

Wind-PV Hybridprojekte in Deutschland

Windenergietage 2023

Marcus Kosel





Wind-PV Hybridprojekte in Deutschland



1

Was bedeuten “hybride
Projekte”?

2

Case Study Berg-Espich

3

Case Study Wilhelmshöhe



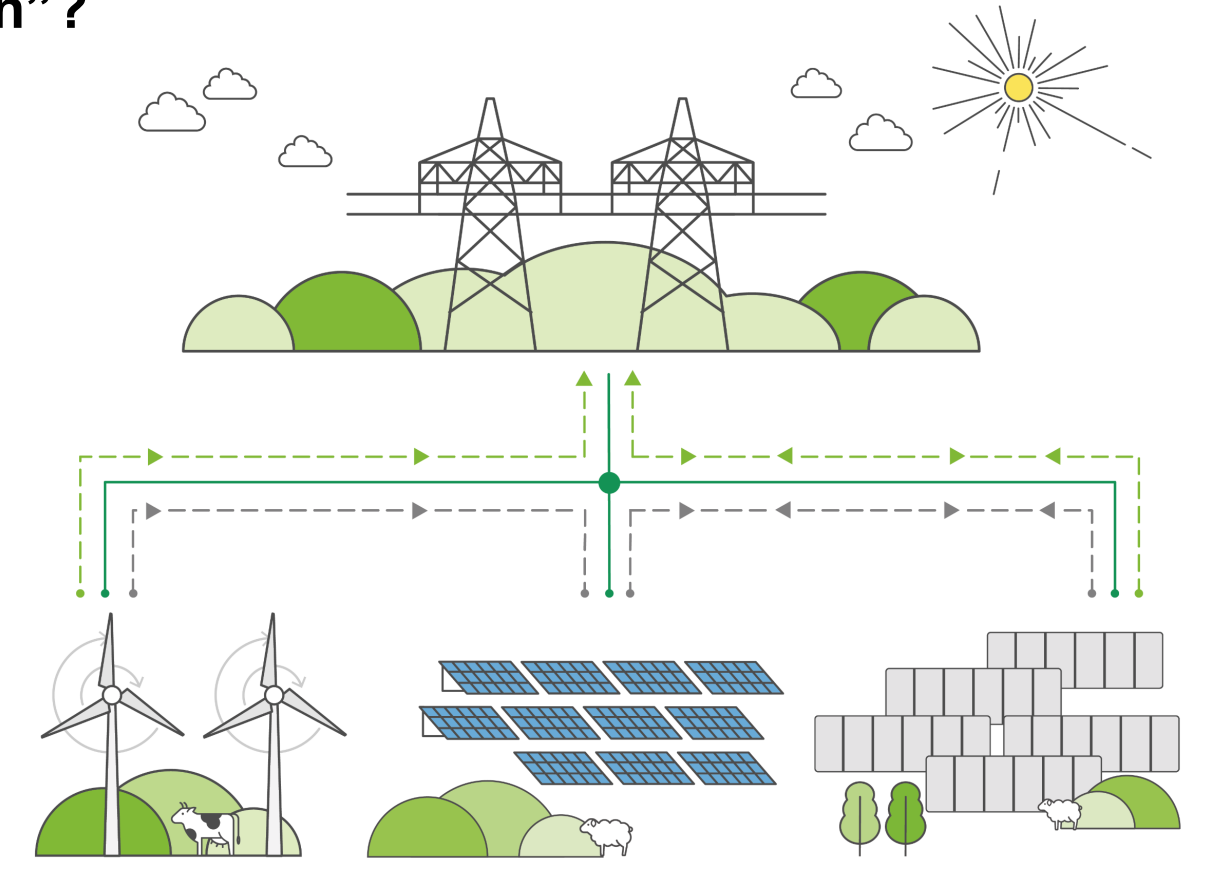
1

Was bedeuten “hybride Projekte”?



Was verstehen wir unter “hybriden Projekten”?

“Hybride Projekte” sind eine Kombination von unterschiedlichen Stromerzeugungs- und/oder -speichertechnologien.



--- Co-Location

Anlagen, die gemeinsam mit demselben Netzan-schlusspunkt errichtet werden, deren Betrieb jedoch unabhängig voneinander optimiert wird

--- Vollhybrid

Anlagen, die gemeinsam über denselben Netzan-schlusspunkt errichtet und gemeinsam betrieben werden, um operative Synergien zu erzielen

— Stromnetz

Das Netz aus Stromleitun-gen und Strominfrastruktur, das den Transport von Strom zwischen den verschiedenen Anlagen ermöglicht

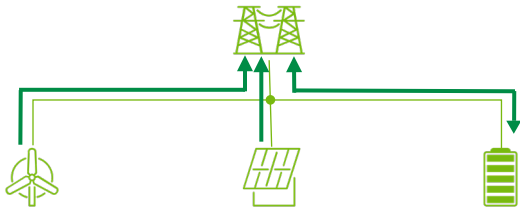
● Netzan-schlusspunkt (PoC)

Am Netzan-schlusspunkt werden die Stromerzeugungs- und speicheranlagen angeschlossen und mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden, sodass Haushalte, Unternehmen und Industrie mit grüner Energie versorgt werden



Je nach Art der Verknüpfung unterscheiden wir zwischen Co-located, Virtual und Full Hybrid Projekten

Co-location

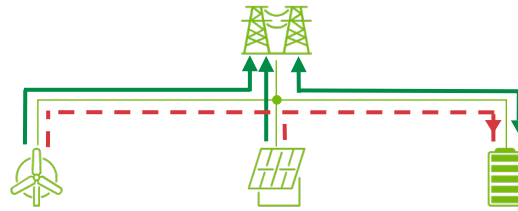


Anlagen haben denselben Netzanschlusspunkt und liegen zusammen/nah beieinander, aber der Betrieb wird getrennt optimiert.



PV-Wind Berg-Espich, DE

Full Hybrid

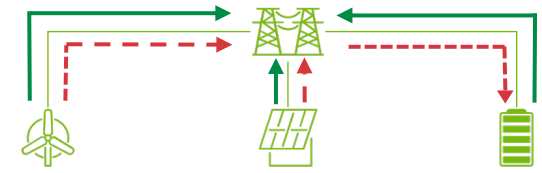


Anlagen haben denselben Netzanschlusspunkt und werden zusammen/nah beieinander gebaut und gemeinsam betrieben, um Leistungssynergien zu erzielen (z.B. BESS, die teilweise von der PV-Park geladen werden, Anlagen, die sich gegenseitig mit Strom versorgen).

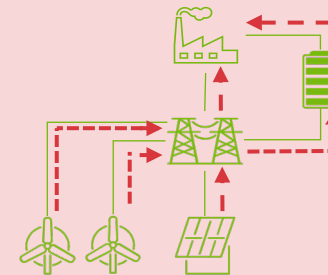


PV-BESS Pfaffenweiler, DE

Virtual Hybrid



Anlagen haben getrennte Netzanschlüsse, werden aber gemeinsam betrieben, um Leistungssynergien zu erzielen.





Aufgrund der höheren Komplexität können Hybridprojekte neue Herausforderungen bei der Projektentwicklung und -durchführung mit sich bringen

Merkmale mit Auswirkung auf die Komplexität eines Hybridprojekts:

Technologie-Mix

Art der Verknüpfung

Co-location
Full Hybrid
Virtual Hybrid

Greenfield vs.
Brownfield
Entwicklung

SPV-Struktur
und Eigentums-
verhältnisse

Typische Herausforderungen:

Dimensionierung
der Gesamtsystems

Business Case-
Bewertung

Standortgestaltung
& Auswirkungen vor
Ort

Verordnungen &
Genehmigungen



Metering-Konzept &
Parkcontroller

Netzintegration

Vertragliche
Strukturen

Anpassung des
Ausführungs-
konzepts



Die Kraft der HYBRIDS: Stärken der einzelnen Assets nutzen



Weniger Kosten pro MWh Ökostrom:

- Geteilte **Netzinfrastrukturkosten**
- Geteilte Kosten für die Landnutzung
- Geteilte Kosten für Projektentwicklung und -ausführung
- Geteilte **O&M-Kosten**



Höherer Energiewert:

- **Glättung der Stromspeisung** aus volatilen EE, Bereitstellung von festem Strom
- **Zusätzliche Einnahmemöglichkeiten** im Vgl. zu alleinstehenden EE (EE-BESS)
- Versorgung des Zusatzverbrauchs



- Leichter **Zugang zum Netzanschluss**
- Vorrang bei Genehmigungsverfahren
- Gezielte **Ausschreibungen und Anreize** für hybride Projekte
- Bessere Finanzierungsbedingungen
- Nachrüstung: Kürzere Umsetzungszeiträume

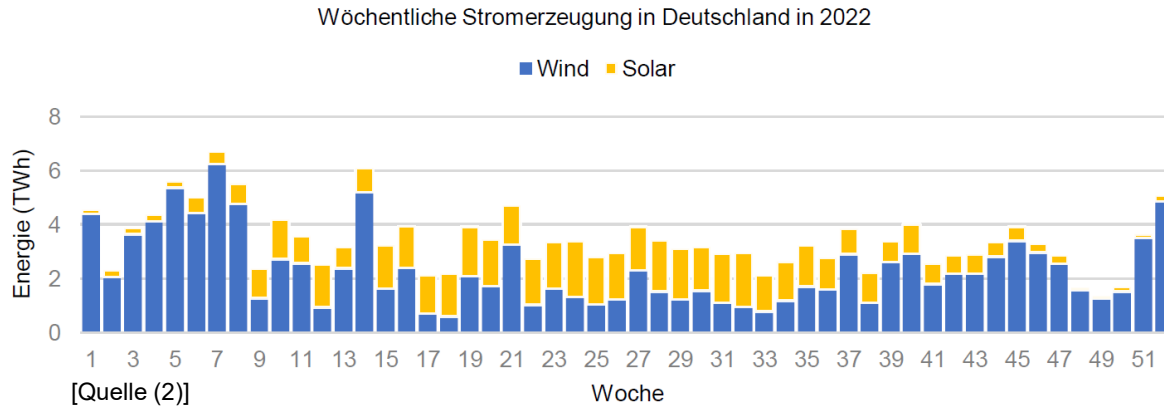


Was sind die Vorteile von Wind-PV-Hybridparks?

Warum Wind-PV-Hybridparks?



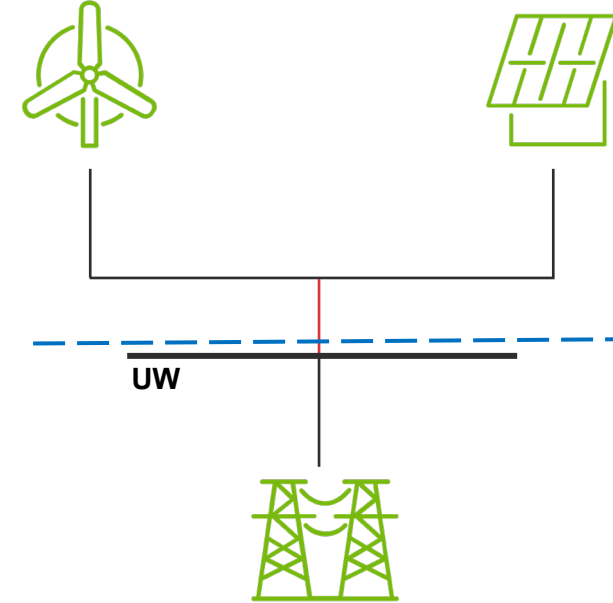
Komplementarität von Wind- und Solarressource



Kosteneinsparung bzgl. der Netzinfrastruktur



Zeiteinsparung



Netzanschluss Wind-PV-Hybridpark

UW: Umspannwerk

— Grenze zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber



Und was passiert in Deutschland?

- **Auch in Deutschland sind Hybridprojekte auf dem Vormarsch:**
 - Innovationsausschreibungen fördern insb. den Ausbau von PV-BESS Hybridprojekten
 - Trotz fehlender Incentives wurden auch bereits erste Wind-PV Hybridprojekte realisiert
- **Auf regulatorischer Ebene wurde der Wert von Hybridprojekten bisher nicht erkannt:**
 - PV-Wind Hybridprojekte durchlaufen als “standalone” die für die jeweilige Technologie notwendigen Genehmigungsprozesse – es existiert keine Abstimmung
 - Im Gegensatz zu anderen Ländern (Bsp. Spanien) wurden bisher keine besonderen Anreize für eine bessere Netzanschlusspunkt-Auslastung durch Hybridisierung eingeführt





2

Case Study Berg-Espich



Projektbeschreibung Berg-Espich



Windpark

- Inbetriebnahme: 2013/2014
- Kapazität: 23,8 MW
- Windturbinen:

Windpark 1: Enercon

2 x Enercon E70/E4 2,3 MW (4,6 MW) 4 x Enercon E82/E2 2,3 MW (9,2 MW)

Windpark 2: Nordex

4 x Nordex N100 2,5 MW (10 MW)



Betrieb Windpark



Netzanschluss

- Das Umspannwerk wurde im Jahr 2020 umgebaut
- Modernisierung der Schaltanlage des Umspannwerks
- Erhöhung der Netzanschlusskapazität auf **32 MW**
- Reservierung von zusätzlicher Netzanschlusskapazität



Upgrade in der Schaltanlage



Verteilerstation

- Die neu gebaute Verteilerstation verbindet und beherbergt den bestehenden Windpark und die PV-Anlagen
 - Neu installierte Messeinrichtungen
 - Neue Steuereinrichtungen
 - Parallelschaltung der Kabel

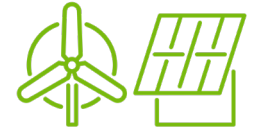


Neuerrichtung





Berg-Espich: Ausbau mit Solarenergie



PV-Anlage: 1. Abschnitt

- Inbetriebnahme: Juli 2020
- Kapazität: 9.946 kWp
- Spezifischer Ertrag: 1.053 kWh/kWp
- Anzahl der Module: 31.176
- Wechselrichter: 55 Geräte, SMA SHP150
- Transformator: 5 x 2000 kVA

PV-Anlage: 2. Abschnitt

- Inbetriebnahme: April 2022
- Kapazität: 9.999 kWp
- Spezifischer Ertrag: 1.053 kWh/kWp
- Anzahl der Module: 26.640
- Wechselrichter: 38 Geräte, Huawei SUN2000-215KTL-H0
- Transformator: 4 x 2000 kVA

PV-Anlage: 3. Abschnitt

- Inbetriebnahme: July 2023
- Kapazität: 6.656 kWp
- Spezifischer Ertrag: 1.053 kWh/kWp
- Anzahl der Module: 16.236
- Wechselrichter : 27 Geräte, Huawei SUN2000-215KTL-H0
- Transformator: 3 x 2500 kVA



Wind-PV-Hybridprojekt:

- ❗ Netzanschlusspunkt überbaut mit 14 MW [44%]
- ❗ 46 MW Erzeugungskapazität gegenüber 32 MW Netzkapazität
- ❗ Nur PV wird bei Überschreitung der Netzanschlussgrenze gedrosselt
- ❗ 2,3 % der PV-Kürzung erwartet
- ❗ Der Netzbetreiber erlaubt eine Überbauung der Netzkapazität mit bis zu 52 MW
- ❗ Der Windpark und der Solarpark haben in etwa die gleiche Kapazität



Angepasstes Kabeltrassen- und Zählerkonzept: Wind - PV - Hybrid

Nutzung der gemeinsamen Infrastruktur

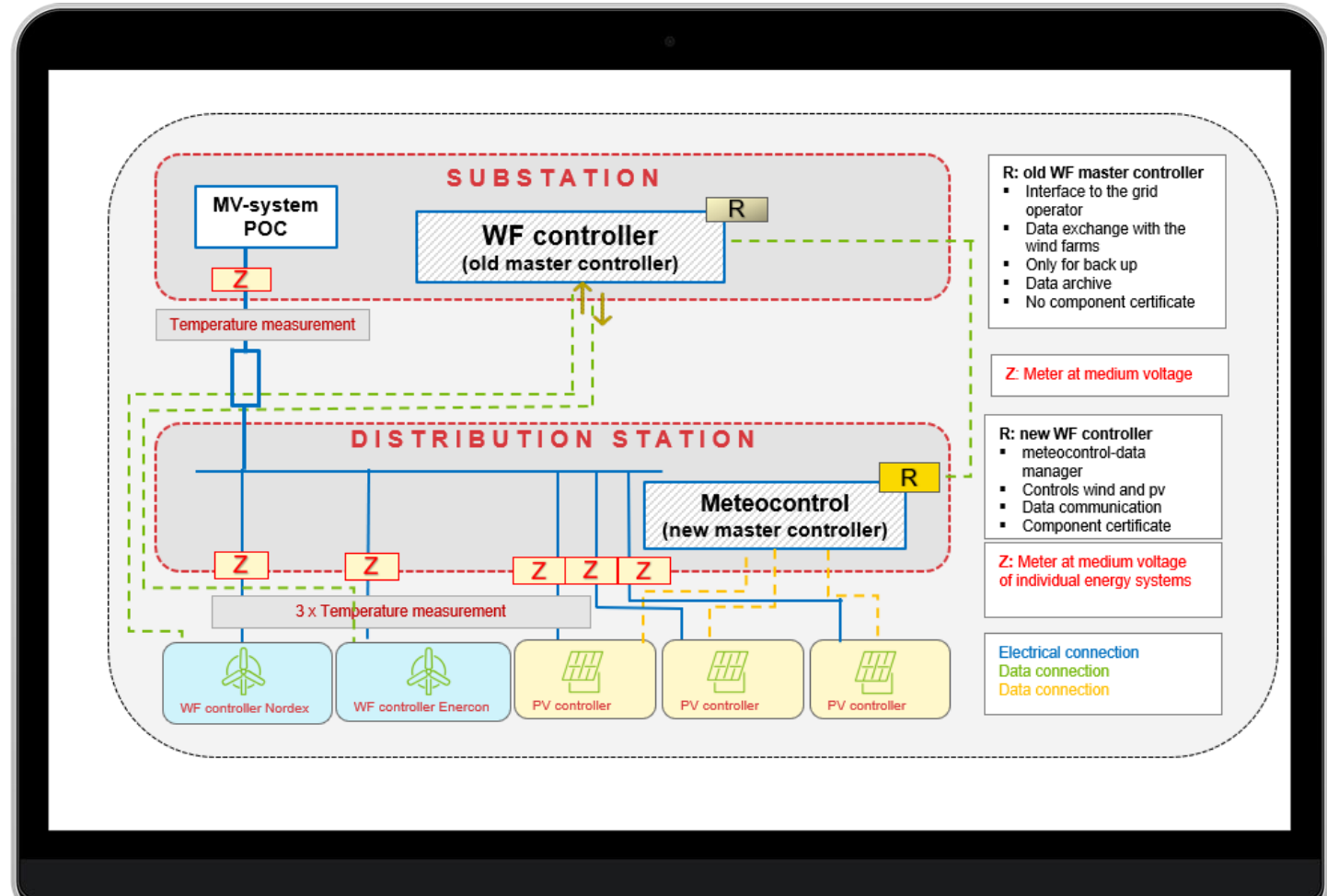
■ Das 7 km lange Mittelspannungskabel zwischen der Verteilerstation und dem Umspannwerk

- Die Begrenzung der Leistung am PoC wird durch den Netzbetreiber bei " $I < 1000 \text{ A}^*$ " festgelegt.
- Nach der Inbetriebnahme des zweiten Bauabschnitts von weiteren 10 MWp PV (insgesamt 20 MWp) sind geringfügige Beeinträchtigungen durch Überschreitung der Netzanschlussgrenze zu erwarten.

■ Anpassungen nach der 2. und 3. Bauphase

- Der 2. und 3. Abschnitt mit weiteren 10 MWp und 6,6 MWp PV wurden an das bestehende Umspannwerk der ersten PV-Anlage angeschlossen.
- Der Windpark hat einen Einspeisevorrang und wird von möglichen Kürzungen nicht betroffen sein.

Gemeinsame Kabel





Abläufe und Genehmigungen

Netzanschlussvertrag

- Nach der EEG-Verordnung ist der Netzbetreiber verpflichtet, den Anschluss von Erneuerbare-Energien-Anlagen an das Netz zu priorisieren
 - **Das Verfahren** zur Beantragung des Anschlusses einer PV-Anlage an einen gemeinsamen POC ist **unabhängig von der "Hybridisierung"** und folgt dem jeweiligen Standardprozess des Netzbetreibers
 - Der Netzbetreiber hat nach Beantragung des Netzanschlusses acht Wochen Zeit für eine Antwort
- **Ein neuer Netzanschlussvertrag** wird abgeschlossen, um die PV-Anlage in den bestehenden Vertrag aufzunehmen.



Genehmigung der PV – Anlage

- Im Gegensatz zu anderen Bundesländern ist in Bayern für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen nur ein Bebauungsplan erforderlich. Eine Baugenehmigung ist nicht erforderlich.
- Andererseits musste für den Bau der **Verteilerstation** eine **Baugenehmigung** beantragt werden, da sie einen umbauten Raum von > 40 m³ hat.
- In Deutschland gibt es keine Abstandsregelungen zwischen den Modulen der PV-Anlage und den Windkraftanlagen.



Erhebliche Kosten- und Zeiteinsparungen realisiert



400 k€ Kosteneinsparungen konnten erzielt werden

- 7 km Kabeltrassen konnten eingespart werden -500 k€
- Planungs- und Ausgleichskosten für die Kabeltrasse vermieden -50 k€
- Kein zusätzlicher Netzanschluss am Umspannwerk erforderlich -150 k€
- Zusätzliche Kosten für notwendige Anpassungen +300 k€



PV-Anlage 6 Monate schneller als üblich in Betrieb genommen

- Planungs- und Bauzeit für Kabeltrassen wurden vermieden

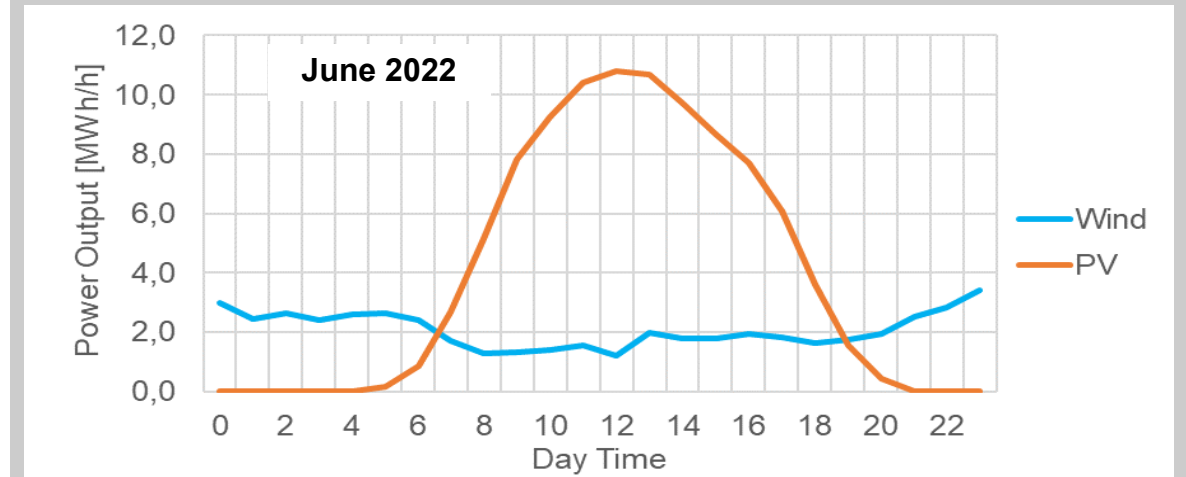


Wichtige Erkenntnisse und Komplementarität der Erzeugungsprofile

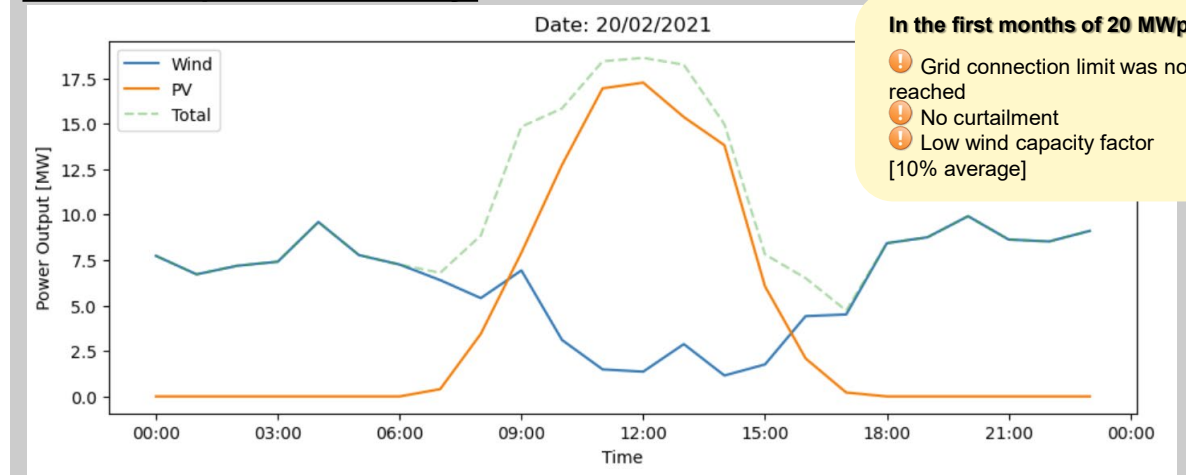
Feststellungen:

- Durch erhebliche Kosteneinsparungen konnten die PV-Anlagen realisiert werden
- Die Nutzung einer gemeinsamen Infrastruktur in Bezug auf die Steuerungstechnik (Parkcontroller) und die gemeinsame Nutzung der Kabelinfrastruktur ist möglich
- Die Komplementarität der Lastprofile ermöglicht eine optimierte Nutzung der Netzkapazität, wobei die Abregelung der PV-Produktion sehr gering bleibt

Average daily profiles:



Generation profile of one day:





3

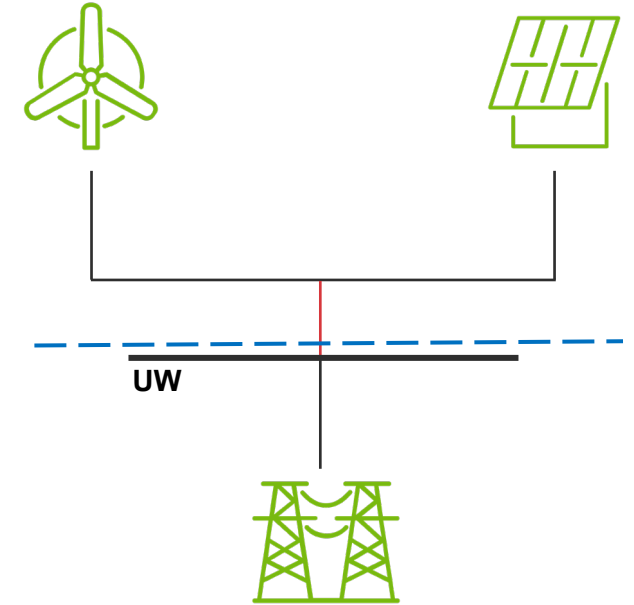
Case Study Wilhelmshöhe



Motivation: Forschungsfrage

Welche maximale **Kabelbelastbarkeit** ergibt sich bei einem Wind-PV-Hybridpark unter Berücksichtigung von Lastdaten?

Wie viel Leistung muss ggf. **abgeregelt** werden?



Netzanschluss Wind-PV-Hybridpark

UW: Umspannwerk

— Grenze zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber



Modellierung der Lastprofile des Wind-PV-Hybridparks

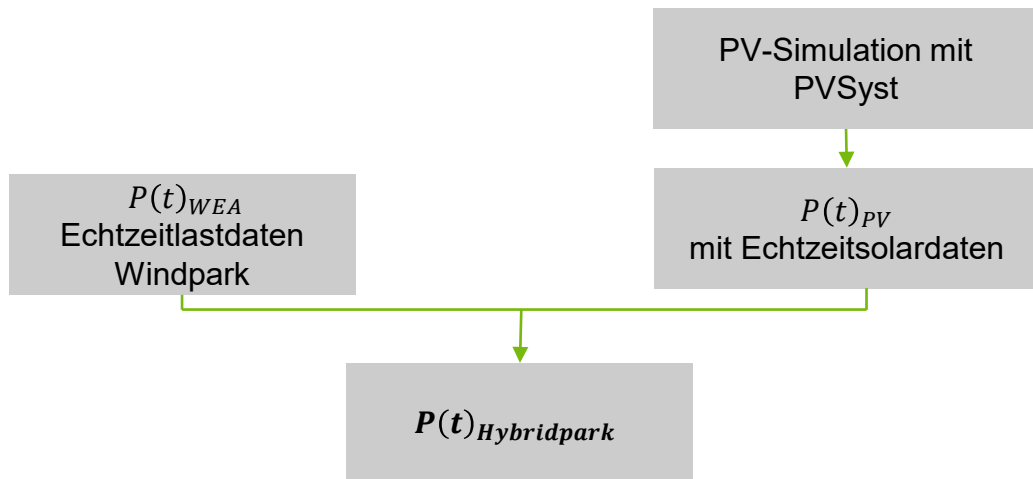
- **Stündliche Windlastdaten:**

Windpark Wilhemshöhe II der BayWa r.e. Wind GmbH

- **Stündliche PV-Lastdaten:**

Simulation mit PVSyst

- **Messung** der horizontalen Globalstrahlung [W/m²] und der Außentemperatur [° C]



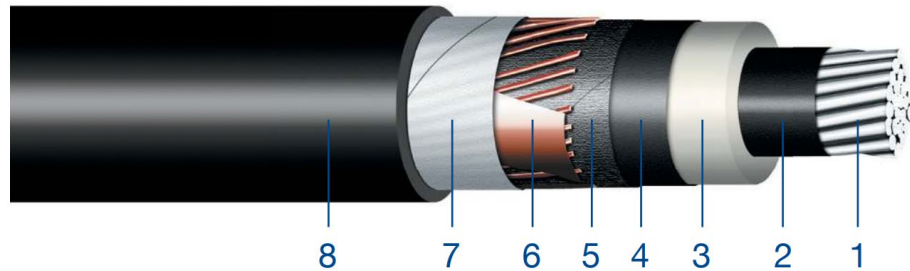
Mobile Messstation
„BaySolaris“



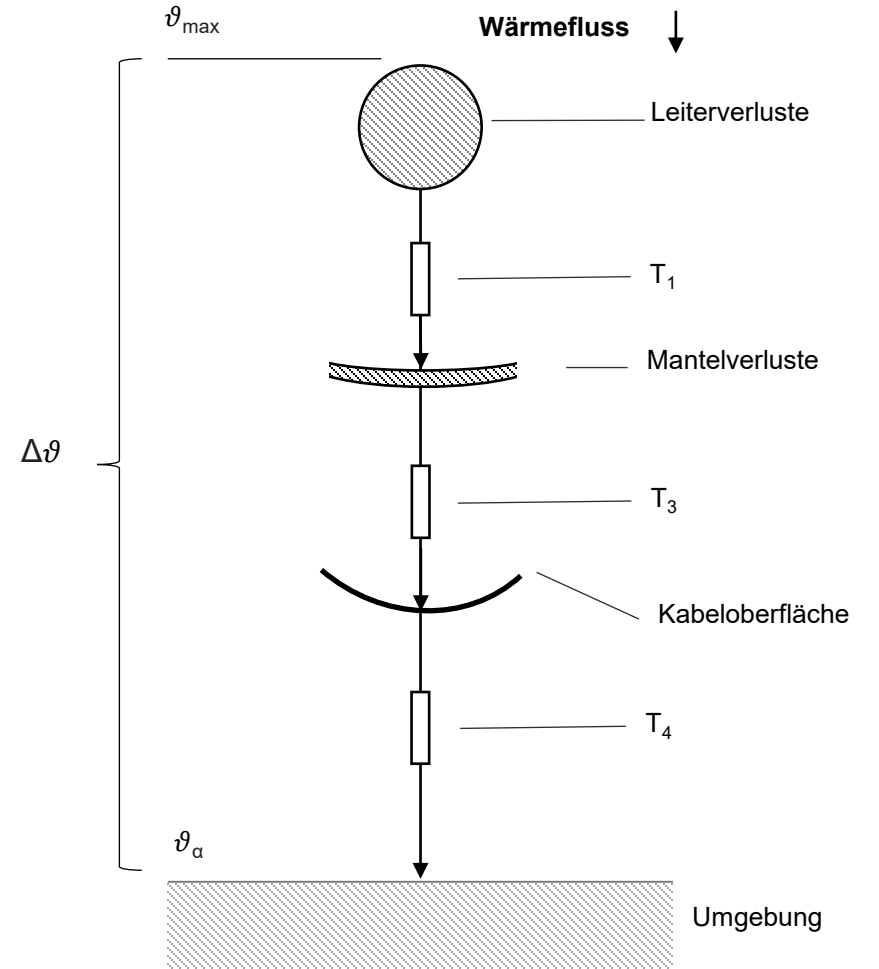
Thermische Belastung von Kabeln

Wenn Strom durch ein Kabel fließt, erwärmt es sich nach einer gewissen Zeit:

- Der maximale Strom bzw. die Kabelbelastbarkeit wird in Abhängigkeit der Verluste und der thermischen Widerstände (+weitere Faktoren) berechnet.



- 1: Leiter
- 2: innere Leitschicht
- 3: Isolierung
- 4: äußere Leitschicht
- 5-7: zusätzliche Schichten
- 8: Mantel

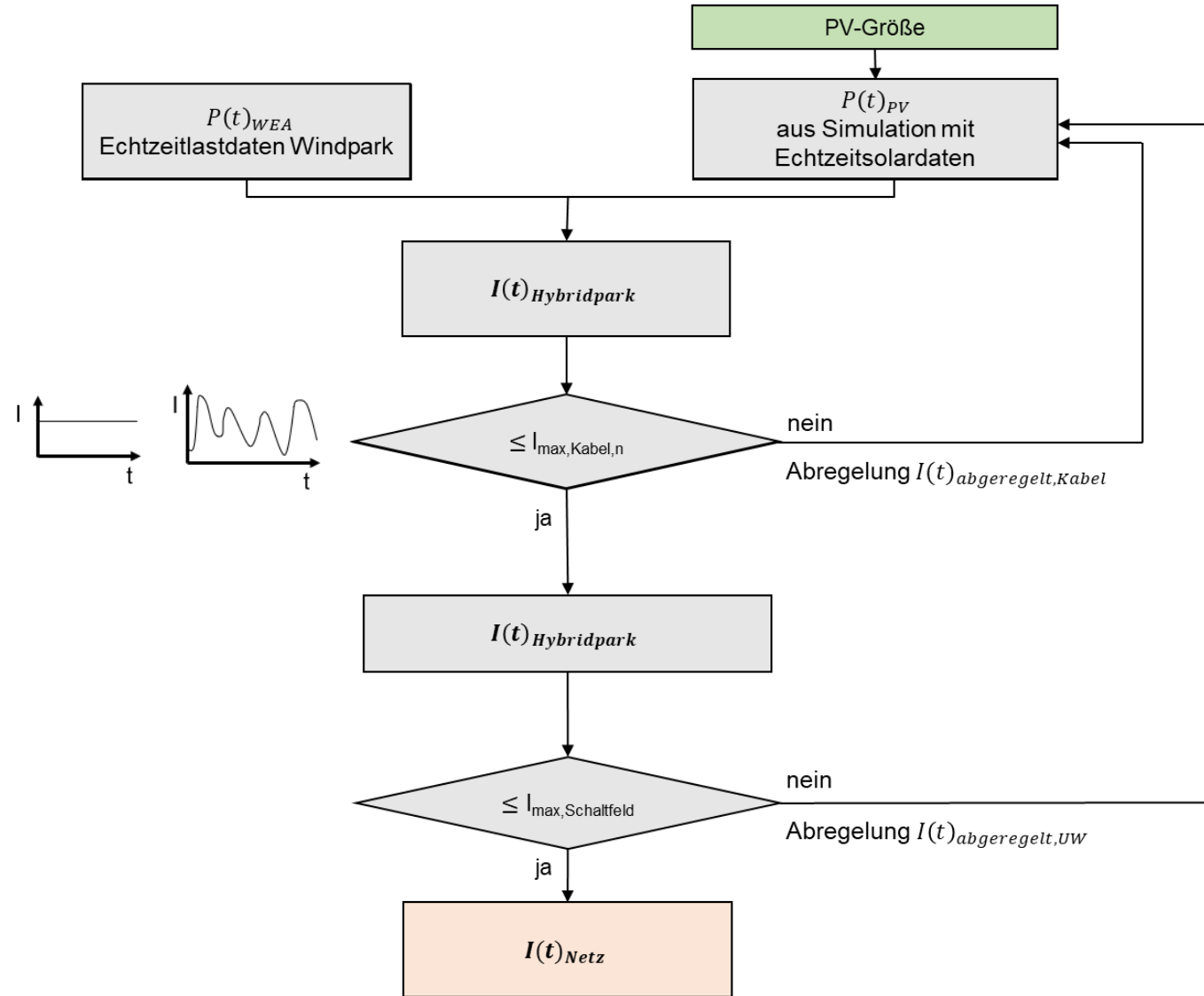


T_1, T_3, T_4

Thermische Widerstände in den Kabelschichten [Km/W]



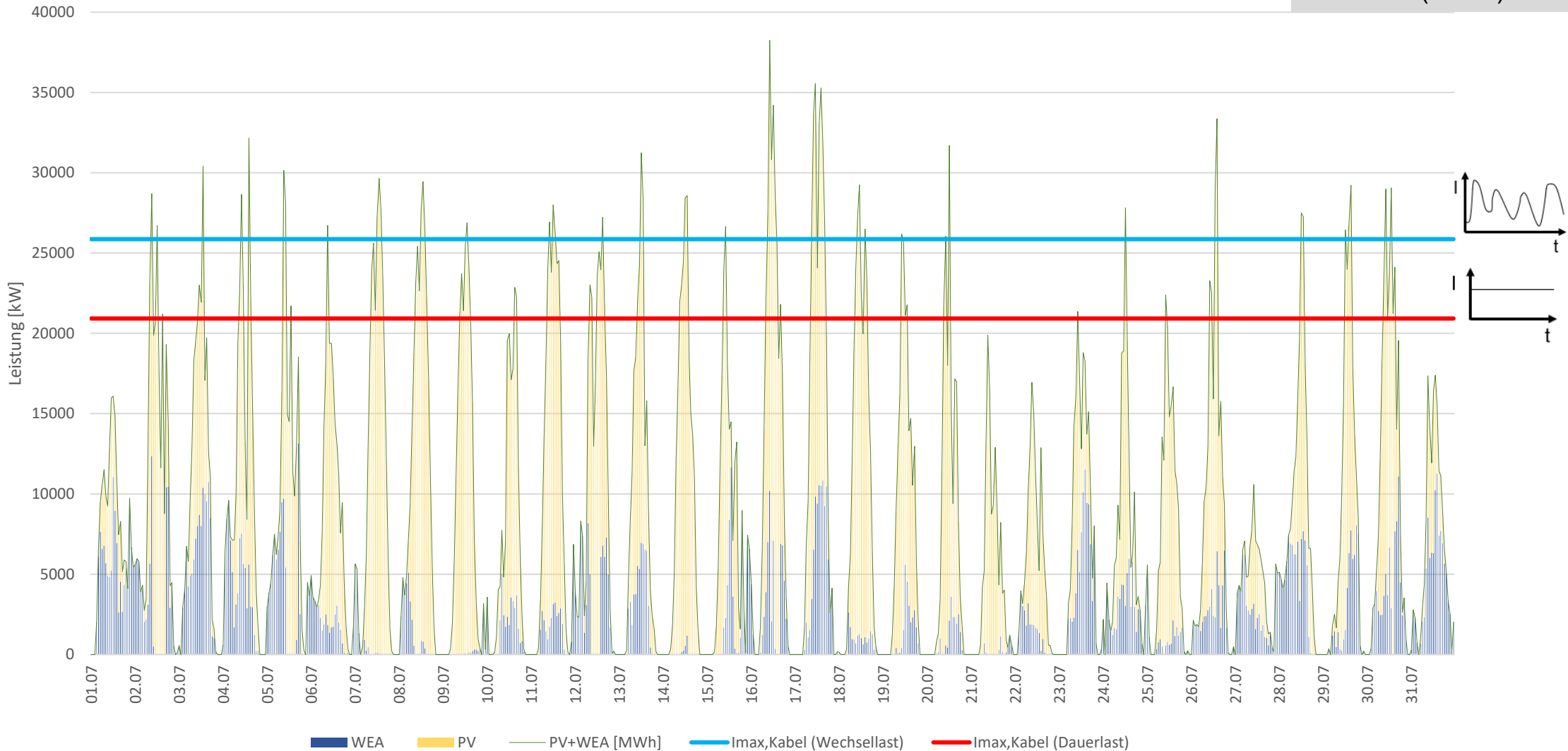
Abregelung: Wie viel Leistung muss abgeregelt werden?





Abregelung im Juli 2023 mit Echtzeitlastdaten

PV: 35 MWp + Wind: 13.5 MW
blaue Linie (541 A): 4%
rote Linie (438 A): 12%

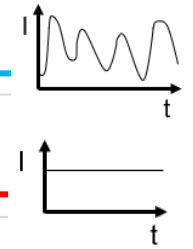
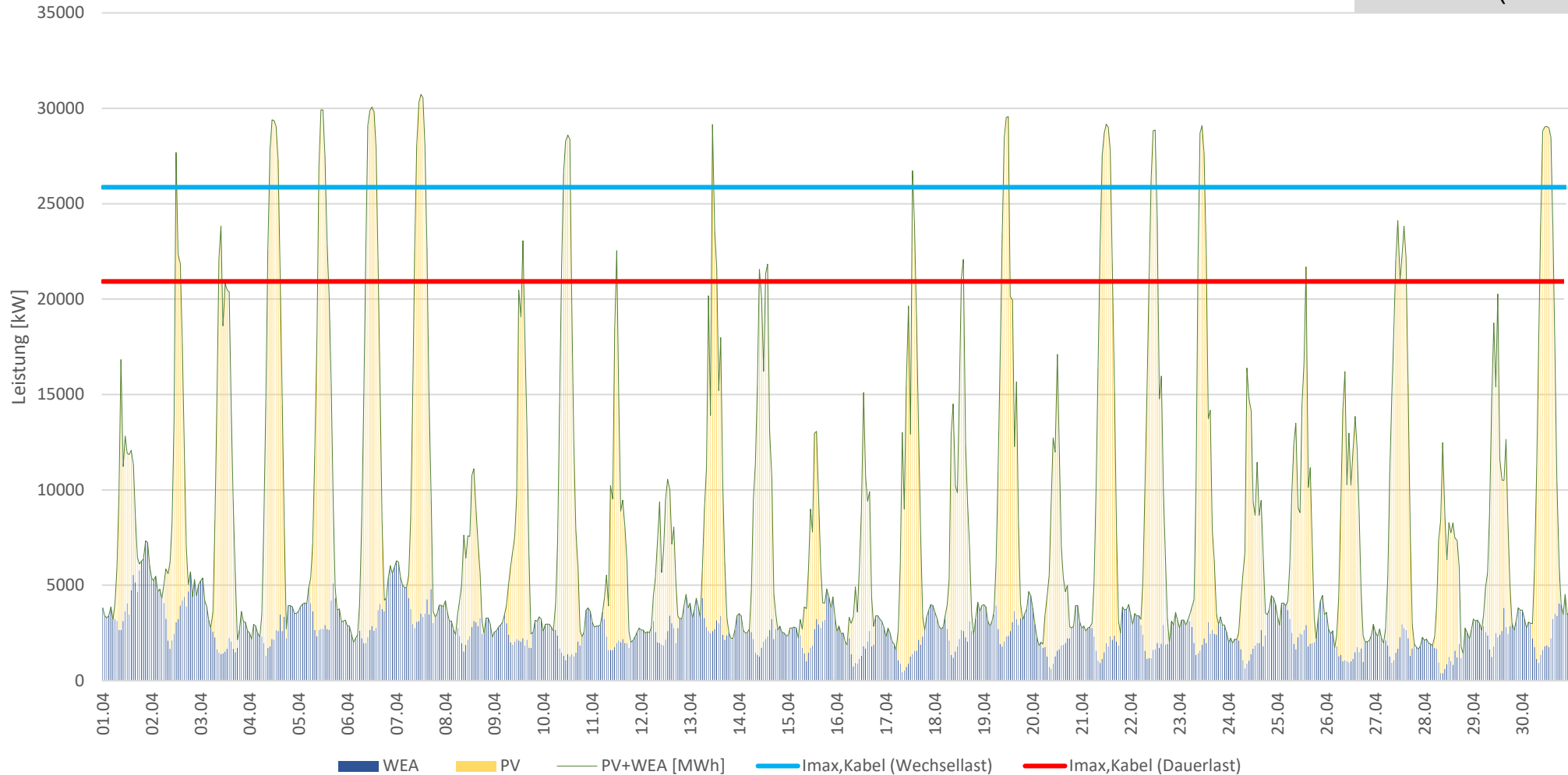


VDE



Abregelung mit modellierten Lastdaten (1 Jahr)

PV: 35 MWp + Wind: 13.5 MW
blaue Linie (541 A): 2%
rote Linie (438 A): 8%



VDE



Zusammenfassung

Durch die Integration einer PV-Anlage in einem bestehenden Windpark (Wind-PV-Hybridpark) kann das **Kabel** optimal ausgenutzt und schließlich eine höhere **Einspeiseenergiemenge** erreicht werden.



Fragen?



Vielen Dank

Marcus Kosel

Teamleader Grid Connection
and Hybrid Projects
marcus.kosel@baywa-re.com



Copyright

© Copyright BayWa r.e. AG, 2023

The content of this presentation (including text, graphics, photos, tables, logos, etc.) and the presentation itself are protected by copyright. They were created by BayWa r.e. AG independently.

Any dissemination of the presentation and/or content or parts thereof is only permitted with written permission by BayWa r.e. Without written permission of BayWa r.e., this document and/or parts of it must not be passed on, modified, published, translated or reproduced, either by photocopies, or by others – in particular by electronic procedures. This reservation also extends to inclusion in or evaluation by databases. Infringements will be prosecuted.