

## 3.6 Solaranlagen

### 3.6.1 Auslegungswerte von Solaranlagen

#### Standortabhängigkeit und Anordnung der Solarmodule

Ein und dasselbe Photovoltaik-Panel (PV-Panel) liefert an unterschiedlichen Standorten nicht die identische, aber doch eine ähnliche vergleichbare Stromproduktion. Eine bevorzugte Aufstellung ist die Ausrichtung nach Süden, mit Neigungswinkel von 30 bis 40 Grad. Theoretisch ideal wäre der Breitengrad plus/minus 15 Grad. Für Zürich (47. Breitengrad) also 32 bis 62 Grad. Wer mehr Gewicht auf Winterstrom legt, wählt eher eine steilere Aufstellung (flacher Sonnenstand). Im Grossteil der Anwendungen gibt es nichts zu wählen, da die PV-Anlagen in die Dachneigungen montiert werden und somit Ausrichtung und Aufstellwinkel vorgegeben sind.

Eine wesentliche Unterscheidung wird eigentlich nur nach PV-Anlagen im Mittelland und Alpenen Solaranlagen gemacht. Leider muss festgestellt werden, dass PV-Anlagen im Mittelland im Winter eine schwache bis sehr schwache Ausbeute aufweisen. Um dies numerisch darzustellen bietet sich eine quartalsweise Auswertung vorhandener Daten an.

Dabei sind saisonale Quartale zu beachten - also:

<b>Winter:</b>	15. Nov. bis 14. Feb	oder	<b>Nov, Dez, Jan</b>
<b>Frühling:</b>	15. Feb. bis 14. Mai	oder	<b>Feb, Mar, Apr</b>
<b>Sommer:</b>	15. Mai. bis 14. Aug	oder	<b>Mai, Jun, Jul</b>
<b>Herbst:</b>	15. Aug. bis 14. Nov	oder	<b>Aug, Sep, Okt</b>

Das immer wieder anzutreffende Reporting von Halbjahreszahlen bezieht sich in der Regel auf:

- Winter: Nov bis Apr oder Okt bis Mar
- Sommer: Mai bis Oktober Apr bis Sep

und ist für Solaranlagen völlig ungenügend. Wenn der Fokus auf eine Strommangellage im Winter gelegt wird, soll die Solarproduktion von Oktober, März und April nicht mit eingerechnet werden.

Es braucht eine detailliertere, quartalsweise bzw. monatliche Darstellung.

Im Gegensatz zum Mittelland, darf von den Alpenen Solaranlagen eine etwas höhere und über das Jahr gleichmässige Produktionsausbeute erwartet werden. Hauptursache sind die Witterungsverhältnisse und die Lage über dem Nebel. Auch verleihen die kälteren Temperaturen und Strahlungsreflexionen (Schnee) den Solarmodulen einen höheren Wirkungsgrad.

Um die Reflexionen besser einzufangen, kommen in der Regel bifaziale Solarmodule zur Anwendung (also zwei Gesichter, vorne und hinten). Mit dem Fokus auf Winterstrom, werden die Module auch steiler bis vertikal aufgestellt.

Eine interessante Variante ist im Projekt Gondosolar vorgesehen. Hier werden die Module zu sog. „[Solar-Bäumen](#)“ zusammengebaut. Auf den ersten Blick etwas nachteilig, weil stets ca. 2/3 der Module im Schatten liegen (allerdings durch Reflexionen bestrahlt). Auf den zweiten Blick aber äusserst clever, weil einerseits durch die räumliche Ausrichtung eine viel längere Sonnenscheindauer besser eingefangen werden kann, und andererseits die übermässige Produktionsspitze zur Mittagszeit nicht so extrem ausfällt.

Die übermässige Produktionsspitze - speziell im Sommer über die Mittagsstunden - bedarf einer besonderen Beachtung. Geht man dabei wie in der Präsentation Neukomm vorgeschlagen von 10 TWh/a aus wird eine kaum verwertbare Überproduktion eintreten. Konsequenzen:

- Mit zunehmender Solarproduktion werden die Einspeisevergütungen entfallen.
- Alpine Solaranlagen sollen nur dort zum Einsatz kommen, wo der Strom entweder direkt verbraucht oder saisonal gespeichert werden kann. Verwendung also entweder als Langzeitspeicher (Pumpen in einen naheliegenden Stausee) oder zur primären Speisung von grossen Verbraucher - z. Bsp. Touristikgebiete.

## Peakleistung eines Solarpanels/einer Solaranlage

Dem Design eines Solarpanels/einer Solaranlage wird eine Peakleistung zugrunde gelegt. Dies ist diejenige Leistung, die ein Solarpanel unter optimalen Bedingungen (Labor) erbringen kann.

Moderne Solarpanels verfügen über eine Peakleistung im Bereich von  $400 \text{ W}_p$  ( $\text{W}_p$  sprich Watt Peak).

Mit der Peakleistung lässt sich auch eine maximal mögliche Stromproduktion eines Solarpanels/einer Solaranlage pro Jahr errechnen. Dieser Strom-Produktionswert ist natürlich völlig theoretisch und wird in der Praxis niemals erreicht werden. Er dient zum Vergleich zwischen verschiedenen Solarmodulen und als Planungsreferenz.

In diesem Website verwende ich als Referenzmodul ein Solarmodul mit  $400 \text{ W}_p \rightarrow 0.4 \text{ kW}_p$

Die jährliche Peak-Produktion von diesem Panel ist somit:

- Jahresstunden:  $24 \text{ h/Tg} * 365 \text{ Tg/a} = 8'760 \text{ h/a}$
- Jahresproduktion:  $0.4 \text{ kW}_p * 8'760 \text{ h} = 3'504 \text{ kW}_p\text{h} \rightarrow 3.504 \text{ MW}_p\text{h}$

## Effektive prozentuale Verfügbarkeit der Peakleistung

Zur Abschätzung der Produktivität einer Solaranlage, kann nun sehr vereinfachend ein Wert bezüglich der „effektiv prozentualen Verfügbarkeit der Peakleistung“ herangezogen werden. Dies sind Allerweltswerte, in die all die Unwegsamkeiten für das Design wie Standortverhältnisse, Witterung, Flauten, Abschaltungen, etc. hineingepackt werden. Dennoch sind solche Wert sehr hilfreich und letztlich auch aussagekräftig für die Beurteilung einer Solaranlage.

Bezüglich der effektiven Stromproduktion einer Solaranlage gilt gemäss diversen Quellen ([hier ein Bsp.](#)) die Faustregel:

**Spezifischer Ertrag:**  $1'000 \text{ kWh/kW}_p$  (sprich: 1'000 Kilowattstunden pro Kilowatt Peak)

D.h. pro installiertem  $\text{kW}_p$  darf im Schweizer Mittelland eine durchschnittliche jährliche Stromproduktion von  $1'000 \text{ kWh}$  bzw.  $1 \text{ MWh}$  erwartet werden. Natürlich sind das Richtwerte, die je nach Lage variieren.

Damit ergibt sich für 1 Solarpanel gemäss dieser Regel:

Jährliche Stromproduktion für ein  $400 \text{ W}_p$  Panel:

- > bei Peakleistung: Jahresproduktion =  $400 \text{ W}_p * 8'760 \text{ h} = 3'504'000 \text{ W}_p\text{h} \rightarrow 3'504 \text{ kW}_p\text{h}$
- > Effektiv: Jahresproduktion =  $1'000 \text{ kWh/kW}_p * 0.4 \text{ kW}_p = 400 \text{ kWh} \rightarrow 400 \text{ kWh}$

Für ein Solarpanel darf somit gemäss dieser Regel eine Verfügbarkeit bezüglich der Peakleistung von:  $400 / 3'504 * 100 = 11.4 \%$  erwartet werden.

Das scheint wenig. Tatsächliche Werte für verschiedene Projekte werden in **Abschnitt 5.2** aufgezeigt.

Für Alpine Solaranlagen liegen diese Werte zwischen 15 und 18 %.

Als Beispiel erreichte die Anlage "[Solar-Alpin](#)" an der [Muttsee-Staumauer](#) im Jahr 2023 einen Wert von 15.2 %

### Wichtig

Es ist strikte zu beachten, dass ein Vergleich zwischen verschiedenen Technologien oder Anlagen stets über die Stromproduktion pro Jahr und nicht über die Peakleistung einer Solaranlage gemacht werden muss.

## 3.6.2 „Agora Energiewende“ als hilfreiche Datenquelle

### Der Agorameter

Wie vorgängig erwähnt, ist die Stromproduktion von Solaranlagen nicht nur von Standortfaktoren, sondern weitgehend auch von der Witterung abhängig - also dem Wetter während einem Kalenderjahr. Hier leisten die Daten von „Agora Energiewende“ eine riesige Hilfe. Mit dem Werkzeug „[Agorameter](#)“ lässt sich der Energieverbrauch, sowie die Beiträge der einzelnen Technologien, für jeden beliebigen Zeitraum graphisch darstellen. Ein hervorragendes Werkzeug! Alle Daten gelten natürlich für Deutschland, aber zumindest die Beiträge für Sonne und Wind lassen sich - zumindest aus meiner Sicht - sinngemäss für das Schweizer Mittelland interpretieren.

Es ist allen interessierten wärmstens empfohlen mit diesem Werkzeug „herum zu spielen“.

### 3.6.3 Beiträge der Solarenergie über die Jahres- und Tageszeiten

#### Unterschiedliche Beiträge der Solarenergie über die Jahreszeiten

Als ein praktisches Beispiel, sollen hier die mittleren Beiträge der Solarenergie für die einzelnen „Saisonalen Quartale“ dargestellt werden.

Saisonale Quartale <---> Jahreszeiten

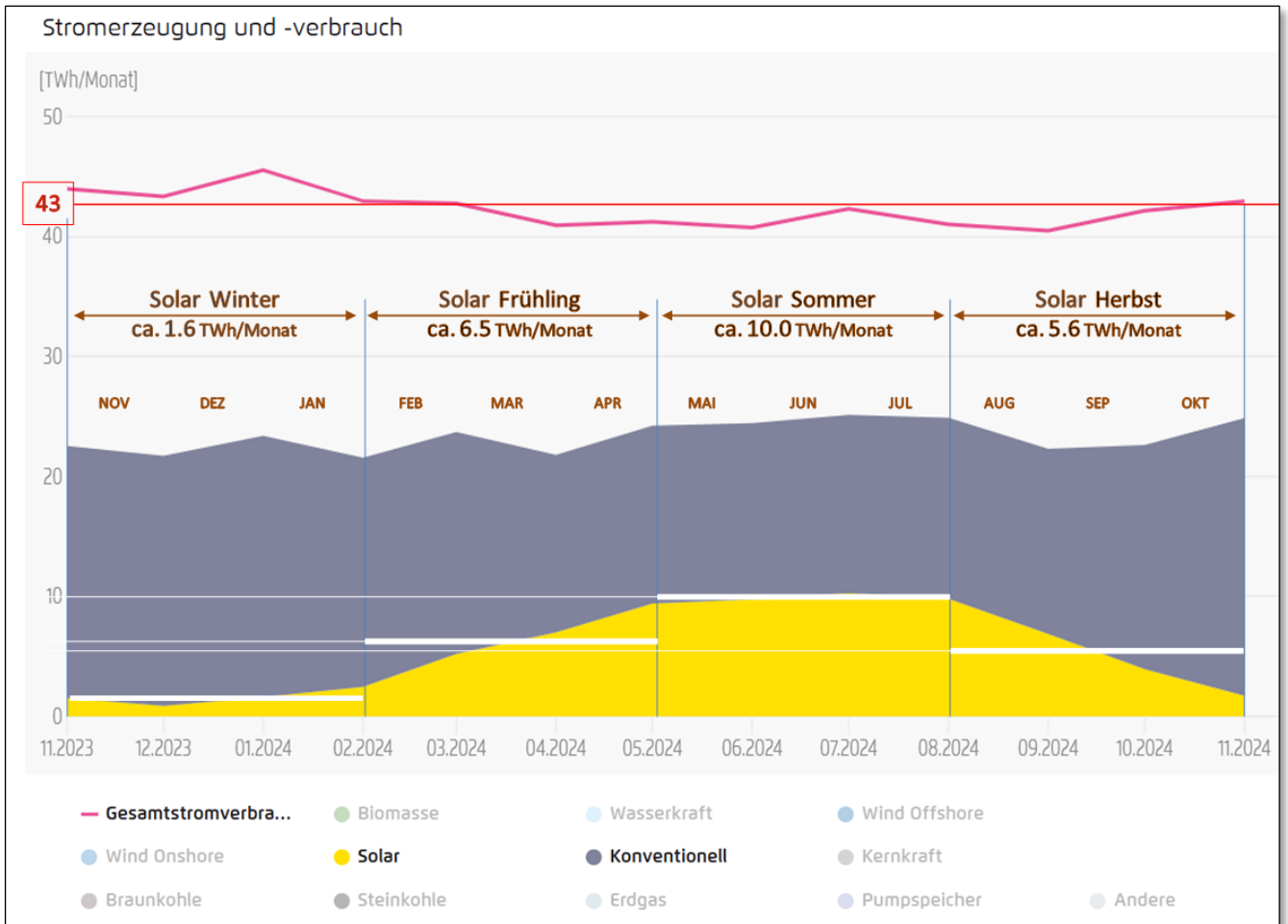


Bild 3.6-1 Agora-Meter: Beitrag der Solarenergie für „Saisonale Quartale“ (Deutschland)

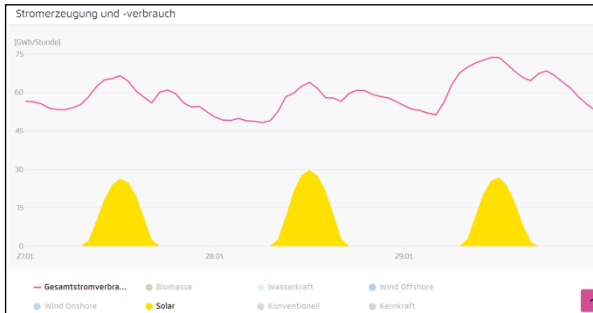
Saisonaler Anteil von Solarstrom am Jahresbedarf D		Periode: 01.11.2023 bis 31.10.2024			
Saisonale Quartale	TWh/Mon	TWh/Quartal	%/Quartal	Anteil Solar am Jahresbedarf	%
Winter	1.6	4.8	6.8	0.9	
Frühling	6.5	19.5	27.4	3.8	
Sommer	10.0	30.0	42.2	5.8	
Herbst	5.6	16.8	23.6	3.3	
Produktion Solar im Jahr		71.1 TWh/a	100.0 %	13.8 %	
	<b>TWh/Mon</b>	<b>TWh/Jahr</b>			
Jahresbedarf ca.	43.0	516.0			
Anteil Solar an Jahresbedarf		13.8 %			

Bild 3.6-2 Anteil Solarstrom zur Deckung des Jahresbedarfs (Deutschland)

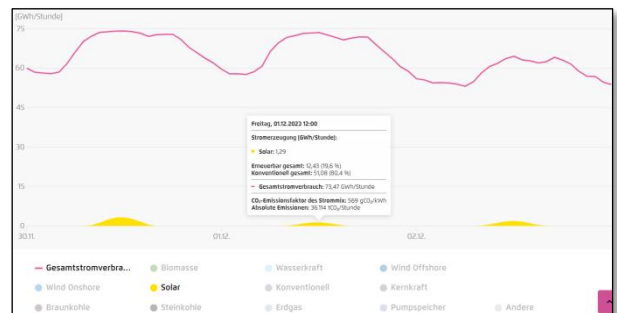
Deutlich erkennbar sind der grosse „Solarberg“ im Sommer und die eklatante Schwäche der Solarenergie im Winter. So beträgt in den Monaten NOV - JAN die effektive prozentuale Verfügbarkeit der Peakleistung gerade mal noch ca. 7 %. Von der insgesamt über ein Jahr produzierten Solarenergie fällt im Winterquartal weniger als 1 % an und im Gegensatz dazu mehr als 40 % in den 3 Sommermonaten.

## Grosse Produktionslücken über den Tagesverlauf

Nebst dem generell geringen Ertrag der Solarenergie im Winter, muss auch die tägliche Dauer des produzierten Solarstroms noch genauer betrachtet werden. Dazu wird der Tagesverlauf an - bezüglich Solarenergie - sehr guten (**Bild 3.6-3**) und an eher mässigen Wintertagen (**Bild 3.6-4**) betrachtet.

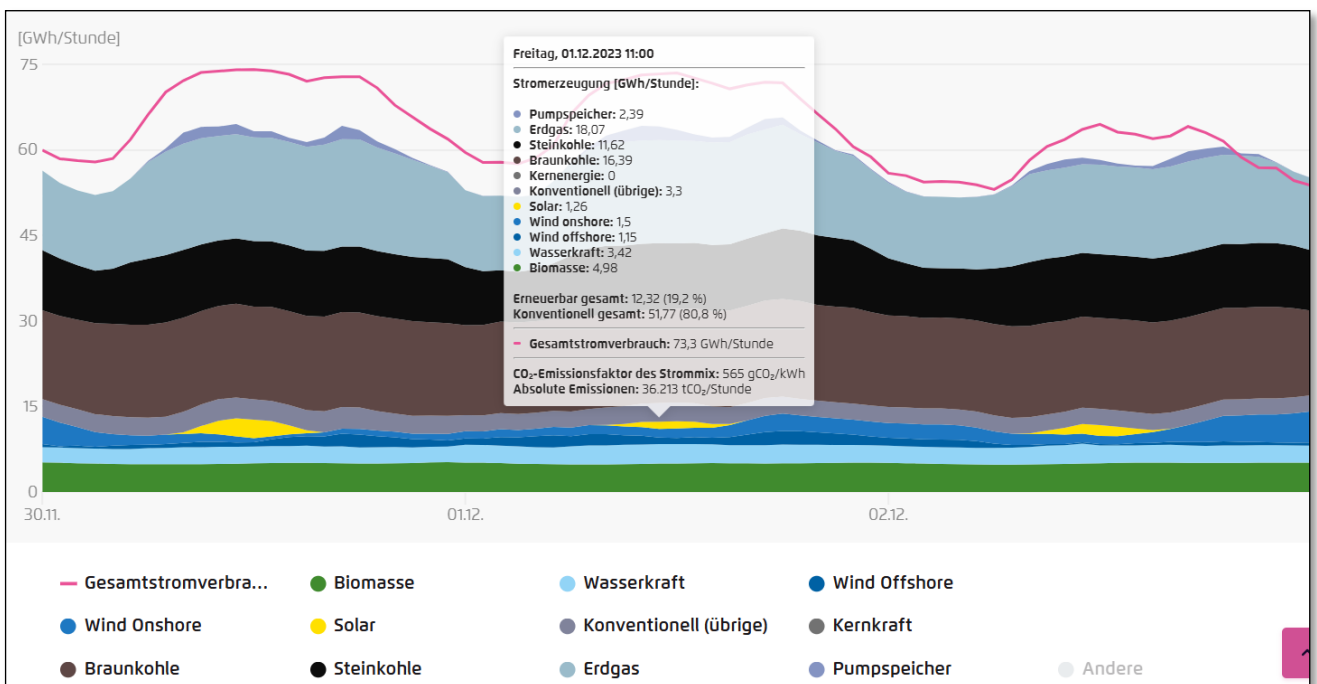


**Bild 3.6-3** Anteil Solarstrom am 28.01.2024



**Bild 3.6-4** Anteil Solarstrom vom 30.11.2023 bis 02.12.2023

Die in **Bild 3.6-3** gezeigten Beiträge der Solarenergie (gute Wintertage) mögen wertvoll sein. Es zeigt aber auch deutlich, dass über 2/3 der Zeit keine Solarproduktion verfügbar ist und die Last in diesen Zeiträumen vollständig durch andere Technologien gedeckt werden muss. Entsprechend verschwindend ist der Solarbeitrag an den eher mässigen Wintertagen (**Bild 3.6.4**).



**Bild 3.6-5** Strommix Deutschland vom 30.11.2023 bis 02.12.2023

Deutschland rühmt sich bereits mehr als 55 % des Strombedarfs mit EE zu erzeugen. Das ist allerdings eine übers Jahr „verschmierte“ Zahl, die u.a. auch den überschüssigen Exportstrom beinhaltet. Wie **Bild 3.6-4** zeigt, ist die Situation an den wichtigen Wintertagen jedoch eine ganz andere. Der Beitrag der Solarenergie ist schlicht zu vernachlässigen, und der Anteil aller EE liegt, trotz der vielen Anlagen, nur bei 20 %. Die restliche Last von 80 % (in D als Residuallast bezeichnet - also Kohle und Gas) muss durch konventionelle Kraftwerke und durch Stromimporte (weisse Fläche oben in **Bild 3.6-5**) erbracht werden.

Aus diesen Bildern wird auch klar: Der Solarausbau kann - so wie es die aktuelle D Regierung will - im nächsten Jahrzehnt noch um das Dreifache erweitert werden; es bringt immer noch nichts Wesentliches und ändert nichts an der generellen Situation.

----- Fakten -----

Die Deutsche Energiepolitik kann für die Schweiz kein Vorbild sein  
sondern vielmehr ein Mahnmal.

-----

## 3.6.4 Solarenergie, Winterstrom und Energiestrategie 2050

### Solarenergie und Winterstrom

Eines der zentralen Themen der Schweizer Stromversorgung betrifft eine mögliche Strommangellage im Winter. Eine solche auszuschliessen, ist die wesentliche Herausforderung der zukünftigen Stromversorgung der Schweiz. Dazu braucht es nicht nur [drei selektive Ziele](#), wie in der Energiestrategie 2050 beschlossen, sondern ein gesamtheitliches Konzept unter realem Einbezug der Leistungsfähigkeit einzelner Technologien, sowie des zu erwartenden Mengengerüsts und des politisch Machbaren. Also ein Nachweis wie viele Solarpanels, Windkraftanlagen, Speicherseen, Turbinenleistung, ... erforderlich sind, um das Ziel der Energiestrategie 2050 zu erreichen.

Aufgrund der vorstehend gezeigten Beiträge der Solarenergie über die Jahres- und Tageszeiten wird klar: Der grossmassstäbliche Einsatz der Solarenergie setzt zwingend voraus, dass der im Sommer produzierte Energieüberschuss in den Winter gespeichert werden kann. Selbstredend ist Solarenergie auch sinnvoll und willkommen, wenn der produzierte Strom eine unmittelbare lokale Verwendung findet (Touristikzentren). In der Schweiz bieten sich die Speicherwasserkraftwerke als optimale Lösung für die saisonale Speicherung (Sommer -> Winter) an. Die Technologie ist etabliert, bekannt und bewährt. Auch für den zu erwartende Kostenrahmen liegen breite Erfahrungswerte vor.

### Die Schweizer Energiestrategie muss JETZT konkretisiert werden

In der Schweiz muss zukünftig, während den Phasen des Flatterstroms und speziell bei längeren Dunkelflauten, der Strombedarf durch die bereits vorhandenen Laufwasserkraftwerke und durch die Speicherwasserkraftwerke gedeckt werden können.

Es ist also ein Nachweis gefordert, der zeigt, dass mit Laufwasser und Speicherwasser der nahezu vollständige Strombedarf ab 2050 und darüber hinaus gedeckt werden kann.

Die Basis für einen derartigen Nachweis ist einerseits der im Mantelerlass beschlossene Zubau an Speicherwasser und andererseits der jetzt existierenden, den Speicherseen zugehörige, Turbinenpark. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Speicherseen mit Hilfe von Solarstrom stets vollgepumpt werden können.

Sollte auf dieser Basis die Deckung des zukünftigen Strombedarfs (83 TWh/a) nicht ausreichen, muss gezeigt werden, welche weiteren Ausbauten für die Wasserkraft erforderlich sind und - falls diese nicht reichen, oder nicht realisierbar sind - ob neue Kernkraftwerke gebaut werden müssen.

#### Der Entscheidungsbaum:

**Ausbau Solar/Wind -> wie viel Ausbau der Speicherwasserkraft ist nötig und machbar? -> Neubau Kernkraft?**

kann nicht seriell (nacheinander) beantwortet werden. Es darf nicht für jeden einzelnen Entscheidungsschritt ein Jahrzehnt gewartet werden. Es müssen nun zeitnah, aufgrund einer realen politischen Einschätzung zur machbaren Menge von EE Anlagen sowie aufgrund fundierter Zahlen, Entscheide vorbereitet und herbeigeführt werden.

Die Schweiz muss auch 2050 über eine bedingungslose und sichere Stromversorgung verfügen. Es muss zu jeder Jahreszeit, und zu jeder Tages- und Nachtzeit, der Bedarf an elektrischem Strom gedeckt werden können.

Alle in der Schweiz verantwortlichen Stellen für eine sichere Stromversorgung sind gefordert diesen Nachweis rasch möglichst zu erbringen! Aus meiner (politisch eingeschränkten) Sicht, muss dies durch die Politik gefordert werden und ist unter Führung des BFE durch die öffentlich-rechtlichen Stromkonzerne zu erbringen.

## Weiterführende Informationen

20221212 [Prof. Dr. Hans-Werner Sinn: Weihnachtsvorlesung 2022](#) [Link](#)

**ifo München** Ein energiepolitischer Scherbenhaufen: ab Min. 52:30 Teil II: Die Energiekrise

20240725 [Wir Schweden wollen nicht mehr für Deutschlands falsche Energiepolitik bezahlen](#) [Link](#)

**Cicero** Ein Unterseekabel von Norddeutschland nach Südschweden sollte die deutsche Energiewende retten. Doch das Projekt (Hansa Powerbridge) ist gescheitert. Ein schwedischer Fachjournalist, erklärt, weshalb