



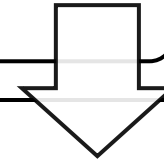
# VESE Online-Treff

28. Januar 2026

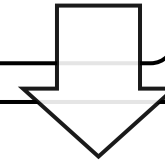
Pascal Mühry-Städeli

# Inhalt

Theorie: Regelenergie, Flexibilität



Anwendung



Wo stehen wir heute

# Inhalt

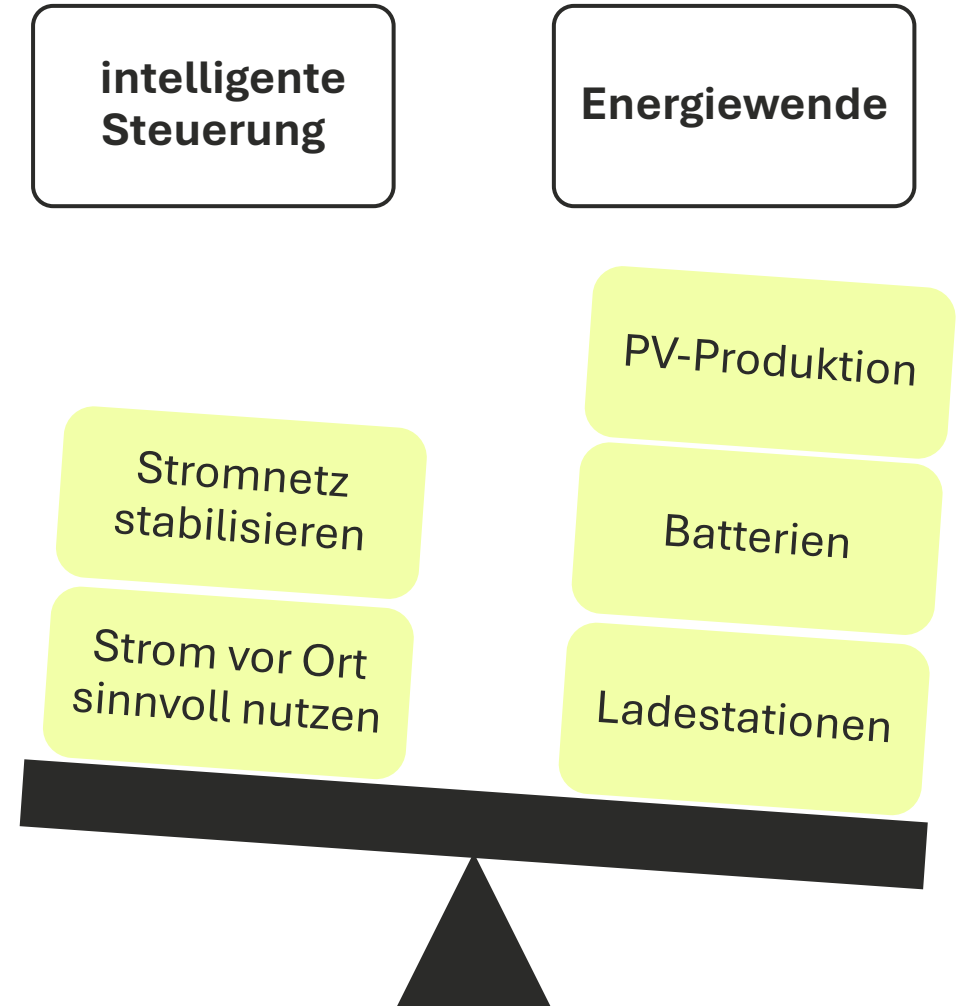
Theorie: Regelenergie, Flexibilität

Anwendung

Wo stehen wir heute

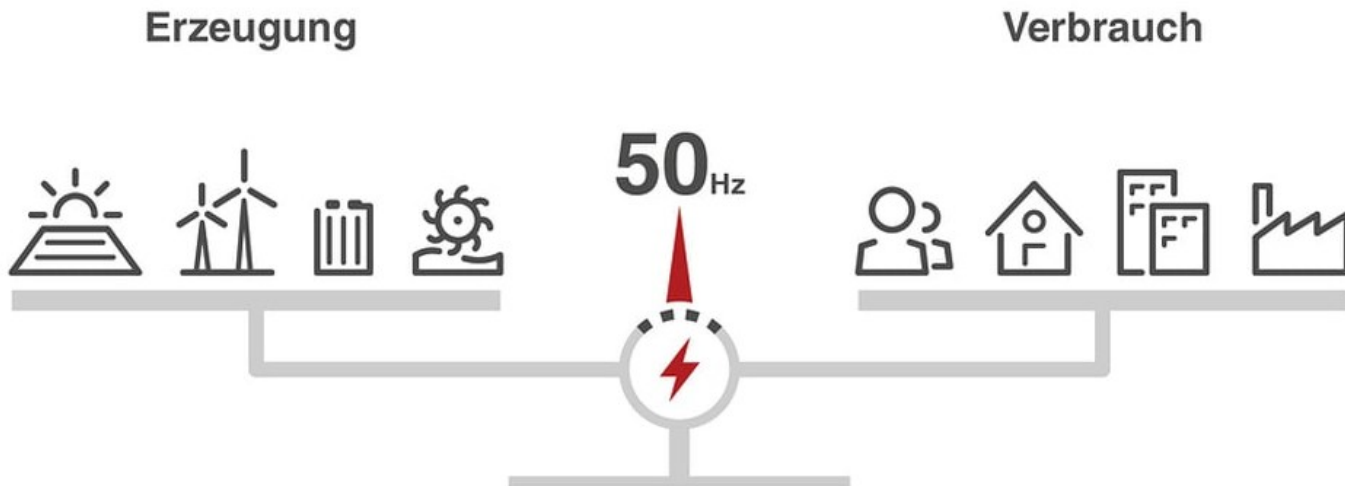
# Wieso braucht es neue Lösungen?

- Bereits 14%, **ca. 9 GW**, Strom aus Photovoltaikanlagen
- Bis 2035
  - 35 Terawattstunden TWh Solarstrom, ca. 40 GW
  - Aber das **Netz erträgt maximal 15 GW!**
- Die Zeit, in welcher man **blind Solarstrom einspeisen** konnte, **ist vorbei!**
- Bisher: Energieversorgungsunternehmen mussten 100% der Solarleistung ans Netz anschliessen
- NEU: müssen sie nur noch **70% der DC-Leistung** zulassen



# Regelenergie (Systemdienstleistungen)

Um Netzstörungen zu vermeiden, muss jederzeit **genau so viel Strom** erzeugt und eingespeist werden, **wie aktuell verbraucht** wird.



- Für eine stabile Stromversorgung muss die Netzfrequenz im schweizerischen Verbundnetz stets **50 Hertz (Hz)** betragen.
- Sind Stromeinspeisung und -entnahme aus dem Gleichgewicht, wird die Netzfrequenz gestört: Stromausfälle drohen!
- **Swissgrid**, der Übertragungsnetzbetreiber der Schweiz (ÜNB), ist dafür verantwortlich, dass das Gleichgewicht gewahrt wird und eine stabile Stromversorgung gewährleistet ist.

# Regelmarkt

- Verschiedene Stufen für Regelleistung
  - **Primär**: erste Sekunden [PRL]
  - **Sekundär**: erste Minuten [SRL]
  - **Tertiär**: ab 15 Minuten bis mehrere Stunden [TRL]
- Neu:
  - zusätzlich Stundenweise Angebote für Solaranlagen möglich, sogenannte „Freebids“
  - **PV-Abregelung**, auch PV4Balancing oder PVFlex genannt, SRE-

## Swissgrid geht beim Regelennergieeinsatz in drei Stufen vor



**Primärregelung:**  
0,5 min nach Ausfall

- Wird in Sekundenschnelle **automatisch** generiert durch die Generatoren
- Schnelle Reaktion aufgrund Frequenzmessung bei den Kraftwerken
- **europaweit**



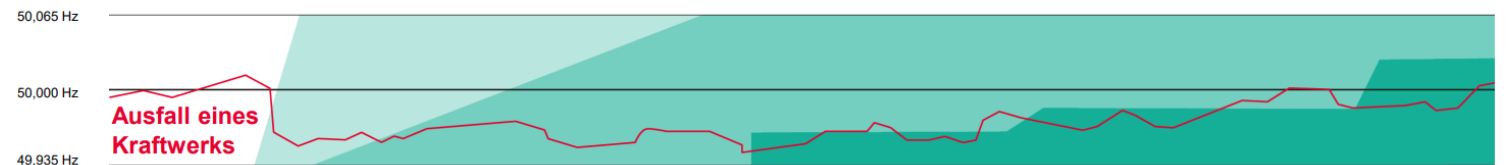
**Sekundärregelung:**  
5 min nach Ausfall

- Wird **automatisch** durch den zentralen Netzregler bei Swissgrid aktiviert
- Messungen an den Schweizer Grenzleitungen
- **schweizweit**



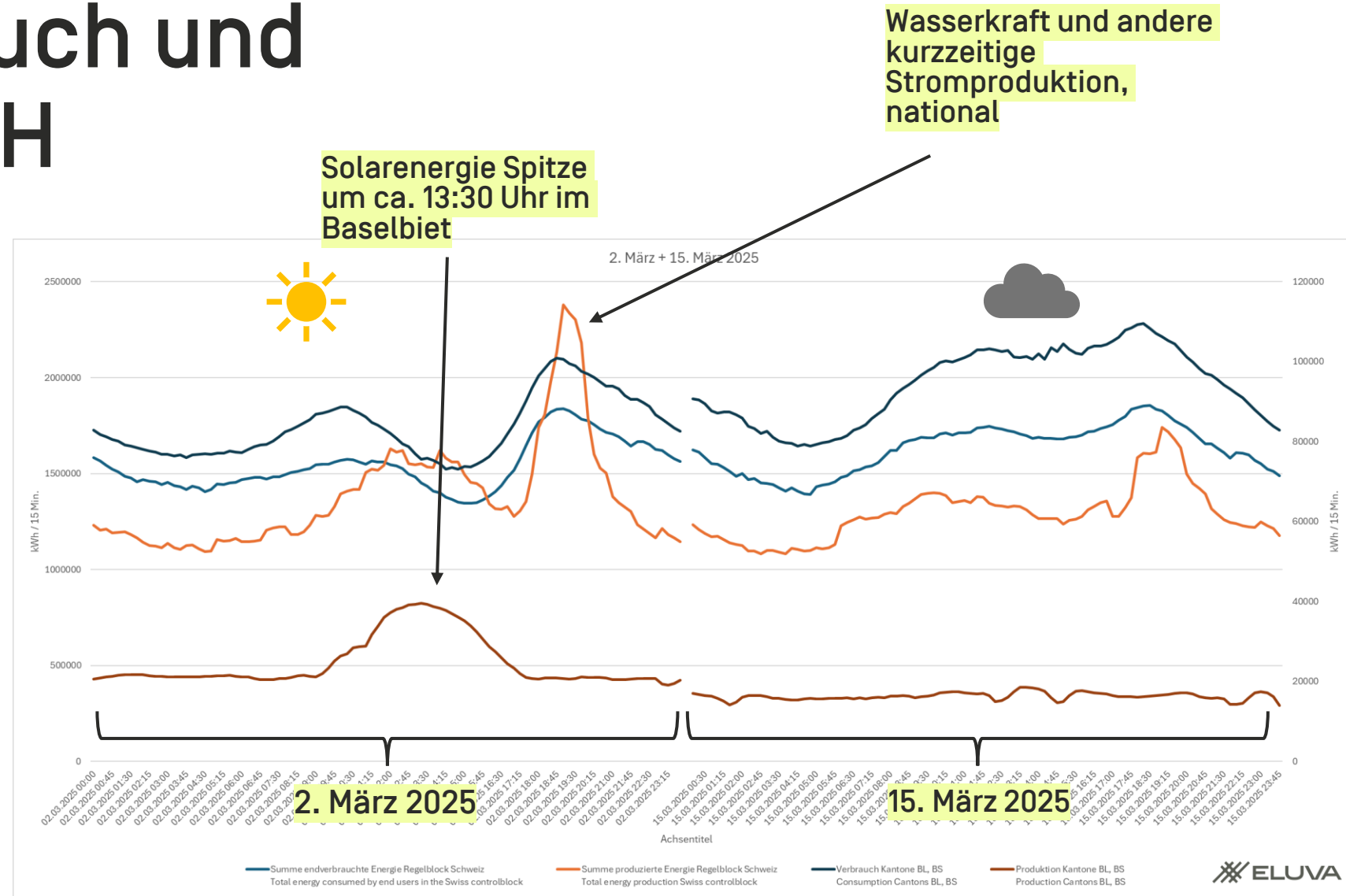
**Tertiärregelung:**  
15 min nach Ausfall

- Wird durch **den Operateur aktiviert**
- Bei grösseren und längeren Abweichungen
- Verträge mit **einzelnen Anbietern** im Ausland



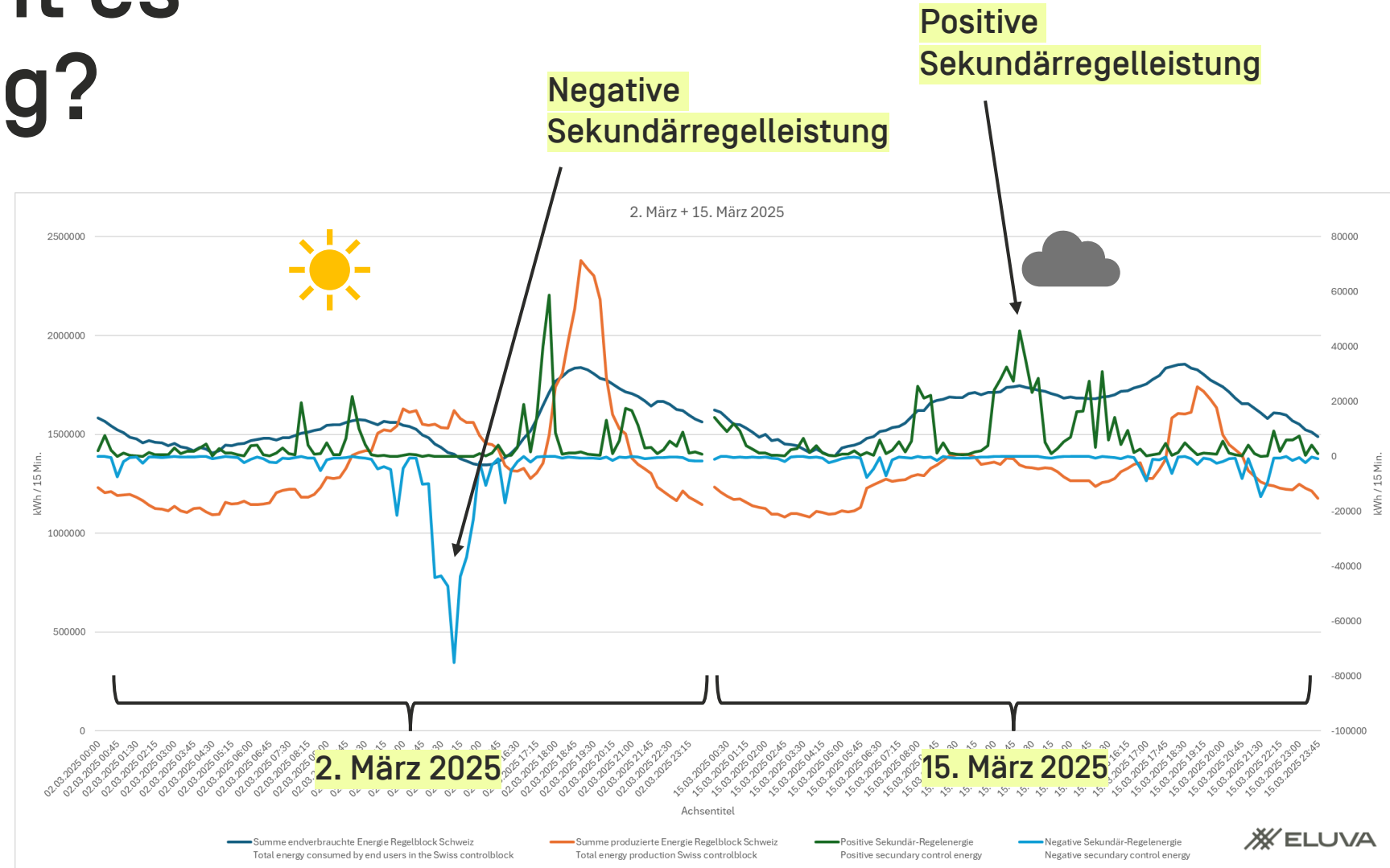
# Stromverbrauch und Produktion CH

- Farbe Grafik:  
**Verbrauch**, **Produktion**
- **Verbrauch** abends am höchsten.  
Zunahme in Zukunft aufgrund **Ladestationen**
- Mittags weniger Stromverbrauch wegen lokalem Solarstrom
- Verbrauch-Peaks um 10:00 und 19:00
- Abends Produktion durch Wasserkraft auf nationaler Ebene
- BL / BS hingegen doppelt so hohe PV-Peaks im Verhältnis zur sonstigen Produktion, dafür keine Wasserkraftwerke



# Wieso braucht es Regelleistung?

- Gleiche Tage, **Verbrauch**, **Produktion**
- **Solarstrom ist schwierig prognostizierbar**, schwankt stark
- An sonnigen Tagen massive negative Regelleistung notwendig (hellblau), Peak um 14:00 Uhr
- Positive Regelleistung jeweils bei Sonnenauf- und -untergang
- Link Swissgrid:  
<https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/grid-data/generation.html>





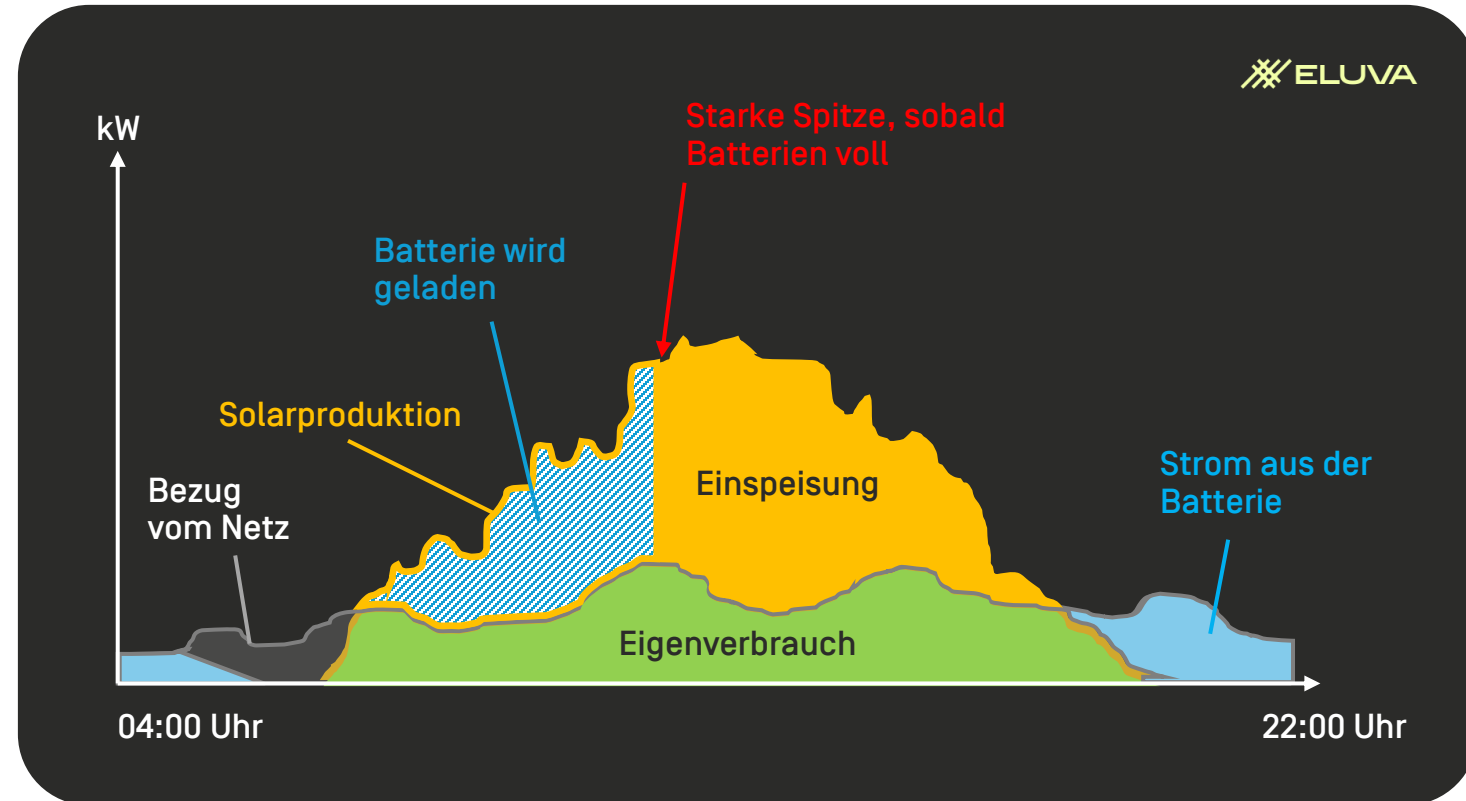
# Lokale Flexibilitätsvermarktung

- In der Schweiz sind 47 Bilanzgruppen aktiv, 16 davon haben eigene Messpunkte. [Stand 27.01.2026]
- Bilanzgruppen betreiben Stromhandel und kaufen bis zu 3 Jahre voraus Strom ein [«hedging»]
- Liegt der tatsächliche Stromverbrauch neben der Prognose [praktisch immer], muss kurzfristig [intraday] Strom gekauft und verkauft werden und es muss Ausgleichsenergie eingekauft werden
- Lokale Kraftwerke können die Bilanzgruppe optimieren, wenn sie «long» oder «short» ist, und die Abweichung zur Prognose verkleinern. Dafür werden sie vom Bilanzgruppenbetreiber entschädigt.
- Batterien können also zur Bilanzgruppenoptimierung eingesetzt werden

Quelle:  
<https://www.swissgrid.ch/de/home/customers/topics/bgm/bg-list/bg-active.html>

# Exkurs: Schadet Solarstrom dem Netz?

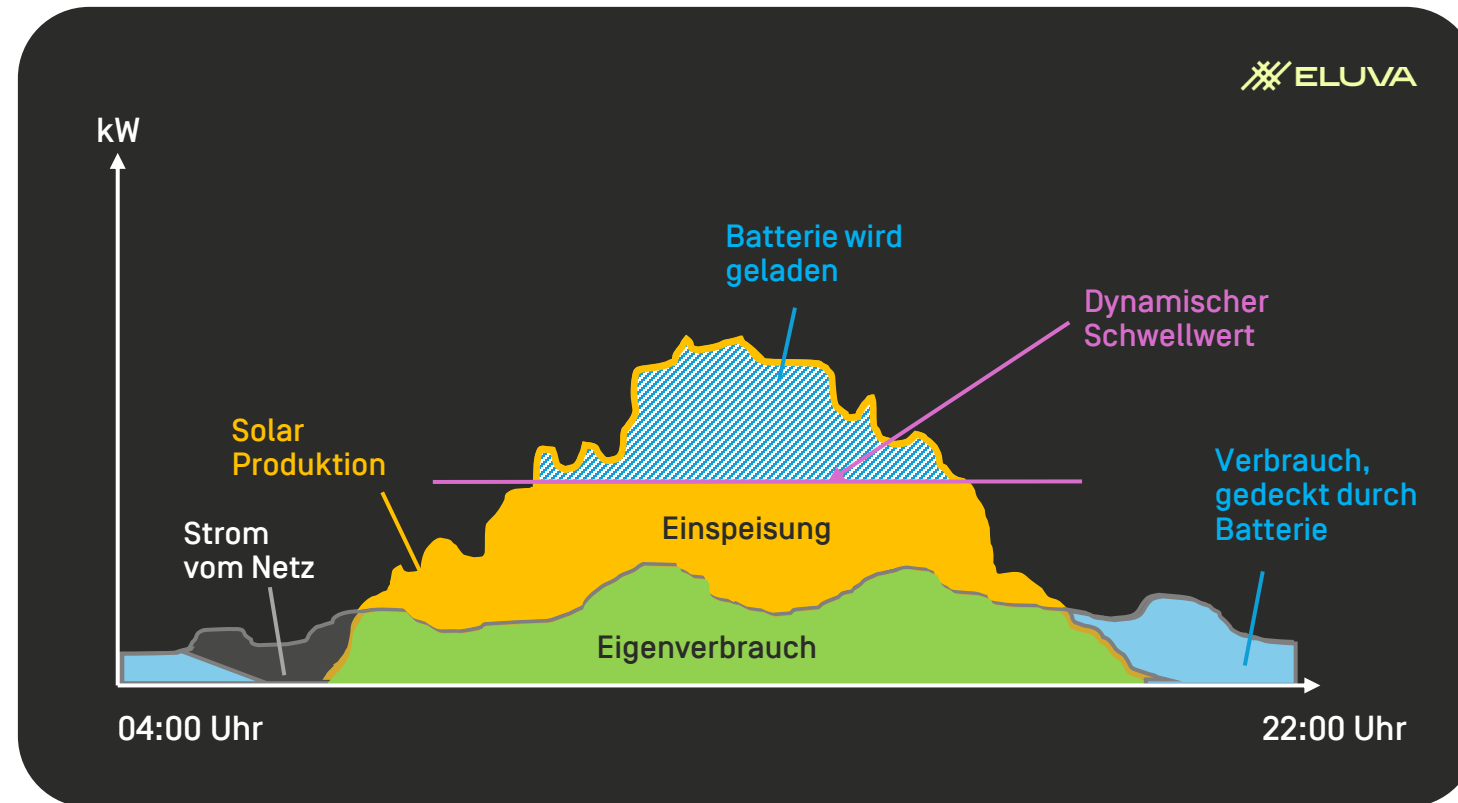
- Ohne Steuerung belasten Solaranlagen das Netz
- Heute: Batterieladung vormittags, einspeisen nachmittags
- Sprunghaften Belastung des Netzes!
- ohne Steuerung:  
Solarstrom = Flatterstrom



# Erst moderne EMS lösen das Problem

- Vorteile:

- Netz wird weniger belastet
- Schonendere Batterieladung
- Prognosebasierte Automationen

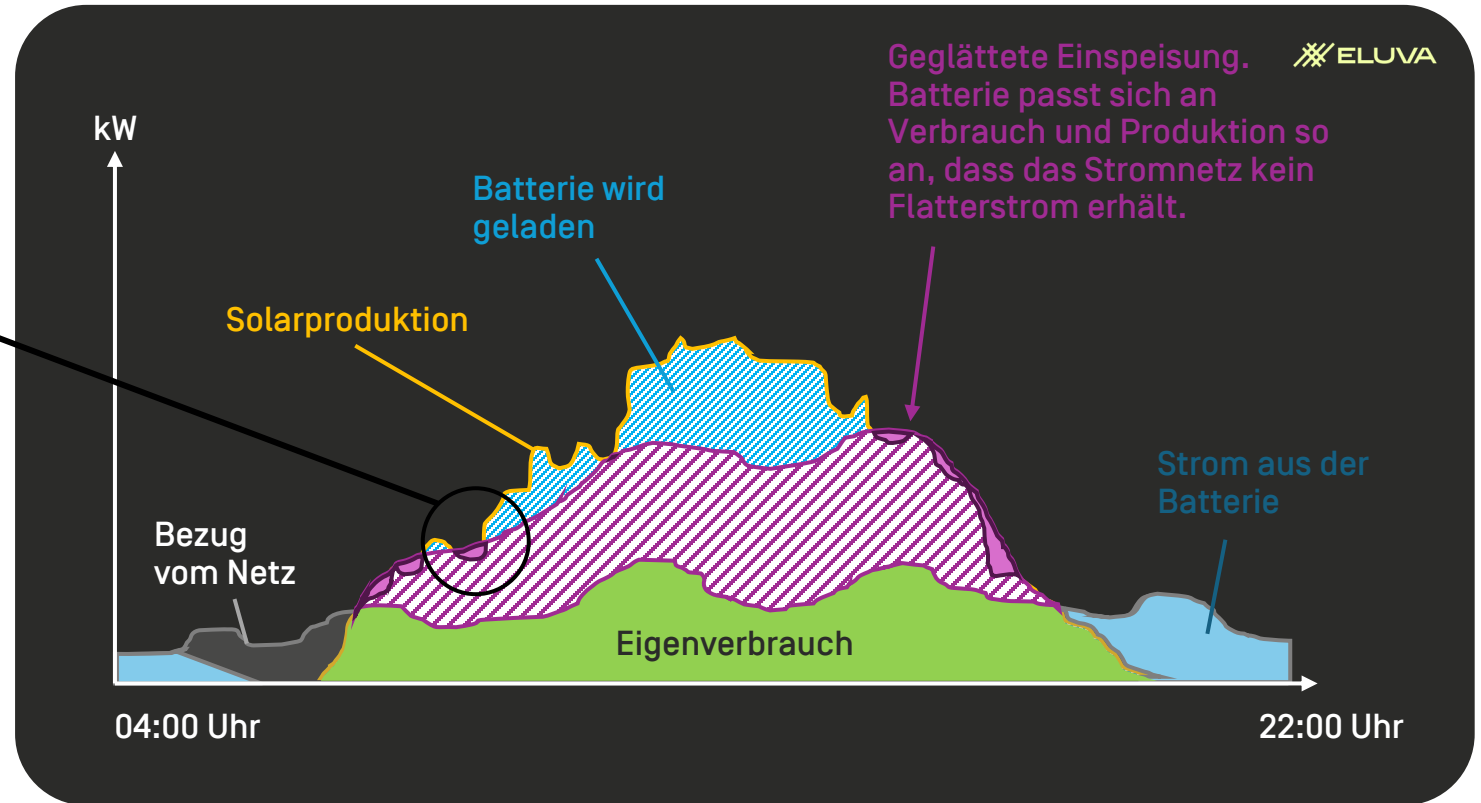
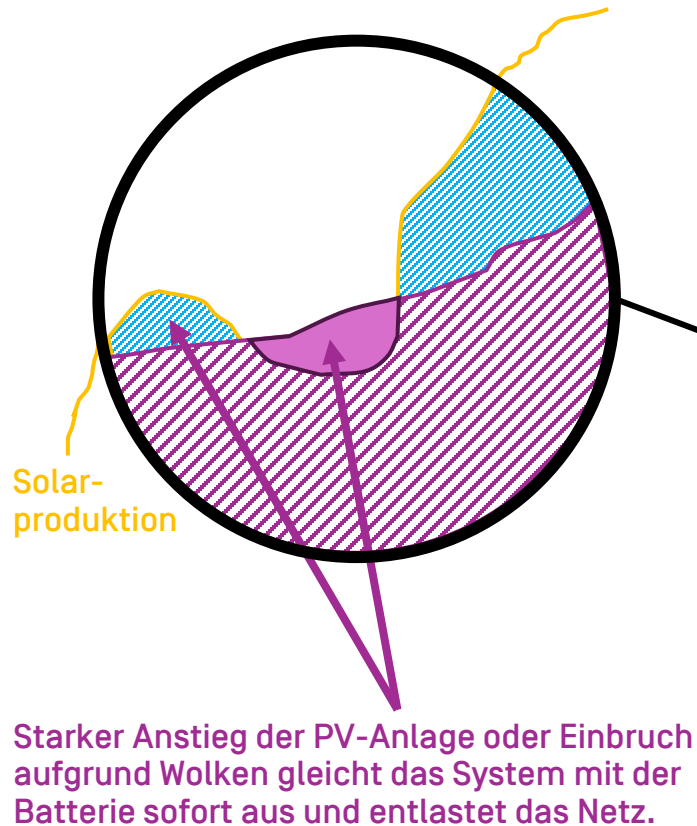


# Ein erneuerbares Stromnetz funktioniert

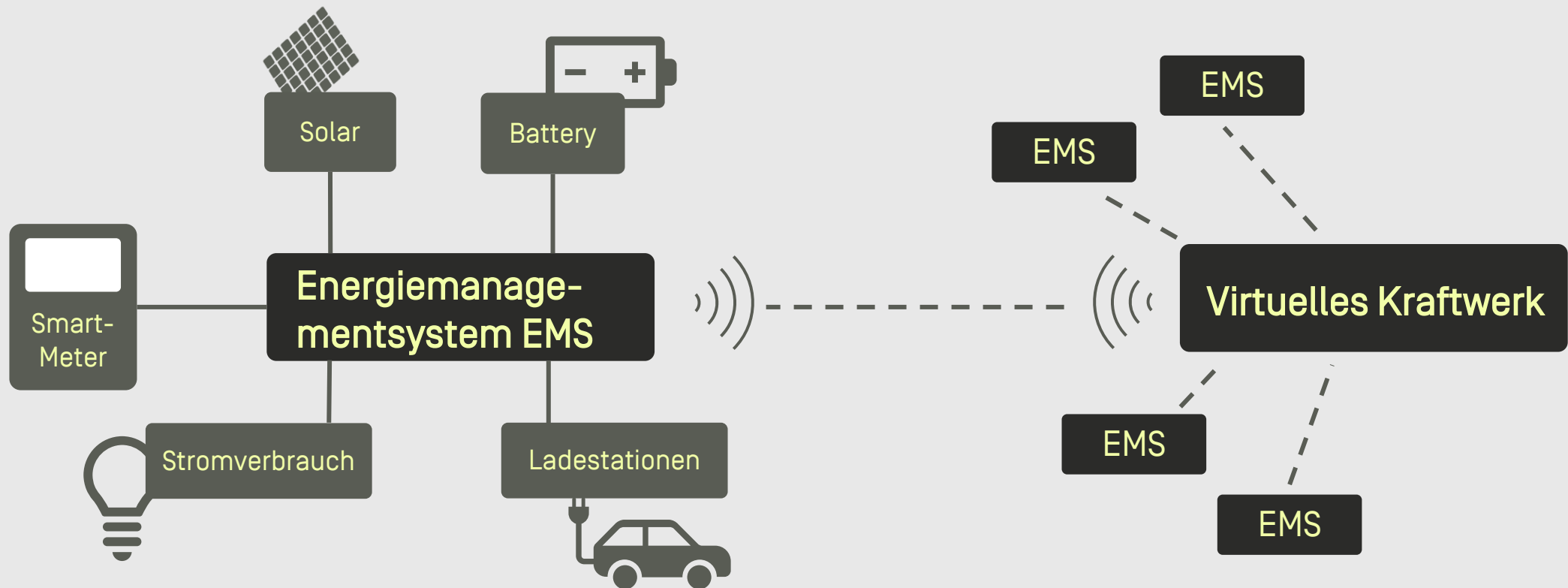


- Prognosen sind nie perfekt
- Flexibilitäten können vermarktet werden und das Netz lokal und national stabil halten:
  - Batterien zur Zwischenspeicherung
  - Kurzzeitige Abschaltung von Solaranlagen
  - An- oder Ausschalten von Verbrauchern wie Kühlaggregate, Heizungen usw.
- *Kontrollierbarer Solarstrom ist mehr wert als unregelmäßiges Einspeisen!*

# Zukunft: Fahrpläne, dynamische Preise und Glätten von Flutterstrom



# Kleine Anlagen werden zu grossen virtuellen Kraftwerken «Virtual Power Plant, VPP»



# Verschiedene Vermarktungen und Erträge

- *Achtung, alle folgenden Angaben sind ohne Gewähr und zeigen lediglich grobe Tendenzen! Andere Organisationen geben möglicherweise andere Erträge an. Dies hängt u.a. von der Vermarktung und dem Gewinnanteil ab.*
- Klassische **Sekundärregelleistung**, positiv und negativ, Vorhaltung und Abrufe, Dauer ca. 5 bis 40 Minuten
  - Ca. 120 bis 150 CHF pro angemeldetem kW und Jahr
  - Auch assymetrische Angebote möglich [SRL+ und SRL- unterschiedliche Leistungen]
- **PV-Abregelung**, ca. 5-15 CHF pro angemeldetem kW und Jahr. Abgeregelter Leistung muss «bewiesen» werden.
- **Freebids**: ähnlicher Bereich wie PV-Abregelung, Abrufe 15 bis 60 Minuten, 4h Blöcke
- **Bilanzgruppenoptimierung**: sehr unterschiedlich, manchmal ähnlich vergütet wie Sekundärregelleistung

# Inhalt

Theorie: Regelenergie, Flexibilität

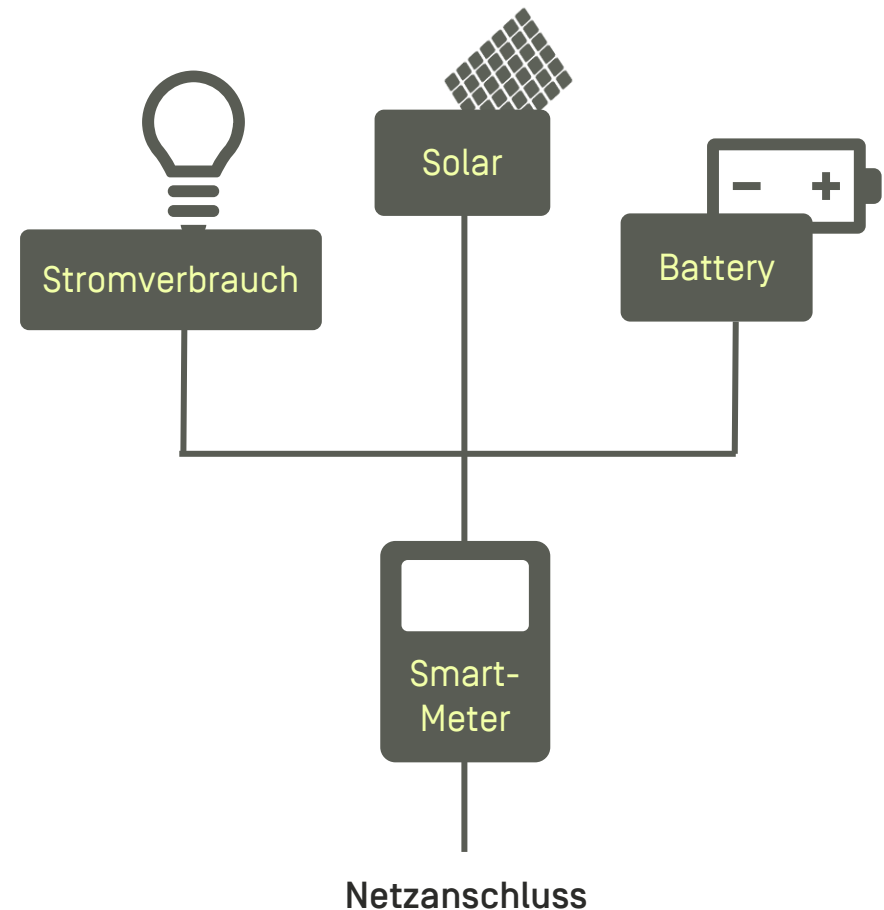
Anwendung

Wo stehen wir heute



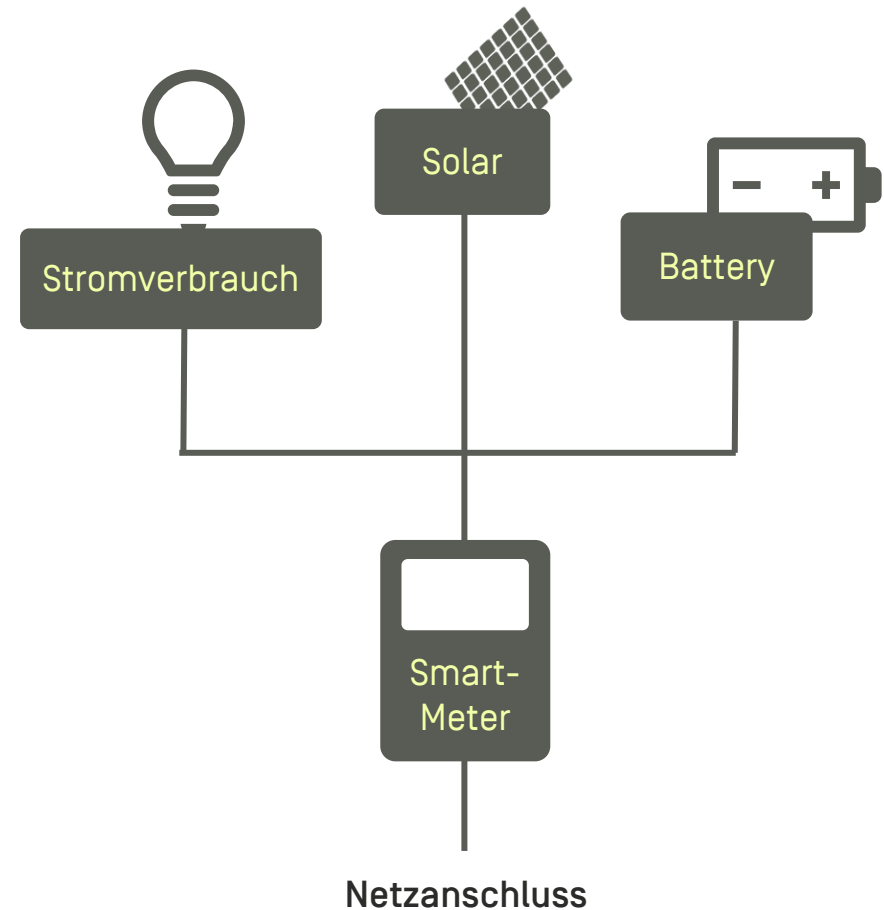
# Anschluss und Messkonzept

- Bekanntlich kann die Netznutzung für Batterien neuerdings zurückgefordert werden [StromVV, NNMV], wenn Strom wieder eingespeist wird.
- Hingegen ist bei Mischformen [Batterien mit Eigenverbrauch] die **Leistungskomponenten [Peaks] aktuell nicht rückerstattbar.**
- Leistungsspitzen müssen Industrien i.d.R. monatlich bezahlt werden. Bis zu 20 CHF / kW.
- **Landwirtschaftliche Betrieben müssen keine Leistungsspitzen zahlen.** Ist der Stromanschluss gross genug, lohnt sich eine grosse Batterie!

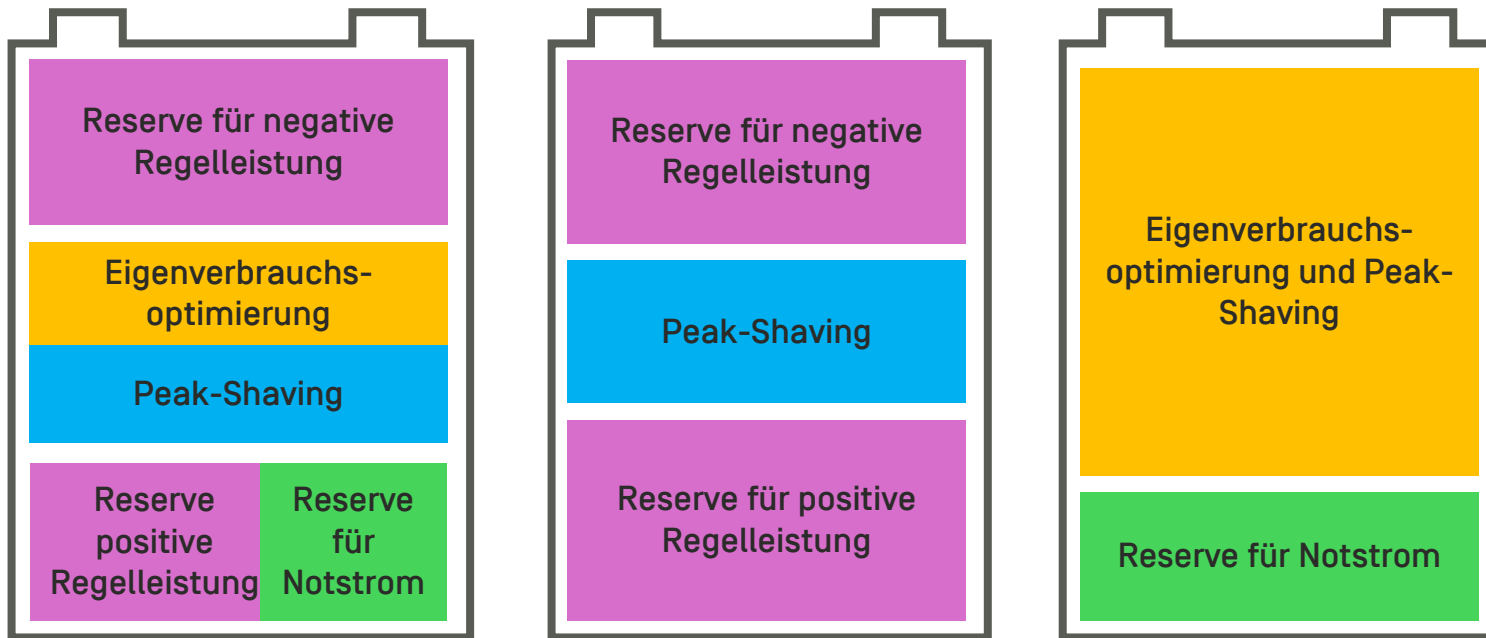


# Mischform

- Alles hinter einem Messpunkt
  - Stromverbrauch Gebäude
  - Photovoltaikanlage
  - Batterie für Eigenverbrauch und Peak-Shaving
- Bei Regelabrufen entstehen somit neue Leistungsspitzen, welche der Strombezüger bezahlen muss. Das reduziert die Wirtschaftlichkeit drastisch.
- Swissgrid und ElCom sind an dieser Problematik dran.



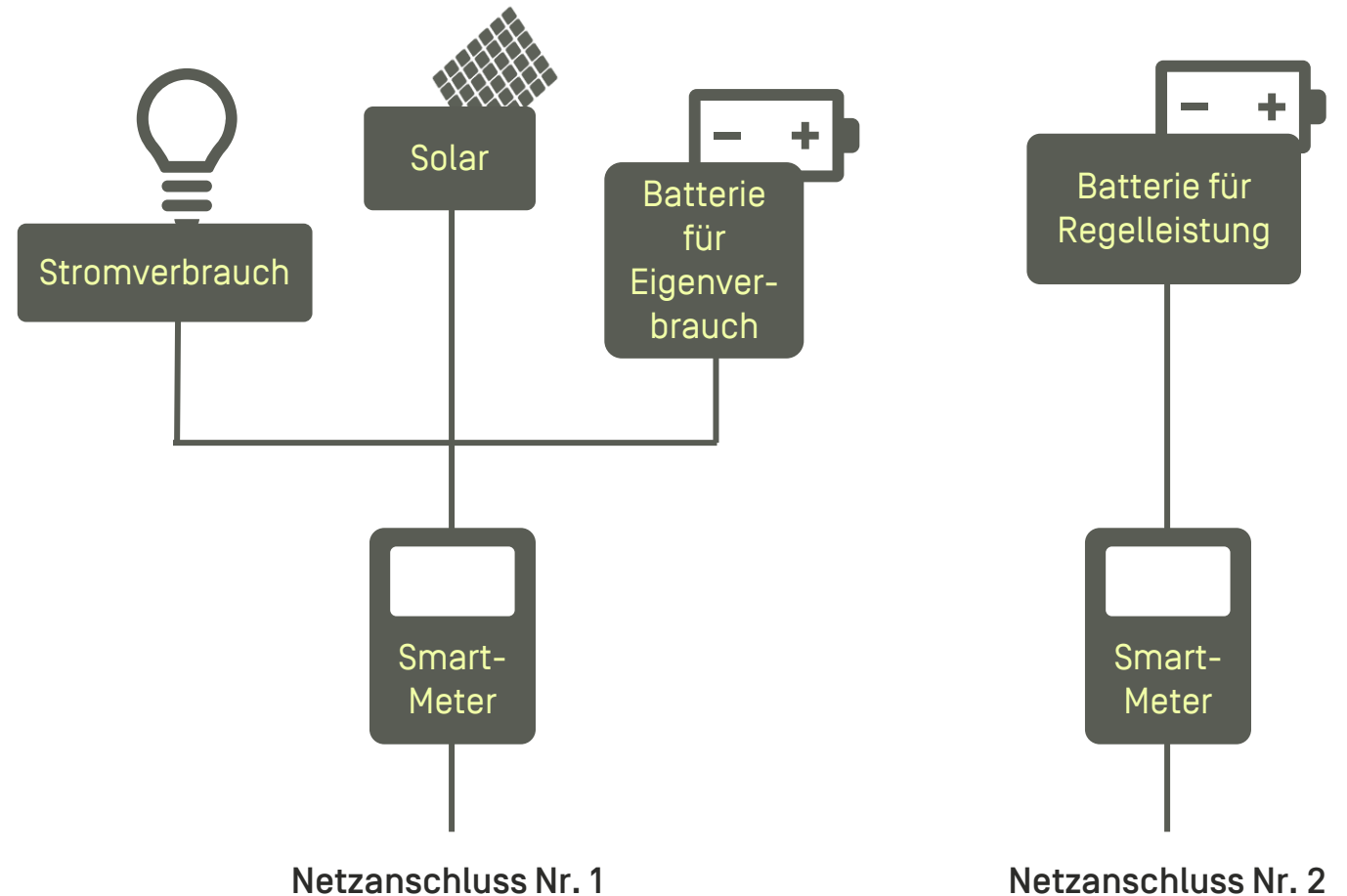
# Virtuelle Einteilung der Batterie



- Mehrere Funktionen innerhalb einer Batterie, «Feature Stacking»
- Grenzen können dynamisch verschoben werden, zum Beispiel saisonal oder wöchentlich
- Ermöglicht maximale Wirtschaftlichkeit einer Batterie

# Alternative: Split-Anlagen

- Abhilfe schafft eine Split-Anlage
- 2 separate BESS:
  1. Batterie für Eigenverbrauchsoptimierung und Peak-Shaving
  2. Batterie für die Regelleistung an separatem Messpunkt

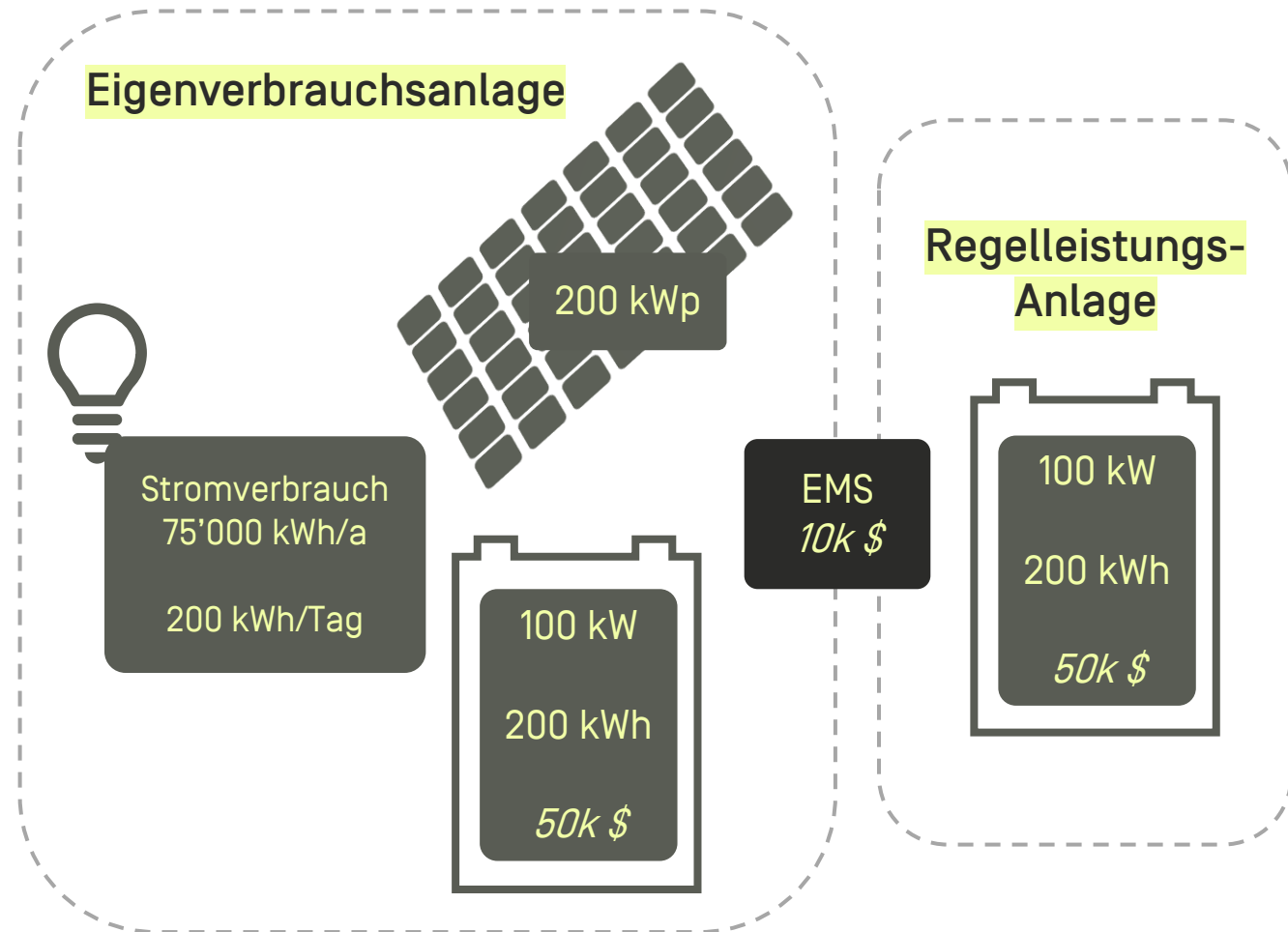


# Was das EMS können muss

- Prognosen: Das System muss natürlich die nahe Zukunft abschätzen
  - **Solarproduktionsprognose**: Produktionsprognose der nächsten Stunde und Tage
  - **Verbrauchprognose**: Das System lernt den Verbrauch kennen und kann die nächsten Stunden abschätzen
- **Schnelle Steuerung** der Komponenten, insbesondere der Batterie, innerhalb 2 Sekunden
- Anbindung an einen Pool / Aggregationsplattform
- Höchstmögliche **Cybersecurity**, gesicherte Internetrouter und –verbindung, schweizer Server, regelmässige Sicherheitsupdates

# Beispielrechnung

- Split Anlage, Solaranlage bestehend
- Verschiedene Erträge:
  - Ertrag **Eigenverbrauchsoptimierung** 10'000 CHF/a
  - Ertrag **Peak-Shaving** 4'800 CHF/a
  - Ertrag **Regelleistung** 12'000
- Gesamtkosten Batterie, EMS, Installation: 135'000.-
- **Amortisation Batterien ca. 5 Jahre**
- Je grösser die Anlage, desto wirtschaftlicher!
- Geht auch **virtuell aufgeteilt** in einer einzigen physischen Batterie **bei geringen oder keinen Peak-Kosten**



# Zu klärende Fragen beim Projekt:

1. Wie gross ist **Zuleitung**? Kann sie noch verstärkt werden?
2. Was sind die Peaks? Gibt es einen **Lastgang**?
3. Min. 50 kW «unbenutzte» Leistungsleistung. Heisst: die regelmässigen Bezugs-Peaks sollten die Anschlussleistung nicht voll ausreizen. Denn die freie Leitung macht Regelleistung erst interessant.
4. **Anschlussleistung** idealerweise immer **max. ausnutzen** oder Möglichkeit der Verstärkung prüfen.
5. Ist **Notstromfähigkeit** erwünscht [Full-Backup]?
6. Aufstellung: Cabinets für draussen und drinnen, Racks für drinnen. Brandschutz meist kein Problem mit LFP.



45 Minuten für negative  
Regelleistung reserviert

verfügbar für  
Eigenverbrauchs-  
optimierung und  
Peak-Shaving

45 Minuten für positive  
Regelleistung reserviert

# Projektablauf

- und Installation der AnlagPlanungen.  
Wir helfen gerne bei der  
Dimensionierung der Batterie mit  
Simulationstools
- Inbetriebnahme, Montage des EMS  
vor Ort. Testphase.
- Präqualifikation mit Testsignal,  
Dauer 65 Minuten
- Gesamte Präqualifikation kann  
mehrere Monate dauern.

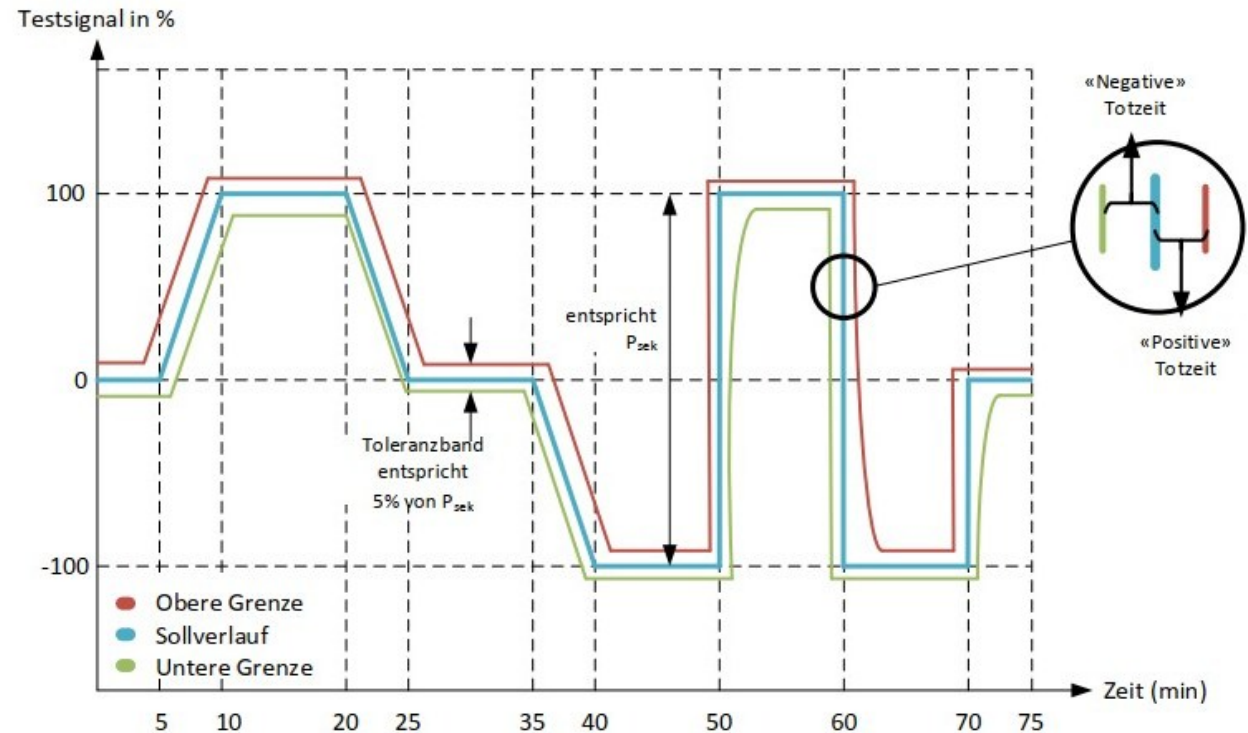


Abb. 17: Testsignal mit Toleranzbänder für Lieferung von negativer und positiver aFRR



# Inhalt

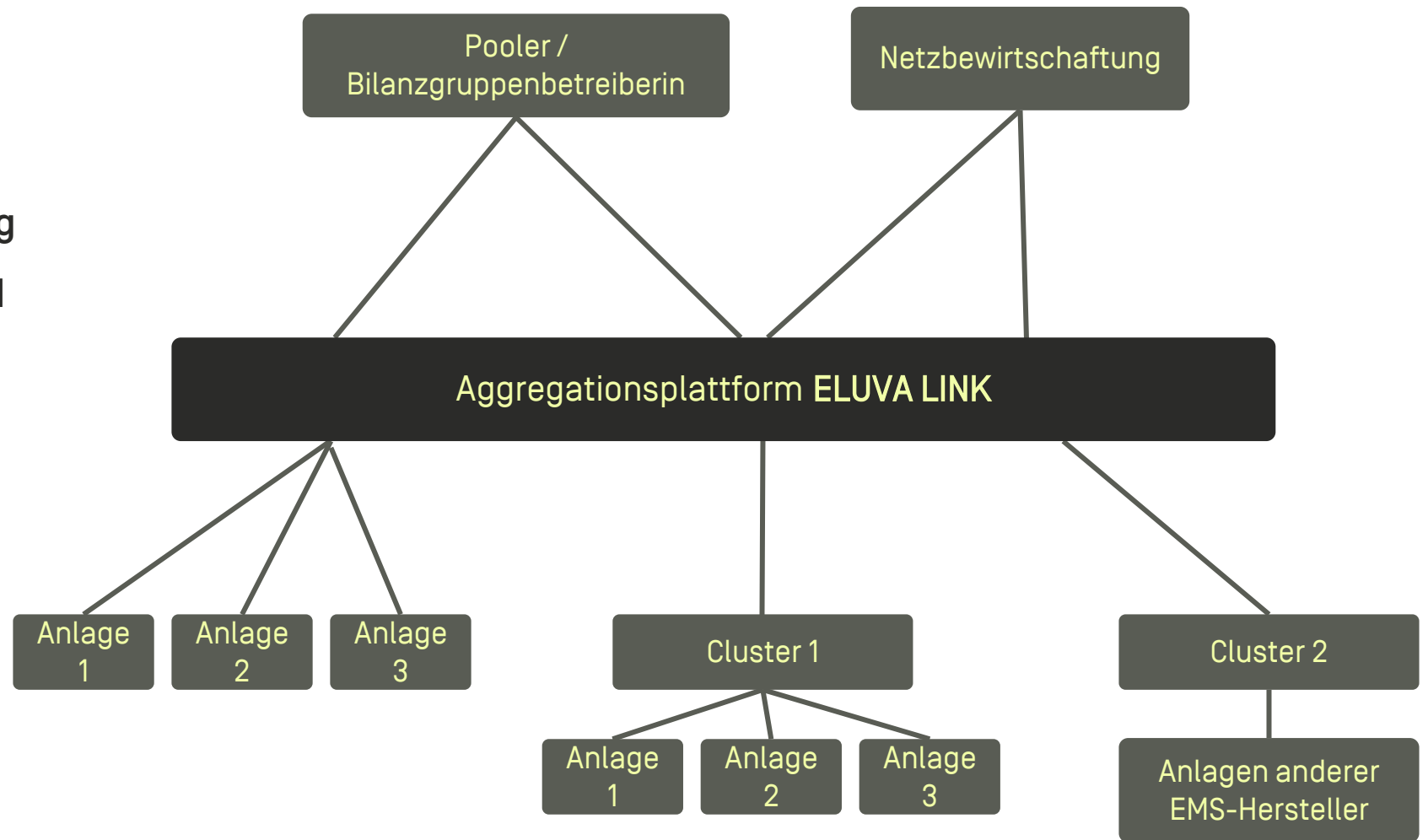
Theorie: Regelenergie, Flexibilität

Anwendung

Wo steht ELUVA

# ELUVA LINK

- Standortübergreifende, dezentrale Netzoptimierung
- Anwendung auf lokaler und nationaler Ebene
- Möglichkeiten u.a.:
  - Regelleistung
  - Bilanzgruppen-optimierung
  - Blindleistungskompensation



# Das ELUVA Energiemanagementsystem

Das ELUVA-  
EMS  
steuert...



...und arbeitet auch mit  
bestehenden EMS  
perfekt zusammen



{ j s o n }







## Referenz-Projekt

- Woodwork AG, Huttwil
- Photovoltaik: 1.6 MWp
- BESS: 1.25 MW, 2.5 MWh
- ELUVA Module:
  - Peak-Shaving
  - Eigenverbrauch
  - Regelleistung





# Q&A

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

[pascal.muehry@eluva.ch](mailto:pascal.muehry@eluva.ch) +41 79 915 70 40





# Backlog



# Modular

- Das ELUVA EMS kann beliebig angepasst werden
- Insbesondere **Leistungsspitzen-Reduktion** und **Regelleistung** machen das Projekt höchst wirtschaftlich
- *Fragen Sie uns an für Potentialanalysen und Planungshilfen*

## Auswählbare Module:

Eigenverbrauchs  
optimierung

Dynamische  
Tarife

Dashboards,  
PV-Monitoring

Peak-Shaving

Steuerung  
Wärmepumpen  
und Heizstäbe

Notstrom-  
fähigkeit

Teilnahme am  
Regelmarkt

Ladestation  
Management

Kundenwünsche

Selbstlernend: passt sich an lokalen Betrieb an



# ELUVA Box

- Zentrale Steuereinheit, beinhaltet
  - EMS-Computer
  - Gesicherter 4G-Internetrouter
  - Unterbrechungsfreie Stromversorgung inkl. Batterie
  - Netzteil [Anschluss 230V AC oder 24V DC]
- Einzigartige Vorteile
  - EMS läuft bei Stromunterbruch weiter und sendet ein Ausfall-Signal
  - Abschliessbar für maximale Sicherheit
  - Zuverlässigkeit auch im Notstrombetrieb
  - Softwaremodule können remote zugeschaltet werden
  - Sehr schnelle Reaktionszeit der Steuerung

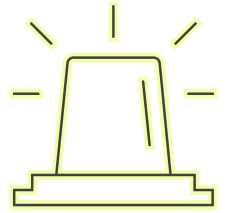


In den Farben  
hellgrau oder  
schwarz erhältlich



# IT-Security

- Wir verstehen das Stromnetz als kritische Infrastruktur
- Wir verstehen darunter
  - **Gesicherte Verbindungen** auf jeder Ebene mit Swisscom GaaS
  - **Schweizer Server** mit State of the art Firewalls
  - Zugriffsbeschränkung bei allen Systemen
  - **Regelmässige Sicherheits-Updates**



# ELUVA – geballtes Know-how

ELUVA ist aus mehreren Unternehmen hervorgegangen:

**revoltec GmbH:** langjährige Erfahrung im  
Systemdienstleistungsmarkt und Betrieb von Batterien



**CS2 AG:** Schweizer Full-Service-Webagentur mit rund 40  
Mitarbeitenden, gegründet 1997



# Projektanfragen

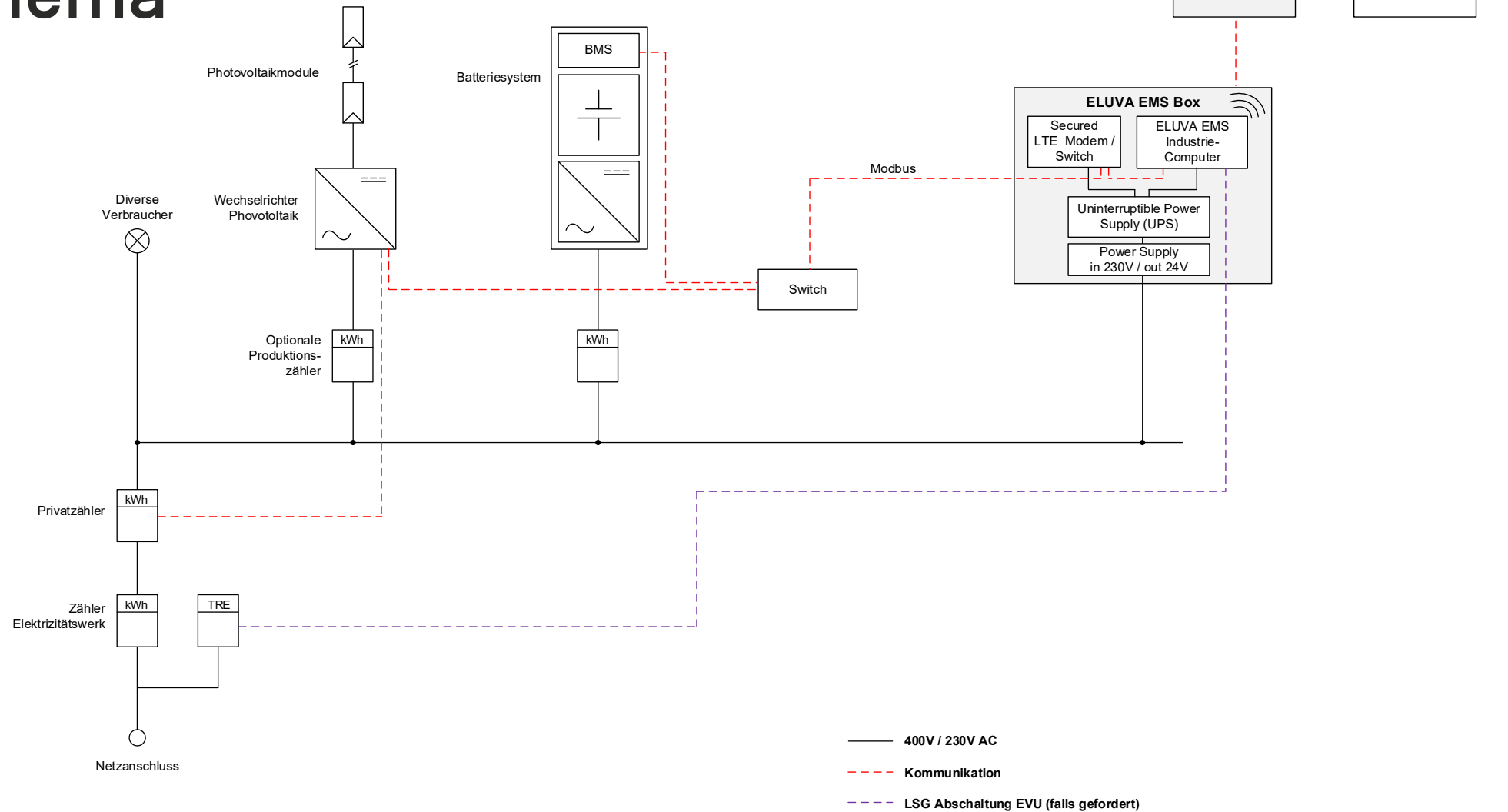
- Direkt zu Pascal Mühry-Städeli:
  - [hello@eluva.ch](mailto:hello@eluva.ch) / [pascal.muehry@eluva.ch](mailto:pascal.muehry@eluva.ch)
  - +41 79 915 70 40



# Abkürzungs-Glossar

- EMS Energiemanagement System
- BESS Battery Energy Storage System
- SDL Systemdienstleistung (umfasst SRL, PRL usw.)
- SRL Sekundärregelleistung
- ZEV Zusammenschluss zum Eigenverbrauch
- vZEV virtueller ZEV
- LEG Lokale Elektrizitätsgemeinschaft
- VPP Virtual Power Plant, virtuelles Kraftwerk bestehend aus mehreren kleineren Kraftwerken
- SoC State of Charge, Batterieladezustand

# Elektroschema



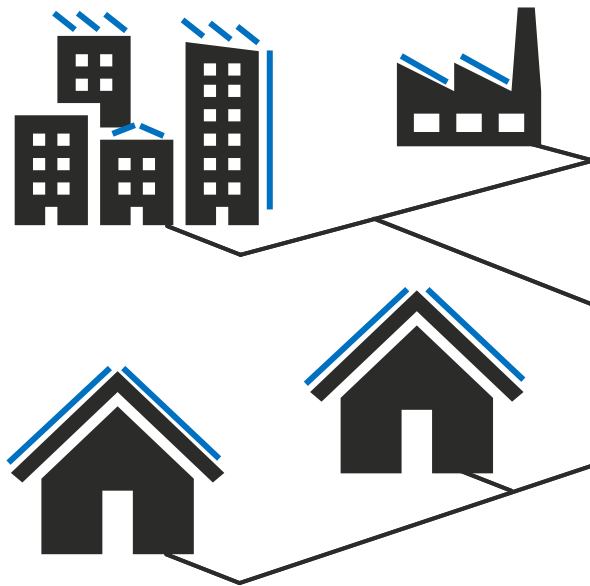
# Beispielrechnung typisches Projekt



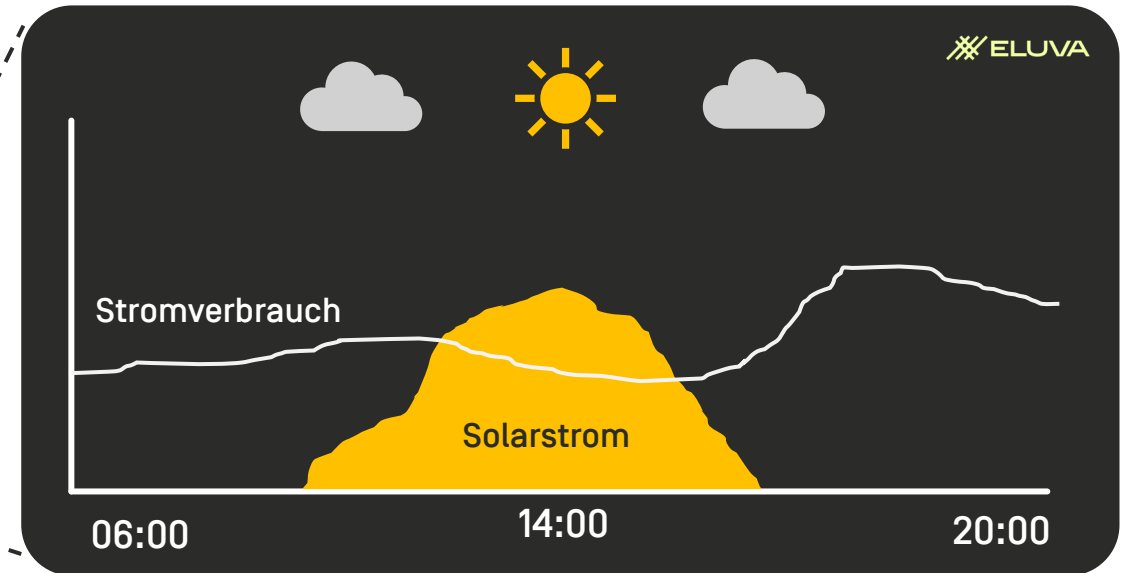
- Basisdaten System
  - Photovoltaikanlage 400 kWp
  - BESS 800 kWh / 400 kW
  - Täglicher Stromverbrauch 400 kWh
  - Anschlussleistung 400 kW
- BESS Wirtschaftlichkeit
  - Regelleistung 250 kW = 37'500 CHF/a
  - Peak-Shaving Reduktion um 50 kW = 9'000 CHF/a
  - Eigenverbrauchserhöhung 8'500 CHF
- Amortisation in 5.5 Jahren [bei Gesamtkosten von 300'000 CHF ohne PVA]

# Kritisches Stromnetz - ohne ELUVA

Typisches Netzgebiet



Wetterprognose «teilweise bewölkt»



Netzzustand

Solarstrom =  
Flutterstrom

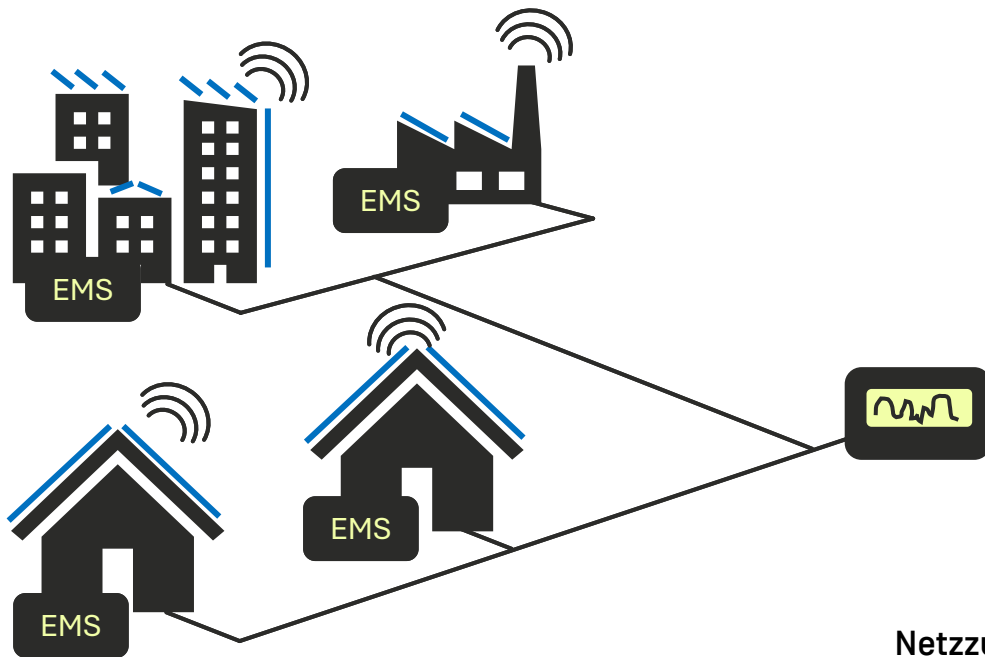


zu wenig Strom  
zu viel Strom  
zu wenig Strom  
zu viel Strom  
zu wenig Strom

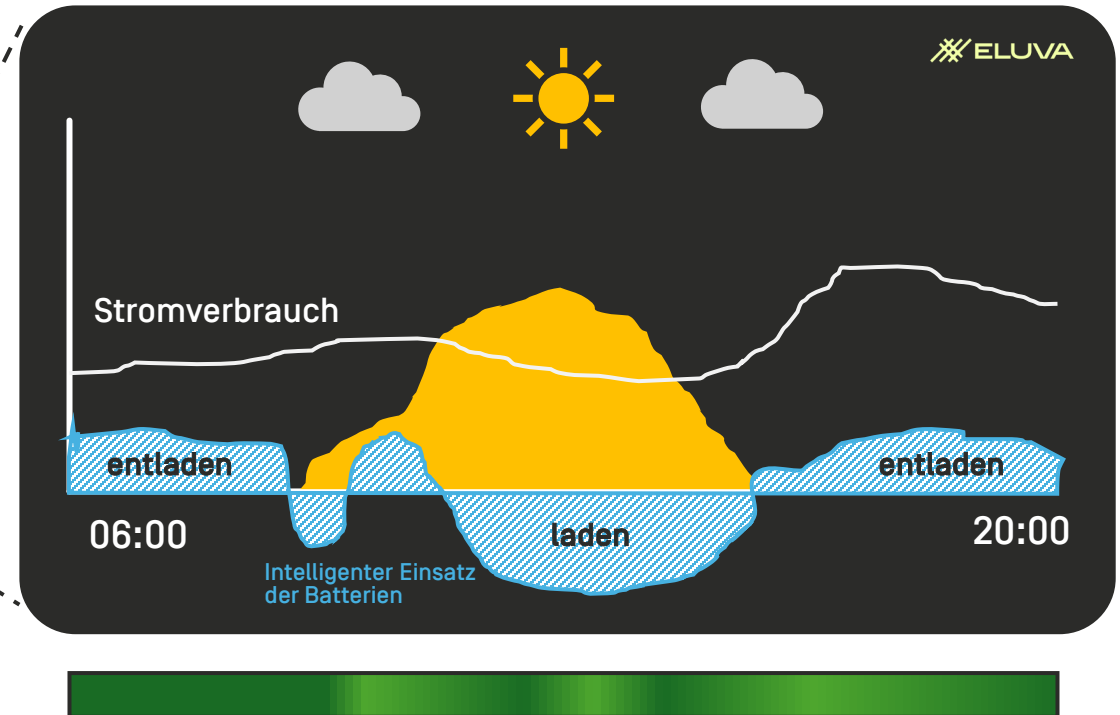


# Zukunftsfähiges Stromnetz - mit ELUVA

Typisches Netzgebiet



Wetterprognose «teilweise bewölkt»



Netzzustand

Flutterstrom wird  
ausgeglichen

\*EMS = Energiemanagementsystem