

Lehrerhandreichung zum Planspiel

Sontal regenerativ

Übersicht

Einführung in das Planspiel.....	1
Übersicht: Jahresenergieerträge	6
Didaktische Hinweise.....	8
Windenergie.....	11
Photovoltaik.....	12
Wasserkraft.....	13
Technische Tipps.....	14



Liebe Kolleg*innen,

vielen Dank für Ihr Interesse am Planspiel Sontal regenerativ! Das Planspiel wurde für den Einsatz im NwT-Unterricht in Klassenstufe 10 entwickelt, im Unterricht erprobt und 2020 mit dem Förderpreis des Seminars Heilbronn aufgrund der kreativen Aufbereitung des komplexen Themas ausgezeichnet.


Im Planspiel möchten die Bürger*innen der fiktiven Stadt Sontal ihre Stromversorgung auf 100% Erneuerbare Energien umstellen. Die Schülerinnen und Schüler (SuS) schlüpfen in die Rolle von Planungsingenieur*innen: Sie treten in kleinen Teams im Wettbewerb gegeneinander an, um die Stromversorgung der Stadt über Windenergie, Photovoltaik und Wasserkraft mit begrenztem Budget sicherzustellen. Dazu prüfen sie auf Basis eigener Rechnungen die Eignung verschiedener Standorte für Windräder, Photovoltaikanlagen sowie Wasserkraftwerke und wägen zwischen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Faktoren ab. Geäußerte Bedenken von »besorgten« Bürger*innen greifen sie in Stellungnahmen auf, um die Akzeptanz ihres Planungskonzepts zu erhöhen.

In dieser Handreichung finden Sie Hintergrundinformationen, didaktisch-methodische Hinweise zur Einbettung des Planspiels im Unterricht sowie technische Tipps zum Umgang mit den Dateien.

Wir wünschen Ihnen und Ihren SuS viel Spaß mit dem Planspiel in Ihrem NwT-Unterricht!

Sina Zender, Christian Fingerhut und Kristin Stepan im Mai 2022

Das Wichtigste auf einen Blick

sontal@nwt-bw.de 

- ▶ **Schwerpunkte:** Erneuerbare Energien, Energieversorgung, Standortanalyse, Technikethik
- ▶ **Unterrichtsfach:** Naturwissenschaft und Technik in Klasse 10
- ▶ **Zeitlicher Umfang:** 4 bis 5 Doppelstunden mit anschließender Reflexion
- ▶ **Benötigte Materialien je Gruppe:** 2 Tablets, Laptops oder Smartphones mit PowerPoint oder PDF-Betrachter (z. B. Adobe Reader) und der interaktiven Präsentation, Internetzugang für Rechercheaufträge, 1 Planungsskript (DIN A4, ein- oder zweiseitig gedruckt) und 1 Satz gedruckte Spielpunkte: 36 Wirtschafts-, 48 Sozial- sowie 24 Ökologiepunkte.
- ▶ **Sozialform:** Gruppen- oder Partnerarbeit (ideal sind 3 SuS pro Gruppe)
- ▶ **Methode:** Planspiel

Version 1.2

Einführung in das Planspiel

Was gehört alles zum Planspiel?

Das Unterrichtsmaterial zum Planspiel Sontal regenerativ umfasst mehrere Bestandteile:

- ▶ Eine **interaktive Präsentation** als PPTX und PDF mit dem Unterrichtsmaterial für die SuS,
- ▶ eine interaktive Präsentation als PDF mit **Lösungsvorschlägen** zu den Aufgabenstellungen,
- ▶ eine Druckvorlage für das **Planungsskript**, in welchem die SuS ihr Konzept dokumentieren,
- ▶ eine Druckvorlage für die **Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkte** sowie **3D-Spielpunkte**,
- ▶ eine **Video-Einführung**, in dem die Idee und die Bearbeitung des Planspiels erklärt wird, und
- ▶ eine **Handreichung für Lehrkräfte** mit Informationen, Hinweisen und Erläuterungen.



Welches Material benötigen die SuS zur Bearbeitung des Planspiels?

Während des gesamten Planspiels arbeiten die SuS über mehrere Doppelstunden in einem Team zu zweit oder zu dritt zusammen. Jedes Team sollte während der kompletten Unterrichtssequenz über mindestens **zwei digitale Endgeräte** (Laptop, Tablet und/oder Smartphone) auf die interaktive Präsentation zugreifen können. Auf den Folien finden die SuS alle Informationen, Datenblätter sowie Aufgaben und bei Bedarf Hilfestellungen. Jede Gruppe bekommt außerdem ein ausgedrucktes **Planungsskript** zur Verfügung gestellt und sollte einen oder zwei **Taschenrechner** zur Hand haben.



Um die Kommunikation in der Gruppe zu erleichtern, bietet es sich an, **Gruppentische** zu bilden. Die SuS arbeiten kollaborativ oder kooperativ zusammen. Entsprechend der konstruktivistischen Lerntheorie nehmen Sie als Lehrkraft eine beratende Rolle ein und geben den SuS Rückmeldungen zu ihren Lösungen.

Halten Sie pro Team **36 Wirtschafts-, 48 Sozial-** sowie **24 Ökologiepunkte** bereit. Die einzelnen Teams sind dafür verantwortlich, ihre über die Bearbeitung der Aufgaben erarbeiteten Punkte zu sammeln. Stellen Sie den SuS dafür zum Beispiel kleine, verschließbare Kuverts zur Verfügung.

Die **Spielpunkte** können über die Druckvorlage farbig ausgedruckt, laminiert und mit einem Schneidegerät schnell zugeschnitten werden. Alternativ können Sie die vergebenen Punkte auf einem Bogen pro Gruppe einkreisen/abhaken. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, vom Verein NwT-BW einen Klassensatz **3D-Spielpunkte** zu erwerben oder diese über die STL-Dateien selbst ausdrucken.



Was ist das Ziel des Planspiels?

Die SuS entwickeln im Wettbewerb ein **Konzept**, um den elektrischen Energiebedarf der fiktiven Stadt Sontal mit Erneuerbaren Energien zu decken. Zur Wahl stehen ihnen dabei verschiedene Standorte für die Nutzung von **Windenergie**, **Photovoltaik** und **Wasserkraft**. Die SuS wägen die verfügbaren Technologien und Standorte unter **wirtschaftlichen**, **sozialen** und **ökologischen** Gesichtspunkten ab und setzen sich dabei mit Interessenkonflikten auseinander, die im Planspiel von Bürger*innen der Stadt Sontal hervorgebracht werden. Gesetzliche Rahmenbedingungen und ein begrenztes Budget schränken die Optionen ein und fordern die SuS dazu heraus, gut begründete **Entscheidungen** zu treffen.

Alle Entscheidungen müssen von den SuS im Gespräch untereinander sowie mit Ihnen verhandelt, aus verschiedenen Perspektiven bewertet und mitunter immer wieder angepasst werden. Der Fokus der Planung soll hierbei auf das nachhaltige Handeln gelegt werden; die Teams versuchen dazu im Spiel, möglichst viele Punkte verdienen. Die Punkte erhalten die SuS von Ihnen für gut begründete Entscheidungen und schlüssige Erklärungen – je nach Qualität der Lösung vergeben Sie maximal die angegebene Anzahl an Wirtschafts-, Sozial- und/oder Ökologiepunkten. Die Gruppe, die am Ende des Planspiels die **meisten Punkte** gesammelt hat und das **beste Konzept** vorlegt, gewinnt.

Wie läuft das Planspiel ab?

Lassen Sie die SuS zur Vorbereitung auf das Planspiel die 10-minütige **Videoeinführung** ansehen:



Die SuS erhalten im Video einen Einblick in den **Ablauf des Planspiels** und ihren Auftrag. Sie lernen gleichzeitig, wie sie die interaktive Präsentation steuern können. Nach der gemeinsamen Einführung arbeiten die SuS über **vier bis fünf Doppelstunden** selbstständig an der Entwicklung des Konzepts:

Grundlagen erschließen

Alle Gruppen beginnen das Planspiel mit dem Durcharbeiten der grünen Folien zu den Grundlagen im Büro der Bürgermeisterin. Die **Bürgermeisterin** führt die SuS in das Szenario ein: Sie teilt den SuS das Vorhaben der Stadt Sontal (Umstellung auf 100% Erneuerbare Energien) mit, gibt Informationen über die **Rahmenbedingungen** sowie die Einwohnerzahl, den elektrischen Energiebedarf und das über EU-Fördermittel zu beantragende Budget. Außerdem müssen Grund- und Spitzenlast sowie die damit verbundene Notwendigkeit eines Energiespeichers berücksichtigt werden. Erst wenn die Gruppen alle Aufgaben zu den Grundlagen bearbeitet haben, gelangen sie zu der **Übersichtskarte** der Stadt Sontal.



Übersichtskarte: Standorte für Windenergie, Photovoltaik und Wasserkraft auswählen

Auf der Übersichtskarte sind alle möglichen **Standorte** für die Nutzung der Windenergie (1x), Photovoltaik (2x) oder Wasserkraft (3x) zu sehen. Ein Klick auf die Punkte führt zu dem jeweiligen Standort.



Auf den Standort-Folien sind links alle nötigen Informationen zur Berechnung der möglichen Jahresenergieerträge und rechts die maximal zu erwerbenden Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkte aufgelistet. **Comic-Figuren** erwecken die fiktive Stadt Sontal zum Leben und teilen den SuS ihre Gedanken zur Nutzung des Standorts für Erneuerbare Energien mit.



Sontal 1b Windenergieanlage

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

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

Windenergie 8

An manchen Standorten können (grau hinterlegte) Zusatzpunkte über die Auseinandersetzung mit Vertiefungen erarbeitet werden. Die Informationen und Aufgaben sind über einen Klick auf die Zusatzkarte zugänglich.

Informationen zur Berechnung der Energieerträge und gesetzliche Vorschriften recherchieren

Um zu erfahren, wie sie die **Jahresenergieerträge** berechnen können, müssen die SuS zunächst die grundlegenden Informationen zu den jeweiligen Erneuerbaren Energien Folie für Folie durcharbeiten. Diese befinden sich in der rechten unteren Ecke der Übersichtskarte und können durch einen Klick auf die Symbole aufgerufen werden.



Alle möglichen Standorte zu der gewählten Erneuerbaren Energie werden nun übersichtlich aufgelistet. Außerdem sind in den Abschnitten auf den nachfolgenden Folien sowohl die Datenblätter zur Berechnung der Jahresenergieerträge zu finden als auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen beschrieben, die von den SuS bei der Auswahl der Standorte unbedingt beachtet werden müssen.

Sontal 1 Grundlagen

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

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**.

Windenergie 1

Sontal 1 Grundlagen

Datenblatt der ENERCON E-92 Anlage

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

Windrichtung	Windgeschwindigkeit	Ertragskoeffizient	Punkte
1	6,0	0,06	1
2	8,5	0,17	2
3	10,0	0,27	3
4	10,5	0,30	4
5	10,8	0,32	4
6	10,9	0,33	4
7	11,0	0,33	4
8	11,1	0,34	4
9	11,2	0,34	4
10	11,3	0,35	4
11	11,4	0,35	4
12	11,5	0,36	4
13	11,6	0,36	4
14	11,7	0,37	4
15	11,8	0,37	4
16	11,9	0,38	4
17	12,0	0,38	4
18	12,1	0,39	4
19	12,2	0,39	4
20	12,3	0,40	4

Windenergie 3

Über Vertiefungen Zusatzpunkte verdienen

Die SuS können sich zudem freiwillig **Zusatzpunkte** verdienen, wenn sie die jeweilige Erneuerbare Energie an mindestens einem Standort nutzen. Sie müssen dazu rechts unten auf die kleinen Symbole mit den Spielpunkten klicken und die Zusatzaufgaben bearbeiten. Bei der Windenergie und Photovoltaik können sich die SuS auf diese Weise zusätzliche Sozialpunkte verdienen und bei der Wasserkraft ist darüber hinaus der Verdienst zusätzlicher Wirtschaftspunkte möglich, wenn die entsprechenden Aufgaben richtig beantwortet werden.



Über einen Klick auf die Glühlampe (rechts unten in der Ecke) können die SuS jederzeit schnell auf den Projektauftrag und Informationen zur Punktevergabe zugreifen.

Wie dokumentieren die SuS ihre Überlegungen?

Ihre Überlegungen dokumentieren die SuS in je einem **Planungsskript** pro Gruppe.

Sie halten darin ihre Berechnungen und Stellungnahmen in vorgesehenen Feldern schriftlich fest. Für jede Form der Erneuerbaren Energien können die SuS auf den Übersichtsseiten die möglichen Jahresenergieerträge von Windrädern, Photovoltaikanlagen und Wasserkraftwerken an den einzelnen Standorten in einer geeigneten Darstellung berechnen und die ausgewählten Standorte markieren sowie die Anzahl der errichteten Windräder oder Photovoltaikmodule (in m²) eintragen.

In dem Planungs-kript sind außerdem alle Aufgabenstellungen aufgeführt und Lücken für die Lösungen vorgesehen; nicht alle Gruppen müssen jedoch alle (Zusatz-)Aufgaben bearbeiten.

Auf dem Deckblatt können außerdem die Namen der Gruppenmitglieder, die Anzahl der insgesamt erworbenen Punkte sowie das Restkapital notiert werden.



Wie endet das Planspiel? Wie präsentieren die SuS ihre Ergebnisse?

Zum Abschluss des Planspiels präsentieren die SuS ihre Planungskonzepte im Rahmen einer Gemeinderatssitzung. Dabei sollen sie ihre Strategien und die Wahl unterschiedlicher Schwerpunkte in kurzen Präsentationen erläutern, sodass die Entscheidung für oder gegen einzelne Standorte und Technologien im Unterrichtsgespräch kritisch aus verschiedenen Beobachterpositionen reflektiert werden kann. Die unterschiedlichen Strategien und Konzepte (Spielpunkte, genutzte Erneuerbare Energien, gewählte Standorte, Schwerpunkte bei der Planung) werden an der Tafel gesammelt.



Überschüssiges Geld und überschüssige Energie werden am Ende in Wirtschaftspunkte umgetauscht. Die Punkte jeder Gruppe werden zusammengezählt und die Gruppe mit der höchsten Gesamtanzahl an Punkten und dem besten Konzept gewinnt den Wettbewerb. Die SuS können etwa 100 Punkte erzielen. Der didaktische Mehrwert liegt jedoch nicht im Auszählen der Punkte, sondern in der Diskussion der unterschiedlichen Lösungen unter wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten.

Zum Abschluss des Planspiels sollten sowohl die Gemeinsamkeiten mit als auch die Abstraktionen des Planspiels von realen Bedingungen explizit thematisiert werden. Ein Blick auf echte Ökostädte (z. B. Masdar City) rundet die Unterrichtssequenz ab.

Welches ist die beste/richtige/optimale Lösung?

Eine eindeutige Lösung der Energieversorgung ist im gesamten Planspiel nicht vorgezeichnet. Das Planspiel nimmt seinen Ausgang von der klar formulierten Mindestanforderung, dass alle Gruppen den berechneten Energiebedarf mit dem vorhandenen Budget und unter Wahrung der gesetzlichen Rahmenbedingungen abdecken müssen. Die SuS dürfen hierbei selbst entscheiden, mit welcher Erneuerbaren Energie sie beginnen und ob sie überhaupt alle drei nutzen möchten. Durch die vielen Entscheidungsmöglichkeiten der Spielergruppen entsteht eine gewisse Dynamik und Vielfalt der Lösungsansätze. Ziel ist ein nicht geradliniger Lernweg, bei dem die SuS auch Umwege gehen und neue Anläufe starten müssen, sodass verschiedene Strategien erprobt werden können. Die Notwendigkeit wiederholter Lösungsversuche ist nicht als negativ zu bewerten, sondern als Zeichen einer realitätsnahen Vorgehensweise beim Planen in der abschließenden Reflexion aufzugreifen.



Gibt es Differenzierungsmöglichkeiten?

Im Verlauf des Planspiels können sich die SuS auf vielfältige Weise **zusätzliche Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkte** verdienen. Die Aufgaben und Informationen dazu finden sie in der interaktiven Präsentation und halten ihre Ergebnisse an der entsprechenden Stelle im Planungskript fest.

Zu jeder Aufgabenstellung gibt es **(gestufte) Hilfen**. Diese sind als Glühlampen auf den Folien verlinkt und geben den SuS Tipps zur Lösung der Aufgabe. Wenn mehrere Tipps vorhanden sind, sollten diese nach dem Prinzip der minimalen Hilfe der Reihe nach einzeln abgerufen werden. Ein Klick auf den geschwungenen Pfeil rechts unten führt die SuS wieder zurück zur letzten Folie.

Optimaler Turbinentyp

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?

Wählt den optimalen Turbinentyp für Eure Anlage und erklärt das Funktionsprinzip dieser Turbine. Mit dem richtigen Turbinentyp könnt Ihr einen Wirtschaftspunkt verdienen.

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.

Wählt den optimalen Turbinentyp für Eure Anlage und erklärt das Funktionsprinzip dieser Turbine. Mit dem richtigen Turbinentyp könnt Ihr einen Wirtschaftspunkt verdienen.



Lösungsvorschläge zu den Aufgaben sind in einer separaten Lösungsversion der interaktiven Präsentation an Stelle der Hinweise verlinkt. Statt einer Glühlampe ist dort ein Häkchen zu sehen, der auf die passende Folie mit der Lösung führt.

Stellen Sie den SuS die Lösungen über ein zusätzliches digitales Endgerät vorne am Pult zur Selbstkontrolle bereit, aber machen Sie die Lösungen nicht online zugänglich.



Was ist bei der Vergabe der Spielpunkte zu beachten?

Die Vergabe der Spielpunkte soll einerseits die Motivation der SuS für die Bearbeitung der (Zusatz-) Aufgaben erhöhen, andererseits Ihnen als Lehrkraft die Möglichkeit bieten, mit den SuS während des Planspiels regelmäßig ins Gespräch über die Inhalte zu kommen. Die Vergabe der Punkte für gelöste Aufgaben bietet eine Möglichkeit zur Diagnose des Lernfortschritts: Sie verteilen nach Überprüfung der Lösungen gezielt Punkte und geben den SuS eine Rückmeldung zur Qualität ihrer Lernprodukte.



Ziehen Sie bei unzureichenden Lösungen in Betracht, weniger als die maximal mögliche Anzahl an Punkten für die Aufgabe zu vergeben, verzichten Sie jedoch auf die Vergabe halber Punkte.

Gesprächsbedarf können die SuS nonverbal über Aufsteller signalisieren und – solange sie als Gruppe auf Ihre Rückmeldung warten – problemlos weitere Aufgaben bearbeiten.

Warum die Unterteilung in Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkte?

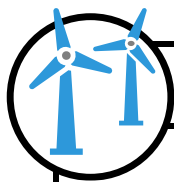
Die Unterteilung in Sozial-, Wirtschafts- und Ökologiepunkte orientiert sich am Drei-Säulen-Prinzip der nachhaltigen Entwicklung. Die Prämisse des Prinzips ist, dass nachhaltige Entwicklung nur dadurch verwirklicht werden kann, dass ökonomische, soziale und umweltbezogene Aspekte gleichzeitig und gleichberechtigt bedacht werden. Die drei Aspekte bedingen einander.

Die alleinige Maximierung einer der drei Aspekte führt nicht zu einer nachhaltigen Lösung. So geht etwa die höhere Wirtschaftlichkeit einer Anlage häufig auf Kosten der Akzeptanz unter den Anwohner*innen oder steht in Konflikt mit dem Naturschutz und umgekehrt. Diese Erkenntnis und die Abwägung der drei Aspekte für verschiedene Standorte und Erneuerbare Energien ist für das Planspiel zentral.



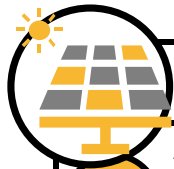
Übersicht: Jahresenergieerträge

An den einzelnen Standorten können in Abhängigkeit von der Anzahl der errichteten Windenergieanlagen bzw. der genutzten Fläche an Solarmodulen bzw. den umgesetzten Wasserkraftprojekten folgende Energieerträge sowie Spielpunkte zu den dargestellten Kosten erzielt werden:



	Windräder	Kosten	Jahresertrag	Punkte	Bonus
1a Ackerland West 2,0 ha 60 000 € + 2 990 000 €/WEA	1	3 050 000 €	7 170 MWh/a		A1-4 Fledermäuse +8 000 € -600 MWh/a / WEA max. 4 WEA
	2	6 040 000 €	14 340 MWh/a		
	3	9 030 000 €	21 510 MWh/a		
	4	12 020 000 €	28 680 MWh/a		
	5	15 010 000 €	35 850 MWh/a		
1b Ackerland Süd 2,0 ha 75 000 € + 2 990 000 €/WEA	1	3 065 000 €	8 683 MWh/a		A1-4 Vögel +8 000 € max. 4 WEA
	2	6 055 000 €	17 366 MWh/a		
	3	9 045 000 €	26 049 MWh/a		
	4	12 035 000 €	34 732 MWh/a		
	5	15 025 000 €	43 415 MWh/a		
1c Liegewiese 2,5 ha 101 000 € + 2 990 000 €/WEA	1	3 091 000 €	9 187 MWh/a		A1-4 Vögel +8 000 € max. 5 WEA
	2	6 081 000 €	18 374 MWh/a		
	3	9 071 000 €	27 561 MWh/a		
	4	12 061 000 €	36 748 MWh/a		
	5	15 051 000 €	45 935 MWh/a		
	6	18 041 000 €	55 122 MWh/a		
1d Viehweide 1,0 ha 40 000 € + 2 990 000 €/WEA	1	3 030 000 €	7 358 MWh/a		
	2	6 020 000 €	14 716 MWh/a		
	-	Fläche nicht ausreichend.			
	-	1 WEA: 4000 m ² = 0,4 ha 3 · 0,4 ha = 1,2 ha > 1,0 ha			
1e Wiese am Waldrand 1,6 ha 55 000 € + 2 990 000 €/WEA	1	3 045 000 €	8 818 MWh/a		
	2	6 035 000 €	17 636 MWh/a		
	3	9 025 000 €	26 454 MWh/a		
	4	12 015 000 €	35 272 MWh/a		
	-	Fläche nicht ausreichend.			
1f Offenes Meer 6 485 000 €/WEA	1	6 485 000 €	11 278 MWh/a		A1-4 Vögel +8 000 € A1-5 Lärm +45 000 €
	2	12 970 000 €	22 556 MWh/a		
	3	19 455 000 €	33 834 MWh/a		
	4	25 940 000 €	45 112 MWh/a		
	:	unbegrenzt bebaubar			
1g Bauerwartungsland 1,0 ha, - €	Nicht bebaubar: Der Mindestabstand zur Stadt wird nicht eingehalten. 0,2 km = 200 m < 266 m = 1,5 · (Nabenhöhe + Rotordurchmesser)				
1h Naturschutzgebiet 4,0 ha, 140 000 €	Nicht bebaubar: Naturschutzgebiete bleiben grundsätzlich außen vor.				

Grundformel: 1 MWh/a pro 10m² aktive Fläche mit 1 kWp Photovoltaikanlage



	Standorte	Fläche	Kosten	Jahresertrag	Punkte	Bonus
2a	Ackerland West 9 000m ² 60 000 € + 700 €/kWp	mind.	663 121 €	750 MWh/a	€ €	nur mit A2-4 Agrophotovoltaik (inkl. 104 €/kWp)
		$P = A \cdot (1 - 0,10) \cdot 0,5 \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2}$			☺ ☺ ☺	
		100 %	783 600 €	900 MWh/a	☺ ☺ ☺	
2b	Ackerland Süd 9 500m ² 75 000 € + 700 €/kWp	mind.	678 020 €	750 MWh/a	€	optional mit A2-4 Agrophotovoltaik (ohne: -104 €/kWp)
		$P = A \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,5 \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2}$			☺ ☺ ☺	
		100 %	838 800 €	950 MWh/a	☺ ☺ ☺	
2c	Liegewiese 12 250m ² 101 000 € + 700 €/kWp	mind.	626 133 €	750 MWh/a	€ €	
		$P = A \cdot (1 - 0,02) \cdot 0,5 \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2}$			☺ ☺	
		100 %	958 500 €	1 225 MWh/a	☺ ☺	
2d	Viehweide 4 100m ²	Leistung zu gering: $10\,000\text{ m}^2 \cdot (1 - 0,18) \cdot 0,5 \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2} = 410\text{ MWh/a}$ < 750 MWh/a (entspricht 750 kWp bei 1000 Volllaststunden im Jahr)				
2e	Wiese am Waldrand 5 600m ²	Leistung zu gering: $16\,000\text{ m}^2 \cdot (1 - 0,30) \cdot 0,5 \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2} = 560\text{ MWh/a}$ < 750 MWh/a (entspricht 750 kWp bei 1000 Volllaststunden im Jahr)				
2f	Bauerwartungsland 4 250m ²	Nutzung nicht möglich: Bauplatz.				
2g	Hausdächer 100%: 192 305 m ² 1300 €/kWp	$P = A_{\text{Dach}} \cdot 0,48 \cdot (1 - 0,49) \cdot 0,1 \frac{\text{MWh/a}}{\text{m}^2}$			+20 % Fläche mehr nutzbar je Sozialpunkt ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺	A2-1 Elektrosmog A2-2 Funktionsprinzip A2-3 Brandgefahr A2-5 Cadmiumtellurid (750 statt 1300 €/kWp)
		10 %	2 499 966 €	1 923 MWh/a		
		25 %	6 249 915 €	4 808 MWh/a		
		45 %	11 249 848 €	8 654 MWh/a		
		65 %	16 249 780 €	12 500 MWh/a		
85 %	21 249 712 €	16 346 MWh/a				



	Standorte	Kosten	Jahresertrag	Punkte	Bonus
3a	Fluss Sonel im Wandergebirge 31,3 m ³ /s, 5 m, 267 d, Wirkungsgrad: 85 %	9 940 000 €	8 362 MWh/a	☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺	A3-4 Fische +99 995 € (Aufstieg) +101 240 € (Abstieg)
3b	Fluss Sonel nahe der Stadtbrücke 61,8 m ³ /s, 4 m, 267 d, Wirkungsgrad: 85 %	22 400 000 €	13 209 MWh/a	☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺	A3-4 Fische +99 995 € (Aufstieg) +101 240 € (Abstieg)
3c	Meeresströmungskraftwerk Seaflow 290 kW (ausbaufähig)	1 800 000 €	2030 MWh/a	€ € ☺ ☺ ☺ ☺ ☺	
	Offenes Meer Osmosekraftwerk Statkraft 4 kW (bis zu 25 MW bei Projekterfolg)	13 000 000 €	31,2 MWh/a	Projekt nicht zukunftsfähig	

Didaktische Hinweise

Wieso sollte das Planspiel in den NwT-Unterricht integriert werden?

»Hunderte Schüler demonstrieren für den Klimaschutz«¹. Schlagzeilen wie diese prägen seit dem Start der Fridays-for-Future-Bewegung im August 2018 das Titelblatt unzähliger Zeitungen. Vielleicht ist auch heute ein Freitag und ein paar Ihrer SuS sind auf einer Demonstration und fordern, in Deutschland bis spätestens im Jahr 2035 auf 100% erneuerbare Energieversorgung² umzusteigen. Die anhaltende Präsenz der Bewegung in den Medien und die Ausdauer der Demonstrant*innen spiegelt die gesamtgesellschaftliche Relevanz des Klimaschutzes wider und zeigt vor allem, wie wichtig den SuS das Thema für ihre Zukunft ist. In dem Planspiel sollen die SuS die Gelegenheit erhalten, einen Teil der komplexen Entscheidungsprozesse und Abwägungen bei diesem Vorhaben nachzuvollziehen, um selbst mündig und aktiv an der Gestaltung der Zukunft mitwirken zu können.

An diesen Grundzügen der Entscheidungs- und Bewertungsprozesse soll das Planspiel anknüpfen, diese deutlicher hervorheben und sie aus der Komplexität der Wirklichkeit in ein überschaubares didaktisches Szenario transferieren. Gleichzeitig nimmt das Planspiel mit der Technikbewertung und der Technikethik einen Bereich der prozessbezogenen Bildungsplankompetenzen in den Fokus, der gerade im NwT-Unterricht der Klassenstufe 10 an allgemeinbildenden Gymnasien eine zentrale Rolle einnehmen soll, zu dem es aktuell allerdings noch wenige erprobte Unterrichtskonzepte gibt.

Die inhaltsbezogenen Kompetenzen des Bildungsplans zu den Unterpunkten »Energie in Natur und Technik« und »Energieversorgungssysteme« (insbesondere die Punkte, die eine Bewertung der Energieversorgung hinsichtlich wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Kriterien verlangen) sind schwer allein in Form eines praktischen Projekts mit Fokus auf Konstruktion & Entwicklung zu vereinen. Das Planspiel bietet zu diesen eine komplementäre Ergänzung.

Welchen Beitrag leistet das Planspiel zur Kompetenzentwicklung der SuS?

Spielerisch ermöglicht das Planspiel den SuS, ihre prozessbezogenen Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation & Organisation sowie vor allem Bedeutung & Bewertung weiterzuentwickeln. Es fördert dabei den handelnden Umgang mit den im NwT Bildungsplan unter dem Punkt Energie und Mobilität (3.2.2) genannten inhaltsbezogenen Kompetenzen. Die SuS können

3.2.2.1 Energie in Natur und Technik

- (2) [den] Begriff[.] Energiespeicher [...] erläutern
- (3) Energieübertragungsketten in Systemen grafisch darstellen und erklären (zum Beispiel [..], Maschinen)
- (5) Energieumsätze abschätzen, berechnen und vergleichen
- (7) [...] Leistungen berechnen und vergleichen (Wirkungsgrad in Energieübertragungsketten)

3.2.2.2 Energieversorgungssysteme

- (1) Grundbegriffe der Energieversorgung beschreiben
(zum Beispiel fossile und regenerative Energieträger, Grund- und Spitzenlast)
- (2) verschiedene Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Energie beschreiben
(Photovoltaik, [...], Windenergie [...])
- (3) Möglichkeiten der Energieversorgung hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Kriterien vergleichen und bewerten
- (5) Eignungsfaktoren eines Standorts für ein Energieversorgungssystem analysieren
(zum Beispiel naturräumliche, technische, gesellschaftliche, ökologische und wirtschaftliche Faktoren)

Das Planspiel greift insbesondere die Leitperspektive Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) auf.

¹ Stuttgarter Nachrichten (15.03.2019): Hunderte Schüler demonstrieren für Klimaschutz.
<https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.fridays-for-future-in-stuttgart-hunderte-schueler-demonstrieren-fuer-klimaschutz.66022340-56ed-44cb-8884-72ae735ddefc.html> (Zugriff: 31.03.2021)

² Fridays for Future (o.D.): Unsere Forderungen an die Politik.
<https://fridaysforfuture.de/forderungen/> (Zugriff: 31.03.2021)

Welche Themen sollten vorher im Unterricht qualifiziert werden?

Um den SuS ein selbständiges Vorgehen bei der Bearbeitung der Aufgaben und der Ausarbeitung von Planungskonzepten zu ermöglichen, müssen sie vorab für das Planspiel qualifiziert werden:

Grundlagen

Energiebegriff, Energieformen, Energieübertragung, Wirkungsgrad, Leistung, fossile vs. regenerative Energien, Energiebedarf, Energiespeicher

Windenergie

Windenergie, Betz'sches Leistungsoptimum, Formel zur Berechnung der Windleistung, Leistungsbeiwert, Leistung eines Windrades (z. B. in Verbindung mit der **UE Wind-Wasser-Pumpe**)

Photovoltaik

Grundlagen der Photovoltaik, Funktionsweise einer Siliziumsolarzelle, Kilowattpeak, ggf. Einfluss von Verschattungen auf den Energieertrag (z. B. in Verbindung mit der **UE Solarnachführung**)

Wasserkraft

Funktionsweise und Leistung eines Laufwasserkraftwerks, Umgang mit dem Gewässerkundlichen Jahrbuch, Turbinentypen (Pelton, Francis und Kaplan) und deren Einsatz (z.B. anhand eines Laufwasserkraftwerks in der Nähe), ggf. weitere Nutzungsmöglichkeiten der Wasserkraft

Welche Anknüpfungsmöglichkeiten zu den ZPG Lernseiten gibt es?

Zur Qualifizierung der SuS im Vorfeld des Planspiels eignen sich die über die ZPG-Fortbildungen multiplizierten Lernbausteine »Elektrik 3« (darin der Abschnitt »Elektrizität und Energie«), »Energie 1« (Energie, Leistung, Wirkungsgrad) und »Energie 2« (Kennlinien zur Energieübertragung) sowie die Themenseiten zur Technikmündigkeit: »Energieversorgung« und »Technikethik«. Das Planspiel wird von NwT-Fachberatern und vom Verein NwT-BW e.V. zum Einsatz im Unterricht empfohlen.

Wie lässt sich das Planspiel in eine NwT-Unterrichtseinheit einbetten?

Das Planspiel »Sontal regenerativ« lässt sich hervorragend in die bereits bestehenden und in ganz Baden-Württemberg über Fortbildungen multiplizierten Unterrichtseinheiten »Wirkungsgrad am Beispiel einer windbetriebenen Wasserpumpe« oder »Regenerative Energieversorgung am Beispiel einer Photovoltaikanlage mit Solarnachführung« einbinden. Für die Umsetzung im Unterricht gibt es verschiedene Möglichkeiten. Drei davon werden nachfolgend dargestellt.



(1) Das Planspiel als eigenständige AQuAPRe-Unterrichtseinheit

Als Ausblick bietet sich die Thematisierung der Fridays-for-Future-Bewegung an und die damit verbundene Forderung der Umstellung auf 100% Erneuerbare Energien bis 2035. Dieser Kontext ermöglicht den SuS einen persönlichen Zugang zur Auseinandersetzung mit der Energiewende, die als aktuelles und authentisches Problem in das Zentrum des Unterrichtsgeschehens gerückt wird. Dabei können weitere inhaltsbezogene Kompetenzen des Bildungsplans einbezogen werden. Bei der Analyse der Standorte wird über den Perspektivwechsel exemplarisch gut deutlich, welche Abwägungen getroffen und welche Widerstände bei der Energiewende überwunden werden müssen. Der zeitliche Umfang beträgt (je nach Vorqualifizierung in Klasse 8 und 9) circa 15 bis 17 Doppelstunden. Nachdem das Planspiel in einer Doppelstunde reflektiert wurde, kann abschließend auf das nachhaltige Handeln im Alltag eingegangen werden.

(2) Verknüpfung mit der UE Solarnachführung

Aufgrund der Themenüberschneidungen mit der UE Solarnachführung in der Qualifizierungsphase könnte das Planspiel direkt mit dieser verknüpft werden. Steigt man in das Schuljahr beispielsweise mit der Fridays-For-Future-Bewegung und dem Klimawandel ein und führt dann das Planspiel durch, kann man daran thematisch direkt mit der Solarnachführung anschließen. Da die SuS im Planspiel bereits die Dächer mit Photovoltaikanlagen bebauen, können, wie im ZPG-Material vorgeschlagen, verschiedene Angebote zur Bebauung in einem Rollenspiel durch die SuS verglichen werden. Wäre etwa nicht auch eine Solarnachführung in Sontal sinnvoll?

(3) Das Planspiel in der Reflexionsphase der UE Wind-Wasser-Pumpe (oder Solarnachführung)

Das Planspiel kann außerdem in der Reflexionsphase zur UE Wind-Wasser-Pumpe oder der UE Solarnachführung einen Anlass zur Beschäftigung mit den weiteren regenerativen Energieformen bieten. Es gilt aber zu beachten, dass die oben vorgeschlagene Qualifizierung für eine erfolgreiche Durchführung nicht allein durch die Durchführung der genannten Unterrichtseinheiten gegeben ist.

Was zeichnet ein Planspiel aus?

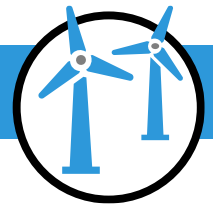
Der Aufbau eines Planspiels gliedert sich in drei Phasen: Die Vorbereitungs- und Einführungsphase, die Spiel- und Durchführungsphase sowie die Auswertungs- und Reflexionsphase. Das Herzstück von Planspielen bilden Interessenkonflikte, trotz denen in komplexen Situationen Entscheidungen getroffen werden müssen. Ziel ist die Auflösung eines Konflikts durch eine Kette von Entscheidungen und die Einsicht, welche Zusammenhänge (energie-)politische Entscheidungen beeinflussen. Die Methode des Planspiels bietet die Möglichkeit, Entscheidungsprozesse der Realität durch ein Modell des Bewertens und Entscheidens zu simulieren³. Dazu werden in einer simulierten Umwelt feste Rollen und Regeln vorgegeben.

Die größte Herausforderung bei der Durchführung eines Planspiels ist es daher, die (für die SuS) unübersichtliche komplexe Wirklichkeit so weit didaktisch zu reduzieren, dass die Grundsätze der Entscheidungsprozesse, deren Determinanten und Verknüpfungen klar hervortreten³. Planspiele entsprechen somit nicht direkt der Realität, sondern sind lediglich Modelle, die einer Modellkritik bedürfen. Daher müssen die zur didaktischen Reduktion vorgenommenen Abstraktionen und entscheidenden Vereinfachungen gegenüber der Realität explizit herausgestellt und besprochen werden, damit von den SuS Erkenntnisse nicht unkritisch auf die Wirklichkeit übertragen werden.

Ein Planspiel sollte daher immer Anlass für eine abschließende Reflexion geben. Die ausführliche Reflexion in Form eines Unterrichtsgesprächs dient dazu, sich in verschiedene Beobachterpositionen hineinzusetzen und die Vor- und Nachteile der getroffenen Entscheidungen unter wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten zu diskutieren.

³ Dietmar Ochs & Bodo Steinmann (1976). Planspiel Wirtschaft: Entscheiden und Handeln.

Windenergie



Bei der Wahl eines Standorts für Windräder spielen mehrere Faktoren eine Rolle.

Müssen gesetzliche Rahmenbedingungen beachtet werden?



Ja! Vor der Errichtung von Windenergieanlagen gilt es zuerst zu überprüfen, ob die gesetzlichen Rahmenbedingungen das überhaupt zulassen. Windräder dürfen weder zu nahe an Naturschutzgebieten noch an Städten gebaut werden. Dadurch entfallen die Standorte Naturschutzgebiet (1e) und Bauerwartungsland (1g).

Welchen Einfluss hat die verfügbare Grundstücksfläche?

Die Grundstücksfläche wirkt sich begrenzend auf die maximale Anzahl an Windrädern aus, die an einem Standort errichtet werden können. Die Grundstückspreise entsprechen den üblichen Preisen in Deutschland im Jahr 2020 und liegen bei ca. 26 000 € pro Hektar.



Sind die Angaben im Datenblatt der Windenergieanlage realistisch?

Ja! Der Einbezug des Datenblattes einer ENERCON E-92 Windenergieanlage soll den direkten Bezug des Planspiels zu realen Planungen im Bereich der Energieversorgung aufzeigen. Die von den SuS berechneten Leistungen liegen den im Datenblatt angegebenen Werten sehr nahe:

$$P\left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 29,9 \text{ kW}, \quad P\left(8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 975,8 \text{ kW}, \quad P\left(15 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 2350,0 \text{ kW}.$$



Die Investitionskosten für die Windenergieanlage orientieren sich am EEG-Erfahrungsbericht 2011 und betragen inklusive Anlieferung und Montage für eine Onshore-Anlage 800 bis 1100 €/kW und für eine Offshore-Anlage 1550 bis 1750 €/kW.

Mit welcher Geschwindigkeit weht der Wind an den restlichen Tagen?

Die Summe der Tage im Jahr, an denen der Wind mit einer Geschwindigkeit von 3, 8 oder 15 m/s weht, ergibt nur an Standort 1f (Das offene Meer) exakt 365 Tage. An den anderen Standorten herrscht an den übrigen Tagen im Jahr Windstille (Windgeschwindigkeit: 0 m/s) in Sontal. Bei der Beschränkung auf drei Windgeschwindigkeiten statt der Angabe von Häufigkeitsverteilungen (über Weibull-Verteilungen) handelt es sich um eine didaktische Reduktion.

Inwiefern sind die Aussagen der Gegenwind-Cartoons korrekt/falsch?

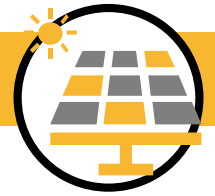
Die Aussagen der Cartoons spiegeln in pointierter Form verschiedene, in der Gesellschaft tatsächlich vorhandene Bedenken gegenüber der Windenergie wider. Die SuS sollen sich mit diesen kritisch auseinandersetzen und prüfen, welche Aussagen einen realen Kern haben, wie gewichtig diese zu bewerten sind und an welcher Stelle die Aufregung in keinem Verhältnis zur realen Problematik steht. Dabei sind Kompetenzen bei der gezielten Recherche und Bewertung von Informationen aus dem Internet erforderlich, da bei entsprechenden Suchanfragen Klicks auf Seiten mit wissenschaftlich nicht haltbaren Argumenten wahrscheinlich sind. Ist an der Schule kein Internetzugang vorhanden, können Ausdrücke von aktuellen Zeitungsartikeln oder Internetseiten zum Thema ausgelegt werden.

Welche Rolle spielt der Naturschutz?

Forderungen zur Integration der Naturschutzbelange wurden durch Ökologiepunkte miteinbezogen. Im Fokus stehen die Auswirkungen auf Fledermäuse und Vögel. Standorte mit Flugrouten oder an denen windsensible Vogelarten beobachtet wurden, haben daher ökologische Einbußen zur Folge. Die Preise zur Umsetzung der Maßnahmen (Studien über den Vogelzug, Blasenschleier-Lärmschutz der Firma Continental) wurden abgeschätzt, da keine konkreten Zahlenwerte zu finden waren.



Photovoltaik



Bei der Wahl eines Standorts für Solarmodule spielen mehrere Faktoren eine Rolle.

Welche Standorte kommen für Photovoltaik-Anlagen infrage?



Vor der Errichtung von Photovoltaikanlagen gilt es zuerst zu überprüfen, ob die gesetzlichen Vorschriften das zulassen. So dürfen etwa auf Bauplätzen (2f) keine Freiflächenanlagen errichtet werden. Da das Ackerland West (2a) kein benachteiligtes Gebiet ist, ist für die Bebauung das Projekt Agrophotovoltaik zwingende Voraussetzung.

Um die beantragten Fördergelder nutzen zu können, muss die installierte Anlagenleistung an einem Standort außerdem zwischen 750 kWp und 20 MWp betragen (EEG 2021). In Deutschland ist bei Photovoltaikanlagen von etwa 1000 Volllaststunden im Jahr auszugehen. Das entspricht einem Mindestjahresenergieertrag von $750 \text{ kW} \cdot 1000 \text{ h/a} = 750 \text{ MWh/a}$. Bei einem Energieertrag von 100 kWh/a pro Quadratmeter bedeutet das, dass an einem einzelnen Standort jeweils mindestens eine aktive Nutzfläche von 7500 m^2 mit Photovoltaikanlagen bebaut werden muss. Die erforderliche Gesamtfläche ist aufgrund der nicht nutzbaren Anteile durch Verschattung und Aufstellung größer.

Um die maximale aktive Nutzfläche zu berechnen, muss von der verfügbaren Grundstücksfläche der nicht nutzbare Anteil aufgrund der Verschattung und Aufstellung abgezogen werden. Selbst bei Nutzung der gesamten Fläche lassen sich sowohl an dem Standort Viehweide (2d) als auch auf der Wiese am Waldrand (2e) mit einer Nutzfläche von 4100 m^2 bzw. 5600 m^2 höchstens 410 MWh/a bzw. 560 MWh/a erwirtschaften. Die maximal installierbare Anlagenleistung ist mit 410 kWp bzw. 560 kWp zu klein für eine Förderung. Daher ist die Nutzung der Standorte für Photovoltaik nicht möglich.

Die aktive Nutzfläche an den Standorten Ackerland West (2a) beträgt 9000 m^2 , auf dem Ackerland Süd (2b) 9500 m^2 und auf der Liegewiese (2c) 12250 m^2 . Diese Standorte können daher genau wie die Hausdächer (2g) mit potenziell 192305 m^2 für Photovoltaik genutzt werden.



Muss an einem Standort die volle Fläche für Photovoltaik genutzt werden?

Nein. Allerdings müssen zur Nutzung der beantragten Fördergelder an einem Standort jeweils Photovoltaik-Module mit einer Gesamtfläche von mindestens 7500 m^2 errichtet werden.

Wie aufgeschlossen sind die Sontaler*innen gegenüber Photovoltaik?

Im Gegensatz zur Windenergie gibt es gegenüber der Photovoltaik weniger Bedenken in der Bevölkerung, besonders bei Freiflächenanlagen. Bevor die Sontaler*innen jedoch einwilligen, Photovoltaikanlagen auf ihren eigenen Hausdächern zu installieren, muss Überzeugungsarbeit geleistet werden: Je mehr Befürchtungen entkräftet sind, desto höher steigt die Bereitschaft. Es wird auf die Sorge vor Elektromog sowie das Funktionsprinzip einer Siliziumsolarzelle (Qualifizierung im Unterricht nötig) und die geringe Brandgefahr durch defekte Solarzellen eingegangen. Ökologiepunkte können durch die Entscheidung von Siliziumsolarzellen im Gegensatz zu den günstigeren Cadmiumtellurid-Zellen erworben werden. Bürgerbeteiligungen (z. B. in Form von Energiegenossenschaften) sind im Planspiel nicht möglich.

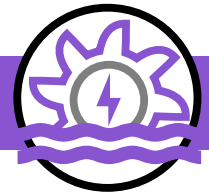
Hausdächer

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

Pro verdientem Sozialpunkt (Elektromog, Funktionsprinzip und Brandgefahr) könnt ihr weitere 20% überzeugen.

Reich: Euch die mögliche Bebauungsfläche bereits aus, so könnt ihr direkt fortfahren.

Photovoltaik ist



Wasserkraft

Sind die Daten für die Laufwasserkraftwerke realistisch?



Die verwendeten Daten (Fallhöhen, Wirkungsgrade, Betriebstage) orientieren sich an Erfahrungswerten von Wasserkraftwerken in der Region. Bei den Datenblättern handelt es sich um unveränderte Auszüge aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch. Es wurden vergleichbare Gewässer in Deutschland mit dem passenden Durchfluss gewählt: der Pegel Golzern 1 und Camburg Stöben.

Wie sehen die SuS, ob sich die Investition in ein Pilotprojekt lohnt hat?

Da die Nutzung der Meeresenergie noch wenig ausgereift ist, haben die SuS im Planspiel die Möglichkeit, in ein oder zwei Pilotprojekte zu investieren: ein Meeresströmungs- und ein Osmosekraftwerk. Die Daten stammen von den entsprechenden Homepages der Firmen. Das Meeresströmungskraftwerk zeigt Potenzial, während der Prototyp des Osmosekraftwerks der Firma Statkraft bereits 2013 stillgelegt wurde und somit auch im Planspiel zum Scheitern verurteilt ist.

Sontal 3c Pilotprojekt

Offenes Meer

Pilotprojekt Seaflow: Meeresströmungskraftwerk

Investitionskosten: 1,8 Mio. €

Betriebszeit: 7 000 Stunden

Elektrische Leistung: 290 kW ausbaufähig

Das Funktionsprinzip eines Meeresströmungskraftwerks ähnelt dem einer Windenergieanlage.

Wasserkraft 6

VS.

Sontal 3c Pilotprojekt

Offenes Meer

Pilotprojekt Statkraft: Osmosekraftwerk

Investitionskosten: 13 Mio. €

Betriebszeit: 7 800 Stunden

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

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 7

Sobald die SuS sich definitiv für die Investition in eines (oder beide) der Pilotprojekte entschieden und das auf ihrem Planungskript vermerkt haben, ziehen sie die Summe von Ihrem Kapital ab und klicken/tippen auf das Piktogramm mit den Münzen neben den Investitionskosten, um zu erfahren, ob sich das Pilotprojekt lohnt hat. Die Investition in das Meeresströmungskraftwerk wird mit Wirtschafts-, Sozial- und Ökologiepunkten belohnt, während die SuS bei der Investition in das Osmosekraftwerk leer ausgehen. Sie müssen in diesem Fall das Gespräch mit der Lehrkraft suchen, um diese Erfahrung zu reflektieren. Nach dem Gespräch bekommen sie einen Kredit in Höhe von 10 Millionen Euro für die weitere Planung, um die Mindestanforderungen noch erfüllen zu können.

Sontal 3c Meeresströmungskraftwerk

Pilotprojekt Seaflow: Meeresströmungskraftwerk

Das Projekt erweitert sich alle vier Phasen und ist wirtschaftlich. Die ersten beiden Phasen zeigen positive Ergebnisse. Die weiteren Turbinen ausgebaut werden.

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

Die genauen Ausführungen auf die Meeresschwinger vor allem beim Bau, sind noch nicht abschließend evaluiert, aber zeigen eine positive Tendenz.

Wasserkraft 12

VS.

Sontal 3c Osmosekraftwerk

Pilotprojekt Statkraft: Osmosekraftwerk

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

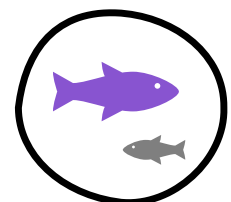
Statkraft entwickelt das Osmosekraftwerk nicht mehr weiter. Bei den derzeitigen Marktaussichten muss das Unternehmen feststellen, dass man diese Technologie nicht so weit entwickeln kann, dass sie in absehbarer Zeit konkurrenzfähig wäre.

Beantragt einen Kredit, um weiter planen zu können.

Wasserkraft 13

Wie wichtig ist die ökologische Durchgängigkeit für Wasserlebewesen?

Die Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit wird mittlerweile auch vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg betont. Die Investitionskosten schwanken je nach Anlage erheblich.



Technische Tipps

In diesem Abschnitt finden Sie Tipps zum Troubleshooting von bekannten Problemen, Antworten zu häufigen Fragen sowie Erläuterungen zum Anpassen der Planspiel-Dateien für Ihren Unterricht.

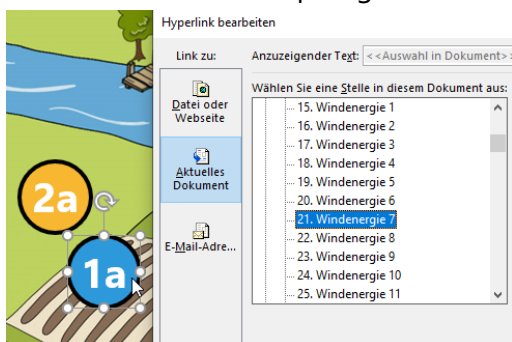
Müssen die Grundlagenfolien jedes Mal erneut durchgeklickt werden?

Nein! Ein Klick auf das Kompass-Symbol links oben auf der zweiten Folie »Willkommen in Sontal« führt direkt auf die Übersichtskarte mit den Standorten. Bitte machen Sie die SuS darauf aufmerksam. Im Abschnitt »Grundlagen« wurde diese Verknüpfung bewusst deaktiviert, damit die SuS diesen beim ersten Mal nicht aus Versehen überspringen.



Eine Verknüpfung führt nicht zu den erwarteten Informationen.

Trotz sorgfältiger Überprüfung kann es sein, dass Verknüpfungen vereinzelt nicht zu den korrekten Folien führen. Blättern Sie mit einer Pfeiltaste oder per Wischen eine Folie nach vorne (oder zurück), eventuell ist dort die richtige Folie zu finden. Wenn Sie den Fehler in der Vorbereitung bemerken, können Sie die Verknüpfung selbst neu setzen, bevor Sie das Material an Ihre SuS ausgeben:



Um eine **Verknüpfung** zu bearbeiten oder neu hinzuzufügen, markieren Sie die Form/Grafik und navigieren zu »Link > Link einfügen...« im Kontextmenü. Schneller geht das mit der Tastenkombination Strg + K (Windows) bzw. ⌘ + K (MacOS). In dem Fenster geben sie allerdings keine Webadresse an, sondern wechseln in der Spalte ganz links zu »Aktuelles Dokument« und wählen dort die zu verknüpfende Folie aus.

Beim Klicken/Tippen auf eine Folie erscheint die nächste Folie nicht.

Wir haben die Funktion »Nächste Folie bei Mausclick« im Reiter »Übergänge« für alle Folien bewusst deaktiviert, da ein unachtsamer Klick schnell zu einer falschen Folie führt. Weisen Sie die SuS daher dazu an, ausschließlich über die Pfeile und anderen interaktiven Elemente durch die Präsentation zu navigieren. Die Bedienung wird in dem Einführungsvideo erläutert. Über die Pfeiltasten, das Scrollen mit der Maus (oder das Wischen nach links/rechts auf einem Tablet) können Sie trotzdem auf die gewohnte Weise eine Folie nach der anderen ansehen. Diese Funktion lässt sich nicht deaktivieren.

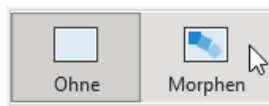
Auf den Folien sind überall grüne Rechtecke zu sehen.

It's not a bug, it's a feature. Die grünen Rechtecke zeigen an, dass ein Klick auf die Fläche zu einer anderen Folie in der interaktiven Präsentation oder zu einer Internetseite bzw. einem YouTube-Video führt. Dis Darstellung ist z. B. mit dem Foxit PDF Reader Mobile auf iPads zu sehen.

Lösung: In den Werkzeugen ≡ über Einstellungen ⚙ unter PDF-Ansicht den Schalter »Links hervorheben« deaktivieren oder PDF mit dem Adobe Reader öffnen.



Wie wurden die Animationen bei den Folienübergängen erstellt?



Die Animationen wurden in Microsoft PowerPoint (Version 2019 oder neuer) mit dem Übergang Morphen realisiert. Von den PDF-Dateien werden die Übergänge nicht unterstützt, was aber keinen Einfluss auf das Planspiel hat.

Darf ich das Planspiel weitergeben, verändern und veröffentlichen?

Wir stellen Ihnen das Planspiel unter der Lizenz [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) zur Verfügung. Das Kürzel ND steht für NoDerivatives bzw. auf Deutsch: Keine Bearbeitungen. Das bedeutet: Sie dürfen das Planspiel in der vorliegenden Version weitergeben, aber keine veränderte Version veröffentlichen. Selbstverständlich dürfen Sie das Planspiel jedoch für Ihren Unterricht anpassen, Ihren SuS Ihre Variante über das Lern-Management-System Ihrer Schule (z. B. Moodle) zur Verfügung stellen sowie die veränderten Dateien privat mit Kolleg*innen austauschen.



Schreiben Sie uns gerne eine Nachricht, wenn Sie größere Anpassungen vorgenommen und Ihre Variante erfolgreich im Unterricht erprobt haben. Wir freuen uns über Kritik.

Lässt sich das Planspiel anpassen, erweitern oder eingrenzen?

Sie können das Planspiel für den Einsatz in Ihrem Unterricht anpassen, erweitern oder eingrenzen. Bearbeiten Sie dazu sowohl die interaktive Präsentation **Planspiel Sontal regenerativ.pptx** als auch das **Planungsskript.docx** an den entsprechenden Stellen.

Optimale Kompatibilität ist mit den Programmen Microsoft Word und PowerPoint 2019 (oder neuer) sowie der aktuellen Version im Microsoft 365-Abonnement gewährleistet.



Wie kann ich Elemente wie Standorte, Vertiefungen oder Energieformen aus dem Planspiel entfernen oder neu hinzufügen?

Wenn Sie im Unterricht nicht alle Themen bzw. zusätzliche Themen im Planspiel behandeln wollen, können Sie einzelne Standorte, Vertiefungen oder sogar Energieformen löschen oder hinzufügen.

Einzelne **Standorte** können schnell aus dem Planspiel entfernt werden, indem die entsprechenden Punkte auf der Übersicht sowie in den Abschnitten mit den Grundlagen gelöscht werden. Neue Standorte und ggf. sogar neue Möglichkeiten zur Generierung oder Speicherung von Energie, etwa Biogasanlagen oder Pumpspeicherkraftwerke können als neue Folien eingefügt werden. Legen Sie am besten im Folienmaster ([Was ist das?](#)) ein neues Layout mit einer neuen Farbe (z. B. **orange** oder **blaugrau**) an. Um die neuen Standorte genau wie die anderen auf der Übersichtskarte zu verknüpfen, kopieren Sie einen Punkt, färben diesen neu und setzen einen Link zu der entsprechenden Folie im aktuellen Dokument, so wie unter den Troubleshooting-Tipps beschrieben.

Um **Vertiefungsthemen** zu entfernen, löschen Sie die grauen Punkte bei den Standorten und die Karten mit der Verknüpfung zu der Vertiefung. Fügen Sie neue Vertiefungen als neue Folien im Abschnitt »Energieform: Themen« ein, gestalten Sie die Inhalte und setzen Sie rechts unten einen Zurück-Pfeil mit einer Verknüpfung zur vorherigen Seite. Denken Sie an die Navigation links oben.



Bei größeren Veränderungen muss ggf. auch das über den Förderantrag bewilligte Startkapital, die Anzahl der Bürger*innen und die Anzahl der zu erwerbenden Wirtschafts-, Sozial- und Ökonomiepunkte an den Standorten angepasst werden.

Wie kann ich nach Veränderungen die Lösungshinweise neu erstellen?

Um Veränderungen nicht doppelt einpflegen zu müssen, lassen sich sowohl die Präsentation für die SuS (mit den Hinweisen) als auch die Variante mit den Lösungsvorschlägen aus der Datei **Planspiel Sontal regenerativ.pptx** erstellen bzw. als PDF exportieren.

Aktivieren Sie nach dem Einfügen der Veränderungen den Auswahlbereich und machen Sie Folie für Folie alle Hinweise per Klick auf das Augensymbol unsichtbar und stattdessen die Lösungen sichtbar. Blenden Sie alle Folien mit den Lösungen ein.

