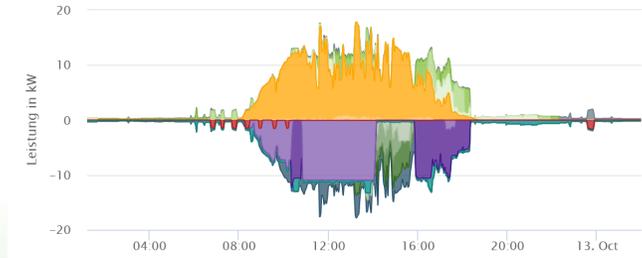




# Energiemanagement als Schlüssel zur Energiewende

# Jochen Marwede

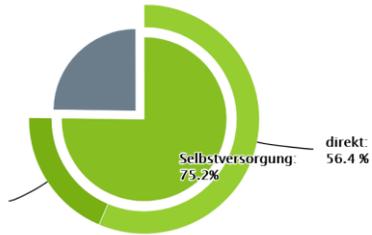
- Dipl.-Ing. Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung
- Photovoltaik Unternehmer
- Vorstand Wendeware AG
- ehrenamtlicher Klimaschutzmanager der Ortsgemeinde Hochspeyer
- Projektmanager Bürgerbus Hochspeyer
- Tubist, Vater, Ehemann



Stromverbrauch

Netzbezug:  
24.8 %

via Batterie:  
18.8 %



120 Euro im Monat für

- Haushaltsstrom
- Warmwasser
- Heizung
- 30 000 km pro Jahr Autofahren

Kontakt:

Jochen Marwede

[jochen.marwede@wendeware.com](mailto:jochen.marwede@wendeware.com)

Mobil 0177 / 62 99 082



# Herausforderungen

... in einer sich ändernden Welt

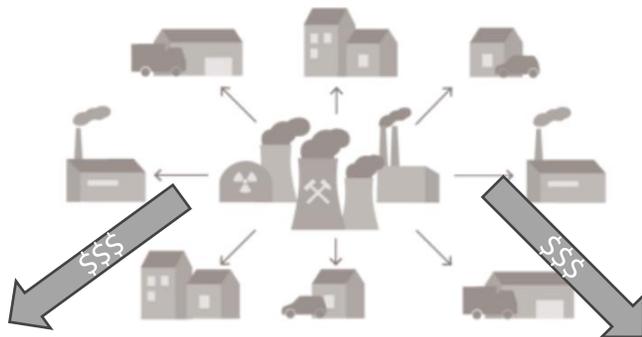


## Veränderungen

- Dezentrale Erzeugung
- Fluktuierende Erzeugung
- Neue Belastungen fürs Stromnetz
- Variable Energiepreise
- Wachsender Zoo an Geräten
- weniger professionelle Spieler

## Herausforderungen

- Energie in Raum und Zeit bewegen
- Schnelle lokale Reaktionen
- Viele kleine Optimierungen
- Technik und Ökonomie verbinden
- Viele neue Interfaces
- Einfach machen für Nicht-Profis



# Anatomie von Residuallast und Überschüssen

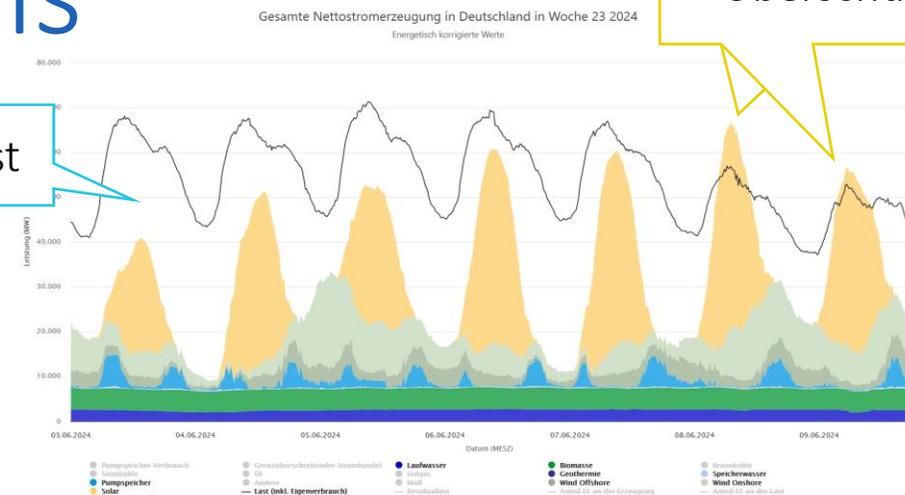
## Schlüssel zum Verständnis

### Energiewende

- Photovoltaik und Windkraft werden die Grundpfeiler der Energiewende
- Brauchen Ausgleich zwischen Bedarf und fluktuierender Erzeugung
  - Residuallast **muss** gedeckt werden
  - Überschüsse **sollen** möglichst sinnvoll genutzt werden
- Bisher ist die Energiewende hauptsächlich eine Stromwende ...
- aber, Wärme und Verkehr werden auch überwiegend elektrisch
- Effizienz
  - ist entscheidend für möglichst niedrige Residuallast,
  - und für einen Teil der Überschüsse, aber ...
  - es wird Überschüsse geben, bei deren Verwertung Effizienz weniger wichtig ist

Die Residuallast

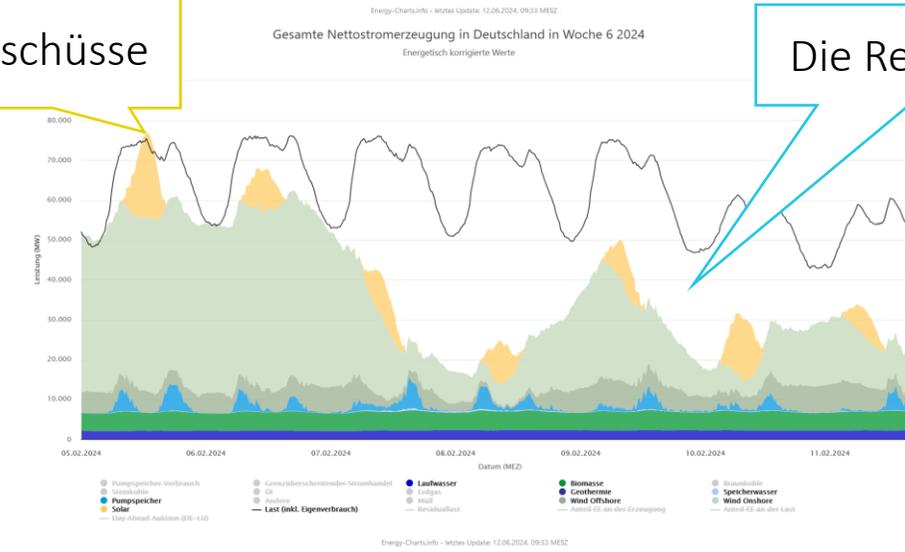
Überschüsse



Sommer

Überschüsse

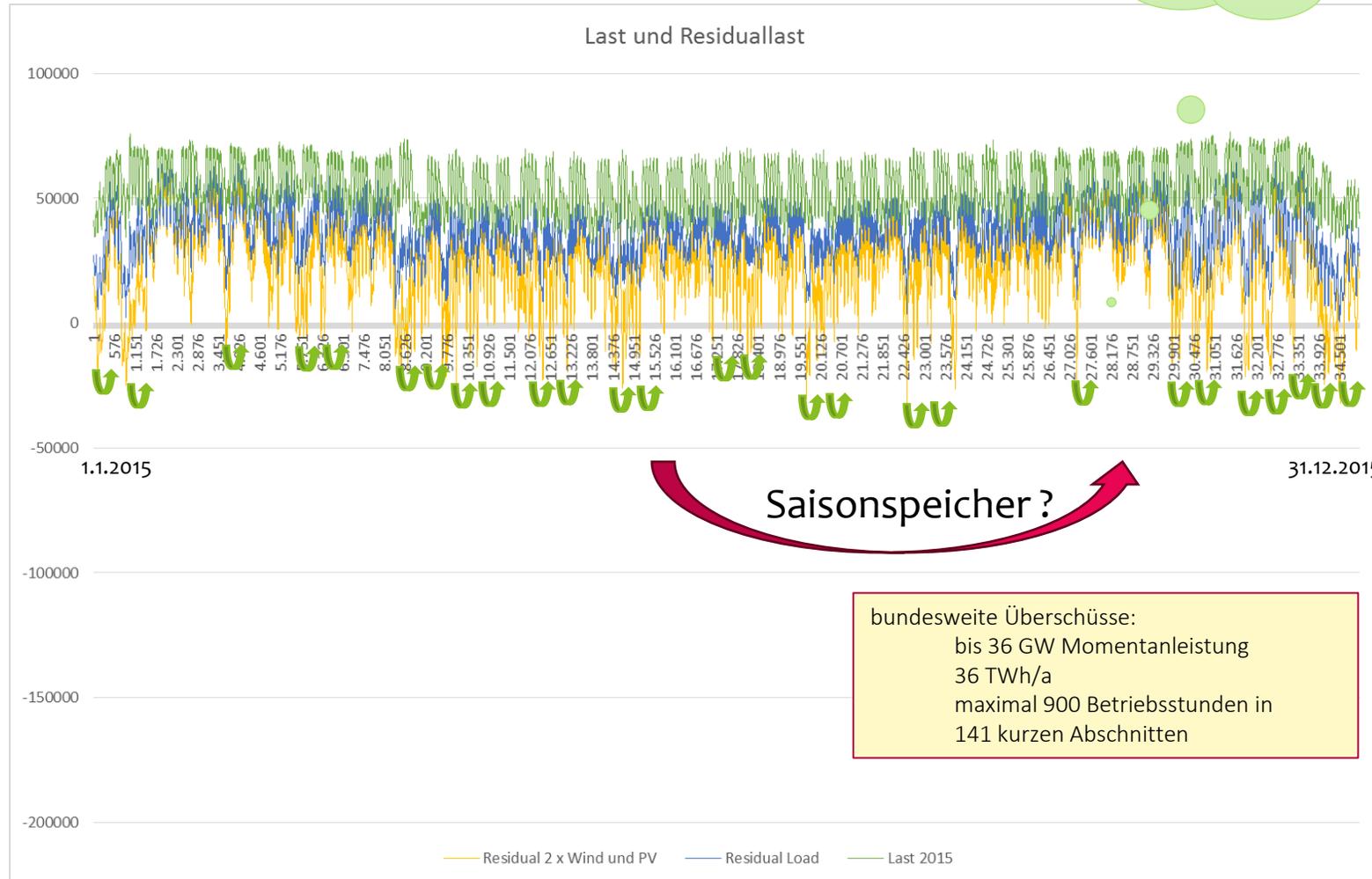
Die Residuallast



Winter

# Residuallast bei ca. 80 GWp PV und 80 GW Windkraft

Oje ! Die Dunkelflaute !!!

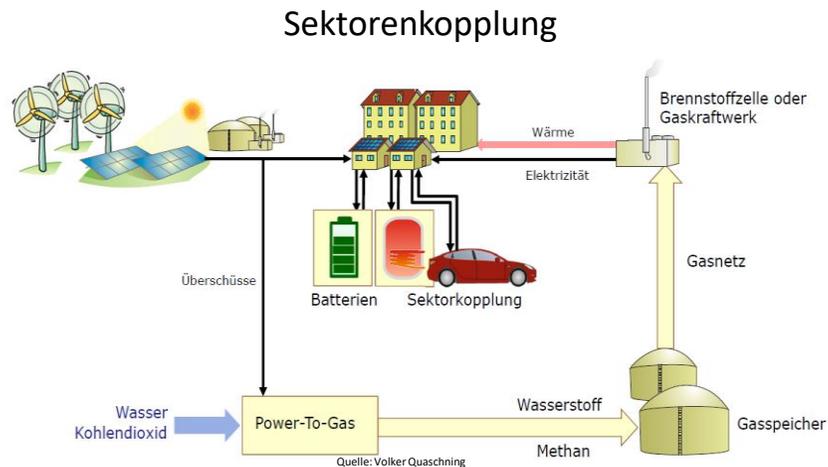


80 GWp PV  
80 GW Windkraft

# ... die Energiewende!

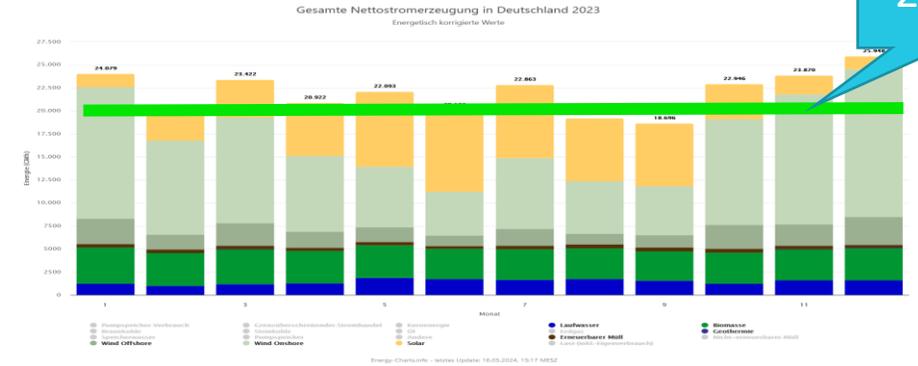
## Welche Speicher brauchen wir?

- Photovoltaik (PV) und Windkraft sind komplementär.
- Verschiebung innerhalb des Tages und innerhalb der Woche am dringendsten
- „Was machen wir mit den Überschüssen?“ bestimmt die Entwicklung
- Durch **kleine Speicher**, **Lastmanagement** und **Sektorenkopplung** kann eine sehr große Menge an erneuerbaren Energien im System aufgenommen werden



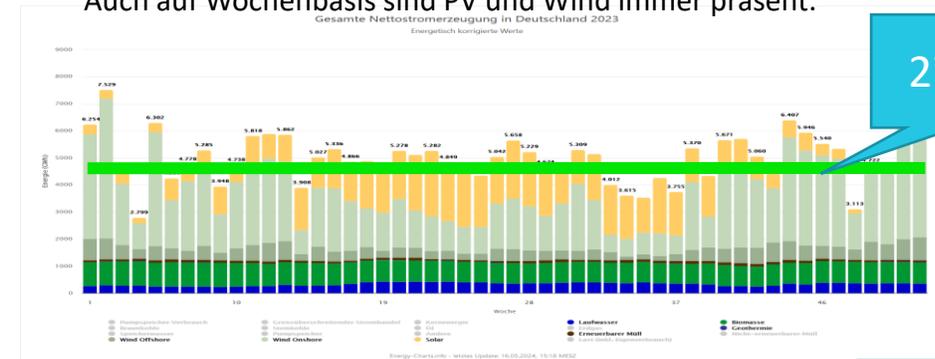
Sonne und Wind gleichen sich über das Jahr aus.  
Saisonale Speicher sind nicht notwendig.

27 GW



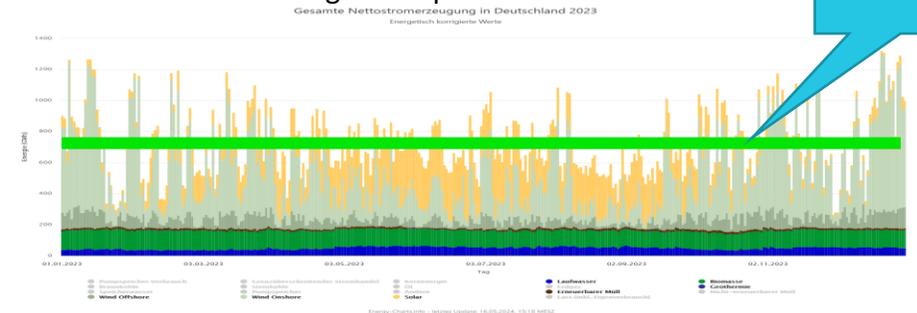
Auch auf Wochenbasis sind PV und Wind immer präsent.

27 GW

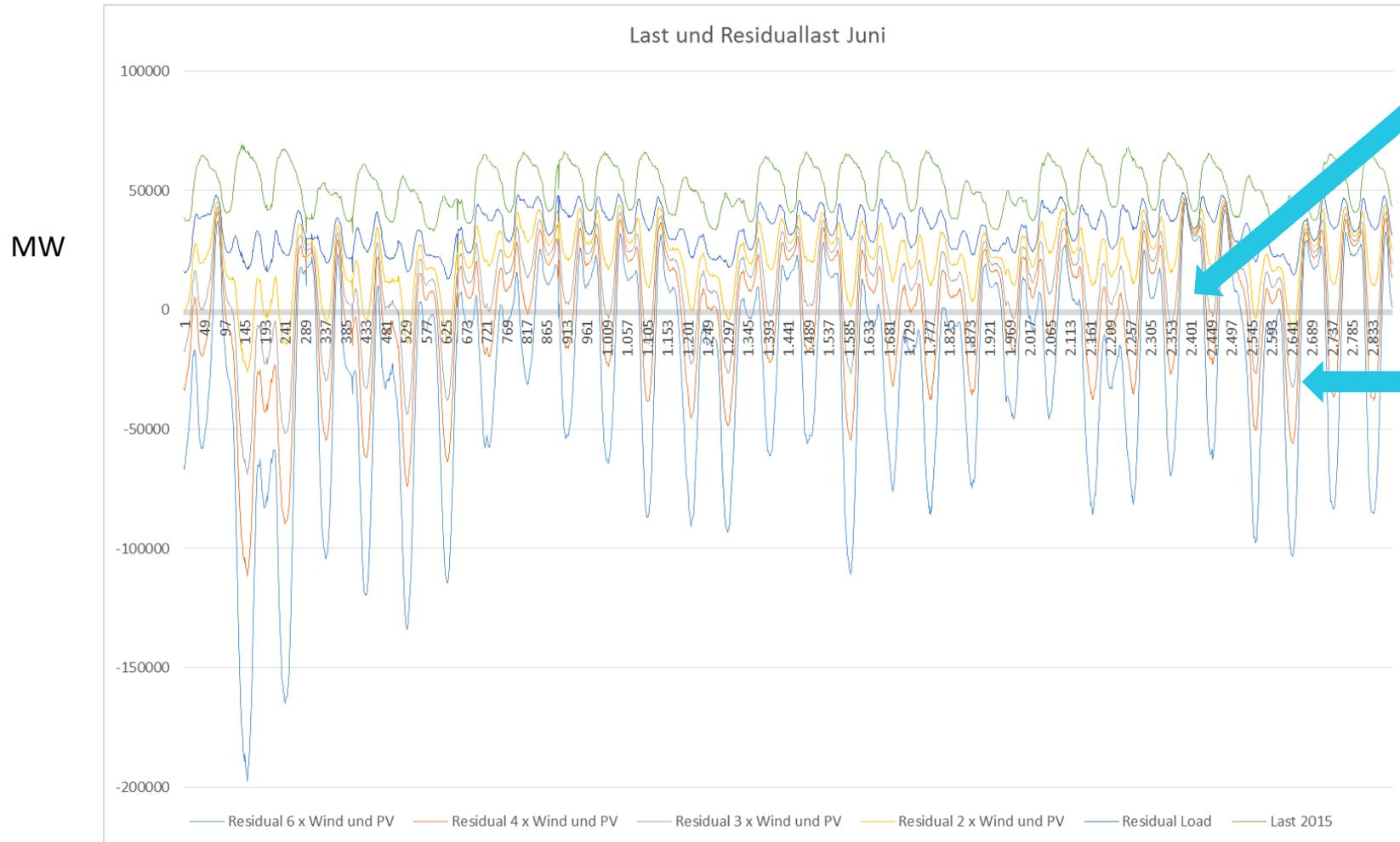


Tag für Tag und innerhalb der Tage besteht der erste und größte Speicherbedarf.

27 GW



# Last und Residuallast im Juni



0,6 TWh  
= 600 000 000 kWh

= 60 mln Hausbatterien à 10 kWh  
oder 10 mln eAuto Batterien

0,4 TWh  
= 400 000 000 kWh

= 40 mln Hausbatterien à 10 kWh  
oder 7 mln eAuto Batterien

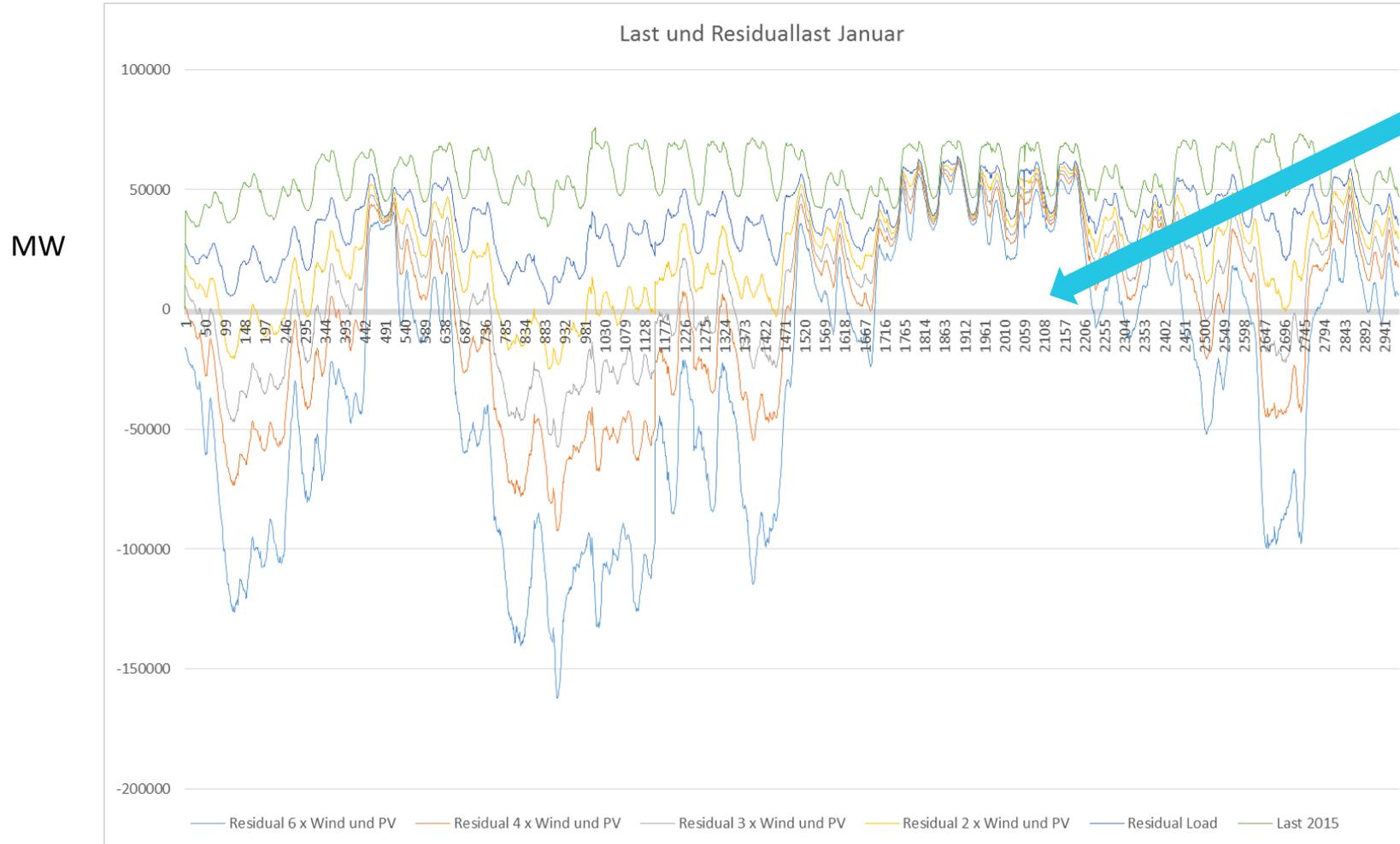
0,17 TWh

= täglicher Warmwasser  
Bedarf für 83 mln Einwohner

0,32 TWh

= täglicher Strombedarf für  
40 mln eAutos

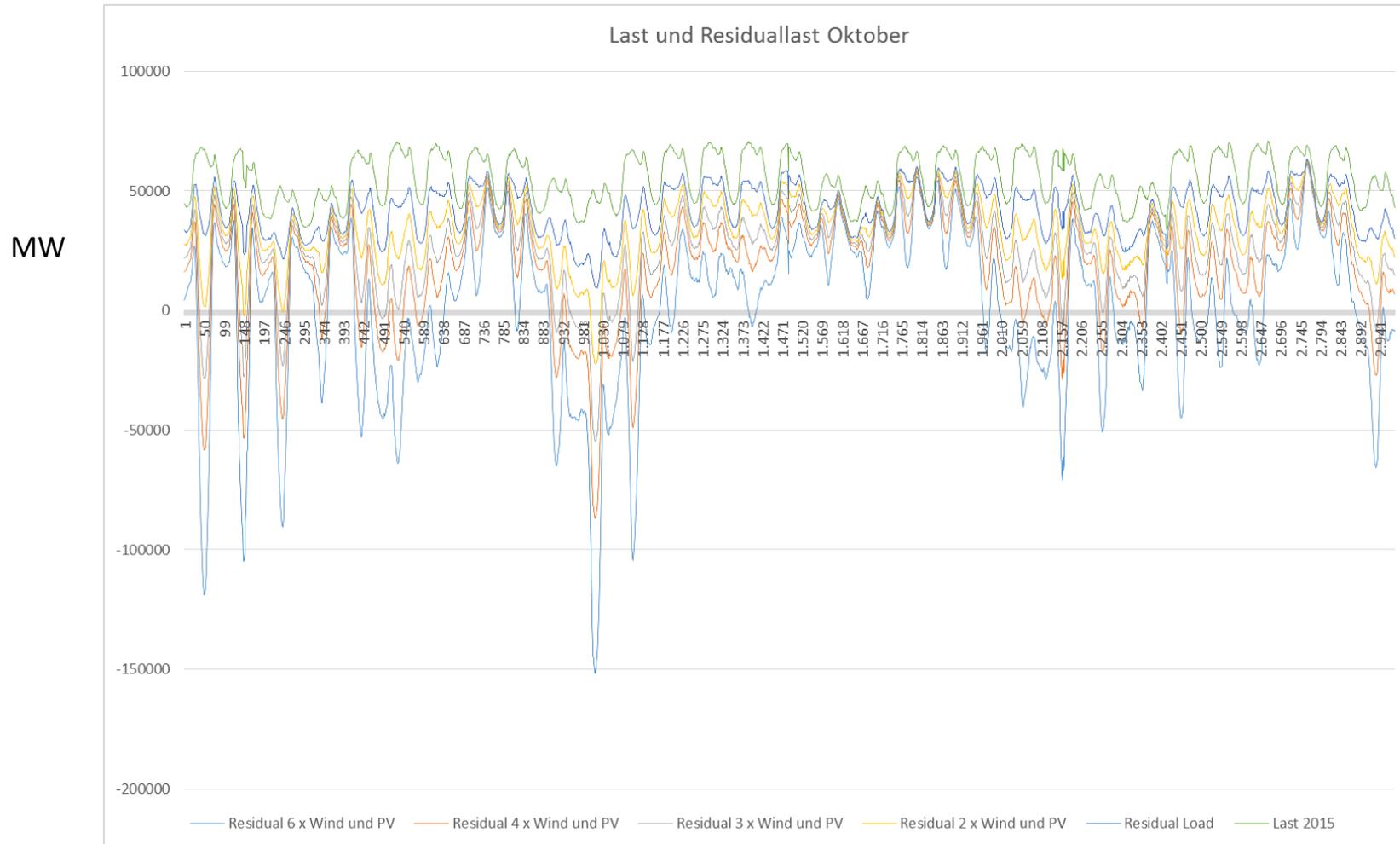
# Last und Residuallast im Januar



**6 TWh**  
= 6 000 000 000 kWh

= 600 mln Hausbatterien à 10 kWh  
oder 100 mln eAuto Batterien

# Last und Residuallast im Oktober

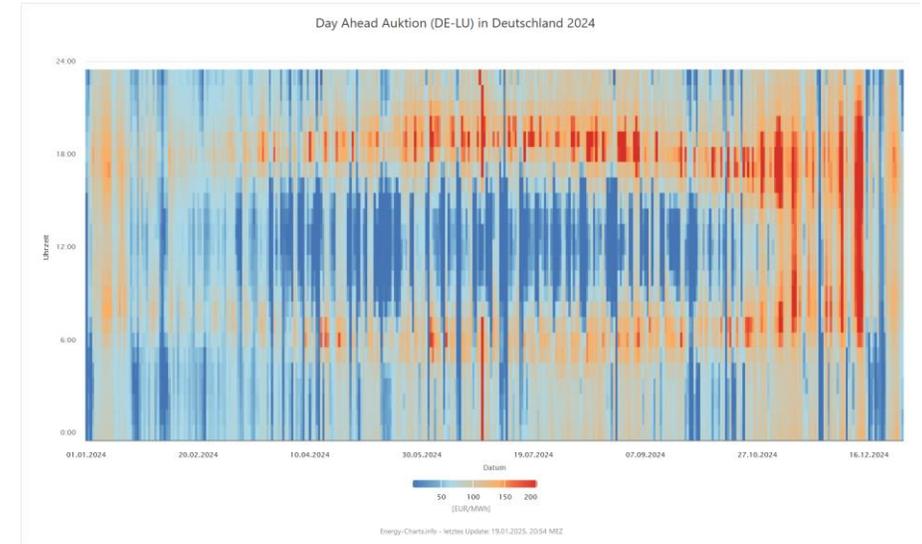


# Der Strommarkt

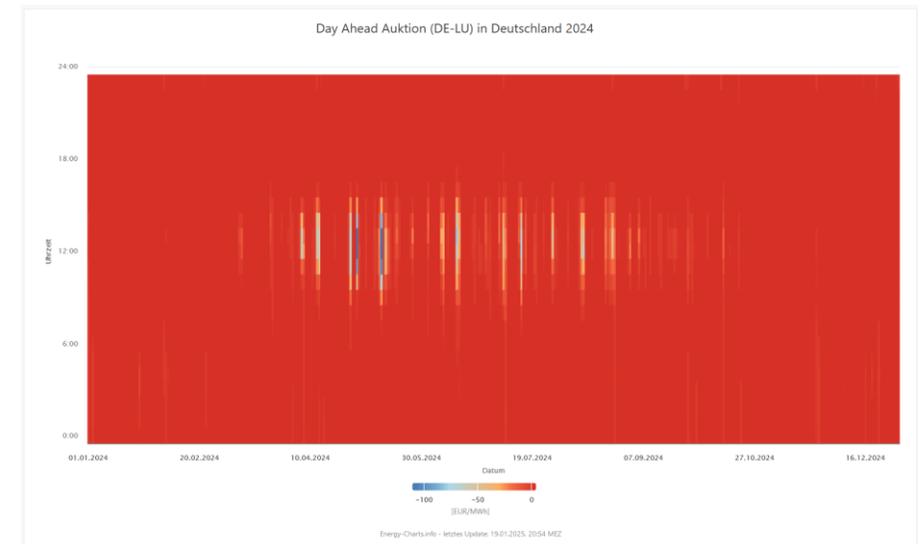
Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland in Woche 43 2024



## Strombörse – Preise 2024



## Strombörse – negative Preise 2024

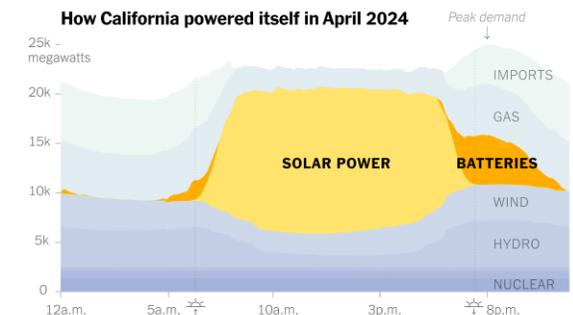
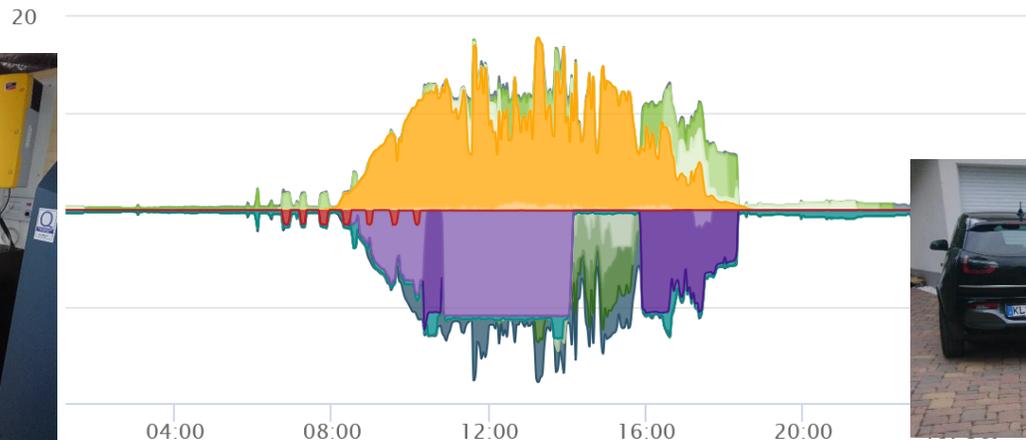


# Charakter der Residuallast

- Sehr variabel mit steilen Gradienten
- Bis zu 300 Zeitsegmente im Jahr → Speicher und flexible (Gas-)Kraftwerke
- Mit zunehmendem EE Ausbau stark abnehmende Betriebsstunden der Residuallastkraftwerke
- Für rund 10 Tage im Jahr leisten PV und Wind fast nichts → Residuallast muss ausreichende Back-up Kapazität haben
- Überschüsse zu jeder Jahreszeit → Saisonspeicher sind nicht kritisch



Groß-Speicher Kalifornien  
350 Megawatt Leistung, 1,4 Gigawattstunden Kapazität

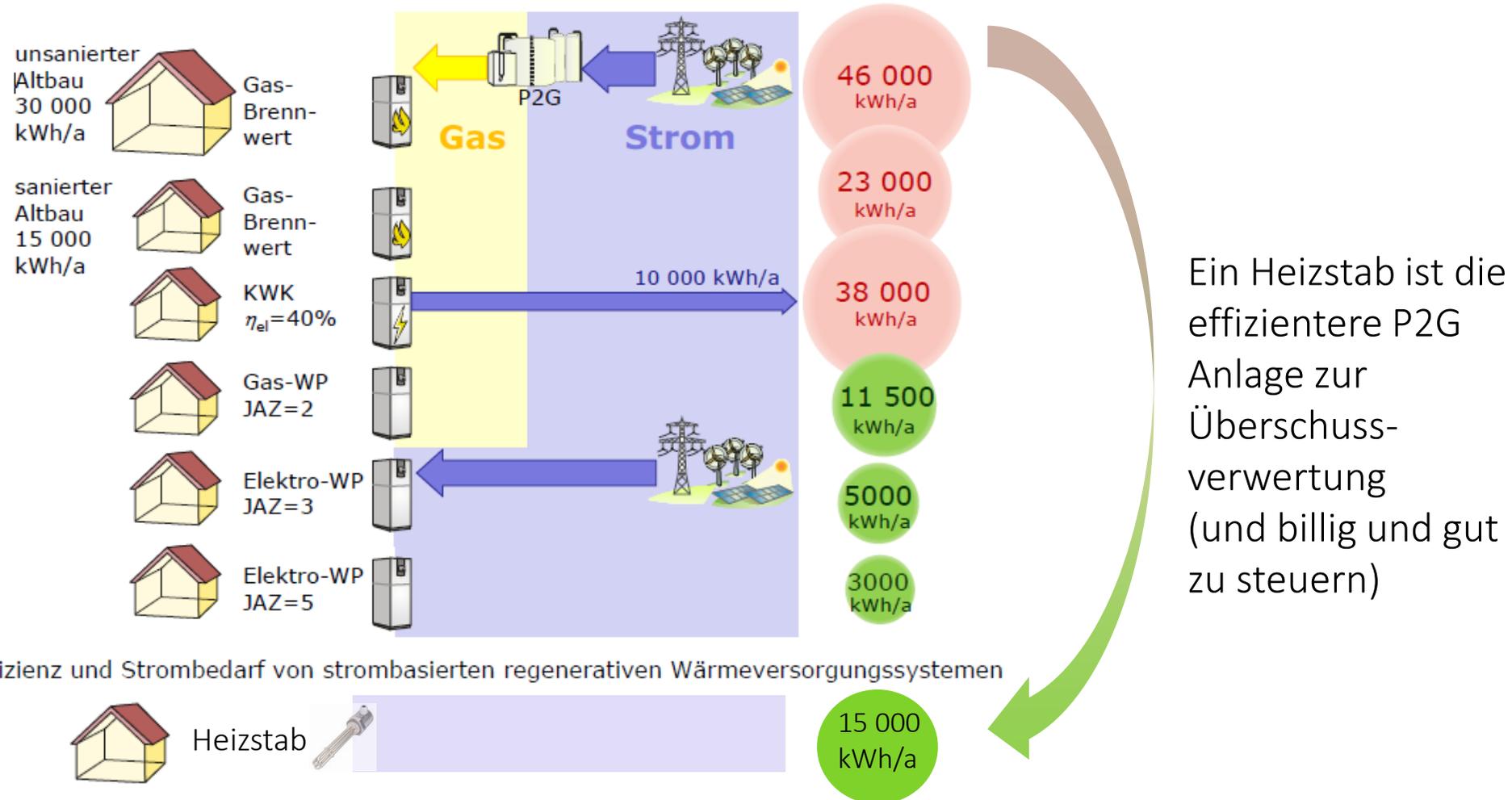


# Effizienz der Überschussverwertung ist wichtig

Grundsatz: Verwertung in der Reihenfolge höchsten Klimanutzens bei Beachtung von technischen Randbedingungen

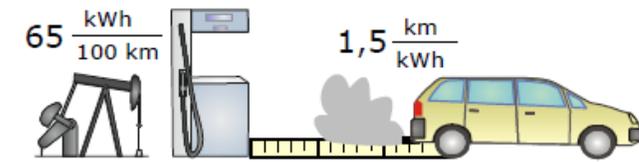
Methode	1 kWh Überschussstrom spart
• Vermeidung von fossiler Stromerzeugung <ul style="list-style-type: none"><li>• z.B. Demand Side Management, Batteriespeicher, Export</li></ul>	3 kWh Brennstoffeinsatz / 1 kgCO <sub>2</sub>
• Vermeidung von fossiler Wärmeerzeugung (WP)	3 kWh Brennstoffeinsatz / 1 kgCO <sub>2</sub>
• Vermeidung fossiler KWK (mit Heizstab)	1,1 kWh Brennstoffeinsatz / 0,3 kgCO <sub>2</sub>
• Vermeidung von fossiler Wärmeerzeugung (Heizstab)	0,9 kWh Brennstoffeinsatz / 0,27 kgCO <sub>2</sub>
• Power to Gas mit Abwärmenutzung	0,7 kWh Brennstoffeinsatz / 0,21 kgCO <sub>2</sub>
• Power to Gas	0,5 kWh Brennstoffeinsatz / 0,15 kgCO <sub>2</sub>

# Effizienz der Überschussverwertung - Wärmesektor

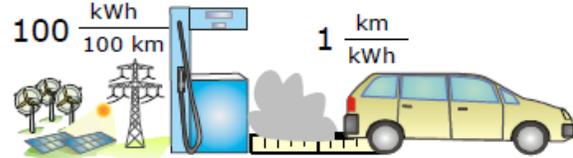


**Bild 9** Effizienz und Strombedarf von strombasierten regenerativen Wärmeversorgungssystemen

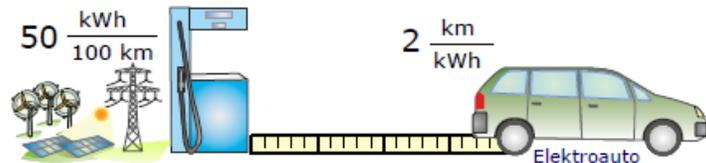
# Effizienz der Überschussverwertung - Verkehrssektor



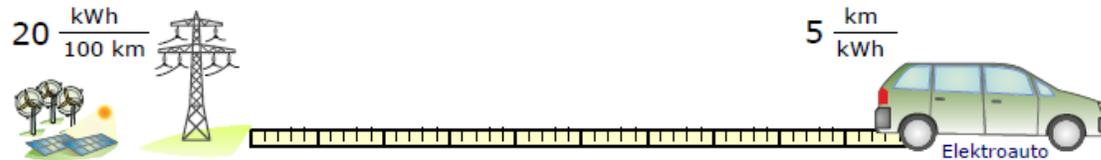
Verbrenner mit Diesel oder Benzin



Verbrenner mit Treibstoff aus P2L / P2G



Brennstoffzelle mit P2L / P2G



eFahrzeug

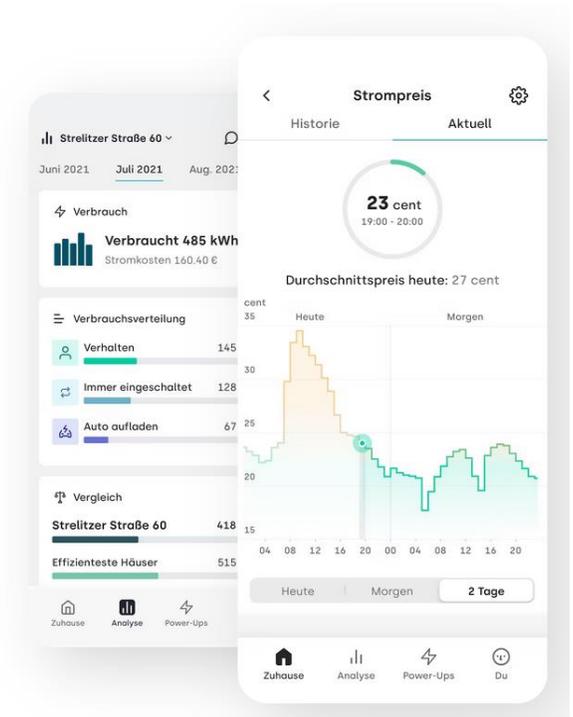
**Bild 11** Effizienz strombasierter Verkehrskonzepte im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen im Individualverkehr mit Verbrennungsmotor (1.v.o: konventionell, 2 v.o.: P2L/P2G mit Verbrennungsmotor, 3.v.o: P2L/P2G mit Brennstoffzelle und Elektroantrieb, 4.v.o: Batteriefahrzeug mit EE-Strom)

# Schlussfolgerungen

- Signifikante Erneuerbare Überschüsse (> 10% des Gesamtstromverbrauchs) erst ab einer Verdoppelung der 2024er PV und Windkraftleistung (also je 160 GW PV und Wind)
- Die Erneuerbaren Überschüsse sind
  - fragmentiert in bis zu 300 Zeitsegmente
  - zunächst nur an relativ wenigen Stunden pro Jahr verfügbar
  - oft sehr hohe Leistung
- Das Speicherproblem kann man von zwei Seiten sehen:
  - Wie füllt man die Dunkelflaute?
  - Was macht man mit den EE Überschüssen?
- Charakter der Überschüsse führt erstmal zu „was macht man mit den Überschüssen?“
- Effizienzrangfolge der Optionen ist entscheidend für Klimaschutzeffekt und notwendigen Gesamtausbau
- Sektorkopplung mit P2H und eMobilität spielt eine entscheidende Rolle für die Erschließung der effizienteren Pfade
- Bis 3 x 2024er PV und Windkapazität hat der Wärmemarkt ausreichend Aufnahmefähigkeit
- Mit weiter steigendem Ausbau verändert sich der Fokus dann Richtung „Wie füllt man die Dunkelflaute?“
- Zusammenspiel, Priorisierung und zeitliche Reihenfolge von P2H, eMobilität und P2G braucht flexible Konzepte

# Maßnahmen

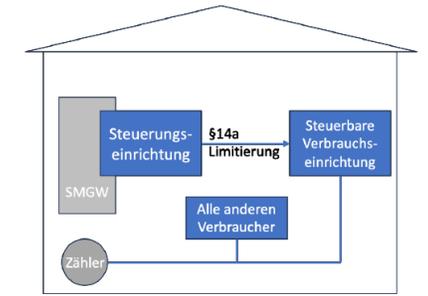
- Dynamische Stromtarife für Verbraucher
  - Regt Verbrauch an, wenn viel Strom verfügbar ist
  - Regt Sparen an, wenn wenig Strom verfügbar ist
  - Manuelles Schalten von Verbrauchern
  - Automatische Optimierung mit EMS
- Direktvermarktung für Erzeuger
  - Reduziert Erlöse, wenn schon viel Strom im Markt ist
  - Erhöht Erlöse, wenn wenig Strom im Markt ist
  - Regt Kombination mit Speichern an
  - Regt Abschaltung an, wenn Preise negativ sind (zu viel Angebot)
  - Regt lokale Optimierung an mit verschiedenen Erzeugern, Verbrauchern und Speichern
  - Bisher ab 100 kWp
  - In Diskussion: ab 25 kWp
  - Automatische Optimierung mit EMS
- Ignoriert Netzengpässe – Fiktion der Kupferplatte



# Steuerbare Verbraucher (SteuVE)

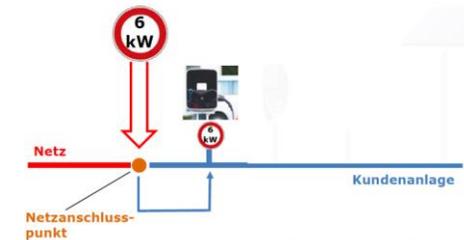
## §14a EnWG

- Zeitweise zuviel Bedarf durch eAutos und Wärmepumpen → Netzentlastung
- Meist ein lokales oder regionales Problem
- Betrifft:
  - Ladepunkte für Elektromobile, die keine öffentlich zugänglichen Ladepunkte sind
  - Wärmepumpenheizungen unter Einbeziehung von Zusatz- oder Notheizvorrichtungen (z.B. Heizstäbe)
  - Anlagen zur Raumkühlung und
  - Anlagen zur Speicherung elektrischer Energie (Stromspeicher)
  - mit einem maximalen Leistungsbezug von mehr als 4,2 kW
- Abregelung direkt am Gerät
- Abregelung mit EMS unter Einbeziehung mehrerer SteuVe und lokaler Erzeugung



- 1) Steuerung über digitale Schnittstelle
- 2) Steuerung über Relaiskontakte

„Netzwirksamer Leistungsbezug“



Umsetzungsvariante 1:  
Unmittelbare Weitergabe der Reduzierung an die SteuVE (Direktansteuerung)

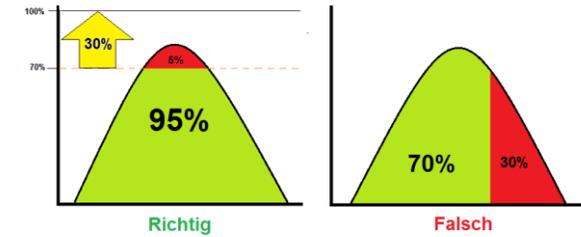
„Netzwirksamer Leistungsbezug“



Umsetzungsvariante 2:  
Sicherstellung der Reduzierung durch EMS

# Steuerbare Erzeuger §9 EEG

- Zeitweise zuviel Erzeugung durch PV und Windkraft → Netzentlastung
- Meist ein lokales oder regionales Problem
  - Zur Zeit PV Anlagen > 25 kWp
  - In Diskussion: > 2 kWp
  - Früher 70% Abregelung
  - In Diskussion 50% Abregelung



Graphische Erklärung zur 70% Regel

Harte Abregelung, Süddach, 22 Grad Dachneigung

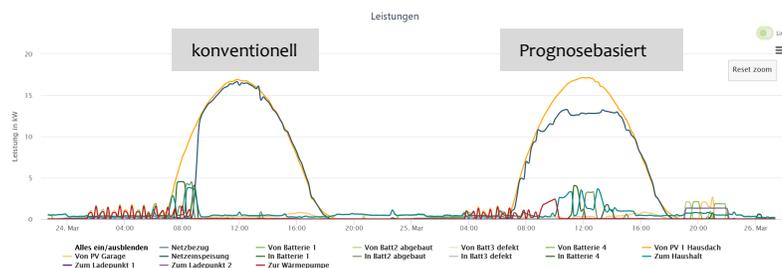
Ertragsverlust		
Abregelung*	Ertrag	Verlust
100%	100,0%	0,0%
90%	100,0%	0,0%
80%	99,5%	0,5%
70%	97,1%	2,9%
60%	91,9%	8,1%
50%	84,4%	15,6%
40%	74,7%	25,3%
30%	62,4%	37,6%
20%	47,2%	52,8%
10%	27,8%	72,2%

in % der Nennleistung

Ohne EMS

Mit EMS erheblich weniger Abregel-Verluste:

Prognosebasierte Speicherladung

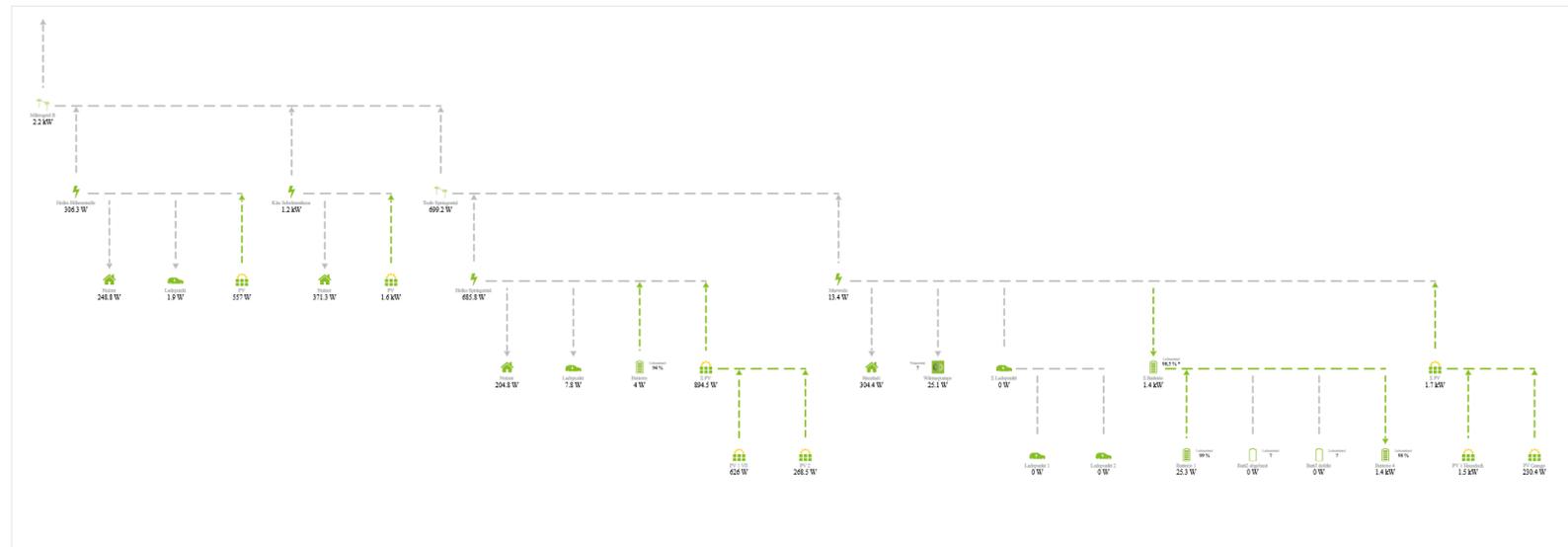
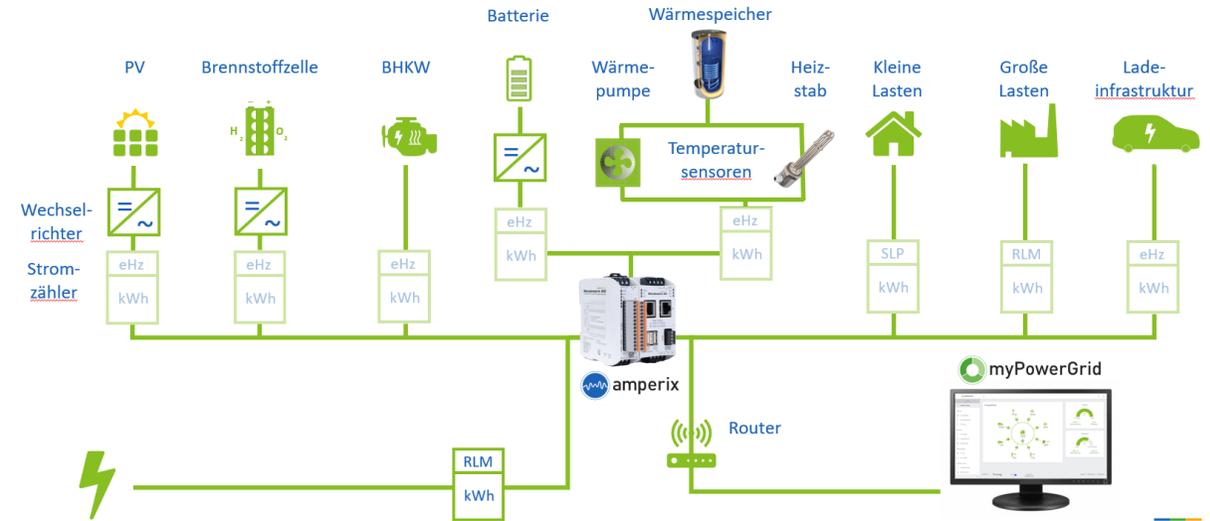


Gesteuerter lokaler Verbrauch



# Wie gelingt die Energiewende?

- Keine Angst vor ein bisschen Abregelung
- Sektorenkopplung – Strom, Mobilität, Wärme
- Digitale Echtzeit Erfassung der Situation – SMGW
- Balance aus Netztechnik und Energiewirtschaft
  - Zeitvariable Preise für Energie
  - Netzmanagement (§14a EnWG, §9 EEG)
  - Mehr Preiszonen
- H2 / P2G zu seiner Zeit (= spät)
- Digitale Steuerung – Energie Management auf allen Ebenen



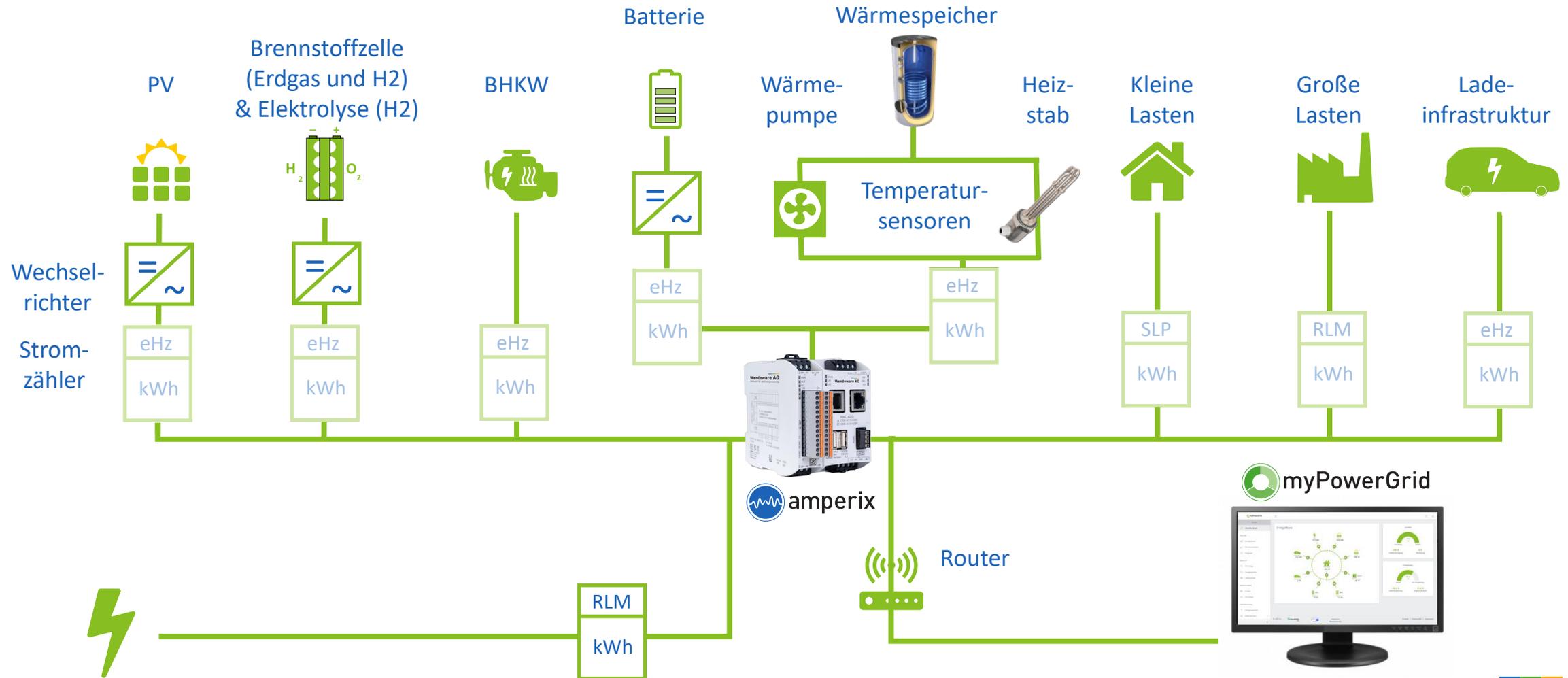
# Beispiel für EMS

Das AMPERIX® Energiemanagement-System



# Viele Gerätearten

... um integriert zu steuern



# Viele Funktionen

Um viele verschiedene Energiesysteme steuern zu können





# AMPERIX® Energiemanagement-System

## Anwendungen (II)

Energiemanagement im Schwarm: Energieversorgung wird selbst in die Hand genommen  
(Eigen- und Genossenschaftsverbrauchsoptimierung, Off-Grid, Netzanschlussleistungsreduzierung, etc.)



*Schoonschip* in Amsterdam, NL

### Schoonschip:

- 30 schwimmende Häuser
- 46 Wohneinheiten
- 1 Niederspannungsanschluss

### Pro Haus:

- PV
- Wärmepumpe
- Batterie

### Optimierung:

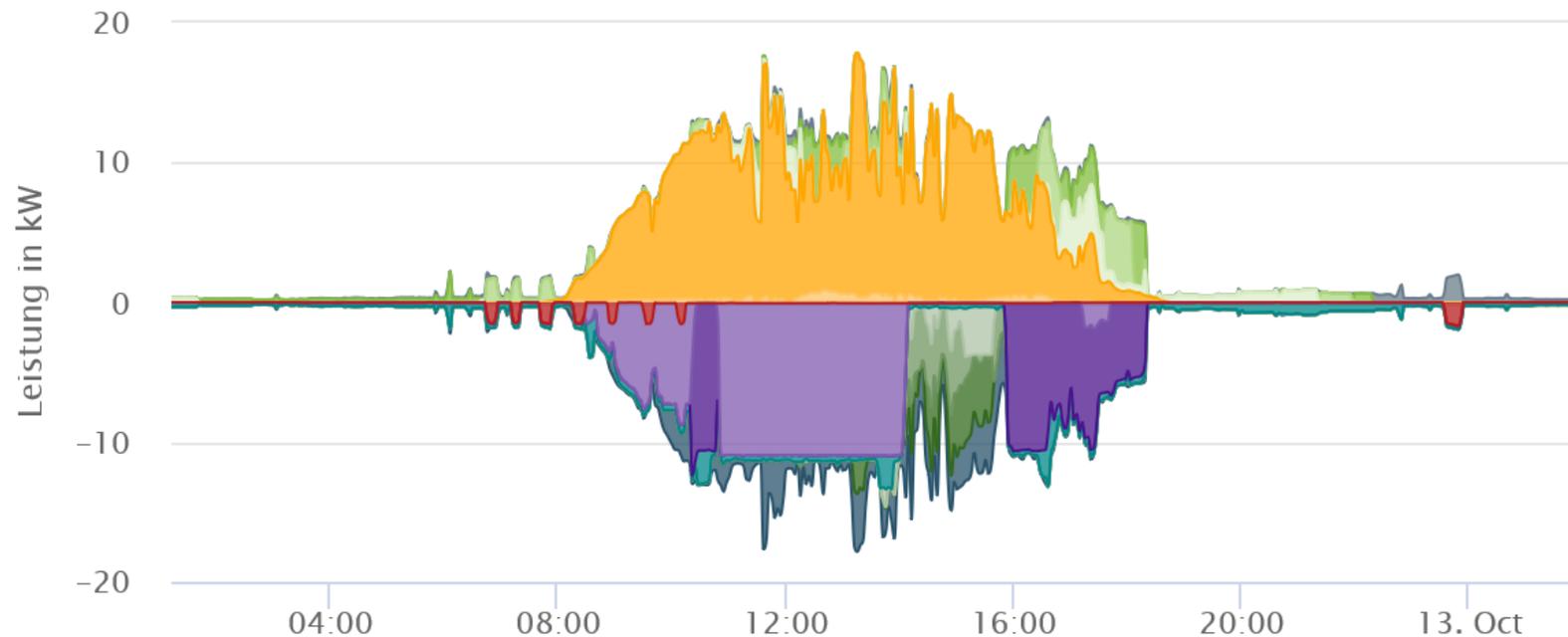
- Physikalisches Peak Shaving am Netzanschluss (phasenscharf)
- 15-Minuten Peak Shaving (Netzentgelte)
- Eigenverbrauch pro Haus
- Eigenverbrauch Community

# Eigenverbrauchsoptimierung (EVO)

Der selbst erzeugte Strom soll möglichst vor Ort verbraucht werden



- Einsparung am Strombezug
- Niedrigere Emissionen im eigenen Verbrauch

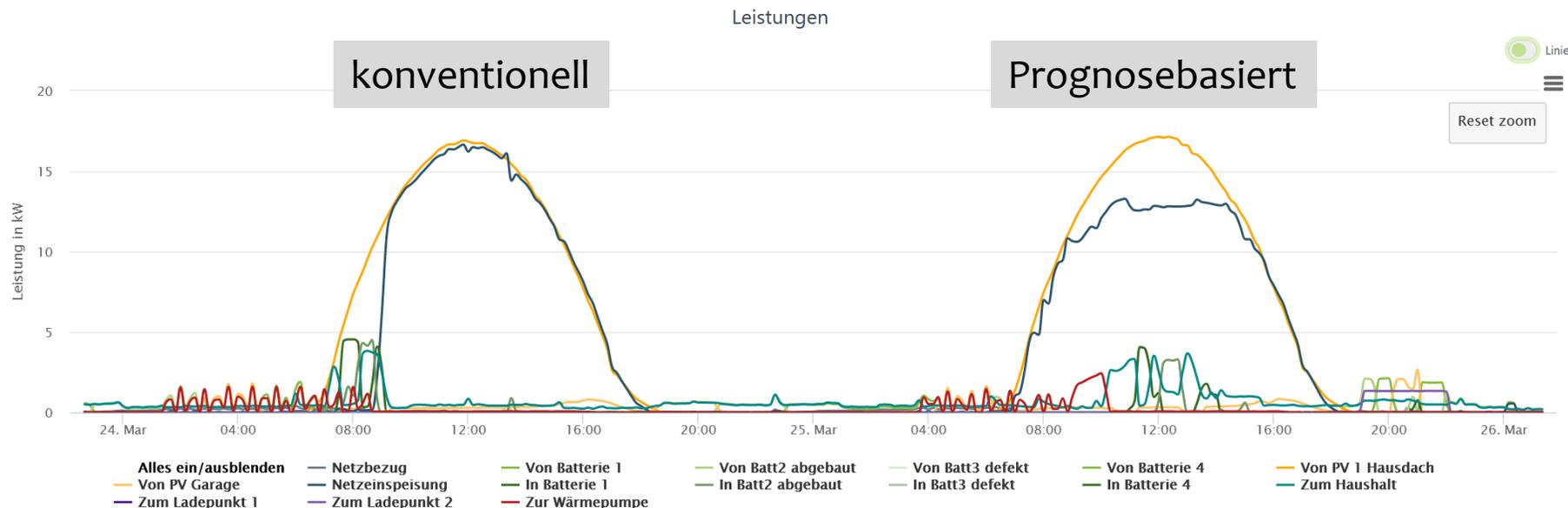


# Prognosebasierte (EVO)

Der Speicher soll möglichst aus der Erzeugungsspitze geladen werden



- Netzentlastung
- mehr Erzeugungskapazität an demselben Netzanschluss möglich
- Speicher wird trotzdem voll



# Preis-Basierte Steuerung

Reststrom möglichst billig



- Verfügbare EE nutzen
- Abregelung vermeiden
- Günstiger Reststrom

**5 Konfigurationseinstellungen**

Alle Konfigurationen anzeigen Konfiguration Löschen Modbus TCP Assistent

Konfigurationen für Typ:

Der Treiber kann nicht geändert werden. Im Falle, dass ein anderer Treiber benötigt wird löschen Sie diese Konfigurationen und erstellen Sie eine neue.

Preiszone:

Prozentualer Aufschlag auf Börsenpreis:

Fixer Aufschlag:

Prozentualer Aufschlag auf Nettopreis:

Speichern Zurücksetzen

Ladepunkt 2

Modus:

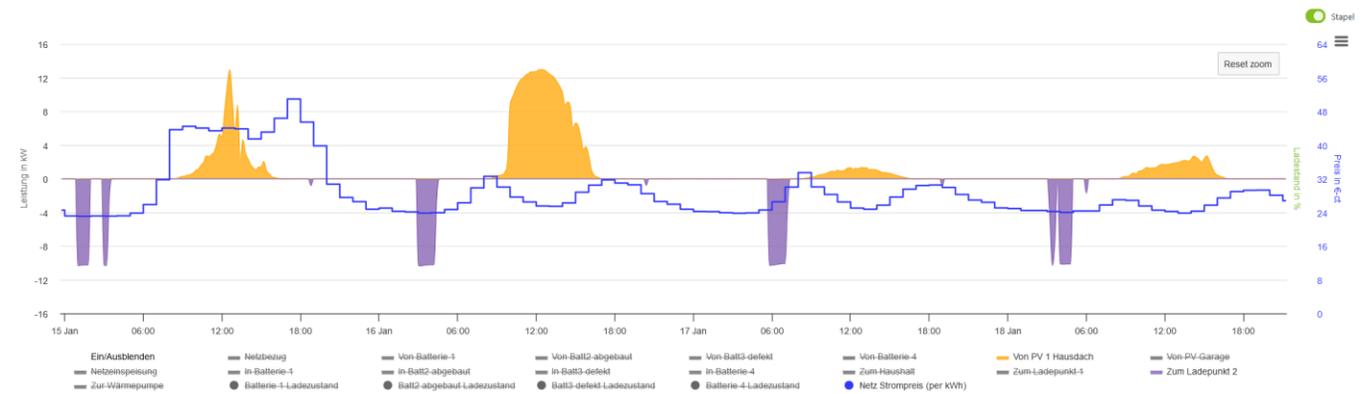
Gewünschte Energiemenge in kWh:

KOSTENOPTIMAL: Das Fahrzeug wird dann geladen, wenn der Strompreis niedrig ist.  
 EINMALIGES SCHNELLES LADEN: Einmalig schnellstmöglich vollladen, ohne Rücksicht auf den Preis. DAUERHAFT SCHNELLES LADEN: Immer schnellstmöglich laden, wenn das Fahrzeug angesteckt wird.  
 Geplante Abfahrtszeit:

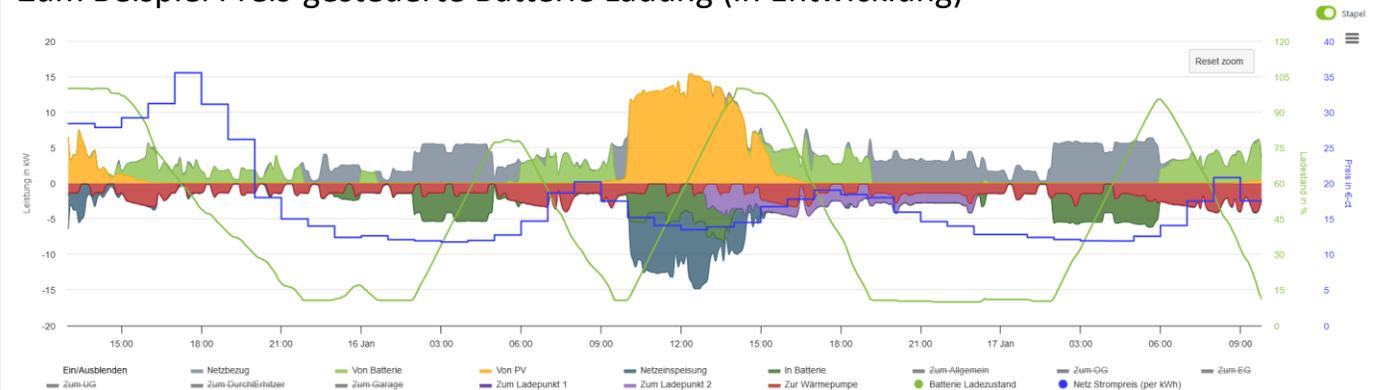
Die geplante Abfahrtszeit wird für den nächsten Ladevorgang am Folgetag wieder verwendet

Zurücksetzen Übertragen

Zum Beispiel Preis-gesteuerte EV Ladung



Zum Beispiel Preis-gesteuerte Batterie Ladung (in Entwicklung)



# Lastspitzenkappung

## RLM und physikalisch



### RLM

Die höchsten 15-Minuten-Spitzen sollen möglichst effizient abgeschnitten werden.

- Einsparung am Leistungspreis der Netzentgelte
- Effizienter Batterieeinsatz durch Energiebudget-Ansatz innerhalb der 15-Minuten



### physikalisch

Die Batterie kompensiert Lastspitzen, um die Sicherung zu schützen. Notfalls können große Verbraucher abgeschaltet werden.

Möglich am Netzanschluss und/oder an Unterverteilungen.

- Größere Verbraucher an bestehender Netzanschluss-Kapazität
- Größere Erzeuger an bestehender Netzanschluss-Kapazität
- Vermeidung von Infrastruktur Kosten



# Steuerung von Erzeugern & Verbrauchern

Digitale Kontakte erlauben die Steuerung von Erzeugern und Verbrauchern



→ Steuerung mit Start- / Stopp-Kontakten oder mittels Relais und Schützen

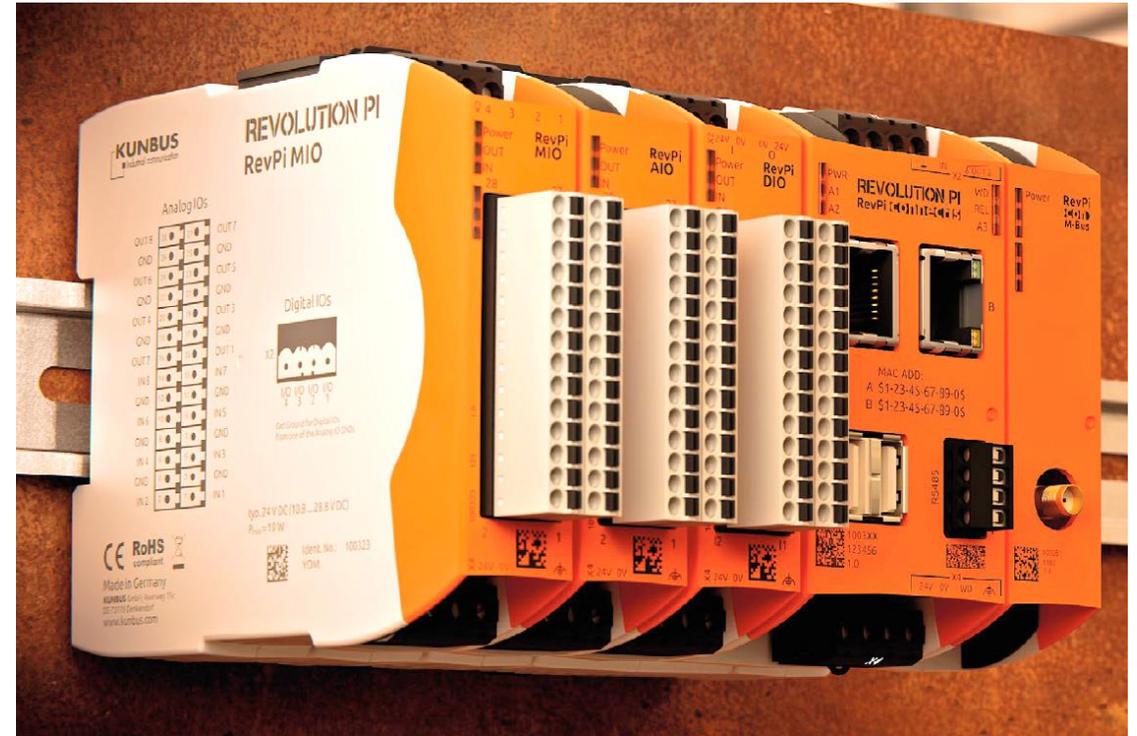
→ Flexible Anbindung von Erzeugern und Verbrauchern



→ Nutzung bestehender Flexibilitäten zur Optimierung

→ Bessere Wirtschaftlichkeit

→ Vermeidung von Infrastruktur-Kosten



# Ladeparksteuerung

Beladung von vielen Elektrofahrzeugen ohne Komfortverlust optimieren



- Vermeidung von Lastspitzen
- mehr Ladepunkte am selben Netzanschluss
- höhere Nutzung von eigener Erzeugung



# Multi-Use von Batterien

Mehrfachnutzung über Zeit, Ladestand und andere Parameter definieren

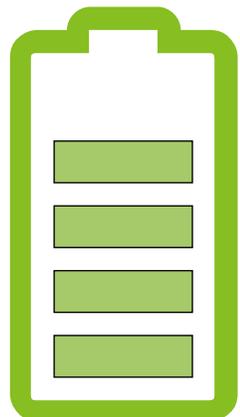


Eine Batterie kann für mehrere Zwecke eingesetzt werden.

An Werktagen kann der Fokus auf Lastspitzenkappung, an Wochenenden und Betriebsferien mehr auf Eigenverbrauchsoptimierung liegen.

- Mehrere Einkommensströme aus einer Batterie
- Effizientere Nutzung der Assets
- Höhere Wirtschaftlichkeit

## Werktags

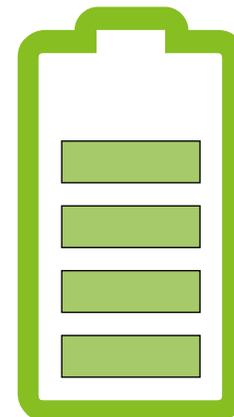


20% Eigenverbrauchsoptimierung

50% Bereit für Lastspitzenkappung

30% Reserve für Stromausfälle

## Wochenende



60% Eigenverbrauchsoptimierung

20% Bereit für Lastspitzenkappung

20% Reserve für Stromausfälle

# Komplexe Energiemanagement-Strategien

## Mehrere Energiemanagement-Strategien in einem Entscheidungsbaum



Energiemanagement-Strategien können auf berechneten Werten aus nahezu allen verfügbaren Sensoren beruhen.

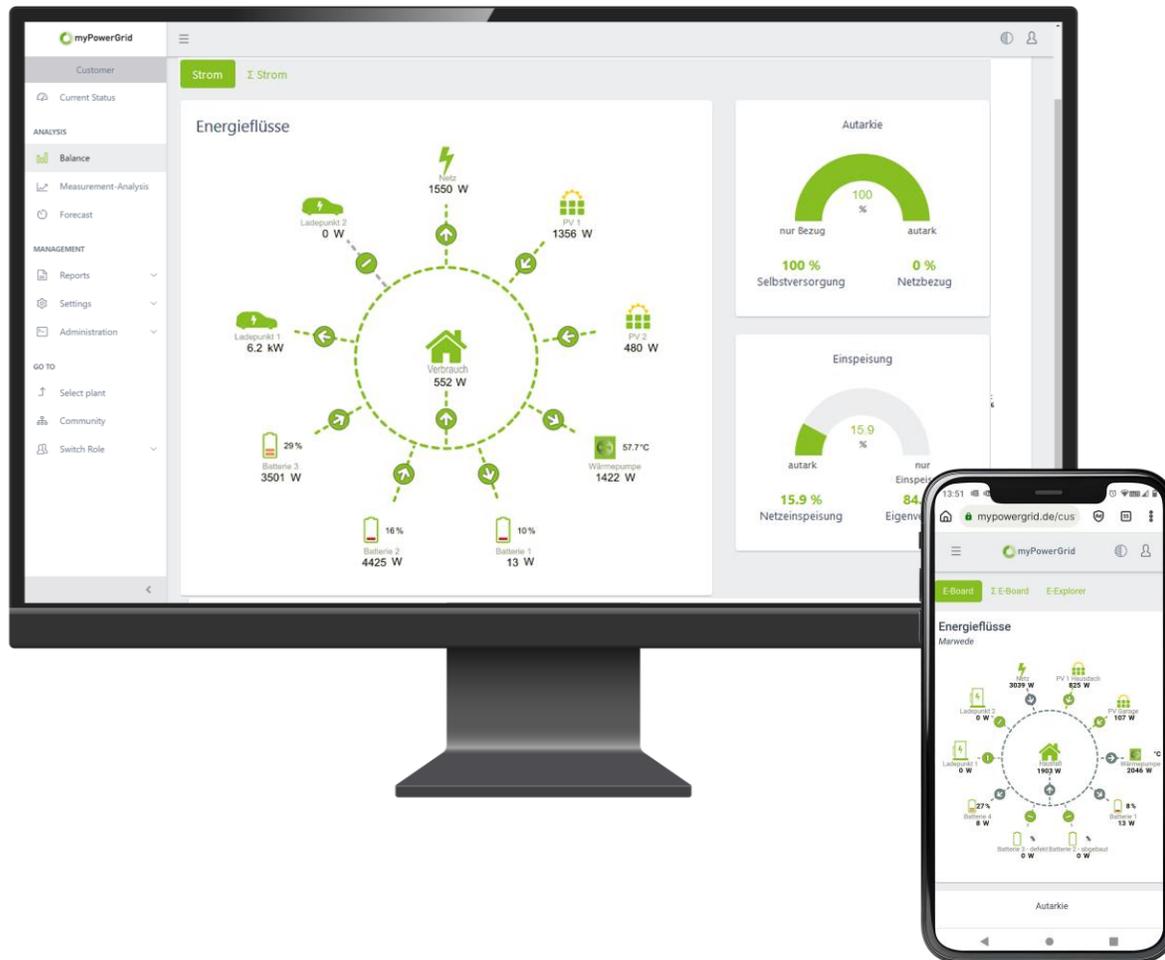
Mehrere Energiemanagement-Strategien können in einem Entscheidungsbaum nach verschiedensten Kriterien (Zeit, Ladestand, berechnete Parameter, etc.) kombiniert werden.

- Optimaler Einsatz aller Assets
- Bestmögliche Erfüllung der Kundenanforderungen
- Berücksichtigung vieler Randbedingungen
- Höhere Wirtschaftlichkeit und Komfort



# AMPERIX® Portal myPowerGrid

## Funktionen in App und Web



Das **AMPERIX® Portal myPowerGrid** zeigt den aktuellen Status der Energieflüsse in Form eines Bilanzkreises.

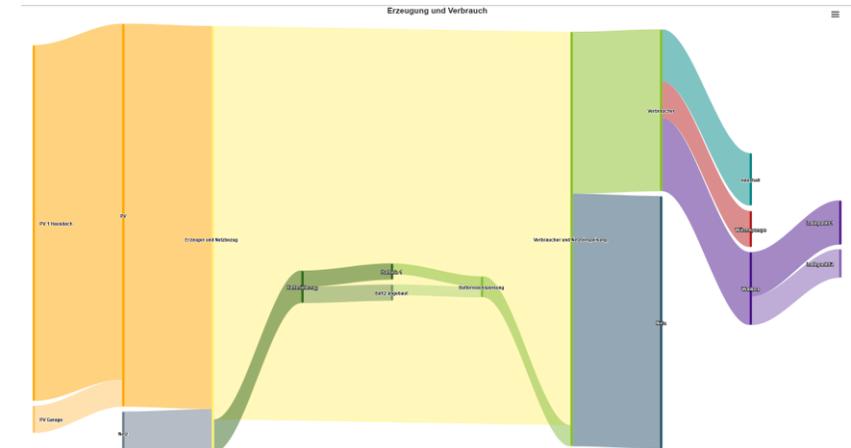
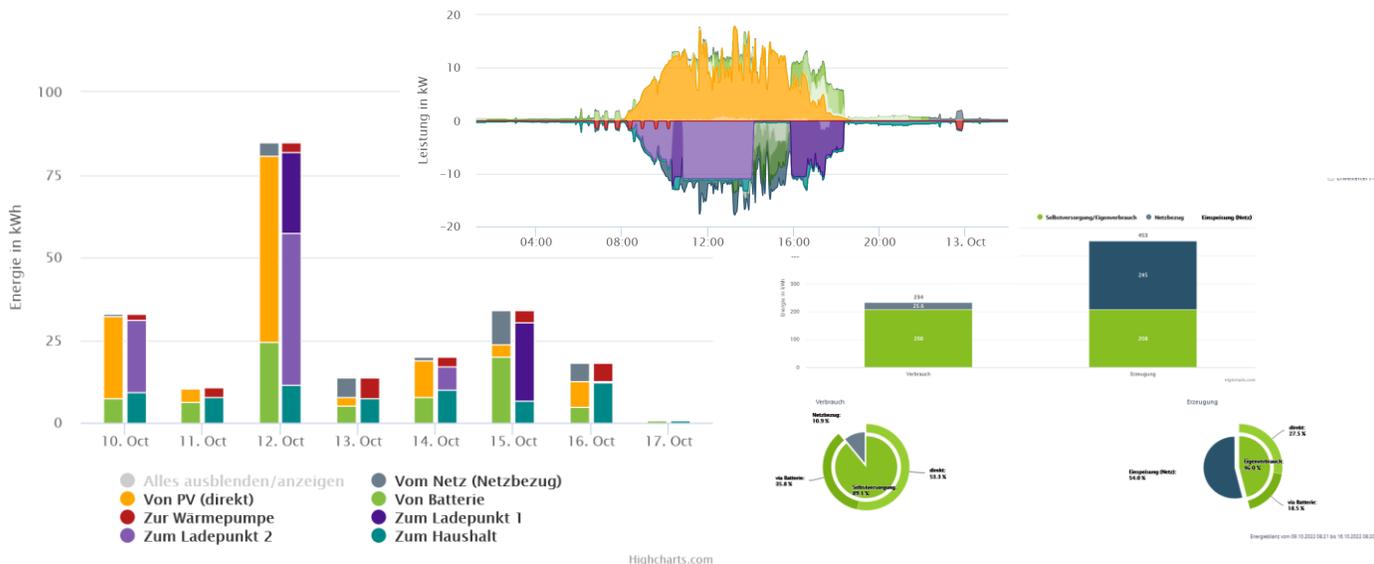
- Die Energieflüsse werden vom **AMPERIX® Energy Manager** erfasst und im Sekundentakt optimiert.
- Das **AMPERIX® Portal myPowerGrid** bietet Visualisierung, Nutzereingriffe und übergeordnete Optimierung über das Internet.
- Es könne einzelne Liegenschaften oder Microgrids im Cluster unabhängig von der Lokation geregelt werden.

# Energie-Transparenz für Kunden

## AMPERIX® Portal myPowerGrid

- Visualisierung der Energiedaten in 1-Minuten-Auflösung
- Bilanzen und Auswertungen
- Download der Daten
- Nutzerrechte und Benachrichtigungen
- Parametrisierung der Ladeinfrastruktur

- Energietransparenz
- Fehlererkennung und Analyse
- Energie-Controlling
- Datenexport in andere Analyseprogramme
- Einfache Einstellung der LIS



Marwede 2022

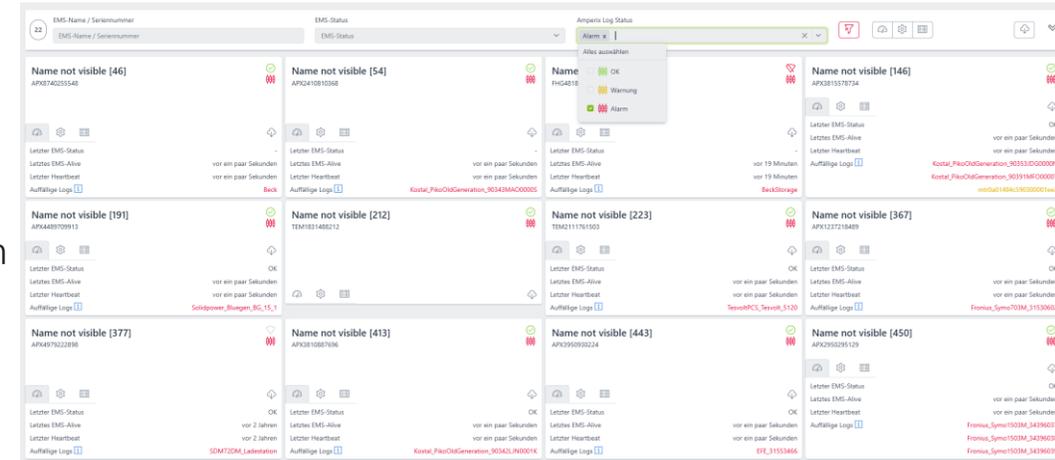
Benachrichtigungen				
Name	Typ	Aktiviert	Aboniert	
SolarEdge nicht OK	Log-Event-Reporter	✓	✗	Details
Speichertemperatur	Sensor-Reporter	✓	✓	Details
TEST	Sensor-Reporter	✓	✗	Details

Neuen Reporter erstellen

# Betriebsführung für Techniker

## AMPERIX® Portal myPowerGrid

- Überblick über alle Anlagen mit Leserechten
- Informationen zum Zustand des Systems
- Fehlermeldungen von allen angeschlossenen Geräten (soweit diese Meldungen weitergeben)
- Zusätzliche Sensordaten mit Multi-Achsen-Auswertung
- Anlagenüberwachung in einem Portal
- Fehleranalyse
- Tiefere Auswertungen der Messwerte

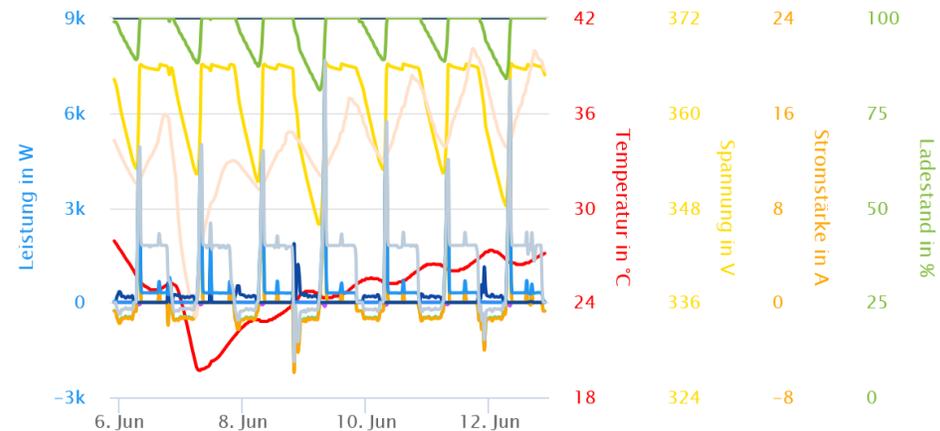


Liste aller Logbeinträge

Von: 01.06.2023 22:10 Bis: 03.06.2023 22:11

Gerät: Nachricht: OK Nachrichten anzeigen  Filtern

Zeitpunkt	Gerät	Nachricht
2023-06-03 00:17:02 UTC	Kona	ALARM - Could not read API. Error: invalid character '<' looking for beginning of value
2023-06-02 13:57:49 UTC	Sunnysland1	ALARM - Could not get state from modbus for unknown reasons.
2023-06-02 13:37:52 UTC	Sunnysland1	ALARM - Modbus connection failed. Please check network connection to the device.
2023-06-02 13:32:42 UTC	Sunnysland1	ALARM - Modbus connection failed. Please check network connection to the device.
2023-06-02 11:47:00 UTC	ems	startup
2023-06-02 11:42:21 UTC	SMA_STPS30_3016300521	ALARM - No health update received,Modbus communication error.
2023-06-02 11:39:41	SMA_STPS30_3016300521	ALARM - No health update received.



- Alles ausblenden/anzeigen
- Blindleistung Batterie 4
- DC-Spannung Batterie 4
- DC-Stromstärke Batterie 4
- Gehäusetemperatur Batterie 4
- Ladezustand Batterie 4
- Leistung (Verbrauch) Batterie 4
- Leistungssetzpunkt Batterie 4
- Temperatur Batterie 4
- DC-Leistung Batterie 4
- DC-Stromstärke Batterie 4
- Gesundheitszustand Batterie 4
- Leistung (Erzeugung) Batterie 4
- Leistungssetzpunkt Batterie 4

Highcharts.com

# Schlüssel zur Energiewende



Schlüsselfrage: „Was machen wir mit den Überschüssen?“

Schlüsselansätze:

- Verschieben von Überschüssen in Raum und Zeit
- Sektoren verbinden
- Randbedingungen einhalten - Netze und Energiewirtschaft
- Effizienz ist wichtig – bis sie es nicht mehr ist

Eine Schlüssel Technologie:

**Energiemanagement Systeme**



# Danke schön!

Jochen Marwede



+49 177 62 99 082



[Jochen.marwede@wendeware.com](mailto:Jochen.marwede@wendeware.com)

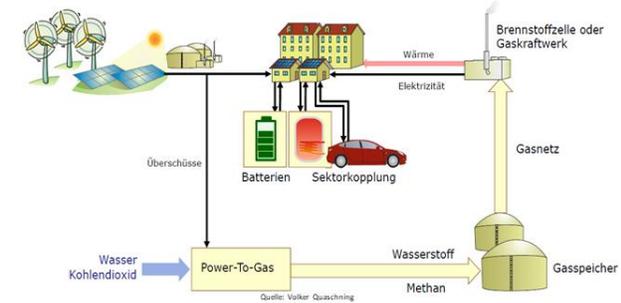
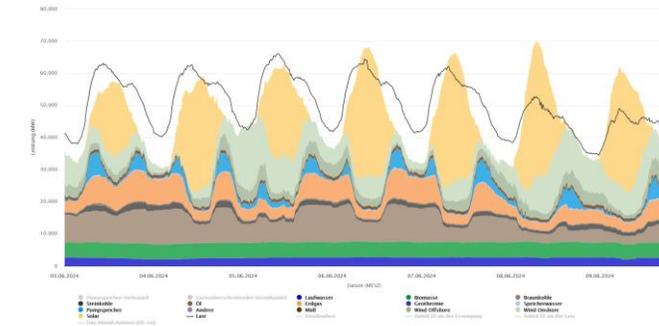


Vorstand

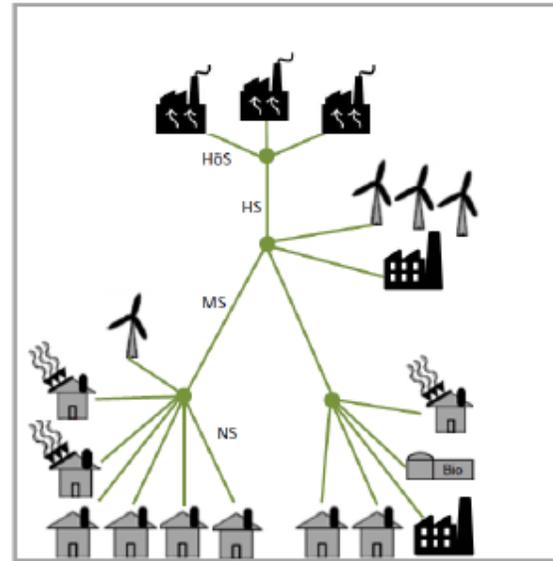


# Die Zukunft - Zellulares Energiesystem mit intelligenter Steuerung auf allen Ebenen ?

Öffentliche Nettoerzeugung in Deutschland in Woche 23 2024  
Energiewirtschaftskongress Berlin



Heutiges Energiesystem



Zellulares Energiesystem

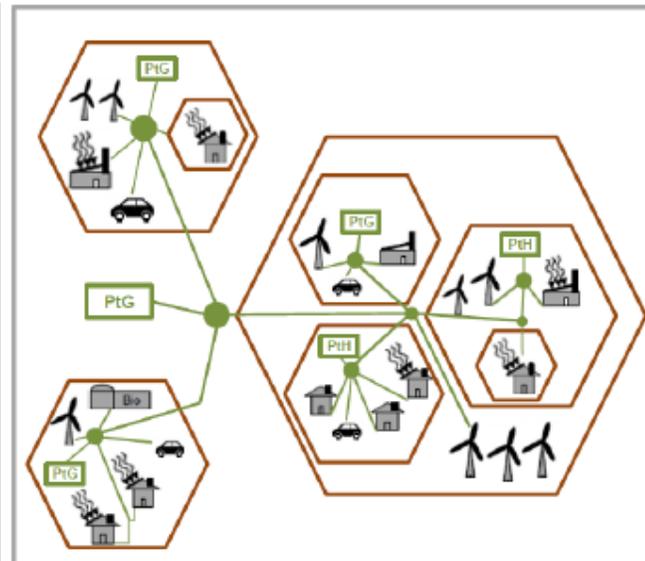


Abbildung: Heutiges und zukünftiges Energiesystem

