

**Stellungnahme – Photovoltaik-Strategie Deutschland des Bundesministeriums für  
Wirtschaft und Klimaschutz**

**Stellungnahme zur Entwurfsvorlage vom 10. März 2023**

**Dr. Lars Schernikau, unabhängiger Energieökonom und Rohstoffhändler**

Datum: 20. März 2023 – PV-Strategie@bmwk.bund.de

**Stellungnahme zur [Photovoltaik-Strategie Deutschland – BMWK](#)**

Untertitel: Jedes Mal, wenn wir „Energie anfassen“ oder speichern, verliert sie an Wert. Warum?

*Diese Stellungnahme ist als offener Brief an ausgewählte Medien verteilt worden und ist öffentlich unter <https://energeia-publishing.com/de/news/> als Download verfügbar.*

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich bin unabhängiger Energieökonom, Rohstoffhändler und Autor akademischer Studien zum Thema Energie und „Energiewende“. Vor meiner Zeit als internationaler Rohstoffhändler habe ich 6 Jahre bei der Boston Consulting Group in der Unternehmensberatung in den USA und Deutschland gearbeitet. In meiner aktuellen Tätigkeit als Rohstoffhändler interagiere ich mit der Energiewirtschaft sowie der Politik in zahlreichen Staaten in Asien, Afrika, Amerika und Europa.

- Ich bin in Berlin aufgewachsen und wurde in den USA (BA Finance), Frankreich (INSEAD – MBA), und Deutschland (TU Berlin – Dr. rer. oec. in Energie- und Rohstoffökonomie) ausgebildet.
- Mein kürzlich erschienenen Buch „**Unbequeme Wahrheiten... über Strom und die Energie der Zukunft**“ ([www.unpopular-truth.com](http://www.unpopular-truth.com)) ist in [Englisch und Deutsch](#) erhältlich und befasst sich unter anderem auch mit Solarstrom und betrachtet die u. g. Argumente.
- Ich erwähne das Buch deswegen, da hier auch alle Quellen, auf die sich meine Aussagen berufen, detailliert aufgeführt werden.

Sie baten auf Seite 36 Ihres beiliegenden Entwurfs zur deutschen Photovoltaik-Strategie um Stellungnahme, was ich hiermit tue. Aufgrund der Wichtigkeit des Themas Energie für Deutschland habe ich mir die Zeit genommen und detaillierter geantwortet. Ich werde für diese Stellungnahme weder bezahlt noch von einer Organisation unterstützt. Ich gehöre keiner Partei an.

Ich beschränke mich bei meinen Ausführungen auf die 4 folgenden Hauptpunkte: a) Kosten, b) Energienachfrage, Nutzungsrate, Speicher c) Energieeffizienz, und d) Systemintegration.

**[elektronisch unterschrieben]**

Dr. Lars Schernikau

c/o HMS, An der Wuhlheide 232, 12459 Berlin, Tel +49-30-6566810

E-mail: [energyeconomics@top-email.net](mailto:energyeconomics@top-email.net)

## Inhalt

1. Einführung.....	2
2. Kosten der Energie .....	3
3. Energienachfrage, Nutzungsgrade und Speicher .....	5
4. Energieeffizienz: <i>Energieproduktion vs. Energieverbrauch</i> .....	8
5. Systemintegration/Systemstabilität & Marktwert weiterer Solarpaneele.....	10
6. Anhang – Gesetze der Thermodynamik .....	11
Abbildung 1: Menschliche und Umwelt-Externalitäten unsere Energiesystem.....	3
Abbildung 1: Strompreise im internationalen Vergleich .....	4
Abbildung 2: OECD Strom-Vollkosten Analyse mit verschiedenen Technologien .....	5
Abbildung 3: Deutschland installierte Leistung, Stromverbrauch, Primärenergieverbrauch .....	6
Abbildung 4: Illustration zum eROI verschiedener Stromerzeugungsquellen, auch Kosten, Materialaufwand, und Platzbedarf werden illustrative dargestellt .....	8
Abbildung 5: Solaranlagen erhöhen Temperaturen .....	9
Abbildung 6: Gesetze der Thermodynamik .....	12

## 1. Einführung

### ***Jedes Mal, wenn wir „Energie anfassen“ oder speichern, verliert sie an Wert. Warum?***

Sie baten um Stellungnahme zu Ihrem Papier zur Photovoltaik-Strategie Deutschlands. Ich zeige hier eine Auswahl an Kernthemen auf, die bei Ihrer Strategie weitgehend unberücksichtigt bleiben. Diese Aussagen wurden bereits mehrfach gesamtheitlich oder teilweise öffentlich von verschiedenen deutschen Energieökonomen vorgetragen (siehe auch [Prof Schwager et al. 2022](#), [Prof. Löschke](#) 2022, [Prof. Sinn](#) 2023, [Prof. Vahrenholt](#): „Die Große Energiekrise...“ 2023, und unzählige mehr).

Es geht mir in diesem Schreiben um keinen politischen Diskurs, sondern einzig und allein darum, was energieökonomisch möglich und sinnvoll ist. Ich bin der Meinung, dass die aufgezeigte Solarstrategie physikalische und wirtschaftliche Gesetze außer Acht lässt, was am Ende zu Energiearmut und zu unbeachteten ökologischen Konsequenzen (vielfach außerhalb Deutschlands) führen kann und wird.

Ich hoffe, dass Sie zu mindestens einen Teil der unten genannten Themen in Ihrem neuen Entwurf berücksichtigen werden.

Laut UN, IPCC, McKinsey, OECD, WoodMackenzie und vielen anderen ist es unbestritten, dass die „Energiewende“ bis 2050, wie angedacht, wesentlich mehr kosten wird als jegliche realistischen und zuverlässig vorhergesagte Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels bis 2100 (also 50 Jahre später). Siehe dazu eine kurze Zusammenfassung [hier](#).

Die Solar-Strategie für Deutschland, und damit die „Energiewende“ hin zu variablen „erneuerbaren“ Energieformen, muss grundsätzlich überdacht werden. Es bedarf einer ganzheitlichen Betrachtung, die die Versorgungssicherheit garantiert (siehe McKinsey März 2023 zur [drohenden Stromlücke](#)) und die Netto-Energie- und Rohstoffeffizienz über die gesamte

Wertschöpfungskette hinweg erhöht. Externalitäten unserer Energiesysteme gehen über den Ausstoß von CO<sub>2</sub> hinaus und sind komplexer als in Ihrer Studie oder der deutschen Energiepolitik berücksichtigt, siehe *Abbildung 1: Menschliche und Umwelt-Externalitäten unserer Energiesysteme*.

**Durch die „Energiewende“ machen wir unsere Energiesysteme wesentlich komplexer, was automatisch zu mehr Energieverlusten führt.** Und das in einer Zeit, in der Energie weltweit eher knapp und teurer wird. Auf diese Erhöhung der Komplexität weisen Sie selbst in Ihrem Papier hin.

Die Gesetze der Thermodynamik führen dazu, dass eine Komplexitäts-erhöhung bei der Energiebereitstellung immer zu einer Reduzierung der Netto-Energieeffizienz in der Bereitstellung der Energie führen muss und indirekt zur Wärmeabgabe in die Biosphäre beiträgt (Siehe Entropie und Energieerhaltungssatz).

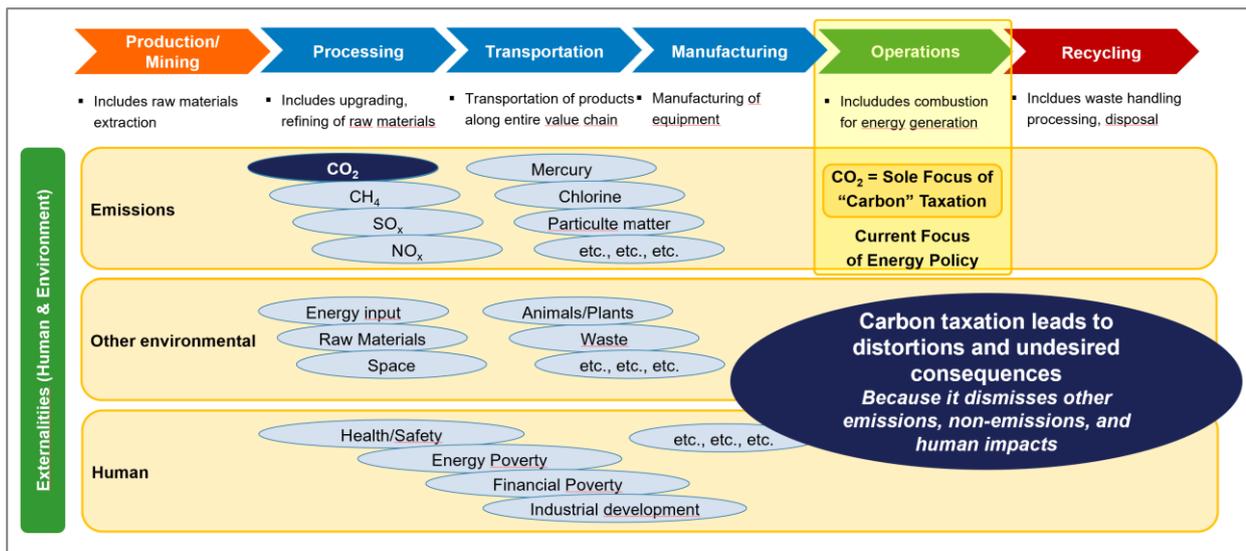


Abbildung 1: Menschliche und Umwelt-Externalitäten unserer Energiesysteme

Quelle: Schernikau 2023

Ihre Studie enthält einige positive Ansätze, wie zum Beispiel die weitere Optimierung der Energienachfrage. Die folgenden 4 Kernpunkte finden allerdings kaum Betrachtung und bedürfen einer grundsätzlichen Neuevaluierung Ihres Entwurfs.

## 2. Kosten der Energie

Deutschland hat neben Dänemark die höchsten Stromkosten für Industrie- und Einzelhandelskunden, siehe Abbildung 2. Diese hohen Kosten haben verschiedene Ursachen.

Um die Kosten von Wind und Solar mit den Kosten von Kernkraft, Kohle-, oder Gasstrom zu vergleichen, berufen sich aktuell die meisten Studien in der Politik und sogar der Wirtschaft auf das Kostenmaß LCOE (Levelized Cost of Electricity), das die Bau-, Betriebs- und Brennstoffkosten (oft auch Kosten für CO<sub>2</sub>) beinhaltet. Nicht betrachtet werden allerdings:

1. Kosten der (Elektrizitäts-)Transport- und Ausgleichssysteme
2. Speicherkosten
3. Kosten für Back-Up-Technologien
4. Umweltkosten (außer CO<sub>2</sub>-Bepreisung)
5. Recyclingkosten
6. Raumkosten

Auch nicht berücksichtigt werden andere Kennzahlen wie Rohstoffeinsatz, kurze Lebensdauer und Energierendite (eROI). Somit haben „erneuerbare“ Energien wie Wind und Solar die höchsten Gesamtkosten (nicht Grenzkosten) für das System. Diese Kosten entstehen aufgrund der Unvorhersehbarkeit von Wind und Sonne und aus der Netzintegrationsproblematik (siehe weiter unten).

In Ihrem Papier auf Seite 7 sprechen Sie von **PV-Freiflächenanlagen als günstigste Stromerzeugungstechnologie, das ist nachweislich falsch**, wenn man die relevanten Gesamtkosten für Deutschland betrachtet, nicht die Grenzkosten.

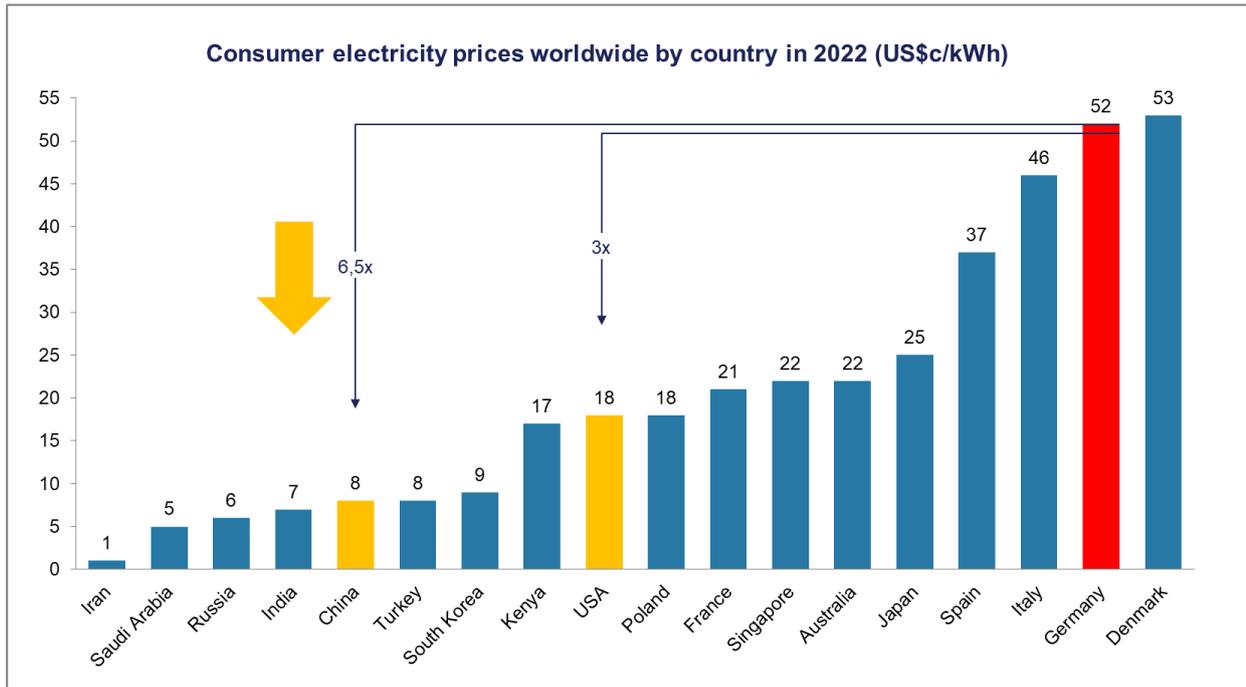


Abbildung 2: Strompreise im internationalen Vergleich

Quelle: Schernikau basierend auf [Statista](#)

Hierzu haben wir 2022 eine detailliertere akademische Studie verfasst, die auf Elsevier's SSRN (Schernikau et al. 2022, <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4000800>) kostenlos in Deutsch und Englisch zur Verfügung steht. Wir betrachten dabei die **Strom-Vollkosten (Full Cost of Electricity, FCOE)** und zeigen nicht nur, warum die Kosten für Wind und Solar höher als für konventionelle Stromerzeugung sind, sondern auch, warum deren Kosten steigen, je mehr Wind und Solar im System genutzt werden.

Diese Aussagen werden auch durch die OECD und IEA selbst bestätigt (Quellen siehe o. g. Studie, [Schernikau et al. 2022](#)):

- OECD NEA 2018, S. 39: „Wo (variable erneuerbare Energie VEE die Kosten des Gesamtsystems erhöhen, ..., verursachen sie diese externen Effekte oder sozialen Kosten durch erhöhte Ausgleichskosten, teurere Transport- und Verteilungsnetze und die Notwendigkeit kostspieliger Backup-Systeme, um die Versorgungssicherheit rund um die Uhr zu gewährleisten“.
- OECD NEA 2018, S. 39: „Aus Sicht der ökonomischen Theorie sollten VEEs für diese Mehrkosten [oben genannten Integrationskosten] besteuert werden, um ihren wirtschaftlich optimalen Einsatz zu gewährleisten“.

- IEA 2020c, S. 14: „...der Systemwert variabler erneuerbarer Energien wie Wind und Solar sinkt mit steigendem Anteil an der Elektrizitätserzeugung“.

Es ist eindeutig, was es heißt, wenn sich die Energiekosten eines Landes erhöhen. Das Land verliert nicht nur an Wettbewerbsfähigkeit, sondern es **führt auch zur relativen Verarmung vor allem der einkommensschwächeren Schichten** der Bevölkerung.

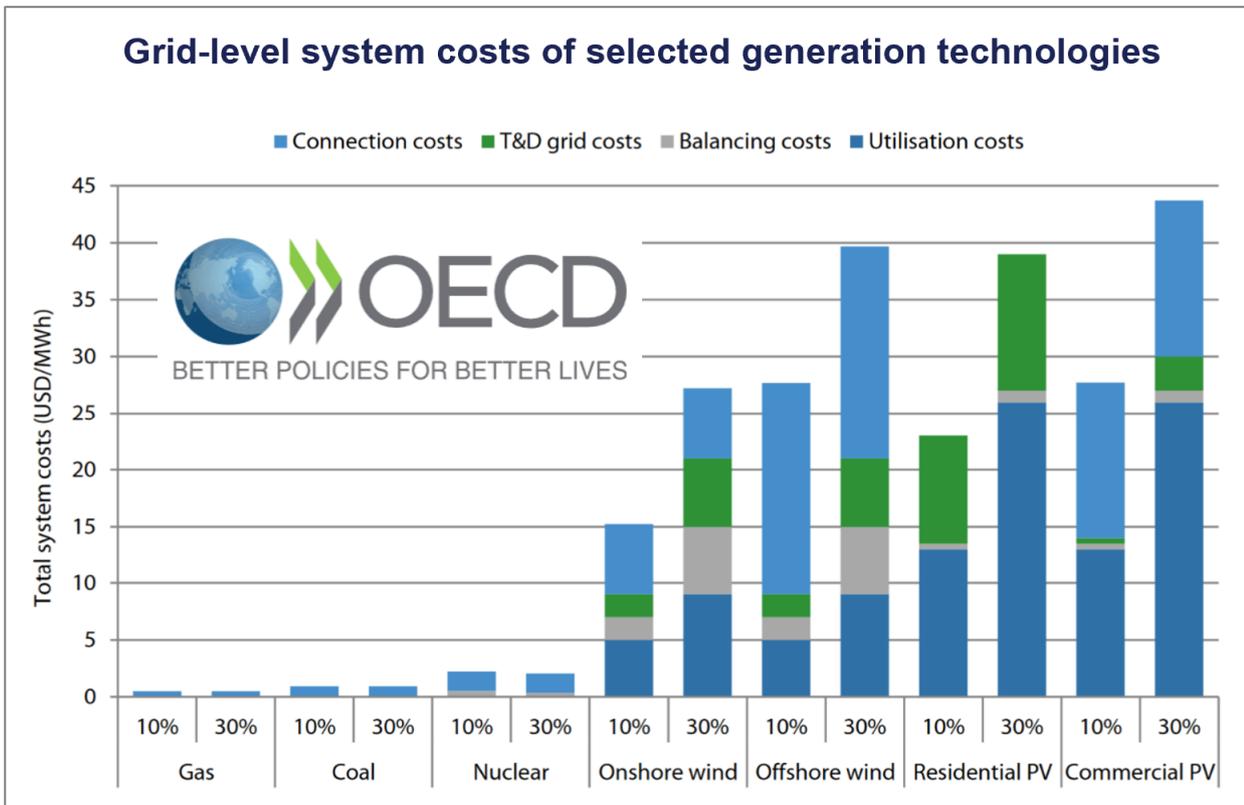


Abbildung 3: OECD Strom-Vollkosten-Analyse mit verschiedenen Technologien

Quelle: OECD: The Full Costs of Electricity Provision 2019, <https://www.oecd.org/publications/the-full-costs-of-electricity-provision-9789264303119-en.htm>, S. 18

**Ich bitte Sie und empfehle dringend, die o. g. Informationen zur signifikanten Energiekostenerhöhung ausgelöst durch den Ausbau von Sonnen- und Windenergie nicht nur in Ihrer Studie zu nennen, sondern auch Ihre Berechnungen entsprechend anzupassen.**

### 3. Energienachfrage, Nutzungsgrade und Speicher

Kohle, Öl und Gas decken aktuell ca. 80% der weltweiten Gesamtenergienachfrage ab (in Europe sind es ca. 70%). Die globale Stromnachfrage wird zu 60% allein durch Kohle und Gas gedeckt. Investitionen und Subventionen für Wind und Solar (auf pro kWh genormt) übersteigen jegliche Investitionen in, oder Subventionen von, „klassische(r)“ Stromerzeugung (siehe auch [European Court of Audit](#) 2022, S.30).

1. **Das Energiejahr 2021** in Deutschland in Zahlen (siehe Abbildung 4):

- a. Wind und Solar installierte Kraftwerksleistung betrug 122 GW (55%) von Deutschlandweit insgesamt 222 GW. Ende 2022 erreichten Wind und Solar bereits 142 GW.
- b. Ca 28% des gesamten Strombedarfs konnte in 2021 mit Wind und Solar gedeckt werden, der mit ca. 600 TWh seit 20 Jahren nahezu gleich blieb.
- c. Ca 5% der gesamten Primärenergienachfrage von ca. 3.400 TWh konnte durch Wind und Solar gedeckt werden.

2. **Primärenergie vs. Strom:**

- a. Wenn man einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 40% annimmt, dann macht Strom etwas mehr als 40% des Primärenergiebedarfs aus, was ungefähr dem weltweiten Durchschnitt entspricht.
- b. Ca. 60% der gesamten Energienachfrage entfallen auf Energie, Wärme und Transport.

Da Verkehr, Industrie und Transport auch voll elektrifiziert werden sollen, steigt der aktuelle Bedarf von 600 TWh Strom sehr stark an (wesentlich mehr als 3.400 TWh). Es muss nicht nur die bestehende Energienachfrage gedeckt werden, sondern auch ein Vielfaches an Energieverlusten müsste ausgeglichen werden. Ein Beispiel aus der Stahlindustrie vom Februar 2022 ist die Aussage des Thyssenkrupp Stahl Vorstands Bernhard Osburg auf der Handelsblatt Jahrestagung Zukunft Stahl ([hier Artikel die Welt](#)):

„... Beispiel Thyssenkrupp. Derzeit benötigt der deutsche Marktführer für sein Werk am Standort Duisburg – im Übrigen das größte Stahlwerk Europas – rund 4,5 TWh Energie. **„Wenn wir klimaneutral produzieren, verzehnfacht sich dieser Bedarf“**, kündigt **Stahlsparten-Chef Osburg an. Zum Vergleich: Die dann benötigten 45 Terawattstunden entsprechen nach Unternehmensangaben dem 4,5-fachen Strombedarf der Stadt Hamburg“.**

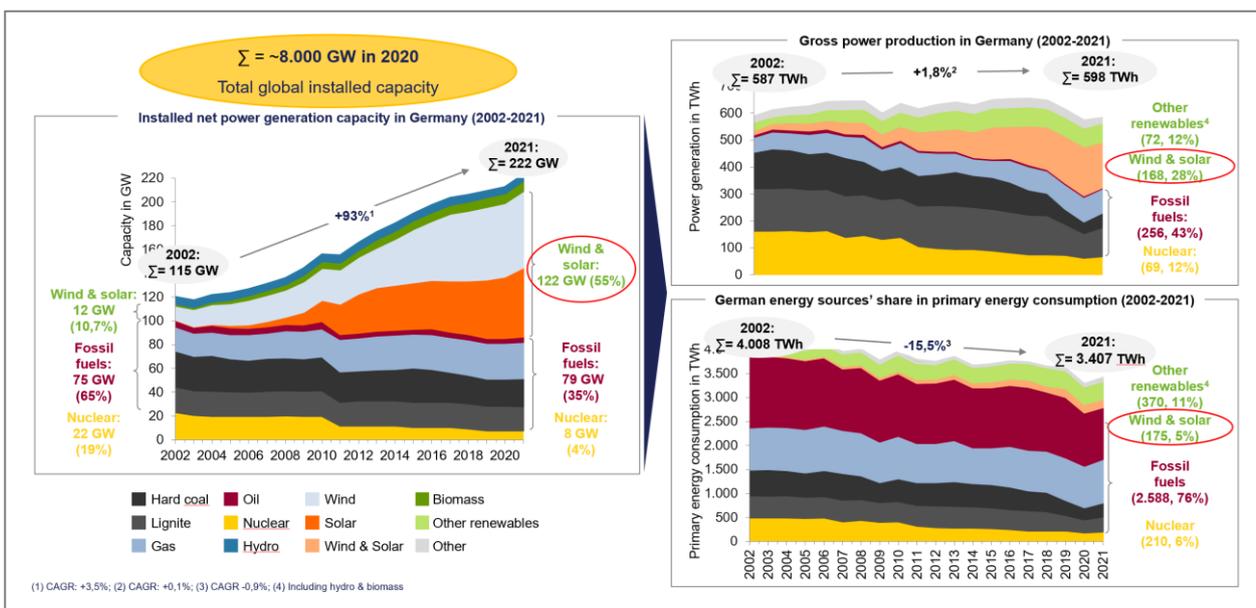


Abbildung 4: Deutschlands installierte Leistung, Stromverbrauch, Primärenergieverbrauch

Quelle: Schernikau basierend auf Fraunhofer, Energiebilanzen, Agora

3. Im Durchschnitt haben Solaranlagen in Deutschland einen **natürlichen Nutzungsgrad von ca. 11%**, das hat signifikante Auswirkungen. Es ist zu beachten, dass diese 11% ein jährlicher Durchschnitt sind und im Winter oft ein natürlicher Nutzungsgrad von 0-2% über Wochen hinweg vorliegt. Auch im Sommer scheint nachts die Sonne nicht (das ist nicht ironisch gemeint).
  - a. 89% der Zeit (im jährlichen Durchschnitt) liefern diese Anlagen witterungsbedingt keinen Strom. Somit müsste im Durchschnitt 9-mal mehr Anlagenkapazität als Nachfrage installiert werden. Das reicht allerdings bei Weitem nicht aus.
  - b. Wir wissen nicht, wann diese 11% Strom geliefert werden, somit ist eine verlässliche Planung unmöglich.
4. **Speicherung:** Wenn eine Langzeitspeicherung möglich wäre (ist sie aktuell nicht), würde das sehr große Energieverluste bedeuten, im Falle von Wasserstoff ca. 65-80% (siehe „*Unbequeme Wahrheiten...*“ für alle Quellenangaben). Batterien sind keine Langzeitspeicher und somit langfristig ungeeignet.
  - a. Im Falle von Wasserstoff und Solar müssten also nochmal 3-4-mal mehr Anlagen gebaut werden, nur um die Verluste des Wasserstoffs auszugleichen. Somit wäre die  $9 \times 3 = 27$ -fache installierte Leistung von Solar notwendig. Aber auch das reicht nicht.
  - b. Laut [Ruhnau und Quist 2021](#), die einen Zeitraum von 35 Jahren in Europa untersucht haben, sind bis zu 12 Wochen Speicherung notwendig, um Stromausfälle komplett auszuschließen, die im Falle von großen Dunkelflauten, die ganz Europa beeinträchtigen, auftreten würden.
  - c. Das heißt, die 27-fache „Überbauung“ müsste noch einmal vervielfacht werden, um im Winter solche langen Dunkelflauten zu überstehen bzw. die Speicher ausreichend „aufzuladen“.
  - d. Wind und Solar sind NICHT komplementär. Im groben Durchschnitt ja, aber ein Stromnetz muss jede Sekunde ausgewogen sein (Angebot und Nachfrage müssen sekundengenau übereinstimmen), sonst kommt es zu Blackouts. **Somit ist in der Stromwirtschaft der „Durchschnitt“ irrelevant.** Ihre Aussage auf Seite 16 über die Ausgewogenheit von Wind und Solar ist somit nicht richtig und sogar gefährlich missdeutend für Entscheidungsträger (siehe „kalte Dunkelflauten“ im Winter).
  - e. Wenn in Deutschland kein Wind weht oder wenig Sonne scheint, dann besteht sehr oft (nicht immer) das gleiche Phänomen bei den deutschen Nachbarn. Folglich ist ein sicherer Strom-Import in Zeiten von Wind- und Sonnenknappheit keine nachhaltige Möglichkeit.
  - f. Norwegen hat erst kürzlich darauf [hingewiesen](#), dass es nicht bereit ist, Europäische Nachbarn auf Kosten der eigenen Versorgungssicherheit mit Strom zu versorgen.

Somit ist eindeutig, dass Solar nie allein (oder mit Wind) im System funktionieren kann, es bedarf IMMER eines Back-Ups (Kohle, Gas) oder einer unrealistischen Langzeitspeicherung (Wasserstoff, Pumpspeicherkraftwerke, etc., die es aktuell nicht annähernd in ausreichender Anzahl gibt). Wind genügt nicht als Komplementär-Energiequelle. Kurzzeitspeicher wie Batterien oder Nachfragemanagement lösen das Problem leider auch nicht. Sie können das Problem etwas reduzieren, was jedoch nicht genügt.

**Ich bitte Sie und empfehle dringend, die o. g. Informationen zum natürlichen Nutzungsgrad, Speicherbedarf, und Steigerung der Gesamtenergienachfrage nicht nur in Ihrer Studie zu nennen, sondern auch Ihre Berechnungen entsprechend anzupassen.**

#### 4. Energieeffizienz: Energieproduktion vs. Energieverbrauch

Aktuell wird richtigerweise viel über Energieeffizienz und somit Energieeinsparungen gesprochen. Wie können wir das Maximale mit der wenigsten Energie erreichen? Interessant ist dabei, dass fast ausschließlich über die Effizienz beim Energieverbrauch diskutiert wird.

Viel **wichtiger als die Effizienz beim Verbrauch von Energie ist allerdings die Effizienz bei der „Produktion von Energie“**. Hierfür gibt es das Maß **eROI** (Energy Return of Energy Invested), auch als Energierendite oder Netto-Energieeffizienz bezeichnet, siehe Abbildung 5.

Wir haben dazu 2022 eine wissenschaftliche Studie veröffentlicht, die in Deutsch und Englisch auf Elsevier's SSRN kostenlos (<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4000800>) verfügbar ist. Im Kern wird gezeigt, dass Wind und Solar einen sehr geringen eROI im einstelligen Bereich haben und damit bei zu starker Integration und zu großem Ausbau zu Energiearmut führen müssen. Die Wissenschaft ist hier noch bei weitem nicht ausgereift, es Bedarf Geld und personelle Ressourcen, eROI genauer zu untersuchen.

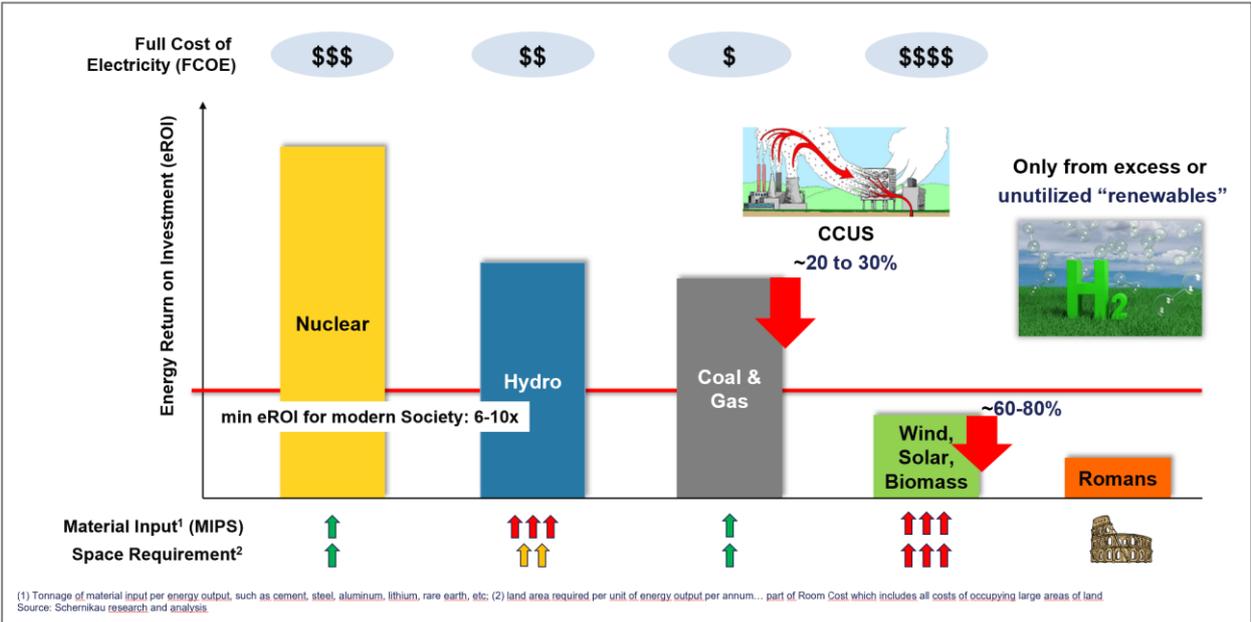


Abbildung 5: Illustration zum eROI verschiedener Stromerzeugungsquellen, auch Kosten, Materialaufwand und Platzbedarf werden illustrativ dargestellt

Quelle: Schernikau aus dem Buch „Unbequeme Wahrheiten...“ mit mehr Erläuterungen

#### Materialbedarf, Platzbedarf und Energiedichte

- Solaranlagen müssen erst gebaut werden. Das erfordert Energie und Rohstoffe. Der Rohstoffbedarf von Solar ist um ein Vielfaches höher pro MW als für konventionelle Kraftwerke (eine Vielzahl von Quellen bestätigen dies, u. a. [KU Leuven 2022 report](#): Metals

for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge, auch die IEA oder EIA bestätigen diese Zahlen im Grundsatz).

- Da die Energiedichte pro m<sup>2</sup> für nutzbare Sonnenergie physikalisch begrenzt ist, bedarf es wesentlich mehr Platz. Dieser Platzbedarf hat ökonomische und ökologische Auswirkungen (Tierwelt, Pflanzenwelt, Temperaturerhöhungen, etc.). Im Detail wird dieses Thema in unserem [Buch](#) „**Unbequeme Wahrheiten...**“ erläutert. Siehe auch Abbildung 6.
- Für den Bau von Solarpaneelen ist Kohle (für die Reduktion von Silikondioxid), hochwertiger Quarzsand, Holzschnitzel und sehr viel Energie nötig (Quelle: [Troszak 2019](#), [NATO Energy Security Centre of Excellence 2021](#) S. 22, und eigene Erfahrung).
- [Schernikau und Smith 2021](#) haben berechnet, dass 7% Spaniens (aufgrund der besten Sonnenverfügbarkeit in Europa ausgewählt) mit Solarpaneelen bebaut werden müsste, um Deutschland sicher ausschließlich mit Solarstrom versorgen zu können. Die dafür notwendigen Silber- und Silikonmengen reichen weltweit nicht aus. Der Materialbedarf für die notwendige Speicherung, wenn man Batterien nutzen würde, übersteigt Milliarden von Tonnen. Quelle: Elsevier's SSRN in Deutsch und Englisch (<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3730155>).
- Es handelt sich in o. g. Studie um eine Illustration. Wenn es gesamtheitlich keinen Sinn macht, Deutschland mit Solarstrom aus Spanien zu versorgen, warum macht es dann Sinn, Deutschland auch nur teilweise mit Solarstrom aus Deutschland – mit weniger Sonnenintensität – zu versorgen?

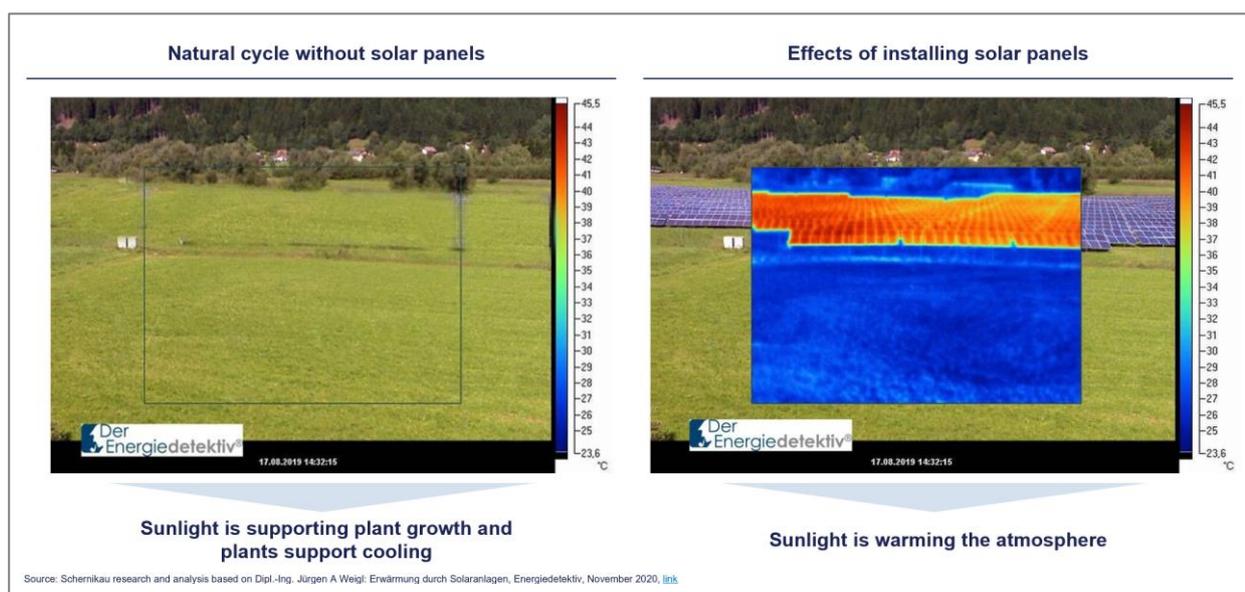


Abbildung 6: Solaranlagen führen zu Temperaturanstiegen

Quelle: Schernikau auf Basis Simon Weigl ([energiedetektiv](#))

**Ich bitte Sie und empfehle dringend, die o. g. Informationen zum eROI, Materialbedarf, und Platzbedarf (Energiedichte) nicht nur in Ihrer Studie zu nennen, sondern auch Ihre Berechnungen entsprechend anzupassen.**

## 5. Systemintegration/Systemstabilität & Marktwert weiterer Solarpaneele

Auf Seite 25 nennen Sie das Ziel, einen sicheren und stabilen Systembetrieb mit „erneuerbaren“ Energien (somit ohne Kohle, Gas und Kernkraft) zu erreichen. Dieses Ziel ist aus Sicht der Systemintegration bzw.-stabilität physikalisch nicht nur unmöglich, sondern würde unvorhersehbare ökonomischen und ökologische Konsequenzen haben.

[Hirth 2013](#) erläuterte bereits, warum jedes weitere Solarpanel weniger „Wert“ im Stromsystem hat als das davor:

- *“... the market value of VRE falls with higher penetration rate. This study aims to develop a better understanding on how the market value with penetration, and how policies and prices affect the market value”.*

Das ein weiterer Ausbau von hochkorrelierter Sonnen- oder Windkraft immer weniger Wert hat ist logisch und wird verschlimmert, je mehr Sonnen- und Windkraft im System sind (siehe [Smith und Schernikau 2022](#) über Windkraft). Bereits heute sind über 65 GW installierte PV-Leistung im deutschen Netz. Hinzu kommt etwas mehr installierte Windleistung, also in Summe über 140 GW. Aber die gesamte Spitzennachfrage in Deutschland beträgt „nur“ ca. 80 GW.

Was passiert mit jedem weiteren Solarpaneel? Es ist fast wertlos! Denn, wenn die Sonne scheint, haben wir und unsere Nachbarn sowieso schon genug Strom. Speicher gibt es nicht im Netzmaßstab, und selbst wenn, sind diese hochgradig ineffizient, wie bereits gezeigt. Bei kalten Dunkelflauten nutzt dieses weitere Solarpanel fast gar nichts.

Bereits in 2020 warnte das Deutsche [EWI Uni Köln](#) in einer detaillierten Studie vor einer Unterdeckung in Nordwesteuropa in diesem Jahrzehnt während kalter Dunkelflauten.

Hinzu kommen folgende weitere Grundsatzprobleme der Netzintegration:

**Übertragung:** In „erneuerbaren“ Elektrizitätssystemen ist eine Optimierung der Übertragungsnetze nicht möglich, da Wind- und Solarkraftwerke dort gebaut werden müssen, wo optimale natürliche Bedingungen bestehen. Deshalb ist die Übertragung für VEE ein deutlich größeres Problem, viel teurer und mit mehr Verlusten versehen. Das notwendige Kupfer wird weltweit knapp.

**Netzfrequenz, Umwandlung und Aufbereitung:** Die oben erwähnten Übertragungs- und Verteilungsverluste kommen zu den Umwandlungs- und Aufbereitungsverlusten hinzu, die ebenfalls zu beachten sind. Es ist nachvollziehbar, dass die Stromerzeugung aus Wind und Sonne extremen Schwankungen unterworfen ist und innerhalb weniger Sekunden variieren kann. Der Ausgleich muss entsprechend schnell über Regelleistung geschehen. Je mehr Wind- und PV-Anlagen im Netz betrieben werden, desto höher ist der Bedarf an Regelleistung.

**Schwarzstartfähigkeit:** Jeder Kraftwerksblock, jedes Windrad und jedes Solarpanel benötigt Strom, um „anlaufen“ zu können. Die Fähigkeit ohne Strom aus dem Netz, also komplett autark und somit als Insel, hochfahren zu können, wird als „Schwarzstartfähigkeit“ bezeichnet. Diese Fähigkeit ist vor allem dann wichtig, wenn es zu Stromausfällen oder Blackouts kommt. Wind- und Solaranlagen sind nicht schwarzstartfähig.

Es ist zu beachten, dass **eine einzige Unterschreitung der maximal zulässigen Netzfrequenz von 47,5 Hz in Deutschland unweigerlich zum Blackout führt**. Ab einer Unterfrequenz von 49 Hz wird bereits Last reduziert („Lastabwurf), in anderen Worten „Strom selektiv abgeschaltet“.

Entsprechend wird Regelleistung immer von Kraftwerkstypen oder Verbrauchern zur Verfügung gestellt, die vollständig regelbar sind – wie z. B. Kohle, Gas oder Wasserkraft – und nicht von fluktuativen Faktoren abhängen ([Bleich 2022](#), netzfrequenz.info).

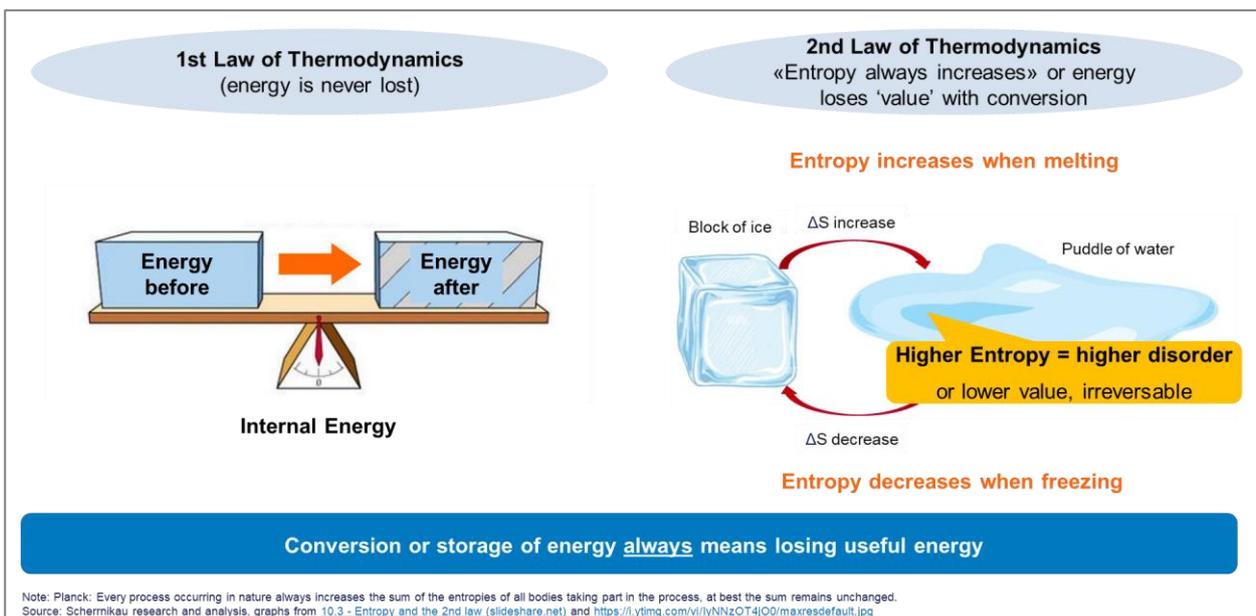
**Ich bitte Sie und empfehle dringend, die o. g. Informationen zur Systemintegration und Wertreduzierung jeder weiteren PV-Anlage nicht nur in Ihrer Studie zu nennen, sondern auch Ihre Berechnungen entsprechend anzupassen.**

**Zusammenfassend** lässt sich sagen, dass die aktuelle PV-Strategie gekoppelt mit dem Windausbau fasst unausweichlich zu geplanten Lastenabwürfen führen muss und die Energiekosten Deutschlands weiter stark ansteigen lässt. Somit ist die vollständige und allzeitliche Versorgung Deutschlands mit Energie nicht sichergestellt.

- Zusätzlich **steigt die Gefahr von ungeplanten Lastenabwürfen (Blackouts) signifikant.**
- Sichere und bezahlbare Energie rettet nicht nur Leben, sondern macht eine erfolgreiche Industrienation erst möglich. Unsichere und teurere Energie tut das Gegenteil.
- Es gibt einen Grund, warum selbst Tesla das neue Berliner Batteriewerk mit einem Gaskraftwerk betreiben muss. Man würde denken, dass Tesla im Jahre 2023 sehr gut mit Wind/Solar plus eigenen Batteriespeichern zurechtkäme?
- Tesla's Gaskraftwerk wird mit importiertem Flüssiggas betrieben, obwohl nachweislich Kohle weniger Treibhausgase inkl. Methan ausstößt als LNG. (<https://papers.ssrn.com/abstract=3968359>)

## 6. Anhang – Gesetze der Thermodynamik

**Jedes Mal, wenn wir „Energie anfassen“ oder speichern, verliert sie an Wert. Warum?**



**Energieerhaltung – der 1. Hauptsatz der Thermodynamik** besagt im Wesentlichen, dass Energie weder aus dem Nichts entstehen noch ins Nichts verloren gehen kann, sondern nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden kann. Zu den verschiedenen Formen von Energie gehören thermische, mechanische, elektrische, chemische, nukleare und Strahlungsenergie.

**Entropie der Energie – der 2. Hauptsatz der Thermodynamik** unterscheidet zwischen nutzbarer Energie (geringe Entropie), die Arbeit verrichten kann, und weniger nutzbarer Energie (hohe Entropie), die nicht ohne Weiteres zur Verrichtung von Arbeit genutzt werden kann. Die Verwendung von Energie zur Verrichtung von Arbeit reduziert die Qualität der Energie. Wenn zum Beispiel Elektrizität durch einen Widerstandsheizgeräts geleitet wird, wird die Elektrizität zu Strahlungswärme „degradiert“, oder in anderen Worten in warme Luft umgewandelt.

- Entropie ist ein Maß für Zufälligkeit, Unordnung oder Diffusion in einem Energiesystem, wobei größere Unordnung gleich größere Entropie bedeutet.
- Wenn Energie von einer Form in eine andere umgewandelt wird, wird immer ein Teil der nutzbaren Energie nutzlos bzw. verschwendet (Entropie/Unordnung nimmt zu).
- So treten zum Beispiel bei der Umwandlung von Solarenergie für die Übertragung zum Verbraucher und schließlich für die Umwandlung in elektrochemische Energie für die Speicherung einer Batterie bei jedem Schritt Verluste auf, sodass am Ende deutlich weniger als 1% der ursprünglichen Energie der Sonne in der Batterie gespeichert wird. Die gespeicherte elektrochemische Energie wird dann in Elektrizität umgewandelt, die einen Elektromotor antreibt; dieser treibt die Räder eines Autos an, um auf einer Straße zu fahren.
- Bei der Angabe des Energieverbrauchs eines Elektroautos werden alle Schritte außer den beiden letzten außer Acht gelassen, da die Sonne „kostenlos“ erscheint. Die Systeme zur Gewinnung, Übertragung und Umwandlung sind jedoch nicht kostenlos und unterliegen dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Je komplexer die Energieprozesse sind, desto mehr nutzbare Energie geht verloren.
- Planck fasste es wie folgt zusammen: *„Jeder in der Natur stattfindende Prozess verläuft in dem Sinne, dass die Summe der Entropien aller am Prozess beteiligten Körper vergrößert wird, im Grenzfall – bei reversiblen Prozessen – bleibt die Summe unverändert.“* Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik erklärt also, warum ein Perpetuum mobile nicht möglich ist.

**Das Prinzip des ersten und zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik lässt sich einfach veranschaulichen:** Nehmen Sie Ihr Handy, das gerade neben Ihnen liegt. Es wird mit elektrischer Energie beladen und Sie nutzen es einen Tag lang, dann ist die Batterie leer. Was passierte dann mit der Energie?

- 1. Hauptsatz: Die elektrische Energie wurde umgewandelt und in Form von Wärme freigesetzt (und erwärmte somit nebenbei die Umgebung).
- 2. Hauptsatz: Diese Wärmenergie aus Ihrem Handy, jetzt in der Umgebung, hat viel weniger Wert (höhere Entropie) als die elektrische Energie, mit der Ihr Handy ursprünglich geladen wurde.