Stadt, Land, Strom 

Dieses Spiel ist eine minimale Abwandlung des kanadischen Spiels **Marbels und Megawatt**, das vom **IPP München** für Workshops auf die Situation in Deutschland angepasst wurde.
Freundlicherweise hat das IPP die Materialien für die Schulen bereitgestellt.
Ich habe die Spielregeln nach vielen Testrunden so verändert, dass aus meiner Sicht ein schönes Spielerlebnis ermöglicht wird.
Zum Beispiel ist das Einführungsszenario nicht Blackoutfrei lösbar[[1]](#footnote-1), es gibt kein Biogas als Option, es gibt Kernfusion und besonders man kann man beim IPP nicht verlieren- bei mir schon

**Material:**

* Spielfeld + 6 Säckchen mit Wüfeln
* Ipad oder Handy für die Energieanzeige



Ihr müsst einen Tag lang eine Region / Metropole mit dem Strom versorgen, der dem Strombedarf zur jeweiligen Tageszeit entspricht.

Dabei habt ihr verschiedene Kraftwerke zur Verfügung.

Aber Vorsicht, um zu gewinnen müsst ihr jede Runde exakt die Leistung liefern, die gebraucht wird. Liefert ihr zu wenig, so droht ein Blackout, liefert ihr zu viel, so wird das Netz instabil und muss heruntergefahren werden. In beiden Fällen scheidet ihr aus.

Alle 2 Stunden könnt ihr entscheiden, wie euer Strommix aussehen soll, um den Bedarf zu decken, ein leichtes Spiel, wenn nicht jedes Kraftwerk seine Eigenheiten hätte.

**Ablauf:**

Das Spiel gliedert sich in 3 Phasen:

* Grundspiel,
* Grundpiel mit eigener Kraftwerkswahl,
* Spiel mit vom Lehrer genehmigten Zusatzregeln.

**Vorbereitung bei jeder Phase neu:**

Legt fest, wer von euch die Spielleitung übernimmt, dieser bekommt das Tablet und den Marker (Würfel mit Pfeil) und öffnet die Internetseite zum Spiel über den QR Code.

Verteilt dann die Kraftwerke (inkl.der passenden Würfel) der jeweiligen Phase unter den übrigen Spielern.

**Rundensablauf:**

Es gibt 12 Zeitintervalle (á 2 Stunden) pro Tag, in denen Stromproduktion und -verbrauch auf den Würfel genau übereinstimmen müssen.

1. Der Spielleiter liest den Intervallverbrauch (in GW) für diese Tageszeit vor und legt den Marker entsprechend auf das Spielbrett. Dann gibt er die Werte für Wind /Sonne an die jeweiligen Kraftwerke.
2. Die Teams entscheiden gemeinsam, wie der Strommix entstehen soll. Könnt ihr euch nicht einigen, entscheidet der Besitzer des Kraftwerks.
3. Die eingesetzten Würfelchen werden in den Spielplan gelegt (Beginnt mit Kohle und Gas, das macht die Auswertung leichter)
4. Wenn man scheitert, hat man in dieser Phase verloren. Ausnahme: wer bis 8 Uhr morgens scheitert darf neu starten.

**Die Regeln der Kraftwerke:**

**Wind und Sonne: (unbegrenzt helle und gelbe Würfel)**

Diese Kraftwerke sind wetterabhängig und erhalten die Vorgaben durch den Spielleiter. Es ist im Grundspiel nicht möglich Kraftwerke abzuschalten oder Energie zu speichern.
Diese Energieform bringt keine CO2 Minuspunkte.

**Wasser: (20 blaue Würfel)**

Die Wasserkraft in Deutschland ist natürlich begrenzt, deshalb gibt es pro Phase nur 20 Würfel, die eingesetzt werden dürfen. Außerdem muss pro Runde ein Würfel eingesetzt werden, denn sonst verenden die Fische im Ablauf des Kraftwerks. Das Kraftwerk hat begrenzte Kapazitäten und deshalb sind max. 4 Würfel pro Runde erlaubt.
Diese Energieform bringt keine CO2 Minuspunkte.

**Gas: (40 rosa Würfel)**

Beim Einsatz von Gas entsteht CO2 deshalb bringt jeder eingesetzte Würfel 0,75 Minuspunkte. Gas ist extrem teuer und deshalb begrenzt. Insgesamt stehen euch pro Tag maximal 40 Würfel zur Verfügung und max. 6 Würfel pro Intervall (= 2 Stunden).
Aber Gas ist flexibel und kann deshalb die Schwankungen gut ausgleichen.

**Kohle (unbegrenzte Würfel)**

Beim Einsatz von Kohle entsteht sogar mehr CO2 als bei Gas. Deshalb bringt jeder eingesetzte Würfel 1 Minuspunkt. Und Kohlekraftwerke sind extrem träge. Um 0 Uhr dürft ihr beliebig wählen, wieviel Kohle ihr einsetzt, aber danach dürft ihr immer nur entweder die gleiche Anzahl von Würfeln wie in der Vorrunde oder 1 mehr oder 1 weniger Würfel einsetzen.

**Biogas: (25 grüne Würfel)** *Mit Biogas wird das Spiel entscheidend weniger herausfordernd.*

Beim Einsatz von Biogas entsteht das CO2 , das vorher von der Pflanze aus der Atmosphäre entnommen wurden, deshalb bringt Biogas keine Minuspunkte. Biogas braucht aber viel Anbaufläche und deshalb begrenzt. Insgesamt stehen euch pro Tag maximal 25 Würfel zur Verfügung und 0 - 3 Würfel dürft ihr pro Intervall (= 2 Stunden) einsetzen.

.

**Ablauf der Phasen:**

Im **Grundspiel** wird der Wettercode vorgegeben von der Lehrkraft, z.B. **28B2KW** ist ein relativ schwerer, aber machbarer Code – hier muss man schon gut taktieren und die erste Hürde ist gleich um 4:00, aber dann darf man ja neu starten.
*Das Einführungsspiel ist nicht lösbar (s. Seite 1).****D3V1LX*** *ist ein recht leichter, fast langweiliger Wettercode und* ***H1V3R9*** *hat mittlere Schwierigkeit.*

Als Kraftwerke stehen Wasser, Wind (9GW), Kohle und Gas zur Verfügung. Den Wettercode und die 9GW bei Wind muss der Spielleiter jedes Teams auf der Internetseite angeben.

Danach spielen die Teams einen Tag durch. Gewonnen hat das Team, dass es geschafft hat alle 12 Runde zu erfüllen und dabei die wenigsten Minuspunkte erhält.

In der **2. Phase** dürfen die Teams die Kraftwerke beliebig zusammenstellen und sollen möglichst wenig Minuspunkte bekommen. Es hat sich gezeigt, dass das Spiel interessanter ist, wenn man die Teams ermuntert, sehr stark in Wind und Sonne zu gehen, z.B. in dem man festlegt, dass maximal 90 Minuspunkte gemacht werden dürfen, um die Klimaziele zu erreichen. Es hat durchaus Vorteile, wenn die Teams in Phase 2 scheitern, denn die Diskussion über das Scheitern leitet über zu Phase 3

**In Phase 3** dürfen die Teams nicht nur die Kraftwerke wählen, sondern auch sinnvolle Anpassungen der Spielregeln erbitten, die von der Lehrkraft genehmigt werden.

Eine Spielregel gilt als sinnvoll, wenn sie realistisch umsetzbar wäre und Wirkunsgrade etc. berücksichtigt werden:

**Beispiele, die ich genehmigen würde:**

**Wettervorhersage:** der Spielleiter darf um eine Stunde nach vorne schauen und die Ergebnisse von Wind und Sonne mitteilen

**Pumpspeicherkraftwerk:**
Das Team kann auf 3 Würfel verzichten und damit blaue (Wasser-)Würfel die schon an diesem Tag eingesetzt wurden vom Spielbrett wieder in den Wasservorrat zu legen.

**Abschaltbare Kraftwerke:**Überzählige Würfel dürfen verfallen. Dieser Vorgang macht aber den Strom für alle teurer und sorgt dadurch pro Einsatz für einen Minuspunkt (also Frustpunkt der Bevölkerung).

**Energiespeicher:**Diese sollten stark begrenzt sein z.B. 4 Würfel und jede Entnahme kostet einen Würfel.

**Freundliche Bevölkerung:**Die Bevölkerung ist in Grenzen bereit, sich an die Energieproduktion anzupassen (Waschmaschine später anschalten, E-Auto mittags laden). 5 Mal am Tag dürfen bis zu 2 GW verschoben werden, die Summe muss aber bleiben

Konzept ist, dass die Teams wirklich diskutieren müssen, was ihnen helfen würde und dann auch mit der Lehrkraft verhandeln müssen. Ich erlaube max. zwei Zusatzregeln.

Die Entwicklung dieser Zusatzregeln ist ein relevantes Ziel der Unterrichtseinheit, um zu zeigen, welche gesellschaftliche und technologische Transformation die Energiewende begleiten muss.

**Überlegungen zum Szenario (nur bei Interesse):**

**Hinweis:** Das Spiel wird von einem Lehrstuhl der zu Fusionsenergie forscht in Umlauf gebracht und stellt die Bedeutung von Grundlastkraftwerken in den Fokus. Ich selbst engagiere mich allerdings massiv für den Ausbau der erneuerbaren Energien und lege dort natürlich den Fokus. Diese Grundtendenzen spiegeln sich evtl. auch in den Spielregeln wieder indem ich z.B. das Gas begrenze und Atomkraft nicht implementiere.

Deshalb analysiere ich hier nach bestem Wissen und Gewissen das Szenario. Ich freue mich über Feedback und Rückmeldungen zu Fehlern an dorle.lohn@web.de

**Grenzen des Szenarios**

Nach Rücksprache mit dem IPP wurden bei der Erstellung des Spiels die Werte an Gesamtdeutschland angepasst und dann mit einem Faktor von 1/3 reduziert und über zwei Stunden gemittelt, um die Spielbarkeit zu gewährleisten. Tatsächlich kann man auf <https://www.agora-energiewende.de/daten-tools/agorameter/chart/today/power_generation/04.09.2024/07.09.2024/hourly>

prüfen, dass der Strombedarf über den Tag hinweg je nach Jahreszeit unterschiedlich aber zwischen 45 und 65 GW schwankt, deshalb schwanken die Stromvorgaben des Spiels zwischen 15 GW und 22 GW pro Stunde. Ein Spielstein entspricht also 6 GWh, wenn man das Spiel wie vom IPP vorgeschlagen auf ganz Deutschland bezieht, was willkührlich wirkt

Die Tatsache, dass alle Solar- und Windkraftwerke dieselben Werte liefern spricht für vergleichbares Wetter über der ganzen Fläche - dies simuliert Deutschland nicht realistisch.

Will man damit arbeiten, dass 1 Spielstein/Kreuzchen für 1kWh steht, dann modelliert man eben 1/6 des Stromverbrauch (praktischerweise wohnen 1/6 der Einwohner(also 13 Mio) in Bayern.

D.h. man kann mit leichten Bauchschmerzen das Szenario auf Bayern beziehen, auch wenn dann natürlich die Windkraft viel zu groß modelliert wird.

Das Modell hat einfach Grenzen, denn eine realistische Modellierung wäre nicht spielbar.

**Zu den Kraftwerken:**

Quelle: [https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/erneuerbare-konventionelle-stromerzeugung#bruttostromerzeugung-auf-basis-von-erneuerbaren-energietragern-](https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/erneuerbare-konventionelle-stromerzeugung%23bruttostromerzeugung-auf-basis-von-erneuerbaren-energietragern-)

Ich habe jeweils die Jahresangaben auf Tage und GW umgerechnet und dann 1/6 wie es den Grundannahmen des Spiels entspricht. Die Stundenangabe ergibt sich aus dem durch 24h geteilten Tageswert.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Stromerzeugung der Energieträger | in TWh pro Jahr | GWh pro Tag | 1/3 in GWh | pro Stunde |
|  | 2005 |  |  |  |
| Wasser | 20 | 55 | 18 | 0,8 |
| Photovoltaik | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Wind | 28 | 77 | 26 | 1,1 |
| Biomasse | 15 | 41 | 14 | 0,6 |
| Gase | 70 | 192 | 64 | 2,7 |
| Kohle | 280 | 767 | 256 | 10,7 |
| Stromerzeugung der Energieträger | in TWh pro Jahr | GWh pro Tag | 1/3 in GWh | pro Stunde |
|  | 2022 |  |  |  |
| Wasser | 18 | 49 | 16 | 0,7 |
| Photovoltaik | 60 | 164 | 55 | 2,3 |
| Wind | 125 | 342 | 114 | 4,8 |
| Biomasse | 51 | 140 | 47 | 1,9 |
| Gase | 80 | 219 | 73 | 3,0 |
| Kohle | 180 | 493 | 164 | 6,8 |

**Wasser:** wird in dem Spiel **um etwa den Faktor 2-2,5 überdimensionier**t. In der Realität (/3) stehen pro Tag 16-18 GWh zur Verfügung aber da jeder Würfel für 1 GW \* 2 Stunden steht, sind es im Spiel 40 GWh.

**Wind:** Beim Wettercode 28B2KW stehen 42 Würfel zur Verfügung also 84 kWh pro Tag das ist viel zu viel für 2005 und zu wenig für 2022. Das sollte im Hinterkopf behalten. (Der Wind entspricht damit in etwa dem Ausbauzustand von 2015.) Beim Vollausbau der Windkraft in der Software erhält Werte um die 80 Würfel pro Tag also 160 GWh das stellt wirklich einen starken Ausbau da.

Die starke Schwankung der Windkraft ist elementar um ein spannendes Spielerlebnis zu ermöglichen ist aber nicht realistisch.

Beim Agorameter sieht man, dass die Werte tatsächlich schwanken, aber insbesondere die Onshore Windräder ändert sich die Werte nicht innerhalb einer Stunde so stark und durch höhere Windräder wird sich auch dies in Zukunft noch abschwächen.

**Sonne:**

Beim Vollausbau der Solarkraft in der Software erhält Werte um die 50-60 Würfel pro Tag also 120 GWh also eine Verdoppelung der aktuellen Situation.

**Biomasse:**

Ist im IPP Spiel nicht vorgesehen, in meiner Variante erlaube ich Biogas mit max. 25 Würfel und maximal 3 pro Runde. Das ist etwas großzügig, denn 47 GWh/Tag wären ja 23 Würfel.

**Gas** begrenze ich abweichend vom IPP auf 40 Würfel, das ist etwas mehr als Deutschland aktuell nutzt. Die Begrenzung ist aber ja politischer bzw. wirtschaftlicher Natur und deshalb nicht gegeben. Aus meiner Sicht, macht es das Spiel spannender (und man braucht weniger Würfel) und die hohen Kosten von Gas bewirken aus meiner Sicht auch eine Grenze.

**Kohle:**

Die Regelung von Kohlekraftwerken ist tatsächlich sehr träge. Dies ist in den Spielregeln gut umgesetzt. Probepartien zeigen auch, dass die durchschnittliche Leistung bei 8-11 GW liegt und das deckt sich gut mit den realen Daten.

**Mein Fazit:**

Das Spiel setzt in weiten Teilen die deutschen Werte mit einem Maßstab 1:3 um. Wasser ist leicht bevorzugt und Wind zu instabil.

1. Beim Einfürhungsszenarion hat man um 6:00 folgende Daten: Stromverbrauch 13GW, Wind 7GW, damit kann man max. 5 Kohle habe. 8 Uhr -12 Uhr hat man praktisch 0 GW Wind und der Verbrauch steigt auf 21 GW. Das ist einfach nicht lösbar, selbst wenn man alles an Gas und Wasser nutzt, was zur Verfügung steht [↑](#footnote-ref-1)