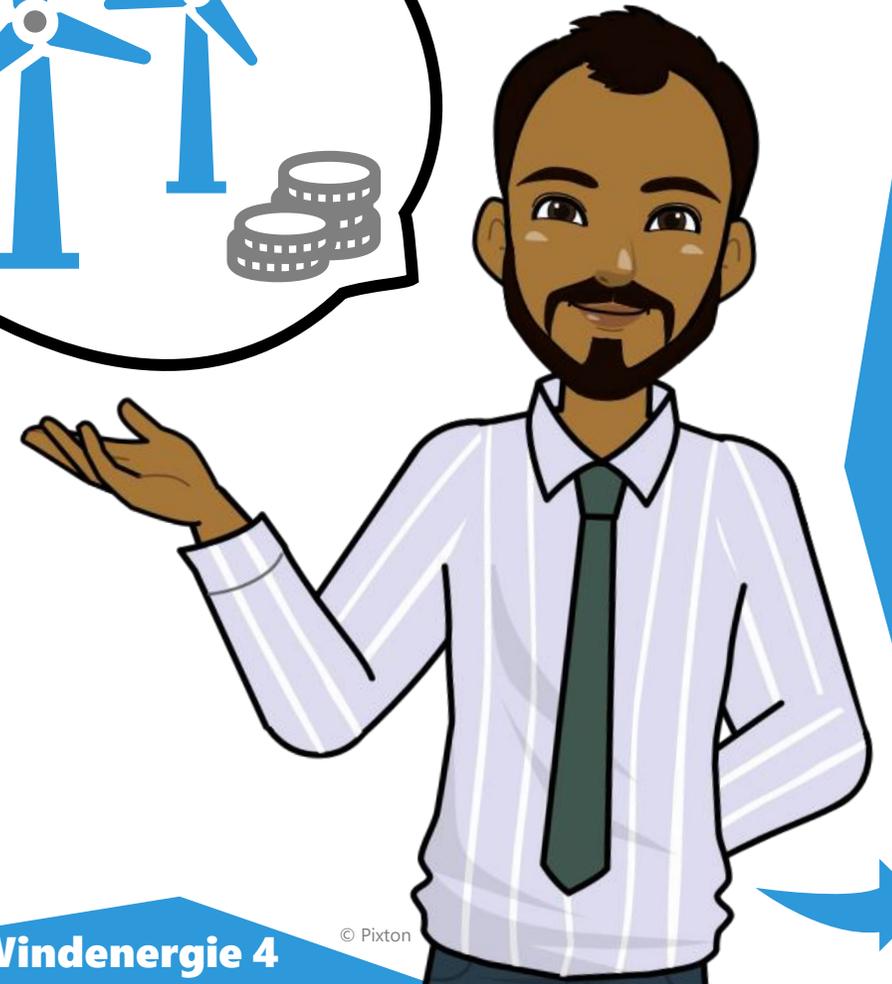
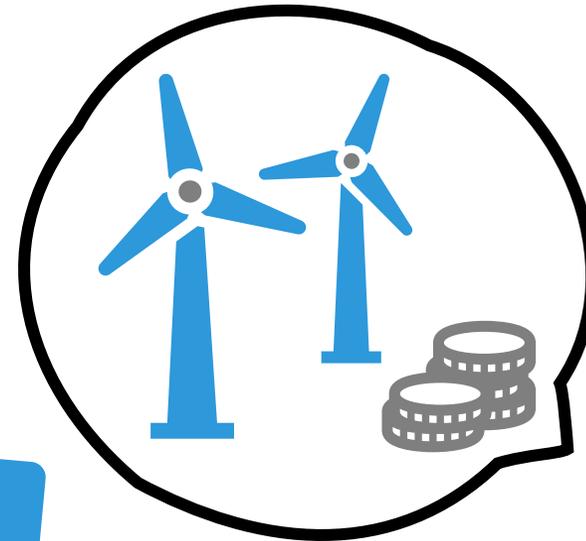
Windenergieanlage

Vergleicht die Standorte und entscheidet Euch für oder gegen die Errichtung von Windenergieanlagen.

Wenn Ihr Euch dafür entschieden habt, nehmt Ihr Kontakt mit dem Unternehmen ENERCON auf. Aus dem Katalog scheint der Anlagentyp E-92 am besten für Eure Zwecke geeignet zu sein:

| | |
|-------------------------|--|
| Nennleistung | 2 350 kW |
| Rotordurchmesser | 92 m |
| Anlagenkonzept | getriebelos, variable Drehzahl, Einzelblattverstellung |
| Nabenhöhe | 85 m |

**Datenblatt
ENERCON E-92**



Die Gesamtinvestitionskosten für das Modell E-92 als Onshore-Anlage betragen 2 990 000 €. Für Offshore-Anlagen fallen aufgrund des Netzausbaus, Fundaments und weiterer Ausgaben Gesamtinvestitionskosten von 6 485 000 € an.

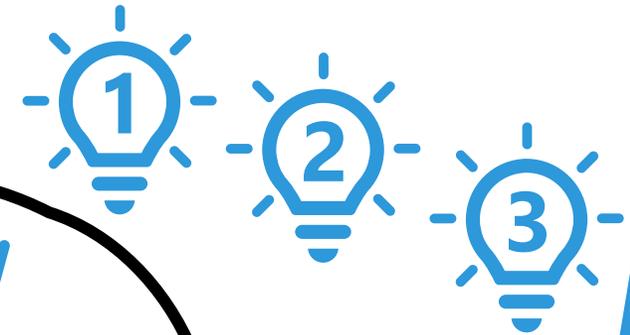
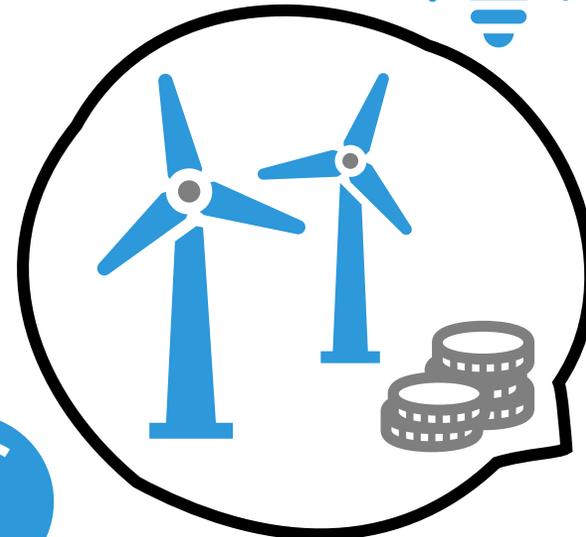
Investitionskosten errechnet nach Staiß et al. 2008 und EEG-Erfahrungsbericht 2011

Gebrauchte oder neue Anlage?

Bei der Auswahl von Windenergieanlagen lasst Ihr Euch von der Firma ENERCON beraten. Ein Ingenieur stellt Euch zwei Anlagentypen zur Auswahl: Sowohl eine neue als auch eine gebrauchte ENERCON E-92 Anlage im Sonderangebot.

Bei einer Windgeschwindigkeit von 9 m/s erbringt die neue Anlage eine Leistung von 1,4 MW, die alte nur 1,16 MW.

Lohnt es sich, das Sonderangebot zu nutzen und damit die Investitionskosten zu verringern? Ihr seid von dem Angebot nicht überzeugt, rechnet zur Sicherheit aber noch einmal selbst ganz genau nach.

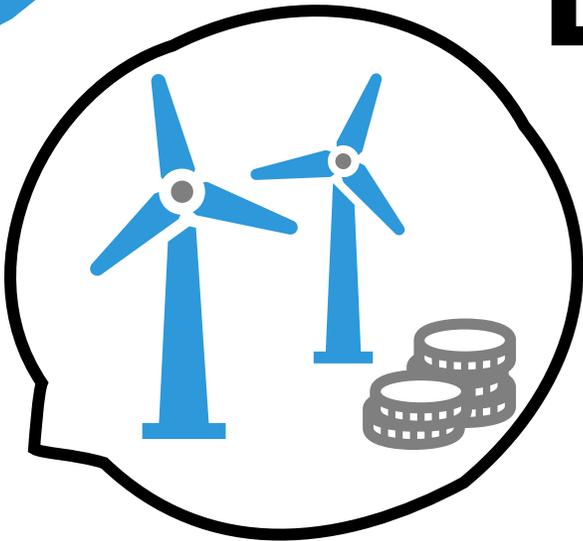


A1-1

Um wie viel Prozent ist der Leistungsbeiwert der alten ENERCON E-92 Anlage schlechter? Begründet Eure Entscheidung für eine neue Anlage anhand einer Rechnung.



Lächerlicher Leistungsbeiwert?



Ihr entscheidet Euch für die neue Anlage, um den Leistungsbeiwert von 47 % voll nutzen zu können.

Die Bürgermeisterin bewilligt Eure Wahl, ist aber schockiert:



Maximal ein Wirkungsgrad (sie meint Leistungsbeiwert) von 47 % - das ist ja gar nichts. Da hat uns dieser Ingenieur wohl nicht gut beraten!



A1-2

Erklärt, warum ein Leistungsbeiwert von 47 % bei einer Windenergieanlage dem Durchschnitt entspricht.

Überzeugt die Bürgermeisterin auf diese Weise davon, dass Euch der Ingenieur fachkundig beraten hat und Ihr die Windenergieanlage(n) kaufen dürft.



© Pixton

Ackerland West



Biobauer Ulrich

 **Grundstückskosten:** 60 Tsd. €

 **Bebauungsfläche:** 2 ha

 **Nähe zum Wohngebiet:** 3 km

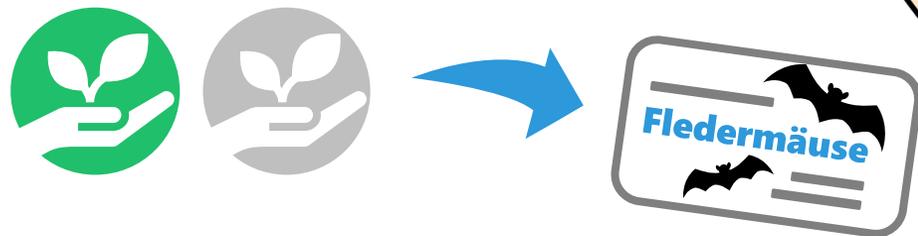
 **Windgeschwindigkeiten:**

| | |
|------------------|--------|
| 68 Tage im Jahr | 15 m/s |
| 139 Tage im Jahr | 8 m/s |
| 124 Tage im Jahr | 3 m/s |

Mit einem Windrad könnte ich leben. Es gibt auch noch andere Flächen für den Anbau von Weizen.



Infrastruktur gut ausgebaut, Flugroute von Fledermäusen durchkreuzt das Grundstück





Ackerland Süd



Grundstückskosten: 75 Tsd. €



Bebauungsfläche: 2 ha



Nähe zum Wohngebiet: 5 km



Windgeschwindigkeiten:

- 95 Tage im Jahr 15 m/s
- 140 Tage im Jahr 8 m/s
- 90 Tage im Jahr 3 m/s

Infrastruktur gut, Vogelzug



So nah am Meer ist es schon ein schöner Acker, aber der Ernteertrag hielt sich hier sowieso in Grenzen.

Landwirtin
Anni





Liegewiese



Touristenführer
Julian

Ihr werdet schon sehen: Die Windräder gehen auf Kosten des Tourismus! Schade um den schönen Ausblick.



Grundstückskosten: 101 Tsd. €



Bebauungsfläche: 2,5 ha



Nähe zum Wohngebiet: 4 km



Windgeschwindigkeiten:

100 Tage im Jahr 15 m/s

150 Tage im Jahr 8 m/s

75 Tage im Jahr 3 m/s



Infrastruktur mittelmäßig, Vogelzug





Viehweide



Grundstückskosten: 40 Tsd. €



Bebauungsfläche: 1 ha



Nähe zum Wohngebiet: 0,28 km



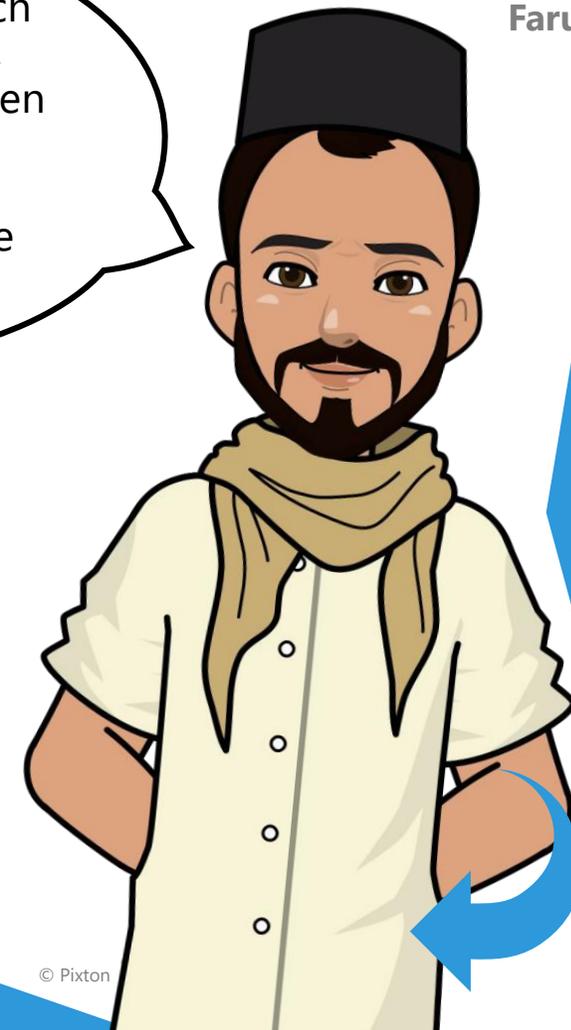
Windgeschwindigkeiten:

- 71 Tage im Jahr 15 m/s
- 140 Tage im Jahr 8 m/s
- 120 Tage im Jahr 3 m/s



Also so ganz glaube ich ja immer noch nicht, dass das meinen Schafen und Bienen nicht schaden wird... Aber das Geld könnte ich gut gebrauchen.

Schafzüchter Faruk



Infrastruktur gut, Insektensterben?



Wiese am Waldrand



Maler Marcel

 **Grundstückskosten:** 55 Tsd. €

 **Bebauungsfläche:** 1,6 ha

 **Nähe zum Wohngebiet:** 0,6 km

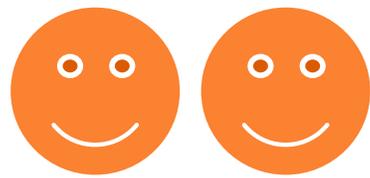
 **Windgeschwindigkeiten:**

| | |
|------------------|--------|
| 97 Tage im Jahr | 15 m/s |
| 141 Tage im Jahr | 8 m/s |
| 89 Tage im Jahr | 3 m/s |

Es ist schließlich für die Rettung des Planeten! Hier außerhalb der Stadt ist es vertretbar.



Schlechte Infrastruktur, Vogelbeobachter Uwe hat am Waldrand zwei Milane (windenergiesensible Vogelarten) beobachtet, im Wald befinden sich zwei Fledermausbrutstätten

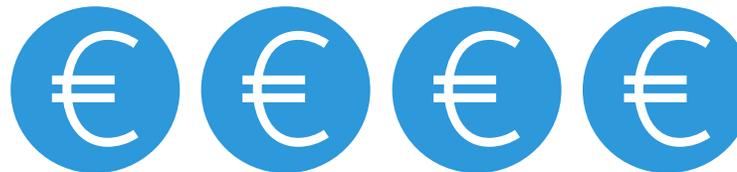


Das offene Meer



Grundstückskosten:

- Tsd. €



Bebauungsfläche:

- ha



Nähe zum Wohngebiet:

6 km



Windgeschwindigkeiten:

150 Tage im Jahr 15 m/s

120 Tage im Jahr 8 m/s

65 Tage im Jahr 3 m/s



Flugroute von Vögeln wird gestört, Lärmbelastung für Meeresbewohner



Schade um den schönen Ausblick. Von wegen Urlaubsort! Aber immerhin weit von der Stadt entfernt.

Touristenführer Julian



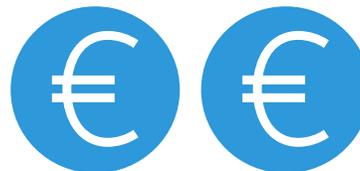


Bauerwartungsland



Grundstückskosten:

- Tsd. €



Bebauungsfläche:

1 ha



Nähe zum Wohngebiet:

0,2 km



Windgeschwindigkeiten:

68 Tage im Jahr 15 m/s

130 Tage im Jahr 8 m/s

145 Tage im Jahr 3 m/s

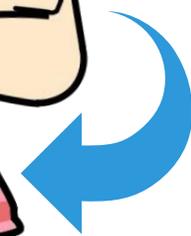


Bei dem vermutlich zu erwartenden Lärm bekomme ich nachts kein Auge zu.

Infrastruktur gut



Anwohnerin
Lisa



Naturschutzgebiet



Grundstückskosten: 140 Tsd. €



Bebauungsfläche: 4 ha

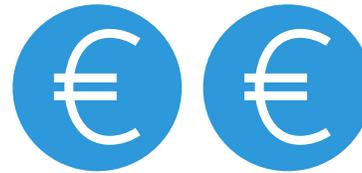


Nähe zum Wohngebiet: 2,5 km



Windgeschwindigkeiten:

| | |
|------------------|--------|
| 95 Tage im Jahr | 15 m/s |
| 140 Tage im Jahr | 8 m/s |
| 90 Tage im Jahr | 3 m/s |



Platz wäre hier ja genug, aber mitten in diese schöne Landschaft... Ich weiß auch nicht.

Wanderer Alex



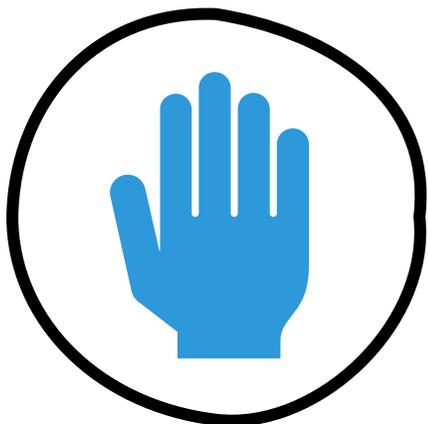
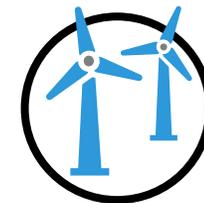
© Pixton

Keine Infrastruktur, Waldrodung erforderlich, Zerstörung von Lebensräumen für Waldtiere



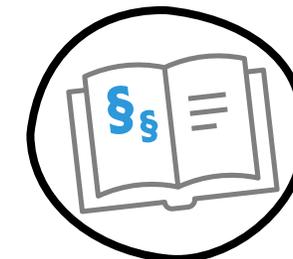


Windenergie: Ja oder nein?

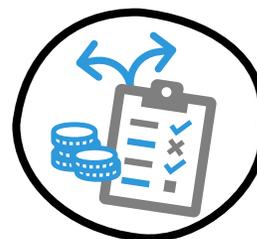


Es wird Zeit, eine Entscheidung zu treffen:

- ? Welche Standorte kommen in Frage?
- ? Wo ist mit den höchsten Jahresenergieerträgen zu rechnen?
- ? Was für Bedenken äußern die Bewohner Sontals?



Seht die folgenden Karten nur dann an, wenn Ihr Euch dazu entschlossen habt, mindestens ein Windrad zu errichten.



Entscheidet Euch für oder gegen die Nutzung der Windenergie.

Markiert die ausgewählten Standorte in Eurem Planungsskript und zieht die Investitionskosten von Eurem Restkapital ab.





Gegenwind durch Cartoons

Die Sontaler sind in Aufruhr. Nachdem bekannt wurde, dass Windräder errichtet werden sollen, sind über Nacht an zentralen Plätzen und vielen Hauswänden Cartoons aufgetaucht, die Kritik an den Windenergieanlagen üben.

Offensichtlich hat sich hier der Stadtmaler in seinem Atelier an Standort **A** ausgetobt und die Bedenken einiger Sontaler grafisch festgehalten.

Um die Situation zu beruhigen, müsst Ihr schnell reagieren, um den in den Cartoons geäußerten Vorwürfen entschieden zu entgegnen.



A1-3

Verfasst für das Sontaler Tagblatt einen Kommentar mit schriftlichen Stellungnahmen zu den Cartoons.

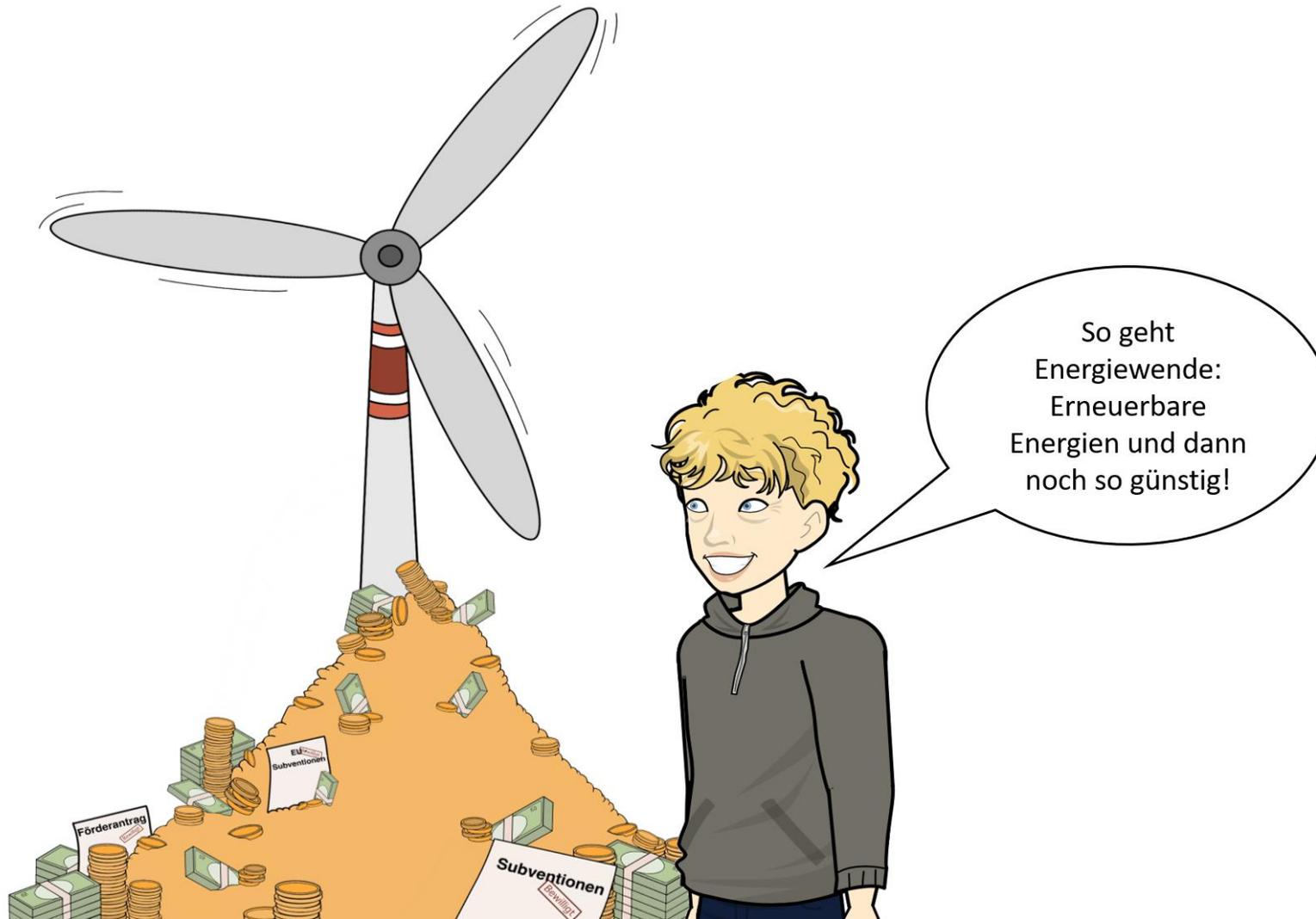
Recherchiert dazu im Internet und verdient einen Sozialpunkt pro Cartoon.

Gegenwind durch Cartoons 1



CC BY-NC-ND Kristin Stepan

Gegenwind durch Cartoons 2



CC BY-NC-ND Kristin Stepan mit Comic-Charakter © Pixton

Gegenwind durch Cartoons 3



© Sönke Allers mit freundlicher Genehmigung von Fiete & Co

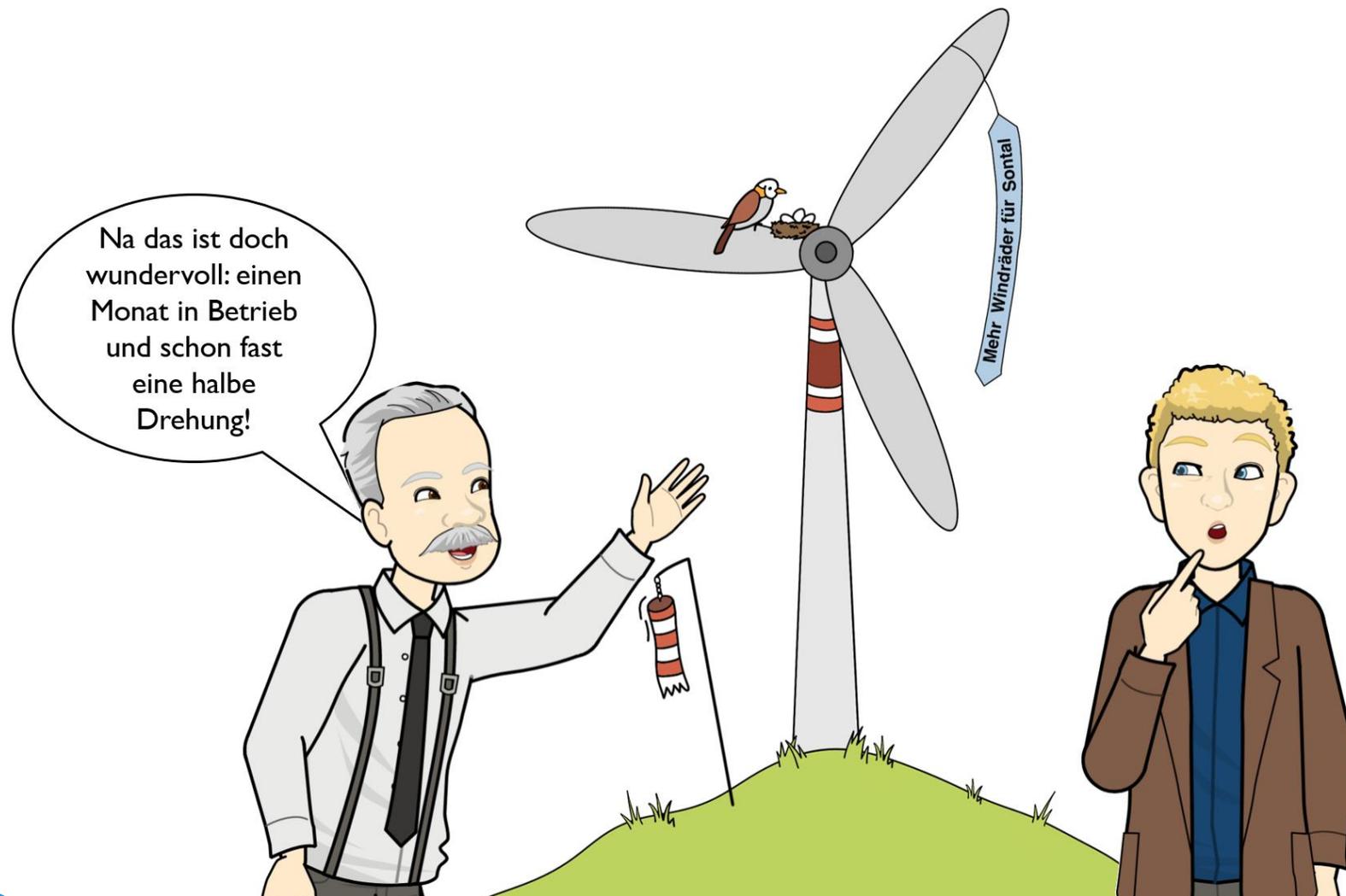
Gegenwind durch Cartoons 4



Gegenwind durch Cartoons 5



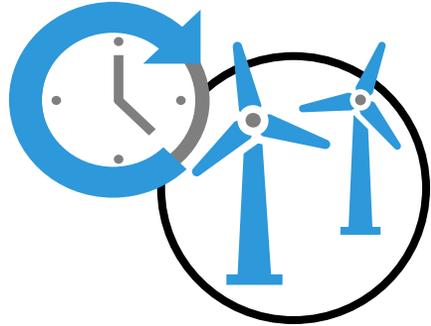
Gegenwind durch Cartoons 6



CC BY-NC-ND Kristin Stepan mit Comic-Charakteren © Pixton



Fledermäuse und Vögel



Um die **Fledermäuse** nicht zu stören, können die Windenergieanlagen temporär abgeschaltet werden. Das hat wirtschaftliche Energieeinbußen in Höhe von 600 MWh pro Jahr und Anlage zur Folge.



Vögel: Die Route des Vogelzugs sollte von Wissenschaftler*innen naturschutzrechtlich genau analysiert werden, um den optimalen Standpunkt des Windrades auf dem Grundstück zu ermitteln.



Für einen Betrag von 8 000 € werden diese Studien durchgeführt. Dafür können 4 000 m² eines Grundstücks nicht bebaut werden.



A1-4

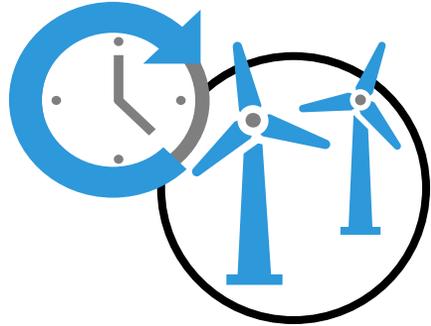
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt Ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.





Fledermäuse und Vögel



Um die **Fledermäuse** nicht zu stören, können die Windenergieanlagen temporär abgeschaltet werden. Das hat wirtschaftliche Energieeinbußen in Höhe von 600 MWh pro Jahr und Anlage zur Folge.



Vögel: Die Route des Vogelzugs sollte von Wissenschaftler*innen naturschutzrechtlich genau analysiert werden, um den optimalen Standpunkt des Windrades auf dem Grundstück zu ermitteln.



Für einen Betrag von 8 000 € werden diese Studien durchgeführt. Dafür können 4 000 m² eines Grundstücks nicht bebaut werden.



A1-4

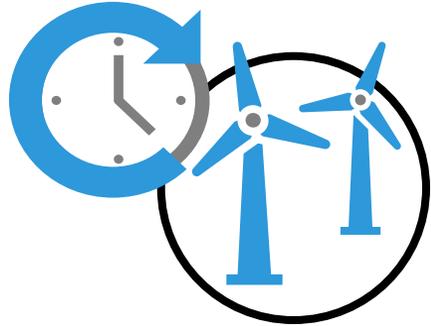
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt Ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.





Fledermäuse und Vögel



Um die **Fledermäuse** nicht zu stören, können die Windenergieanlagen temporär abgeschaltet werden. Das hat wirtschaftliche Energieeinbußen in Höhe von 600 MWh pro Jahr und Anlage zur Folge.



Vögel: Die Route des Vogelzugs sollte von Wissenschaftler*innen naturschutzrechtlich genau analysiert werden, um den optimalen Standpunkt des Windrades auf dem Grundstück zu ermitteln.



Für einen Betrag von 8 000 € werden diese Studien durchgeführt. Dafür können 4 000 m² eines Grundstücks nicht bebaut werden.



A1-4

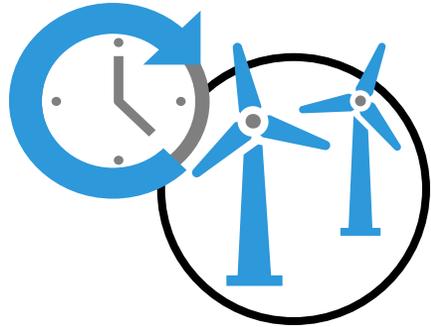
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt Ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.





Fledermäuse und Vögel



Um die **Fledermäuse** nicht zu stören, können die Windenergieanlagen temporär abgeschaltet werden. Das hat wirtschaftliche Energieeinbußen in Höhe von 600 MWh pro Jahr und Anlage zur Folge.



Vögel: Die Route des Vogelzugs sollte von Wissenschaftler*innen naturschutzrechtlich genau analysiert werden, um den optimalen Standpunkt des Windrades auf dem Grundstück zu ermitteln.



Für einen Betrag von 8 000 € werden diese Studien durchgeführt. Dafür können 4 000 m² eines Grundstücks nicht bebaut werden.



A1-4

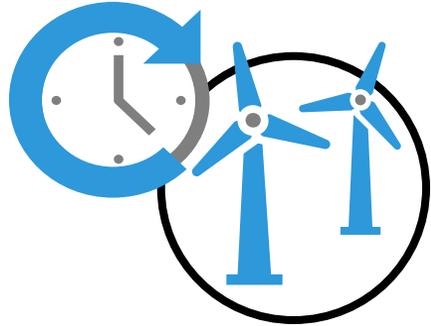
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt Ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

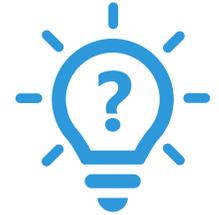




Fledermäuse und Vögel



Um die **Fledermäuse** nicht zu stören, können die Windenergieanlagen temporär abgeschaltet werden. Das hat wirtschaftliche Energieeinbußen in Höhe von 600 MWh pro Jahr und Anlage zur Folge.



Vögel: Die Route des Vogelzugs sollte von Wissenschaftler*innen naturschutzrechtlich genau analysiert werden, um den optimalen Standpunkt des Windrades auf dem Grundstück zu ermitteln.



Für einen Betrag von 8 000 € werden diese Studien durchgeführt. Dafür können 4 000 m² eines Grundstücks nicht bebaut werden.



A1-4

Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt Ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.





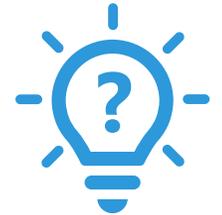
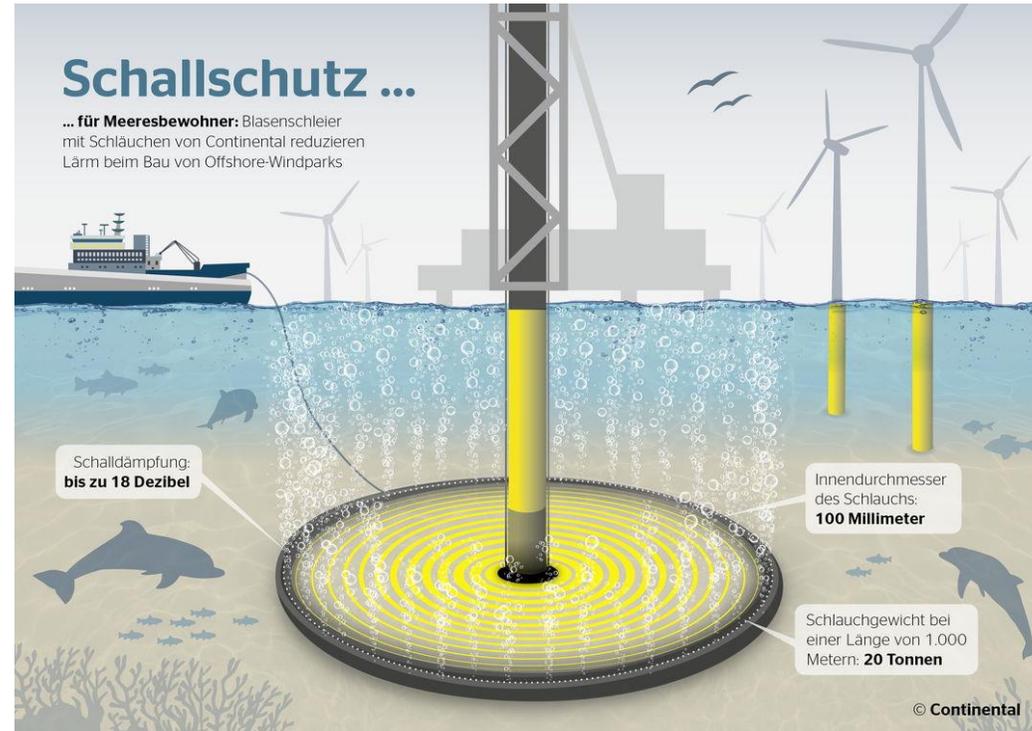
Meeresbewohner



Für die Meeresbewohner hat der Bau einer Offshore-Windenergieanlage Lärm und Vibrationen zur Folge.

Beim Einhämmern der Fundamente in den Meeresboden wird Lärm in Höhe von bis zu 225 Dezibel verursacht. In Luft entspricht das etwa 165 Dezibel. Zum Vergleich: Die menschliche Schmerzgrenze liegt bei 120 Dezibel.

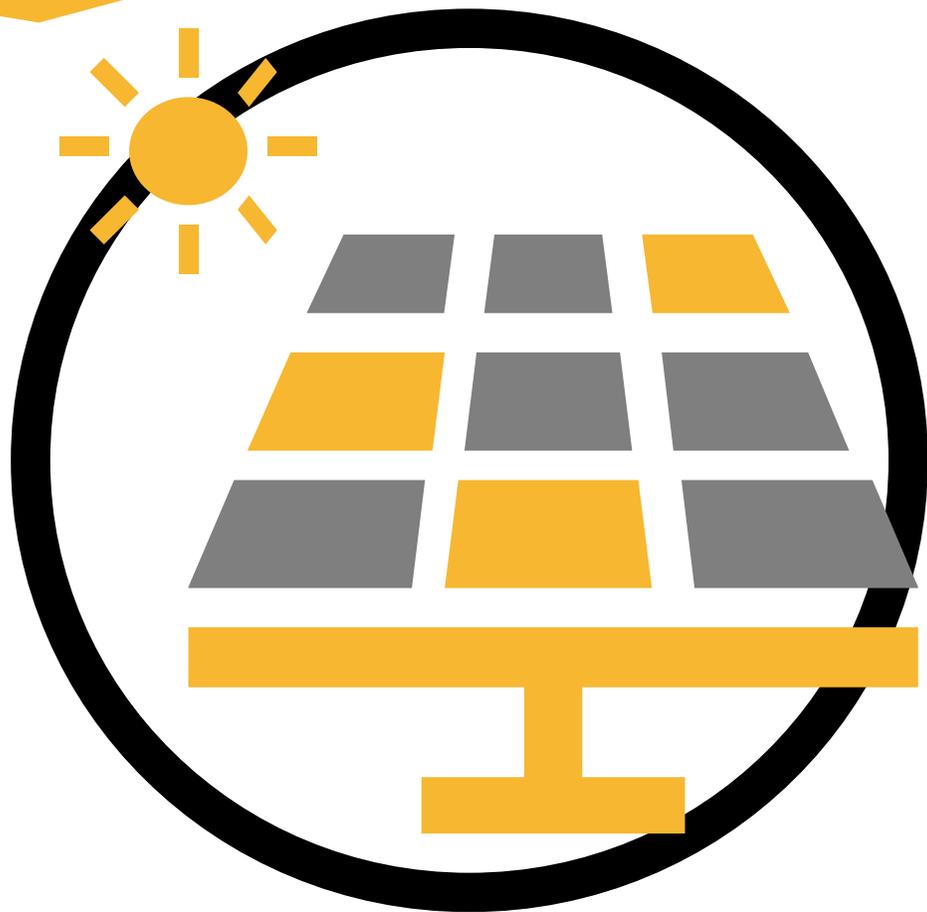
Die Firma Continental stellt spezielle Schallschutz-Vorrichtungen her. Sie kosten 45 000 € pro Anlage.



Erklärt das Funktionsprinzip des Schallschutzes.

Nutzt zur Recherche das Internet.

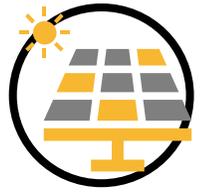




Photovoltaik



Photovoltaik



Für die Nutzung der **Photovoltaik** kommen in Sontal die mit einer »2« gekennzeichneten Standorte in Frage:

- 2a** Ackerland West
- 2b** Ackerland Süd
- 2c** Liegewiese
- 2d** Viehweide
- 2e** Wiese am Wald

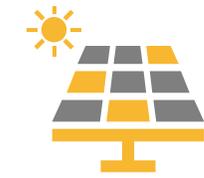
- 2f** Bauerwartungsland
- 2g** Hausdächer

Für die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Hausdächern müssen die Besitzer einwilligen.



Für jedes mit Photovoltaik bebaute Grundstück könnt Ihr maximal die angegebenen Punkte erlangen.

Berücksichtigt bei der Standortwahl unbedingt die folgenden Punkte:



Auf einer Freifläche kann aufgrund der Neigung und gegenseitigen Beschattung nur die Hälfte der Fläche mit PV-Anlagen bebaut werden.

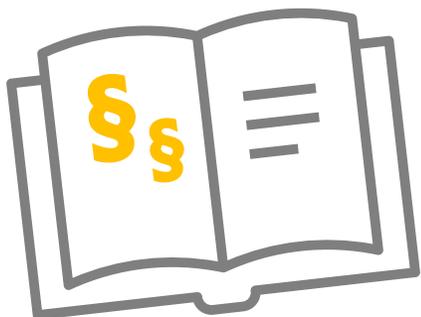
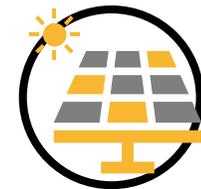


Beachtet außerdem die **gesetzlichen Vorschriften**.



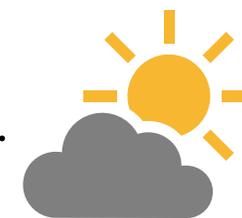


Gesetzliche Vorschriften



Prüft zunächst, ob Ihr Euren gewählten Standort rechtlich überhaupt bebauen und dafür Fördergelder einsetzen dürft.

Die Fläche sollte möglichst frei von Verschattung sein.

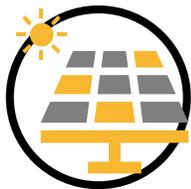


Die installierte Gesamtleistung an einem Standort muss zwischen 750 kWp und 20 MWp betragen, um dafür Fördergelder abrufen zu können.

Photovoltaikanlagen werden auf Freiflächen nur gefördert, wenn es sich um eine bereits versiegelte Fläche, Konversionsfläche (= Brachfläche) oder Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten handelt.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

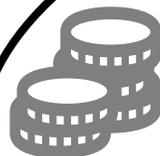




Kilowatt-Peak und Kosten

Wenn Ihr **Photovoltaik** nutzen wollt, dann berechnet die Energiemenge, die Ihr durch die Nutzung an den jeweiligen Standorten gewinnen könnt und entscheidet Euch für einen oder mehrere Standorte.

Beachtet die Sonderregelung bei der Bebauung der Hausdächer an dem Standort **2g**.

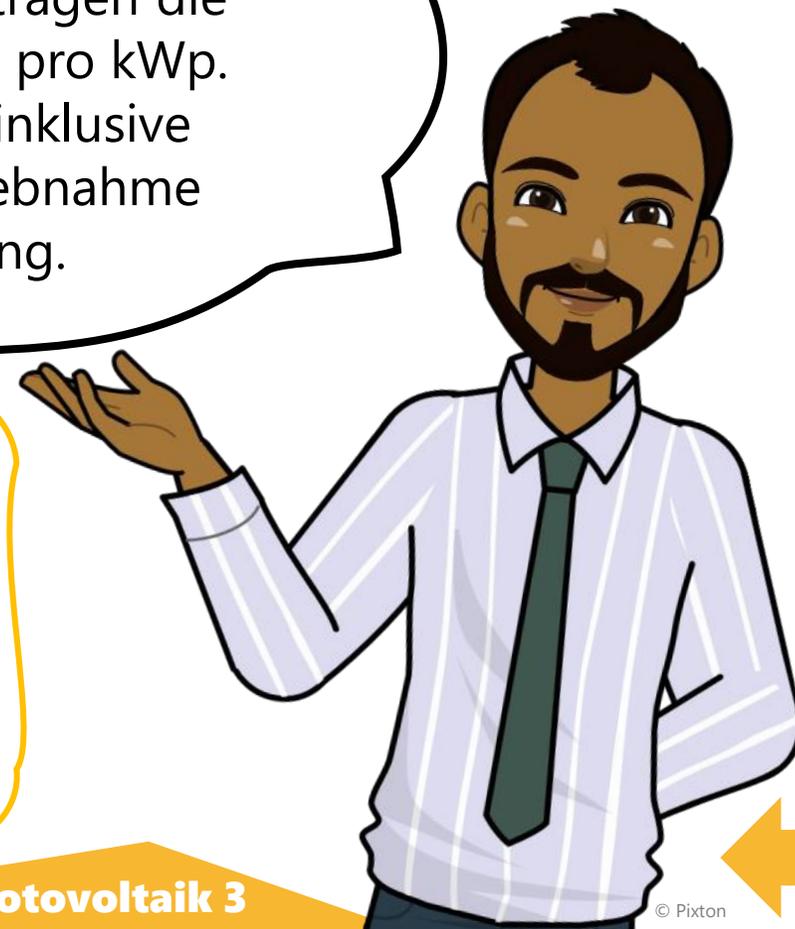


Die Preise für Freiflächenanlagen liegen bei 700 € pro kWp. Bei Hausdächern betragen die Investitionen 1 300 € pro kWp. Alles versteht sich inklusive Installation, Inbetriebnahme und Ausrichtung.



Was bedeutet die Abkürzung kWp?

kWp steht für das Leistungsmaß Kilowatt-Peak einer Photovoltaikanlage und gibt deren Höchstleistung an. Auf einer aktiven Fläche von etwa 10 m² kann eine Anlage mit 1 kWp Leistung installiert werden. Sie wandelt 1 MWh Energie pro Jahr um.



Ackerland West



Grundstückskosten: 60 Tsd. €



Fläche: 2 ha

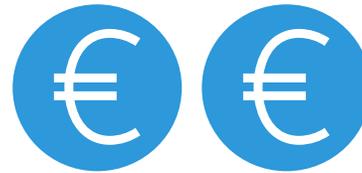


Beschattung: 10 %



Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.



Mit einer Photovoltaikanlage könnte ich leben. Perfekt wäre es natürlich, gleichzeitig trotzdem noch Weizen anzubauen.

Biobauer Ulrich

⚠️ Kein benachteiligtes Gebiet! **Agrophotovoltaik** ist Voraussetzung für die Bebauung.



Infrastruktur gut ausgebaut



Ackerland Süd



Grundstückskosten: 75 Tsd. €



Fläche: 2 ha



Beschattung: 5 %

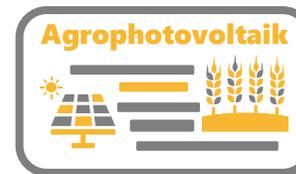


Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.

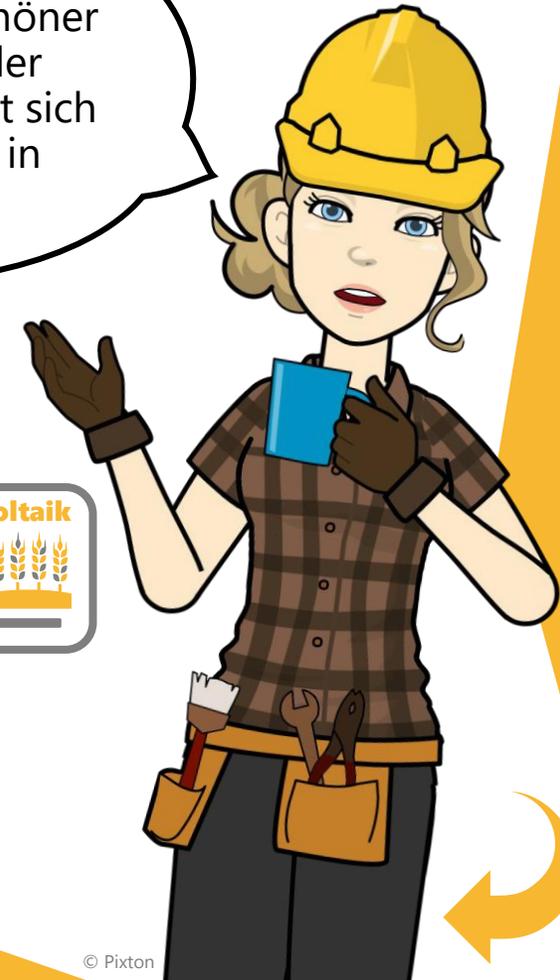


Infrastruktur gut ausgebaut



So nahe am Meer ist es schon ein schöner Acker, aber der Ernteertrag hielt sich hier sowieso in Grenzen.

Landwirtin Anni



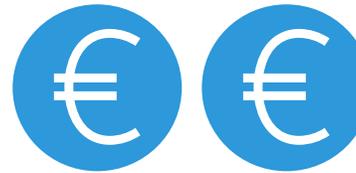
Liegewiese



Touristenführer
Julian



Grundstückskosten: 101 Tsd. €



Fläche: 2,5 ha



Beschattung: 2 %



Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.

Ihr werdet schon sehen: Die Photovoltaikanlage geht auf die Kosten des Tourismus! So eine Landschaftszerstörung!

Infrastruktur mittelmäßig



Viehweide



Schafzüchter
Faruk



Grundstückskosten: 40 Tsd. €



Fläche: 1 ha



Beschattung: 18 %



Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.

Wenn hier überall Photovoltaikanlagen stehen, kann ich meine Schafzucht aufgeben.



Infrastruktur gut, Viehweide



Wiese am Waldrand



Grundstückskosten: 55 Tsd. €



Fläche: 1,6 ha



Beschattung: 30 %



Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.



Es ist schließlich für die Rettung des Planeten! Hier außen ist es vertretbar.

Maler Marcel



Schlechte Infrastruktur



Bauerwartungsland

 **Grundstückskosten:** - Tsd. €

 **Fläche:** 1 ha

 **Beschattung:** 15 %

 **Energieertrag:**

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.



Lieber Photovoltaik als Windenergie direkt neben dem Haus.

Anwohnerin
Lisa



Gute Infrastruktur





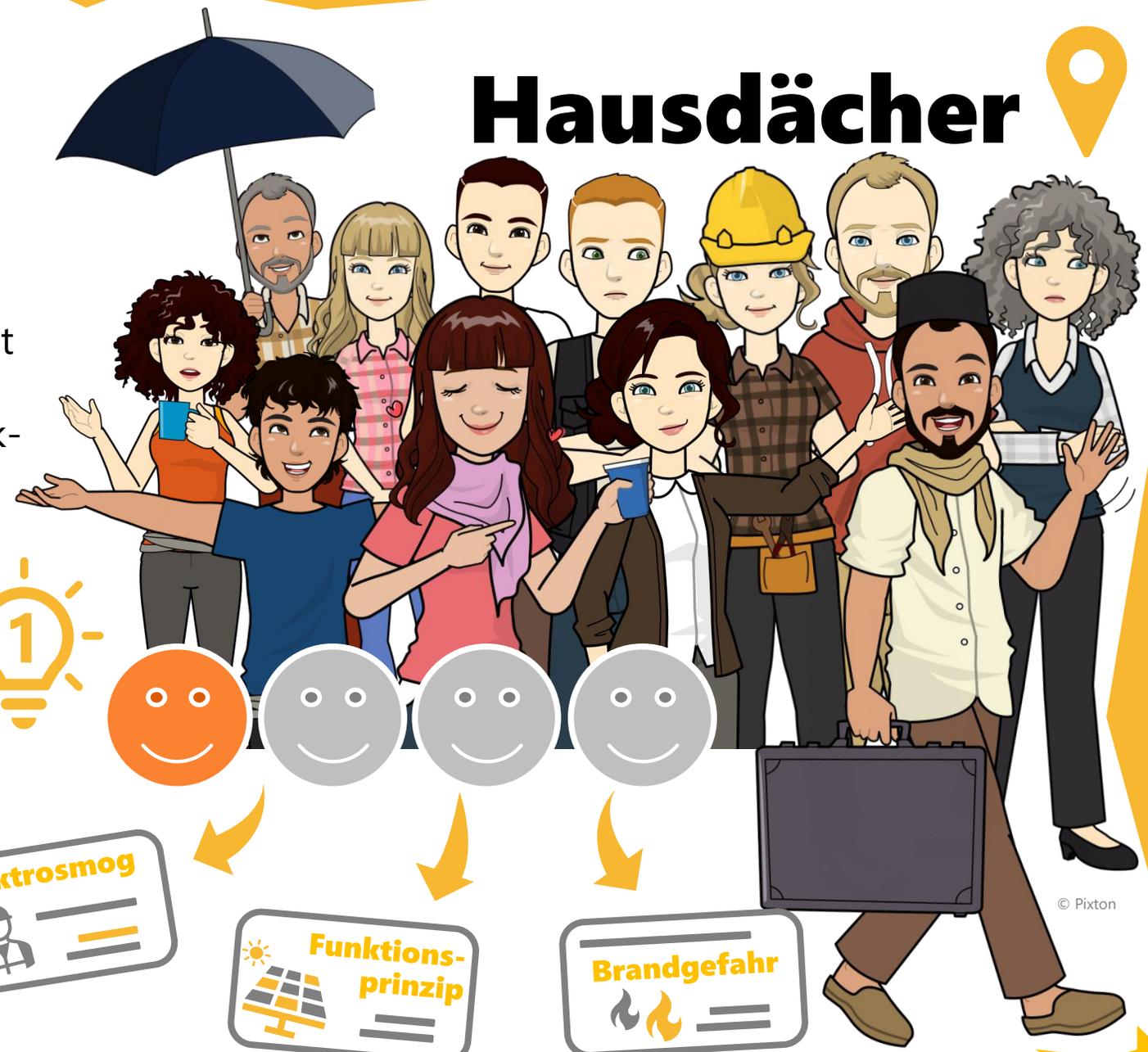
Hausdächer



Um die Dächer der Bewohner Sontals für Photovoltaik zu nutzen, müssen diese zunächst zustimmen. Nach dem derzeitigen Stand sind 25% der Bevölkerung bereit, eine Photovoltaik-anlage auf Ihrem Dach zu installieren.

Pro verdientem **Sozialpunkt** (Elektrosmog, Funktionsprinzip und Brandgefahr) könnt Ihr weitere 20% überzeugen.

Reicht Euch die mögliche Bebauungsfläche bereits aus, so könnt Ihr direkt fortfahren.



Hausdächer

In Sontal gibt es 9 580 Häuser mit einer durchschnittlichen Dachfläche von 82 m². 48 Prozent davon zeigen eine geeignete Sonnenausrichtung, allerdings werden von diesen 49 Prozent beschattet oder sind aus anderen Gründen nicht für eine Photovoltaikanlage geeignet.

Ist ja alles schön und gut, aber wer garantiert mir, dass das keine Auswirkungen auf die Gesundheit meiner Kinder hat?

Mutter Martina



Sehr gute Infrastruktur, keine Versiegelung notwendig

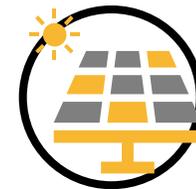


Energieertrag:

Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können etwa 100 kWh/a Energie gewonnen werden.



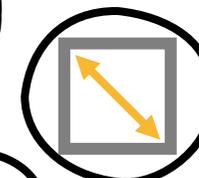
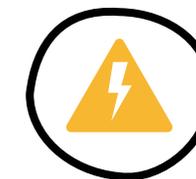
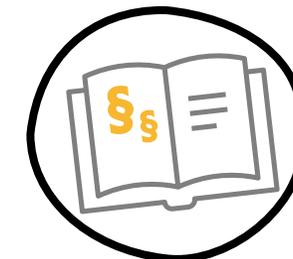
Photovoltaik: Ja oder nein?



Es wird Zeit, eine Entscheidung zu treffen:

- ? Welche Standorte kommen in Frage?
- ? Wo ist mit den höchsten Jahresenergieerträgen zu rechnen?
- ? Was für Bedenken äußern die Bewohner Sontals?

Seht die folgenden Karten nur dann an, wenn Ihr Euch dazu entschlossen habt, Photovoltaik-Anlagen an mindestens einem Standort zu errichten.



Entscheidet Euch für oder gegen die Nutzung der Photovoltaik.

Markiert die ausgewählten Standorte in Eurem Planungsskript und zieht die Investitionskosten von Eurem Restkapital ab.





Elektrosmog



Als die ersten Bürger*innen in Erwägung ziehen, Photovoltaikanlagen auf ihrem Dach zu installieren, kommt die alte Frau Bäuerle **C** aufgewühlt ins Rathaus gestürzt.



Haben Sie denn noch nie was von Elektrosmog gehört?! Seit ich dieses Ding auf meinem Dach habe, kann ich mich weder konzentrieren noch einschlafen. Vor lauter Stress habe ich schon richtig Kopfschmerzen!



A2-1

Erklärt die Bedeutung von Elektrosmog bei der Photovoltaik in einem leicht verständlichen Brief.

Mit einer guten Erklärung wird sich Frau Bäuerle hoffentlich beruhigen und weitere Unruhen können verhindert werden.





Funktionsprinzip



Die Bürger*innen der Stadt Sontal wissen zwar, dass die alte Frau Bäuerle gerne Geschichten erzählt, sind aber trotzdem etwas skeptisch, was es mit dieser Technologie auf ihrem Hausdach auf sich hat.



Ich versichere Euch:
Diese »Dinger« auf
unseren Dächern
sind gefährlich!



A2-2

**Erklärt das Funktionsprinzip einer Siliziumsolarzelle.
Illustriert Eure Erklärung mit einer Skizze.**

Nach Eurer Erklärung auf der nächsten Informationsveranstaltung willigen die Sontaler sicher in den Bau ein, wenn sie wissen, dass es sich bei Photovoltaikanlagen nicht um Hexerei, sondern um die technische Anwendung physikalischer Grundlagen handelt.



Brandgefahr



Gerade habt Ihr die aufkommenden Gerüchte geklärt, schon erscheint eine neue Schlagzeile im Sontaler Tagblatt...



Sontaler Tagblatt

Donnerstag, 26. Mai 2022

Defekte Photovoltaik-Anlagen lösen einen Brand aus!



A2-3

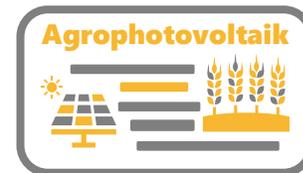
Nehmt in einem Leserbrief Stellung zu der Schlagzeile.

Mit einer guten Erklärung können die Bürger*innen wieder beruhigt schlafen und werden der geplanten Bebauung hoffentlich erneut zustimmen.





Agrophotovoltaik



Das Projekt Agrophotovoltaik zeigt auf, dass sich Energieerzeugung und landwirtschaftlicher Ertrag auf derselben Fläche nicht gegenseitig ausschließen.

Durch eine Kooperation mit den Landwirten können diese auf der Fläche weiterhin Nutzpflanzen anbauen.

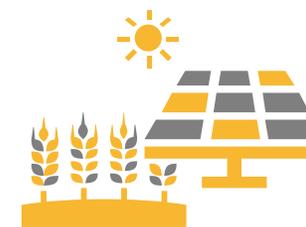
Pro kWp installierter Leistung fallen Mehrkosten in Höhe von 104 € an.



A2-4

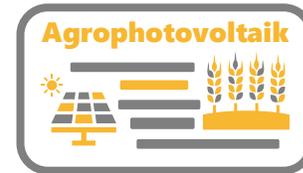
Begründet, welche Vorteile das Projekt Agrophotovoltaik mit sich bringt.

Bezieht bei Eurer Begründung die Informationen aus dem Video mit ein.
[Fraunhofer ISE: Forschungsprojekt Agrophotovoltaik | YouTube](#)





Agrophotovoltaik



Das Projekt Agrophotovoltaik zeigt auf, dass sich Energieerzeugung und landwirtschaftlicher Ertrag auf derselben Fläche nicht gegenseitig ausschließen.

Durch eine Kooperation mit den Landwirten können diese auf der Fläche weiterhin Nutzpflanzen anbauen.

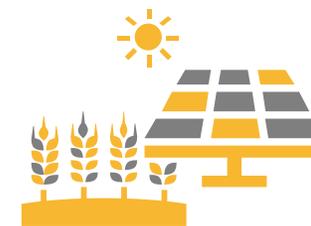
Pro kWp installierter Leistung fallen Mehrkosten in Höhe von 104 € an.



A2-4

Begründet, welche Vorteile das Projekt Agrophotovoltaik mit sich bringt.

Bezieht bei Eurer Begründung die Informationen aus dem Video mit ein.
[Fraunhofer ISE: Forschungsprojekt Agrophotovoltaik | YouTube](#)





Cadmiumtellurid



Zur Auswahl stehen gewöhnliche **Siliziumsolarzellen** oder Photovoltaikmodule mit **Cadmiumtellurid** als Halbleitermaterial.

Cadmiumtellurid-Zellen auf den Dächern kosten nur 750 € pro kWp, andererseits gilt das Halbleitermaterial als nicht ganz unbedenklich.



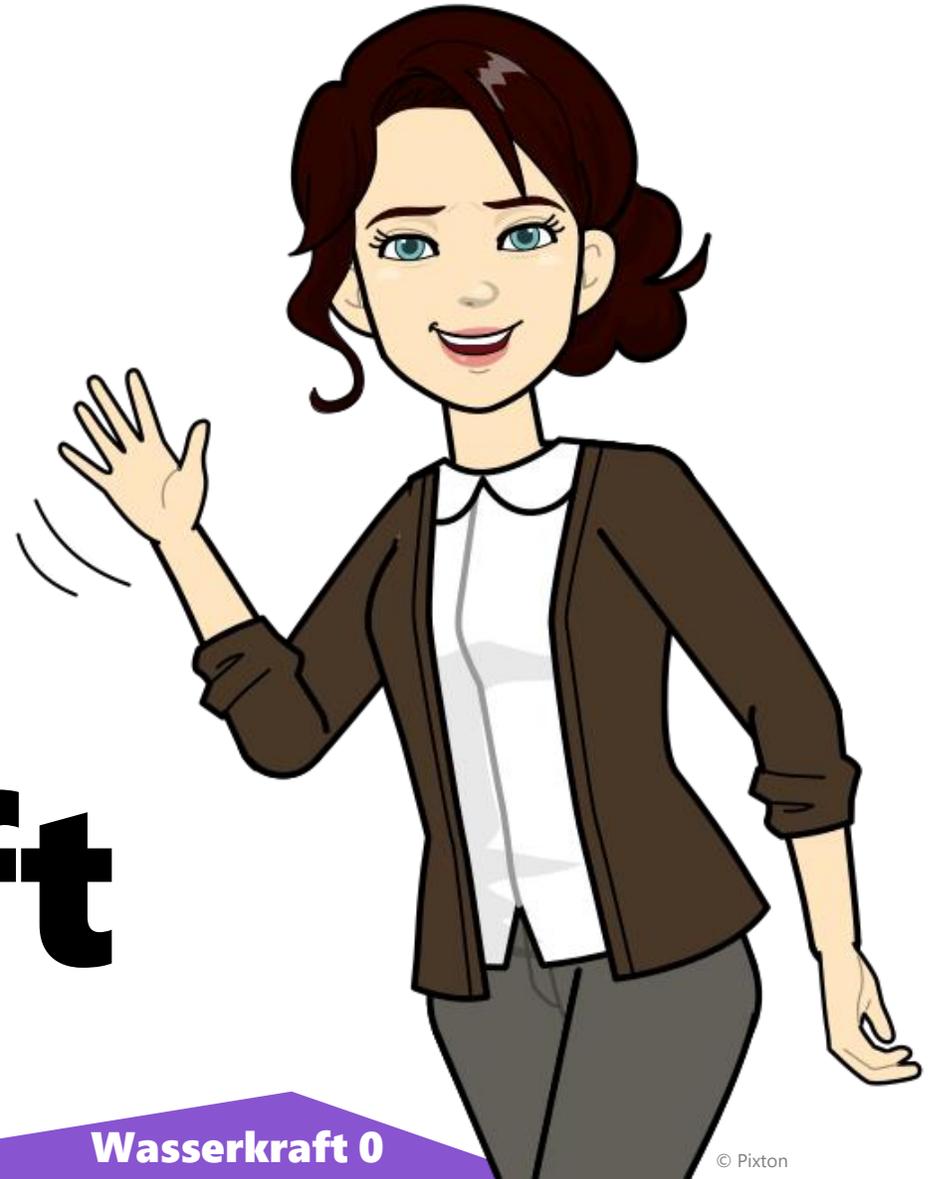
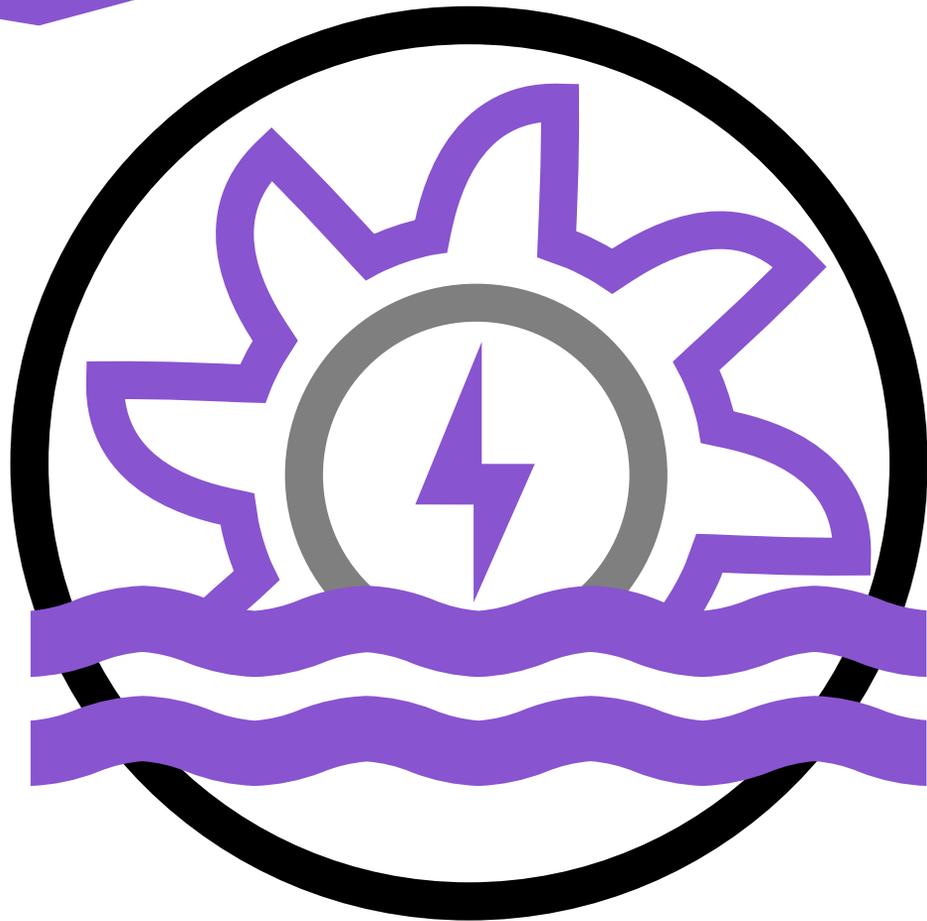
Cadmiumtellurid?!
Die Gesundheit der Bürger*innen Sontals muss immer an erster Stelle stehen!



A2-5

Vergleicht die beiden Materialien Silizium und Cadmiumtellurid hinsichtlich ihrer Eignung für Photovoltaik-Anlagen und bewertet ihren Einsatz.

Entscheidet Euch für eines der beiden Materialien.



Wasserkraft

Wasserkraft



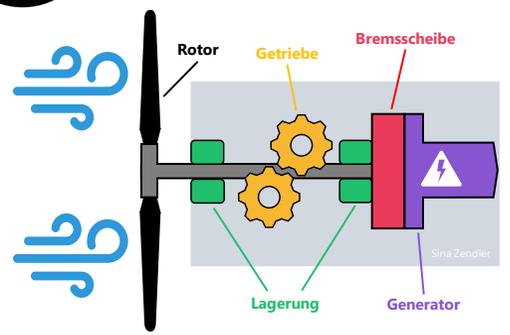
Für die Nutzung der **Wasserkraft** kommen in Sontal die mit einer »3« gekennzeichneten Standorte in Frage:

3a Der Fluss Sonel im Wandergebirge

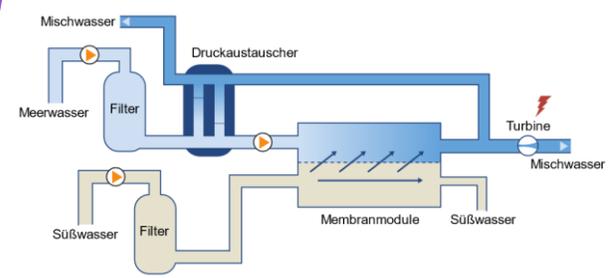
3b Der Fluss Sonel nahe der Stadtbrücke

3c Das offene Meer

Wenn Ihr möchtet, könnt Ihr Euch für die Investition in eines (oder beide) der zwei **Pilotprojekte** entscheiden.



Meeresströmungskraftwerk



Osmosekraftwerk

Wenn Ihr die Wasserkraft nutzen wollt, dann berechnet die Energiemenge, die Ihr durch die Nutzung der Wasserkraft an den Standorten 3a oder 3b gewinnen könnt und entscheidet Euch für einen Standort.



Für jede Anlage könnt Ihr maximal die angegebenen Punkte erlangen.



Auszug aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch (1)

A_{E0} : 3977 km²

PNP: NN + 118.61 m

Lage: 187.0 km oberhalb Mündung links



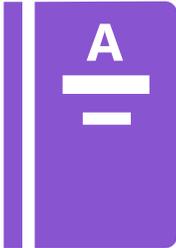
m³/s

Pegel : Standort A

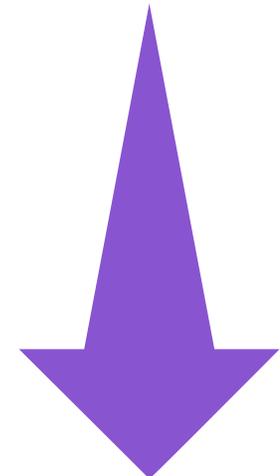
Nr. 570330

Gewässer: Sonel

Gebiet : Sontal



| | Tag | 2004 | | 2005 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|------|-----------|------|-----------|------|------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|------|------|------|
| | | Nov | Dez | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | |
| Tageswerte | 1. | 18.0 | 55.0 | 77.8 | 55.0 | 47.0 | 61.8 | K 14.2 | K 14.2 | K 13.9 | K 11.2 | K 20.8 | K 33.9 | 12.0 | 11.2 | |
| | 2. | 18.0 | 47.0 | 81.8 | 60.1 | 46.4 | 58.4 | K 13.7 | K 13.4 | K 15.8 | K 14.5 | K 18.6 | K 40.2 | 12.0 | 11.5 | |
| | 3. | 11.5 | 43.6 | 82.9 | 69.8 | 45.9 | 56.7 | K 13.9 | K 13.1 | K 20.8 | K 12.8 | K 16.9 | K 38.5 | 11.8 | 11.0 | |
| | 4. | 10.4 | 41.9 | 83.5 | 60.1 | 40.7 | 54.4 | K 14.9 | K 13.1 | K 19.1 | K 13.1 | K 16.9 | K 33.9 | 11.2 | 11.2 | |
| | 5. | 9.90 | 37.3 | 79.5 | 41.9 | 43.0 | 47.6 | K 16.9 | K 13.1 | K 18.0 | K 11.5 | K 16.4 | K 25.9 | 12.3 | 12.3 | |
| | 6. | 10.2 | 35.6 | 73.2 | 34.5 | 43.6 | 41.9 | K 15.3 | K 13.7 | K 10.7 | K 11.8 | K 18.6 | K 25.9 | 12.3 | 23.1 | |
| | 7. | 10.2 | 35.0 | 68.1 | 31.1 | 43.0 | 40.2 | K 15.3 | K 14.2 | K 11.2 | K 12.0 | K 18.6 | K 25.4 | 11.5 | 19.7 | |
| | 8. | 10.2 | 34.5 | 61.8 | 25.4 | 48.7 | 40.7 | K 16.4 | K 13.7 | K 10.7 | K 12.3 | K 18.0 | K 25.4 | 11.8 | 18.6 | |
| | 9. | 11.0 | 33.3 | 56.1 | 29.3 | 31.1 | 39.6 | K 17.5 | K 12.8 | K 11.0 | K 11.8 | K 18.6 | K 24.8 | 12.0 | 17.5 | |
| | 10. | 11.8 | 28.2 | 53.9 | 41.3 | 35.0 | 38.5 | K 15.3 | K 12.8 | K 11.0 | K 10.7 | K 23.6 | K 24.2 | 11.8 | 16.9 | |
| | 11. | 11.5 | 25.4 | 51.6 | 56.1 | 38.5 | 37.3 | K 15.3 | K 12.8 | K 12.0 | K 10.2 | K 27.1 | K 24.2 | 11.8 | 15.8 | |
| | 12. | 11.2 | 24.8 | 45.9 | 88.6 | 36.2 | 32.2 | K 14.9 | K 12.8 | K 10.2 | K 10.7 | K 24.2 | K 23.6 | 11.5 | 15.3 | |
| | 13. | 16.4 | 24.2 | 43.0 | 124 | 29.3 | 31.1 | K 14.9 | K 12.3 | K 9.90 | K 17.5 | K 30.5 | K 19.1 | 11.5 | 19.1 | |
| | 14. | 27.6 | 16.4 | 37.9 | 121 | 28.2 | 29.9 | K 14.9 | K 12.8 | K 9.90 | K 10.7 | K 35.0 | K 19.1 | 11.5 | 19.7 | |
| | 15. | 27.1 | 16.4 | 31.1 | 129 | 41.9 | 24.2 | K 19.1 | K 11.5 | K 11.8 | K 10.7 | K 39.6 | K 18.6 | 11.5 | 19.7 | |
| | 16. | 26.5 | 19.1 | 26.5 | 141 | 47.0 | 30.5 | K 19.7 | K 11.2 | K 10.2 | K 11.0 | K 43.0 | K 21.4 | 12.3 | 21.9 | |
| | 17. | 29.9 | 19.7 | 24.8 | 148 | 71.5 | 33.3 | K 16.4 | K 12.0 | K 10.2 | K 10.4 | K 47.0 | K 21.4 | 12.3 | 36.2 | |
| | 18. | 36.2 | 25.9 | 24.2 | 144 | 84.1 | 33.9 | K 15.8 | K 11.2 | K 9.40 | K 10.4 | K 44.2 | K 17.5 | 12.0 | 37.9 | |
| | 19. | 48.7 | 27.6 | 25.4 | 129 | 102 | 25.4 | K 15.3 | K 10.7 | K 9.90 | K 10.7 | K 42.5 | K 17.5 | 11.8 | 37.3 | |
| | 20. | 60.7 | 24.2 | 23.6 | 124 | 104 | 22.5 | K 14.5 | K 10.7 | K 10.4 | K 11.2 | K 42.5 | K 14.2 | 11.8 | 36.8 | |
| | 21. | 51.6 | 16.9 | 48.7 | 120 | 88.1 | 17.5 | K 13.9 | K 10.7 | K 11.2 | K 13.1 | K 42.5 | K 13.7 | 13.4 | 36.2 | |
| | 22. | 48.7 | 17.5 | 77.8 | 116 | 72.7 | 16.4 | K 17.5 | K 11.2 | K 10.4 | K 12.6 | K 42.5 | K 18.0 | 13.1 | 33.3 | |
| | 23. | 63.5 | 23.1 | 85.8 | 114 | 61.3 | 15.3 | K 16.9 | K 10.4 | K 10.7 | K 15.3 | K 37.3 | K 23.6 | 12.8 | 33.3 | |
| | 24. | 74.9 | 24.2 | 87.5 | 105 | 54.4 | 14.9 | K 19.7 | K 10.4 | K 9.90 | K 19.1 | K 36.2 | K 23.1 | 12.0 | 28.8 | |
| | 25. | 81.2 | 33.3 | 88.1 | 86.3 | 54.4 | 15.3 | K 15.3 | K 11.5 | K 9.90 | K 19.7 | K 36.2 | K 19.1 | 13.7 | 28.2 | |
| | 26. | 83.5 | 40.2 | 92.0 | 60.1 | 60.1 | 16.4 | K 14.5 | K 12.0 | K 9.90 | K 23.1 | K 36.2 | K 17.5 | 12.3 | 28.2 | |
| | 27. | 81.2 | 46.4 | 94.9 | 52.7 | 60.7 | 17.5 | K 13.9 | K 11.5 | K 9.65 | K 24.2 | K 33.3 | K 13.1 | 11.5 | 27.6 | |
| | 28. | 78.9 | 63.0 | 100 | 49.3 | 58.4 | 15.3 | K 13.7 | K 10.4 | K 10.4 | K 23.6 | K 19.7 | K 13.4 | 11.2 | 30.5 | |
| | 29. | 77.8 | 71.5 | 109 | | 55.0 | 14.5 | K 13.9 | K 10.7 | K 10.2 | K 23.6 | K 24.8 | K 12.8 | 11.5 | 31.1 | |
| | 30. | 67.0 | 80.1 | 86.9 | | 56.7 | 14.2 | K 13.9 | K 12.3 | K 21.9 | K 23.6 | K 25.9 | K 12.0 | 11.2 | 30.5 | |
| | 31. | | 78.9 | 60.1 | | 55.0 | | K 13.9 | | K 13.7 | K 23.6 | | K 12.0 | | 32.8 | |
| Hauptwerte | Tag | 5. | 14.+ | 20. | 8. | 14. | 30. | 2.+ | 23.+ | 18. | 11. | 5. | 30.+ | 4.+ | 3. | |
| | NQ | 9.90 | 16.4 | 23.6 | 25.4 | 28.2 | 14.2 | 13.7 | 10.4 | 9.40 | 10.2 | 16.4 | 12.0 | 11.2 | 11.0 | |
| | MQ | 37.5 | 35.8 | 64.0 | 84.2 | 54.3 | 31.2 | 15.5 | 12.1 | 12.1 | 14.7 | 29.9 | 21.7 | 12.0 | 24.3 | |
| | HQ | 84.6 | 82.4 | 111 | 150 | 107 | 63.0 | 29.9 | 19.1 | 33.3 | 21.9 | 49.3 | 41.9 | 16.4 | 41.9 | |
| | Tag | 26. | 31. | 29. | 17. | 20. | 1. | 16. | 30. | 30. | 13.+ | 17. | 2. | 23.+ | 17. | |
| | h _N | mm | | | | | | | | | | | | | | |
| | h _A | mm | 24 | 24 | 43 | 51 | 37 | 20 | 10 | 8 | 8 | 10 | 19 | 15 | 8 | 16 |
| | | | 1931/2004 | | 1932/2005 | | | | | | 74 Jahre | | | | | |
| | Jahr | | 1947 | 1947 | 1964 | 1963 | 1949 | 1949 | 1949 | 1934 | 1934 | 1949 | 1947 | 1949 | 1947 | 1947 |
| | NQ | | 6.50 | 6.08 | 6.84 | 8.00 | 8.18 | 9.10 | 8.60 | 6.60 | 5.40 | 6.50 | 5.55 | 6.08 | 6.50 | 6.08 |
| MNQ | | 18.5 | 19.2 | 21.4 | 24.6 | 26.7 | 24.3 | 17.8 | 16.2 | 15.0 | 13.9 | 14.1 | 14.6 | 18.4 | 19.1 | |
| MQ | | 29.0 | 35.1 | 40.1 | 40.5 | 46.1 | 42.9 | 28.4 | 26.8 | 23.0 | 20.8 | 20.9 | 22.5 | 28.9 | 35.2 | |
| MHQ | | 50.8 | 65.4 | 77.6 | 71.5 | 81.4 | 75.7 | 53.1 | 53.8 | 45.9 | 38.2 | 36.7 | 41.2 | 50.6 | 65.5 | |
| HQ | | 258 | 299 | 227 | 273 | 193 | 282 | 235 | 274 | 236 | 173 | 141 | 162 | 258 | 299 | |
| Jahr | | 1940 | 1939 | 2003 | 1946 | 2002 | 1994 | 1941 | 1941 | 1958 | 1981 | 1939 | 1998 | 1940 | 1939 | |
| Mh _N | mm | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mh _A | mm | 19 | 24 | 27 | 25 | 31 | 28 | 19 | 17 | 15 | 14 | 14 | 15 | 19 | 24 | |



Auszug aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch (2)

A_{EO} : 3977 km²

PNP: NN + 118.61 m

Lage: 187.0 km oberhalb Mündung links

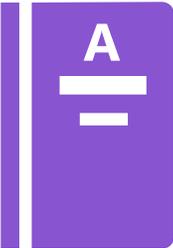


Pegel : Standort A

Nr. 570330

Gewässer: Sonel

Gebiet : Sontal



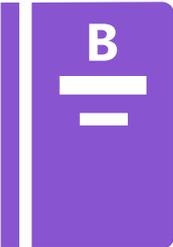
| Hauptwerte | Abflussjahr (*) | | | | | Kalenderjahr | | Dauertabelle | Unterschrittene Abflüsse m ³ /s | | | | | |
|--------------------------|-----------------|---------------|--------|--------|------|---------------|--------------------|--------------|--|------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|--|
| | 2005 | | | | | 2005 | | | Unter schreitungs- dauer in Tagen | Abfluss- jahr (*) 2005 | Kalender- jahr 2005 | 1932/2005 | | |
| | Jahr | Datum | Winter | Sommer | Jahr | Datum | Obere Hüllwerte | | | | | Mittlere Werte | Untere Hüllwerte | |
| NQ m ³ /s | 9.40 | am 18.07.2005 | 9.90 | 9.40 | 9.40 | am 18.07.2005 | (365) | 148 | 148 | 291 | 167 | 29.8 | | |
| MQ m ³ /s | 34.1 | | 50.8 | 17.6 | 31.0 | | 364 | 144 | 144 | 276 | 153 | 29.8 | | |
| HQ m ³ /s | 150 | am 17.02.2005 | 150 | 49.3 | 150 | am 17.02.2005 | 363 | 141 | 141 | 276 | 144 | 29.8 | | |
| Nq l/(skm ²) | 2.36 | | 2.49 | 2.36 | 2.36 | | 362 | 141 | 141 | 276 | 137 | 25.4 | | |
| Mq l/(skm ²) | 8.57 | | 12.8 | 4.43 | 7.79 | | 361 | 141 | 141 | 276 | 129 | 25.2 | | |
| Hq l/(skm ²) | 37.7 | | 37.7 | 12.4 | 37.7 | | 359 | 129 | 129 | 218 | 123 | 25.2 | | |
| h _N mm | | | | | | | 358 | 129 | 129 | 191 | 117 | 25.2 | | |
| h _A mm | 270 | | 200 | 70 | 246 | | 357 | 121 | 121 | 181 | 112 | 24.6 | | |
| | | | | | | | 356 | 120 | 120 | 175 | 107 | 24.6 | | |
| | | | | | | | 350 | 102 | 102 | 164 | 86.0 | 23.6 | | |
| | | | | | | | 340 | 85.8 | 85.8 | 139 | 70.9 | 22.8 | | |
| | | | | | | | 330 | 79.5 | 71.5 | 128 | 61.2 | 22.7 | | |
| | | | | | | | 320 | 69.8 | 60.7 | 113 | 54.5 | 22.7 | | |
| | | | | | | | 300 | 56.7 | 47.6 | 93.8 | 44.7 | 19.6 | | |
| | | | | | | | 270 | 43.6 | 38.5 | 78.4 | 35.6 | 17.2 | | |
| | | | | | | | 240 | 37.3 | 31.1 | 70.4 | 29.7 | 16.0 | | |
| | | | | | | | 210 | 27.6 | 24.2 | 64.1 | 25.7 | 14.3 | | |
| | | | | | | | 183 | 24.2 | 19.7 | 59.2 | 22.9 | 13.0 | | |
| | | | | | | | 150 | 18.6 | 16.4 | 51.6 | 20.3 | 10.8 | | |
| | | | | | | | 130 | 16.9 | 14.9 | 47.1 | 18.8 | 9.70 | | |
| | | | | | | | 120 | 15.8 | 14.2 | 43.7 | 18.2 | 9.70 | | |
| | | | | | | | 110 | 15.3 | 13.9 | 42.0 | 17.5 | 9.70 | | |
| | | | | | | | 100 | 14.5 | 13.4 | 39.8 | 16.9 | 9.40 | | |
| | | | | | | | 90 | 13.9 | 12.6 | 38.7 | 16.2 | 9.10 | | |
| | | | | | | | 80 | 13.4 | 12.3 | 36.1 | 15.5 | 9.10 | | |
| | | | | | | | 70 | 13.1 | 12.3 | 34.0 | 15.0 | 8.85 | | |
| | | | | | | | 60 | 12.3 | 11.8 | 33.0 | 14.2 | 8.50 | | |
| | | | | | | | 50 | 11.8 | 11.8 | 31.0 | 13.5 | 8.50 | | |
| | | | | | | | 40 | 11.2 | 11.5 | 29.5 | 12.8 | 8.20 | | |
| | | | | | | | 30 | 11.0 | 11.0 | 28.1 | 12.1 | 7.80 | | |
| | | | | | | | 25 | 10.7 | 11.0 | 27.7 | 11.6 | 7.80 | | |
| | | | | | | | 20 | 10.7 | 10.7 | 25.7 | 11.2 | 7.50 | | |
| | | | | | | | 15 | 10.4 | 10.7 | 23.9 | 10.7 | 7.34 | | |
| | | | | | | | 10 | 10.4 | 10.4 | 23.0 | 9.92 | 7.20 | | |
| | | | | | | | 9 | 10.4 | 10.4 | 23.0 | 9.72 | 6.92 | | |
| | | | | | | | 8 | 10.2 | 10.4 | 22.1 | 9.54 | 6.92 | | |
| | | | | | | | 7 | 10.2 | 10.2 | 22.1 | 9.44 | 6.92 | | |
| | | | | | | | 6 | 10.2 | 10.2 | 22.0 | 9.16 | 6.90 | | |
| | | | | | | | 5 | 10.2 | 10.2 | 21.6 | 9.00 | 6.90 | | |
| | | | | | | | 4 | 10.2 | 10.2 | 21.5 | 8.75 | 6.90 | | |
| | | | | | | | 3 | 10.2 | 10.2 | 21.2 | 8.38 | 6.60 | | |
| | | | | | | | 2 | 10.2 | 10.2 | 21.2 | 8.20 | 6.50 | | |
| | | | | | | | 1 | 9.65 | 9.65 | 19.4 | 7.60 | 6.08 | | |
| | | | | | | | 0 | 9.40 | 9.40 | 19.0 | 5.40 | 5.40 | | |

Auszug aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch (1)

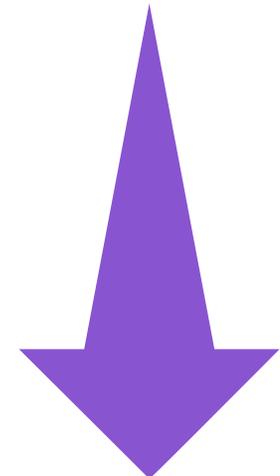
A_{Eo} : 5442 km²
 PNP : NN + 117.70 m
 Lage: 128.4 km oberhalb der Mündung rechts



Pegel : Standort B Nr. 560021
 Gewässer: Sontal
 Gebiet : Sontal



| Tag | 2004 | | 2005 | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|-----------|-------|-----------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--|----------|--|
| | Nov | Dez | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | | | |
| 1. | 31.5 | 119 | 92.2 | 115 | R82.7 | 174 | 43.7 | 36.1 | 44.7 | 33.3 | 52.8 | 42.7 | 24.1 | 25.1 | | | |
| 2. | 26.3 | 110 | 108 | 99.6 | R80.4 | 159 | 42.7 | 37.0 | 58.1 | 29.7 | 49.7 | 46.7 | 28.0 | 25.1 | | | |
| 3. | 25.1 | 108 | 111 | 140 | 78.0 | 147 | 41.8 | 35.1 | 50.8 | 37.0 | 47.7 | 58.1 | 36.1 | 23.1 | | | |
| 4. | 24.1 | 98.3 | 112 | 152 | 74.6 | 136 | 44.7 | 31.5 | 37.0 | 93.5 | 45.7 | 49.7 | 35.1 | 28.0 | | | |
| 5. | 24.1 | 88.6 | 113 | 112 | 73.5 | 126 | 67.8 | 31.5 | 38.9 | 54.9 | 42.7 | 39.8 | 38.9 | 29.7 | | | |
| 6. | 25.1 | 82.7 | 113 | 92.2 | 70.1 | 117 | 65.6 | 34.2 | 81.5 | 52.8 | 40.8 | 38.9 | 39.8 | 31.5 | | | |
| 7. | 31.5 | 75.7 | 120 | 80.4 | 62.4 | 113 | 62.4 | 44.7 | 57.0 | 78.0 | 37.0 | 37.0 | 35.1 | 28.8 | | | |
| 8. | 42.7 | 73.5 | 116 | R74.6 | 67.8 | 117 | 69.0 | 41.8 | 47.7 | 70.1 | 37.0 | 36.1 | 30.6 | 27.1 | | | |
| 9. | 46.7 | 73.5 | 111 | R75.7 | 63.4 | 120 | 69.0 | 36.1 | 48.7 | 61.3 | 33.3 | 36.1 | 31.5 | 28.8 | | | |
| 10. | 59.1 | 65.6 | 108 | 78.0 | 64.5 | 116 | 57.0 | 32.4 | 45.7 | 54.9 | 33.3 | 33.3 | 24.1 | 30.6 | | | |
| 11. | 45.7 | 60.2 | 106 | 162 | 61.3 | 108 | 53.8 | 34.2 | 39.8 | 49.7 | 35.1 | 30.6 | 23.1 | 28.8 | | | |
| 12. | 48.7 | 59.1 | 98.3 | 314 | 66.7 | 95.9 | 49.7 | 37.9 | 38.9 | 46.7 | 75.7 | 30.6 | 22.1 | 27.1 | | | |
| 13. | 59.1 | 60.2 | 94.7 | 586 | 73.5 | 85.1 | 47.7 | 30.6 | 32.4 | 52.8 | 76.9 | 30.6 | 23.1 | 27.1 | | | |
| 14. | 72.3 | 57.0 | 101 | 381 | 72.3 | 82.7 | 46.7 | 29.7 | 32.4 | 48.7 | 63.4 | 29.7 | 22.1 | 28.8 | | | |
| 15. | 59.1 | 53.8 | 92.2 | 275 | 74.6 | 78.0 | 52.8 | 40.8 | 28.8 | 49.7 | 48.7 | 31.5 | 23.1 | 31.5 | | | |
| 16. | 52.8 | 49.7 | 81.5 | 231 | 108 | 76.9 | 50.8 | 37.9 | 30.6 | 48.7 | 51.8 | 31.5 | 28.0 | 55.9 | | | |
| 17. | 72.3 | 54.9 | 83.9 | 199 | 250 | 73.5 | 47.7 | 29.7 | 28.0 | 51.8 | 94.7 | 29.7 | 33.3 | 112 | | | |
| 18. | 121 | 55.9 | 76.9 | 176 | 321 | 73.5 | 60.2 | 28.8 | 25.1 | 40.8 | 80.4 | 28.8 | 37.0 | 74.6 | | | |
| 19. | 269 | 61.3 | 74.6 | 158 | 555 | 75.7 | 53.8 | 29.7 | 27.1 | 40.8 | 60.2 | 27.1 | 31.5 | 65.6 | | | |
| 20. | 233 | 54.9 | 75.7 | 145 | 569 | 73.5 | 45.7 | 25.1 | 38.9 | 37.0 | 55.9 | 27.1 | 28.8 | 65.6 | | | |
| 21. | 179 | 48.7 | 179 | 134 | 361 | 65.6 | 45.7 | 25.1 | 39.8 | 50.8 | 50.8 | 28.0 | 43.7 | 103 | | | |
| 22. | 156 | T 37.9 | 175 | 125 | 293 | 62.4 | 44.7 | 28.8 | 47.7 | 53.8 | 49.7 | 28.8 | 41.8 | 89.8 | | | |
| 23. | 307 | 47.7 | 141 | 120 | 252 | 58.1 | 43.7 | 28.0 | 54.9 | 129 | 46.7 | 27.1 | 34.2 | 95.9 | | | |
| 24. | 336 | 59.1 | 129 | 110 | 224 | 54.9 | 57.0 | 24.1 | 42.7 | 182 | 43.7 | 32.4 | 31.5 | 103 | | | |
| 25. | 240 | 74.6 | 120 | 98.3 | 214 | 52.8 | 55.9 | 24.1 | 35.1 | 116 | 42.7 | 30.6 | 29.7 | 126 | | | |
| 26. | 202 | 74.6 | 112 | 95.9 | 249 | 61.3 | 42.7 | 46.7 | 32.4 | 98.3 | 41.8 | 26.3 | 28.8 | 119 | | | |
| 27. | 181 | 85.1 | R 105 | 94.7 | 246 | 53.8 | 40.8 | 38.9 | 28.8 | 86.2 | 41.8 | 27.1 | 28.0 | 101 | | | |
| 28. | 178 | 82.7 | 101 | 91.0 | 231 | 52.8 | 41.8 | 28.8 | 26.3 | 75.7 | 35.1 | 26.3 | 26.3 | 87.4 | | | |
| 29. | 159 | 73.5 | 93.5 | 223 | 223 | 49.7 | 37.0 | 24.1 | 25.1 | 70.1 | 38.9 | 25.1 | 23.1 | 82.7 | | | |
| 30. | 134 | 71.2 | 86.2 | 216 | 216 | 44.7 | 37.9 | 23.1 | 48.7 | 63.4 | 47.7 | 24.1 | 24.1 | R 71.2 | | | |
| 31. | | 69.0 | 83.9 | 197 | 197 | | 37.9 | | 48.7 | 57.0 | | 25.1 | | R 63.4 | | | |
| Tag | 4.+ | 22. | 19. | 8. | 11. | 30. | 29. | 30. | 18.+ | 2. | 9.+ | 30. | 12.+ | 3. | | | |
| NO | 24.1 | 37.9 | 74.6 | 74.6 | 61.3 | 44.7 | 37.0 | 23.1 | 25.1 | 29.7 | 33.3 | 24.1 | 22.1 | 23.1 | | | |
| MO | 115 | 70.5 | 107 | 161 | 180 | 90.1 | 50.2 | 32.6 | 40.7 | 65.0 | 50.1 | 32.8 | 30.2 | 59.3 | | | |
| HQ | 422 | 125 | 243 | 631 | 712 | 190 | 75.7 | 60.2 | 97.1 | 258 | 112 | 61.3 | 48.7 | 137 | | | |
| Tag | 24. | 1. | 21. | 13. | 20. | 1. | 8.+ | 26. | 6. | 23. | 12. | 3. | 21. | 25. | | | |
| ^h N | mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^h A | mm | 55 | 35 | 53 | 72 | 89 | 43 | 25 | 16 | 20 | 32 | 24 | 16 | 29 | | | |
| | | 1910/2004 | | 1911/2005 | | | | | | | | | | | | 93 Jahre | |
| Jahr | 1911 | 1911 + | 1963 | 1929 | 1963 | 1974 + | 1918 | 1918 | 1911 | 1911 | 1911 | 1917 | 1911 | 1911 + | | | |
| NO | 3.50 | 3.80 | 6.88 | 7.20 | 8.88 | 19.8 | 9.00 | 3.50 | 3.80 | 1.40 | 1.70 | 4.30 | 3.50 | 3.80 | | | |
| MNQ | 26.9 | 29.0 | 34.6 | 38.8 | 48.9 | 55.3 | 33.7 | 26.1 | 23.4 | 21.0 | 21.7 | 21.3 | 27.0 | 28.6 | | | |
| MO | 48.3 | 63.7 | 74.1 | 76.7 | 95.6 | 97.6 | 62.2 | 51.2 | 51.3 | 42.8 | 36.9 | 40.8 | 48.4 | 63.5 | | | |
| MHQ | 120 | 177 | 211 | 197 | 232 | 193 | 153 | 146 | 175 | 163 | 98.6 | 111 | 120 | 178 | | | |
| HQ | 815 | 1020 | 652 | 968 | 812 | 748 | 1050 | 963 | 1740 | 2600 | 760 | 615 | 815 | 1020 | | | |
| Jahr | 1940 | 1974 | 1938 | 1946 | 1981 | 1987 | 1941 | 1926 | 1954 | 2002 | 1995 | 1960 | 1940 | 1974 | | | |
| | | 1910/2004 | | 1911/2005 | | | | | | | | | | | | 93 Jahre | |
| MhN | mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MhA | mm | 23 | 31 | 36 | 34 | 47 | 46 | 31 | 24 | 25 | 21 | 18 | 20 | 23 | | | |

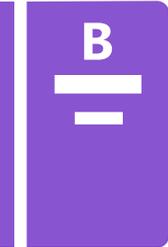


Auszug aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch (2)

A_{E0} : 3977 km²
 PNP: NN + 118.61 m
 Lage: 187.0 km oberhalb Mündung links

Q
 m³/s

Pegel : Standort **B** Nr. 570330
 Gewässer: Sontel
 Gebiet : Sontal



| Hauptwerte | Abflussjahr (*) | | | | | Kalenderjahr | | Dauertabelle | Unterschrittene Abflüsse m ³ /s | | | | |
|----------------|------------------------|-------|-----------------------------|--------|------|--------------|-----------------------------|--------------|--|-------------------|----------------|------------------|------|
| | 2005 | | | | | 2005 | | | Abflussjahr (*) 2005 | Kalenderjahr 2005 | 1911/2005 | | |
| | Jahr | Datum | Winter | Sommer | Jahr | Datum | Obere Hüllwerte | | | | Mittlere Werte | Untere Hüllwerte | |
| NQ | m ³ /s | 23.1 | am 30.06.2005 | 24.1 | 23.1 | 22.1 | am 12.11.2005 | (365) | | | | | |
| MQ | m ³ /s | 82.4 | | 120 | 45.3 | 74.5 | | 364 | 586 | 586 | 1880 | 426 | 109 |
| HQ | m ³ /s | 712 | am 20.03.2005 bei W= 498 cm | 712 | 258 | 712 | am 20.03.2005 bei W= 498 cm | 363 | 569 | 569 | 1430 | 351 | 97.7 |
| Nq | l/(s km ²) | 4.24 | | 4.43 | 4.24 | 4.06 | | 362 | 555 | 555 | 1040 | 316 | 95.4 |
| Mq | l/(s km ²) | 15.1 | | 22.1 | 8.32 | 13.7 | | 361 | 381 | 381 | 782 | 286 | 94.2 |
| Hq | l/(s km ²) | 131 | | 131 | 47.4 | 131 | | 360 | 361 | 361 | 615 | 265 | 91.9 |
| h _N | mm | | | | | | | 359 | 336 | 321 | 574 | 248 | 89.6 |
| h _A | mm | 479 | | 345 | 132 | 432 | | 358 | 321 | 314 | 490 | 237 | 88.5 |
| | | | | | | | | 357 | 314 | 293 | 475 | 226 | 83.0 |
| | | | | | | | | 356 | 307 | 275 | 460 | 217 | 83.0 |
| | | | | | | | | 350 | 249 | 231 | 363 | 182 | 74.5 |
| | | | | | | | | 340 | 202 | 175 | 260 | 150 | 66.5 |
| | | | | | | | | 330 | 174 | 136 | 219 | 129 | 58.0 |
| | | | | | | | | 320 | 140 | 120 | 205 | 114 | 50.5 |
| | | | | | | | | 300 | 115 | 110 | 181 | 93.3 | 45.2 |
| | | | | | | | | 270 | 93.5 | 85.1 | 161 | 73.7 | 33.6 |
| | | | | | | | | 240 | 76.9 | 74.6 | 144 | 60.8 | 26.0 |
| | | | | | | | | 210 | 66.7 | 60.2 | 126 | 50.8 | 23.4 |
| | | | | | | | | 183 | 58.1 | 51.8 | 112 | 43.6 | 19.4 |
| | | | | | | | | 150 | 50.8 | 45.7 | 95.5 | 36.2 | 12.1 |
| | | | | | | | | 130 | 48.7 | 41.8 | 84.5 | 32.4 | 9.60 |
| | | | | | | | | 120 | 46.7 | 39.8 | 80.1 | 30.5 | 9.00 |
| | | | | | | | | 110 | 43.7 | 37.9 | 72.4 | 28.7 | 8.60 |
| | | | | | | | | 100 | 42.7 | 37.0 | 67.5 | 26.8 | 8.20 |
| | | | | | | | | 90 | 39.8 | 34.2 | 65.2 | 25.0 | 8.20 |
| | | | | | | | | 80 | 38.9 | 32.4 | 61.8 | 23.4 | 7.50 |
| | | | | | | | | 70 | 37.0 | 31.5 | 58.2 | 21.8 | 7.10 |
| | | | | | | | | 60 | 34.2 | 30.6 | 54.3 | 20.2 | 6.60 |
| | | | | | | | | 50 | 32.4 | 29.7 | 49.6 | 18.8 | 5.90 |
| | | | | | | | | 40 | 30.6 | 28.8 | 46.8 | 17.4 | 5.50 |
| | | | | | | | | 30 | 29.7 | 28.0 | 43.2 | 15.7 | 4.90 |
| | | | | | | | | 25 | 28.8 | 27.1 | 43.2 | 14.8 | 4.30 |
| | | | | | | | | 20 | 28.0 | 26.3 | 42.4 | 14.0 | 4.00 |
| | | | | | | | | 15 | 26.3 | 25.1 | 40.7 | 13.0 | 4.00 |
| | | | | | | | | 10 | 26.3 | 25.1 | 38.2 | 11.8 | 3.80 |
| | | | | | | | | 9 | 26.3 | 25.1 | 37.3 | 11.6 | 3.80 |
| | | | | | | | | 8 | 26.3 | 24.1 | 36.5 | 11.2 | 3.50 |
| | | | | | | | | 7 | 25.1 | 24.1 | 35.6 | 10.8 | 3.50 |
| | | | | | | | | 6 | 25.1 | 24.1 | 34.8 | 10.6 | 3.30 |
| | | | | | | | | 5 | 25.1 | 24.1 | 34.8 | 10.1 | 3.30 |
| | | | | | | | | 4 | 25.1 | 24.1 | 34.0 | 9.51 | 3.00 |
| | | | | | | | | 3 | 25.1 | 24.1 | 33.1 | 8.83 | 2.90 |
| | | | | | | | | 2 | 25.1 | 23.1 | 32.3 | 8.00 | 2.60 |
| | | | | | | | | 1 | 24.1 | 23.1 | 31.5 | 6.21 | 1.70 |
| | | | | | | | | 0 | 23.1 | 22.1 | 30.0 | 1.40 | 1.40 |

Fluss Sonel im Wandergebirge



Laufwasserkraftwerk

Touristin
Tine

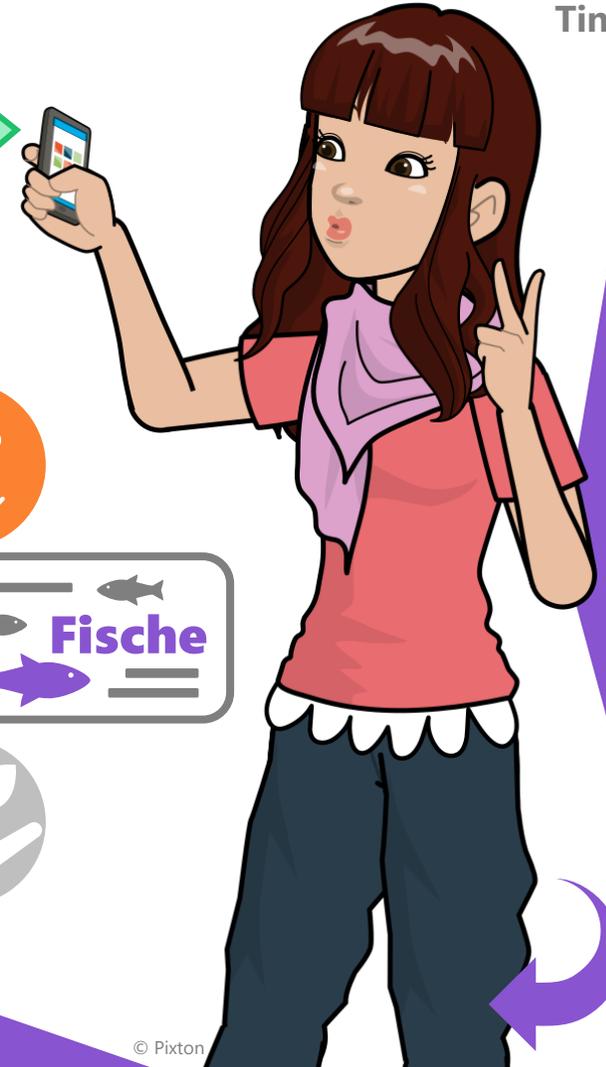
 **Investitionskosten:** 9,94 Mio. €

 **Verfügbare Fallhöhe:** 5 m

 **Voraussichtliche Betriebstage:** 267 Tage

 **Wirkungsgrad:** 85 %

Hier draußen stört das Wasserkraftwerk wirklich niemanden. 😊
Außer vermutlich die Wasserlebewesen. 😊😊😊 15:37 ✓✓



Infrastruktur gut



Analysiert für die restlichen Daten das Datenblatt in dem Gewässerkundlichen Jahrbuch.

Fluss Sonel nahe der Stadtbrücke



Laufwasserkraftwerk

 **Investitionskosten:** 22,4 Mio. €

 **Verfügbare Fallhöhe:** 4 m

 **Voraussichtliche Betriebstage:** 267 Tage

 **Wirkungsgrad:** 85 %

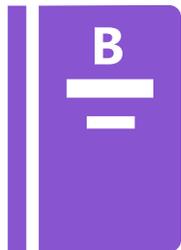
Wasserkraft hat ja einen wirklich guten Ruf, aber das Angeln kann ich mir jetzt wohl abschminken.



Angler Christian



Infrastruktur gut



Analysiert für die restlichen Daten das Datenblatt in dem Gewässerkundlichen Jahrbuch.

Offenes Meer



Wenn Ihr möchtet, könnt Ihr Euch für die Beteiligung an einem **Pilotprojekt** (Meeresströmungskraftwerk und/oder Osmosekraftwerk) zur Gewinnung von Energie im offenen Meer entscheiden.

Die Technologien werden aktuell allerdings erst entwickelt. Das bedeutet: Jedes Pilotprojekt ist mit einem Risiko verbunden und kann scheitern.

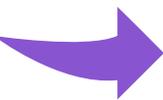
Sobald Ihr Euch für die Beteiligung an einem Projekt entscheidet, müsst Ihr Eure Entscheidung kurz vor dem Gemeinderat begründen.

Habt Ihr die Entscheidung getroffen, müsst Ihr die Investitionskosten sofort bezahlen und könnt die Entscheidung nicht mehr rückgängig machen.

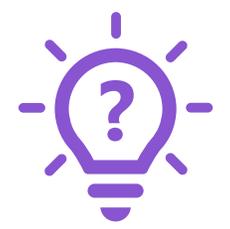


Begründet Eure Entscheidung für ein Pilotprojekt vor dem Gemeinderat. Erklärt dazu kurz das Funktionsprinzip der gewählten Technologie.

Ingenieurin
Dr. Wiprecht

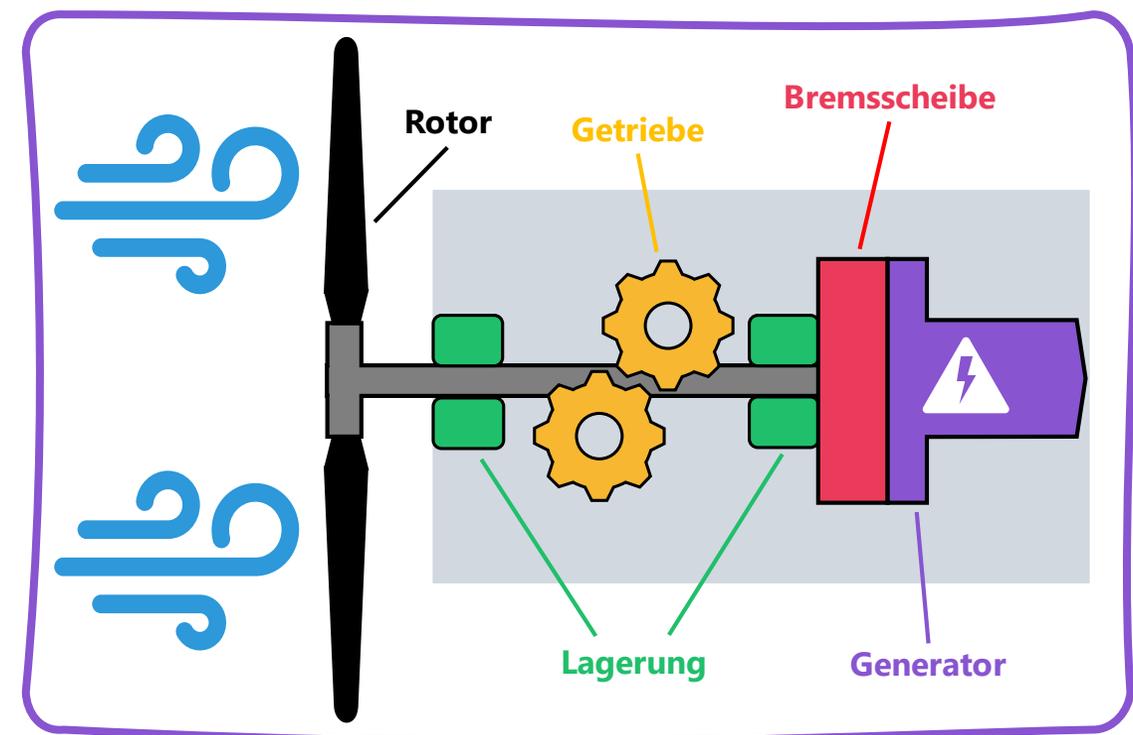


Offenes Meer



Pilotprojekt **Seaflow**: Meeresströmungskraftwerk

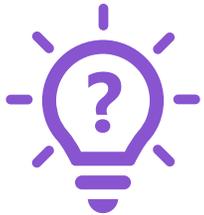
-  **Investitionskosten:** 1,8 Mio. €
-  **Betriebszeit:** 7 000 Stunden
-  **Elektrische Leistung:** 290 kW ➔ **ausbaufähig**



CC0 Sina Zendler

Das Funktionsprinzip eines Meeresströmungskraftwerks ähnelt dem einer Windenergieanlage.

Offenes Meer

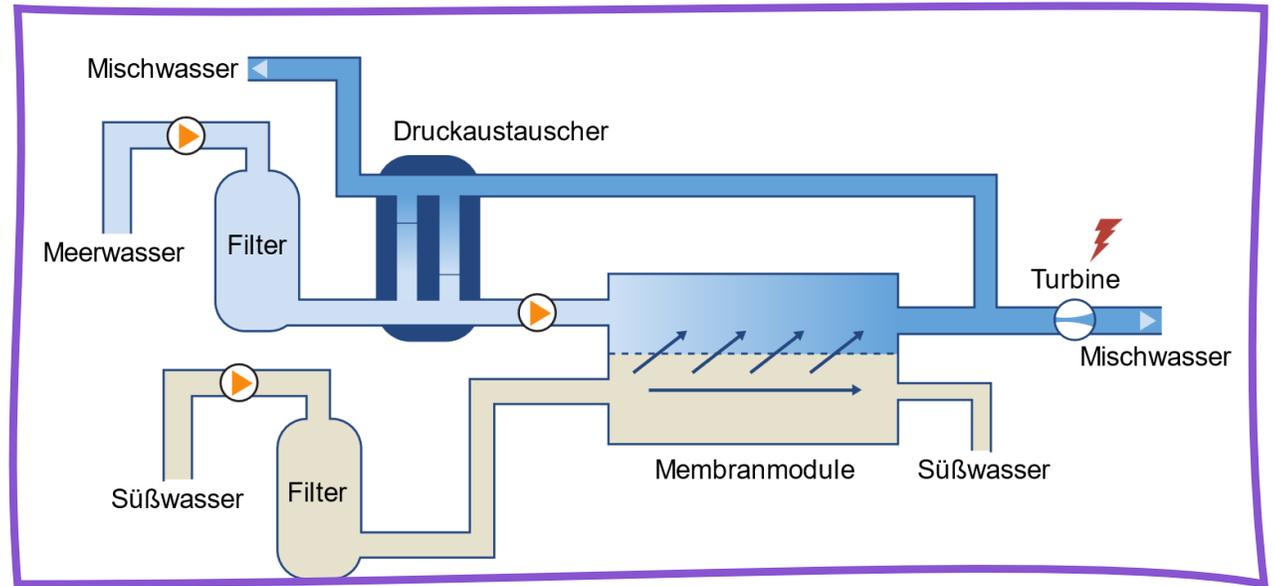


Pilotprojekt Statkraft: Osmosekraftwerk

 **Investitionskosten:** 13 Mio. €

 **Betriebszeit:** 7 800 Stunden

 **Elektrische Leistung:** 4 kW ➔ 25 MW (bei Erfolg des Pilotprojekts)



CC0 Statkraft | Wikimedia Commons

Zunächst wird nur ein Versuchskraftwerk (Leistung: 4 kW) gebaut. Wenn sich der Versuch als wirtschaftlich erweist, soll eine größere Anlage mit einer Leistung von 25 MW errichtet werden. Hierzu werden weitere Fördergelder beantragt.



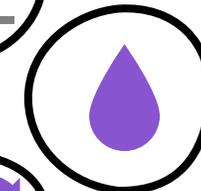
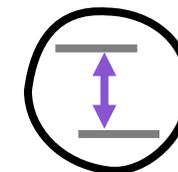
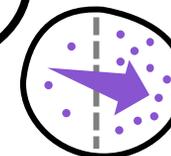
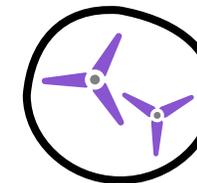
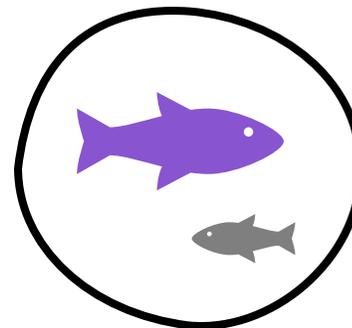
Wasserkraft: Ja oder nein?



Es wird Zeit, eine Entscheidung zu treffen:

- ? Laufwasserkraftwerk und/oder Pilotprojekt?
- ? Wo ist mit den höchsten Jahresenergieerträgen zu rechnen?
- ? Was für Bedenken äußern die Bewohner Sontals?

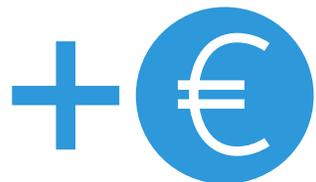
Seht die folgenden Karten nur dann an, wenn Ihr Euch dazu entschlossen habt, mindestens ein Laufwasserkraftwerk am Fluss Sonel zu errichten.



Entscheidet Euch für oder gegen die Nutzung der Wasserkraft.

Markiert die ausgewählten Standorte in Eurem Planungsskript und zieht die Investitionskosten von Eurem Restkapital ab.

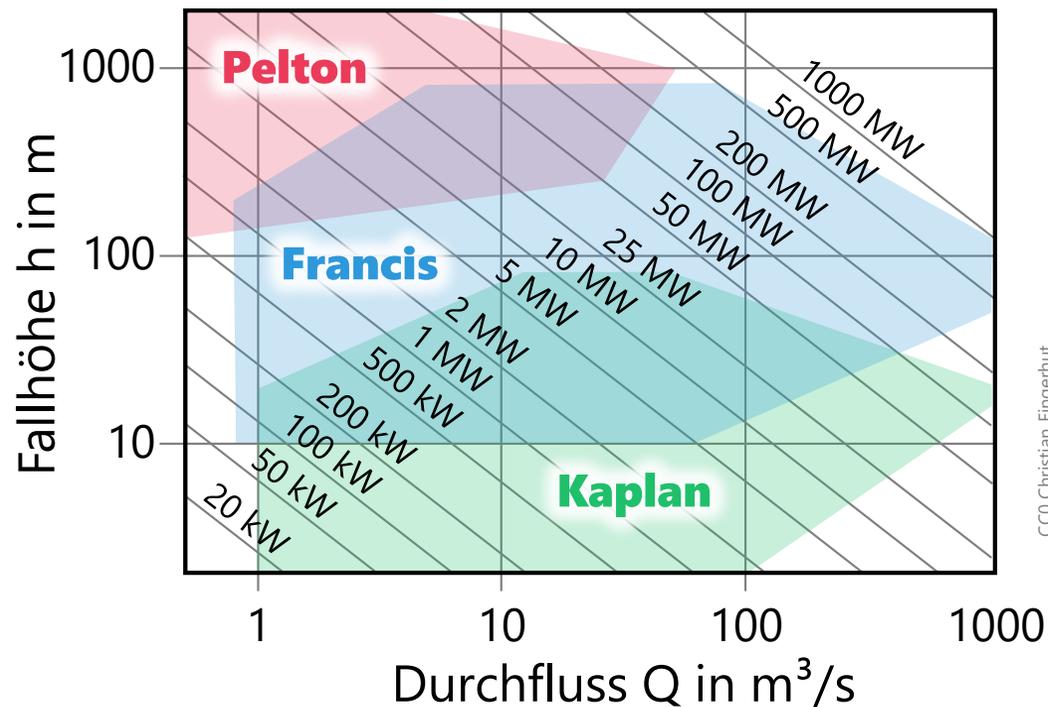




Je nach Fallhöhe und Durchflussmenge eignen sich andere Typen von Turbinen: Kaplan-, Francis- oder Pelton-Turbinen.

Doch welcher Typ von Turbine ist für Eure gewählten Standorte optimal und wie funktioniert dieser?

Optimaler Turbinentyp

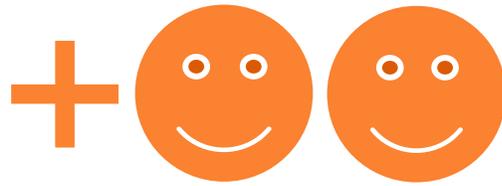


A3-2

Wählt den optimalen Turbinentyp für Eure Anlage und erklärt das Funktionsprinzip dieser Turbine.

Mit dem richtigen Turbinentyp könnt Ihr einen Wirtschaftspunkt verdienen.





Gerüchte in der Stadt

Kurz nachdem Ihr beschlossen habt, ein Wasserkraftwerk in Sontal zu betreiben, verbreiten sich die ersten Gerüchte in der Stadt...

Der Steg am Fluss **B** bietet Anglern ein ideales Plätzchen, um Fischfang zu betreiben. In Folge des Laufwasserkraftwerks befürchten die Angler in Zukunft nur noch Fischgulasch im Wasser vorzufinden.

Im Sontaler Tagblatt erscheinen mehrere Schlagzeilen, die eine negative Auswirkung auf die Einstellung der Sontaler gegenüber den geplanten Laufwasserkraftwerken zur Folge haben.

»Das teuerste **Fischgulasch** der Welt«

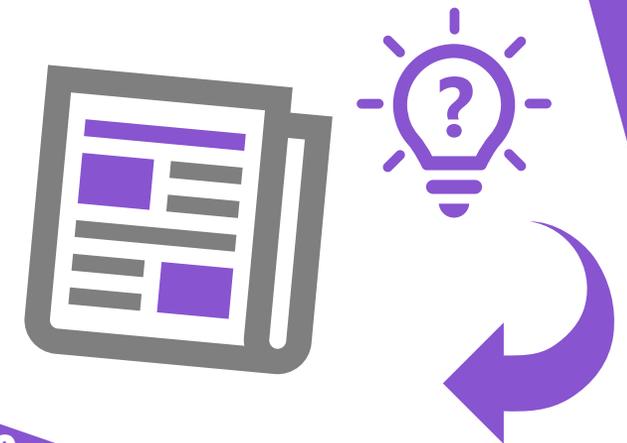
»Durch **Dambruch** droht Lebensgefahr«

»Ökostrom: Wasserkraft **lohnt sich nicht**«

»Wasserkraft: **Schlechter Ruf** in Deutschland«

Nehmt Stellung zu den Schlagzeilen und bewertet diese anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz für den Ruf der Wasserkraft in Deutschland.

Pro Stellungnahme könnt Ihr Euch zwei Sozialpunkte verdienen.





Durchgängigkeit



Für Wasserlebewesen stellt ein Laufwasserkraftwerk eine teilweise unüberwindbare ökologische Barriere dar.

Durch zusätzliche Investitionen könnt Ihr Euer Laufwasserkraftwerk nachrüsten und Euch Ökologiepunkte verdienen. Die folgenden beiden Optionen stehen zur Verfügung:

Option 1: **Fischaufstiegsanlage**

für stromaufwärts wandernde Fische (z. B. Lachse)



Gesamtkosten: 99 995 €

Option 2: **Fischabstieg**

für die stromabwärts gerichtete Durchgängigkeit

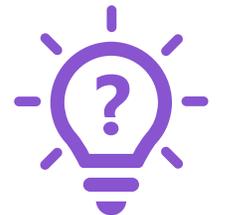


Gesamtkosten: 101 240 €



A3-4

Entscheidet Euch für eine oder beide Optionen und begründet Eure Entscheidung vor dem Gemeinderat.





Durchgängigkeit



Für Wasserlebewesen stellt ein Laufwasserkraftwerk eine teilweise unüberwindbare ökologische Barriere dar.

Durch zusätzliche Investitionen könnt Ihr Euer Laufwasserkraftwerk nachrüsten und Euch Ökologiepunkte verdienen. Die folgenden beiden Optionen stehen zur Verfügung:

Option 1: **Fischaufstiegsanlage**

für stromaufwärts wandernde Fische (z. B. Lachse)



Gesamtkosten: 99 995 €

Option 2: **Fischabstieg**

für die stromabwärts gerichtete Durchgängigkeit



Gesamtkosten: 101 240 €



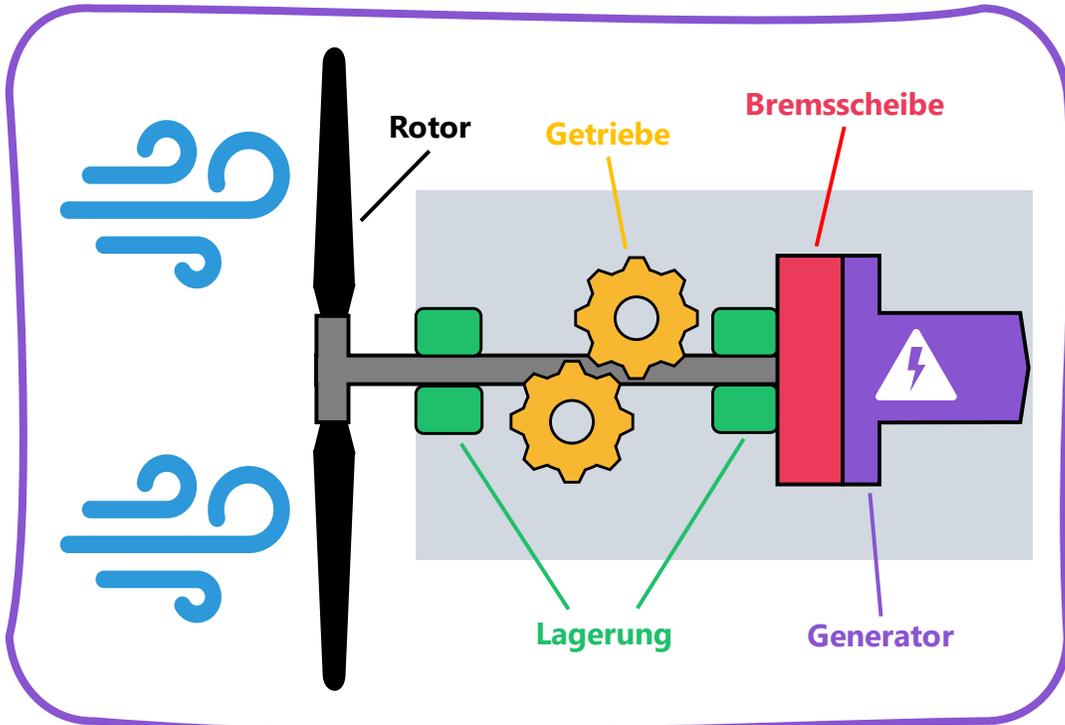
A3-4

Entscheidet Euch für eine oder beide Optionen und begründet Eure Entscheidung vor dem Gemeinderat.





Pilotprojekt Seaflow: Meeresströmungskraftwerk



CC0 Sina Zendler



Euer Pilotprojekt erscheint zukunftsfähig und kann in den nächsten Jahren durch weitere Turbinen ausgebaut werden.



Die genauen Auswirkungen auf die Meeresbewohner, vor allem beim Bau, sind noch nicht ausreichend evaluiert, aber zeigen eine positive Tendenz.



Das Projekt erweist sich als wirtschaftlich und umweltverträglich. Wir sind mit den bisherigen Ergebnissen sehr zufrieden.

Ingenieurin Dr. Wiprecht





Pilotprojekt Statkraft: Osmosekraftwerk



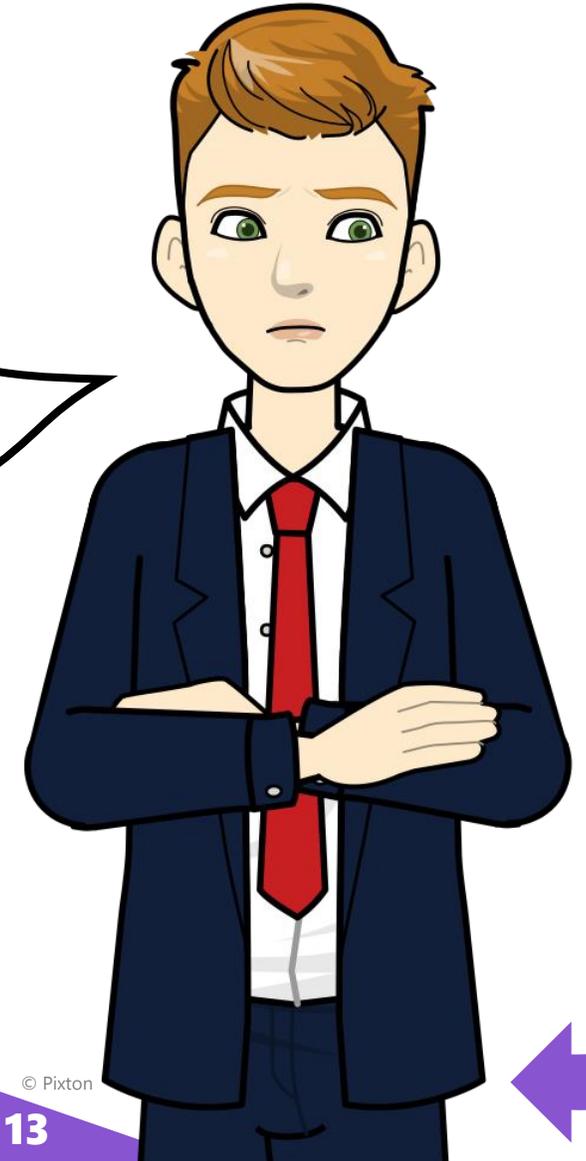
Leider hat sich Euer Pilotprojekt als nicht zukunftsfähig erwiesen. Der Prototyp wird stillgelegt. Aus der Kommunikationszentrale kommt die folgende Pressemitteilung:

Statkraft entwickelt das Osmosekraftwerk nicht mehr weiter. Bei den derzeitigen Marktaussichten muss das Unternehmen feststellen, dass man diese Technologie nicht so weit entwickeln kann, dass sie in absehbarer Zeit konkurrenzfähig wäre.

Pressemitteilung des Unternehmens Statkraft im Dezember 2013

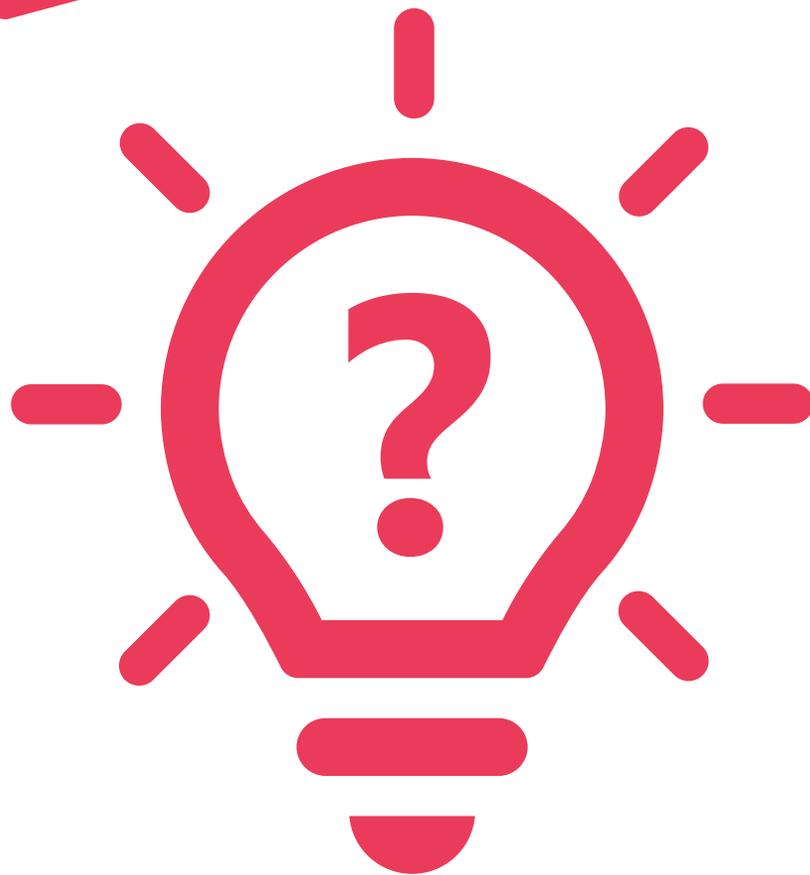


Beantragt einen Kredit,
um weiter planen zu können.



© Pixton





Hinweise

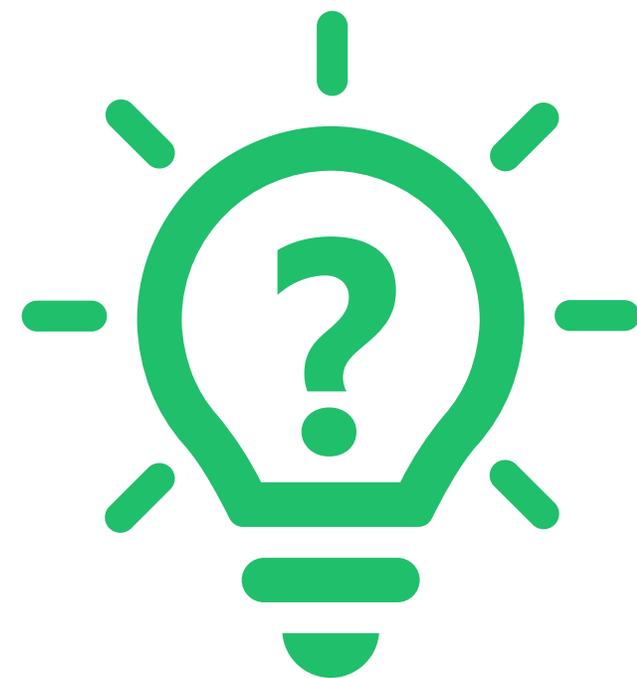


Zukunftsfähige Energieversorgung

zurück zum Büro



Bezieht bei der Berechnung das Bevölkerungswachstum über die kommenden fünf Jahre mit ein, um Sontals Energieversorgung zukunftsfähig zu gestalten.



A0-1

Berechnet, wie viel elektrische Energie pro Jahr für die Versorgung der Stadt in fünf Jahren bereitgestellt werden muss.

Haltet alle Überlegungen im Planungsskript fest.



Schwankungen des Strombedarfs



Stellt Euch Euren Alltag vor und überlegt, zu welchen Zeiten Euer Strombedarf besonders hoch ist.

Was sind die Gründe dafür?
Wann fragt Ihr elektrische Energie nach?

Vergleicht die Nachfrage mit dem Angebot an Energie durch Erneuerbare Energien.



A0-4

Nennt Gründe für die Schwankungen des Strombedarfs. Erläutert, welche Probleme sich daraus bei der Energie-wende ergeben und wie Ihr diese lösen könntet.



Schwankungen des Strombedarfs



In den letzten Tagen hat die Sonne über Sontal hell gestrahlt, während ein sanfter Wind weht. Doch am Horizont ziehen schon dunkle Wolken auf.

Wie wirkt sich das Wetter auf die Energieversorgung aus?



A0-4

Nennt Gründe für die Schwankungen des Strombedarfs. Erläutert, welche Probleme sich daraus bei der Energieverwendung ergeben und wie Ihr diese lösen könntet.





Ins Stromnetz muss immer gleich viel Strom eingespeist wie entnommen werden. Welche Folge hätte die Umstellung auf Erneuerbare Energien, wenn kein Energiespeicher gebaut wird?

Wie lässt sich über eine elektrisch betriebene Pumpe überschüssige Energie speichern? Und wie kann die umgewandelte Energie wieder zurückgewonnen werden?



A0-5

Erklärt, warum das Pumpspeicherkraftwerk notwendig ist und wie es funktioniert.

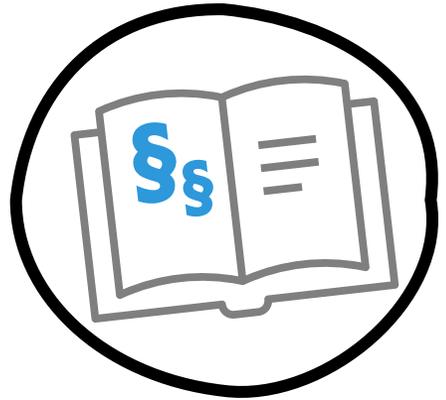
Verwendet dazu die Grafik und nutzt die Begriffe Pump- und Generatorbetrieb.

Energiespeicher

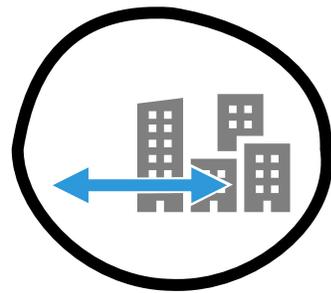
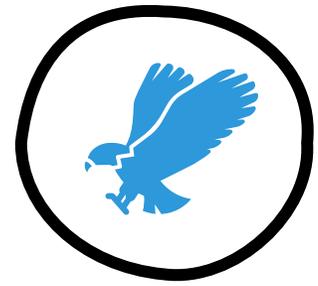




Gesetzliche Rahmenbedingungen beachten



Prüft anhand der **gesetzlichen Rahmenbedingungen** zuerst, ob Ihr den gewählten Standort überhaupt bebauen dürft.

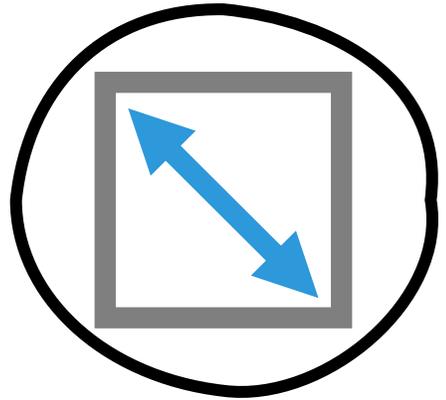


Überprüft für die einzelnen Standorte, ob die gesetzlichen Rahmenbedingungen erfüllt sind.



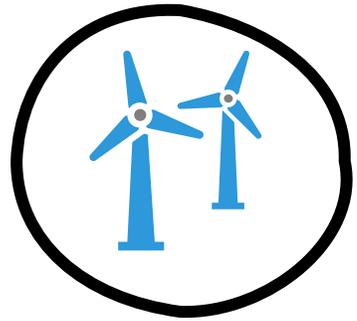
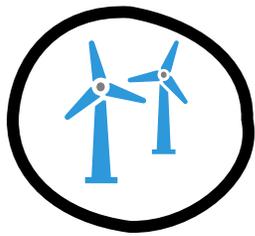
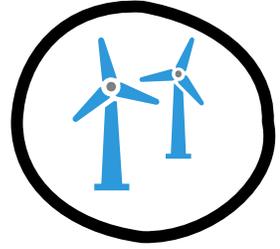


Mehrere Windanlagen bauen



Eine Anlage hat einen Platzbedarf von 4000 m².

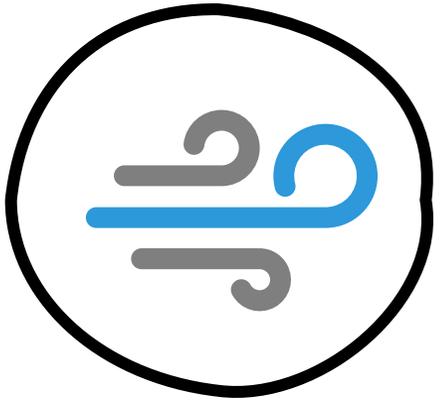
Umrechnung: 1 ha = 10 000 m²



Überlegt, wie viele Windenergieanlagen Ihr an einem Standort errichten könnt.



Energieertrag von Windenergieanlagen



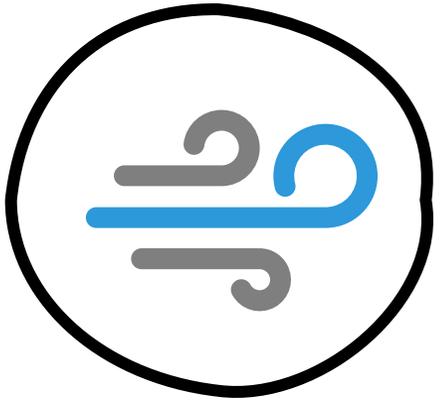
Berechnet für die drei angegebenen Windgeschwindigkeiten zuerst die Leistung, die vom Wind in die Rotorfläche eingebracht wird.



Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für Windenergieanlagen an den verschiedenen Standorten.



Energieertrag von Windenergieanlagen



Die Formel zur Berechnung der Leistung, die vom Wind in die Rotorfläche eingebracht wird, lautet:

$$P_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

P_{Wind} : Leistung im Wind in W

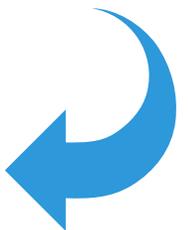
ρ : Dichte der Luft $\left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

A : Rotorfläche ($A = \pi r^2$)

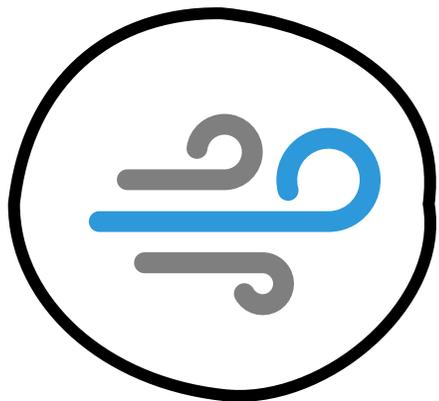
v : Windgeschwindigkeit in m/s



Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für Windenergieanlagen an den verschiedenen Standorten.



Energieertrag von Windenergieanlagen



Zur Berechnung der elektrischen Leistung einer Windenergieanlage müsst Ihr die über den Wind transportierte Leistung mit dem Leistungsbeiwert c_p bei der entsprechenden Windgeschwindigkeit multiplizieren.

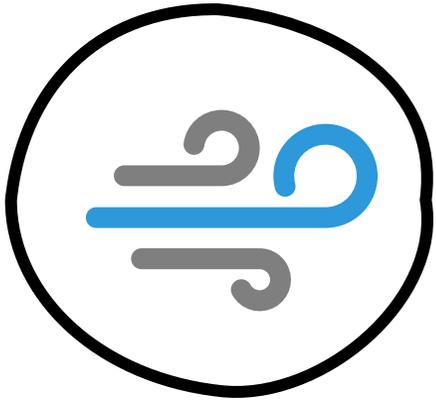
Die Leistungsbeiwerte sind im Datenblatt der Anlage vom Typ ENERCON E-92 angegeben:



Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für Windenergieanlagen an den verschiedenen Standorten.



Energieertrag von Windenergieanlagen



Um aus der Leistung den Energieertrag zu berechnen, müsst Ihr die Leistung der Anlage mit der Anzahl an Betriebsstunden für die jeweilige Windgeschwindigkeit multiplizieren. Summiert die Teilergebnisse anschließend auf.

Weitere technische Verluste dürfen vernachlässigt werden.



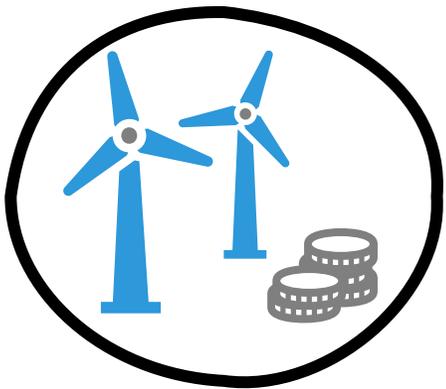
Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für Windenergieanlagen an den verschiedenen Standorten.





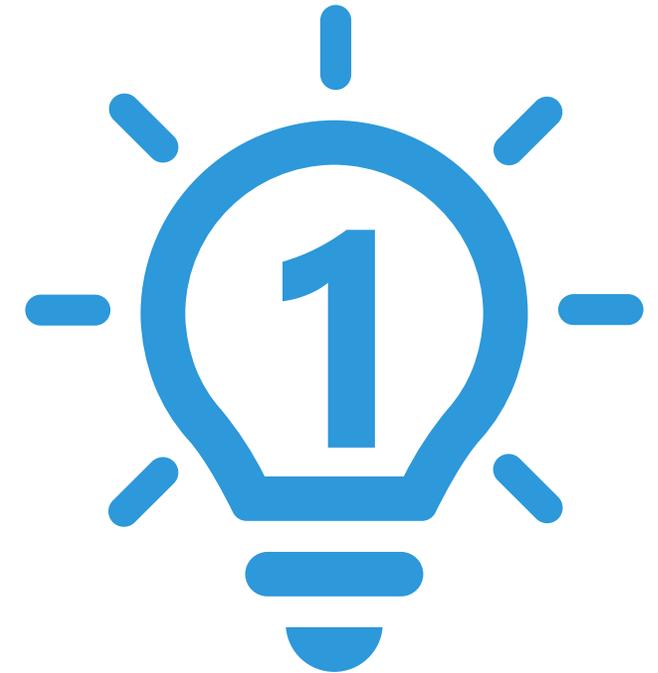
1

Berechnung des Leistungsbeiwerts



Um den Leistungsbeiwert der neuen und gebrauchten Anlage zu berechnen, müsst Ihr zuerst die Leistung ermitteln, die der Wind in die Rotorfläche einbringt.

Den Rotordurchmesser findet Ihr im Datenblatt der ENERCON E-92 Anlage:



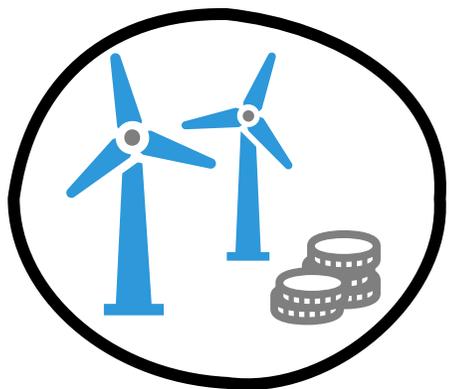
A1-1

Um wie viel Prozent ist der Leistungsbeiwert der alten ENERCON E-92 Anlage schlechter? Begründet Eure Entscheidung für eine neue Anlage anhand einer Rechnung.





Berechnung des Leistungsbeiwerts



Die Formel zur Berechnung der Leistung, die vom Wind in die Rotorfläche eingebracht wird, lautet:

$$P_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

P_{Wind} : Leistung im Wind in W

ρ : Dichte der Luft $\left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

A : Rotorfläche ($A = \pi r^2$)

v : Windgeschwindigkeit in m/s



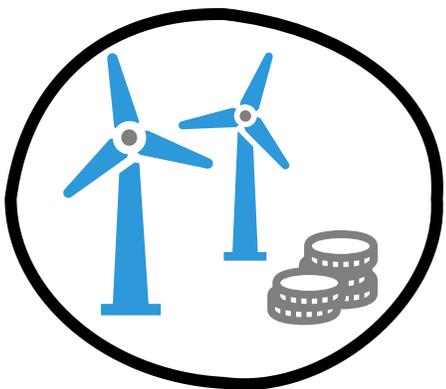
A1-1

Um wie viel Prozent ist der Leistungsbeiwert der alten ENERCON E-92 Anlage schlechter? Begründet Eure Entscheidung für eine neue Anlage anhand einer Rechnung.





Berechnung des Leistungsbeiwerts



Der Leistungsbeiwert einer Windenergieanlage entspricht dem Leistungsanteil, der von der Anlage in elektrische Leistung umgewandelt wird:

$$c_p = \frac{P_{\text{Anlage}}}{P_{\text{Wind}}}$$



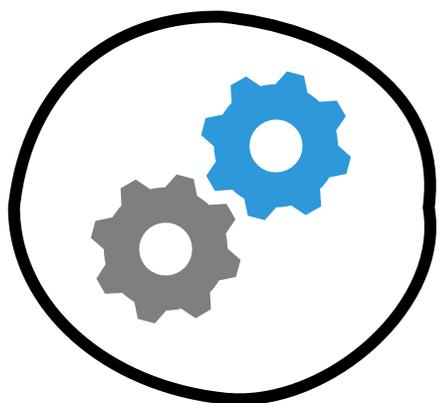
A1-1

Um wie viel Prozent ist der Leistungsbeiwert der alten ENERCON E-92 Anlage schlechter? Begründet Eure Entscheidung für eine neue Anlage anhand einer Rechnung.

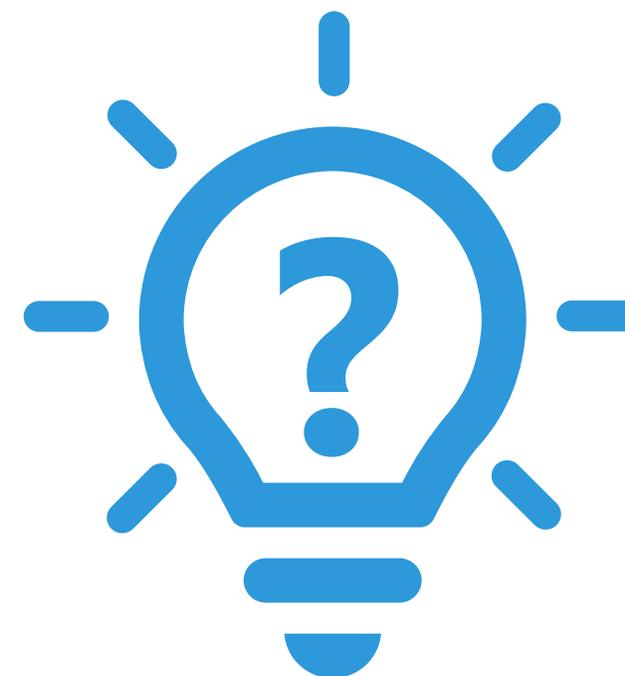




Betz'sches Leistungsoptimum



Überlegt, wo an Eurer Windenergieanlage Verluste auftreten und was es mit dem Betz'schen Leistungsoptimum auf sich hat.



A1-2

Erklärt, warum ein Leistungsbeiwert von 47 % bei einer Windenergieanlage dem Durchschnitt entspricht.

Überzeugt die Bürgermeisterin auf diese Weise davon, dass Euch der Ingenieur fachkundig beraten hat und Ihr die Windenergieanlage(n) kaufen dürft.



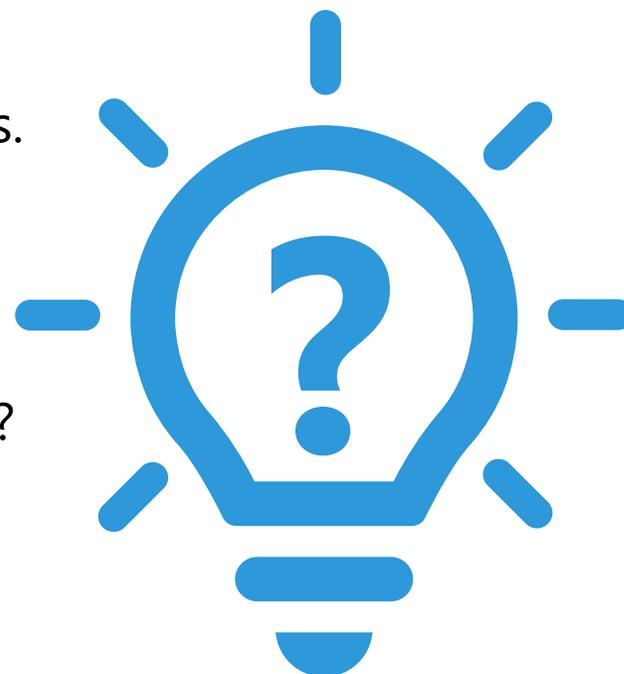


Cartoons analysieren



Wie analysiert man einen Cartoon?

1. Beschreibt den Cartoon genau. Achtet auf Details.
2. In welcher Beziehung stehen die Komponenten auf dem Bild zueinander?
3. Oftmals übertreiben die Zeichner in einem Cartoon. Auf was für ein Problem will der Zeichner aufmerksam machen?
4. Begründe, inwieweit der Cartoon der Realität entspricht und an welcher Stelle der Zeichner bewusst übertrieben hat. Recherchiert im Internet. Achtet auf verlässliche Quellen.



A1-3

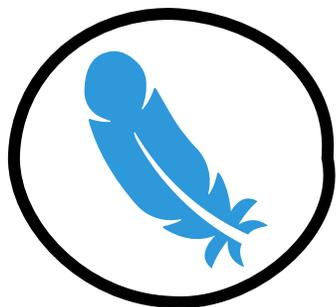
Verfasst für das Sontaler Tagblatt einen Kommentar mit schriftlichen Stellungnahmen zu den Cartoons.

Recherchiert dazu im Internet und verdient einen Sozialpunkt pro Cartoon.

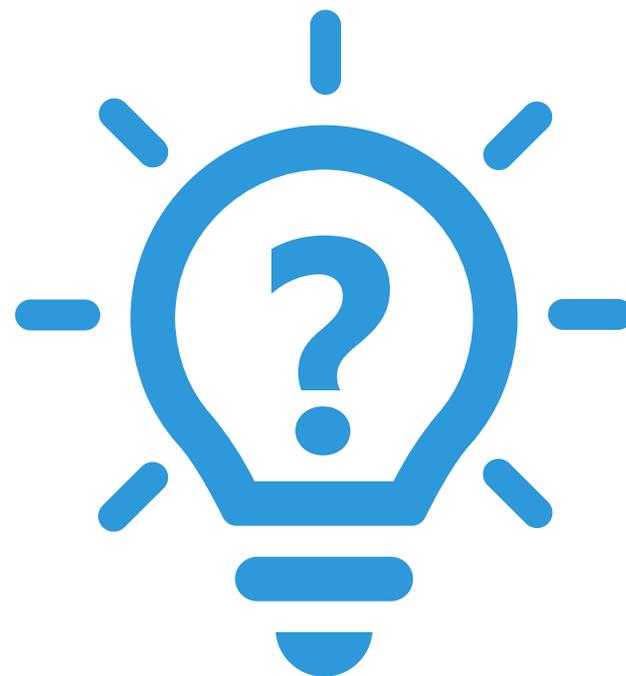




Ökologische und soziale Aspekte



Bezieht in Eure Begründung die ökologische Notwendigkeit der Investition mit ein. Beachtet auch den Zusammenhang zwischen den ökologischen und sozialen Aspekten.



A1-4

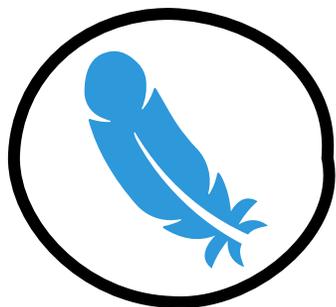
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

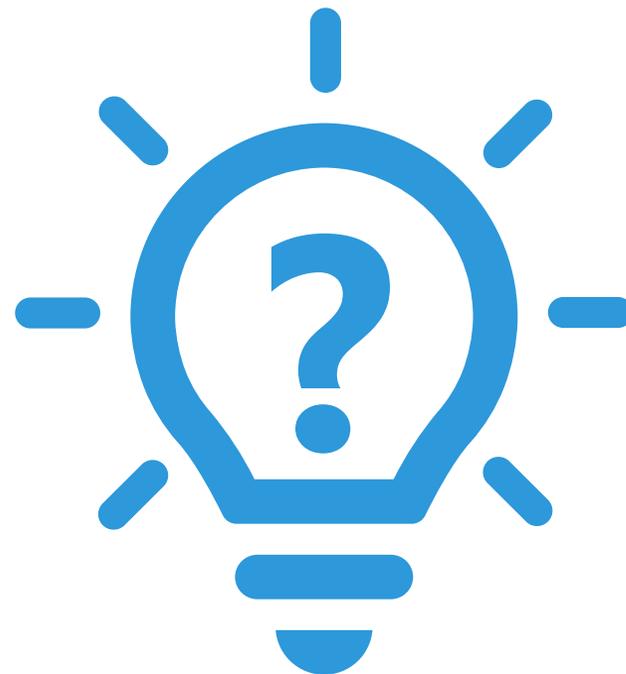




Ökologische und soziale Aspekte



Bezieht in Eure Begründung die ökologische Notwendigkeit der Investition mit ein. Beachtet auch den Zusammenhang zwischen den ökologischen und sozialen Aspekten.



A1-4

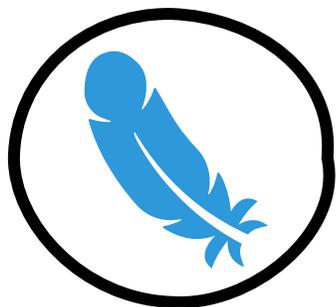
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

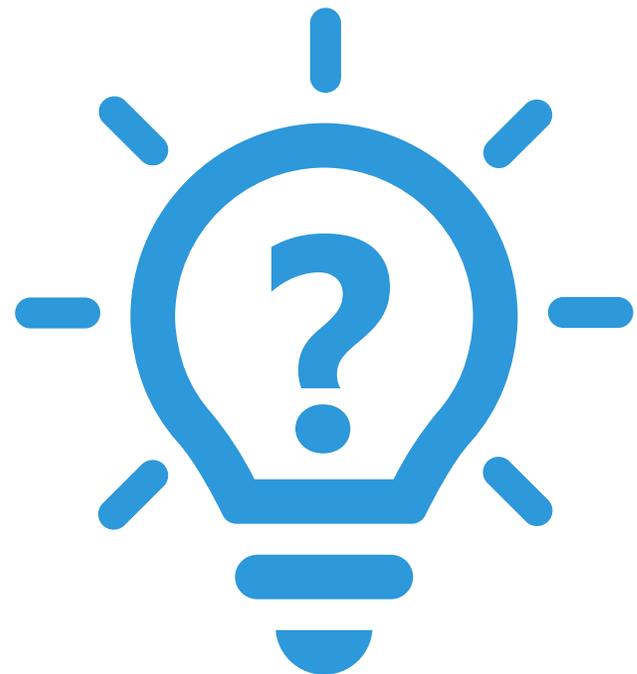




Ökologische und soziale Aspekte



Bezieht in Eure Begründung die ökologische Notwendigkeit der Investition mit ein. Beachtet auch den Zusammenhang zwischen den ökologischen und sozialen Aspekten.



A1-4

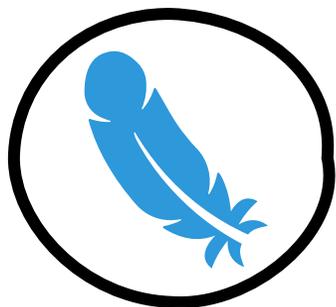
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

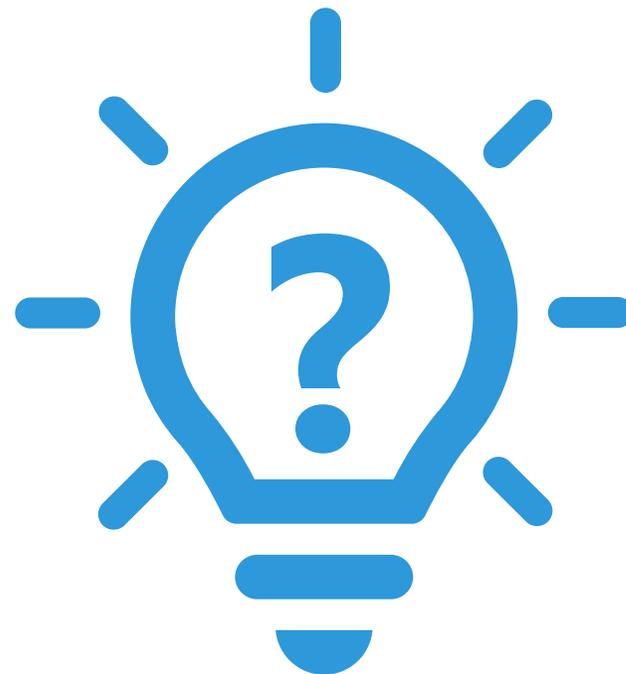




Ökologische und soziale Aspekte



Bezieht in Eure Begründung die ökologische Notwendigkeit der Investition mit ein. Beachtet auch den Zusammenhang zwischen den ökologischen und sozialen Aspekten.



A1-4

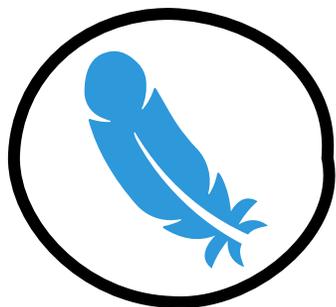
Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

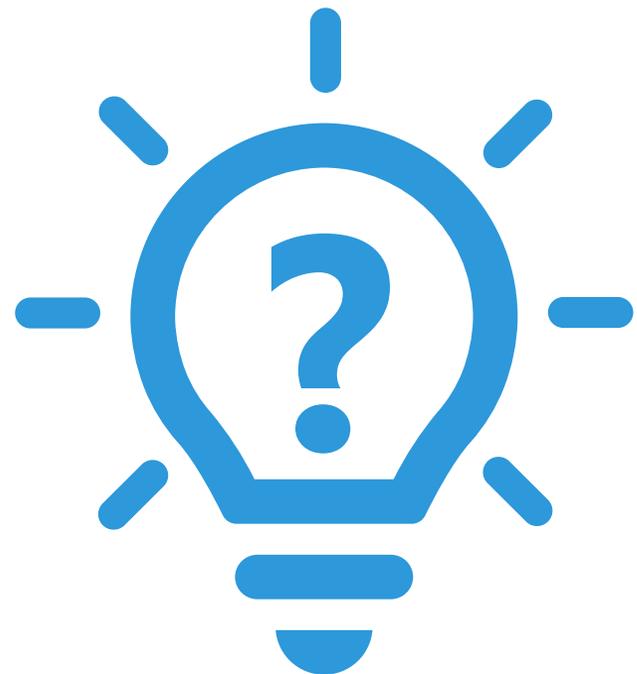




Ökologische und soziale Aspekte



Bezieht in Eure Begründung die ökologische Notwendigkeit der Investition mit ein. Beachtet auch den Zusammenhang zwischen den ökologischen und sozialen Aspekten.



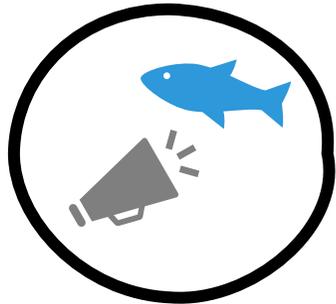
A1-4

Begründet, warum es sinnvoll ist, in Maßnahmen zum Schutz von Vögeln und Fledermäusen zu investieren.

Werden die Schutzmaßnahmen bei allen Windenergieanlagen eines Standorts umgesetzt, könnt ihr pro Standort einen zusätzlichen Ökologiepunkt verdienen.

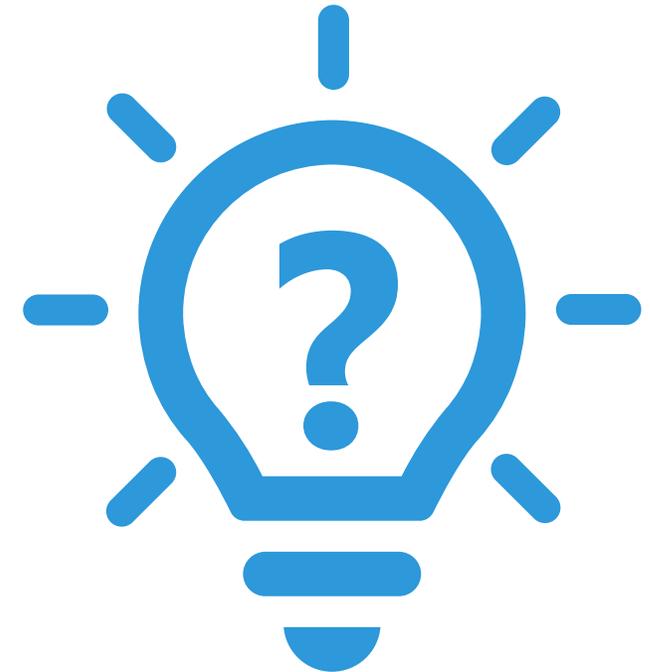


Schallschutz für Meeresbewohner



Informationen über das Funktionsprinzip des Schallschutzes findet Ihr beispielsweise auf der folgenden Internetseite:

 www.continental.com/de/nachhaltigkeit/news/archiv/news-2018/schallschutz-fuer-meeresbewohner



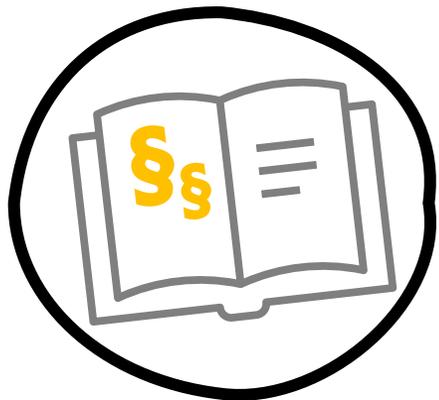
A1-5

Erklärt das Funktionsprinzip des Schallschutzes.

Nutzt zur Recherche das Internet.

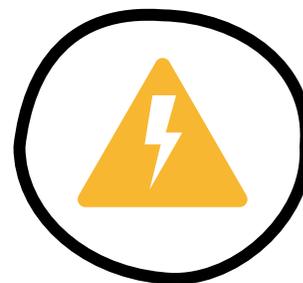


Gesetzliche Vorschriften

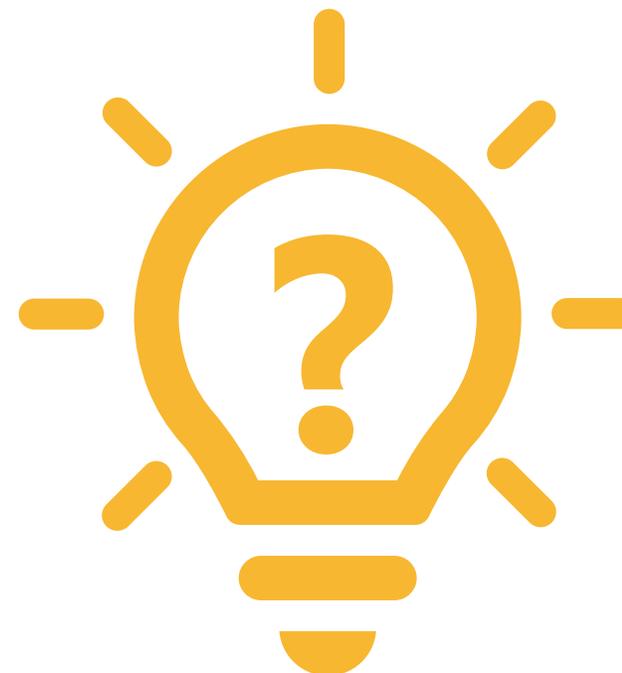


Prüft anhand der **gesetzlichen Vorschriften** zuerst, ob Ihr den gewählten Standort überhaupt bebauen und dafür Fördermittel in Anspruch nehmen dürft.

Beachtet, dass die installierte Leistung für die finanzielle Förderung zwischen 750 kWp und 20 MWp betragen muss.

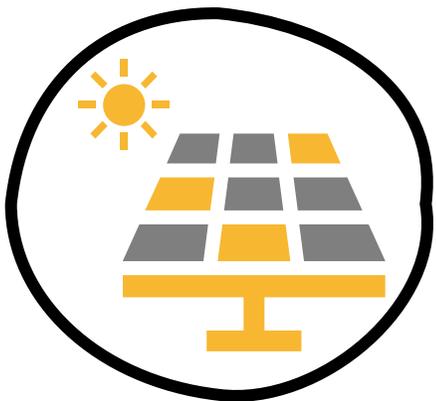


Überprüft für die einzelnen Standorte, ob die gesetzlichen Vorschriften erfüllt sind.





Photovoltaik: Berechnungshilfe Freifläche



Zur Berechnung des Energieertrags benötigt Ihr folgende Angaben:

✓ Pro Quadratmeter Photovoltaikmodul können 100 kWh Energie pro Jahr gewonnen werden.

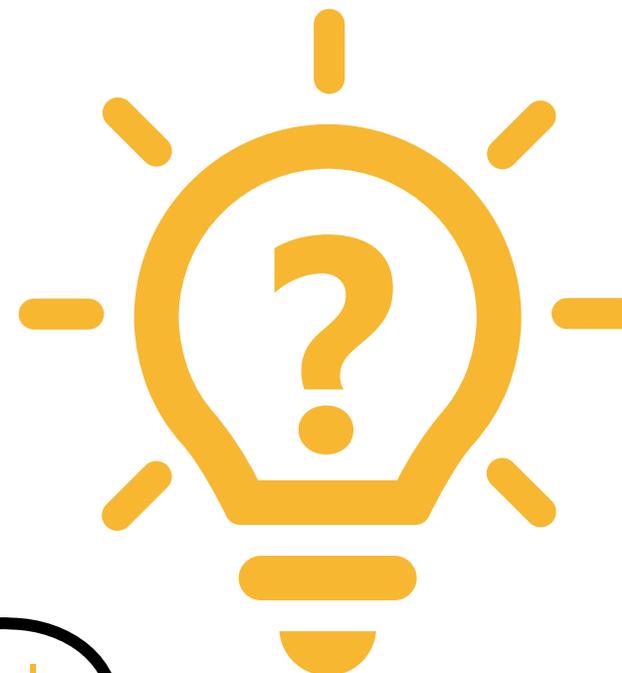
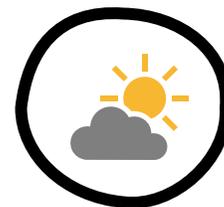


✓ Auf einer Freifläche kann nur die Hälfte der Fläche (Faktor 0,5) genutzt werden.

✓ Die für Photovoltaik nutzbare Fläche des Grundstücks muss um die beschattete Fläche verringert werden.



Berechnet den möglichen Energieertrag für die einzelnen Photovoltaik-Freiflächen.



Photovoltaik: Akzeptanz steigern



Beachtet, dass Ihr zunächst die Sontaler von der Photovoltaik überzeugen müsst. Ansonsten könnt Ihr nur 25 % der wirtschaftlichen Dachflächen nutzen.



Berechnet den möglichen Energieertrag für die Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern.

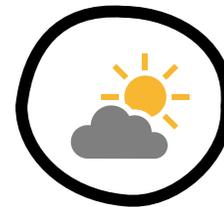


Photovoltaik: Berechnungshilfe Dächer



Berechnet zunächst die Euch zur Verfügung stehenden Dachflächen und verringert diese anschließend nach den Kriterien der Sonnenausrichtung und Beschattung.

Achtung: Da 49 % der Fläche beschattet werden, können nur 51 % der Fläche genutzt werden.



Berechnet den möglichen Energieertrag für die Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern.

Elektrosmog



Beachtet bei Eurem Schreiben, dass Ihr sowohl die Formalitäten einhaltet (Anrede, Höflichkeit gegenüber der alten Dame) als auch die fachlichen Aspekte wissenschaftlich korrekt und verständlich darstellt.

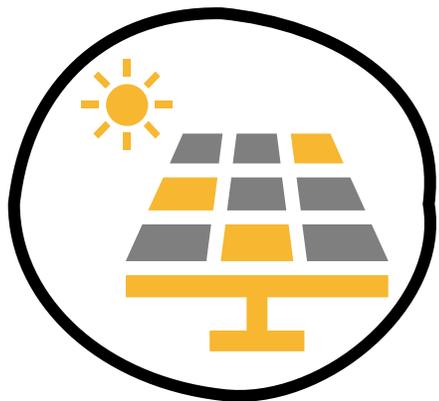


Erklärt die Bedeutung von Elektrosmog bei der Photovoltaik in einem leicht verständlichen Brief.

Mit einer guten Erklärung wird sich Frau Bäuerle hoffentlich beruhigen und weitere Unruhen können verhindert werden.



Funktionsprinzip einer Solarzelle



Verwendet bei der Erklärung die folgenden Begriffe:

Halbleitermaterial, n- und p-Schicht, Elektronen, Elektronenlöcher, Grenzschicht, Ladung, Elektronenfluss, Gleichstrom



A2-2

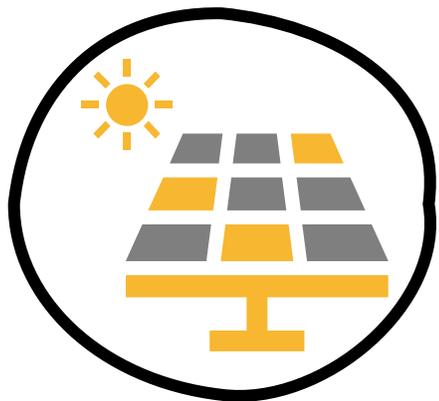
**Erklärt das Funktionsprinzip einer Siliziumsolarzelle.
Illustriert Eure Erklärung mit einer Skizze.**

Nach Eurer Erklärung auf der nächsten Informationsveranstaltung willigen die Sontaler sicher in den Bau ein, wenn sie wissen, dass es sich bei Photovoltaikanalagen nicht um Hexerei, sondern um die technische Anwendung physikalischer Grundlagen handelt.





Funktionsprinzip einer Solarzelle



Seht Euch das folgende YouTube-Video an:
[HZB Berlin: Funktionsweise einer Solarzelle](#)



A2-2

Erklärt das Funktionsprinzip einer Siliziumsolarzelle.
Illustriert Eure Erklärung mit einer Skizze.

Nach Eurer Erklärung auf der nächsten Informationsveranstaltung willigen die Sontaler sicher in den Bau ein, wenn sie wissen, dass es sich bei Photovoltaikanalagen nicht um Hexerei, sondern um die technische Anwendung physikalischer Grundlagen handelt.

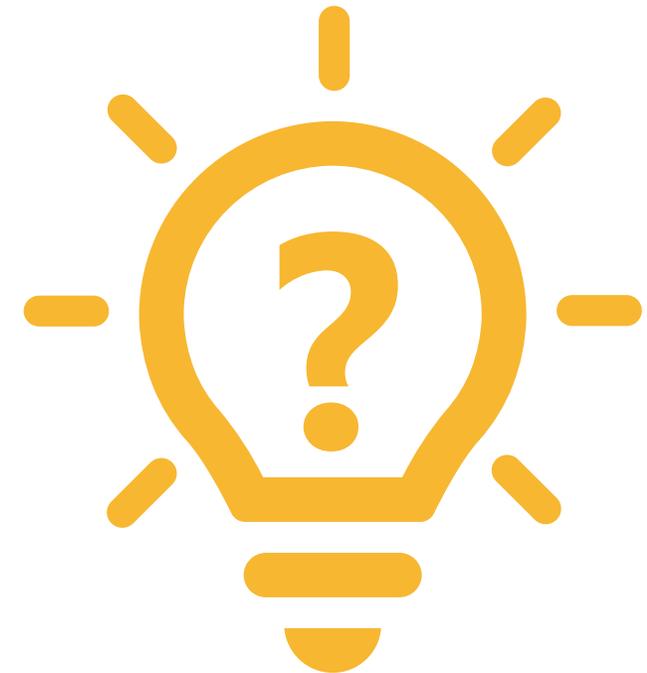




Brandgefahr



Bringt in Eure Begründung auch die Problematik beim Löschen eines Brandes bei einem Haus mit PV-Anlage ein.



A2-3

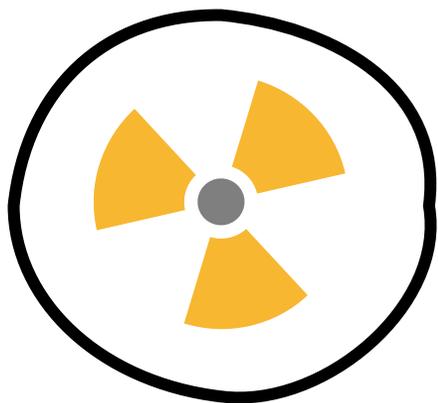
Nehmt in einem Leserbrief Stellung zu der Schlagzeile.

Mit einer guten Erklärung können die Bürger*innen wieder beruhigt schlafen und werden der geplanten Bebauung hoffentlich erneut zustimmen.

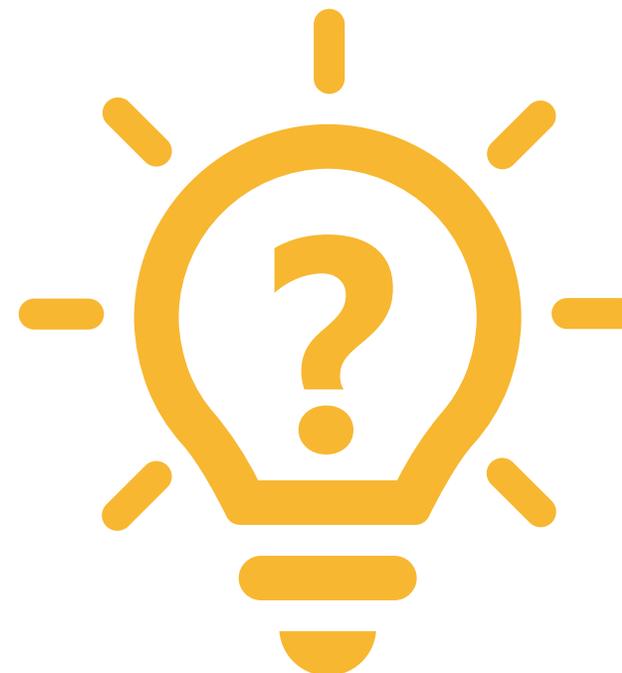




Cadmiumtellurid



Zieht in Euren Vergleich die Kosten, den Wirkungsgrad, die Herstellung, benötigte Materialien und Sicherheitsaspekte mit ein.



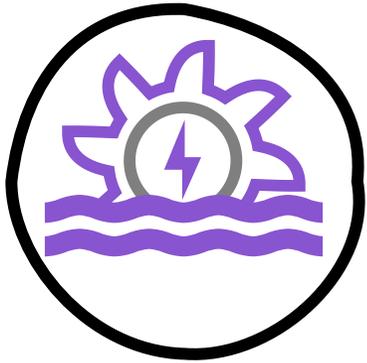
A2-5

Vergleicht die beiden Materialien Silizium und Cadmiumtellurid hinsichtlich ihrer Eignung für Photovoltaik-Anlagen und bewertet ihren Einsatz.

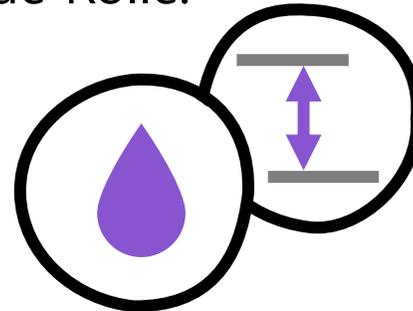
Entscheidet Euch für eins der beiden Materialien.



Energieertrag eines Laufwasserkraftwerks



Für die Berechnung der möglichen Leistung eines Laufwasserkraftwerks spielen zwei Größen eine entscheidende Rolle: Durchfluss und Fallhöhe.

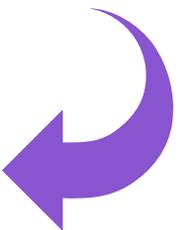
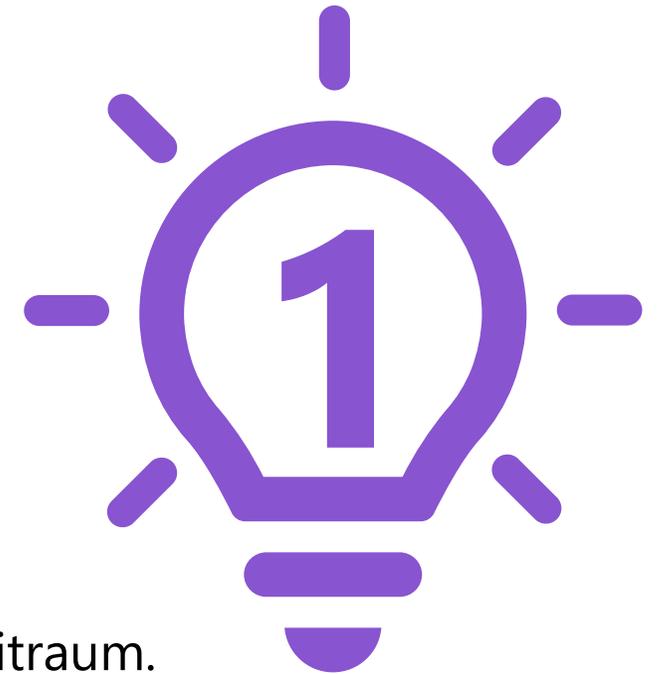


Ermittelt den Durchfluss aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch.

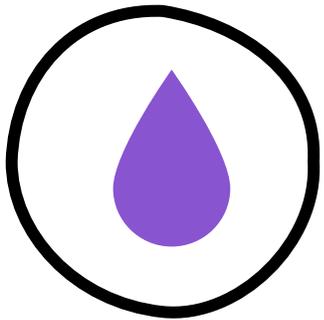
Wählt dazu den mittleren Durchfluss über einen möglichst langen Zeitraum.



Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für ein Laufwasserkraftwerk an Standort A oder B.



Energieertrag eines Laufwasserkraftwerks



Aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch könnt Ihr folgende Daten zum mittleren Durchfluss (MQ) über die letzten 74 Jahre bzw. 94 Jahre entnehmen:



Standort A: $31,3 \text{ m}^3/\text{s}$ Standort B: $61,8 \text{ m}^3/\text{s}$

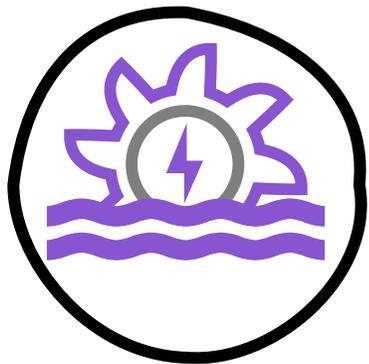


Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für ein Laufwasserkraftwerk an Standort A oder B.





Energieertrag eines Laufwasserkraftwerks



Die Formel für die Berechnung der möglichen Leistung des Laufwasserkraftwerks lautet:

$$P_{\text{Wasser}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

Denkt an den Wirkungsgrad! 

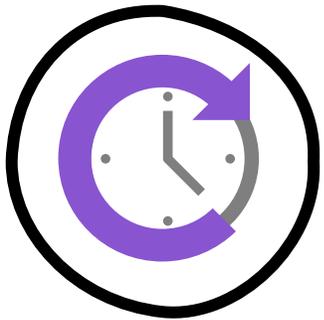
- P_{Wasser} : Leistung Wasserkraftwerk in W
- ρ : Dichte des Wassers ($1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)
- g : Ortsfaktor ($9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)
- Q : Durchfluss in m^3/s
- h : Fallhöhe in m



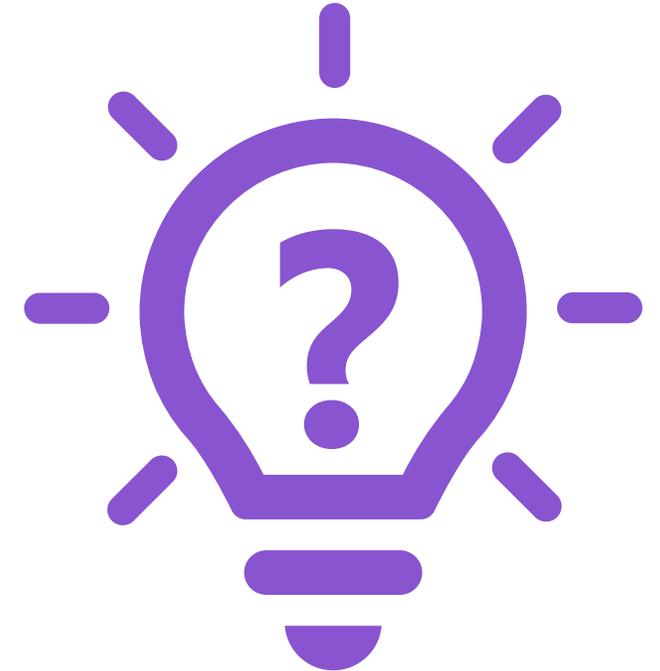
Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für ein Laufwasserkraftwerk an Standort A oder B.



Möglicher Jahresenergieertrag

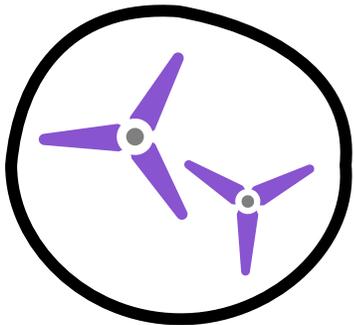


Der mögliche Jahresenergieertrag der beiden Pilotprojekte lässt sich über die Multiplikation der Leistung mit der Betriebszeit berechnen.



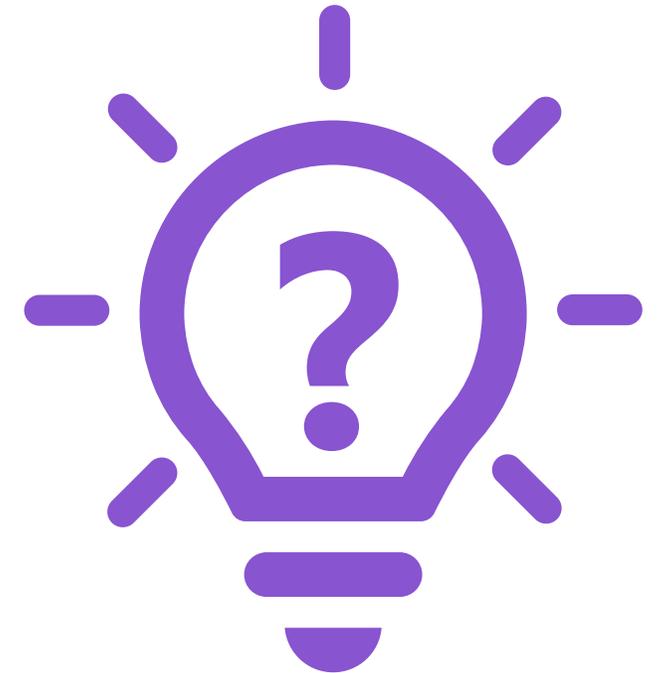
Berechnet den möglichen Jahresenergieertrag für ein Laufwasserkraftwerk an Standort A oder B.

Meeresströmungskraftwerk



Bei dem Projekt Seaflow handelt es sich um ein Meeresströmungskraftwerk. Informationen zu dem Projekt findet Ihr zum Beispiel in dem folgenden Online-Dokument:

 https://www2.ipp.mpg.de/ippcms/ep/ausgaben/ep200304/0403_seaflow_ep.html

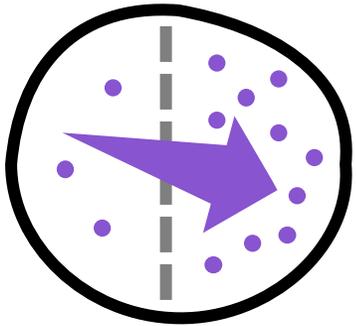


A3-1

Begründet Eure Entscheidung für ein Pilotprojekt vor dem Gemeinderat. Erklärt dazu kurz das Funktionsprinzip der gewählten Technologie.

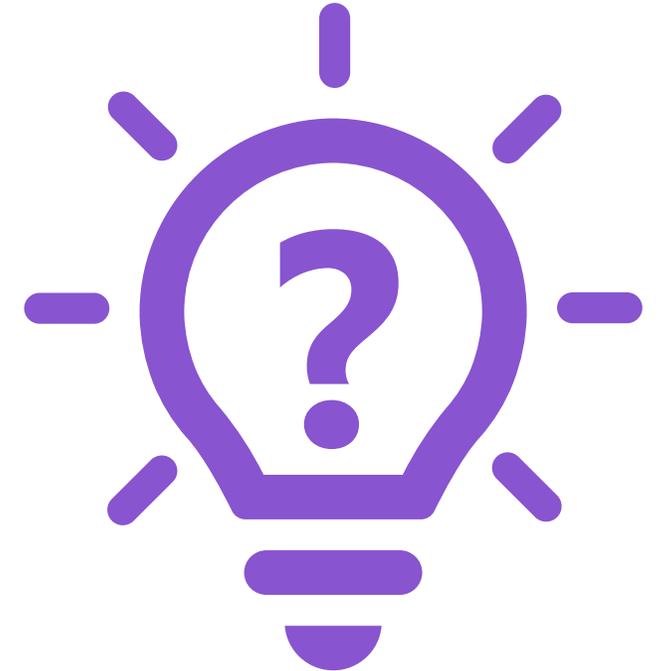


Osmosekraftwerk



Bezieht in Eure Überlegungen das Prinzip der Osmose ein, das Ihr bereits im Biologie- und/oder Chemieunterricht kennengelernt habt.

Stichworte: Semipermeable Membran, Salzgradientenkraftwerk



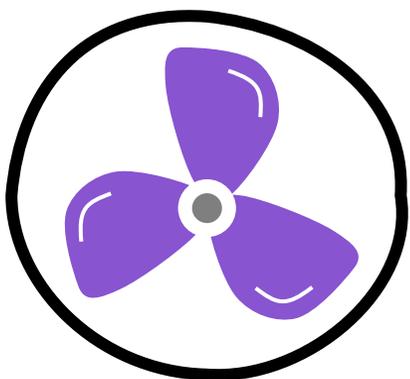
A3-1

Begründet Eure Entscheidung für ein Pilotprojekt vor dem Gemeinderat. Erklärt dazu kurz das Funktionsprinzip der gewählten Technologie.



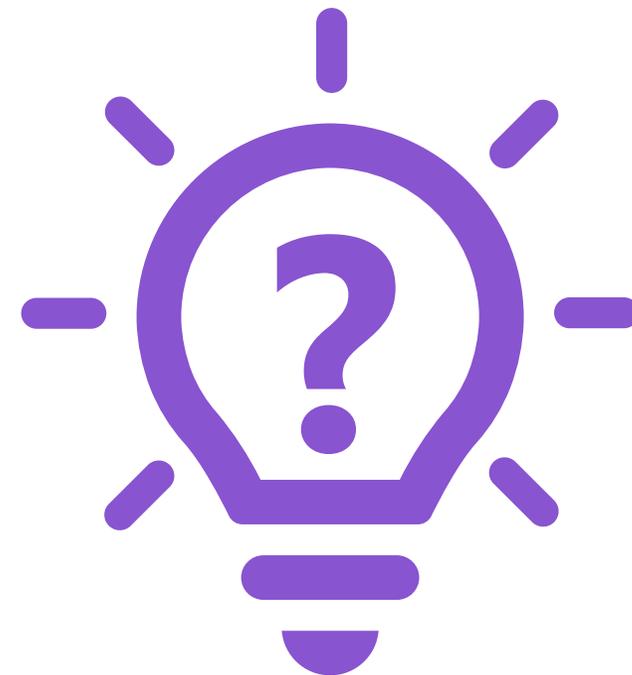


Kaplan-Turbinen sind optimal



Kaplan-Turbinen sind bestens geeignet für den Einsatz bei niedrigen bis sehr niedrigen Fallhöhen sowie großen, schwankenden Durchflussmengen.

Kaplan-Turbinen ähneln hinsichtlich ihres Funktionsprinzips einem Schiffspropeller.



A3-2

Wählt den optimalen Turbinentyp für Eure Anlage und erklärt das Funktionsprinzip dieser Turbine.

Mit dem richtigen Turbinentyp könnt Ihr einen Wirtschaftspunkt verdienen.

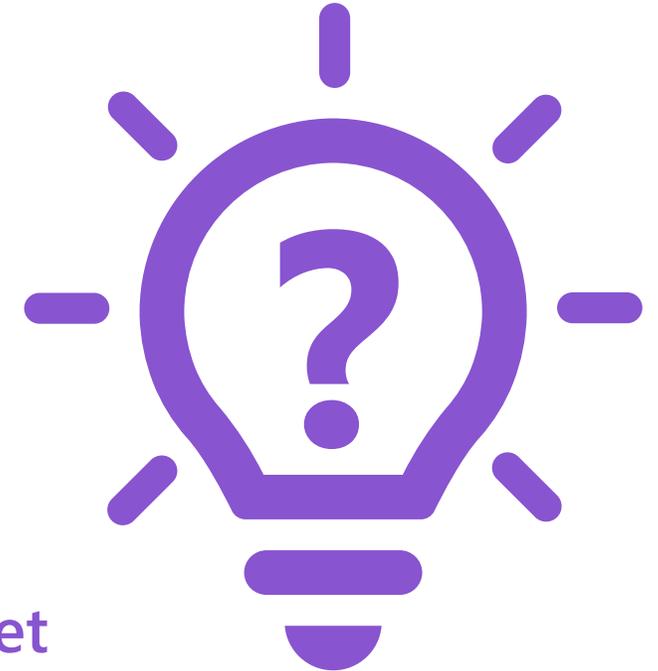


Bedenken ernst nehmen



Recherchiert im Internet, welche Argumente für und welche gegen die Schlagzeilen sprechen. Achtet darauf, dass Ihr zuverlässige Internetquellen aufruft.

Wenn die Bedenken der Bürger*innen nicht unbegründet sind, solltet Ihr Vorschläge anbringen, wie Ihr mögliche Probleme in Eurem Projekt löst.



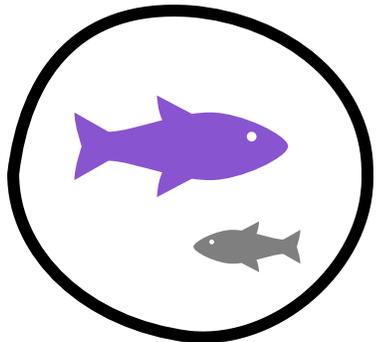
A3-3

Nehmt Stellung zu den Schlagzeilen und bewertet diese anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz für den Ruf der Wasserkraft in Deutschland.

Pro Stellungnahme könnt Ihr Euch zwei Sozialpunkte verdienen.



Durchgängigkeit für Fische



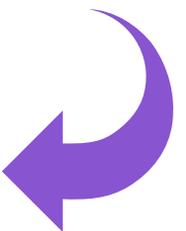
Geht in Eurer Begründung sowohl auf die ökologischen Aspekte als auch auf die Zunahme der Akzeptanz in der Bevölkerung ein, wenn durch die Investition eine bessere Naturverträglichkeit gewährleistet werden kann.

Macht deutlich, welche Vorteile diese Investition mit sich bringt:
Bindet zum Beispiel die Wanderung der Lachse in Eure Argumentation ein.

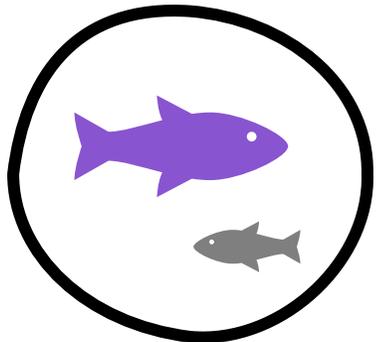


A3-4

Entscheidet Euch für eine oder beide Optionen und begründet Eure Entscheidung vor dem Gemeinderat.



Durchgängigkeit für Fische



Geht in Eurer Begründung sowohl auf die ökologischen Aspekte als auch auf die Zunahme der Akzeptanz in der Bevölkerung ein, wenn durch die Investition eine bessere Naturverträglichkeit gewährleistet werden kann.

Macht deutlich, welche Vorteile diese Investition mit sich bringt:
Bindet zum Beispiel die Wanderung der Lachse in Eure Argumentation ein.

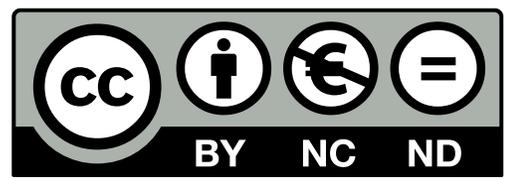


A3-4

Entscheidet Euch für eine oder beide Optionen und begründet Eure Entscheidung vor dem Gemeinderat.



Impressum



Sofern nicht anders angegeben, steht das **Planspiel Sontal regenerativ** von Sina Zendler, Christian Fingerhut und Kristin Stepan unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0.
Lizenzbedingungen: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Explizit nicht unter die Creative Commons-Lizenz fallen die **Comic-Charaktere** © Pixton Comic Inc. (www.pixton.com). Die Grafiken wurden über das Microsoft PowerPoint Add-In Pixton Comic Characters eingefügt und unterliegen den Nutzungsbedingungen unter www.pixton.com/terms-of-use/.

Bildnachweis
Mit freundlicher Genehmigung der Rechteinhaber dürfen die folgenden Grafiken für Bildungszwecke verwendet werden:

Herausgeber: Verein der NwT-Lehrkräfte in Baden-Württemberg e.V.
Benzstr. 24, 71711 Steinheim an der Murr

Kontakt: sontal@nwt-bw.de

Autorin: Sina Zendler, HCG Beilstein

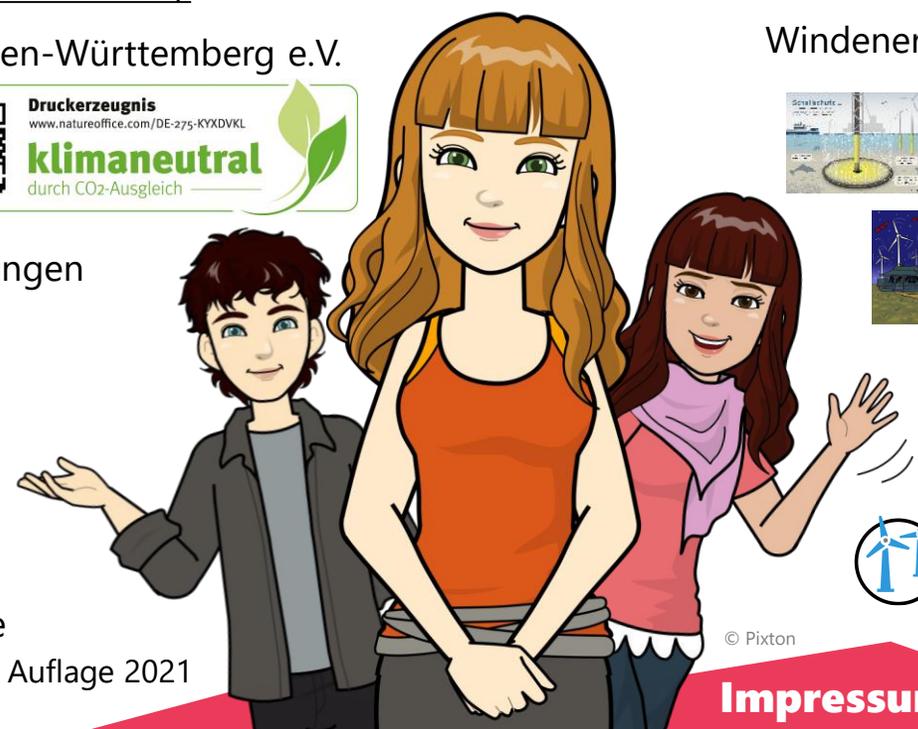
Gestaltung: Christian Fingerhut, Universität Tübingen

Illustration: Kristin Stepan, HSG Bad Wimpfen

Druck: dieUmweltDruckerei, Hannover
Klimaneutral gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Ökostrom aus erneuerbaren Energien

Auflage: 1200 Planspiele für 150 Schulen

mit Unterstützung von
EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe



Windenergieanlage © ENERCON



Blasenschleier © Continental



© Steve Hunter



© Sönke Allers (Fiete & Co)



Die **Piktogramme** wurden in PowerPoint erstellt und können frei verwendet werden.

1. Auflage 2021

© Pixton