



# Megawatts & Marbles

Ein (2 x 45 Minuten) Workshop für  
die Steigerung der Energiekompetenz

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Hintergrund.....	2
2.1 Energiesysteme.....	2
2.2 Realitätsbezug von Megawatts & Marbles.....	3
3. Workshop.....	4
3.1 Kurzbeschreibung.....	4
3.2 Empfohlener Ablauf.....	4
3.3 Diskussionsthemen.....	5
4. Regeln.....	6
4.1 Grundidee.....	6
4.2 Regeln im Detail.....	6
5. Kontaktinformationen.....	12
6. Anhang.....	13
6.1 Lastprofile.....	13
6.2 Punkteblatt (auch als separater Download verfügbar).....	15
6.3 Aktuelle Zahlen, Deutschland 2018.....	16
6.4 Materialien zum Download.....	17

# 1 Einleitung

Das Energieplanspiel „Megawatts & Marbles“ oder auch „Megawatt & Murmeln“ ist ein 90-minütiges Workshop-Angebot für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 9 bis 13 sowie für Erwachsene. Es macht die positiven und negativen Eigenschaften verschiedener Energiequellen erlebbar. Das Strategiespiel wurde an der University of Victoria in Kanada entwickelt.

Die Spieler schlüpfen in die Rolle von Ingenieuren, die einen optimalen Kraftwerksmix aufstellen müssen. Der Strom – Murmeln anstelle von Megawatt – wird den Verbrauchern einer Modellstadt in Röhren zugeleitet. Nur keinen Blackout riskieren!

Zu Beginn eines Workshops werden physikalische Eigenschaften verschiedener Kraftwerkstypen kurz zusammengefasst. Hieraus ergeben sich vereinfachte, aber physikalisch korrekte Spielregeln. Ohne ausreichende Speichertechnologien müssen Stromverbrauch und Stromerzeugung zu jedem Zeitpunkt übereinstimmen. Ein systemorientierter Ansatz ist notwendig, um die verschiedenen Kraftwerke zu einer funktionierenden Energieversorgung zu verbinden.

Der Workshop soll grundlegendes Wissen vermitteln. Mit dem erworbenen Sachverstand können die Spieler die System-Zusammenhänge und die sich daraus ergebenden Herausforderungen der Energiewende selbstständig beurteilen.

## 2 Hintergrund

### 2.1 Energiesysteme

Im Gegensatz zu anderen Verbrauchsgütern wird Strom nicht aufbewahrt (zumindest nicht in signifikanten Mengen). Denken Sie an Produkte die Sie im täglichen Leben kaufen: Brot, zum Beispiel. Es wird früh am Morgen gebacken, liegt dann aber im Regal der Bäckerei bis Sie es kaufen. Es wird also bevor Sie es essen aufbewahrt – vielleicht sogar bis zum nächsten Tag. Eine ganze Weile vergeht also zwischen der Produktion und dem Verzehr.

Beim Strom läuft das ganz anders. Zum gleichen Zeitpunkt, an dem Sie den Strom einschalten und elektrische Energie verbrauchen, muss diese hergestellt werden. Dies geschieht in einem Kraftwerk, welches in manchen Fällen tausende Kilometer entfernt liegen kann.

Dies wird durch ein sehr komplexes und ständig überwachttes Energiesystem ermöglicht, das sich hinter Ihrer Steckdose verbirgt. Dieses System besteht aus einem verzweigten Netzwerk von Stromgeneratoren und Verbrauchern, die mit Stromleitungen über weite Entfernungen miteinander verbunden sind. Steigender Verbrauch muss durch steigende Produktion ausgeglichen werden.

Wenn bestimmte Kraftwerke keinen Strom liefern (z.B. wegen Windflaute oder Sturm), müssen andere Kraftwerke aushelfen.

## 2.2 Realitätsbezug von Megawatts & Marbles

Die Stromleistungsproduktion der im Spiel verwendeten Kraftwerke ist mit der von realen Systemen vergleichbar (Größenordnung Gigawatt), jedoch wurden für die Spielbarkeit bestimmte Vereinfachungen vorgenommen. So wurden z.B. die Kraftwerke nicht beliebig groß dimensioniert, sondern jeder Kraftwerkstyp wird in Einheiten von 3 GW aufgestellt. Eine Kugel im Spiel stellt etwa 1 GW Leistung oder 2 GWh Energie dar. Die gesamte installierte Leistung des im Spiel verwendeten Energiesystems beträgt 36 GW, was als Modell verglichen mit der Realität etwa die Region Bayern (knapp 30 GW) abbildet. In ganz Deutschland sind 2018 bereits mehr als 200 GW an installierter Leistung vorhanden, was sich aber nicht sinnvoll im Spiel durch 1 GW-Murmeln darstellen lässt. Stattdessen wurden die Zahlen einfach relativ zur Systemgröße skaliert. Stellt man sich vor, dass jede Murmel etwa 5 GW Leistung, bzw. 10 GWh Energie entspricht, so stellen die eingesetzten, theoretisch bis zu 36, Kugeln in jeder Spielrunde den Strommix skaliert auf ganz Deutschland dar.

Die im Spiel verwendeten Lastprofile stammen aus realen Verbrauchsdaten und wurden – genau wie die Kraftwerksleistungen – auf die Systemgröße skaliert. Ebenso wurde mit Wind- und Sonnendaten verfahren. Die je nach Wetter 0, 1, 2 oder 3 GW produzierenden Wind- und Solarparks verhalten sich (nach Skalierung) genau so, wie sich reale Solarparks entsprechender Größe gemittelt über die im Spiel verwendete Rundenzeit verhalten würden. Die Rohdaten dazu wurden aus den aggregierten Daten der Agora-Energiewende Organisation (<https://www.agora-energiewende.de/>) entnommen.

So stellt sich, skaliert auf die Systemgröße, ein typischer deutscher Sommer- bzw. Wintertag dar wie in den Abbildungen im Anhang gezeigt. Die Größe des gesamten Energiesystems wurde mit 140 GW (statt der tatsächlich installierten 200 GW) angenommen, um die nicht kontinuierliche Verfügbarkeit aller vorhandenen Kraftwerke, die im Spiel vernachlässigten Leitungsverluste und die Eingriffe der Netzbetreiber (Abregelung von Kraftwerken bei Überproduktion) näherungsweise abzubilden.

Nach dem Ersetzen des Atomstroms durch Kohlestrom entspricht die in Deutschland (im Jahr 2025) installierte Leistung, skaliert auf die 36 GW Systemgröße und gerundet auf 3 GW Einheiten, wie im Spiel gefordert, im einfachen Spiel mit nur 4 Kraftwerkstypen grob der folgenden Verteilung: **Kohle: 12 GW, Wasser: 3 GW, Gas: 6 GW, Wind+PV: 15 GW → Summe: 36 GW**

Mit diesen Startwerten kann das Spiel auch ohne die etwa 10-minütige Vorbereitungsrunde gespielt werden.

## 3 Workshop

### 3.1 Kurzbeschreibung

Das Spiel *Megawatt & Marbles* ist unserem elektrischen Energiesystem nachempfunden. Die Spielenden haben die Aufgabe, das Angebot und die Nachfrage nach Strom im Gleichgewicht zu halten. Dabei hat man die Möglichkeit, die Physik und die Technik zu erleben, die sich hinter der Stromversorgung verbergen.

Wir werden uns mit ihrer Bedeutung und ihren Folgen auseinandersetzen, und etwas über die Zukunftsperspektiven lernen. Dabei werden auch Ideen diskutiert, die gegenwärtig die Debatte um eine grünere, umweltbewusstere Zukunft beherrschen.

### 3.2 Empfohlener Ablauf

#### 1. Einleitungspräsentation

Aufgabenstellung, Hintergrundwissen, Spielregeln, einfache Version **(20 Min)**

#### 2. Spielende in 3 Teams einteilen

Jedes Team sollte aus 10-12 Teilnehmenden bestehen. (2 Spieler je Kraftwerk) **(1 Min)**

#### 3. Variante 1 spielen (8 – 12 Runden je nach Zeit)

Bei mehreren Teams verschiedene Kraftwerksparks verwenden **(14 Min)**

#### 4. Ergebnisse besprechen

Kraftwerksregeln und ihren Bezug zur Realität diskutieren;  
Herausforderungen und Unterschiede zwischen Teams vergleichen. **(10 Min)**

*(bei durchgehendem Verlauf wird hier einfach bis zu 15 Minuten diskutiert, die Zeit kann aber auch einfach eingespart und für die Schlussdiskussion benutzt werden)*

5. Ergebnisse besprechen / kurze Wiederholung vom letzten Mal **(5 Min)**

6. Neue Kraftwerke, neue Regeln, Strafpunkte **(10 Min)**

7. Variante 2 spielen (Konstruktion + 12 Runden) **(20 Min)**

#### 8. Ergebnisse besprechen, CO<sub>2</sub>-Ausstoß bewerten

Gruppen miteinander vergleichen, das Gelernte zusammenfassen; Nachbesprechung. **(10 Min)**

---

In der klassischen Darbietungsform läuft der Workshop über 90 Minuten und hat keine Pause, man kann aber auch nach dem ersten Teil (Punkte 1.-4.) unterbrechen und dadurch die Inhalte z.B. auf zwei Schulstunden verteilen.

### 3.3 Diskussionsthemen

Als Diskussionsgrundlage gilt die Frage nach der Realisierbarkeit der Energiewende in Deutschland basierend auf den Erfahrungen aus dem Spiel.

#### **Mögliche Fragen an die Spieler:**

##### Übergeordnetes Thema:

Kann man gleichzeitig die Ziele: Versorgungssicherheit (Bedarfsdeckung zu jeder Zeit), Ökologie (Klima) und Ökonomie (Preisstabilität) bei Einsatz von 80% erneuerbaren Energieerzeugern erreichen?

Welche Erkenntnisse entnehmen die Teilnehmenden dem Spiel?

Welche Bedeutung haben diese Erkenntnisse in Hinsicht auf unsere Energiezukunft?

Wir wollen mehr erneuerbare Energien nutzen. Was bedeutet das für das System?

Wie können wir damit umgehen? Was sind mögliche Lösungen? Neue Technologien?  
(Laststeuerung, Intelligente Netze, Lastverschiebung)

Kann man mit 80% Erneuerbaren (Wind, Sonne) z.B. Versorgungssicherheit sicherstellen?

Was ist nötig, um ein funktionierendes Gesamtsystem zu kreieren?

Helfen Stromspeicher bei der Integration von Erneuerbaren? Wie groß müssten diese sein?

Brauchen wir Grundlastkraftwerke?

Welche Optionen haben wir für die Grundlast?

Wurden im freien Systementwurf alle sieben Kraftwerkstypen verwendet?

Wie viel Erneuerbare kann man stabil integrieren?

Was würde es einfacher machen, den Bedarf jede Runde zu decken?

Wie würden Handel oder großtechnische Speicherlösungen das System beeinflussen?

## 4 Regeln

### 4.1 Grundidee

Megawatts & Marbles simuliert spielerisch ein Energiesystem mit Kraftwerken, Leitungen und Verbrauchern. Als Vorbereitung auf das Spiel einigen sich die Spieler auf eine Zusammenstellung des Kraftwerksparks nach den erlaubten Regeln oder spielen ein vom Moderator ausgewähltes Szenario mit festen Vorgaben.

Während des Spiels werden die Verbrauchswerte einer Mega-City von einem Spielleiter, respektive einer Companion-App, vorgegeben und müssen vom Kraftwerksmix der Spieler nach Möglichkeit in jeder der 12 Runden exakt gedeckt werden. Dabei wird angenommen, dass alle Stromleitungen perfekt funktionieren: keine Leitungsverluste, alles was erzeugt wird, kommt beim Verbraucher an. Regenerative Energielieferanten (Sonne, Wind) haben jedoch Vorrang (Einspeisegesetz) und müssen verwendet werden, alle anderen Kraftwerke folgen eigenen Regeln.

Von Runde zu Runde muss also abgestimmt werden, welches Kraftwerk wie viel Strom (innerhalb dessen, was die Spielregeln erlauben) produzieren soll, damit die Summe stimmt. Kraftwerke, die fossile Energieträger verwenden (Kohle, Gas) werden mit Strafpunkten für den CO<sub>2</sub> Ausstoß belegt, um der Idee einer nachhaltigen Stromversorgung Rechnung zu tragen.

### 4.2 Regeln im Detail

#### ***Vorbereitung (max. 8 Minuten):***

Die Spieler legen sich auf einen Kraftwerksmix fest, indem sie 12 je 3 GW beinhaltende Einheiten „installierte Leistung“ den Kraftwerkstypen zuordnen, also das ganze Spiel mit genau 36 GW „installierter Leistung“ bestreiten. Dabei ist lediglich bei Wasser eine Obergrenze von 6 GW einzuhalten, da in Deutschland aufgrund geographischer Gründe nicht mehr Wasserkraft realisierbar ist. Gaskraftwerke sind auf maximal 9 GW begrenzt, um den deutlich höheren Investitions- und Betriebskosten gegenüber einem Kohle- oder Windkraftwerk Rechnung zu tragen.

Für Wasserkraft gibt es einen Wasservorrat, der bei 3 GW Leistung 20 Murmeln, bei 6 GW Leistung 30 Murmeln umfasst. Diese werden entweder in einen Vorrat gelegt oder auf dem Punkteblatt angezeigt. Ist der Wasservorrat leer, werden alle weiteren Runden mit 0 Punkten bewertet.

Sobald die Verteilung feststeht, werden für jeden 3 GW Windpark und jedes 3 GW PV-Feld die zugehörigen Erzeugungskarten, 1 Stapel Karten pro 3 GW Leistung (siehe Anhang), verteilt oder in der Companion-App die installierte Leistung entsprechend eingestellt.

---

## **Spiel (ca. 12-15 Minuten, etwa 1 Minute pro Spielrunde):**

Das Spiel bildet einen ganzen Tag in zwölf 2-stündigen Schritten (Spielrunden) ab. Jede Runde besteht aus drei Schritten:

- (1) Der jeweilige elektrische Bedarf (also die elektrische Last in GW = benötigte Anzahl der Murmeln) für die aktuelle Runde bzw. den Tagesabschnitt wird von den ModeratorInnen bzw. der Companion-App bekannt gegeben. (Die Last schwankt während des Tages).
- (2) Die Spieler müssen gemeinsam entscheiden wie viele Murmeln jedes Kraftwerk einsetzen möchte oder muss. (Jedes Kraftwerk unterliegt hierbei bestimmten Regeln, siehe dort).
- (3) Am Ende der Runde werden die Murmeln freigesetzt und rollen die Bahn entlang in die Sammelröhren auf der Verbraucherseite.

Am Ende des Tages (nach 12 Runden) werden die erzielten Gesamt-Punkte ermittelt. Dies geschieht entweder in der Companion-App, in einem Excel-Dokument oder manuell in einem Punkteblatt.

Zu Beginn des Spiels, also wenn mitten in der Nacht der Stromverbrauch relativ gering ist, sind natürlich nicht alle Kraftwerke aus, sondern Grundlastkraftwerke wie z.B. Kohle (oder im erweiterten Spiel auch Fusion) liefern natürlich eine bestimmte Leistung, die die Spieler auf einen beliebigen Wert (unter Beachtung der Spielregel: maximale Leistung) festlegen dürfen, nachdem sie wissen, wie hoch der aktuelle Gesamtverbrauch ist, aber bevor die Wind- und Sonnenleistung bekannt ist.

Im Idealfall betreiben ein bis zwei Spieler jeweils ein Kraftwerk. Sie kollaborieren mit anderen Kraftwerksbetreibern, um die richtige Menge Murmeln (bzw. Perlen *bei Mini-Version*) zu „erzeugen“. Sie speisen die Murmeln in die Trichter-Behälter ein (schieben die passende Anzahl Perlen Richtung Stromnetz) und ziehen am Ende jeder Spielrunde die Sperren ab, um die Murmeln in die Bahnen frei zu setzen (verkünden ihre produzierte Strommenge dem Spielleiter und erledigen Aufgaben am Rundenende, z.B. Wasservorrat abstreichen).

Wenn genug Teilnehmende anwesend sind, können ein oder mehrere SystemingenieurInnen am Ende der Sammelröhre stehen, um die Deckung der Last zu prüfen und den reibungslosen Ablauf sicherzustellen (kümmern sich mehrere Mitspieler um die korrekte Aufzeichnung der von jedem Kraftwerk abgegebenen Strommenge und notieren dies auf dem Punkteblatt).

Wenn das Angebot in irgendeiner Runde die Last nicht genau deckt (d. h. es gibt entweder zu viele oder zu wenige Murmeln), lösen die SystemingenieurInnen den zu befürchtenden Stromausfall aus – die Lichter werden ausgeschaltet!

Wenn nicht genügend Spielende zur Verfügung stehen, können die ModeratorInnen diese Rolle übernehmen.

---

## Kraftwerksregeln

**Kohlekraftwerke** verbrennen Kohle, um große Mengen Wasser in Hochdruckdampf zu verwandeln, der eine Turbine antreibt. Plötzliche Veränderungen des Wasser-/Dampfumsatzes (um mehr/weniger elektrischen Strom zu erzeugen) ist nicht möglich, bzw. würde die Anlage beschädigen.

Lagerfeuer-Analogie: Anheizen und abkühlen dauern relativ lange.

Regel: Begrenzung der Leistungsänderungsgeschwindigkeit, d. h. es darf nicht mehr als eine Murmel ( $\pm 1$ ) pro Runde hinzugefügt oder entnommen werden.

**(Spitzenlast) Gaskraftwerke** sind Flugzeug-Triebwerken sehr ähnlich (sie verwenden keinen Wasserdampf und können ihre Produktion schnell steigern oder drosseln). Die maximal installierbare Leistung beträgt 9 GW, da die Investitions- und Betriebskosten eines Gaskraftwerks sehr hoch sind.

Grill-Analogie: Der Gas-Grill kann schnell angefacht und auch schnell wieder abgekühlt werden.

Regeln: keine Einschränkungen; Sie dürfen so viel produzieren, wie sie wollen – aber nicht mehr als die Nennleistung (d. h. die „Größe“ des Kraftwerks).

**Windenergieanlagen** generieren Strom je nach Windstärke, aber man kann den Wind nicht steuern.

Hintergrund: Windenergieanlagen wird oft vorrangiger Zugang zum Strommarkt garantiert (sog. Einspeisegarantie). Immer wenn der Wind weht muss der Systembetreiber den Strom abnehmen. Dies dient normalerweise zur Förderung der erneuerbaren Energien.

Je nach Kraftwerkspark können Sie mehrere Windenergieanlagen haben. Jeder Kartenstapel entspricht 3 GW installierter Windleistung. Wenn Sie z.B. 9 GW installierte Windleistung haben, benötigen Sie drei Kartenstapel. In jeder Runde wird je eine Karte von jedem der drei Stapel aufgedeckt. Die Karten bestimmen Windstärke und somit die Stromproduktion. Je nach Wetter kann jede Karte einen Wert von 0 bis 3 GW ausweisen. Die Summe der eingespeisten Murmeln muss der Vorgabe der in dieser Runde aufgedeckten Karten entsprechen.

Regeln: vom Wind abhängig; Zu Beginn jeder Runde ziehen Sie eine neue Karte, die Ihre Produktion bestimmt. Sie MÜSSEN die auf der Karte vorgegebene Menge erzeugen!

**Photovoltaik** erzeugt Strom je nach Sonnenschein. Diese Anlagen funktionieren so ähnlich wie Windenergieanlagen.

Hier gehen wir ebenfalls davon aus, dass Fotovoltaik die Einspeisegarantie zur Förderung von „grünen“ erneuerbaren Energien gegenüber konventionellen Kraftwerken genießt. Je nach



---

Kraftwerkspark-Zusammensetzung können Sie mehrere Fotovoltaik-Anlagen haben. Jeder Kartenstapel entspricht 3 GW Sonnenkraft. Zwei Stapel entsprechen z.B. 6 GW Fotovoltaik-Nennleistung. Je nach Wetter kann jede Karte einen Wert von 0 bis 3 GW ausweisen. Die Summe der eingespeisten Murmeln muss der Vorgabe der in dieser Runde aufgedeckten Karten entsprechen.

Regeln: Abhängig vom Sonnenschein. Sie müssen in jeder Runde eine neue Karte aufdecken die die Leistung bestimmt. Sie MÜSSEN so viel Strom produzieren wie die Karte vorgibt.

**Wasserkraft** hat die Eigenheit, da Staudämme bei Regen und Schneeschmelze mit Wasser gefüllt werden. Oft werden Staudämme sogar nur im Winter und im Frühling gefüllt. Das gesammelte Wasser muss für das ganze Jahr reichen. In Deutschland ist aus geographischen Ursachen eine unbegrenzter Ausbau von Wasserkraft nicht möglich, daher gilt eine Begrenzung auf max. 6 GW.

Regeln: begrenztes Reservoir; Ihr Wasservorrat ist in jedem Spiel begrenzt – teilen Sie es sich gut ein!

Mindestwasserabfluss: Sie dürfen Ihren Fluss nicht austrocknen, denken Sie an die Fische! Sie müssen mindestens eine Murmel in jeder Runde einspeisen (aber: diese Murmel muss nicht zwingend zur Stromproduktion hinzu gezählt werden).

**Gas- und Dampfkraftwerke** sind effizienter als Spitzenlast-Gaskraftwerke, aber weniger flexibel. Sie kombinieren eine Gasturbine mit einer Dampfturbine. Der dampfgetriebene Prozess verursacht eine langsamere Leistungsänderungsgeschwindigkeit – ähnlich der Kohlekraftwerke, aber nicht ganz so „steif“. Aufgrund des Zusatznutzens dieses Kraftwerktyps (KWK, erzeugte Wärme), gilt für Gas+Dampf eine kleinere CO<sub>2</sub> Strafe als für Gas.

Regeln: Begrenzung der Leistungsänderungsgeschwindigkeit, d. h. Sie können in jeder Runde die Murmelmenge um maximal  $\pm 2$  verändern.

**Fusionskraftwerke** sind thermische Grundlastkraftwerke. Nachdem sie hochfahren wird ihre Leistung nur selten verändert (bis sie heruntergefahren werden).

Regeln: Keine Leistungsänderung, d.h. Sie müssen am Anfang des Spiels entscheiden, wie viele Murmeln Ihr Kernkraftwerk erzeugen wird. Es wird jede Runde die gleiche Strommenge produzieren.

**Kernspaltungskraftwerke** verhalten sich im Spiel aus Regelsicht wie Fusionskraftwerke, sind aber in Deutschland nach dem Atomausstieg im Rahmen der Energiewende nicht mehr einsetzbar und daher in der deutschen Version des Spiels gar nicht mehr enthalten.

Regeln: Keine Leistungsänderung, einmal festgelegt, gibt das Kraftwerk jede Runde den gleichen Strom ab.

---

## Punktewertung

Das Ziel für das Basislevel (Spielvariante 1 mit verschiedenen vorgegebenen Kraftwerksparks, siehe Anhang) ist die korrekte Deckung des Bedarfs durch das Stromangebot zu jeder Zeit. Der Einfachheit halber verzichtet man in dieser Variante normalerweise auf eine Auswertung der erzielten Punkte. Auf Wunsch könnten die Teams jedoch anhand der Genauigkeit der Deckung von Last und Angebot gegeneinander gemessen werden. Allerdings muss man bedenken, dass Teams ggf. mit unterschiedlich schwierigen Kraftwerksparks spielen oder aufgrund der Zufälligkeit von Wind und Sonne das Glück entscheidet. Diese Unterschiede können in der Nachbesprechung diskutiert werden.

Wenn beim Einsatz von mehreren Spielen gleichzeitig mehrere Gruppen der gleichen Aufgabe ausgesetzt, nämlich den Strombedarf des ausgewählten Lastprofils zu jeder Zeit zu decken, dann kann dies als Wettbewerb um den „grünsten“ Strommix gestaltet werden. Hier müssen dann Nachfrage und Angebot gedeckt werden während ein Minimum an Kohlenstoffdioxid-Emissionen erzeugt wird. Dafür stellen wir auch ein Punkteblatt und eine Excel Tabelle für die Berechnung der Punkte und der grafischen Darstellung der Ergebnisse zur Verfügung.

Punkte werden wie folgt vergeben:

- Wenn die Last gedeckt wurde: Punkte = Nachfrage [in GW]
- Für jede verbrauchte Kohlemurmelt wird 1 Punkt abgezogen.
- Für jede verbrauchte Spitzenlast-Gaskraftwerks-Murmelt werden 0.75 Punkte abgezogen.
- Für jede verbrauchte Gas-und-Dampfkraftwerks-Murmelt werden 0.5 Punkte abgezogen.

Die theoretisch erzielbaren Maximalpunkte sind, je nach Lastszenario, zwischen 210 und 220 Punkten, davon gehen aber immer noch die CO<sub>2</sub> Strafen ab, so dass ein Ergebnis von 180 oder mehr bereits sehr gut, eins von über 200 Punkten absolute Spitze ist und ist in der Regel nur bei günstigem Wind oder perfekter Sonne erzielbar ist.

## Wettbewerb mit Companion App

Die App sorgt bei verschiedenen Gruppen durch einen Wettercode dafür, dass alle Gruppen nominal die gleichen Voraussetzungen haben, also gleiche installierte Leistung gleiche Produktion bedeutet. Wenn unterschiedliche Gruppen eine verschiedene Gesamtleistung in Windkraft bzw. Photovoltaik installiert haben, entsteht natürlich unterschiedlich hohe Produktion.



## Regelvarianten & Szenarien

- Szenario Norwegen: kein wesentliches Limit auf Wasserkraft, bis zu 18 GW (mit 70 Kugeln Vorrat) sind möglich.

Inst. GW	3	6	9	12	15	18+
Vorrat:	20	30	40	50	60	70

- Szenario Deutschland 2050 nach aktueller Politikvorgabe (80% Erneuerbare):  
Wasser: 6 GW, Sonne: 6 GW, Wind: 21 GW, Gas: 9 GW, d.h. 2 Stapel Sonnenkarten, 7 Stapel Windkarten, 30 Kugeln für Wasserkraft.
- Szenario Deutschland 2025:  
Wasser: 3 GW, Sonne: 9 GW, Wind: 9 GW, Gas: 6 GW, Kohle: 9 GW, d.h. 3 Stapel Sonnenkarten, 3 Stapel Windkarten, 30 Kugeln für Wasserkraft
- Szenario Bayern 2025:  
Wasser: 3 GW, Sonne: 18 GW, Wind: 3 GW, Gas: 6 GW, Kohle: 6 GW, d.h. 6 Stapel Sonnenkarten, 1 Stapel Windkarten, 30 Kugeln für Wasserkraft
- Szenario Mecklenburg-Vorpommern 2025:  
Wasser: 0 GW, Sonne: 6 GW, Wind: 21 GW, Kohle: 3 GW, Gas: 6 GW, d.h. 2 Stapel Sonnenkarten, 7 Stapel Windkarten
- verletzt ein Kraftwerk eine Regel, kann es vom Spielleiter für 1-2 Runden abgeschaltet werden, um es „zu reparieren“.
- Wird der Bedarf in einer Runde NICHT erfüllt, erhält das Team eine Strafe in Höhe der doppelten Abweichung vom Sollwert.
- Einschränkung des Kraftwerkparcs auf Kohle, Wind, Wasser, Gas (zur Vereinfachung) entspricht Spielvariante 1 mit optionaler Rekonfiguration.
- Zusätzliche Spieloptionen ab Mitte 2019:  
Geothermiekraftwerk, Gezeitenkraftwerk, Stromspeicher, Lastregulierung

---

## 5 Kontaktinformationen

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik  
Öffentlichkeitsarbeit  
Boltzmannstr. 2  
85748 Garching

*Email:* [energieplanspiel@ipp.mpg.de](mailto:energieplanspiel@ipp.mpg.de)

*Web:* <https://www.ipp.mpg.de/energiesplanspiel>

Weitere Spiel-Materialien sind über den Internet-Link verfügbar.

In Zusammenarbeit mit:

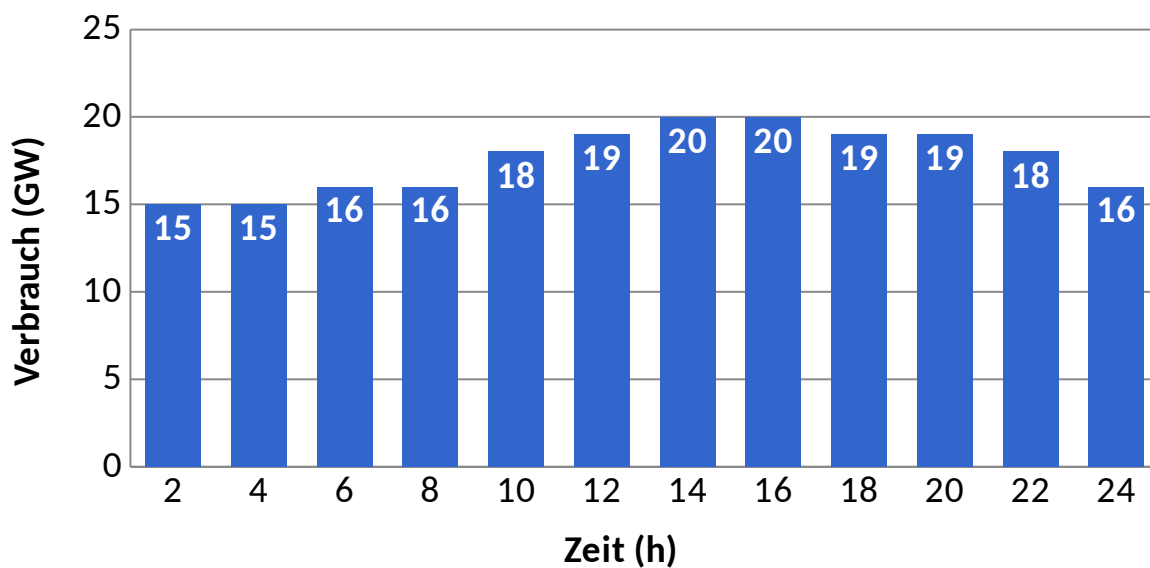
Institute for Integrated Energy Systems  
University of Victoria, Kanada

<http://megawattsandmarbles.com/>

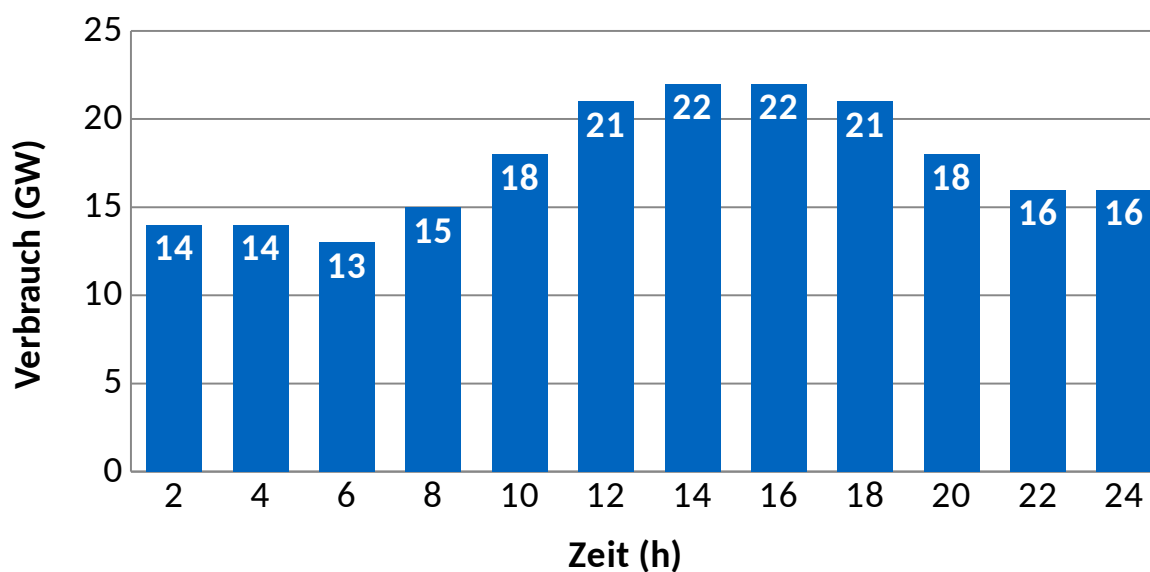
## 6 Anhang

### 6.1 Lastprofile

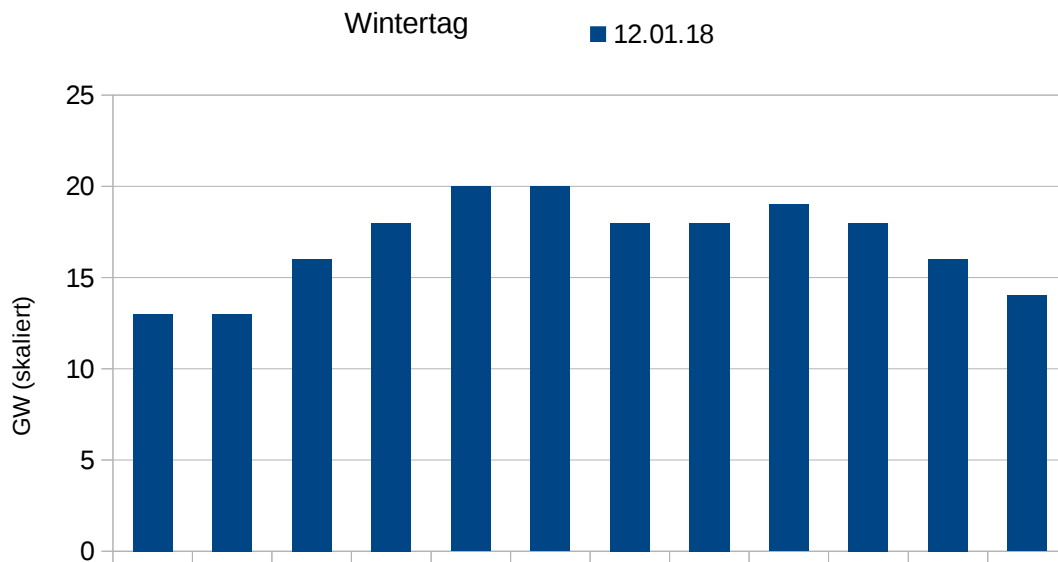
Wintertag in Kanada



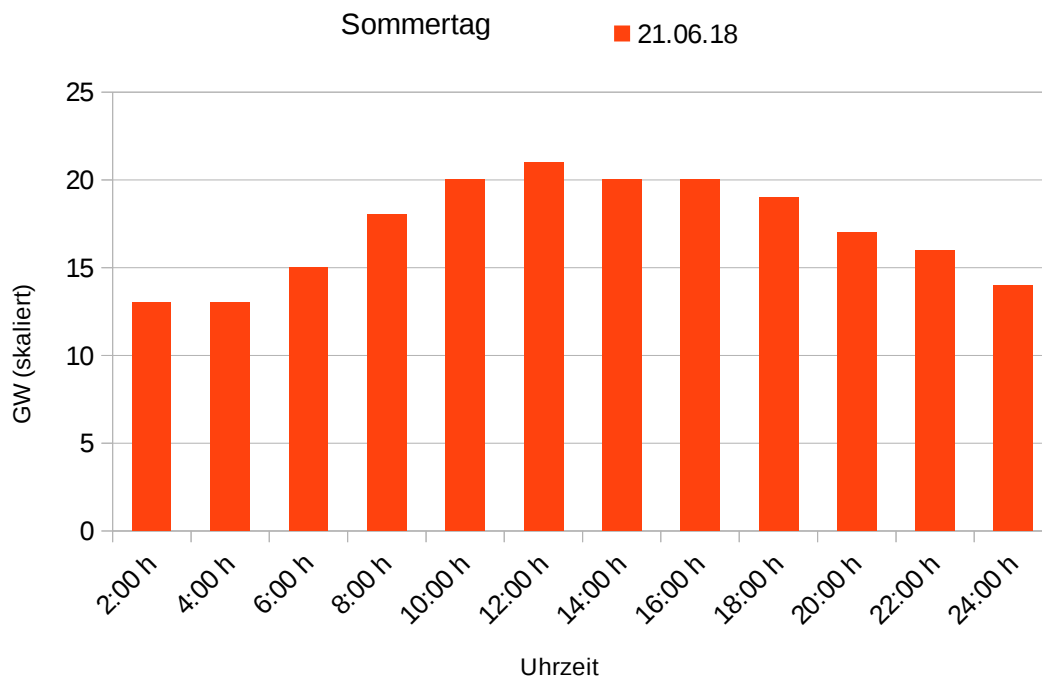
Sommertag in Kanda



### Lastprofil in Deutschland




### Lastprofil in Deutschland





## 6.2 Punkteblatt (auch als separater Download verfügbar)




**MEGAWATTS & MARBLES**

Farbcodes auf diesem Blatt

Vor dem Spiel ausfüllen	Am Spielende auswerten
Während des Spiels	Endergebnis hier hinein

**Team:**



Max-Planck-Institut für Plasmaphysik  
Institute for Integrated Energy Systems  
University of Victoria

	Strombedarf	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h	24 h
<b>GW</b>	installiert												
	Wind												
	Sonne												
	Kohle												
	Gas												
	Gas + Dampf												
	Fusion												
	Wasser												
	<b>Wasserreservoir:</b>	12GW + 00000	00000	00000	3GW + 00000	00000	00000	00000	6GW + 00000	00000	00000	9GW + 00000	00000
	<b>Strombedarf gedeckt?</b>												
	<b>Punkte:</b>												

**Wettercode (optional)**

**Strafpunkte**

	x		Σ
	x		Σ
	x		Σ

x 1,00  
 x 0,75  
 x 0,50

⊖

Σ

⊕

⊖

Σ

⊕

⊖

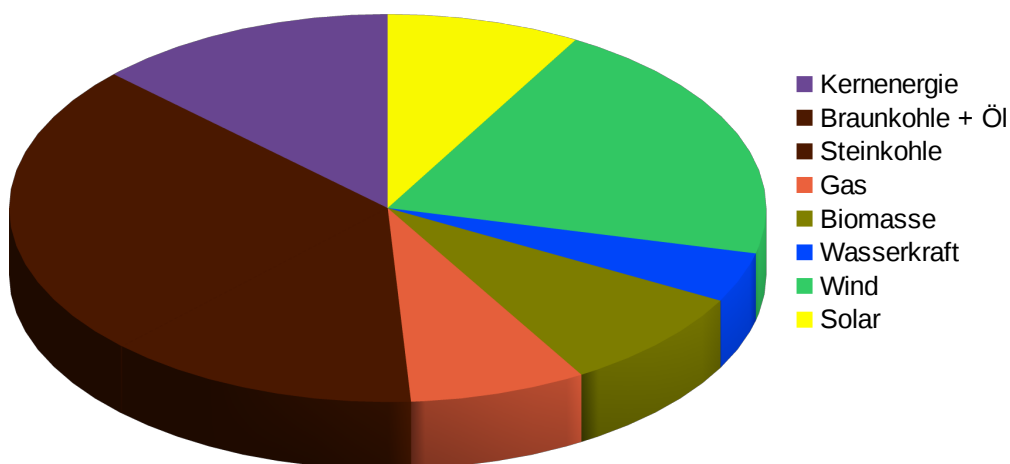
Σ

⊕

Endresultat:

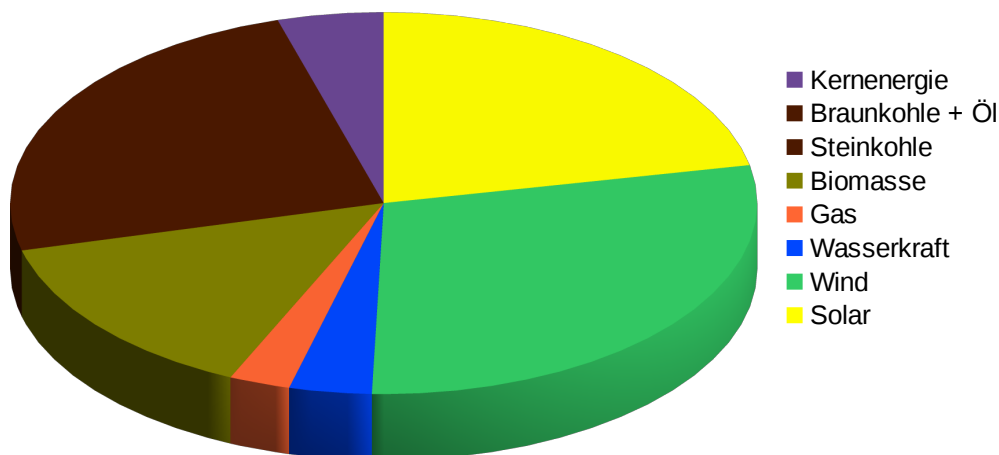
### 6.3 Aktuelle Zahlen, Deutschland 2018

Stromerzeugung 2018 / 1. HJ



Die obige Abbildung zeigt den deutschen Strommix laut Fraunhofer ISE für das erste Halbjahr 2018. Diese Energieträger haben tatsächlich das erzeugt, was an der Steckdose rauskam, während die untere Grafik die installierte Leistung darstellt, also das, was theoretisch maximal abrufbar wäre, wenn jedes Kraftwerk mit 100% Vollast betrieben würde.

Installierte Leistung 2018 (gesamt: 207 GW)





---

## 6.4 Materialien zum Download

Die Downloadseite ist erreichbar über <https://www.ipp.mpg.de/energieplanspiel>

Die Dateien enthalten folgende unterstützenden Materialien:

### **Spielleitermappe.pdf**

Dieses Dokument, was Sie gerade lesen, beschreibt den Workshop (im Unterricht: Doppelstunde), welcher geeignet ist, einige wichtige Aspekte des Themas Energiekompetenz zu vermitteln. Es gliedert sich in verschiedene Themenbereiche wie Hintergrundinformation, Ablauf, Spielregeln.

### **Einführungsvortrag.pptx & Einführungsvortrag.pdf**

Ein Foliensatz mit Material für die Durchführung des Workshop, respektive einer Doppelstunde mit vorgeschlagenem Lastprofil. Wind- und Sonnendaten müssen per (ausdruckbaren) Karten oder via App beige-steuert werden. Die Folien enthalten evtl. mehr Material als zeitlich in der Einführung untergebracht werden kann und sollte vom Vortragenden entsprechend der persönlichen Vorlieben bzw. dem Publikum angepasst und u.U. gekürzt werden.

### **Spielregeln Kraftwerke.pdf & Kapazitätsplättchen.pdf**

Zur Unterstützung der Spielenden können die Regeln der einzelnen Kraftwerke auf übersichtlichen Regelkarten ausgedruckt und ggf. laminiert werden. Von den Kapazitätsplättchen können je 12 an jede Spielgruppe verteilt werden als Spielmaterial für die Vorbereitung des Kraftwerksparks.

### **Windsonneprofile.pdf**

Um das Spielen ohne App bzw. Internet zu ermöglichen, können die Wind- und Sonnendaten für verschiedene Kraftwerke, bzw. für verschiedene Tage auf Karten ausgedruckt werden und im Spiel für die Vorgabe der Wind- und Sonnenstromerzeugung verwendet werden.

Um die Kartenstapel zu produzieren müssen ausreichend Karten ausgedruckt werden, die Vorlagen dafür gibt es in **Windkarten.pdf** und **Sonnenkarten.pdf**

### **Punkteauswertung.xlsx**

Erlaubt die Excel-gestützte Auswertung von bis zu 3 parallel spielenden Gruppen und den Punktevergleich mit Statistik über die von den Gruppen verwendete Energie. Dabei können verschiedene Kraftwerkszusammenstellungen in den verschiedenen Gruppen gespielt werden.

### **Punkteblatt.pdf**

Dieses Dokument kann beim zweiten Spiel für die Punkteberechnung ganz ohne Excel oder Onlineverbindung genutzt werden. Einfach ausdrucken und von den Spielern ausfüllen lassen.