



## Erneuerbare Energien – Technologische Grundlagen und Bedeutung für nachhaltiges Leben auf unserem Planeten

Dr. Stefan Gürtzgen, SEC Online Vortrag, 14.1.24



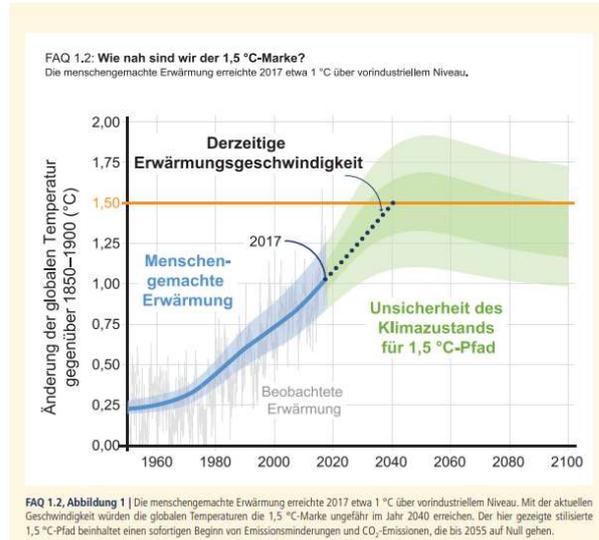
## Agenda

- Warum sind erneuerbare Energien wichtig
- Welche erneuerbaren Energien gibt es
- Energiespeicherung und Infrastruktur
- Fazit



## Agenda

- Warum sind erneuerbare Energien wichtig
- Welche erneuerbaren Energien gibt es
- Energiespeicherung und Infrastruktur
- Fazit

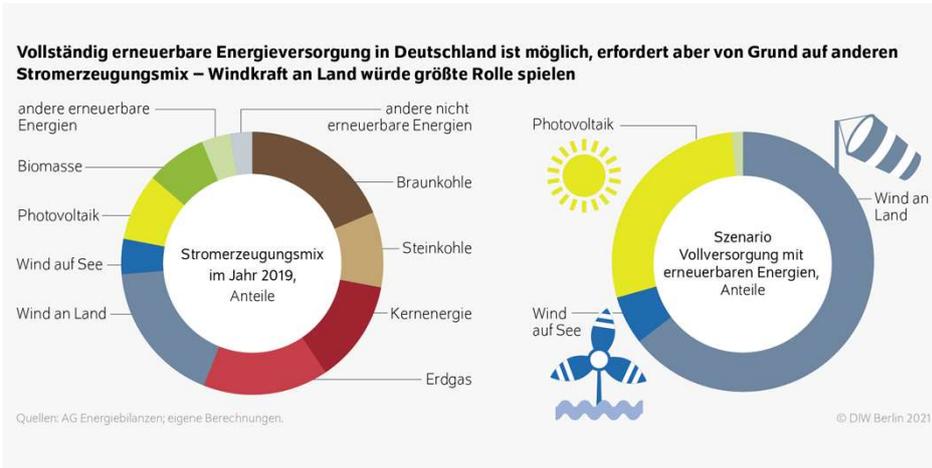


Es darf kein „weiter so“  
 geben, wenn das  
 ausgegebene 1.5°C Klimaziel  
 erreicht werden soll!

Quelle: IPCC – 2018 Intergovernmental Panel  
 on Climate Change, FAQs

### Kernbotschaft:

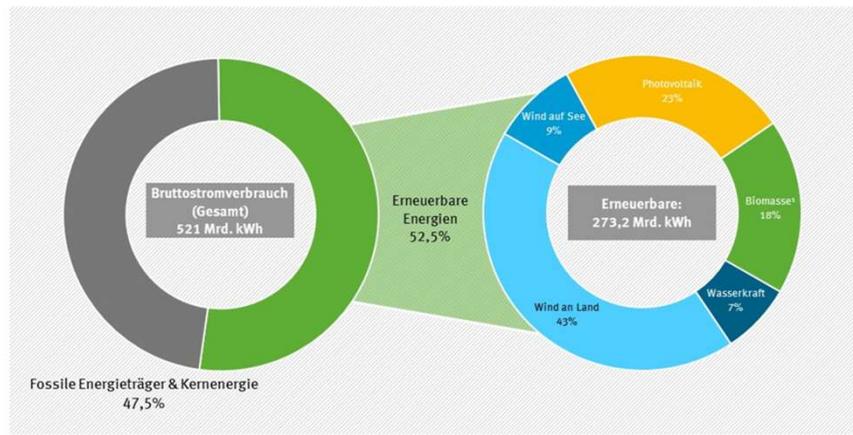
- Menschengemachte Erwärmung, bedingt durch Treibhausgase, heute schon bei 1,5%, ohne Gegensteuern 2100 bei ca. 4%
- Dadurch bedingte Klimaschäden hinreichend bekannt. Letzte Zahl 2024: 330 Mrd €!!
- Kein „weiter so“!!



**Kernbotschaft:**

Laut Studie vom DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) ist eine vollständige Versorgung Deutschlands mit erneuerbaren Energien auf Basis einen geänderten Stromerzeugungsmix möglich!

**Bruttostromverbrauch im Jahr 2023**  
 Anteile in Prozent [%]



Stromerzeugung aus Geothermie aufgrund geringer Mengen nicht dargestellt (0,2 TWh)  
<sup>1</sup> gasförmige, flüssige und feste Biomasse inkl. biogenem Abfall

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat  
 Stand 09/2024

Kernbotschaft:

2024 konnten **fast 60%** des deutschen Stromverbrauchs bereits mit erneuerbaren Energien abgedeckt werden.



## Stromgestehungskosten

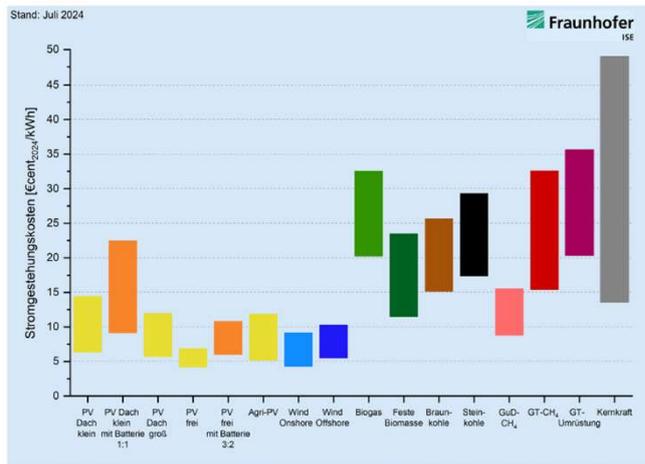


Abbildung 1: Stromgestehungskosten für Erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2024. Spezifische Stromgestehungskosten sind mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Technologie berücksichtigt.

### Definition Stromgestehungskosten:

Stromgestehungskosten sind in der Energiewirtschaft eine Maßeinheit, die die Kosten für die Errichtung und den jährlichen Betrieb einer Anlage ins Verhältnis zur Stromerzeugungsmenge über die gesamte Lebensdauer der Anlage setzt.

Quelle – Stromgestehungskosten  
 Erneuerbare Energien, Fraunhofer ISE

### Kernbotschaft:

Schaut man auf die Stromgestehungskosten für die wichtigsten Erzeuger, dann wird sofort klar, dass neben Klimaaspekten auch die **Kosten** ein wesentlicher Treiber für Erneuerbare sein sollten. Solar- und Windenergie liegen in der Regel **deutlich unter 10c/KWh**, fossile Energien bzw. Kernkraft liegen typischerweise zwischen 15 und 35c/KWh.



## Agenda

- Warum sind erneuerbare Energien wichtig
- **Welche erneuerbaren Energien gibt es**
- Energiespeicherung und Infrastruktur
- Fazit



## Definition erneuerbare Energien

Als erneuerbare Energien (EE) oder regenerative Energien werden Energiequellen bezeichnet, die im menschlichen Zeithorizont für nachhaltige Energieversorgung praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Damit grenzen sie sich von fossilen Energiequellen ab, die endlich sind oder sich erst über den Zeitraum von Millionen Jahren regenerieren.

### Die wichtigsten erneuerbaren Energiequellen

- Sonne
- Wind
- Geothermie
- Biomasse
- Wasserkraft
- Kernspaltung (fraglich)

### Zukünftig mögliche erneuerbare Energiequellen

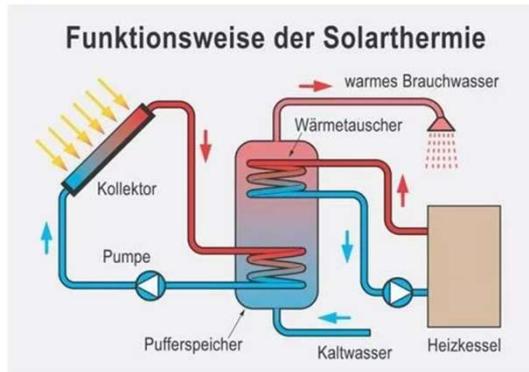
- Kernfusion

## Hinweis:

Neue Kernreakortypen (Mikroreaktoren, Dual Fluid Reaktoren mit weniger Abfall und geringeren Kosten) hier nicht behandelt, wenn auch CO<sub>2</sub> frei.

Kernfusion noch zu weit in der Zukunft (2050 kommerziell verfügbar??)

## Solarenergie - Solarthermie



### Definition

Unter Solarthermie (abgekürzt ST) versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie z. B. durch thermische Solaranlagen in nutzbare thermische Energie.

### Prinzip und Anwendung

Direkte Aufnahme von Wärme durch spezielle Materialien (z.B. Salze, Paraffin, Wasser etc.).  
Typische Anwendungen: Gebäudeheizung und Warmwasser.

### Pro

Technisch ausgereift, wartungsarm und langlebig.

### Contra

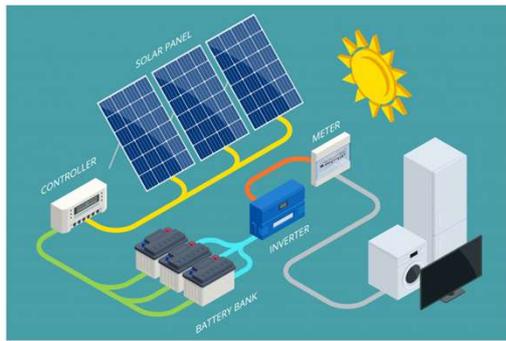
Nicht grundlastfähig, viel Wärme im Sommer, wenig im Winter.

## Prinzip:

Bei Solarthermie wird Sonnenenergie direkt mittels Kollektoren eingefangen und über Wärmetauscher Materialien (z.B. Salze, Paraffin, Wasser etc.) in Pufferspeicher geleitet, über die z.B. Gebäudeheizungen oder Warmwasserversorgung betrieben werden. Das Kaltwasser wird zurück in den Pufferspeicher geleitet und dort erneut mittels Wärmetauscher erhitzt.

Pro und Contra siehe Folie.

## Solarenergie - Photovoltaik



### Definition

Unter Photovoltaik bzw. Fotovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Lichtenergie, meist aus Sonnenlicht, mittels Solarzellen in elektrische Energie.

### Prinzip und Anwendung

Zur Energiewandlung wird der photoelektrische Effekt von Solarzellen genutzt, die ihrerseits wiederum zu so genannten Solarmodulen verbunden werden. Typische Anwendungen: Stromversorgung, Gebäudeheizung und Warmwasser.

### Pro

Dezentrale Energieversorgung, Unabhängigkeit von größeren Stromerzeugern.

### Contra

Nicht grundlastfähig/schwankende Ausbeute.

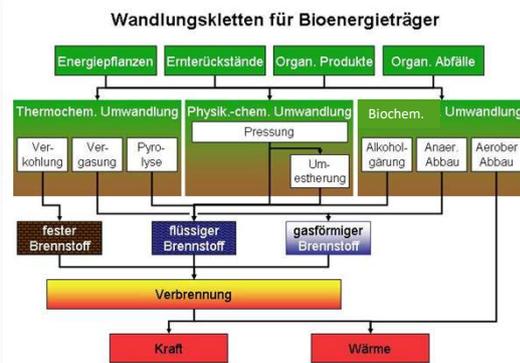
[Quelle - Photovoltaik-ohne-Wechselrichter-kann-das-funktionieren?](#)

## Prinzip:

Bei Photovoltaik wird Lichtenergie aus Sonnenlicht direkt mit Hilfe von Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt. Die Solarzellen sind in der Regel zu größeren Solarmodulen verbunden. Der entstehende Gleichstrom wird mittels Wechselrichter in Haushalt und Netzwerkkompatiblen Wechselstrom umgewandelt und kann so entweder direkt für Warmwasserversorgung oder Heizung genutzt werden, oder aber in Batterien zwischengespeichert werden.

Pro und Contra siehe Folie.

## Biomasse - verschiedene Formen



### Definition

Unter dem Begriff Biomasse lassen sich alle nachwachsenden Stoffe tierischer oder pflanzlicher Herkunft zusammenfassen, die zur Erzeugung von Energie genutzt werden können.

### Prinzip und Anwendung

Bioenergie ist eine Energieform, die durch die Umwandlung von Biomasse in elektrische Energie, Wärme oder Kraftstoff gewonnen wird.

### Pro

Vielfältig einsetzbar, dauerhafte Verfügbarkeit.

### Contra

Keine unbegrenzten Erweiterungsmöglichkeiten, schlechtere CO<sub>2</sub> Bilanz verglichen mit z.B. Sonne und Wind.

[Quelle - Biomassekraftwerke](#)

## Prinzip:

Unter dem Begriff Biomasse lassen sich alle nachwachsenden Stoffe tierischer oder pflanzlicher Herkunft zusammenfassen, die zur Erzeugung von Energie genutzt werden können. Hierbei kommen im Wesentlichen **Energiepflanzen**, **Ernterückstände**, **Organische Produkte** oder auch **Abfälle** als Rohstoffe zum Einsatz.

Diese können **thermochemisch** durch Verkohlung, Vergasung (Sauerstoffzufuhr), oder Pyrolyse (Abwesenheit von Sauerstoff) zu festen (z.B. Koks), flüssigen (z.B. Pyrolyse Öl als Naphtha Ersatz für Einsatz in Steam Crackern) oder gasförmigen Brennstoffen (z.B. Wassergas für synthetische Kraftstoffe) umgesetzt werden.

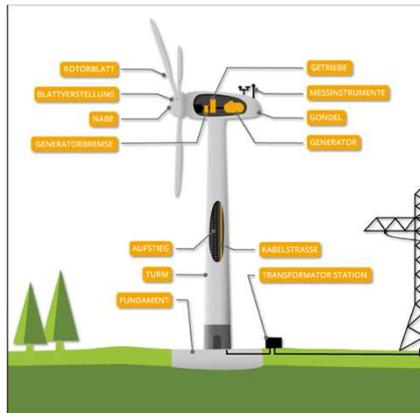
Darüber hinaus können die Rohstoffe **physikalisch-chemisch** umgewandelt werden, z.B. durch Pressung – hierbei entsteht flüssiger Brennstoff, der zur Energiegewinnung durch Verbrennung genutzt werden kann, oder durch Umesterung mittels Methanol in synthetische Dieselkraftstoffe.

Letztendlich können die Rohstoffe auch **biochemisch** umgewandelt werden, z.B. durch Vergärung zu Alkohol oder durch anaeroben bzw. aeroben Abbau. Als anaerober Abbau (auch anaerobe Fermentation oder Vergärung) wird die Zersetzung von Biomasse durch Mikroorganismen in sauerstofffreier Atmosphäre verstanden. Hierbei entsteht brennbares Biogas, das zur Stromerzeugung oder als Kraftstoff verwendet werden kann. Beim aeroben Abbau entsteht Kompost (Düngung) sowie Wärme zur direkten Nutzung, z.B. in Niedertemperatur-Heizsystemen.

In allen Fällen können die **entstehenden Produkte verbrannt** und zur Erzeugung von **Kraft und Wärme** genutzt werden.  
Pro und Contra siehe Folie.



## Windkraft



### Definition

Die Windenergie ist die großtechnische Nutzung des Windes als erneuerbare Energiequelle.

### Prinzip und Anwendung

Windkraftanlagen wandeln die Energie des Windes in elektrische Energie um, die dann ins Stromnetz eingespeist wird.

### Pro

Windkraftenergie ist sehr sauber (auch wenig CO<sub>2</sub> bei Herstellung der Anlagen).

### Contra

Nicht grundlastfähig, Interaktion mit Umwelt (Vogelschlag), verschandeln Landschaftsbilder, zusätzliche Stromtrassen für Off-Shore Anlagen, komplexe Steuerung.

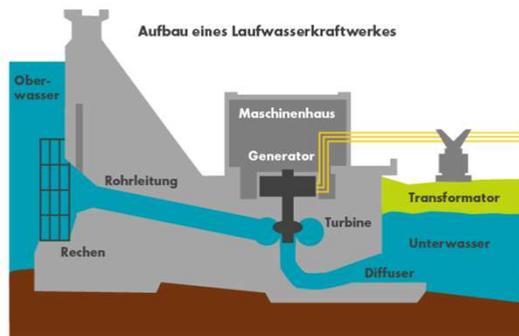
[Quelle - Windkraftanlage Aufbau Und Funktionsweise - Bing images](#)

## Prinzip:

Der Wind treibt Rotorblätter an, die über eine Nabe mit einem Generator gekoppelt sind. Der entstehende Wechselstrom kann über Kabelstränge abgeleitet, und vor Ort genutzt oder hochtransformiert und so ins Stromnetz eingespeist werden.

Pro und Contra siehe Folie.

## Wasserkraft



### Definition

Wasserkraft ist eine regenerative Energiequelle, die die potenzielle oder kinetische Energie des Wassers mittels einer Wasserkraftmaschine in mechanische Arbeit umsetzt.

### Prinzip und Anwendung

Ein Wasserkraftwerk oder eine Wasserkraftanlage nutzt Wasser, um elektrischen Strom zu erzeugen. Das bedeutet konkret, dass es die kinetische Energie oder die potentielle Energie des Wassers in elektrische Energie umwandelt.

### Pro

Effizient, hohe Grundlastfähigkeit.

### Contra

Kostspielig und nur sinnvoll an geeigneten Standorten. Wasserkraftwerke unterbrechen auch den natürlichen Lauf eines Gewässers und beeinflussen das Ökosystem.

[Quelle - Fließende-Energie-Das-leisten-Wasserkraftwerke-fuer-die-Energiewende](#)

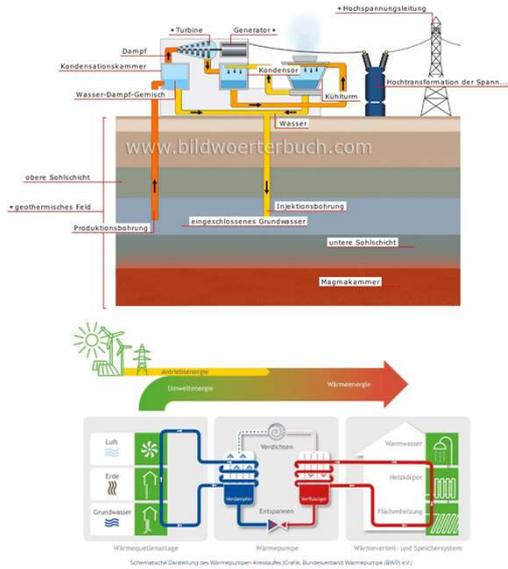
## Prinzip:

Bei Wasserkraft wird die potentielle oder kinetische Energie des Wassers genutzt. Das Wasser treibt eine Turbine an, diese ist mit einem Transformator gekoppelt, der den entstehenden Wechselstrom hochtransformiert und ins Stromnetz einspeist.

Pro und Contra siehe Folie.



## Geothermie und Spezialfall Wärmepumpe



### Definition

Geothermie oder Erdwärme ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme, sie kann aus dem Erdinneren stammen oder durch Niederschläge oder Schmelzwässer eingebracht worden sein und zählt zu den regenerativen Energien.

### Prinzip und Anwendung

Zur Erzeugung von Strom aus geothermischer Wärme über eine Turbine und einen Generator wird ein Gas, also entweder Wasserdampf oder ein organisches Gas, benötigt.

### Pro

Hohe Grundlastfähigkeit und Verfügbarkeit, flexibel einsetzbar (Strom, Wärme, Kühlung).

### Contra

Wirtschaftlichkeit (Bohrungen!), möglicher Einfluss auf Grundwasserspiegel und Bodenstabilität.

[Quelle - production-of-electricity-from-geothermal-energy](#)

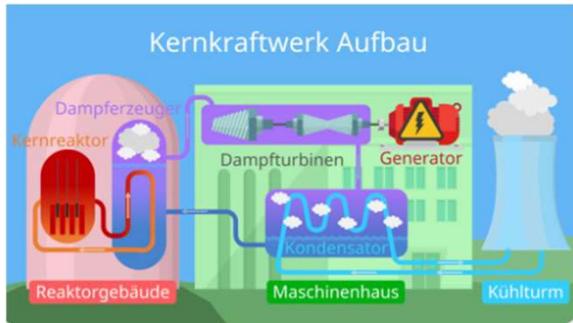
[Quelle - Waermepumpe-Technik](#)

### Prinzip:

Bei der **Geothermie** wird die Erdwärme im zugänglichen Teil der Erdkruste genutzt. Typischerweise werden Grundwasserschichten über eine Produktions- oder Förderbohrung angebohrt und das heiße Wasser direkt zum Antrieb einer Turbine bzw. eines nachgeschalteten Generators inkl. Transformators zur Stromerzeugung ins Netz genutzt. Das abgekühlte Wasser wird über eine Injektionsbohrung in das Grundwasser zurückgeleitet. Anstelle von **Heißwasser** können bei Tiefenbohrungen auch **heiße Gesteinsschichten** als Wärmequelle genutzt werden.

Bei **oberflächennäheren Bohrungen** kann das geförderte Warmwasser auch mittels **Wärmepumpen** durch zusätzliche Verdichtungs- und Entspannungszyklen auf die nötige Betriebstemperatur gebracht werden. Hierbei können auch organische (z.B. Propan) oder anorganische Gase (z.B. Ammoniak) als Übertragungsmedium dienen. Pro und Contra siehe Folie.

## Kernspaltung (keine „erneuerbare Energie“ aber CO<sub>2</sub> emissionsfrei)



Kernkraftwerk Aufbau (Druckwasserreaktor)

### Definition

Die Kernspaltung oder Atomspaltung beschreibt den Prozess, bei dem ein schwerer Atomkern in zwei kleinere Atomkerne zerlegt wird. Dabei werden mehrere Neutronen und Energie freigesetzt. Die Energie nennst du Kernenergie.

### Prinzip und Anwendung

Wirtschaftliche Bedeutung hat die neutroneninduzierte Spaltung von Uran-235 und Plutonium-239 als Kettenreaktion in Kernreaktoren. Hierbei wird die Bewegungsenergie der Spaltprodukte und die Energie der entstehenden Strahlung durch Stöße mit dem Material der Umgebung in Wärme umgewandelt.

### Pro

Hohe Grundlastfähigkeit, keine CO<sub>2</sub> Emissionen.

### Contra

Nicht geregelte Entsorgung und Endlagerung! Extrem hohe Auswirkungen im möglichen Schadensfall!

[Quelle - Kernkraftwerk](#)

Wird hier nicht näher diskutiert, keine erneuerbare Energie im eigentlichen Sinne.



Hier nicht näher betrachtet

## Weitere erneuerbare Energiequellen – Kernfusion



### Definition

Als Kernfusion werden Kernreaktionen bezeichnet, bei denen je zwei Atomkerne zu einem neuen Kern verschmelzen. Kernfusionsreaktionen sind die Ursache dafür, dass die Sonne und alle leuchtenden Sterne Energie abstrahlen.

### Prinzip und Anwendung

In internationaler Kooperation wird erforscht, ob und wie sich Fusionsenergie zur Stromerzeugung nutzen lässt. Wirtschaftliche Nutzbarkeit nicht vor 2050 erwartet.

### Pro

Hohe Grundlastfähigkeit, keine CO<sub>2</sub> Emissionen und radioaktiven Abfälle, unbegrenzt verfügbar.

### Contra

Technisch extrem anspruchsvoll, sehr hoher Gesamtenergiebedarf, Gefahr radioaktiver Fallouts bei Sabotage.

Quelle - [galileo.tv/technik/kernfusion-ist-das-die-energie-der-zukunft/](http://galileo.tv/technik/kernfusion-ist-das-die-energie-der-zukunft/)

Hier nicht näher betrachtet, da kommerzielle Nutzung noch in weiter Ferne.



## Agenda

- Warum sind erneuerbare Energien wichtig
- Welche erneuerbaren Energien gibt es
- **Energiespeicherung und Infrastruktur**
- Fazit



## Problem der Grundlastfähigkeit und Möglichkeiten zur Energiespeicherung

### Warum ist Grundlast wichtig?

Erneuerbare Energien wie z.B. Solar- oder Windkraft stehen nicht permanent zur Verfügung und können somit nicht eine ganztägige, bedarfsgerechte Energieversorgung gewährleisten. Sogenannte „Dunkelflauten“ treten bei sonnen- und windarmen Perioden auf und müssen überbrückt werden, um Industrieprozesse, Gebäude, Haushalte etc. auch in solchen Zeiten mit Energie zu versorgen.

Hier können **Speichertechnologien** sowie ein **Umbau der aktuellen Netzinfrastruktur** einen wesentlichen Beitrag zur besseren Nutzung erneuerbarer Energie leisten.

Zur Zeit müssen solche Lücken noch mit fossilen Brennstoffen oder Atomstrom (z.B. Zukauf aus Nachbarländern) gedeckt werden!

### Die wichtigsten Speichermöglichkeiten

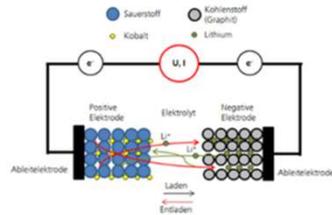
- **Fossile Speicher (Erdöl, Erdgas, Kohle, bekannt und hier nicht weiter behandelt aufgrund CO<sub>2</sub> Problematik)**
- Batterien
- Mechanische Speicher
- Wärmespeicher
- Power-to-X

### Kernbotschaft:

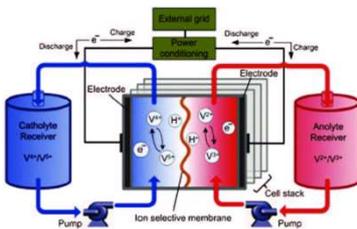
Nachteil Erneuerbare: nicht grundlastfähig, teilweise begrenzt verfügbar,  
Netzinfrastruktur zur Verteilung erneuerbarer Energie noch nicht ausreichend vorhanden!



## Batterien - Beispiel: Li-Ionen Akku und Redox-Flow Batterie



Prinzip einer Lithium-Ionen-Batterie  
 © Fraunhofer UMSICHT, Fraunhofer IRES 31.10.2014, Metallide Energiespeicher, Abb. 3-50



### Prinzip und Anwendung

Die bekannten Batteriespeicher auf Blei-, Lithium- oder Natrium-Schwefel-Basis werden zur Überbrückung von mehreren Stunden bis Tagen eingesetzt. Elektrochemische Speichersysteme, z.B. Redox-Flow Batterien, nutzen Tanks zur Speicherung und können Energie über mehrere Wochen aufbewahren.

### Pro

Vielfältige Anwendungsbereiche, da sie eine hohen Wirkungsgrad, eine schnelle Reaktionszeit sowie eine geringe Selbstentladung aufweisen. Redox-Flow-Batterien erlauben die Versorgung ganzer Industriegebiete, Dörfer oder sogar ganzer Städte mit Energie.

### Contra

Kostspielig, bei manchen Typen besteht auch eine erhöhte Brandgefahr (Lithium-Batterien). Energiedichte ist bei Redox-Flow Batterien aufgrund Platzbedarf und Gewicht ausschließlich im stationären Einsatz.

[Quelle - batteriespeicher abbildungen - Bing images](#)

[Quelle - redox flow batterien abbildungen - Bing images/](#)

## Prinzip:

Am bekanntesten ist der **Li-Ionen Akku**, der bevorzugt in mobilen Systemen (Autos!) eingesetzt wird, aber auch stationär zur Überbrückung von Stromengpässen von mehreren Stunden bis Tagen. Typischerweise besteht sie aus einer aus Graphitanode (Minuspol) mit eingelagertem Li und einer Kathode aus Li-Übergangsmetalloxiden (Co, Ni, Mn) oder neuerdings auch bevorzugt aus Li-Eisenphosphat. Als Elektrolyt dient z.B. Dimethylcarbonat oder auch perfluorierte Polymere, die beiden Pole sind durch eine Li-Ionen durchlässige Keramikmembran getrennt zur Vermeidung von Kurzschlüssen. Bei der Entladung wandern Elektronen über einen externen Stromkreis von Anode zur Kathode, die Li-Ionen wandern intern durch die Membran und werden an der Kathode entladen. Bei der Aufladung des Akkus wird dieser Prozess umgekehrt. Neuerdings werden auch vermehrt Systeme auf Natrium-Schwefel Basis eingesetzt.

**Redox-Flow Batterien** werden bevorzugt im stationären Betrieb verwendet. Hier ist die eigentliche Batteriezelle mit externen Speichern gekoppelt, die beliebig skalierbar sind und dadurch hohe Kapazitäten wie auch hohe Ladezyklen ermöglichen. Am bekanntesten ist die auf Vanadium in verschiedenen Wertigkeitsstufen basierende Redox-Flow Batterie, darüber hinaus finden aber auch polymerbasierte bzw. organische Varianten (Anthrachinon!) immer mehr Beachtung.



## Batterien – Ausblick

### Problem: Verfügbarkeit der Rohstoffe und Nachhaltigkeit

Die Hauptkomponenten für Li-Ionen Akkus stammen aus chilenischen Salzwüsten bzw. australischen Tagebauen (Lithium), aus dem Kongo (Kobalt) oder aus China (Graphit). Der Abbau führt nicht nur zu unerwünschten Abhängigkeiten, sondern auch zu ökologischen Schäden bzw. inhumanen Arbeitsbedingungen. Dies führt aktuell zu verstärkter Suche nach alternativen Materialien mit ähnlich hoher Speicherdichte wie Lithium, die kostengünstig und überall in großer Menge auch ökologisch verträglich verfügbar sind.

### Mögliche Alternativen zu Li-Ionen Batterien

- **Natrium-Ionen Batterien** mit Hartkohlenstoff als Anode und Mangan und Eisen als Kathodenkomponenten
- **Calcium-Luft Batterien** auf Basis von Calcium oder Calcium/Zinn als Anode und Kohlenstoffnanoröhrchen mit Sauerstoff gespeist oder organische Polymere als Kathode

### Kritische Erfolgsfaktoren für den (insbesondere mobilen Einsatz):

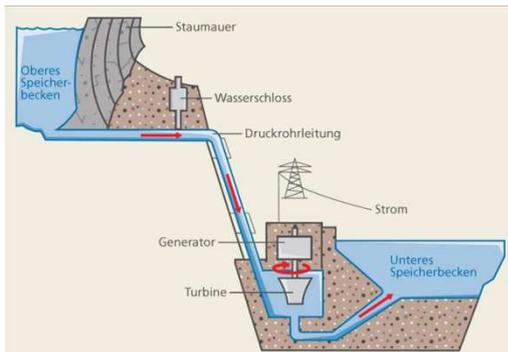
- Ladezyklen, Speicherkapazität, Energiedichte, Spannung, Masse und Volumen

Quelle – Spektrum der Wissenschaft 12, 2024, p50ff

## Kernbotschaft:

Siehe Folie

## Mechanische Speicher (Beispiel: Pumpspeicher)



### Prinzip und Anwendung

Durch Umwandlung in andere Energieformen lässt sich der Strom längerfristig einspeichern. Wasser ist für verschiedene Speicherformen ein geeignetes Medium – so auch für das Pumpspeicherkraftwerk. Hier nutzt man die potentielle Lageenergie des Wassers.

### Pro

Hohe Effizienz und Speicherkapazität.

### Contra

Kostspielig und nur sinnvoll an geeigneten Standorten. Wasserkraftwerke unterbrechen auch den natürlichen Lauf eines Gewässers und beeinflussen das Ökosystem.

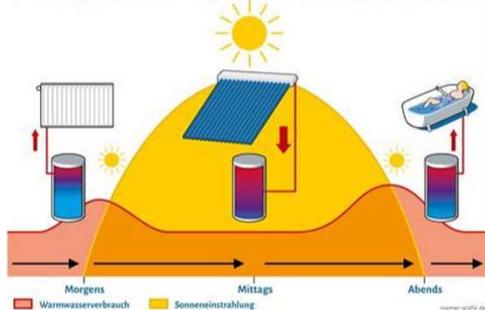
[Quelle - pumpspeicherkraftwer abbildungen - Bing images/](#)

### Prinzip:

Hier wird die **potentielle Lagerenergie** von Wasser genutzt. Wasser wird im **oberen Speicherbecken** angestaut und bei Energiebedarf über eine Druckrohrleitung in das **untere Speicherbecken** abgeleitet. Das herunterfließende Wasser treibt eine Turbine an. Die Kopplung mit Generator und Transformator erlaubt die Einspeisung der erzeugten Energie ins Stromnetz.  
Pro und Contra siehe Folie.

## Wärmespeicher

### Wärmespeicher: Wärme, wann immer Sie diese brauchen!



### Prinzip und Anwendung

Wärmespeicher sind Speicher für thermische Energie. Wärmespeicher können in unterschiedlichen Größen errichtet werden, die von dezentralen Kleinanlagen bis zu großen zentralen Speichern reichen. Sie können je nach Bauart Niedertemperaturwärme zur Raumheizung oder Hochtemperaturwärme für industrielle Anwendungen aufnehmen und wieder abgeben.

#### Pro

Höchste Effizienz bei hohen Temperaturen (z.B. Salzschnmelzen).

#### Contra

Sinnvoll und kostengünstig nur bei hoher Verfügbarkeit von Wärme (Sonneneinstrahlung!).

[Quelle - wärmespeicher abbildungen - Bing images](#)

### Prinzip:

Beim **Wärmespeicher** wird die Wärmeenergie der Sonne über Sonnenkollektoren genutzt. Die Kollektoren speisen Pufferspeicher, aus denen je nach Bedarf Niedertemperaturwärme für z.B. Raumheizungen oder Hochtemperaturwärme für industrielle Anwendungen entnommen werden kann.

Pro und Contra siehe Folie.



## Power-to-X - Überblick

### Prinzip und Anwendung

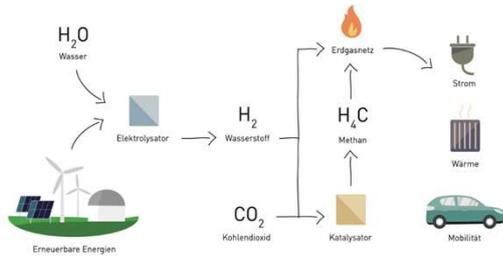
Unter Power-to-X versteht man alle Verfahren, die Ökostrom / Grünen Strom in chemische Energieträger zur Stromspeicherung, in strombasierte Kraftstoffe zur Mobilität oder Rohstoffe für die Chemieindustrie umwandeln. Auf klimafreundliche Art lässt sich mit Power-to-X beispielsweise Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge herstellen, aber auch Kerosin für Flugzeuge. Power bezeichnet die über dem Bedarf liegenden zeitweisen Stromüberschüsse und X steht für die Energieform oder den Verwendungszweck.

- Power-to-Gas: Erzeugung von Erdgas mithilfe von überschüssigem Strom
- Power-to-Liquid: Erzeugung von Kraftstoffen mithilfe von überschüssigem Strom
- Power-to-Heat: Erzeugung von Prozess-/Speicherwärme mithilfe von überschüssigem Strom
- Power-to-Chemicals: Erzeugung von diversen Grundchemikalien mithilfe von überschüssigem Strom

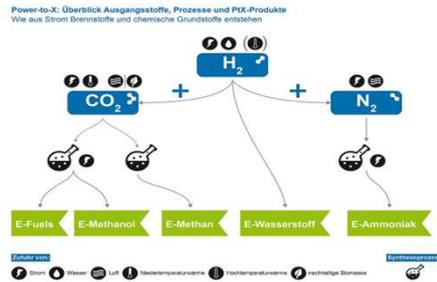
Prinzip/Kernbotschaft: siehe Folie



### Power-to-Gas



### Power-to-Liquid/Chemicals



Quelle - power-to-gas abbildungen - Bing images  
 Quelle - Power to Chemicals - Abbildungen

### Prinzip:

Der **Power to Gas Prozess** zielt im Wesentlichen auf die Erzeugung von **Wasserstoff bzw. Methan** ab. Letztere können ins Erdgasnetz eingespeist und direkt zur Gewinnung von Strom und Wärme dienen, bzw. der Wasserstoff kann auch direkt in Brennstoffzellen für die e-Mobilität eingesetzt werden.

Der Wasserstoff wird mittels Elektrolysatoren aus Wasser und erneuerbaren Energien erzeugt, das Methan wird aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> (aus Luft oder Industrieabgasen) mittels katalytischer Prozesse erzeugt.

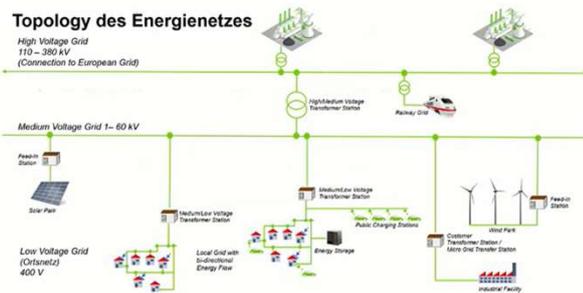
Beim **Power to Liquid Prozess** ist ebenfalls grüner Wasserstoff Ausgangsprodukt. Hierbei sind allerdings flüssige Produkte, die als chemische Rohstoffe (Methanol, Ammoniak), Wasserstoffspeicher (flüssiger Wasserstoff oder flüssiges Methan, Ammoniak) oder Treibstoffe wie z.B. e-Fuels dienen, das Ziel.



## Umwandlung/Anpassung der aktuellen Netzwerktopologie

### Sicherung durchgängiger und bedarfsgerechter Verfügbarkeit erneuerbarer Energien

Um eine durchgängige und bedarfsgerechte Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie zu gewährleisten, muss die aktuelle Netzwerktopologie flächendeckend überarbeitet werden. Aktuell wird z.B. in Norddeutschland erzeugte Windenergie nur suboptimal genutzt, da die bei voller Leistung erzeugte Energie von den Netzen nicht aufgenommen und verteilt werden kann. Dies führt zu einem Stillstand der Windkraftanlagen von bis zu 30%.



### Kernbotschaft:

Zur Überbrückung von Dunkelflauten ist neben vorab genannten Speichertechnologien eine flächendeckend überarbeitete **Netzwerktopologie** dringend erforderlich. Zur Zeit kann z.B. die im Norden produzierte Windenergie nur suboptimal genutzt werden, da die volle Leistung häufig vom Netz nicht aufgenommen und verteilt werden kann. Dies führt nicht selten zu einem Stillstand der Windkraftanlagen von bis zu 30%.

Im Moment besteht unsere Netzwerktopologie aus 3 Ebenen: das Hochspannungsnetz mit 110-380 KV, das Mittelspannungsnetz mit 1-60 KV und das lokale Ortsnetz mit ca. 400 V. Die erneuerbaren Energien, zentral wie dezentral, müssen hier **nahtlos integriert** werden und das gesamte Netzwerk mit **intelligenter Steuerung** versehen werden. Hierbei kann z.B. **Künstliche Intelligenz** eine wichtige Rolle spielen.



## Agenda

- Warum sind erneuerbare Energien wichtig
- Welche erneuerbaren Energien gibt es
- Energiespeicherung und Infrastruktur
- Fazit



## Fazit/Ausblick

- Zur Bekämpfung des **Klimawandels** ist eine **Defossilierung** unserer Gesellschaft unumgänglich.
- Eine **autarke Stromversorgung mittels erneuerbaren Energien** ist in Deutschland grundsätzlich möglich, allerdings müssen folgende Voraussetzungen geschaffen werden:
  - Entwicklung, technische Umsetzung und Skalierung von **Speichertechnologien** zur Überbrückung von „Dunkelflauten“.
  - Anpassung bzw. Ausbau der aktuellen **Netzinfrastruktur** um eine gleichmäßige bzw. bedarfsgerechte Verteilung des erzeugten Stroms innerhalb Deutschlands zu gewährleisten, ggf. Integration mit den Nachbarländern und Ausbau in Richtung eines europaweiten, einheitlichen Stromnetzes.
  - **Nutzung von KI** zur Steuerung der Stromerzeugung und Verteilung.
- Erneuerbare Energien besitzen im Vergleich zu fossilen Energien und Kernkraft **deutlich geringere Gesteherungskosten**.
- Weitere **Investitionen in innovative Technologien** (z.B. Solarzellen mit besseren Wirkungsgraden, Batteriematerialien, e-Fuels etc.).
- Konsequenter **Ausbau des Wasserstoffnetzes** (siehe z.B. [Hydrogenious LOHC Solutions](#)).
- **Umstellung von Industrieprozessen** auf erneuerbare Energien (Anfänge sind bereits gemacht, z.B. elektrische Befeuerung von Steam Crackern, Stahlproduktion mittels Wasserstoff).
- Welchen **Beitrag zum Energiewandel** kann ich als **Individuum** leisten (Solarenergie, Wärmepumpe etc. aber auch Einsparung von Energie durch Verhaltensänderung).

Fazit:

Siehe Folie



# SuCoNetwork e.V.

Sustainability Collaboration Network

## Verantwortlich

SuCoNetwork e.V.

Norbert Becker, Friedhelm Brandau, Dr. Stefan Gürtzgen, Dr. Thomas Karlewski

E-Mail: [info@suconetwork.com](mailto:info@suconetwork.com)

Webseite: [www.suconetwork.com](http://www.suconetwork.com)

Telefon: +49 151 1751 8528