

Was wäre wenn? Die Flutterstromversorgung benötigt Speicher – Grok berechnet wie viel

geschrieben von Admin | 15. Mai 2025

Ca. 22 Lithium Welt-Jahresproduktionen für 15 Tage Strom in Deutschland wären gerade ausreichend.

Von Michael Limburg

In X hat heute ein unbekannter Nutzer eine Rechnung von Grok^[1] der künstlichen Intelligenz von Elon Musk die Ergebnisse vorgestellt, die Grok ermittelte um Deutschland, für nur 3 Wochen aus Speichern mit elektrischer Energie zu versorgen falls Wind und Sonne mal länger nicht scheinen. Zugrunde gelegt ist auch nur der Anteil an elektrischer Energie – also 550 TWh pro Jahr, und nicht die gesamte Primärenergie. Was nicht betrachtet wurde, ist die Aufgabe diese elektrischer Energie mit Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz und Phasensynchron – also im Gleichtakt, einzuspeisen. Das dürfte ein weiteres Riesenproblem sein, aber, gemach gemach dazu kommt es nicht. Denn um diese Aufgabe und soviel sei vorweg genommen, zu erledigen, benötigte Deutschland allein an Lithium, für diese mickrige Menge an Strom, ca 22 Weltjahresproduktion des Lithium

Grok meint:

Um die Menge an Rohstoffen, die Weltjahresproduktionen, die einmaligen Kosten und die laufenden Kosten für den Aufbau eines Batteriepuffers in Deutschland zu ermitteln, der den Energiebedarf für drei Wochen speichern kann, gehen wir systematisch vor. Die Berechnungen basieren auf dem Stand der aktuellen Technik (2025) und fokussieren auf Lithium-Ionen-Batterien, da diese die dominierende Technologie für großskalige Energiespeicherung sind. Aufgrund der Komplexität der Fragestellung werde ich Annahmen klar benennen, die Berechnungen Schritt für Schritt durchführen und auf verfügbare Daten sowie Schätzungen zurückgreifen. Da präzise Daten zu einigen Aspekten fehlen, werde ich plausible Annahmen treffen und diese begründen.

1. Energiebedarf Deutschlands für 3 Wochen

Zunächst bestimmen wir den Energiebedarf Deutschlands für drei Wochen. Der Primärenergieverbrauch Deutschlands lag 2022 bei etwa **11.854 Petajoule (PJ)**, was etwa **3.292 TWh** (Terawattstunden) entspricht (1 PJ = 0,2778 TWh). Der Primärenergieverbrauch umfasst alle Sektoren (Industrie, Haushalte, Verkehr, etc.), inklusive Verluste bei der

Energieumwandlung. Für unsere Berechnung ist jedoch der Stromverbrauch relevanter, da Batteriepuffer primär Strom speichern.

Der Stromverbrauch Deutschlands lag 2022 bei etwa **550 TWh pro Jahr** (nach Angaben des Statistischen Bundesamts und des Umweltbundesamts). Für drei Wochen (21 Tage) ergibt sich:

Um diesen Strombedarf zu speichern, benötigen wir eine Batteriekapazität von **31,64 TWh** (ca. **31.640 GWh**). Dabei gehen wir von einer Entladetiefe (Depth of Discharge, DoD) von 80 % aus, was für Lithium-Ionen-Batterien üblich ist, um die Lebensdauer zu maximieren. Die nominale Kapazität der Batterie muss daher höher sein:

$$31.640 / 0,8 = 39.550 \text{ GWh} = 39,55 \text{ {TWh}}$$

Wir benötigen also eine Batteriekapazität von etwa **39,55 TWh**.

2. Rohstoffbedarf für Lithium-Ionen-Batterien

Für den Rohstoffbedarf konzentrieren wir uns auf die Schlüsselmaterialien von Lithium-Ionen-Batterien: **Lithium, Kobalt, Nickel, Graphit** und **Kupfer**. Die genaue Zusammensetzung hängt von der Batteriechemie ab. Wir nehmen die gängige **NMC-811-Chemie** (Nickel-Mangan-Kobalt im Verhältnis 8:1:1) an, da sie weit verbreitet ist und eine hohe Energiedichte bietet.

Materialbedarf pro kWh

Basierend auf Studien (z. B. International Energy Agency, Benchmark Mineral Intelligence) liegt der Materialbedarf pro kWh Batteriekapazität etwa bei:

- **Lithium:** 0,1 kg/kWh
- **Kobalt:** 0,02 kg/kWh
- **Nickel:** 0,4 kg/kWh
- **Graphit:** 0,5 kg/kWh
- **Kupfer:** 1,0 kg/kWh (für Verkabelung und Stromsammler)

Diese Werte variieren je nach Batteriedesign, aber sie dienen als realistische Annahme.

Gesamtbedarf für 39,55 TWh

Die Batteriekapazität von 39,55 TWh entspricht **39.550.000.000 kWh**. Der Rohstoffbedarf ergibt sich wie folgt:

$$\text{Gesamtbedarf} = \text{Material pro kWh} \times \{\text{Kapazität in kWh}\}$$

Material

Bedarf pro kWh (kg)

Gesamtbedarf (Tonnen)

Lithium

0,1

$$0,1 \times 39,55 \times 10^9 = 3.955.000$$

Kobalt

0,02

$$0,02 \times 39,55 \times 10^9 = 791.000$$

Nickel

0,4

$$0,4 \times 39,55 \times 10^9 = 15.820.000$$

Graphit

0,5

$$0,5 \times 39,55 \times 10^9 = 19.775.000$$

Kupfer

1,0

$$1,0 \times 39,55 \times 10^9 = 39.550.000$$

Zusammenfassung des Rohstoffbedarfs:

- Lithium: **3,96 Millionen Tonnen**
- Kobalt: **0,79 Millionen Tonnen**
- Nickel: **15,82 Millionen Tonnen**
- Graphit: **19,78 Millionen Tonnen**
- Kupfer: **39,55 Millionen Tonnen**

3. Vergleich mit Weltjahresproduktionen

Um die benötigte Menge in Relation zu setzen, vergleichen wir den Bedarf mit den globalen Jahresproduktionen (2023/2024, basierend auf USGS und

anderen Quellen):

Material

Weltjahresproduktion (Tonnen)

Benötigte Menge (Tonnen)

Verhältnis (Jahresproduktionen)

Lithium

180.000 (2023, USGS)

3.955.000

$3.955.000 \div 180.000 \approx 22$

Kobalt

230.000 (2023, USGS)

791.000

$791.000 \div 230.000 \approx 3,4$

Nickel

3.600.000 (2023, USGS)

15.820.000

$15.820.000 \div 3.600.000 \approx 4,4$

Graphit

1.700.000 (2023, USGS)

19.775.000

$19.775.000 \div 1.700.000 \approx 11,6$

Kupfer

22.000.000 (2023, USGS)

39.550.000

$39.550.000 \div 22.000.000 \approx 1,8$

Ergebnis:

- Lithium: ca. **22 Weltjahresproduktionen**
- Kobalt: ca. **3,4 Weltjahresproduktionen**
- Nickel: ca. **4,4 Weltjahresproduktionen**
- Graphit: ca. **11,6 Weltjahresproduktionen**
- Kupfer: ca. **1,8 Weltjahresproduktionen**

Diese Zahlen verdeutlichen, dass der Rohstoffbedarf enorm ist und die globale Produktion für einige Materialien (insbesondere Lithium und Graphit) über Jahrzehnte binden würde, was praktisch kaum umsetzbar ist. Recycling und alternative Technologien könnten den Bedarf reduzieren, werden aber hier nicht berücksichtigt, da die Frage auf aktuelle Technik abzielt.

4. Einmalige Kosten

Die einmaligen Kosten umfassen die Herstellung und Installation der Batterien. Die Kosten für Lithium-Ionen-Batterien liegen 2025 bei etwa **100–150 USD/kWh** für großskalige Systeme (basierend auf BloombergNEF und anderen Marktanalysen). Wir nehmen einen Mittelwert von **125 USD/kWh** an.

Gesamtkosten = Kapazität in kWh x Kosten pro kWh

$39.550.000.000 \text{ kWh} \times 125 \text{ USD/kWh} = 4.943.750.000.000 \text{ USD}$

Das entspricht etwa **4,94 Billionen USD** (ca. **4,7 Billionen EUR** bei einem Wechselkurs von 1 USD = 0,95 EUR). Diese Kosten umfassen Batterieproduktion, Installation und Infrastruktur (z. B. Wechselrichter, Kühlung), wobei Infrastrukturkosten geschätzt 20–30 % der Batteriekosten ausmachen.

5. Laufende Kosten (Ersatz und Wartung)

Lebensdauer und Ersatz

Lithium-Ionen-Batterien haben eine Lebensdauer von etwa **10–15 Jahren** oder **3.000–5.000 Ladezyklen**, je nach Betrieb. Bei einem Puffer, der den Energiebedarf für drei Wochen speichert, ist der Einsatz eher selten (z. B. saisonale Schwankungen oder Notfälle), sodass wir von **15 Jahren** Lebensdauer ausgehen. Nach 15 Jahren müssten die Batterien ersetzt werden.

Die Ersatzkosten entsprechen den einmaligen Kosten, inflationsbereinigt. Angenommen, die Batteriekosten sinken bis 2040 auf **80 USD/kWh** (aufgrund von Skaleneffekten und technologischem Fortschritt), wären die

Ersatzkosten:

$$39.550.000.000 \text{ kWh} \times 80 \text{ USD/kWh} = 3.164.000.000.000 \text{ USD}$$

Das entspricht etwa **3,16 Billionen USD** (ca. **3,0 Billionen EUR**). Diese Kosten fallen alle 15 Jahre an, also etwa **200 Milliarden EUR pro Jahr** ($3,0 \text{ Billionen} \div 15$).

Wartung

Wartungskosten für Batteriespeicher liegen bei etwa **1–2 % der Investitionskosten pro Jahr**. Bei 4,7 Billionen EUR Investitionskosten:

$$4,7 \text{ Billionen EUR} \times 0,015 = 70,5 \text{ Milliarden EUR/Jahr}$$

Gesamtlaufende Kosten:

- Ersatz: ca. **200 Milliarden EUR/Jahr** (amortisiert über 15 Jahre)
- Wartung: ca. **70,5 Milliarden EUR/Jahr**
- **Total:** ca. **270,5 Milliarden EUR/Jahr**

6. Diskussion und Einschränkungen

- **Praktische Machbarkeit:** Der Rohstoffbedarf, insbesondere für Lithium und Graphit, übersteigt die globale Produktion um ein Vielfaches. Ein solches Projekt wäre derzeit nicht realisierbar, da es die globalen Lieferketten überfordern würde.
- **Alternativen:** Andere Speichertechnologien wie **Pumpspeicher**, **Wasserstoff** oder **Flussbatterien** könnten den Bedarf an kritischen Rohstoffen reduzieren, sind aber weniger ausgereift oder effizient für kurzfristige Speicherung.
- **Recycling:** Recycling könnte den Rohstoffbedarf senken, wird aber hier nicht berücksichtigt, da die Frage auf Primärrohstoffe abzielt.
- **Kostenunsicherheit:** Die Kosten können durch technologische Fortschritte, Skaleneffekte oder geopolitische Faktoren (z. B. Rohstoffpreisschwankungen) variieren.

Zusammenfassung

- **Rohstoffbedarf:**
- Lithium: 3,96 Mio. Tonnen
- Kobalt: 0,79 Mio. Tonnen
- Nickel: 15,82 Mio. Tonnen

- Graphit: 19,78 Mio. Tonnen
- Kupfer: 39,55 Mio. Tonnen
- **Weltjahresproduktionen:**
- Lithium: 22
- Kobalt: 3,4
- Nickel: 4,4
- Graphit: 11,6
- Kupfer: 1,8
- **Einmalige Kosten: ca. 4,7 Billionen EUR**
- **Laufende Kosten: ca. 270,5 Milliarden EUR/Jahr (Ersatz und Wartung)**

Diese Berechnungen zeigen, dass ein solcher Batteriepuffer technisch und wirtschaftlich extrem herausfordernd ist. Für eine realistische Umsetzung müssten alternative Technologien oder ein Mix aus Speicherlösungen in Betracht gezogen werden. Wenn Sie weitere Details oder eine Analyse alternativer Technologien wünschen, lassen Sie es mich wissen!

1. Der Name ‚Grok‘ stammt aus dem Science-Fiction-Roman ‚Stranger in a Strange Land‘ und bedeutet ‚vollständiges Verstehen‘. Elon Musk selbst bezeichnet Grok als einen ‚maximal wahrheitssuchenden‘ Chatbot, der absichtlich nicht politisch korrekt antwortet. ↑