

Anforderung an den Betrieb von Energiespeichern bei 8500 Vollaststunden

Dr. Stefan Haslinger
16.10.2025



Disruption

*Disruptive Technologien sind **Innovationen**, die die **Erfolgsserie** einer bereits bestehenden Technologie, **eines bestehenden Produkts** oder einer bestehenden Dienstleistung **ersetzen oder diese vollständig vom Markt verdrängen** und die Investitionen der bisher beherrschenden Marktteilnehmer obsolet machen. **

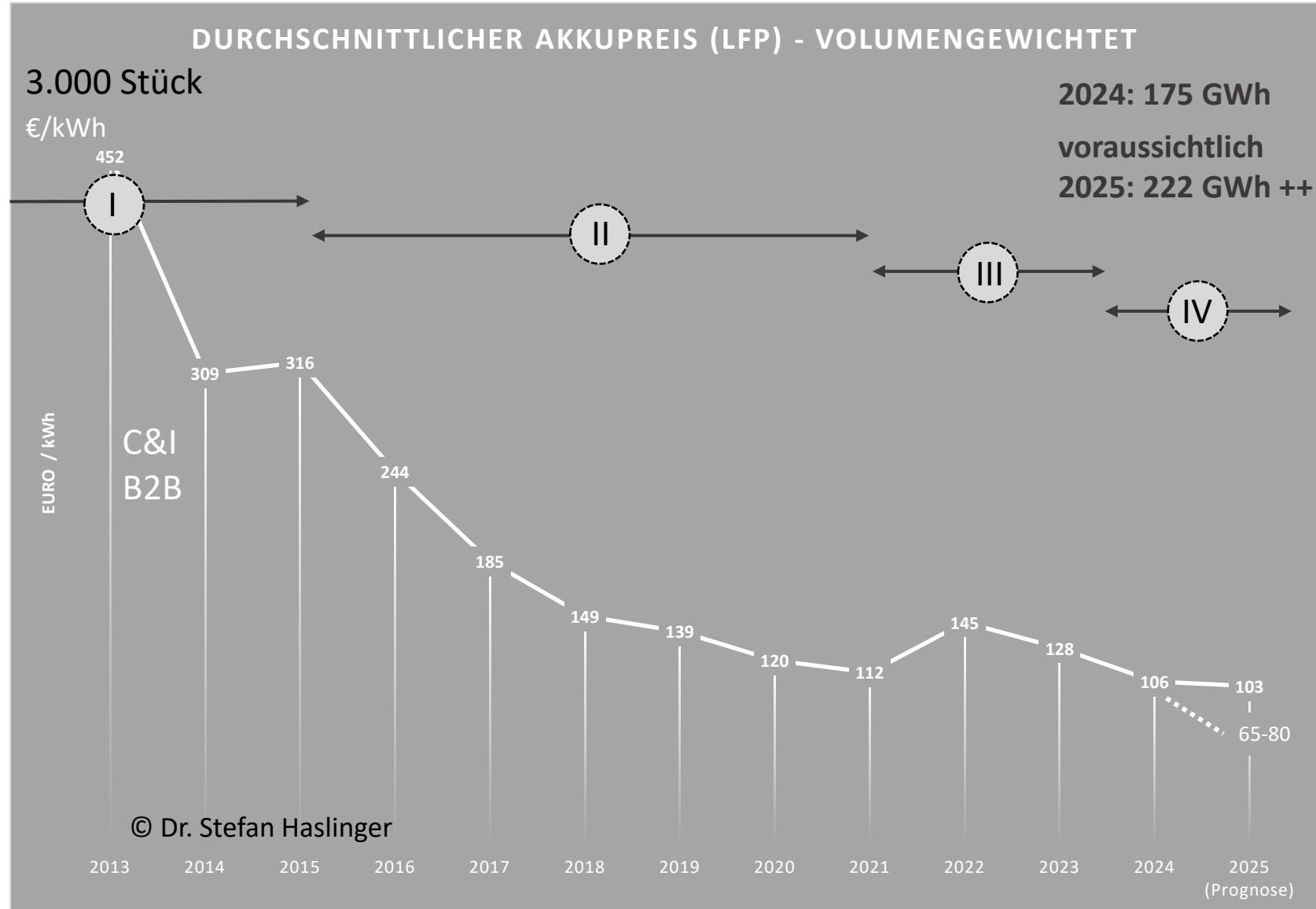
* Danneels, Erwin (2004) *Disruptive Technology Reconsidered. A Critique and Research Agenda*. In: *Journal of Product Innovation Management* 21 (4), S. 246–258

Berufliche Tätigkeit

- 2005: Projektingenieur, Automatische Parkbremse
- 2006: Entwicklungsingenieur, Diesel-Einspritzsysteme
- 2007: Wissenschaftlicher Mitarbeiter Atominstitut / TU Wien
- 2011: Entwicklung, Projekt- und Produktmanager Energiespeicher (Scale-up / MDAX-Unternehmen DE)
- 2014: Leiter Standardisierung & Normung, Power Distribution Components Division EMEA (US global company)
- 2017: Leiter Projektierung / Vertrieb, Nieder- und Mittelspannungsanlagen (Österreich)
- 2019: Vertriebsleiter und SalesCoach für Energiespeicher und Ladelösungen (Startup - DACH)
- 2020: Divisionsleiter Vertrieb & Projektierung Energieverteilung (Schubert CleanTech)
- 2024: Geschäftsleitung, Chief Innovation Officer und Vertriebsleiter EVU & Netze (Schubert CleanTech)
- **Projektierung von Lösungen für Erneuerbare Erzeugung / Speicherung / Verteilung / Netzinfrastruktur und dezentrale, resiliente Energiesysteme (Nieder- und Mittelspannung)**

Seit 2014 in OVE, IEC, CENELEC, CIRED, CECAPI rund um elektrotechnische Sicherheit als Experte und Chairman

Preis-Entwicklung C&I Akkupacks 2013-2015)



Phasen:

- I...Einführung LFP-Technologie
- II...Konsolidierung gegenüber NMC
- III...Lieferkettenprobleme und Nachfragewachstum
- IV...kommerzielle Marktreife, Wettbewerb und aggressive Kostenreduzierung

Disruption ?

Quelle: BloombergNEF (BNEF)
Wechselkurse USD/EUR
ess-news.com; NREL.gov; ees-europe.com
Solar Energy Industries Association
Energy-storage.news;

Werden Europäische Energiespeicherhersteller im Wettbewerb mit Asiatischen Herstellern bestehen können?

Welchen Preis sind wir bereit zu zahlen?

Was ist notwendig, um Energiespeicher mit bis zu 8500 Vollaststunden Verfügbarkeit zuverlässig zu betreiben?

Fifth Avenue - Ostermorgen

1900



1913



Quelle: Alamy.de, World History Archive

Disruption

*Disruptive Technologien sind **Innovationen**, die die **Erfolgsserie** einer bereits bestehenden Technologie, **eines bestehenden Produkts** oder einer bestehenden Dienstleistung **ersetzen oder diese vollständig vom Markt verdrängen*** ... und die Investitionen der bisher beherrschenden Marktteilnehmer obsolet machen.*

...weil sie die Befriedigung – möglicherweise völlig neu entdeckter Bedürfnisse – besser, billiger, schneller und/oder angenehmer ermöglichen.

* Danneels, Erwin (2004) *Disruptive Technology Reconsidered. A Critique and Research Agenda*. In: *Journal of Product Innovation Management* 21 (4), S. 246–258

Was ist Innovation?



novelties



Innovation

valuable



monetizing

Natrium-Ionen-Akkumulator

- Na kostet weniger als Li
- Leicht verfügbar, praktisch unbegrenzt
- Kostenvorteil bei Rohmaterialien
- Günstigere Fertigung als bei Li-Ionen-Technik
- Manche Bauformen kommen vollständig ohne Kupfer, Cobalt, Nickel aus.
- Per 2023 sind Na-Ionen Akkus um 40% günstiger jedoch mit knapp 50% geringerer Energiedichte
- Mehr als 10.000 Ladezyklen möglich
- Extrem hohe C-Raten möglich (8x)



Alibaba.com

Quellen:

V. Palomares et al: *Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems.*

In: *Energy and Environmental Science*. Band 5, Februar 2012, S. 5884–5901, doi:[10.1039/c2ee02781i](https://doi.org/10.1039/c2ee02781i)

D. Larcher et al: *Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage.*

In: *Nature Chemistry*. Band 7, Nr. 1. Springer Nature, Januar 2015, ISSN 1755-4330, S. 19–29, doi:[10.1038/nchem.2085](https://doi.org/10.1038/nchem.2085) (nature.com).

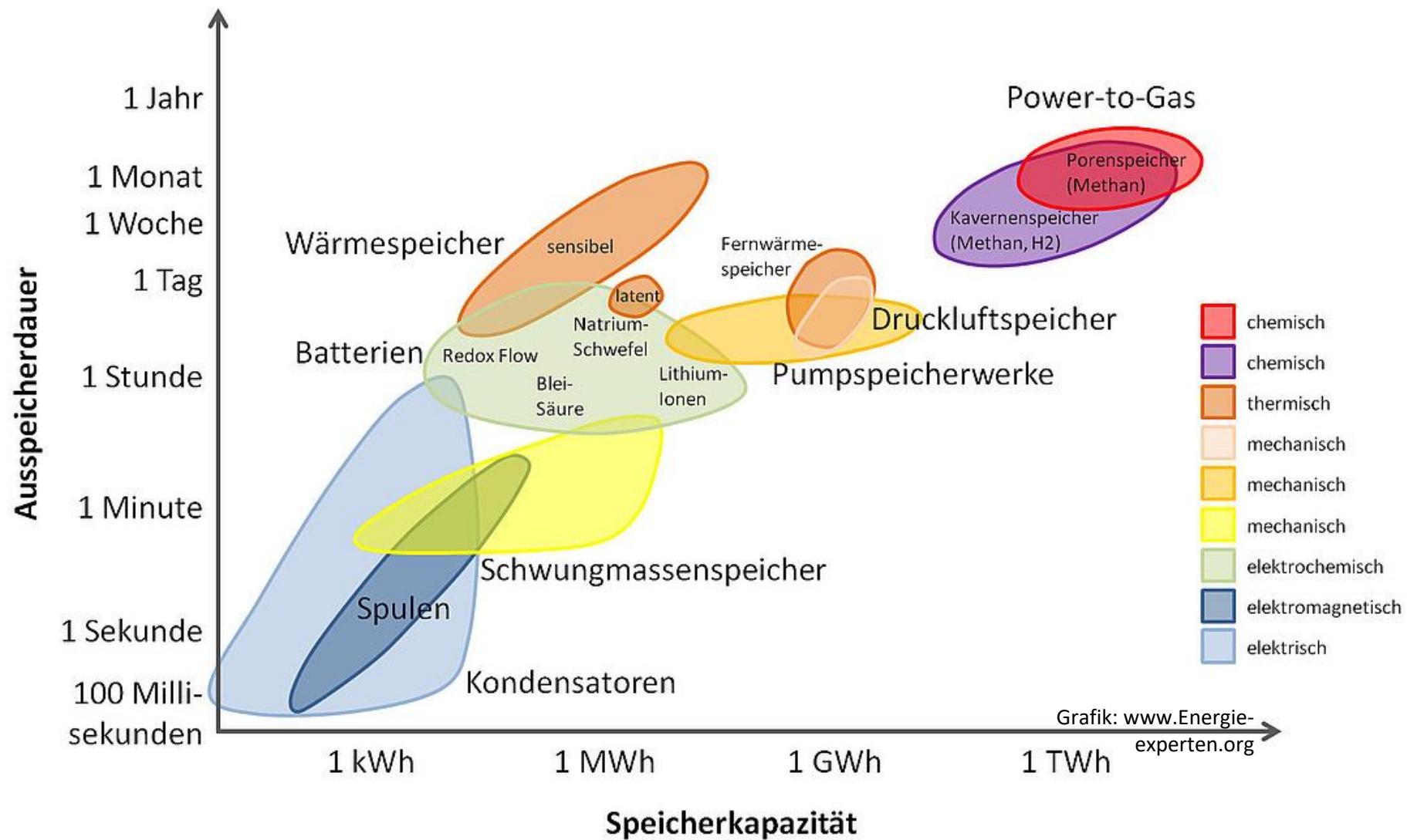
J.F. Peters et al: *Exploring the Economic Potential of Sodium-Ion Batteries.*

In: *Batteries*. Band 5, Nr. 1, 2019, S. 10, doi:[10.3390/batteries5010010](https://doi.org/10.3390/batteries5010010)

China baut Fertigungskapazitäten aus. Natrium-Ionen-Batterie vor dem Durchbruch? In: *elektronik.net*, 8. Juni 2023.

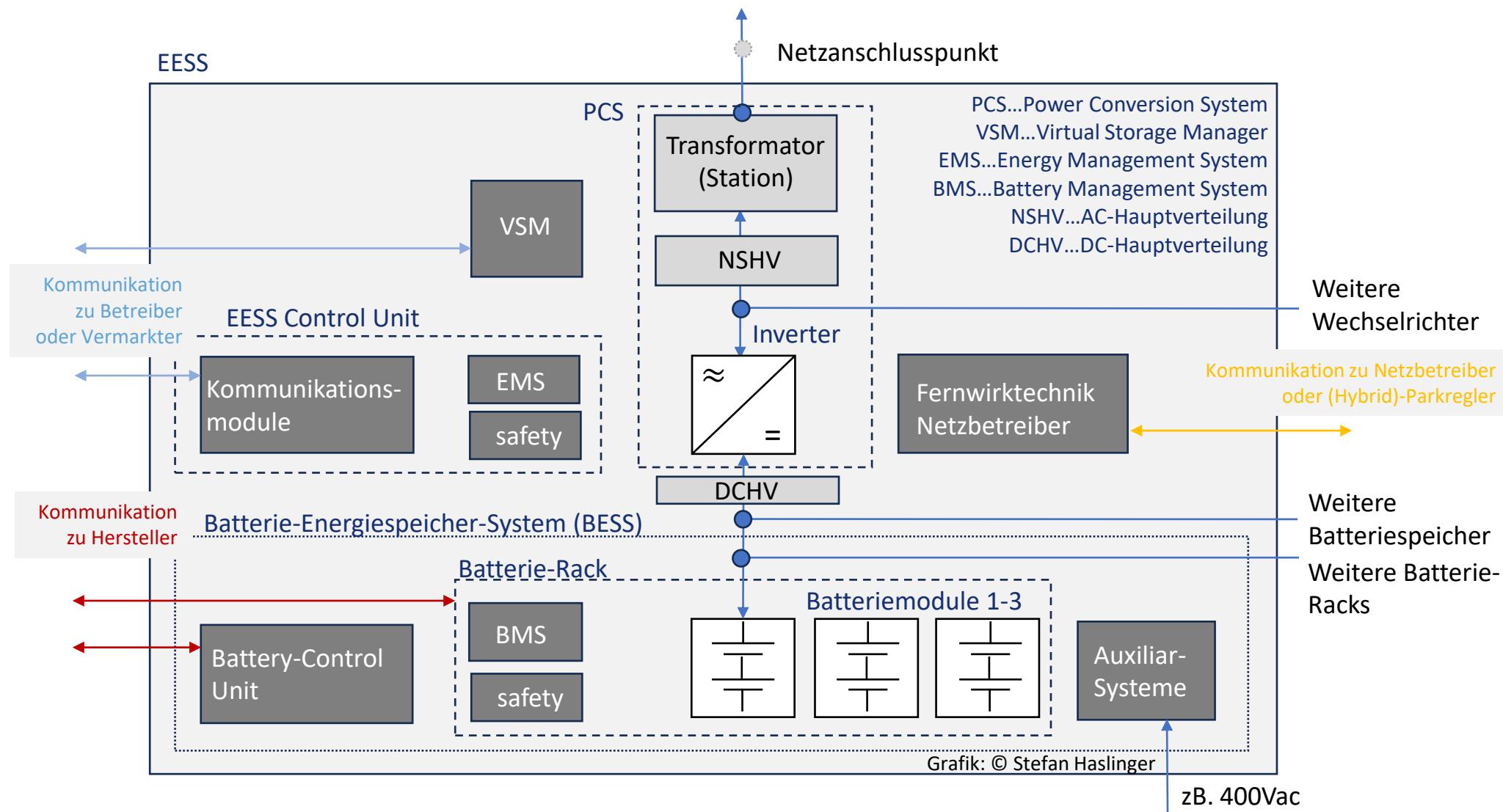
Natrium-Ionen-Akku: Was macht die Technologie so interessant?, EnBW Magazin, 27. Mai 2025, [online](#)

Technologien – eine Übersicht von Vorgestern



Allgemeiner Aufbau von elektrischen Energiespeichern

Electrical Energy Storage System (EESS)



Anlagenkonzepte elektrischer Energiespeicher (EES)



Batterie-Module: **215kWh Energieinhalt**

Zelltyp: LFP 3.2V / 280 Ah

Eigenverbrauchsoptimierung, Lademanagement,
Lastspitzenkappung, ToU (Time of Use), **Energy Trading**,
Regelenergie, Aufbau Inselnetz

Leistungsbereich **110kVA, 100kW**

B x H x T 1040 x 2200 x 1500mm

ca. 2500kg

Quelle: Schubert CleanTech

Anlagenkonzepte elektrischer Energiespeicher (EES)

Batteriemodul

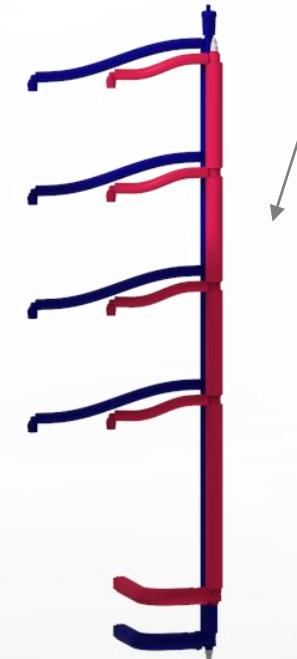


Gehäuse



BMS

Verrohrung für
Kühlung



EMS

Auxiliary System
Kühlung

Inverter
PCS

Anlagenkonzepte elektrischer Energiespeicher (EES) SKID-System

BESS
DC-Batterie-
Energiespeicher

Batterie-Rack

Battery-Control Unit
+ Auxiliar-Systeme

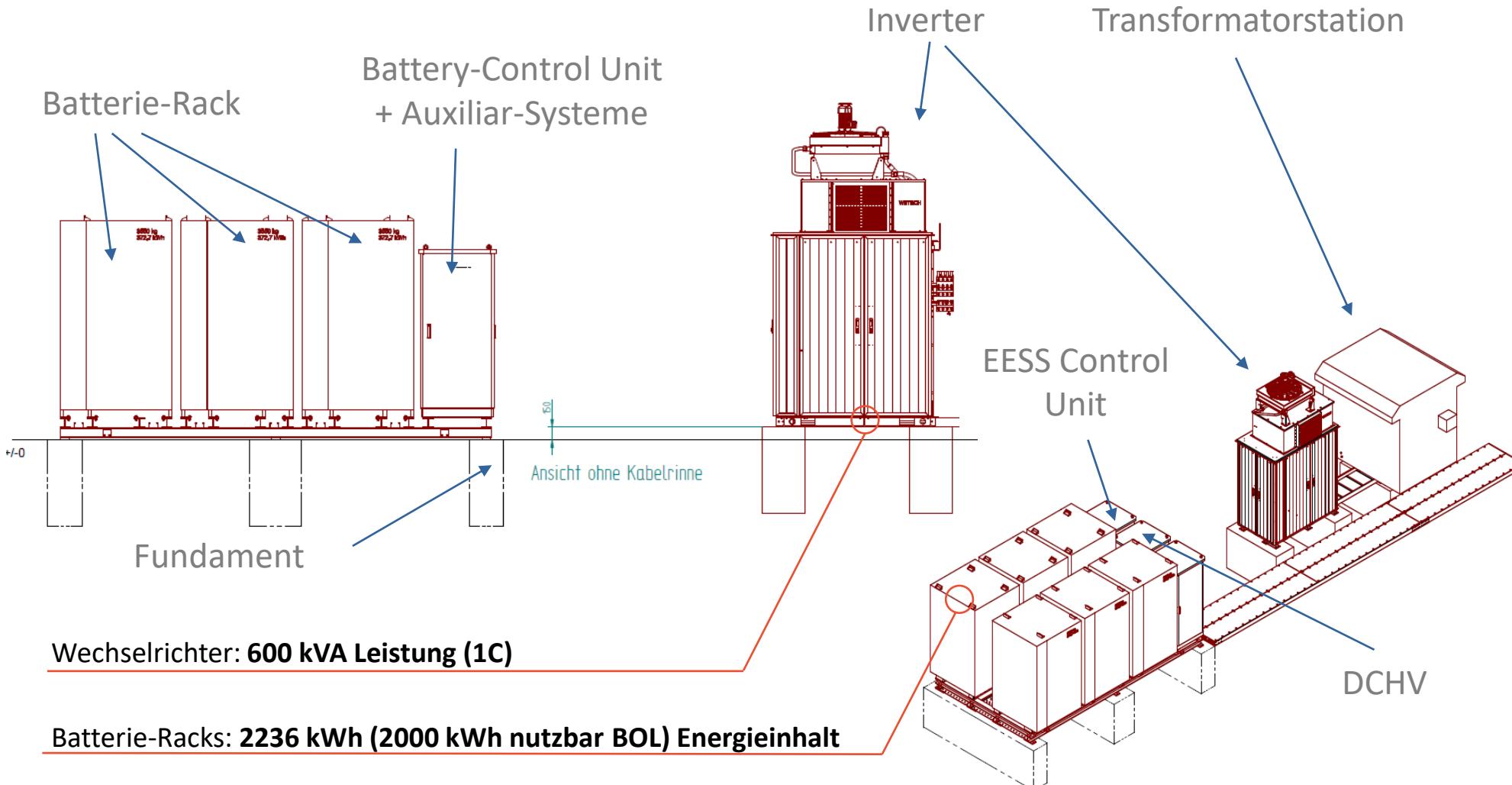
DCHV

Batterie-Rack

EESS Control
Unit



Anlagenkonzepte elektrischer Energiespeicher (EES) SKID-System



Anlagenkonzepte elektrischer Energiespeicher (EES)

Hersteller: (Top 5 Zellhersteller)

- Flüssigkeitsgekühlt
- IP55
- 45 Tonnen
- Systembetriebsspannung – 1497.6 VDC
- 2438 mm / 6058 mm / 2896 mm (20Fuss)



State-of-the-art Container-Größe

2023 = 3 MWh

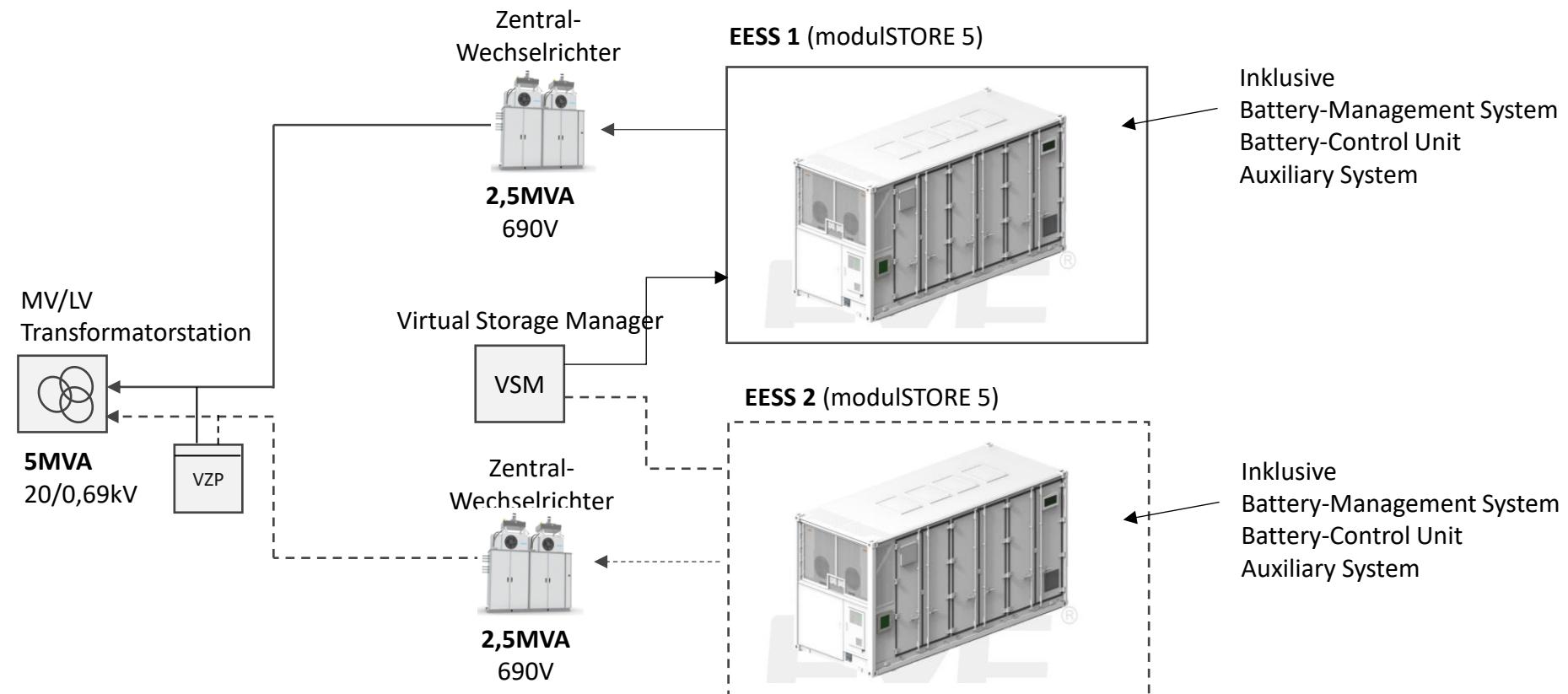
2024 = 3.5-4MWh

2025 = 5 MWh

2026 = 8 MWh

Batteriecontainer FOB China: ab 65-80 €/kWh

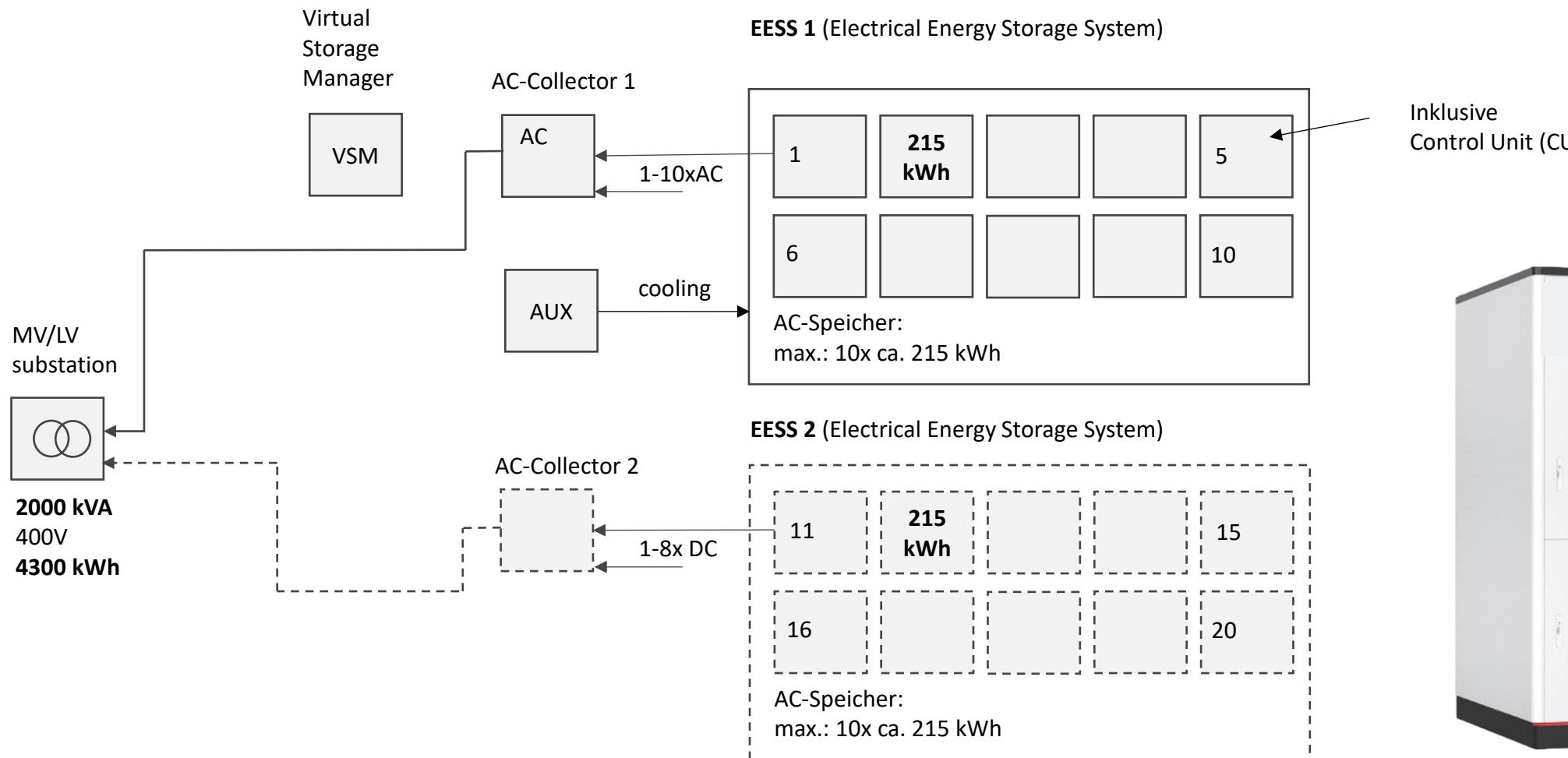
Anlagenkonzepte > 10MWh



Grundlagen für die Anlagenprojektierung

- (1) Wie werden die Energiespeicher / Inverter am Netzanschlusspunkt angeschlossen?
 - **Ab 1000kVA bzw. 1600A Strom in eigener Energiezentrale, ab 2000kVA jedenfalls in eigener Transformatorstation**
- (2) Welche Spannungsebenen AC/DC sind involviert
- (3) Wie groß ist die Leistungsaufnahme für Hilfssysteme?
- (4) Wie groß ist die Anzahl der Wechselrichter
- (5) Wie wird die Netzqualität sichergestellt
- (6) Welche Auflagen gibt es hinsichtlich Lärm
- (7) Welche Abstände zwischen den Anlagenteilen sind notwendig?
- (8) Welche Anforderungen an die Verfügbarkeit gibt es?
- (9) Welche Maßnahmen zur Redundanz werden getroffen?
- (10) Welche Anforderungen an Cyber-Security, Kommunikation und Datensicherheit gibt es?

Systemlayout 1000 kVA / 2150 kWh (redundant gekoppelt)

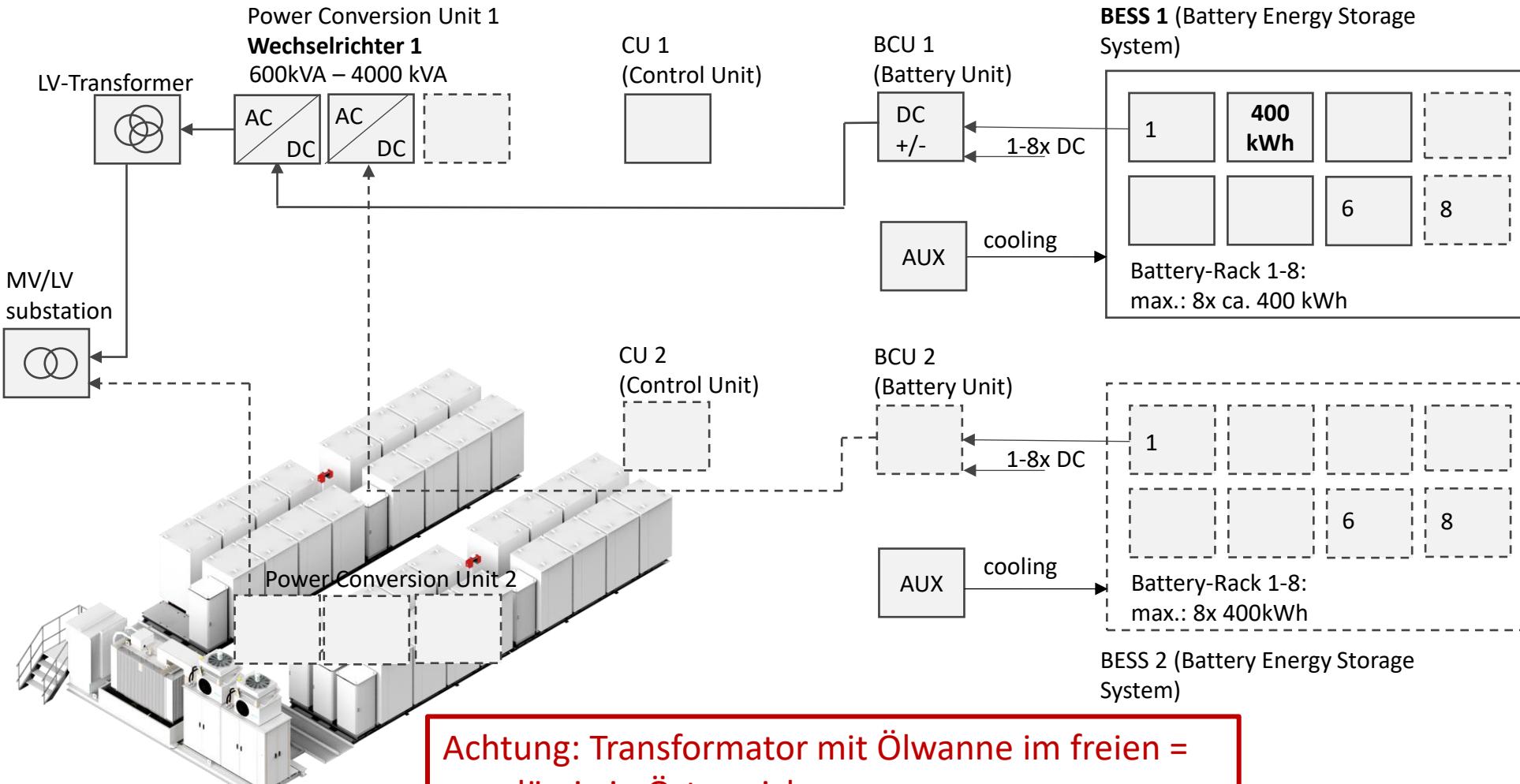


Beispiele: Österreich, Deutschland, Niederlande, Italien



Systemlayout 1200kVA / 3200 kWh

(Zentralwechselrichter)



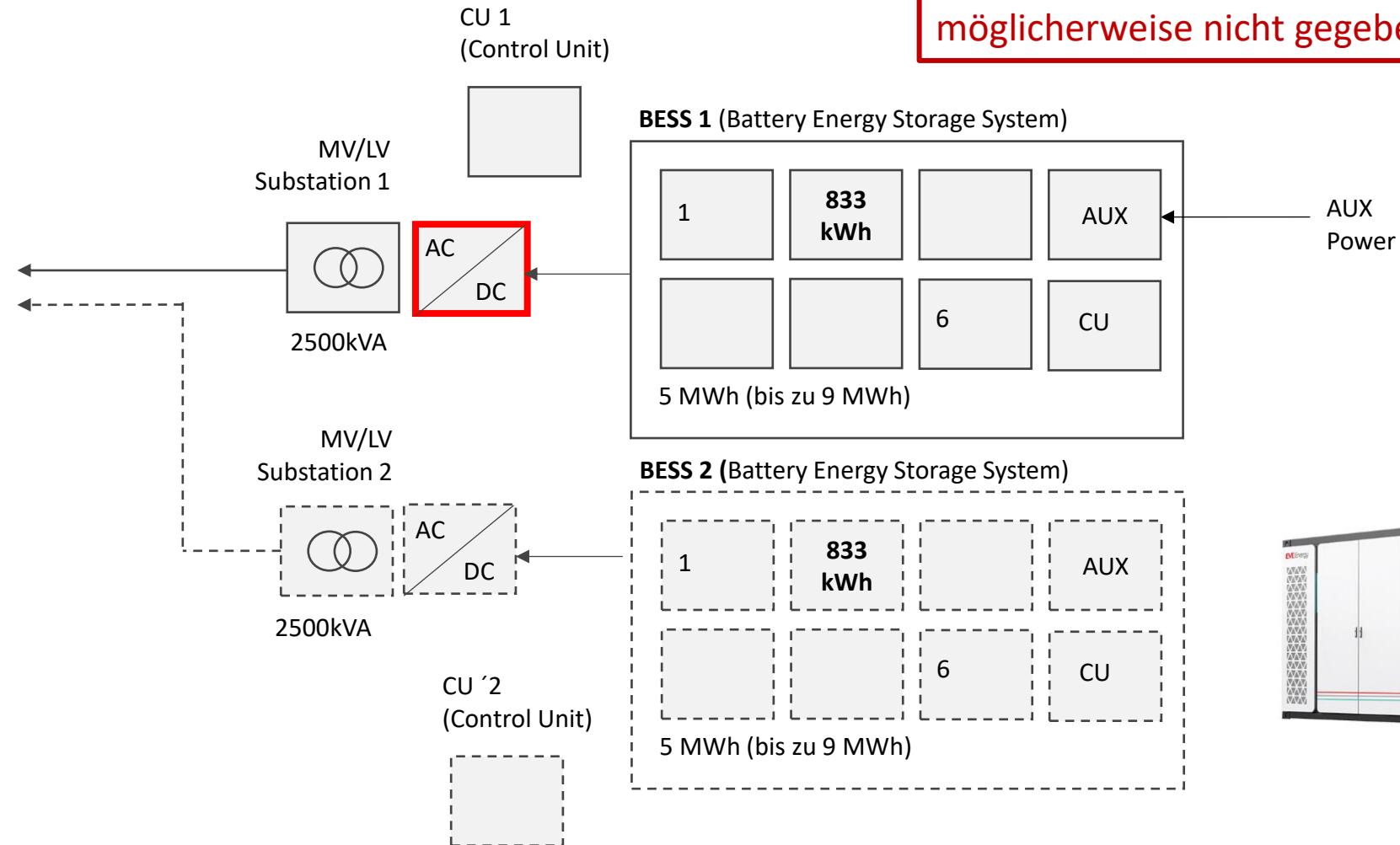
Beispiel: Schlatten / Bromberg



**SCHUBERT**
CLEANTECH

für eine lebenswerte Zukunft!

Systemlayout 2,5 MVA / 5 MWh



Realisierbare Business-Cases für EESS in Österreich (2025)

Übersicht als Basis für die technischen Anforderungen an Speichersysteme

Energieoptimierte Energiespeicheranwendungen

- ✓ aFRR, mFRR (Sekundär- und Tertiärregelleistung)
- ✓ Kapazitätsabrufe aus FCR
- ✓ Intraday und day-ahead Energiehandel
- ✓ Eigenverbrauchsoptimierung (Speichern, um Energie zu einem späteren Zeitpunkt selbst zu verwenden)
- ✓ Einspeiseoptimierung (Speichern, um Energie zu einem späteren Zeitpunkt ins Netz einzuspeisen)

Leistungsoptimierte Energiespeicheranwendungen

- ✓ GenShifting (Verlagern der erzeugten Leistung in die Nachtstunden bei Einspeise-limitierung untags)
- ✓ FCR (Primärregelleistung) – Bereithaltung für positive und negative Regelleistung
- ✓ Lastspitzenkappen (Reduktion und Limitierung der bezogenen Leistungsspitzen)
- ✓ Private Redispatch (Vermeidung von Netzausbau durch limitierte Anschlussleistung)

Technische Herausforderungen bei Hybriden Erzeugerkraftwerken (C&I und Utilities)

- I. Systemintegration** verschiedener Technologien (PV, Energiespeicher, Wasserkraftwerk, Biomasse, ...)
- II. Anforderung** an Batteriespeichersysteme
- III. Intelligente Steuerung** und Energiemanagement
- IV. Netzanschluss, Zählkonzepte, Fernwirktechnik**
- V. Normen und Technische Richtlinien**

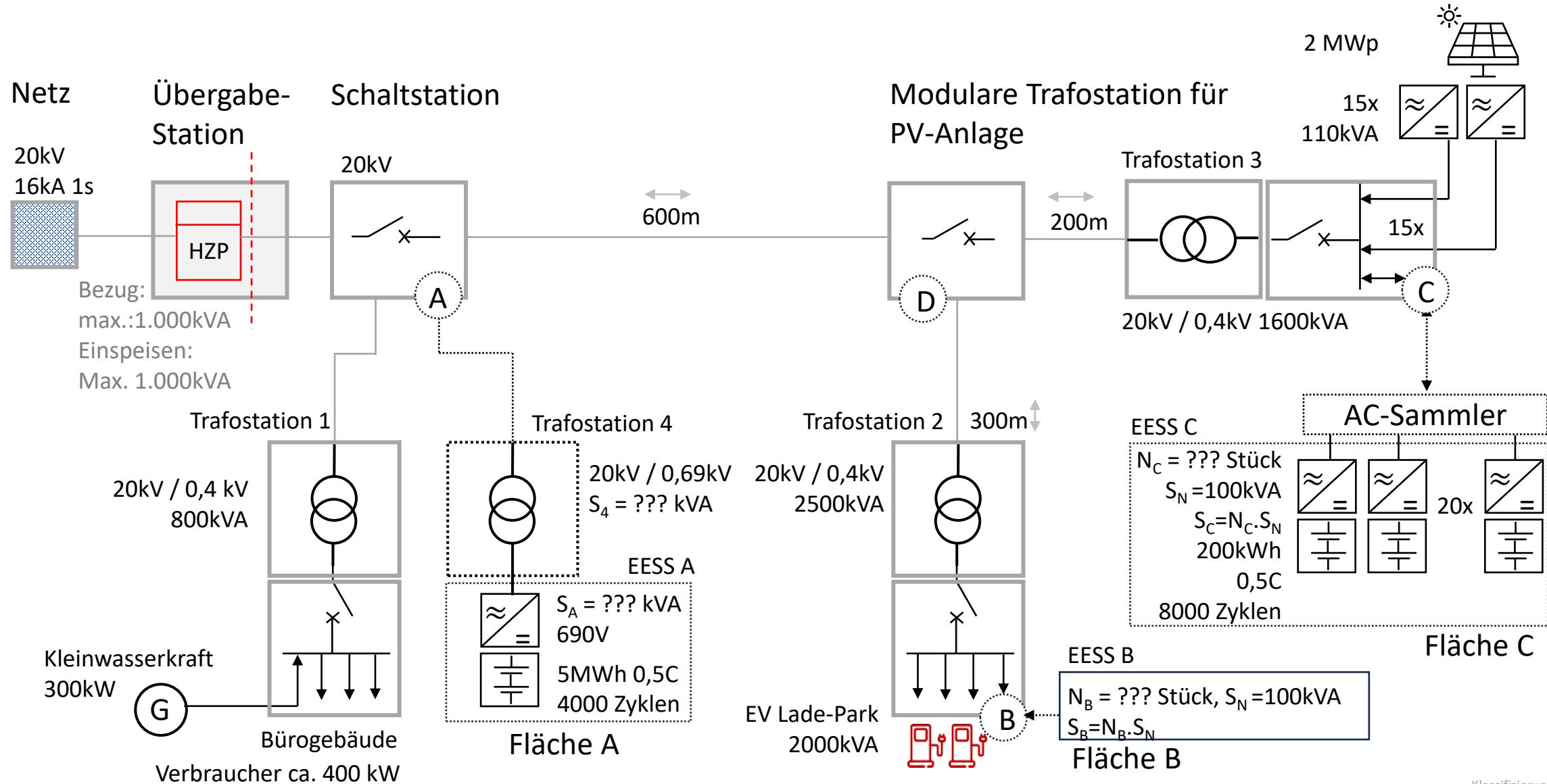
Ein Hybridkraftwerk besteht aus mehreren (dezentralen) Erzeugungsanlagen, die auf unterschiedlichen Primärenergieträgern basieren



Bildquelle: Futurezone.at

Dezentrale resiliente Erzeugungsanlage

Soll der Speicher an (A), (B) oder (C) angeschlossen werden?



I. Systemintegration verschiedener Technologien (Speicher, Wasserkraft, PV...)

- (1) Übersicht hybrider Elemente
- (2) Einbindung in Netzebenen
- (3) Eigenschaften hybrider Erzeuger
- (4) Kenndaten von Energiespeichern (SOC, DOD, Zyklen,)
- (5) Gestehungskosten für Strom aus Energiespeichern (LCOE)

Für die Installation von Steckdosen greifen viele auf Elektro-Fachbetriebe zurück.

Auch für die Errichtung von Erneuerbare-Energie Kraftwerken sollte man auf Fachbetriebe zurückgreifen



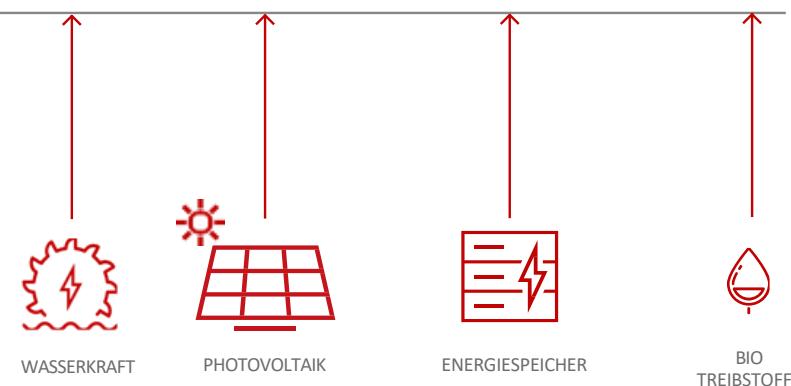
I.(1) Übersicht hybrider Elemente

Was ist eine hybride Erzeugungsanlage?



„Mit nur einem Verrechnungszählpunkt wäre nicht unterscheidbar durch welchen Primärenergieträger der elektrische Strom erzeugt wird.“

Virtuelle Zählpunkte:
Abrechnungszählpunkte mit geeichten Strom- und Spannungswandlern je nach Netzebene VNB



Verschiedene Varianten von Hybridkraftwerken:

Erweiterung einer Wasserkraftanlage mit einem Energiespeicher

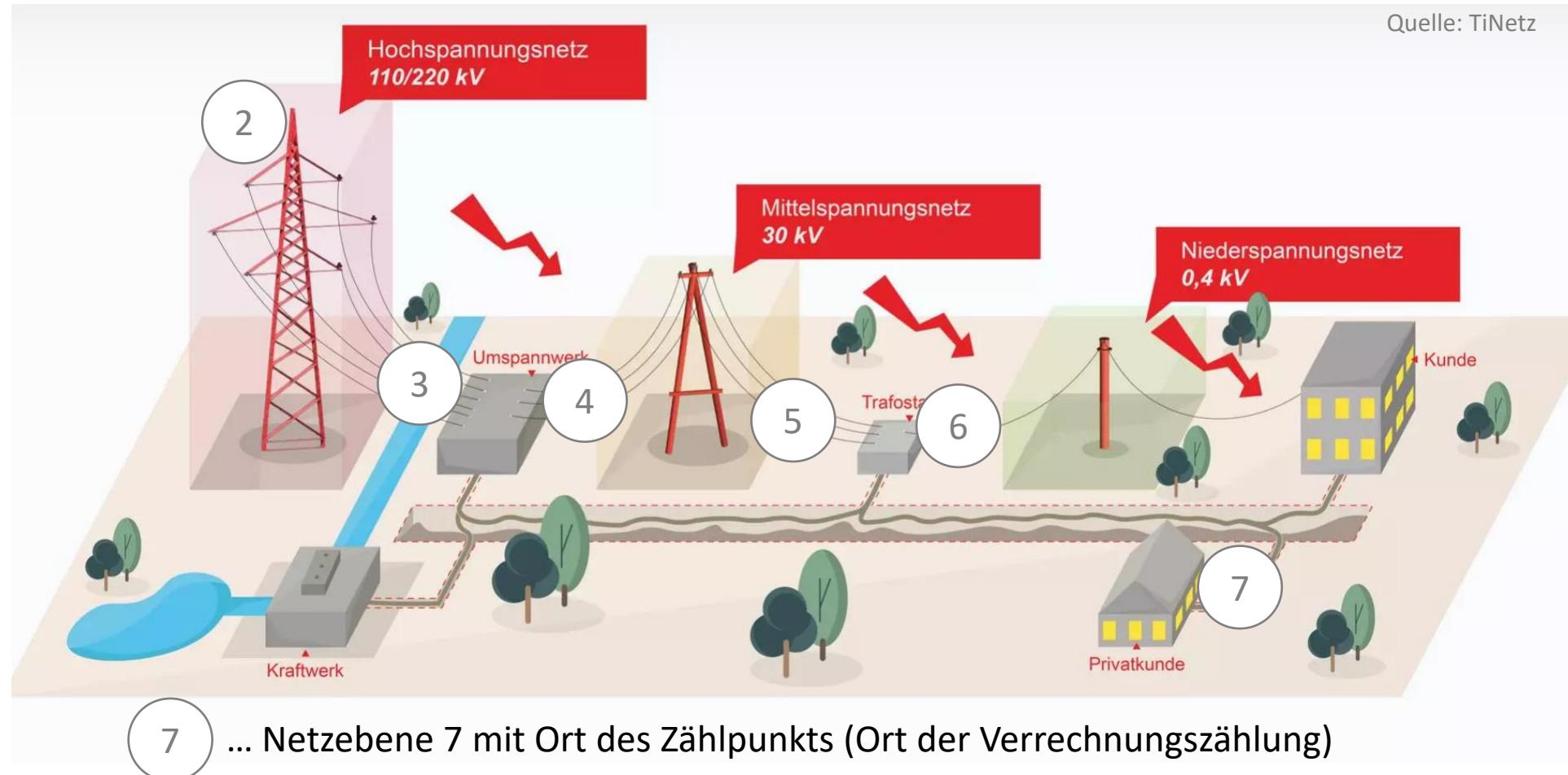
Industriestandorte verfügen historisch gesehen oft über Kleinwasserkraftwerke und nicht zuletzt eine PV-Anlage

Biogasanlage und PV-Anlage

PV-Freifläche in Kombination mit einem Windpark

Ladeinfrastruktur (Bi-direktional) + Energiespeicher

I.(2) Einbindung in Netzebenen



7 ... Netzebene 7 mit Ort des Zählpunkts (Ort der Verrechnungszählung)

Öffentliche Verteilungsnetze die von Netzbetreibern betrieben werden heißen „Verteil**ER**netze“ und deren Betreiber Verteil**ER**netzbetreiber

I.(2) Einbindung in Netzebenen

- In welche Netzebene bin ich eingebunden?
- Welche Spitzenbezugsleistung steht am Anschlussort zur Verfügung?
- Ist eine (Überschuss-) Einspeisung möglich?
- Muss / kann die Anschlussleistung erhöht werden?
- Wo ist die physische Netzübergabestelle?
- Ist der Zutritt zur Netzübergabestelle möglich?
- Wer stellt die Betriebsführung nach EN 50110 sicher?
- Wie muss ich meine Energiezentrale erweitern?
- Liegt ein alter / neuer Netzzugangsvertrag vor?
- TOR Regeln – Blindleistungsabgabe - Schutztechnik

Umbau / Erweiterung / Neubau

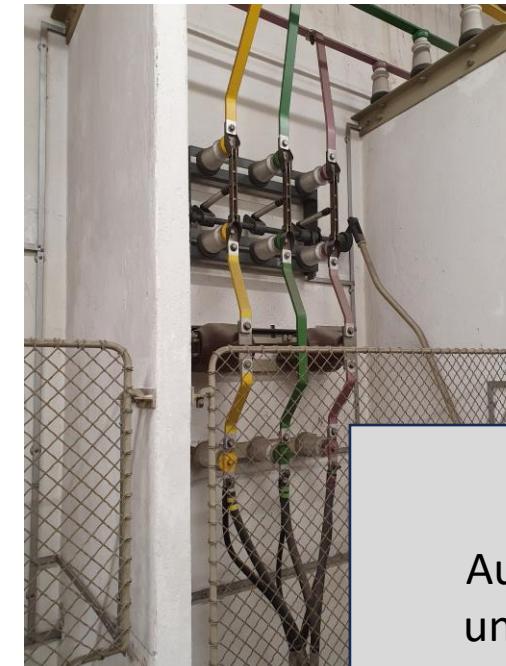
- Wie kann die Energiezentrale erweitert werden?
- Wann gilt Bestandsschutz – wann nicht?



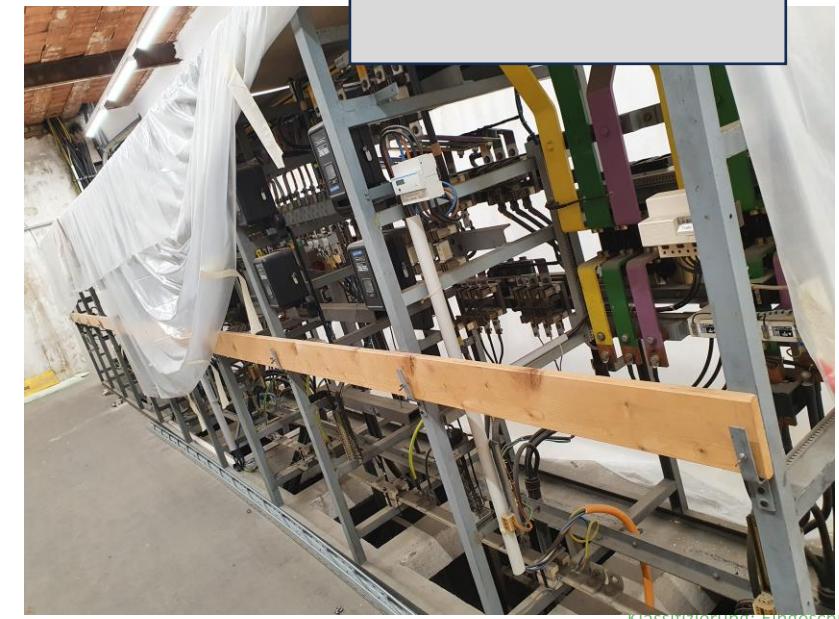
Aufstellort
unbekannt



Aufstellort
unbekannt



Aufstellort
unbekannt

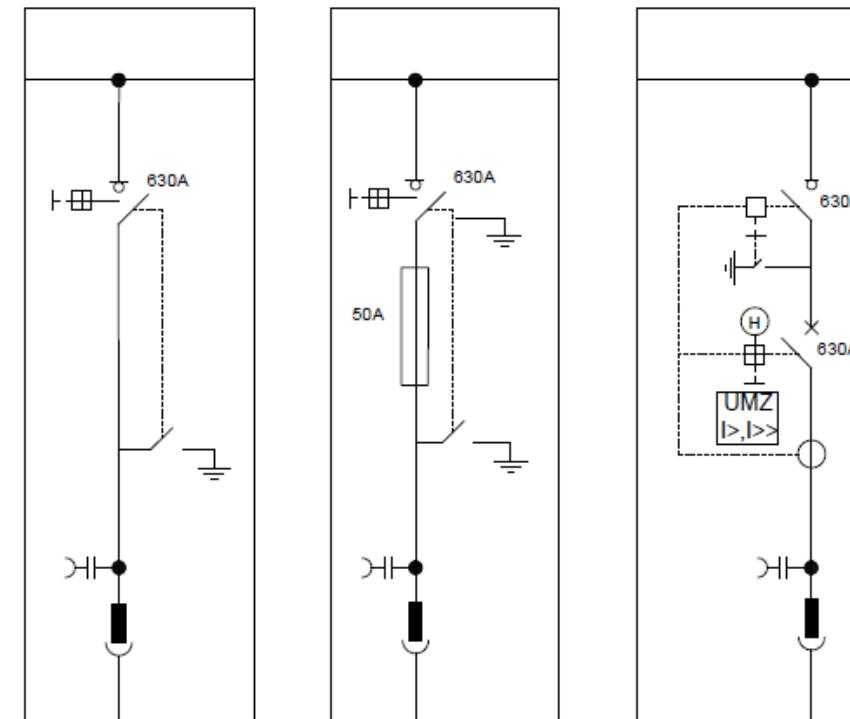


Klassifizierung: Eingeschränkt

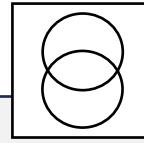
Schalt- und Schutzgeräte in der Hochspannungstechnik SF6-frei (24kV)

Unterscheidungsmerkmale

- Leistungsschalter
- Trennschalter
- Lasttrennschalter



Überblick über grundlegende Komponenten in elektrischen Energiesystemen

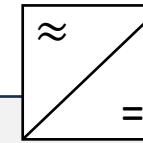


Transformator:

- Nennleistung
- Kurzschluss-Spannung
- Verlustleistung
- Oberspannung
- Unterspannung
- Isoliermittel
- Gewicht
- Anwendungsfall

✓ liefert Kurzschlussstrom

✓ Achtung bei Parallelschaltung

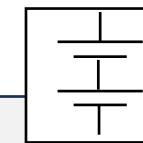


Umrichter:

- Nennleistung
- Überstrom
- Wirkungsgrad
- Primärspannung
- Sekundärspannung
- Netzform
- Oberschwingungen
- Temperaturbereich

✓ Liefert keinen Kurzschlussstrom

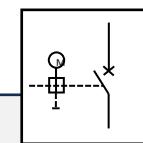
✓ Mit / ohne Schutzfunktion



Energiespeicher:

- Nennleistung
- Energie
- Entladetiefe
- Degradation
- Zyklenfestigkeit
- Wirkungsgrad
- DC-Nennspannung
- Überlastfähigkeit
- Ansprechzeit
- Kühlung
- Temperaturbereich

✓ liefert keinen Kurzschlussstrom



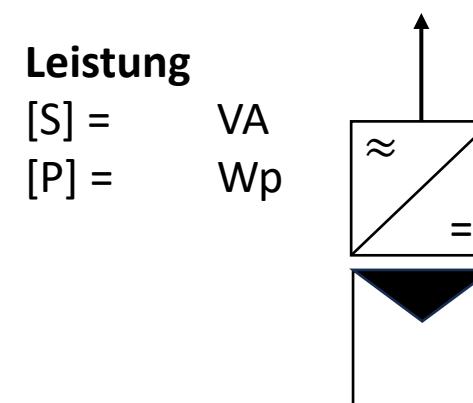
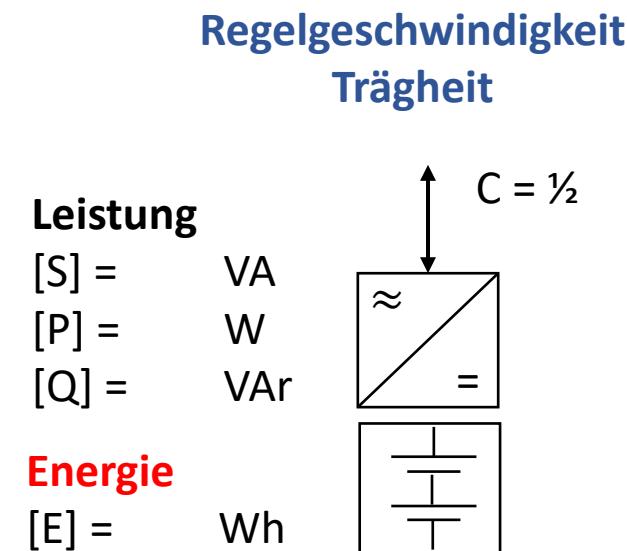
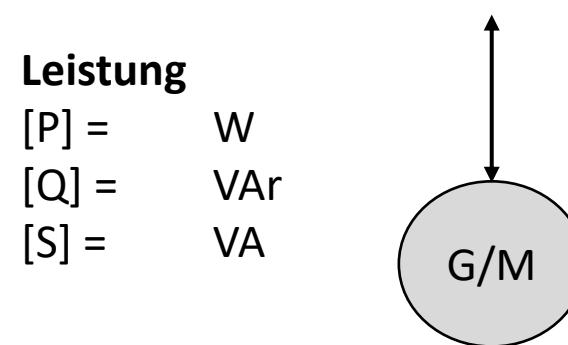
Schutzgeräte:

- Nennstrom
- Bemessungs-Spannung
- Kurzschlussstrom
- Ansprechzeit
- Ausschaltzeit
- Isolationsfestigkeit
- Nennschaltvermögen
- Schaltspiele

✓ Zusatzfunktionen (Motorisierung, Meldekontakte)

I.(3) Eigenschaften hybrider Erzeugungsanlagen

■ Leistung, Energie, Vollaststunden



Vollaststunden: 24h pro Tag
 bis zu 8500 pro Jahr

Typisch 4-8h pro Tag
 1000 – 8500 pro Jahr

typisch 4-6h pro Tag
 max. 1100 pro Jahr

I.(4) Kenndaten von Energiespeichern

- Leistung
- Energie
- Lade-/Entladebereich (SOC)
- Entladetiefe (DOD)
- Zyklenlebensdauer
- Restentnahmemenge bei Erreichen der Zyklenlebensdauer (SOH)
- Wirkungsgrad
- Betriebstemperatur

Technische Daten			
MODELL	GM215 kWh 215 kWh - 100kW	Basiert auf GM215kWh 645 kWh - 300 kW	
BATTERIEMODUL			
Batterietyp [V / Ah]	LFP 3.2 / 280		
Batteriemodul-Kapazität [kWh]	53.76		
Batteriesystem-Kapazität [kWh]	215		
Energiespeicherkapazität [kWh]	215	645	2.150
DC-Betriebsspannungsbereich [V]	672 - 876		
Schutzklasse Batteriemodul	IP 67		
AC-LEISTUNGSDATEN			
Nennausgangsleistung [kW]	100	300	1.000
Spitzenausgangsleistung [kW]	110	330	1.100
THDi [%]	<3		
AC-Nennspannung [V]	400V, 3L/N/PE		
Leistungsfaktor	>0,99		
Einstellbarer Leistungsfaktorbereich	-1 bis +1		
Nennfrequenz [Hz]	50 Hz		
AC-Nennstrom [A]	145	434	1.445
AC-Hauptverteiler	nein	optional	ja
Fernwirkechnik	Jeweils nach den Vorgaben des Netzbetreibers		
ALLGEMEINE DATEN			
Wirkungsgrad [%]	>89		
Entladetiefe DOD [%]	0-100		
Lebensdauer (Zyklen)	>= 8000 bzw. 70% SOH-EOL *		
Kommunikation	Ethernet + Virtual Storage Manager (VSM) optional		
Schutzklasse Energiespeicher	IP 54		
Art der Kühlung	Flüssigkeitskühlung		
Maximale Aufstellungshöhe [m]	3000		
Betriebstemperatur [°C]	-25 bis +55 **		
Max. Luftfeuchtigkeit bei Betrieb [%]	0-95, nicht kondensierend		
Geräuschpegel [dB]	<75 bei 1m		
Abmessungen BxTxH [mm]	1.040 x 1.500 x 2.200	3.120 x 1.500 x 2.200	10.400 x 1.500 x 2.200
Feuerschutz	Aerosol		
Gewicht [kg]	<2.500	<7.500	<25.000
Netzcode	TOR A + TOR B, EN 50549-1, EN 50549-2, EN 50549-10		
Sicherheit	IEC 62619, IEC 60730-1 appendix H, IEC 6247-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, UN 38.3		

* Siehe Herstellergarantiebedingungen

** Details siehe Usermanual

Die Informationen dieses Datenblatts beruhen auf den Daten des Hersteller-Datenblatts V1.31/2025/03/14, FOX EBB. Schubert Cleantech übernimmt keinerlei Gewähr für die Richtigkeit dieser Angaben oder daraus resultierenden Schäden jeder Art.

I.(5) Gestehungskosten für Strom aus Energiespeichern (LCOE)

$$LCOE_j^{EESS} = \frac{CAPEX_j + OPEX_j + FINEX_j}{N_{cyc} \cdot E_j^{nom} \cdot DoD_j} + \frac{LCOE_j^{PV}}{RTE_j^{EESS}} \gg \frac{CAPEX_0}{N_{cyc} \cdot E_0^{nom} \cdot T_{Life}}$$

© 2023, Stefan Haslinger

- Wie können die Gestehungskosten richtig ermittelt werden?
- Dafür ist die Zyklanzahl für korrekte Kostenermittlung wichtig
- Zyklanzahl ist ebenfalls wichtig zur Ermittlung der „Stehzeiten“ bzw. dual-use Fähigkeit

II. Anforderung an Batteriespeicher für 8500 Volllaststunden

- (1) Cyber-Security
- (2) Design-Life und Zyklenfestigkeit
- (3) Verfügbarkeit (Service, Wartung, Stillstandszeiten)
- (4) Blitzschutz und Erdungsanlage
- (5) Ermittlung der Flexibilitäten
- (6) Umgebungstemperaturen (Leistung bei Temperaturen)

Mit Batteriespeichern kann man sich technisch auseinandersetzen oder eben auch nicht ...

Wir kommunizieren mit den (asiatischen) Herstellern technisch direkt auf Augenhöhe!



II.(1) Cyber Security

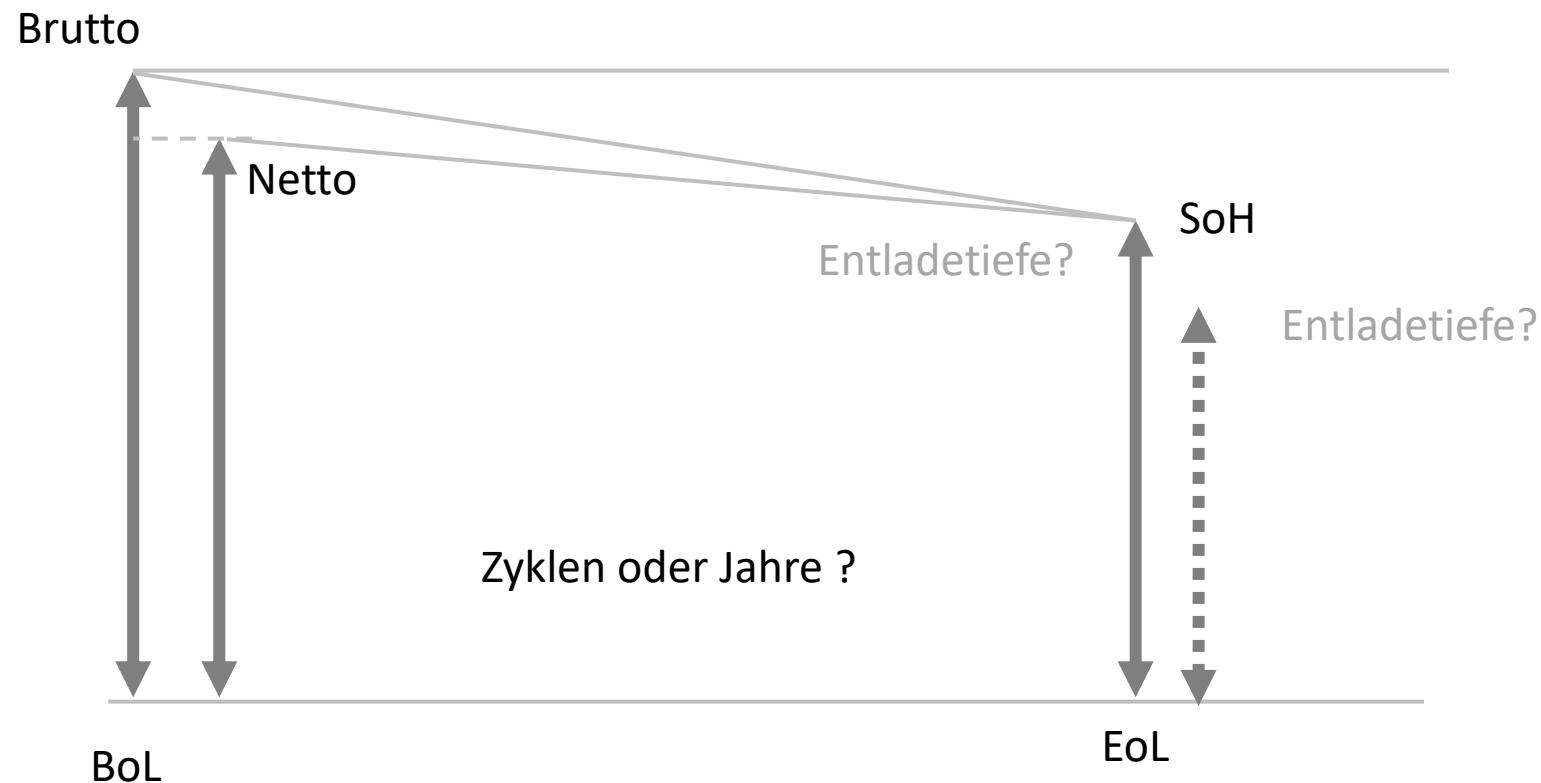
- Performance- und Wartungsvertrag: Was ist Voraussetzung?
- Wie finden Firmware Updates statt? Wie findet die Benachrichtigung statt?
- Europäisches Modem?
- Wo wurde es eingebaut?

- Europäischer Cloud-Dienst vorhanden?
- Datenintegrität bei Performance- und Gewährleistungsfall? Wie kann Hersteller die Daten nachprüfen?
- Wie kann Zugriff deaktiviert werden?
- NIS-2 / ISO 27001

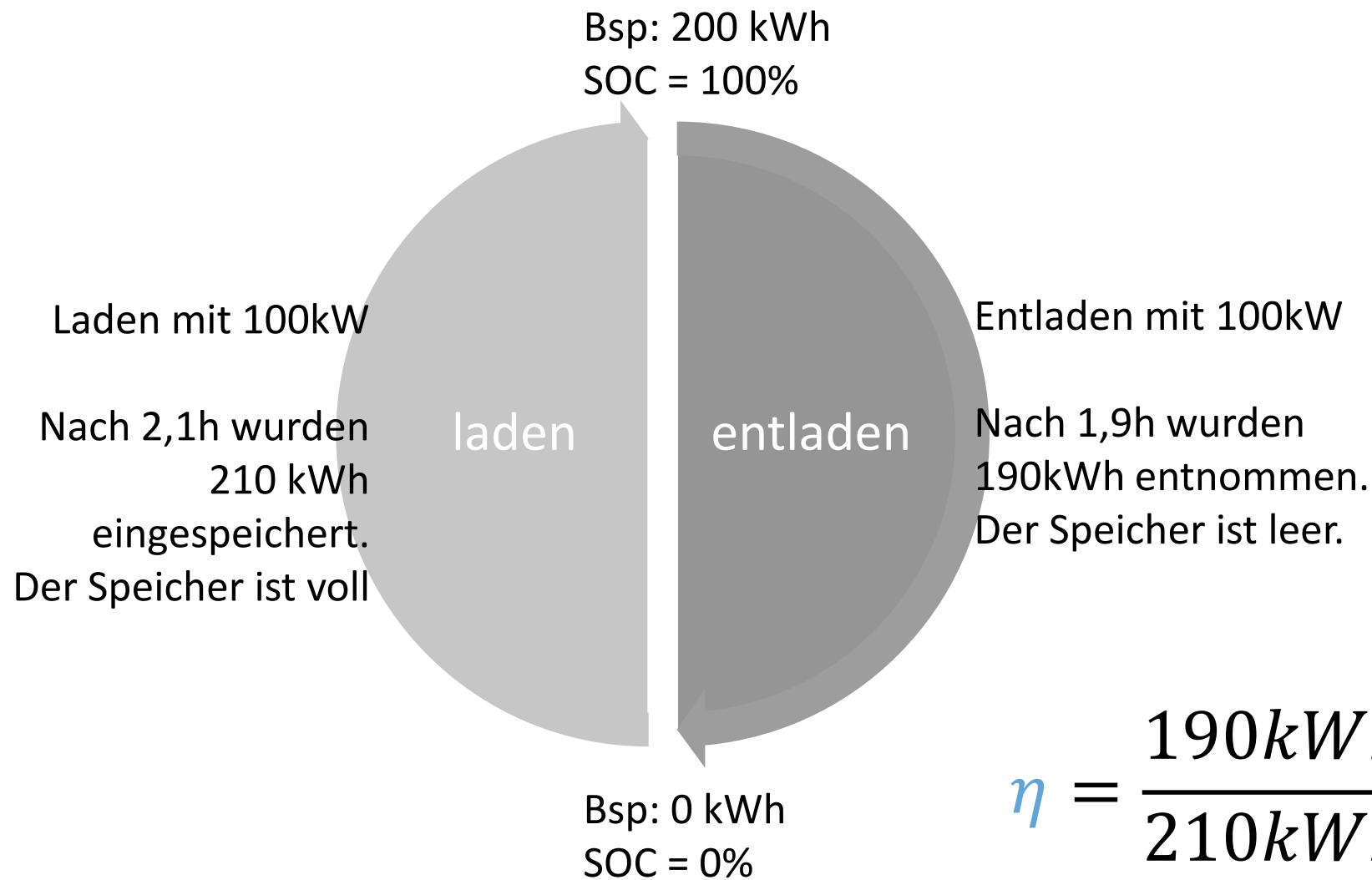
II.(2) Design-Life und Zyklenfestigkeit

- Wieviele Zyklen werden angegeben?
- Wird eine Design-Lebensdauer angegeben?
- Was bedeutet eigentlich 7.000 Zyklen?
- Was ist ein Äquivalenzzyklus?
- Wie hängt die maximale Lade-/Entladeleistung vom Ladegrad SOC ab?
- Kenne ich die Garantiebedingungen der Performance-Garantie des Herstellers?
- Wie sieht die Degradation aus?
- Was bedeutet SOH „State of health“

Zyklenfestigkeit, State-of-health SOH



Wie funktioniert das mit den Äquivalenzyzyklen

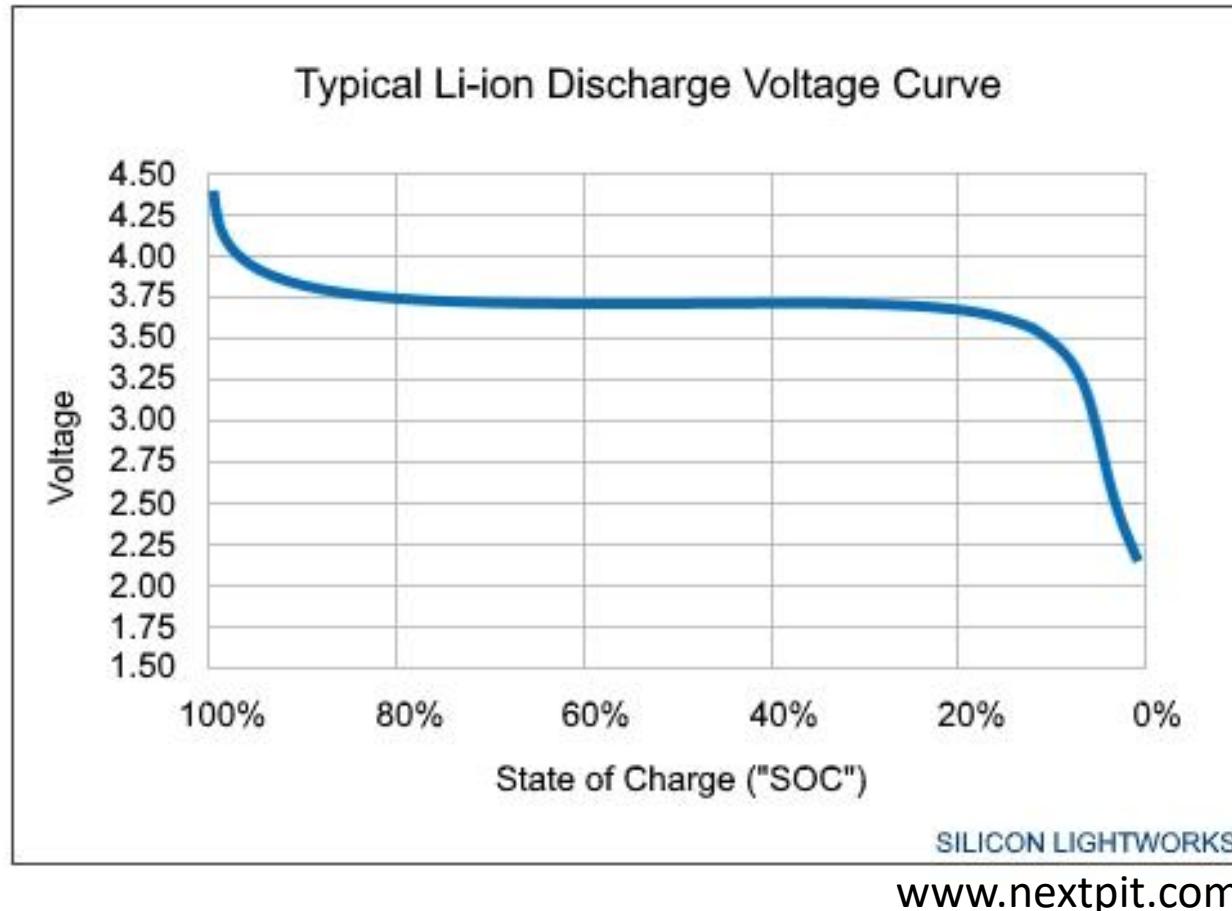


$$\eta = \frac{E_2}{E_1} < 1$$

Zählt die Kühlung,
Lüftung, etc. zum
Wirkungsgrad?

$$\eta = \frac{190kWh}{210kWh} = 90,4\%$$

SOC-Balancing



- Wie oft findet SOC-Balancing statt?
- Wie exakt wird der SOC gemessen?
- Wie groß kann die Drift sein?
- Welchen Einfluss hat die SOC-Drift auf meine Regelstrategie?

II.(3) Verfügbarkeit (Service, Wartung, Stillstandszeiten)

- Wird ein Probebetrieb vereinbart?
- Sind die Anforderungen an die Verfügbarkeit bei Wasserkraftwerken und PV-Anlagen gleich hoch? Wie ist das bei Börsenhandel, Intra-Day und Day-Ahead Markt?
- **Welche Anforderungen werden an die Verfügbarkeit des Energiespeichers gestellt?**
 - Bietet der Systemintegrator / EPC eine 24/7- Entstörungs- und Notfall-Hotline?
 - Bietet der Hersteller Ersatzteilverfügbarkeit?
 - Steht Service- und Wartungspersonal in Bereitschaft?
- Wann und wie können Batteriemodule nachgerüstet werden?

II.(4) Blitzschutz und Erdungsanlage

- Wer hat schon eine Freiflächen PV-Anlage mit einer Blitzschutzanlage gesehen?
- Wie wird der Energiespeicher vor direkten und Indirekten Blitzschlägen geschützt?
- Die Erdungsanlage dient zur Reduktion gefährlicher Berührspannungen



II.(5) Umgebungstemperaturen

- Maximal zulässige Umgebungstemperaturen?
- Betriebstemperatur des Speichers ?
- Lagertemperatur der Batteriemodule?
- Was ist zu tun wenn ein Modul länger ausfällt?
- Wie wird die Kapazität bzw. die Lade- und Entladeleistung von der Umgebungs-/Betriebstemperatur beeinträchtigt?

III. Intelligente Steuerung und Energiemanagement

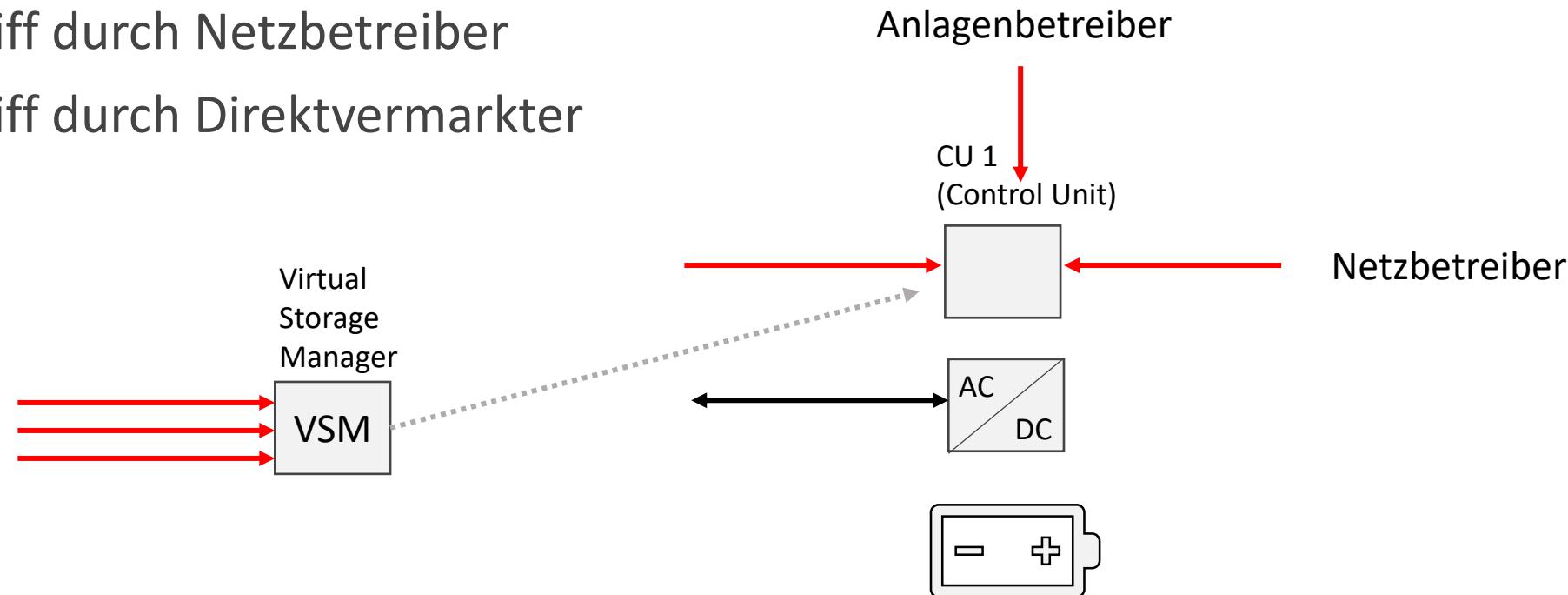
- (1) Schnittstelle vom Batteriespeicher zum Vermarkter
- (2) Park-Regelung für Hybride Erzeuger
- (3) Definition Betriebskonzept
- (4) Ermittlung der Flexibilitäten

Kommunikationsschnittstellen sind oft unterbewertet



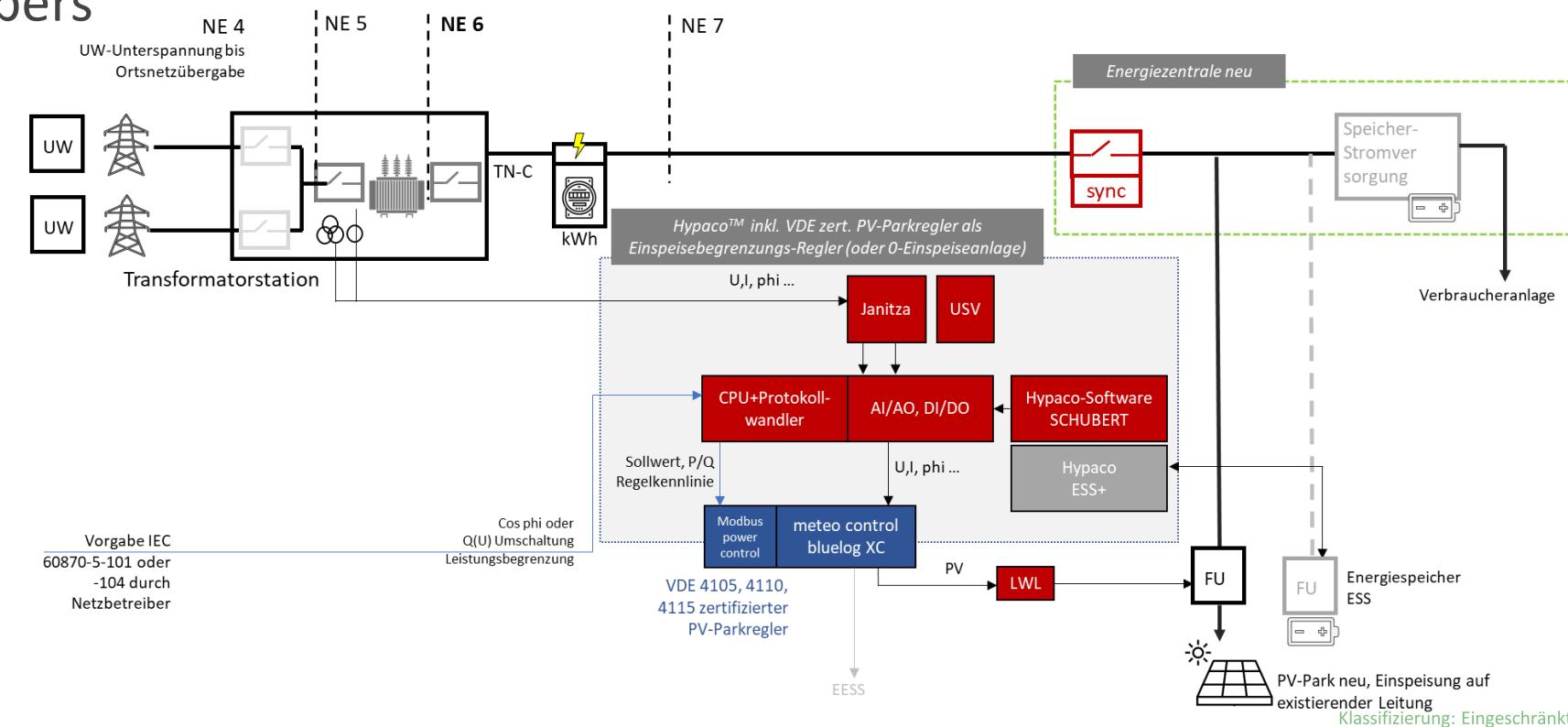
III.(1) Schnittstelle von Batteriespeichern hin zum Vermarkter

- Zugriff durch Anlagenbetreiber
- Zugriff durch Netzbetreiber
- Zugriff durch Direktvermarkter



III.(2) Park-Regelung für Hybride Erzeuger

- Begrenzung der Leistung der hybriden Erzeugungsanlage auf Engpassleistung gemäß Vorgaben des Netzbetreibers
- Schutz vor Kabel- und Leitungen
- Schutz anderer Erzeugungsanlagen
- (zB. Wasserkraftwerk)



Super-Hybridpark Schafflerhofstraße: Windpark + Photovoltaikanlage + Speicher



WIND: 12MW, PV 13MW+ 3 Speichersysteme
Schaltstation + 5 Trafostationen + Hybridparkregler
Bildquelle: Wienenergie.at

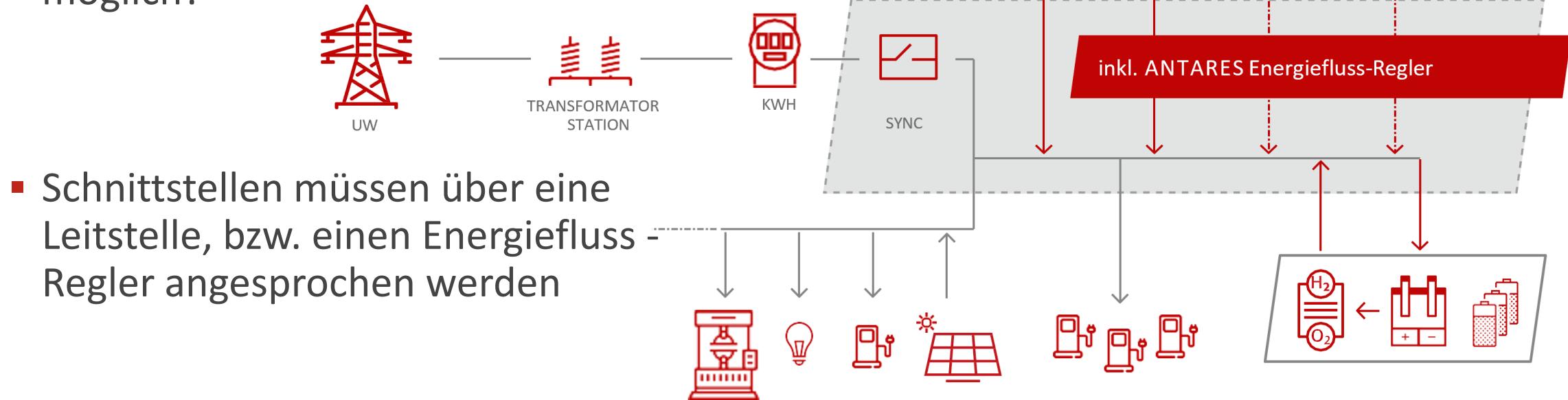
Hybridpark Trumau:



WIND: 27,6 MW, Vestas V117 mit je 3,45MW – CO₂ Ersparnis = 30.000 to/Jahr
PV: 9,7 MW – CO2 Ersparnis = 6.000 to/Jahr
3 Transformatorstationen, Bildquelle noe.orf.at

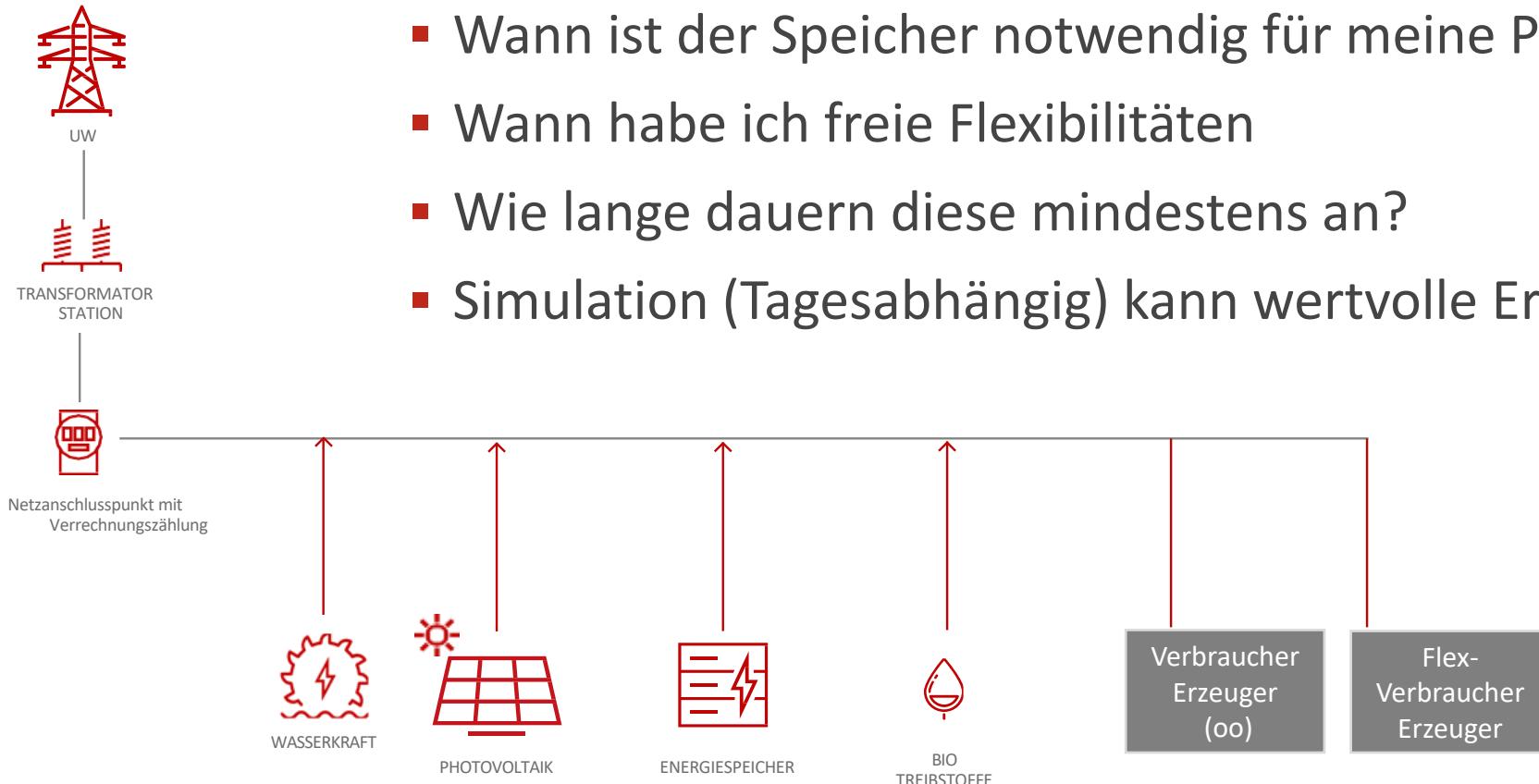
III.(3) Definition Betriebskonzept

- Wie soll der Speicher betrieben werden?
- Wie sollen Verbraucher / Lasten an- und abgeschaltet werden
- Unter welchen Randbedingungen ist das möglich?



III.(4) Ermittlung der Flexibilitäten

- Wann benötige ich Strom für Prozesse?
- Wann erzeuge ich mehr als ich verbrauche?
- Wann ist der Speicher notwendig für meine Prozesse?
- Wann habe ich freie Flexibilitäten
- Wie lange dauern diese mindestens an?
- Simulation (Tagesabhängig) kann wertvolle Erkenntnisse bringen



IV. Netzanschluss, Zählkonzepte, Fernwirktechnik

- (1) Transformatorstationen
- (2) Virtuelle Zählpunkte und Anforderungen an den Netzentkupplungsschutz

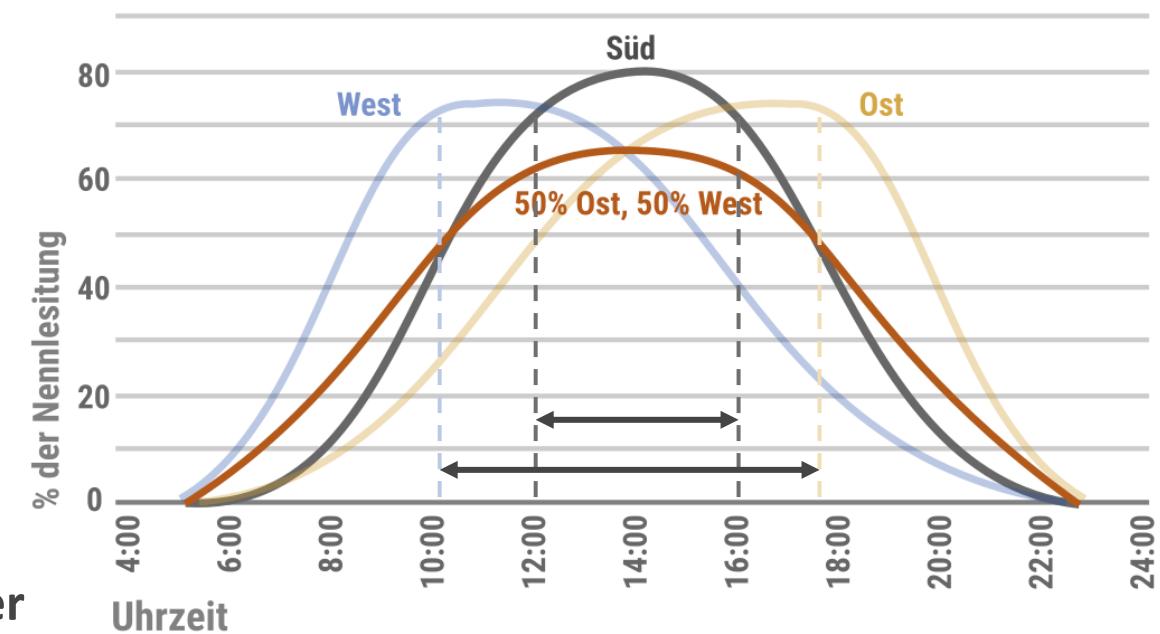
Die Forderung nach virtuellen Zählpunkten überrascht auch viele Anlagenerrichter auf dem komplett falschen Fuß



IV.(1) Transformatorstationen

- Transformatorstation wurden im Betrieb jahrzehntelang auf 55-65% Nennleistung ausgelegt.
- Wie hoch soll die Betriebsdauer von Transformatorstationen für PV-Parks sein?
- Wieviele Betriebsstunden werden für die EESS-Transformatorstation gefordert?
- Wurde ein PV-tauglicher / Umrichter-fester Transformator verwendet?
- Liegt eine 24/7-Zertifizierung/Prüfung für eine thermische Belastungsprobe vor?
- Wird eine Klimaanlage verwendet?
- Wie lange kann die Transformatorstation bei welcher Leistung beim Ausfall aller Lüfter betrieben werden? 80% 24/7 ?

Ertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung einer PV-Anlage



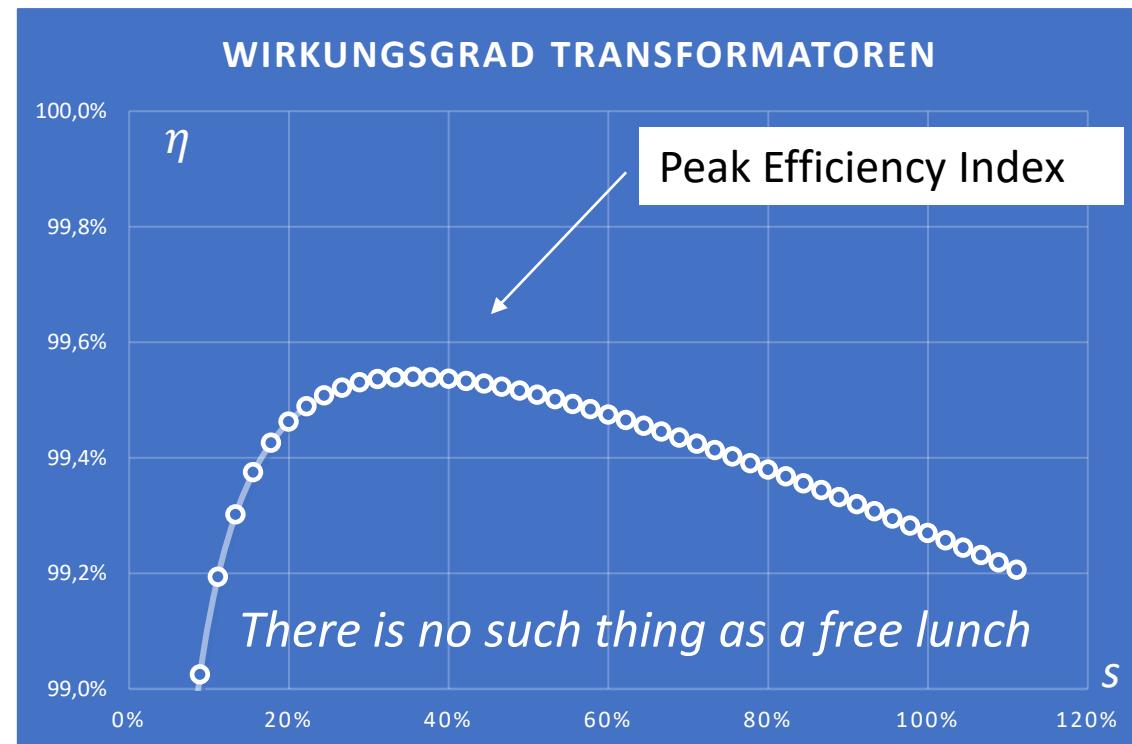
Peak Efficiency Index

$$\eta = \frac{IN - LOSSES}{IN}$$

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + \left(\frac{S}{S_N}\right)^2 P_k}{S}$$

$$s = \frac{S}{S_N}$$

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + s^2 P_k}{s \cdot S_N}$$



Maximale Verluste für
Verteilnetztransformatoren

S_N kVA	P_0 W	P_k W
100	150	1375
160	217	1925
200	259	2218
250	310	2585
315	373	3080
400	445	3575
500	528	4290
630	621	5060
630	621	5060
800	673	660
1000	797	8360
1250	983	10450
1600	1242	13200
2000	1500	16500
2500	1811	20350
3150	2277	25300



Wirkungsgrad Transformatoren

Bei Leistungsumformern > 3.150 kVA Nennscheinleistung, sind keine maximalen Leerlauf und Kurzschlussverluste gefordert, sondern die Einhaltung eines minimalen „PEAK EFFICIENCY INDEX“.

Dieser gewährt den Herstellern eine gewisse Design-Freiheit bei der Umsetzung der Transformatoren / Leistungsumfomer

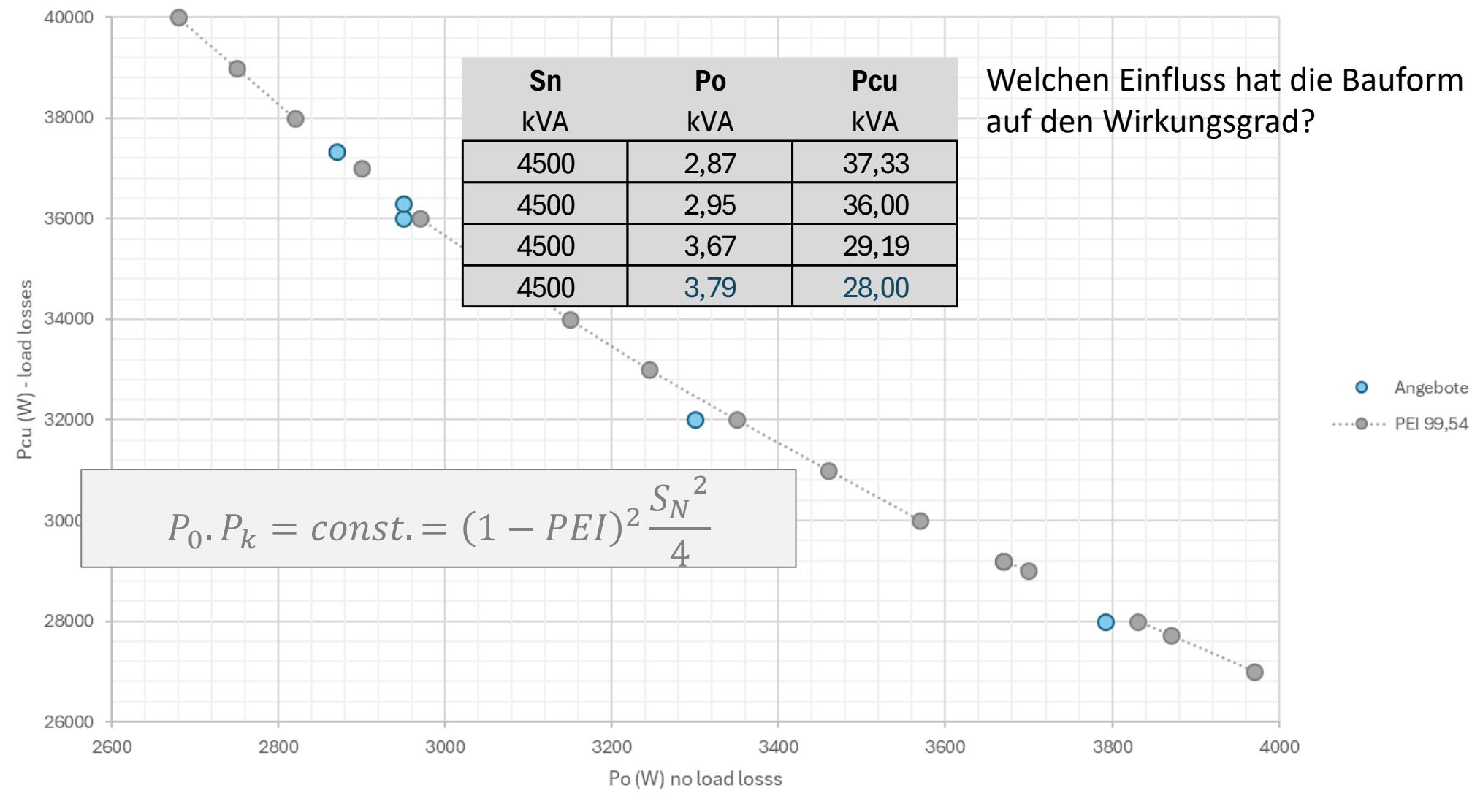
$$PEI = 1 - \frac{2 P_0}{S_N \sqrt{\frac{P_0}{P_k}}}$$

PEI	Minimaler Maximalwirkungsgrad
P_0	Leerlaufverluste
P_k	Kurzschlussverluste
S_N	Nennscheinleistung

$$P_0 \cdot P_k = \text{const.} = (1 - PEI)^2 \frac{S_N^2}{4}$$

Isoverlustlinie Leistungsumformer

36kV, PEI (Liste 2) min. 99,540%, 4500 kVA,



IV.(1) Transformatorstationen

▪ Modularität für mehr Flexibilität



TL.4000.31.750.800

Sekundär-Nennspannung [V]
 Primär-Nennspannung [V]
 Nennleistung [kVA]
 Modul: Transformator groß



TS.1600.31.750.800

Sekundär-Nennspannung [V]
 Primär-Nennspannung [V]
 Nennleistung [kVA]
 Modul: Transformator klein



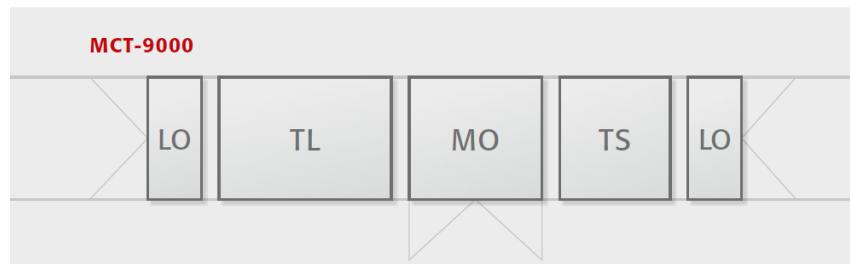
MO.36.SE.RRL

Feldkonfiguration MSP
 Hersteller Mittelspannung
 Baureihe Mittelspannung
 Modul: Mittelspannung Standard



LO.800.2000.18.GO

Volleinspeiseanlage
 Anzahl NH-Trenner
 Bemessungsleistung
 Bemessungsspannung
 Modul: Niederspannung Standard



Leicht-Transformatorstation
 Modulare
 Transformatorstation



Konstruktionsmerkmale modularer Trafostationen

- **flexibel**
 - Frei wählbare Transformatorspannungen
 - Frei konfigurierbare Verrechnungszählung und Mittelspannung
 - Frei konfigurierbare Niederspannung
 - Kundenspezifische Lösungen
- **transportabel**
- **begehbar**
- **erhöhte Passantensicherheit**

MCT-9000 – Innovation aus Österreich



Transformatorstationen

- Billig ist nicht immer gut
- Hohe Verfügbarkeiten bedingen gute Engineering
- Trafostationen sind keine Produkte
- Anpassung an individuelle Projektgegebenheiten ist sehr vorteilhaft
- Servicierbarkeit und Ersatzteilverfügbarkeit



MCT-9000:
Modulare und kompakte
Transformatorstation bis 9000 kVA)



IV.(2) Virtuelle Zählpunkte und Netzentkupplungsschutz

Zählpunkte

- „Virtuell“ bedeutet, dass dieser Zählpunkt nicht aus zwecken der Verrechnungszählbarkeit notwendig ist, sondern aus Sicht des Herkunftsnachweises.
- Dennoch müssen die Messgeräte geeicht sein. Ein Einbau ist nachträglich nicht in alle Anlagen möglich.

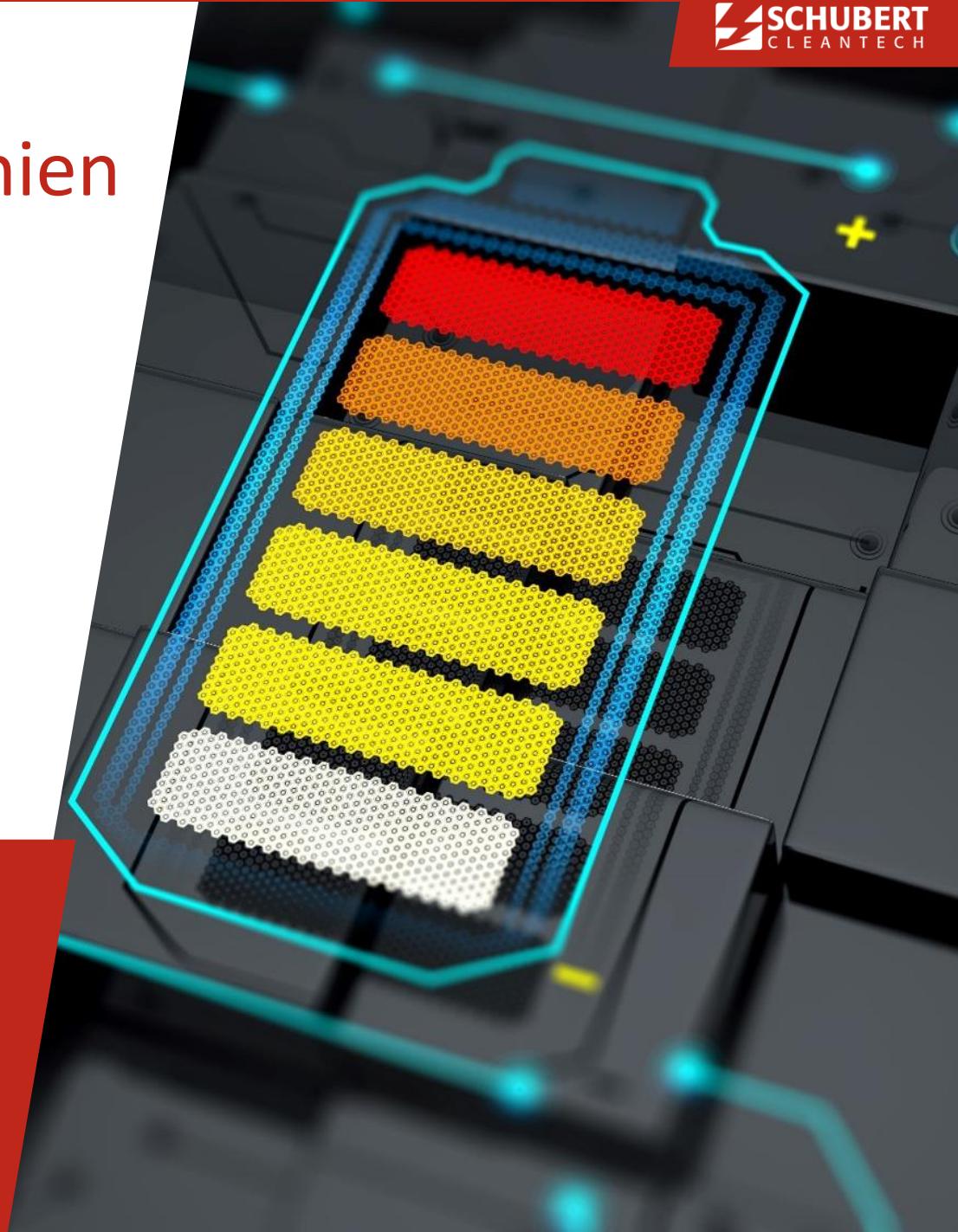
Netzentkupplungsschutz & Anlagenregelung

- Nach den Vorgaben des Netzbetreibers – stellt er oft unterschiedlich komplexe Anforderungen und Wirk-/Schnittstellen voraus insbesondere bei dezentralen Erzeugungseinheiten mit unterschiedlicher Historizität (mehrere PV-Anlagen, etc.)
- Anlagenregelung bis hin zu Vorgaben an dynamische Leistungsregelung und Blindleistungsvorgaben stellen Errichter vor Herausforderungen

V. Normen und Technische Richtlinien

- (1) Gesetzliche Grundlage für die Errichtung von Transformatorstationen
- (2) Errichtung von Stromerzeugungsanlagen (Energiespeichern) Beispiel NÖ
- (3) Schutz vor DC-Lichtbögen

Sicherheit geht immer vor - Wer wartet ihre Anlage?



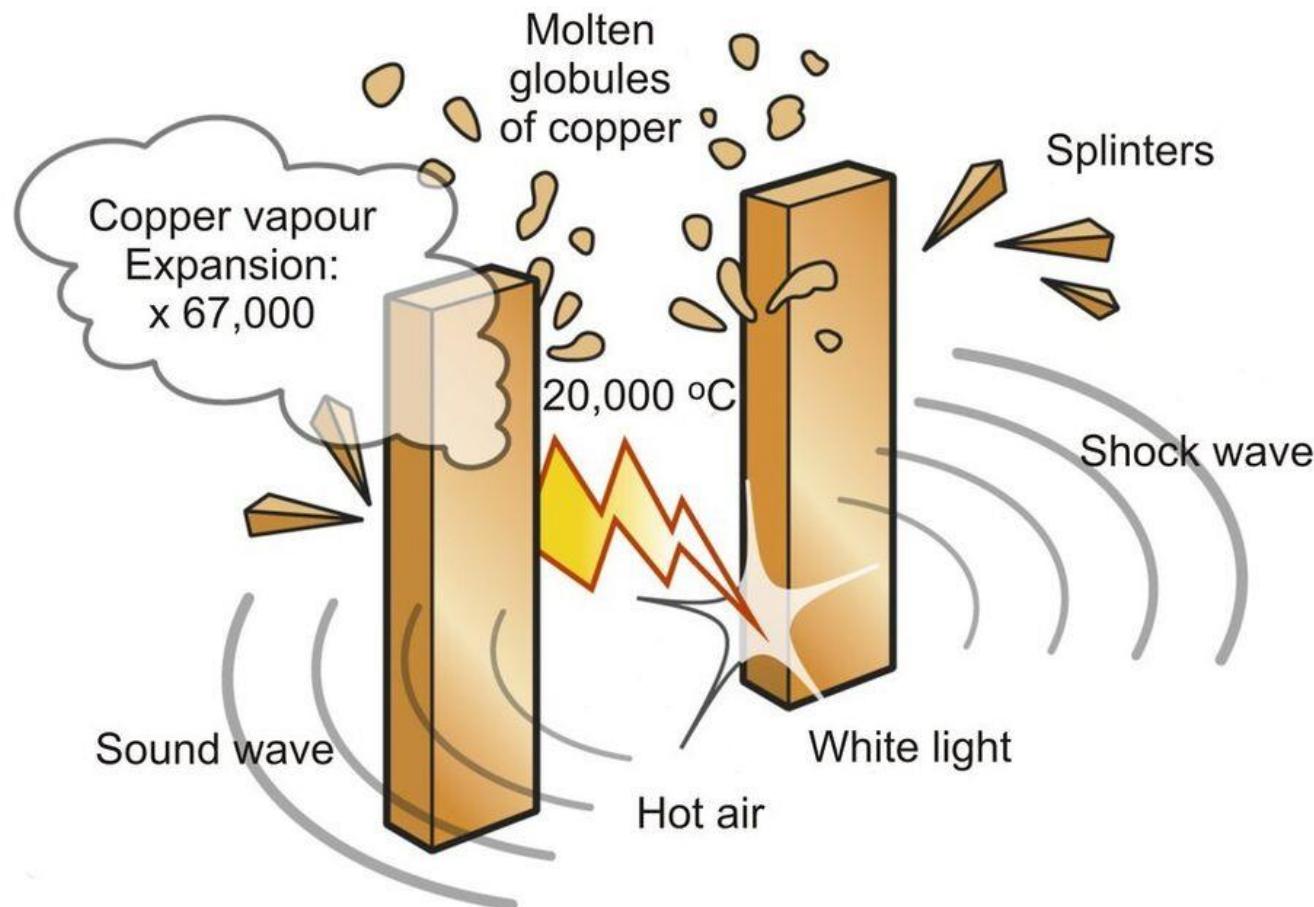
V. (1) Gesetzliche Grundlage für die Errichtung von Transformatorstationen

Bei der Errichtung werden die Elektrotechnischen Sicherheitsvorschriften gemäß Elektrotechnikverordnung 2020, Fassung vom 03.05.2021, Anhang I und Anhang II eingehalten, insbesondere folgende Normen beziehungsweise Richtlinien:

- OVE E 8101:2019-01-01
- OVE E 8101/AC1:2020-05-01
- OVE E 8120:2017-07-01
- **OVE-Richtlinie R 1000-3:2019-01-01**
- ÖVE/ÖNORM EN 61936-1/:2015-01-01
- OVE EN 61936-1/AC:2017-08-01
- ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01 (EN 50110-2-100 eingearbeitet)
- ÖVE/ÖNORM EN 50522:2011-12-01

- **OVE-Richtlinie R 12-1:2025-06-01**

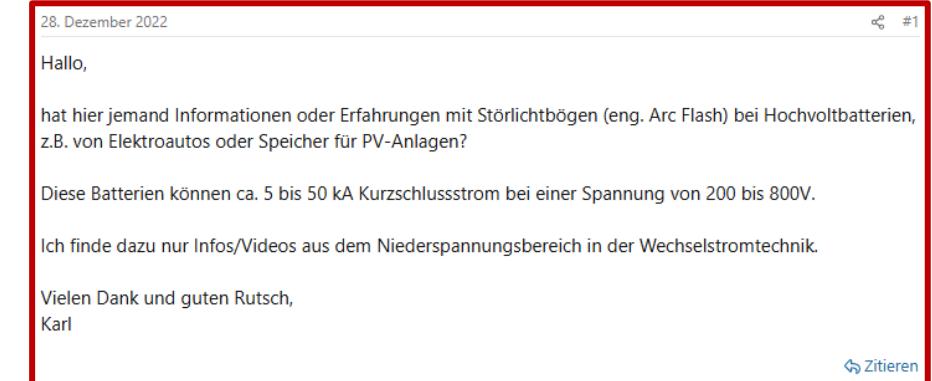
V. (3) Schutz vor Zerstörung durch DC-Lichtbögen



Störlichtbogen

Entsteht durch:

- Spannungsüberschlag (Distanz, Luftfeuchtigkeit, Tier, mechanischer Fehler,...)



Auswirkung

- Hohe Temperatur
- Hoher Druck
- Schallwelle
- Heller Blitz
- Splitter

Wissenswertes über Schubert CleanTech



- 1965: Gründungsjahr
- Firmensitz: Ober-Grafendorf (Zentralraum NÖ)
- Mitarbeiter: ca. 250
- Lehrlinge: bisher ausgebildet ca. >350
- Umsatz: ca. € 50 Millionen
- Eigentümer und Geschäftsführer: Mag. Claus Benedict
- **Schlüsselfertige Lösungen für Wasserkraftwerke, Energiespeicher, Dezentrale Resiliente Energiesysteme, Transformatorstationen, Starkstrom- und Hochspannungsanlagen, Kraftwerksregelungen und – Leitsysteme.**
- Branchenführer für Starkstrom und Hochspannung in Industrie und Verteilnetzen, Kleinwasserkraftwerke, Integration von großen Windparks, PV-Parks und Leitsysteme für kritische Infrastruktur (Kläranlagen, Wasserversorgung)
- Stefan Haslinger ist Head of Sales Industrie & EVUs und Chief Innovation Officer bei Schubert CleanTech. In dieser Rolle verantwortet er den Vertrieb und die Projektierung im Bereich Energieverteilung, Netzinfrastruktur, Energiespeicherung und Photovoltaik. Als Mitglied der Geschäftsleitung verantwortet er die Weiterentwicklung innovativer und nachhaltiger Lösungskonzepte für sauberen Strom und sauberes Wasser.
- Stefan Haslinger war viele Jahre aktiver Mitarbeiter in Arbeitsgruppen bei OVE und IEC, war ab 2014 an der Entwicklung der IEC-Standards für stationäre Energiespeicher beteiligt, leitete die OVE Arbeitsgruppe Energiespeicher sowie das Subkomitee Energieeffizienz im OVE und war Chairman der Arbeitsgruppe Digitale Umspannwerke bei CIRED.
- Er ist spezialisiert auf Energiespeicher, dezentrale Energiesysteme, die Einbindung erneuerbarer Energiekraftwerke in Verteilnetze und den Aufbau technisch fokussierter Vertriebsorganisationen für langfristige Kundenbeziehungen.



Gemeinsam können
wir viel bewegen!

