

# KI und die Renaissance von AKWs



# KI und Renaissance der AKWs?

---



Strombedarf wird bis 2050 gigantisch

Wärme

Verkehr

IT/Bildung

Verwaltung

Industrie

# Energie - Historie



- Bis ins 18. Jahrh. vor allem Kohle/Holz zum Kochen, etwas zur Verhüttung und Wärme, etwas Wasserkraft/Mühlen
- Im 18. Jahrh., erstmals auch zum Antreiben von stationären Dampf-Maschinen, (Kohle)
- Im 19. Jahrh. zusätzlich Antrieb von bewegten Maschinen, Dampfloks/Schiffe (Kohle plus Erdöl, und Wasserkraft)
- Im 20. Jahrh. Energie-Explosion, Bedarfe nehmen exponentiell zu (Industrie, Gewerbe, Private HH, (Kohle, Erdöl, Gas, Wasserkraft und Atom) CO2 Emissionen nehmen dramatisch zu
  - Man erkennt erstmals die Auswirkungen, definiert Klimaziele, 1.5 Grad
- Im 21. Jahrh. weiterer sprunghafter Anstieg des Energiebedarfs, Digitalisierung, E- Mobilität, E- Wärme,
  - Elektrizität wird „Allround-Energie“ für alle Sektoren: soll Kohle, Erdöl, Gas, Wasserkraft, Atom ersetzen, regenerative Energien sollen fossile ablösen: Wind, PV, Biomasse.
  - Klimaneutralität als Notwendigkeit definiert
  - Klimaziele bisher dauerhaft verfehlt, CO2 Emissionen erreichen Höchststände. 2,5 - 3 Grad Ende 21. Jahrh. realistisch

**Permanente und konstant sichere und hohe Energiebereitstellung ist entscheidend! Aber welche?**

# Energie – egal von welcher Quelle

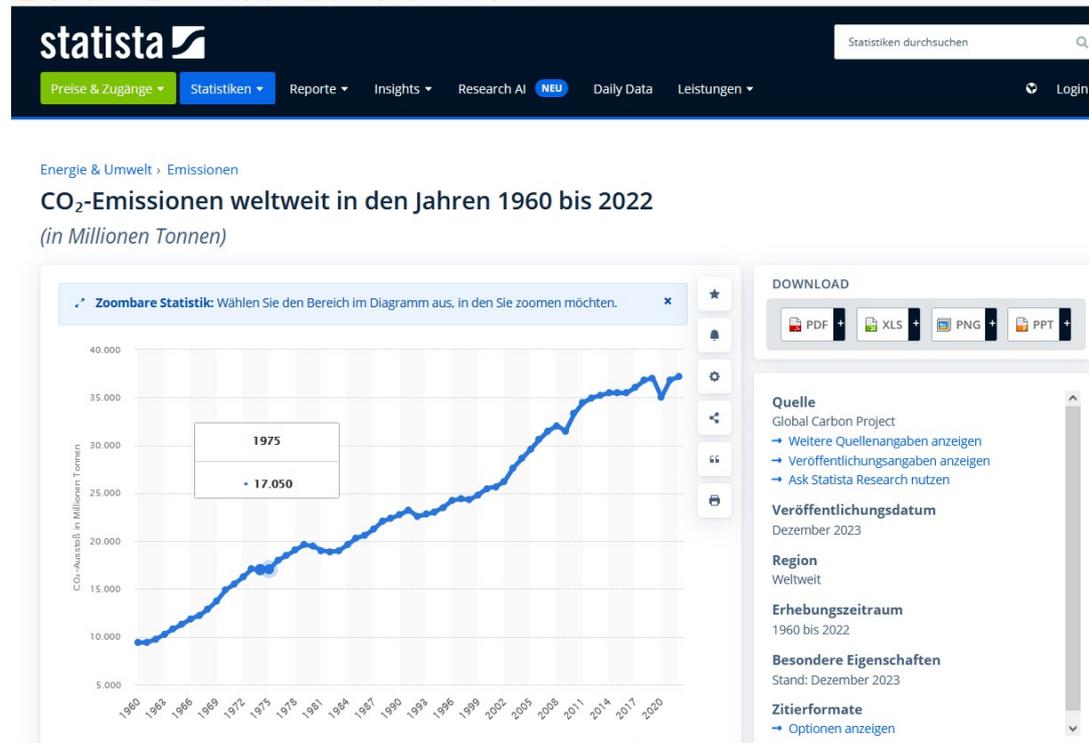
---



fossil  
regenerativ  
Wasserstoff  
atomar

Hauptsache: konstant und immer verfügbar  
Kosten werden klein gerechnet (atomar, fossil)

# CO<sub>2</sub> Emissionen weltweit



CO<sub>2</sub> Emissionen durch Verbrennen fossiler Energieträger nehmen noch immer zu.

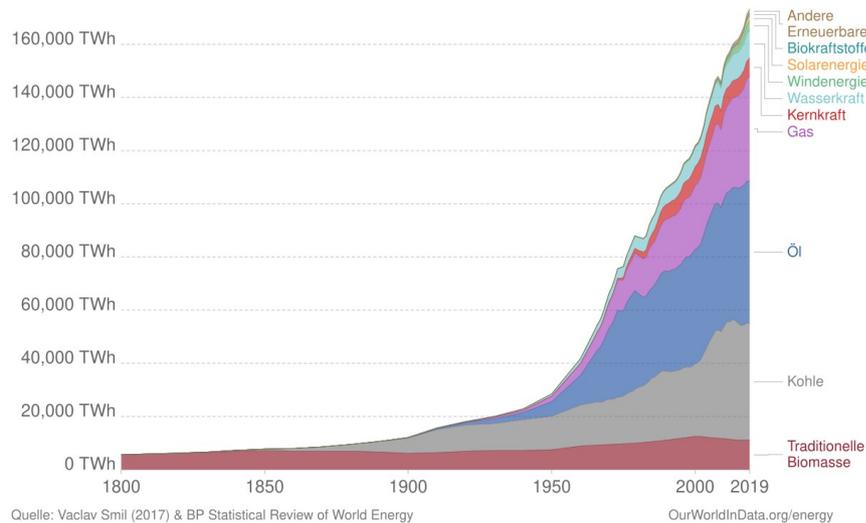
# Primärenergieverbrauch



## Weltweiter Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Primärenergie ist nach der 'Substitutionsmethode' berechnet, so dass Ineffizienzen beim Einsatz fossiler Energieträger berücksichtigt sind.

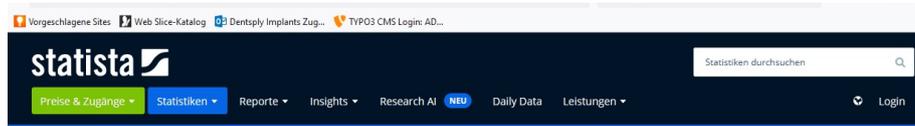
Our World  
in Data



Fossile Energie deckt noch immer mehr als  $\frac{3}{4}$  des gesamten Primärenergieverbrauchs  
Ab Anfang 50iger Jahre: Beginn des Anthropozäns, dem von Menschen gemachte Zeitalter

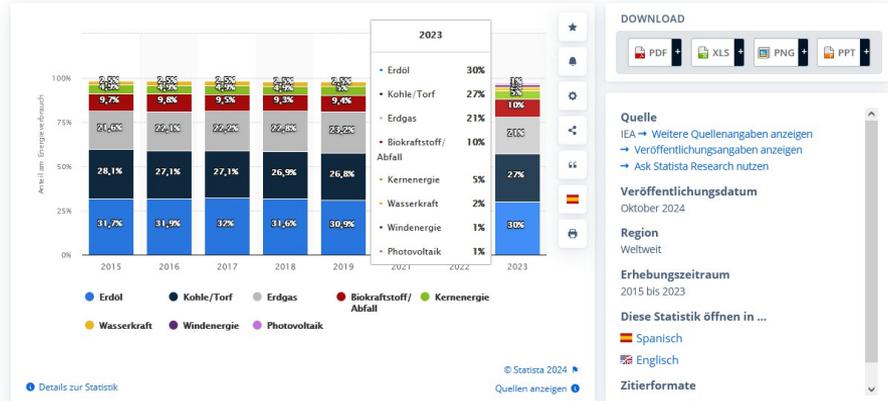


# Fossile Energieträger: 75%



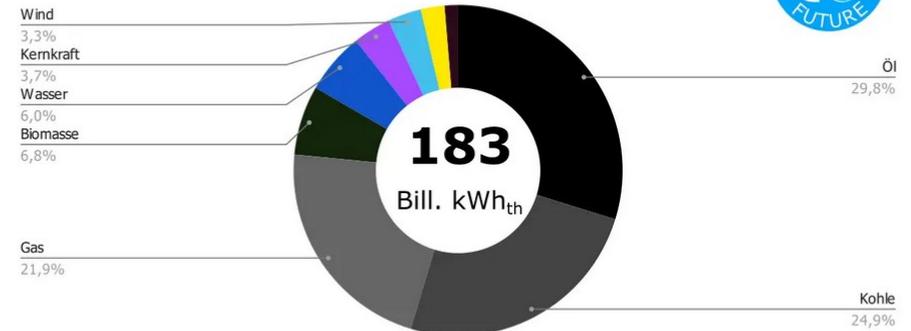
Energie & Umwelt > Energie

## Verteilung der weltweiten Energieerzeugung nach Energieträger in den Jahren von 2015 bis 2023



## Primärenergie: Anteile am Energieverbrauch weltweit 2023

Energieverbrauch weltweit 2023  
nach Primärenergieträger (Substitutionsprinzip)



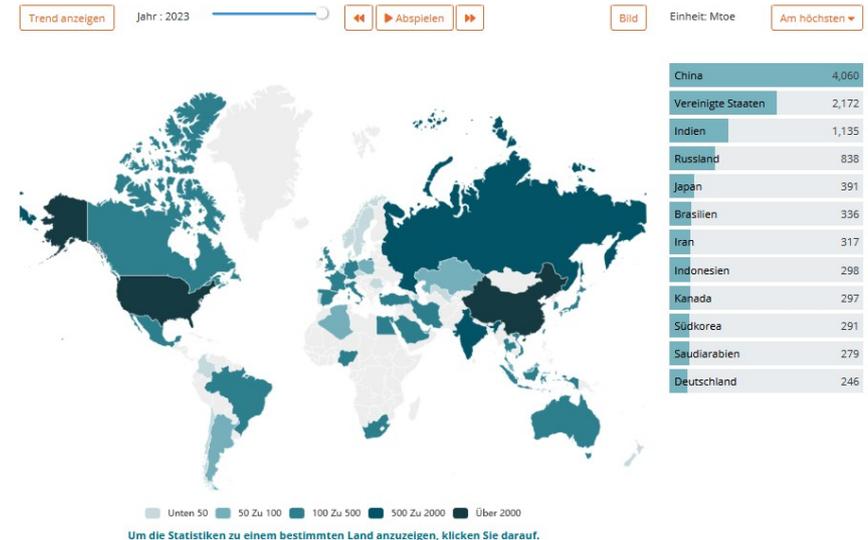
Quelle: Energy Institute (2024), Abschätzung traditionelle Biomasse: Vaclav Smil (2017)

# Energieverbrauch weltweit



Das Wachstum des weltweiten Energieverbrauchs beschleunigte sich im Jahr 2023 um +2,2 % und lag damit deutlich über der durchschnittlichen Wachstumsrate der Jahre 2010-2019 von +1,5 %/Jahr.

Aufschlüsselung nach Ländern (Mtoe) ⓘ



Welt

# Energieverbrauch weltweit

---



Der weltweite Energieverbrauch steigt seit Jahren fast gleichförmig. Auch der vorübergehende Verbrauchseinbruch durch Corona ist längst wieder aufgeholt.

2023 verbrauchte die gesamte Welt rund 183 Billionen kWh Energie. Das ist das 20-Milliardenfache des direkten Pro-Kopf-Verbrauchs von 8.800 kWh im Haushalt in Deutschland.

Den globalen Energieverbrauch dominieren die fossilen Energieträger Erdöl, Kohle und Erdgas mit gut drei Viertel Anteil bei den Primärenergieträgern.

Es werden sogar weiterhin mehr fossile als klimafreundliche Energiequellen zugebaut. Von einer Dekarbonisierung kann international gesehen noch keine Rede sein.

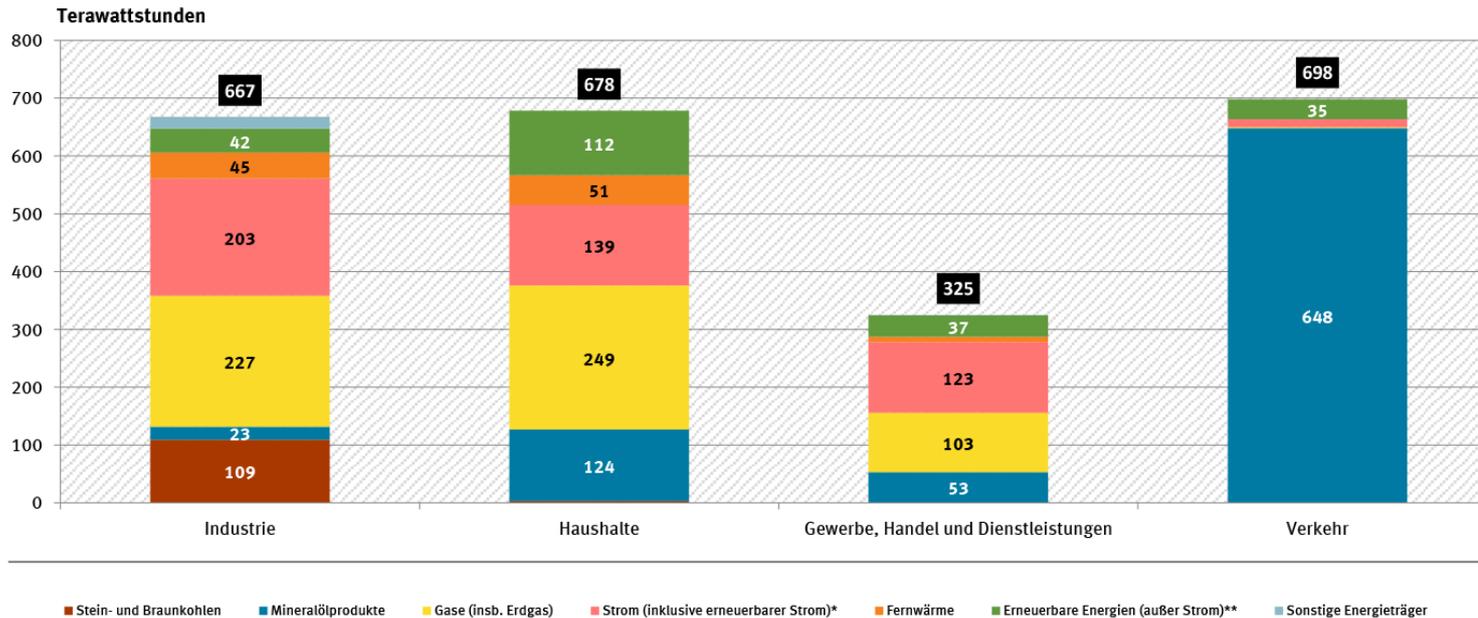
Am ehesten zeigt sich die Energiewende noch im Stromsektor. Elektrizität ist am einfachsten zu dekarbonisieren und stammt weltweit “nur” noch zu 63% aus klimaschädlichen Quellen.

---

# Energieverbrauch 2022 in Deutschland nach Sektoren



**Endenergieverbrauch 2022**  
nach Sektoren und Energieträgern



\* Der Stromverbrauch lässt sich aus energiestatistischen Gründen nicht weiter nach Energieträgern differenzieren. Die Stromerzeugung in Deutschland basiert derzeit im Wesentlichen auf erneuerbaren Energieträgern, Kohle und Erdgas.  
\*\* erneuerbare Kraftstoffe und Wärme. Strom aus erneuerbaren Energieträgern ist Teil des Energieträgers "Strom"

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen (Stand 09/2023)

# Verkehr = immenser Strombedarf in Zukunft



Der Strombedarf von E-Autos (PKWs) 2022 ca. 65.000 Gigawattstunden (GWh).

2030 Bedarf laut der internationalen Energie Agentur (IEA) = ca. 570.000 GWh.

- Der Stromverbrauch elektrischer PKWs und Lastwagen in Europa heute 16 Terawattstunden (TWh) auf 355 Terawattstunden im Jahr 2040

# Gebäudewärme, Straße, Flug/Schiff in Deutschland



## Gebäude

- Heute noch größter Energiebedarf im Mix
- In Zukunft deutlich geringer (geplant)
  - abhängig auch vom Erfolg der kommunaler Wärmeplanung und
  - deren Umsetzung

## Straße, Flug/Schiff

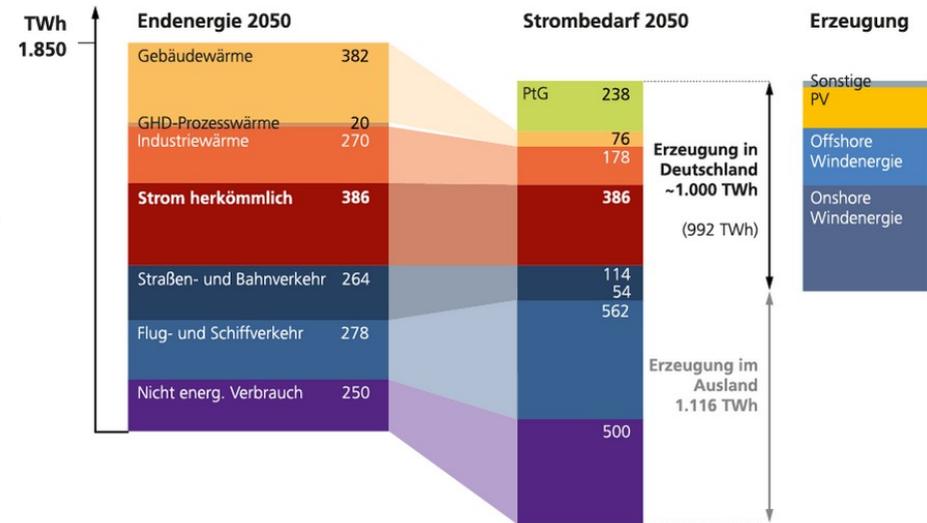
- Straßenverkehr, deutlich mehr Nutzung priv. erzeugter PV- Energie
- Flug/Schiff von Kerosin/Schweröl auf Elektrifizierung
- Nicht energ. Verbrauch: Streaming, KI etc., hoher zukünftiger Energieverbrauch
- Power to Gas (PtG, Verstromung von H für Industrie)

**Bis 2050 nur ca. 50% sicher in Deutschland produziert durch regenerative Energien gedeckt, 50% kommt aus dem Ausland (Canada, Afrika) in Form von gebundenem Wasserstoff (bspw. Ammoniak), oder unter hohem Druck verflüssigt**

- Welche anderen Energieformen kommen ins Spiel?

## Das »Barometer der Energiewende«

### Endenergiebedarf 2050





# Digitalisierung = immenser Strombedarf (2)

---

- KI heute schon für 0,2 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich – fast gleich viel wie die Schweiz. Bis 2030 könnte sich der Anteil der KI verzehnfachen.
- Amazon, Meta, Alphabet, Microsoft arbeiten alle an KI-basierter Nutzung

Microsoft bietet Unternehmen schon heute einen KI-basierten Co-Piloten an, alleine 10.000 Software-Spezialisten bei Microsoft arbeiten derzeit an KI-Entwicklungen.

- Streaming verbraucht etwa 200 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr.
- BRD circa 15 Milliarden Kilowattstunden = Stromverbrauch Berlins
- Digitale Technologien heute ca. 4% der weltweiten Treibhausgasemissionen
- 2030 ca. 20% bis 50% Prozent

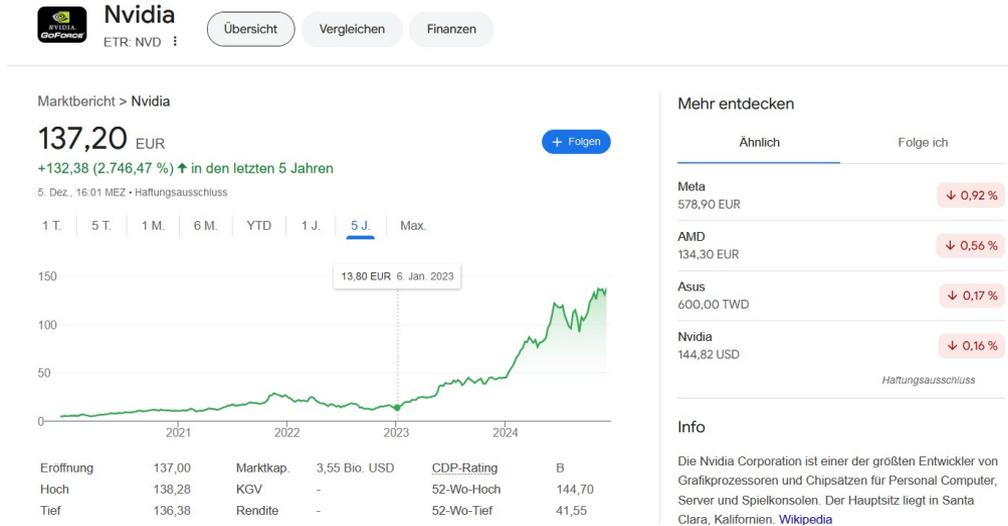
# Digitalisierung = immenser Strombedarf (1)

---



- Strombedarf aller KI-Rechenzentren heute schon **4,5 Gigawatt**. In vier Jahren Bedarf von 19 Gigawatt = 14 AKWs. (1 Gigawatt = 1 Mio. kWh)
- Rechenzentren verbrauchen heute vier bis fünf Prozent des weltweiten Energieverbrauchs". plus Nutzung digitaler Technologien wie Laptops und Smartphones dazu, = 8%
- Laut aktuellen Studien verbraucht Chat-GPT etwa 30 Mal so viel Strom wie das Googlen, was erhebliche Folgen für die Umwelt und das Klima mit sich bringt.
- Ein einziges „ChatGPT-Gespräch“ verbraucht etwa 50 Zentiliter Wasser, was einer Plastikflasche entspricht.
- Laut einer aktuellen Studie könnte KI bis zum Jahr 2027 so viel Strom verbrauchen wie ein größeres industrielles Land.

# Viele profitieren heute schon finanziell von KI: NVIDIA



NVIDIA ist einer der ganz wenigen Hersteller, deren Chips die für KI benötigte Rechenleistung bieten. Anfang 2023 1000 € in deren Aktien angelegt, bringt heute knapp 10.000 €.

Die Marktkapitalisierung von NVIDIA liegt nach heutigem Aktienkurs von 137 € bei 3,6 Bill. US\$, Tesla bei knapp 1 Bill. US\$

# Viele profitieren heute schon finanziell von KI, bspw. im Gesundheitswesen

---



**UniDoc Health Corp.** (WKN: A3C87U, CSE: UDOC) zählt zu den wenigen Unternehmen, die Ferndiagnostik- und eHealth-Dienstleistungen für rund 4,5 Milliarden Menschen weltweit anbieten, die keinen Zugang zu einer angemessenen Gesundheitsversorgung haben. Laut Forbes Magazine beläuft sich der Wert dieses Marktes auf 818,4 Mrd. USD.

**HEALWELL AI Inc.** (TSX: AIDX) (OTCQX: HWAIF), ein auf das Gesundheitswesen ausgerichtetes Technologieunternehmen, das auf künstliche Intelligenz (KI) und Datenwissenschaft für die Gesundheitsvorsorge spezialisiert ist.

# Renaissance von AKWs: große, kleinere, kleine und sehr kleine

---



**Das Internet, (Streaming-/Clouddienste, KI) treibt wieder Überlegungen zum Ausbau der Atomkraft an.**

Um den enormen Energiebedarf der Rechenzentren zu decken, setzen die großen Tech-Konzerne wie Microsoft, Google, Amazon auf Atomkraft aus herkömmlichen und neuartigen AKWs.

Der Stromverbrauch von US-Rechenzentren wird sich zwischen 2023 und 2030 etwa verdreifachen. Die großen Konzerne wollen ihre Energieversorgung selbst in die Hand nehmen, damit Energiesicherheit garantieren.

Ab 2030 sollen dafür auch neuartige Reaktoren, sogenannte **Small Modular Reactors (SMR) und Micro Reactors**, ans Netz gehen.

# Renaissance von AKWs: große AKWs



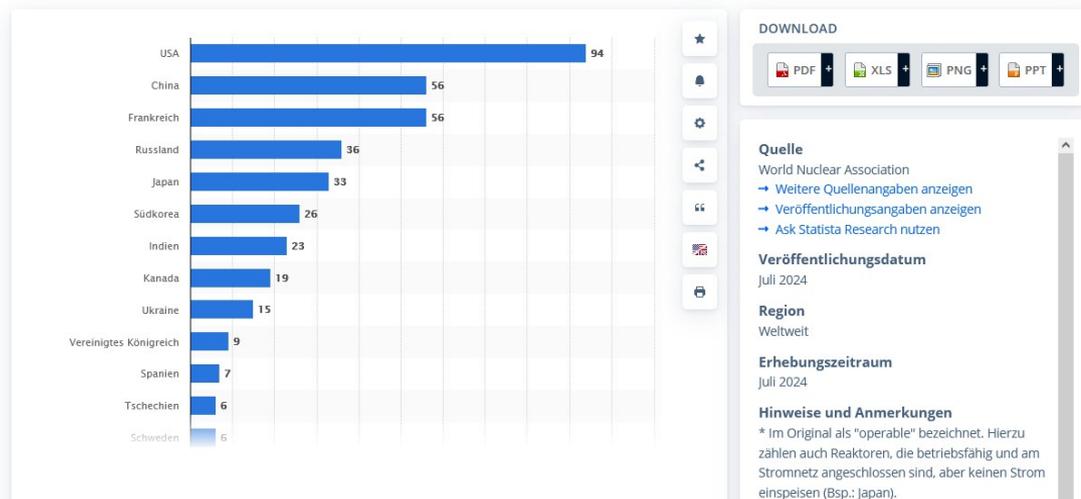
- **Große AKWS (1000 MW+) (kaum Chance auf eine Renaissance)**
- **Heute ca. 410 AKWs weltweit** Bestand relativ alt, 6 neue derzeit im Bau
  - UK: Hinkley: 40 Mrd. Pfund nach heutiger Schätzung, 2016 bei Beginn sollte der Neubau 18 Mrd. Pfund kosten
  - F: Flamanville, Bau 2007 begonnen, 2024 „beendet“, 3,3 Mrd. € geplant, 12 Mrd. bisher gekostet, schon erste Probleme an undichten Schweißnähten
  - Alleine in Deutschland lagert hochradioaktiver Müll in etwa 1.900 Castoren mit über 10.000 Tonnen hochradioaktivem Müll bei den jeweiligen stillgelegten AKWs, (Plutonium = Halbwertszeit: 24.000 Jahre)
    - Ein Endlager in D ist nicht in Sicht, Salzstock in Gorleben wird zugeschüttet, Kosten bisher 2,1 Mrd. €
    - Der Rückbau stillgelegter AKWs verschlingt Milliarden pro AKW und dauert geschätzte 15-20 Jahre
      - In Biblis 2017 begonnen, bis Ende 2038 geplant = 21 Jahre
    - Auch für mittel- und schwachen Atommüll gibt es kein sicheres Lager, auch nicht in Asse und Schacht Konrad. Rückholung des Atommülls aus Asse auf ca. 5 Mrd. € geschätzt.
  - In Frankreich lagert alles im „Wiederaufbereitungslager“ La Hague, auch zum Teil noch deutscher Atommüll.
  - Nur Finnland hat ein genehmigtes Endlager



# Renaissance von AKWs: große AKWs

Energie & Umwelt · Energie

Anzahl der betriebsfähigen\* Reaktoren in Kernkraftwerken weltweit nach Ländern im Juli 2024



In 12 der 27 Mitgliedstaaten (MS) der Europäischen Union (EU) werden derzeit 100 Kernkraftwerke betrieben.  
Weitere Infos:

[https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_und\\_umwelt/nuklearpolitik/euratom/eu.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_und_umwelt/nuklearpolitik/euratom/eu.html)

# Renaissance von AKWs: große AKWs

---



- **Microsoft möchte ein stillgelegtes AKW reaktivieren:**

Reaktorblock 1 in der Anlage Three Mile Island im US-Bundesstaat Pennsylvania wird wieder hochgefahren.

In einem Reaktor von Three Mile Island war es 1979 zu einem Unfall mit einer teilweisen Kernschmelze gekommen.

Microsoft-Manager Bobby Hollis in einem Gespräch mit dem Finanzdienst Bloomberg: die Energieproduktion von Windrädern und Solaranlagen könne schwanken, während sie bei Atomkraftwerken gleich bleibe. "Wir laufen rund um die Uhr, sie laufen rund um die Uhr", sagte Hollis.

# Small Modular Reactors (SMR): bis 300 MW



## kleinere AKWS: Small Modular Reactors (SMR)

Max. 300 MW, permanent 24h/365

Interessenten: Google, Amazon, Microsoft, Oracle, Bill Gates, Joe Biden,

Befürworter : CDU, CSU, FDP, AfD

<https://www.zdf.de/nachrichten/politik/deutschland/akw-atomkraft-kernfusion-union-energie-100.html>

EU, (F, UK,) [https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/small-modular-reactors\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/small-modular-reactors_en)

Von EU-Website:

**Aufgrund ihrer Größe, Leistung und ihres geringeren Ressourcenbedarfs als Standardreaktoren könnten kleine modulare Reaktoren die Stabilität des Stromnetzes in Ländern mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien gewährleisten. Zu diesem Zweck eignen sie sich als Ersatz für Wärmekraftwerke, die mit fossilen Brennstoffen wie Kohle betrieben werden.**

„Der Einsatz von kleinen modularen Reaktoren wird Europa erhebliche Vorteile bringen: größere Energiesouveränität, weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen, neue Arbeitsplätze und Wirtschaftswachstum“, erklärte Yves Desbazeille, Geschäftsführer des Verbands Nuclear Europe, nach der Ankündigung der Kommission.

Nuclear Europe sollte Mitglied des Steuerungskomitees der zukünftigen SMR-Allianz sein, wie aus dem vorläufigen Organigramm hervorgeht. Die Arbeit wäre in sieben Arbeitsgruppen organisiert, die die an der Allianz beteiligten Akteure, von den Entwicklern über die Sicherheitsbehörden bis hin zu den NGOs, zusammenbringen würden.

Mehrere Unternehmen haben bereits erklärt, sich dem Bündnis anschließen zu wollen, darunter die Entwickler von Reaktoren der vierten Generation (advanced modular reactors, AMR) NAAREA und Newcleo.



# Micro Reactors



**max. 20-50 MW, permanent 24h/365, über 8 Jahre keine  
Wartung/Instandhaltung**

Vorteile:

Modulare Bauweise:

verschiedenen Firmen fertigen unterschiedliche Teile, die in einer Firma zusammengebaut und mit Tieflader zur Bedarfsstelle gefahren werden, Keine weitere Maintenance für 8 Jahre wird versprochen.

**Kritische Stellungnahme zu SMRs:**

<https://www.youtube.com/watch?v=7SZGGnrXb1M>



# Nuclear Diamond Batteries (NDB) Ein Perpeduum Mobile?



## Nuklear Batteries: Nuclear Diamond Batteries (NDB) joint venture mit Elon Musk

Nuclear Diamond Battery (NDB) : Sitz in Pleasanton, **plant eine Batterie aus Atomreaktor-Abfällen: das radioaktive Isotop des Kohlenstoffs C14 soll für eine Lebensdauer von mehreren tausend Jahren sorgen.**

- Nach 5.730 Jahren soll immer noch die Hälfte der ursprünglichen Kapazität zur Verfügung stehen und es sei nie eine Aufladung über eine externe Stromquelle nötig.
- mit recyceltem Atommüll aus C14. In sogenanntem Graphen in der jedes Kohlenstoffatom im Winkel von 120 Grad von drei weiteren Kohlenstoffatomen umgeben ist. Das Ergebnis ist eine Bienenwaben-Struktur.
- **In der Batterie soll eine Superkondensator-Ladebank für ein Speichern der vom Graphen abgegebenen Energie sorgen. Schichten von nicht radioaktivem C12 sollen die strahlenden C14-Lagen umgeben und so zum einen den Austritt von Radioaktivität verhindern und zum anderen vor Manipulationen von außen schützen.**

Im Jahr 2004 gelang es dem russisch-britischen Physiker Konstantin Novoselov und dem niederländisch-britischen Physiker Andre Geim erstmals, stabile einschichtige Graphenkristalle darzustellen. Für diese Entdeckung erhielten die beiden 2010 den Nobelpreis für Physik.

- **Die Nano Diamond Battery soll in ihrer Größe und Form frei skalierbar sein, womit sie sämtliche bekannten Batterien vom Handy-Akku bis hin zur Elektroautobatterie ersetzen könnte.**
- Im Auto soll die NDB um 56,4 Prozent kleiner als eine vergleichbare herkömmliche Lithiumionen-Batterie sein, bei allerdings leicht gesteigertem Gewicht 28.000 Jahre Lebensdauer und kein externes Nachladen



<https://youtu.be/Od9YZuBaC6g>

# Resümee

---



Der Bedarf an Elektrizität wird in den nächsten 10-20 extrem ansteigen.

- Neben Wärme, Verkehr, Dienstleistungen wird der Bedarf an Rechnerleistung (KI, Streaming) exorbitant steigen
- Großverbraucher wie Amazon, Google, Microsoft, Oracle, SAP etc. benötigen für ihre Rechenzentren sichere, stabile Netze
  - Diese sollen möglichst ohne fossile Ressourcen stabil laufen.
  - Regenerative Quellen aus PV und Wind haben ihre Grenzen bei „Dunkelflaute“. Aufgrund des zukünftig extrem hohen Bedarfs wird eine stabile Bereitstellung des benötigten Stroms in Frage gestellt.
- Atomkraft bekommt zumindest planerisch eine Renaissance
  - Nicht in Form derzeitiger großer AKWs
    - Kleinere und kleinste Reaktoren sollen für stabile Stromnetze sorgen
    - Politische Parteien (CDU, CSU, FDP, AfD) aber auch die EU (viele deren Mitgliedsstaaten) befürworten Forschungsprogramme
    - Selbst positive Szenarien gehen von mind. 15-20 Entwicklungszeit bis zu einer Nutzung aus, notwendig wäre sie sofort.
    - Tausende dieser kleinen AKWs wären notwendig, mit permanenter Leistung, regenerative Lösungen würden obsolet.
    - Alle Gefahren (Strahlung, Sabotage) aber auch ungeklärte Endlagerung sind genauso vorhanden, wie bei derzeitigen Reaktoren
  - Atomkraft als Ersatz von Kohle, Gas, Öl zur Grundlastsicherung ist nicht zukunftsfähig
  - Diverse Forschungsansätze von Großspeichertechnologien, die bei „Dunkelflauten“ Stromnetze stabilisieren sollen, zeigen eine nachhaltige Alternativen auf.