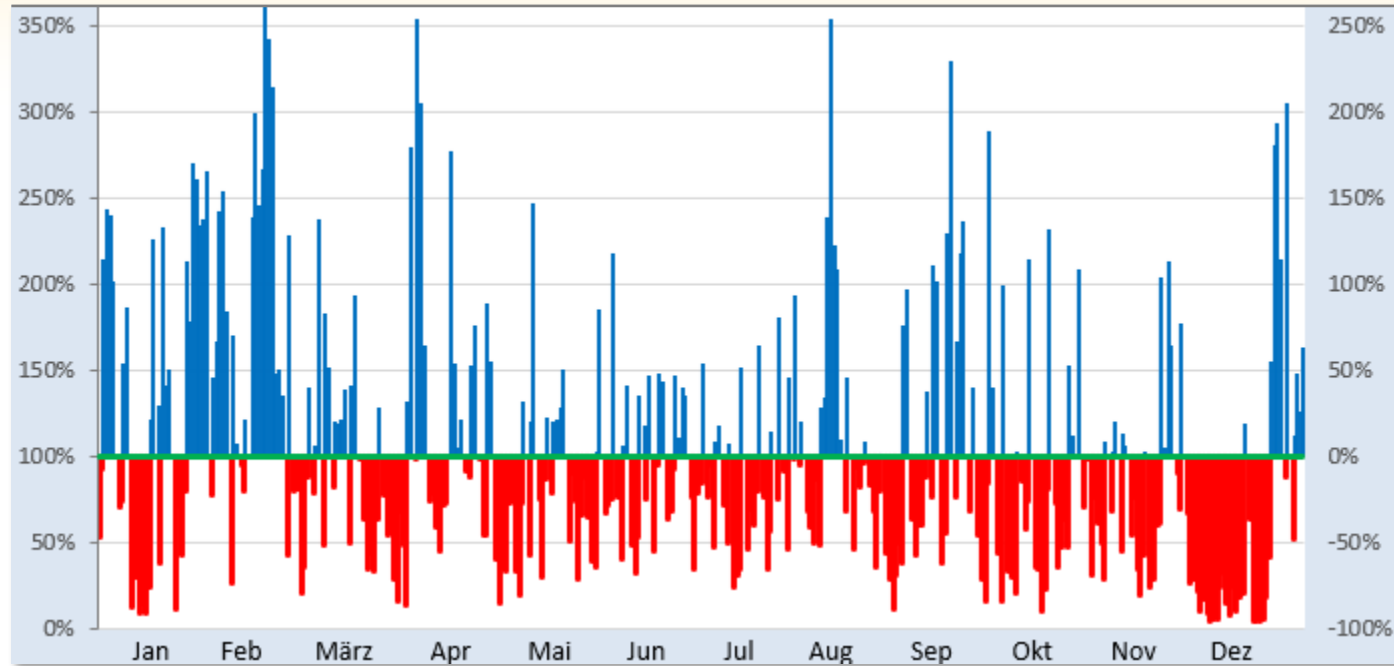


Stromproduktion mit Wind



**Prinzip, Nutzen und Grenzen –
sowie das Problem mit der Versorgungssicherheit
und dem Speicherbedarf**

Dr. rer. nat. Hieronymus Fischer



Übersicht

- Ist die sichere Energieversorgung mit Windstrom ein realistisches Ziel?
- Was eigentlich ist technische Versorgungssicherheit?
- Welcher Grad an Versorgungssicherheit ist erreichbar?
- Welche Speichergröße wird zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit tatsächlich benötigt?
- Beispiele aus der Region

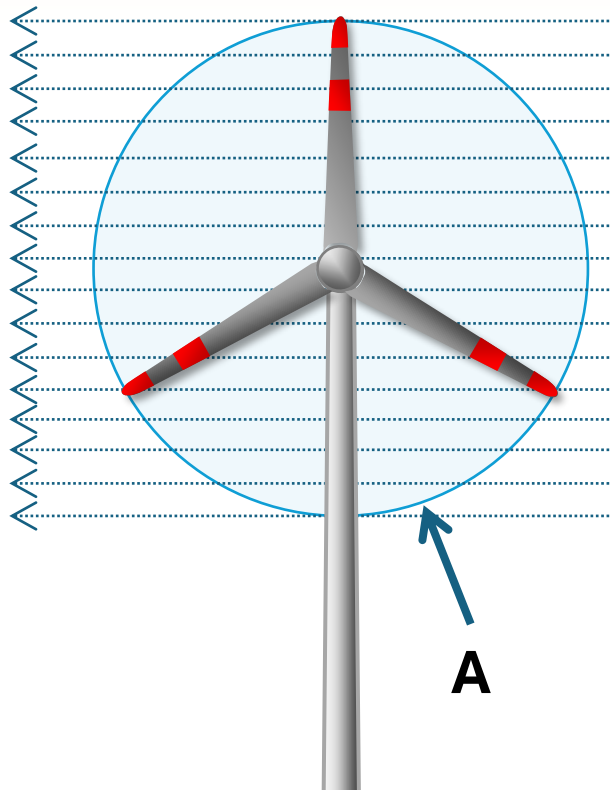


Grundsätzliches zur Windkraft

- Das Prinzip
- Physikalische Grenzen
- Technische Randbedingungen
- Sensitivität



Windrad - Leistungsabgabe

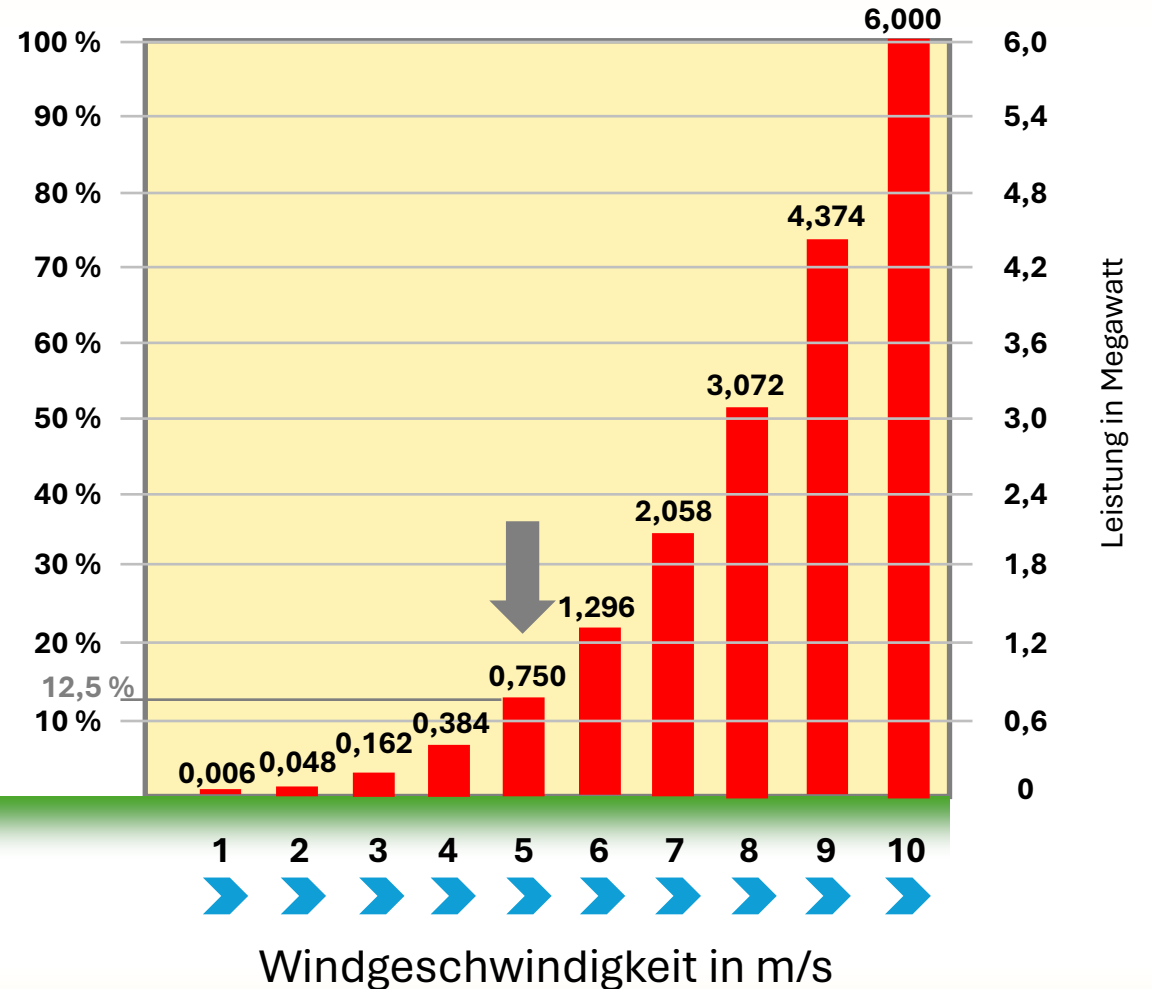


- Bewegte Luft („Wind“) ist kinetische Energie
- Die phys. Leistung der durch die Rotorfläche A mit der Geschwindigkeit v strömenden Luft ist proportional zu $A \cdot v^3$

$v = 5$ m/s

$P = 0,750$ MW

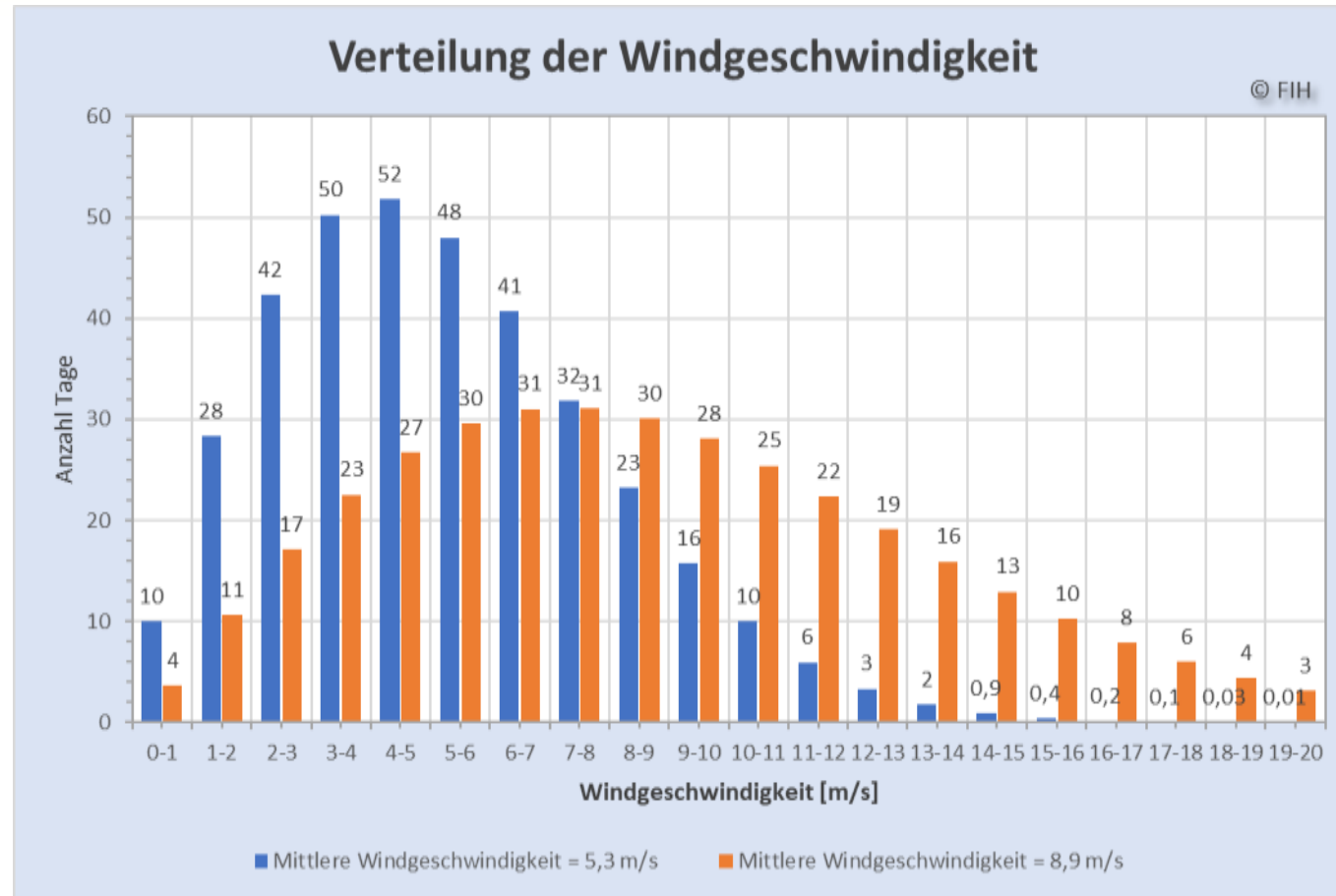
In der Praxis liegt der **Erntefaktor** zwischen 20 % und maximal 50 %, je nach Betriebszustand des Windrads



Verteilung der Windgeschwindigkeit

Typisches
Schwachwind-
gebiet im Süden

Typisches
Windgebiet im
Norden



Die realen Wind-
geschwindigkeiten
in Deutschland
folgen der Weibull-
Verteilung



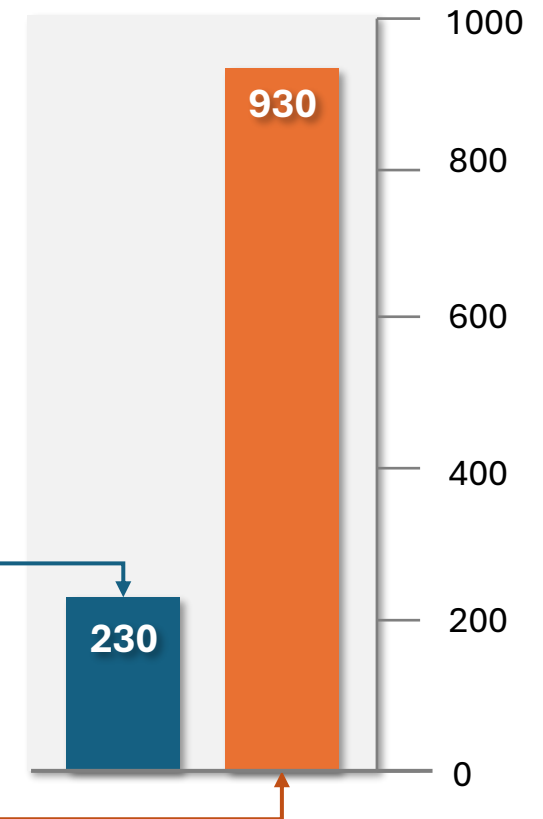
Konsequenzen für die Windkraftleistung

- Niedrige Windgeschwindigkeit
→ sehr niedrige Leistungsabgabe
- Hohe Volatilität in der Stromproduktion
- Windgeschwindigkeit Bayern / Gauting (Buchendorf)
- Windgeschwindigkeit Schleswig-Holstein / Büsum

$v_{\text{Mittel}} = 5,7 \text{ m/s in } 160 \text{ m Höhe} \rightarrow 230 \text{ W/m}^2$

$v_{\text{Mittel}} = 9,9 \text{ m/s in } 150 \text{ m Höhe} \rightarrow 930 \text{ W/m}^2$

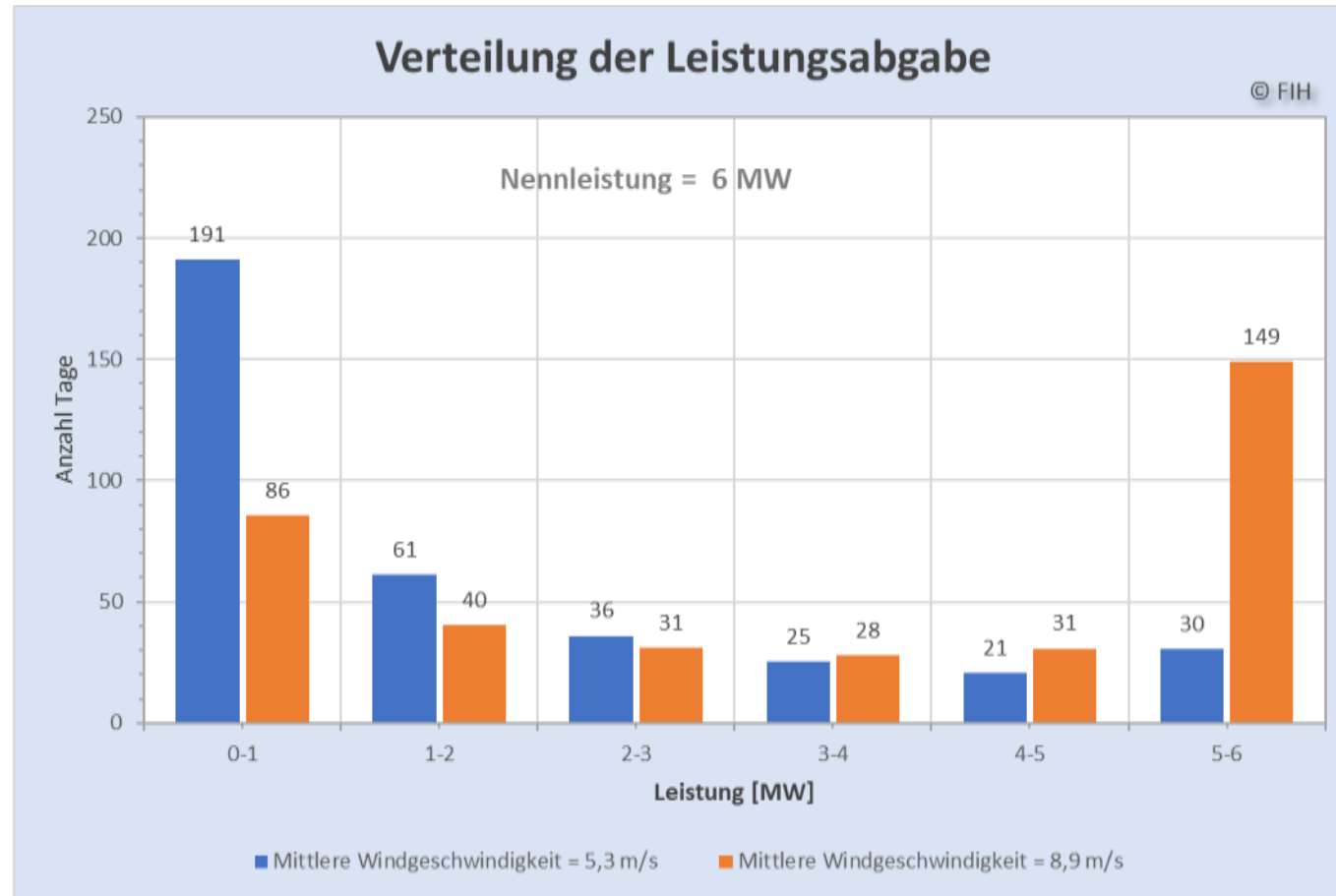
Wind-Leistung in Watt/m²



Verteilung der Leistungsabgabe

Typisches
Schwachwind-
gebiet im Süden

Typisches
Windgebiet im
Norden



Effektive mittlere
Leistung

1 – 1,5 MW

Effektive mittlere
Leistung

3 - 4 MW

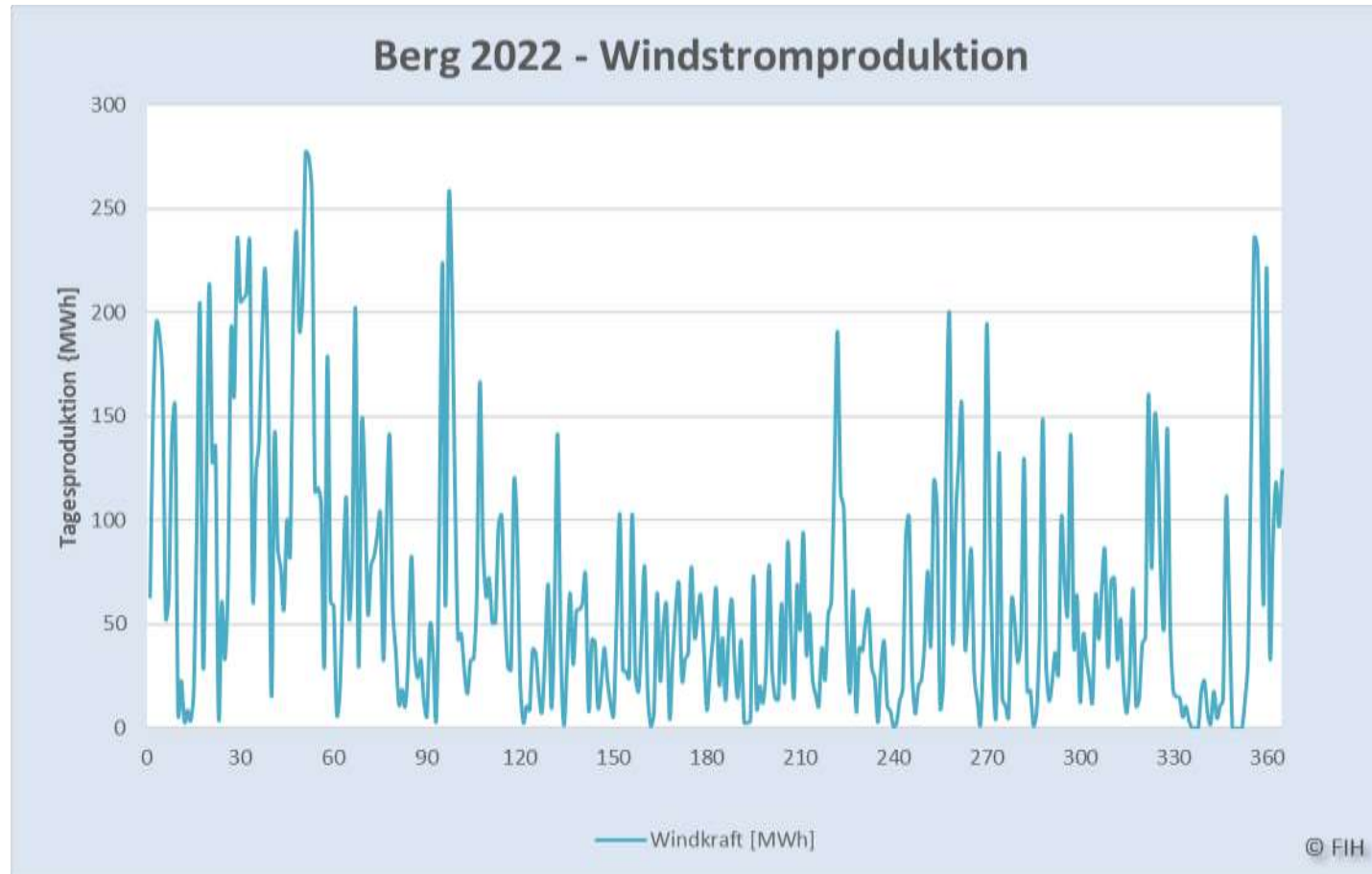


Reales Beispiel

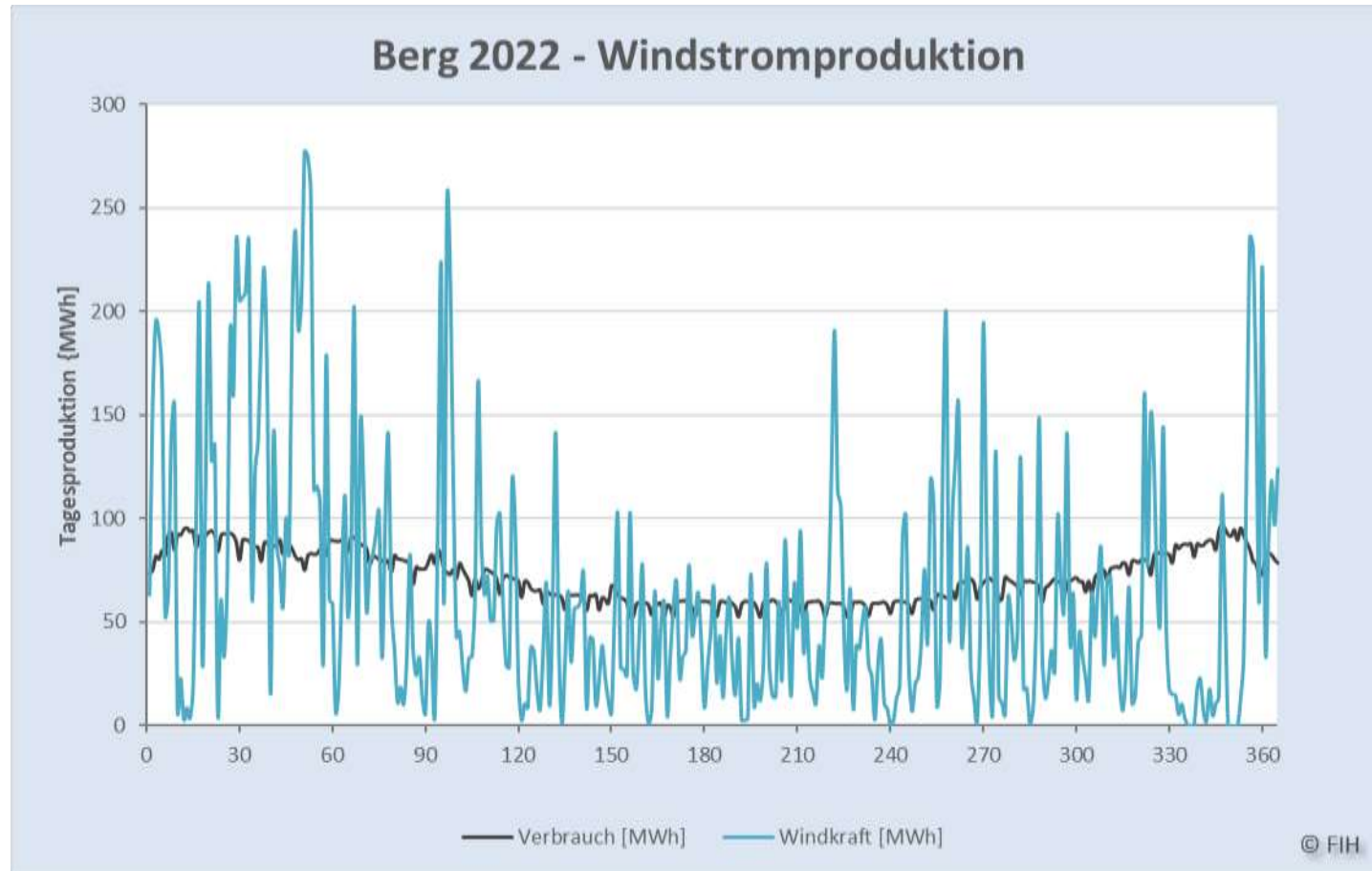
- Windstromproduktion in Berg am Starnberger See
- Windpark mit 4 Windrädern der Leistungsklasse 3 MW
- Jahresproduktion etwa in Höhe des gesamten Stromverbrauchs in Berg
- Formal ist das die sogenannte **Autarkie**, also die – **scheinbare** – Unabhängigkeit von externer Versorgung
- Aber bedeutet das auch **Versorgungssicherheit?**



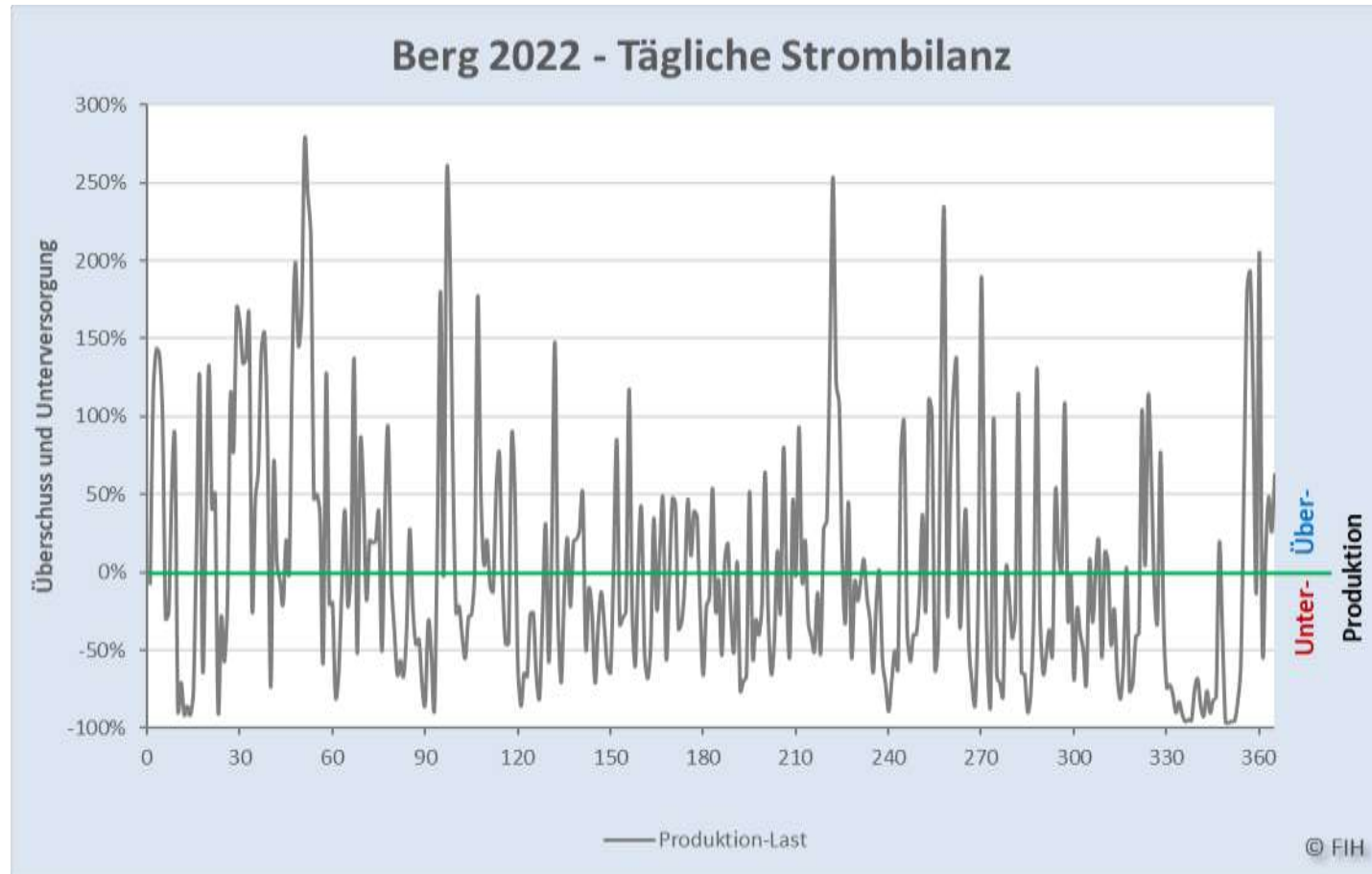
Windstromproduktion



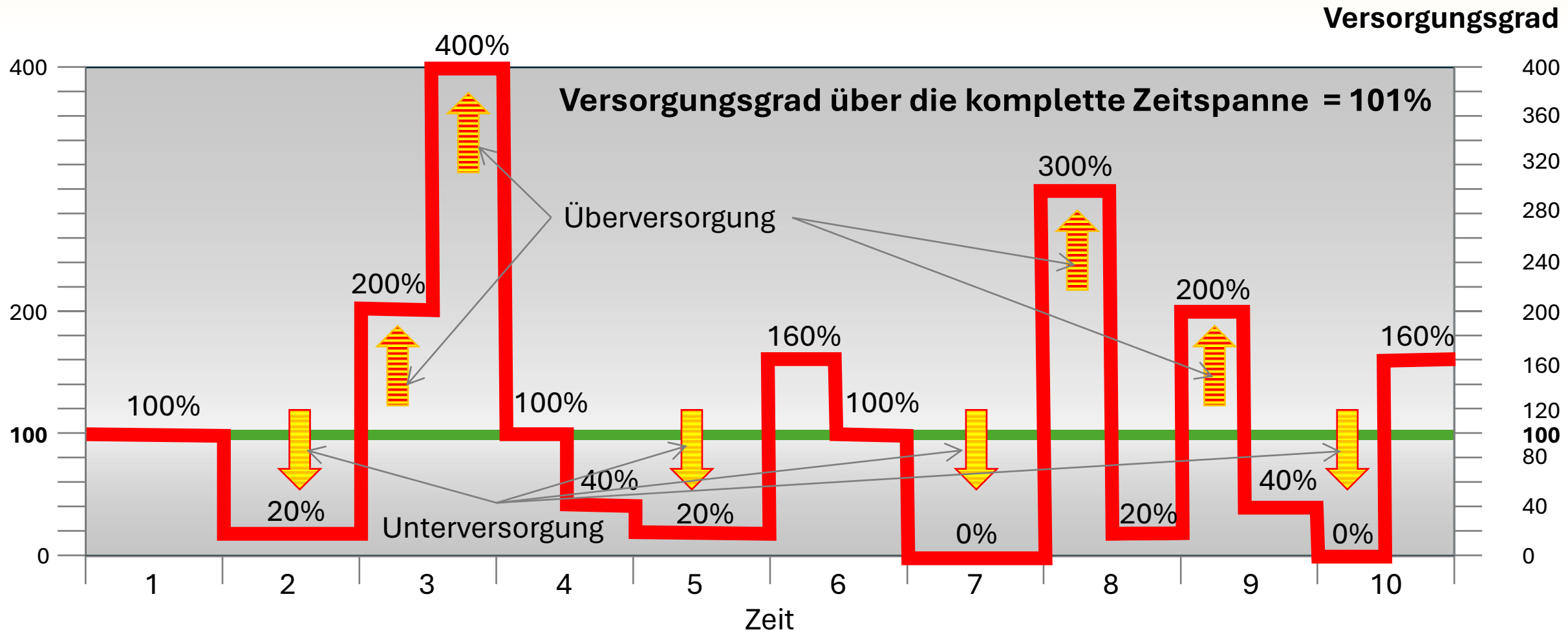
Windstromproduktion und Last



Tägliche Strombilanz und Versorgungssicherheit



Was bedeutet Versorgungssicherheit?



Metapher zur Versorgungssicherheit

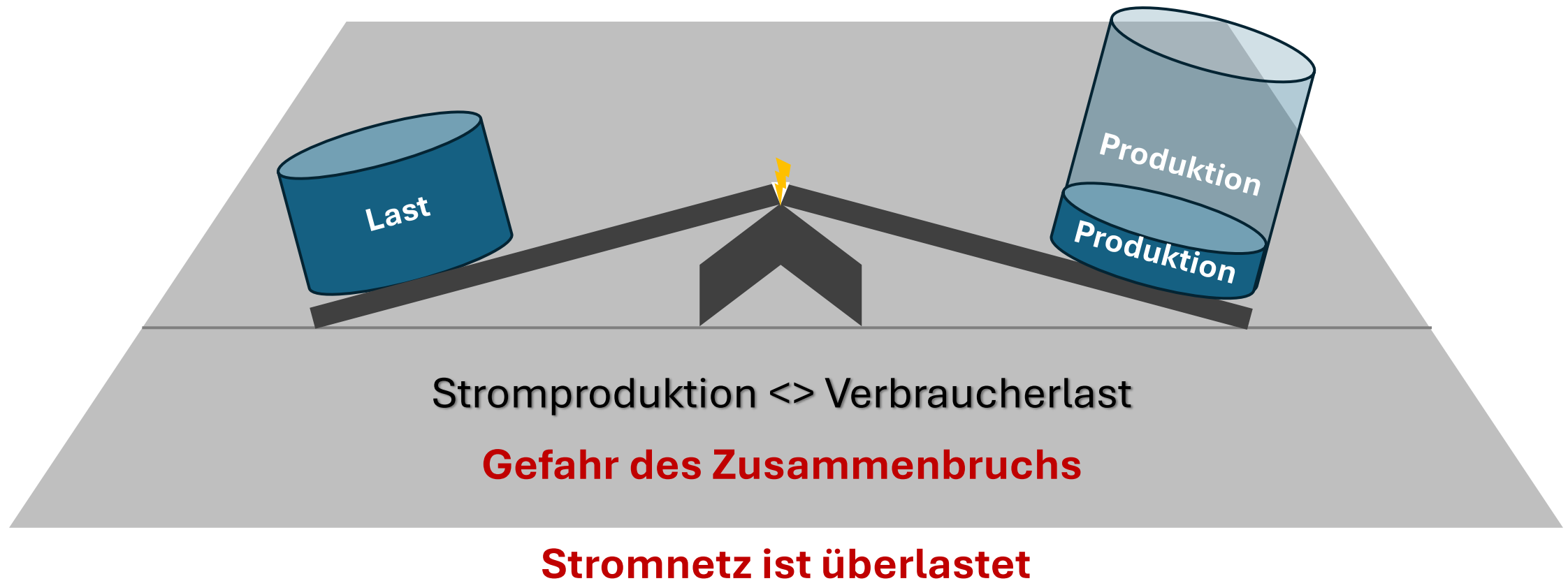
- Stellen Sie sich vor, Sie sind auf einem Tauchgang und benötigen eine Sauerstoffversorgung. Dann muss natürlich das Gerät so eingestellt werden, dass Sie jederzeit mit ihrem persönlichen Bedarf von z.B. 5 ml O₂ pro Minute versorgt werden.
- Wird die Sauerstoffversorgung erhöht (Versorgungsgrad > 100%), dann droht eine Sauerstoffvergiftung)
- Bei zu geringer Sauerstoffversorgung (Versorgungsgrad < 100%), sterben schnell Gehirnzellen ab und es drohen massive Schädigungen bis hin zum Tod
- Das Gleichgewicht zwischen O₂-Abgabe der Sauerstoffflasche und ihrem Bedarf muss jederzeit bestehen, der Versorgungsgrad mit Sauerstoff muss also immer bei ungefähr 100% liegen.
- Es nützt nichts, wenn Sie in der ersten halben Stunde des Tauchgangs nichts bekommen (Versorgungsgrad = 0) und dafür im Ausgleich in der zweiten halben Stunde die doppelte Dosis (Versorgungsgrad = 200%).
- Über die ganze Stunde gerechnet würden Sie in Summe mit genügend Sauerstoff versorgt worden sein, es hilft Ihnen aber nichts. Sie sind bereits nach einer halben Stunde tot
- **Ähnlich verhält es sich mit dem Stromnetz:** Bilanzielle Autarkie, also ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Stromproduktion und Stromverbrauch über einen längeren Zeitraum, z.B. über ein Jahr, ist technisch völlig irrelevant.
- Es ist aber genau diese, letztlich nur auf dem Papier stehende vermeintliche **Autarkie**, die von vielen als „**Unabhängigkeit**“ und „**Versorgungssicherheit**“ missverstanden wird.
- Lassen Sie sich kein X für ein U vormachen!



Das Stromnetz funktioniert nur unter Gleichgewichtsbedingungen



Extreme Über- oder Unterversorgung



Analyse zur Versorgungssicherheit im Windpark Berg

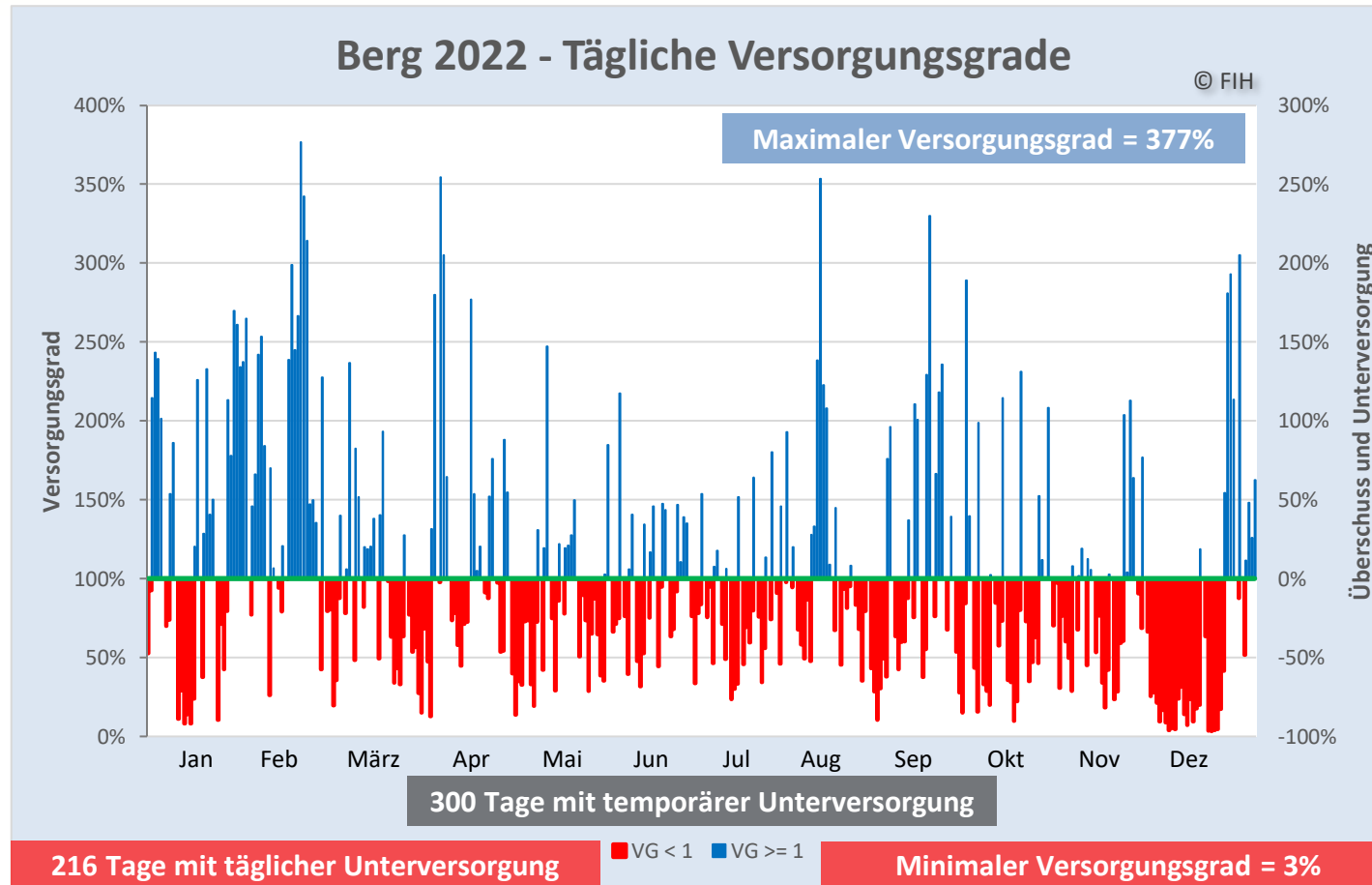
- Tägliche Versorgungsgrade im Jahresverlauf
- Resümee für die Versorgungssicherheit und die angestrebte Autarkie



Tägliche Strombilanz und Versorgungsgrade – Ist-Analyse

Theoretische
bilanzielle
Versorgung über
das komplette
Jahr

104 %

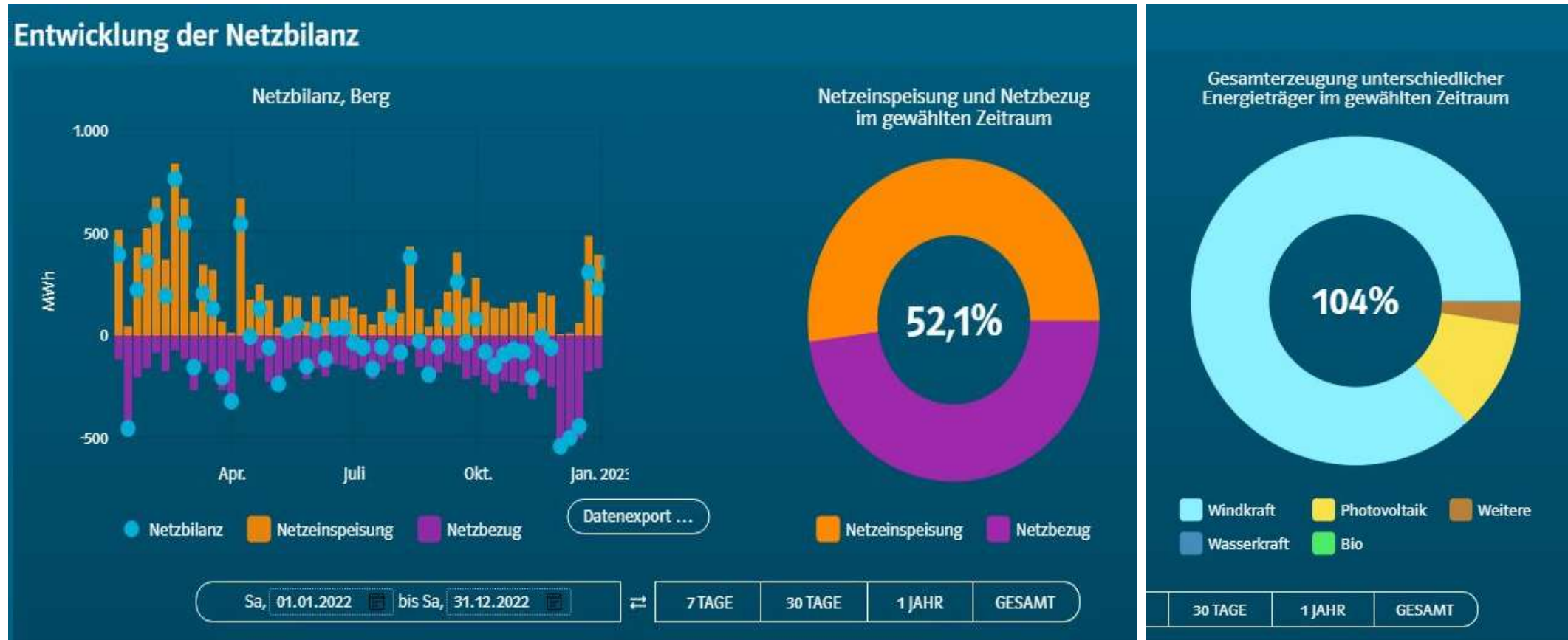


Die Grunddaten für die Analyse wurden dem **Energiemonitor Berg** am Starnberger See entnommen.

Mittlerweile können die Informationen allerdings nicht mehr abgerufen werden.



Mehr Windstrom löst das Problem nicht



Resümee zur Versorgungssicherheit

- Wir haben gesehen, dass ein temporäres Überangebot an Windstrom das Problem der Versorgungssicherheit nicht löst
- In der überwiegenden Zeit des Jahres besteht stundenweise (über 9 Monate) oder sogar in der Tagesbilanz (über 7 Monate) Unterversorgung
- Auch das Aufstellen zusätzlicher Windräder ändert daran in der Substanz nichts: **Die Stromproduktion ist und bleibt hochvolatil**
- Phasen der Überproduktion wechseln immer wieder mit Zeiten der Unterversorgung



Sind Speicher die Lösung?

- Man könnte die zeitweise bestehende Strom-Überproduktion speichern und sie dann in Zeiten der Unterversorgung verfügbar machen.

- **Frage:**

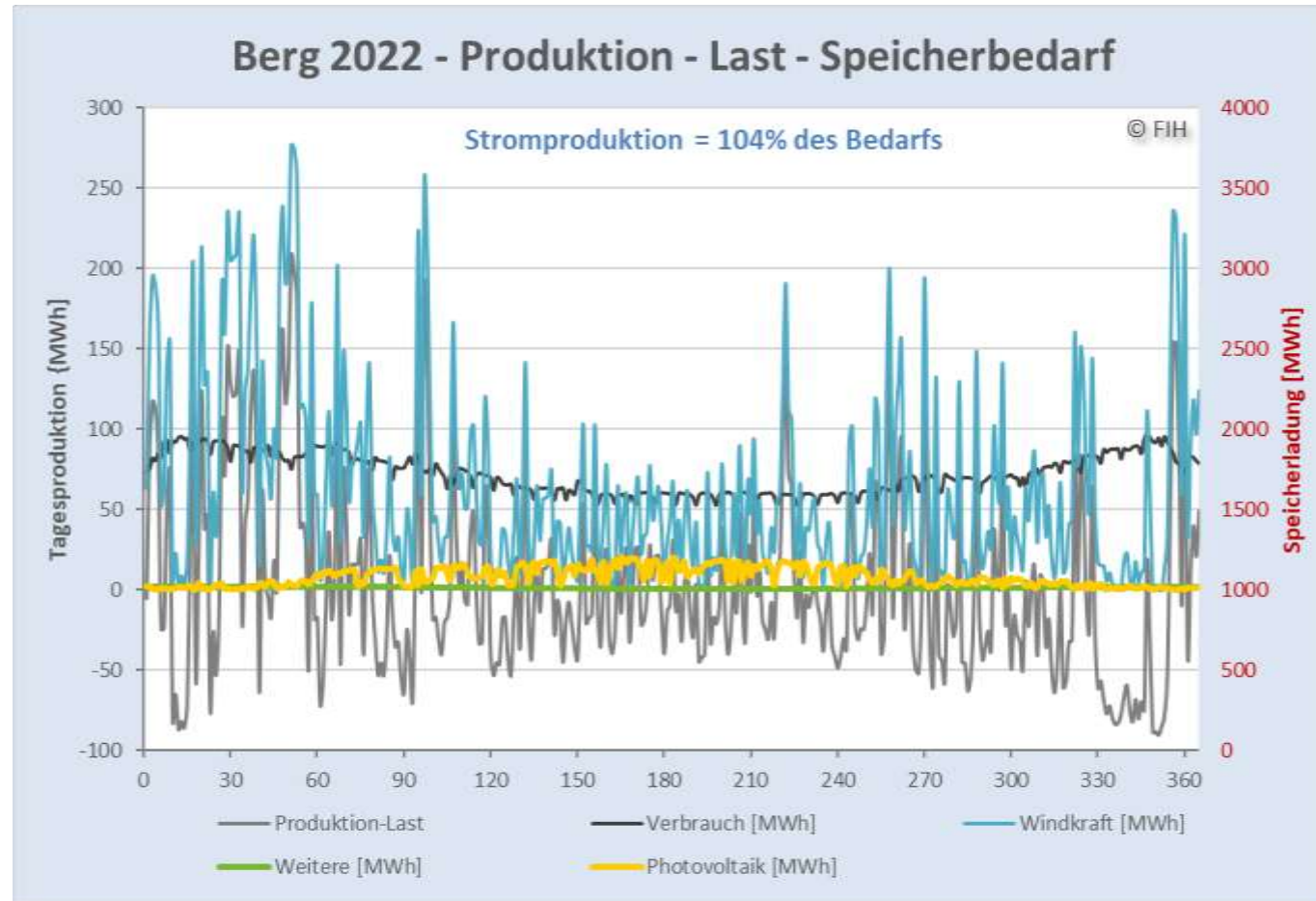
Wie groß müsste denn im Falle des Windparks Berg der Speicher sein, um jederzeit die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können?



Gesamtproduktion im Windpark Berg

Produktion in
2022:

> 100 % des
Bedarfs



Windstrom
Photovoltaik
Biomasse



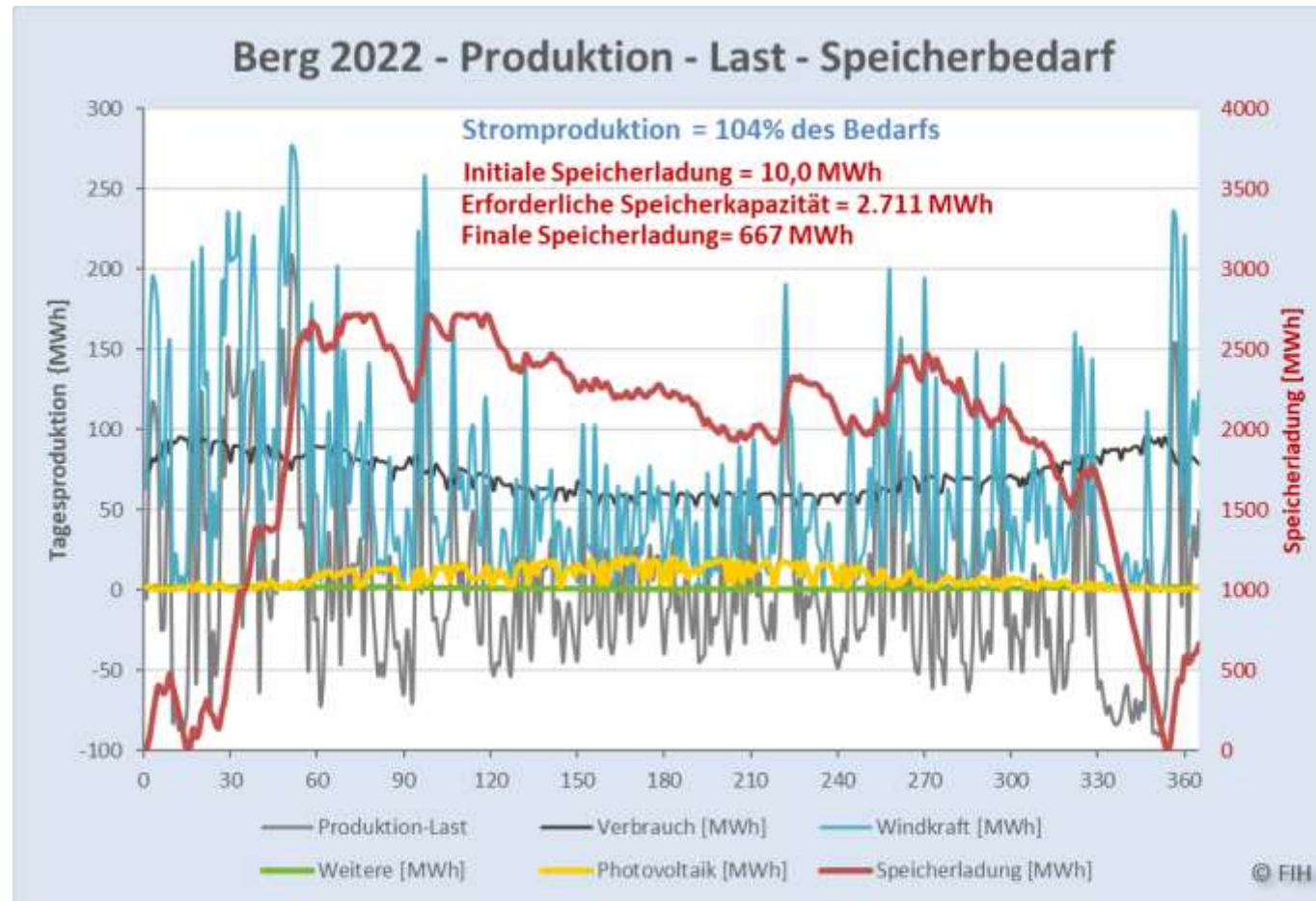
Speicheranalyse für den Windpark Berg

Speicherbedarf in
2022:

2.711 MWh

Zu heutigen
Speicherpreisen
sind das **2,7 Mrd. €**

Die Speichergröße
entspricht der
verfügbaren
Kapazität von ca.
90.000 E-Autos mit
30 kWh-Batterie



Übrigens:

2025 soll in
Niedersachsen
Europas größter
Batteriespeicher in
Betrieb gehen.

Er ist auf eine
Kapazität von

275 MWh

ausgelegt.



Resümee zum Windpark Berg

- Versorgungssicherheit und Autarkie sind nicht ansatzweise gegeben. Trotz einer Stromproduktion mit Wind, Sonne und Biomasse von über 100 % des Jahresbedarfs besteht an über 200 Tagen eine **signifikante Unterversorgung**
- Der Speicherbedarf beträgt **2.700 MWh**. Die Kosten dafür summieren sich nach heutigen Speicherpreisen auf bis zu **2,7 Mrd. €**
- Der **faire Strompreis** für den Windstrom aus Berg liegt unter Einbeziehung der Speicherkosten bei bis zu **mehreren Euro pro Kilowattstunde**



Zusammenfassung

- Mehr Windräder lösen das Grundproblem der hohen Volatilität der Windstromproduktion nicht. Im Gegenteil, sie verschärfen eher das Problem und destabilisieren das Stromnetz
- **Versorgungssicherheit mit Windstrom** und Unabhängigkeit von externen Stromlieferungen sind – *ohne große und extrem teure Speicher oder Backup-Kraftwerken* - **reine Utopie**
- **Die Gesetze von Physik und Mathematik lassen sich nicht aushebeln**



Vielen Dank

- Windkraft ist eine grundsätzlich sinnvolle Ergänzung für die Stromproduktion, vorausgesetzt, die Windräder stehen dort, wo der Wind verlässlich und in nennenswerter Stärke weht
- *Ohne große Speicher oder Backup-Kraftwerke – und das macht den Strom teuer, ja unbezahlbar – ist Windkraft nicht geeignet als Rückgrat für die Stromversorgung eines Industrielandes*
- Die Frage ist nicht: **Aber was ist die Alternative?**
Sondern: **Wie macht man es richtig?**
- ***Wunschdenken ist kein Ersatz für funktionierende Lösungen***

