

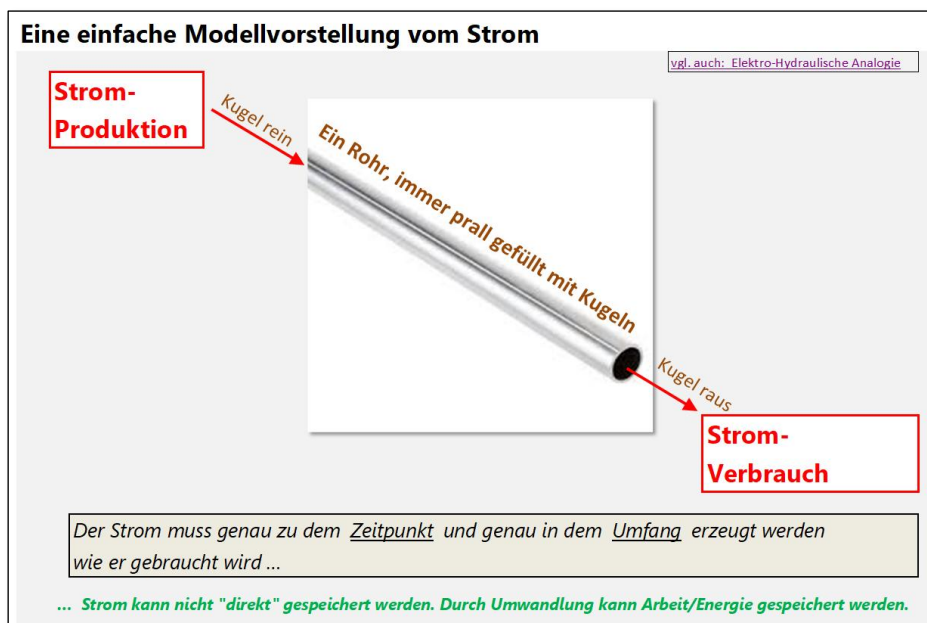
# 3.1 Überblick und Einstieg

## Kann der Fluss von elektrischem Strom einfach dargestellt werden?

### Ein einfaches Modell

Ja, das nachfolgende Bild zeigt ein einfaches Modell wie man sich den Stromfluss vorstellen kann (muss!).

- Das Rohr (die elektrische Leitung) muss immer prall mit Kugeln (Elektronen) gefüllt sein.
- Strom als solcher kann nicht gespeichert werden.  
Der Strom muss also genau zu dem Zeitpunkt und genau in dem Umfang erzeugt werden wie er gebraucht wird (zig Kugeln rein -> zig Kugeln raus zum gleichen Zeitpunkt).
- Durch Umwandlung kann aber Arbeit/Energie gespeichert werden.



### Elektro-Hydraulische Analogie

Für technisch interessierte: Es gibt eine interessante Analogie zwischen den Gesetzmässigkeiten der Elektrizität und denen der Hydraulik, die den Fluss in einem Leitungssystem beschreibt.

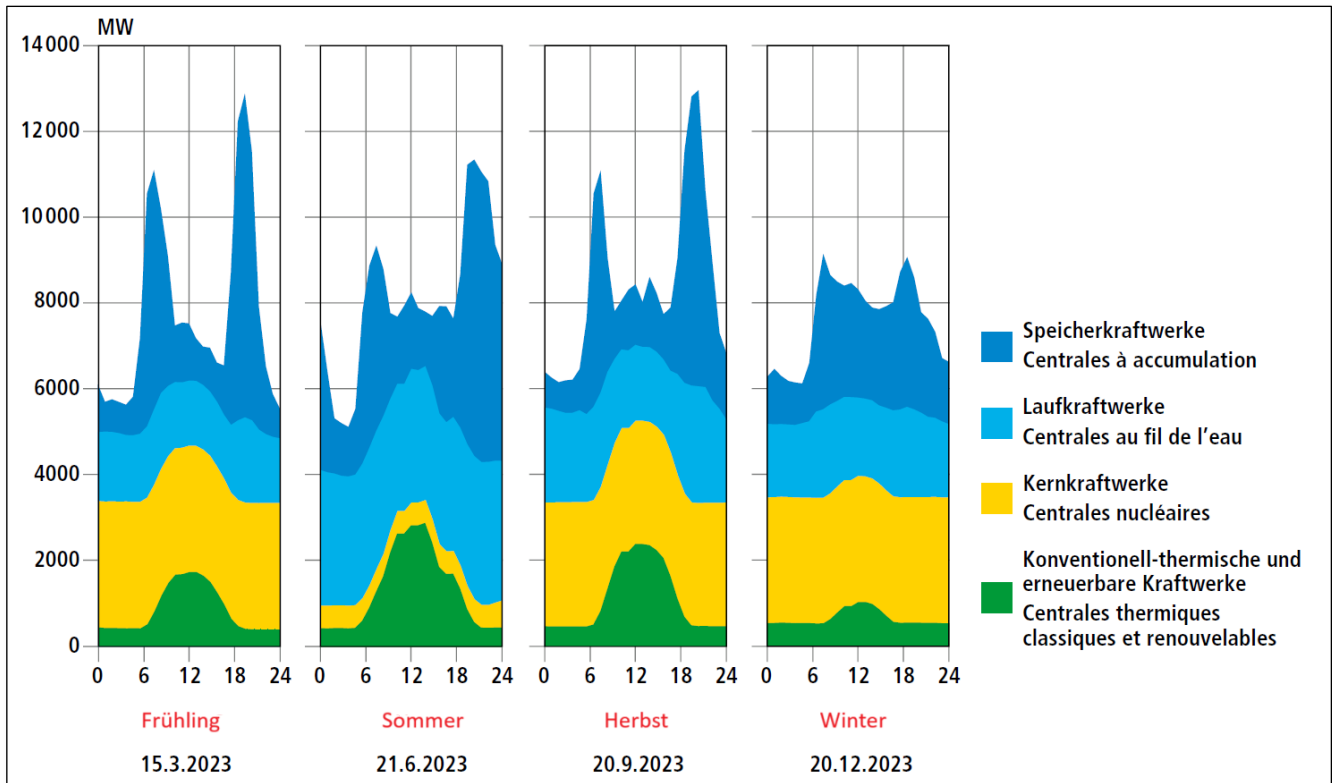
Einzelheiten dazu bei [Wikipedia](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektro-Hydraulische_Analogie).

Elektro-Hydraulische Analogie	
Elektrisches System	Hydraulisches System
Elektrische Leitungen	Rohrleitungen
Stromstärke	Volumenstrom
Spannung	Druckdifferenz
El. Widerstand	Strömungswiderstand
Spannungsquellen	Pumpen
El. Schalter	Absperrschieber
Elektromotor	Turbine
etc.	...

### 3.1.1 Charakteristiken von Stromproduktion und Verbrauch

#### Stromproduktion in der Schweiz im Jahr 2023

Welche Beiträge zur Stromproduktion lieferten die einzelnen Kraftwerkstypen zu welcher Jahreszeit?  
Vgl. Frühling, Sommer, Herbst und Winter



**Bild 3.1-1** Stromproduktion in der Schweiz an vier ausgewählten Tagen im 2023

Quelle: [BFE Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2023](#)

#### Saisonale Unterschiede und Tageszeit beachten

**Bild 3.1-1** zeigt die Stromproduktion vom 15. März, 21. Juni, 20. September und 20. Dezember 2023 jeweils von 00:00 Uhr bis 24:00 Uhr also über einen vollen Tag.

Die Tage sind insofern sinnvoll ausgewählt, da sie die typische Situation für die Stromproduktion zu den vier Jahreszeiten aufzeigt. Nur aufgrund der saisonalen Charakteristiken von Bedarf und Produktion können Beiträge und Nutzen der einzelnen Technologien sinnvoll beurteilt werden. Im krassen Gegensatz dazu stehen die üblicherweise anzutreffenden Jahres- oder Halbjahresangaben (Sommer/Winter) von Produktionsdaten. Um es klarer zu sagen: Es ist nicht hinreichend, für eine Solaranlage die "verschmierte" Jahres- oder Halbjahresproduktion zu kommunizieren.

Entscheidend für den Nutzen ist, zu welchen Jahres- und Tageszeiten die Produktion erfolgt.

Bei diesem Bild ist weiter zu beachten, dass hier die echte Produktion dargestellt wird. Das heisst, der Strom, der für den Landesverbrauch sowie für den Stromexport produziert wurde. Das Bild zeigt also nicht den Tagesgang des Strombedarfs in der Schweiz. Dies ist deutlich erkennbar an den untypischen Spitzen am frühen Morgen und am Abend (ca. 07:00 und 20:00 Uhr). Dies sind Produktionsspitzen für den Stromexport. Besonders schön zu erkennen ist, dass diese Spitzen seit der Verordnung des Bundesrates vom 07. Sept. 2022

(Winterreserveverordnung: Vorratshaltung von Wasser in den Stauseen für den Winterstrom) nun für das Winterquartal 2023 wegfallen. Die Stromkonzerne mussten also gezwungen werden, eine sichere Stromversorgung des Landes über ihre kommerziellen Interessen zu stellen!

## Beiträge der einzelnen Technologien

Nachfolgend in **Bild 3.1-3** ein Überblick zu den Charakteristiken der einzelnen Anlagentypen (Technologien). In diesem Bild:

- wurden die Erneuerbaren Energien (= Sonne ohne Wasserkraft) und die konventionell thermischen Kraftwerke (nicht EE) getrennt
- wurde die Agenda angepasst
- werden einige Grössenverhältnisse angegeben

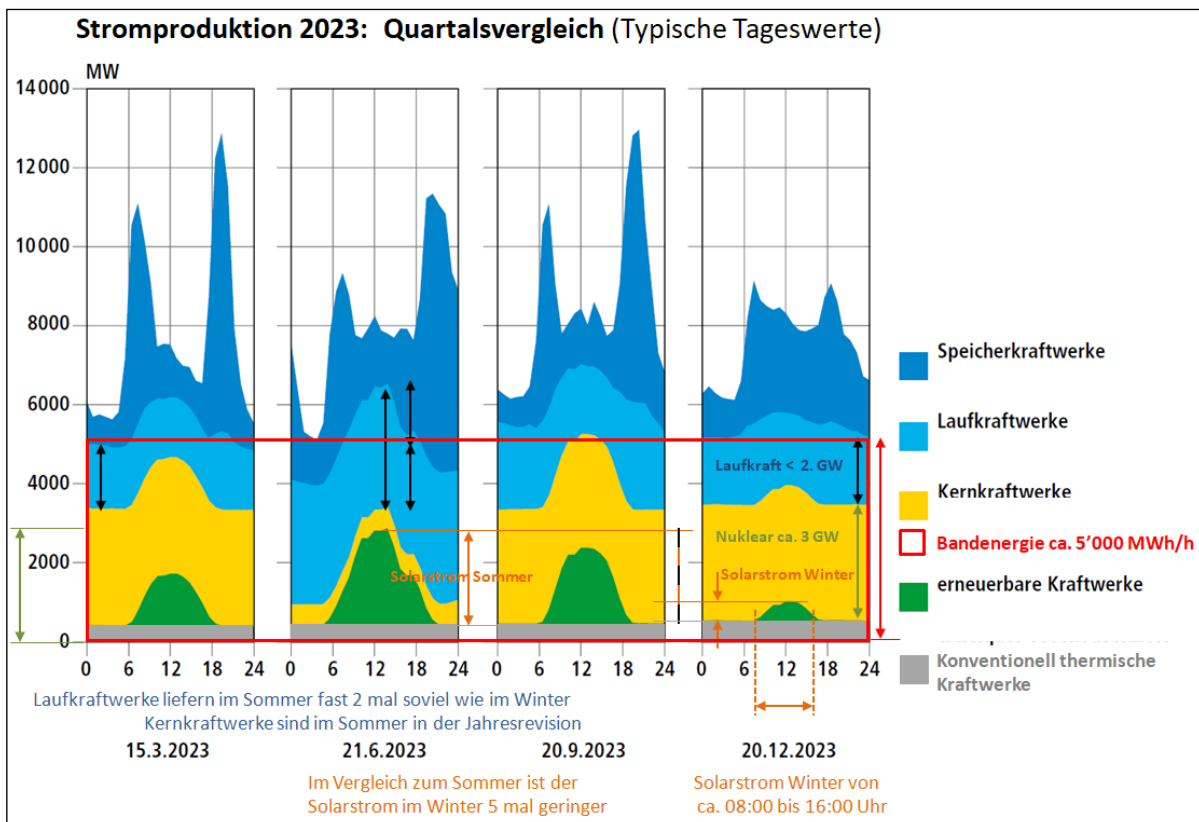
Nebenbei an die Experten des BFE: Welche Kraftwerke sind denn erneuerbar?

### Speicherkraftwerke: (dunkelblau)

Aus den obigen Bilder ist gut erkenntlich, dass die Speicherkraftwerke nur gelegentlich Beiträge zur Bandenergie leisten. Die Hochdruckturbinen sind schnell ab- und zuschaltbar und können gut geregelt werden. Speicherkraftwerke dienen daher ergänzend zur Bandenergie der Deckung des aktuellen, stets schwankenden Strombedarfs (Tagesgang). Zu jedem Zeitpunkt muss genau die Strommenge produziert werden, die von den Verbrauchern benötigt wird. Die gut erkennbare Spitzenproduktion am Morgen und Abend wurde bereits oben angesprochen und diente dem Export. Es ist offensichtlich, dass Solarenergie im Winterquartal keinen nennenswerten direkten Beitrag leisten kann. Sollten zukünftig die Kernkraftwerke nicht ersetzt werden, **muss der Anteil Kernkraft bei Dunkelflauten vollständig durch die Speicherkraftwerke erbracht werden**. Ob das dafür erforderlich Speicherwasser (Stauseen) und die zugehörigen Turbinenleistungen (Kraftwerkszentralen) für den dannzumaligen Verbrauch (ca. das 1.5fache von heute) ausreichend vorhanden sein werden, muss von den verantwortlichen Instanzen noch zeitnah nachgewiesen werden.

### Laufkraftwerke: (hellblau)

Die Wasserführung der Flüsse variiert mit den Jahreszeiten beachtlich. Dementsprechend auch die Stromproduktion, die im Sommer knapp das Doppelte der Winterproduktion beträgt.



**Bild 3.1-3** Analyse der Beiträge einzelner Energieproduktionsanlagen (Technologien)

### Kernkraftwerke: (gelb)

Die Kernkraftwerke sind im Sommer gestaffelt in Revision. Dagegen leisten sie im Winterhalbjahr kontinuierlich die volle Leistung und damit den Löwenanteil zur Deckung der Bandenergie. Es ist gut erkennbar, wie sich Laufkraftwerke und Kernkraftwerke ideal ergänzen.

### Erneuerbare Energien: (grün)

Im Massstab dieser Graphik ist unter EE ohne Wasserkraft nur der Solarstrom erkennbar. Er hat das Potential, über die Mittagzeit grosse Beiträge zu liefern. In der aktuellen Situation mit noch relative wenig Solaranlagen ist dieser Beitrag noch willkommen.

Bei einer grossmassstäblichen Anwendung, wie in der Energiestrategie 2050 vorgesehen (nach Vorschlag Neukomm 57 TWh/a entsprechend ca. 100 Mio. Solarpanels), entsteht zu dieser Tageszeit ein enormer „Solarberg“, der ohne besondere Massnahmen wohl kaum sinnvoll genutzt werden kann.

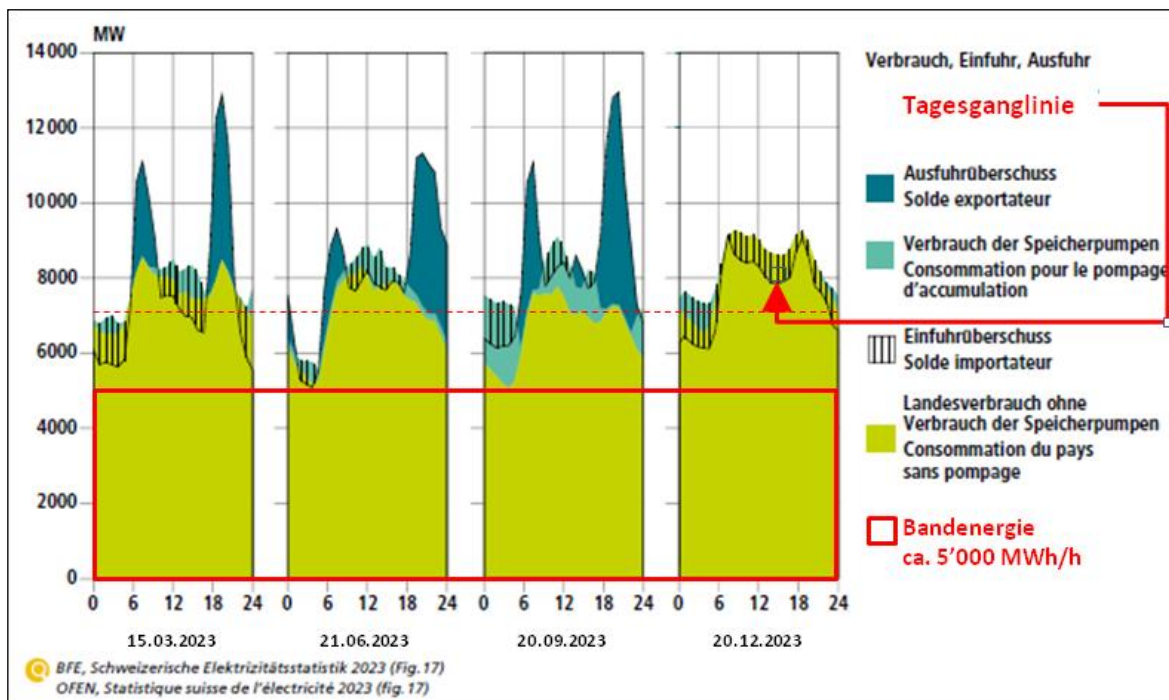
Demgegenüber liefern Solaranlagen zu den Nachtstunden keinen Strom und somit auch keinen Beitrag zur Bandenergie. Im Winter ist das während ca. 16 Stunden - dies gilt nicht nur von Chiasso bis Schaffhausen, sondern von Palermo bis Oslo. Das ist auch die Zeit, in der dann die Besitzer der geplanten ca. 5 Mio. E-Autos erwarten, dass die Batterien ihrer Fahrzeuge geladen werden. Es ist auch gut erkennbar, dass die Solarproduktion im Winter auf ca. einen Fünftel der Sommerproduktion zusammenschrumpft. Eine detailliertere Betrachtung dazu in Abschnitt 3.6.3.

### Konventionell thermische Kraftwerke: (grau)

Diverse kleine Anlagen liefern etwas Bandenergie (Graphik möglicherweise ungenau).

## Tagesganglinie

Der tägliche Stromverbrauch in der Schweiz wird durch die Tagesganglinie dargestellt.



**Bild 3.1-4** Tagesverlauf für den Schweizer Strombedarf im Jahr 2023 für die Tage 15. März, 21. Juni, 20. September und 20. Dezember

Es lässt sich daraus folgendes erkennen:

- Der Tagesverlauf ist für alle vier Jahreszeiten ähnlich. Erwartungsgemäss im Winter etwas höher, wobei der Winter 2023 / 2024 besonders warm war.
- Das mittlere Niveau des Tagebedarfs liegt schätzungsweise bei ca. 7'000 MWh/Std - davon sind mehr als 2/3 Bandenergie.
- Im dritten Quartal (Herbst) wurde viel Strom für die Speicherpumpen aufgewendet. Wurden die Speicherseen für den wertvollen Winterstrom gefüllt?

- Ein starker Stromaustausch (Export/Import) kann festgestellt werden mit einem deutlichen Ausfuhrüberschuss. Besonders schön zu erkennen ist, dass diese Spitzen seit der Verordnung des Bundesrates vom 07.Sept. 2022 (Winterreserveverordnung: Vorratshaltung von Wasser in den Stauseen für den Winterstrom) nun für das Winterquartal 2023 wegfallen.

## Bandenergie

Eine weitere wichtige Erkenntnis aus **Bild 3.1-4** betrifft die Bandenergie.

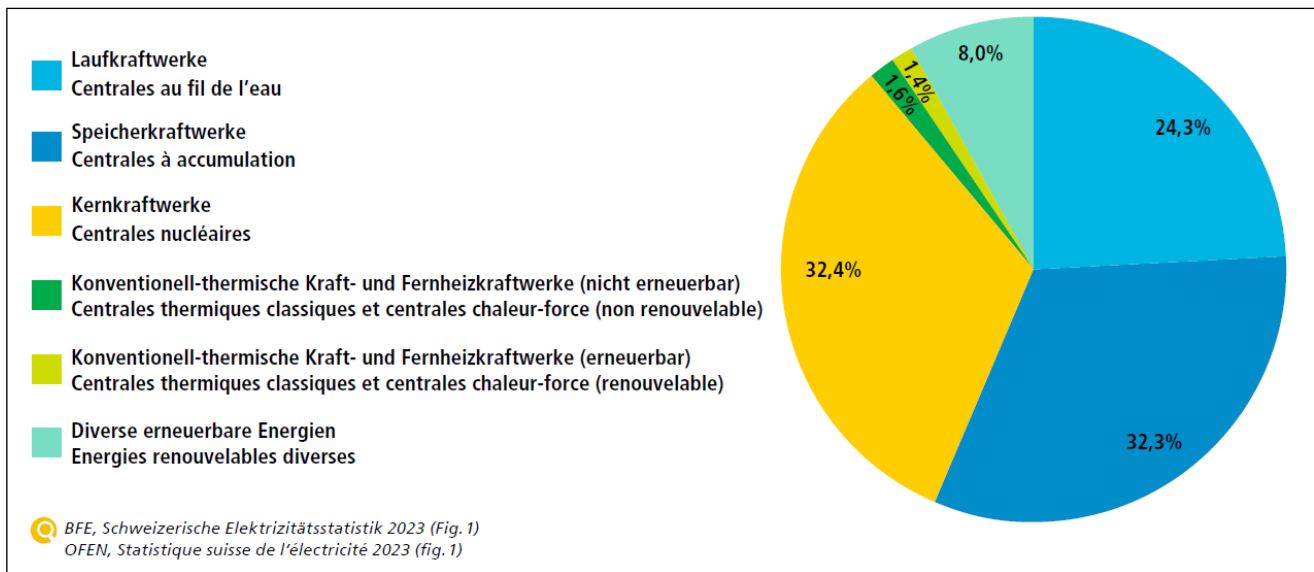
Als „Bandenergie“ wird der Anteil an der Stromproduktion bezeichnet, der jahrein jahraus - Tag für Tag - jede Stunde, jede Minute und jede Sekunde ständig produziert werden muss um den Bedarf zu decken.

Die Bandenergie ist hier rot eingerahmt. Es handelt sich dabei um einen substantiellen Teil der gesamten Energieproduktion. Grob gesagt ca. 5'000 MWh/Std, also mehr als die Hälfte (ca. 55 %) des max. Tagesbedarfs. Es ist selbstredend, dass für Bandenergie Produktionsanlagen im Vordergrund stehen, die stetig und gleichmässig produzieren können - also Laufkraftwerke (Flusskraftwerke), Kernkraft und wenn auch mit sehr bescheidenen Beiträgen, thermische erneuerbare Anlage (Biogas, ...). Wenig geeignet sind aufgrund von Flatterstrom und Dunkelflauten Solar- und Windenergie. Insbesondere die Solarenergie kann im Winterquartal keinen nennenswerten direkten Beitrag leisten.

Nicht zu vergessen: Mit dem zukünftigen Strombedarf bis 2050 wird auch der Anteil der Bandenergie um 50 % zunehmen.

## Prozentualer Anteil der einzelnen Kraftwerkskategorien (Technologien)

Zur Information hier noch der prozentuale Anteil an der Stromproduktion 2023 für die einzelnen Technologien. Die Landeserzeugung lag 13.5 % über dem Vorjahr und betrug 72.1 Mrd. kWh.



**Bild 3.1-5** Prozentualer Beitrag der einzelnen Kraftwerkstypen

Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2023