

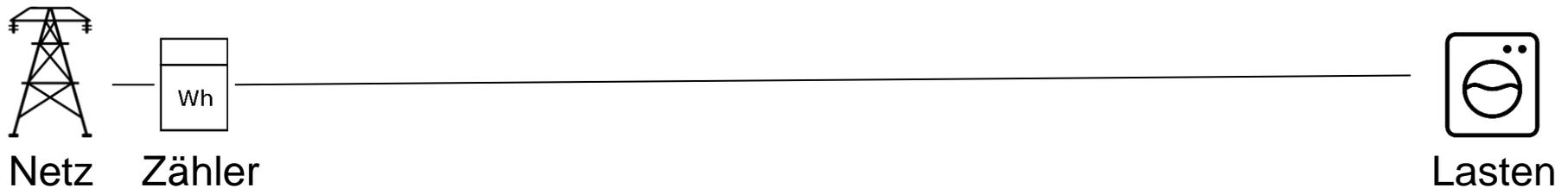
Leistungsflüsse im Energiesystem

Wie kommt es zu Netzbezug?

$$V = N$$

- N = Netz, positiv für Netzbezug, negativ für Netzeinspeisung
- V = Verbrauch, immer positiv

Beispiel: Verbrauch = 5.000 W

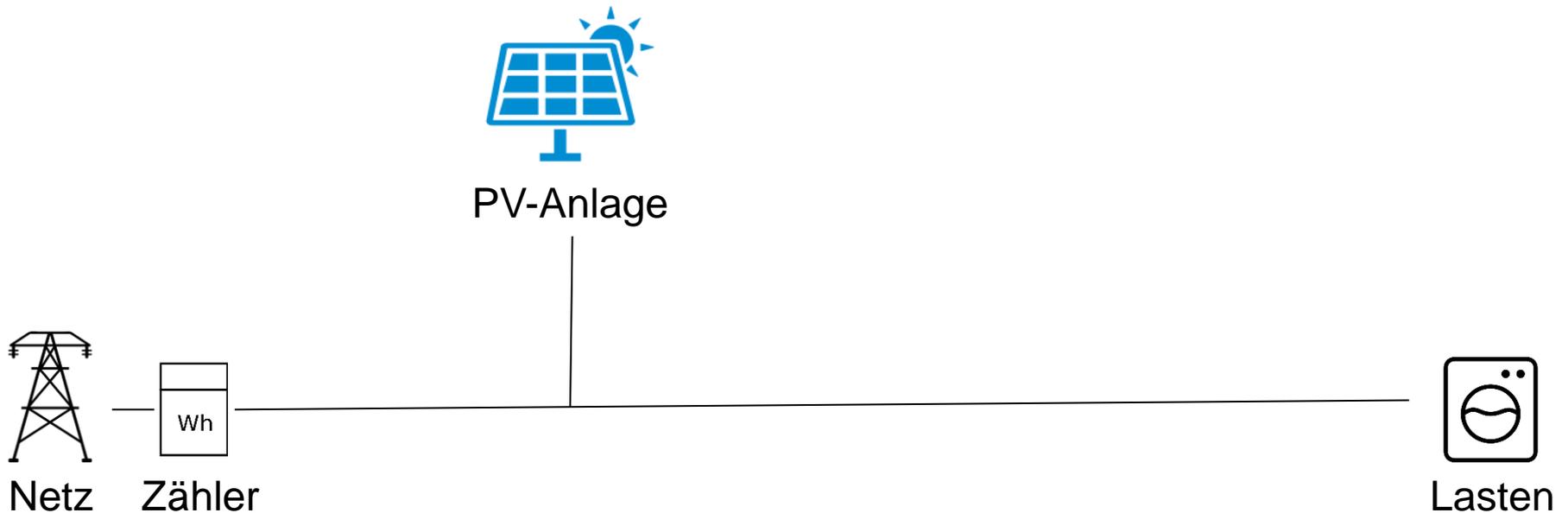


Wie kommt es zu Netzbezug und Netzeinspeisung?

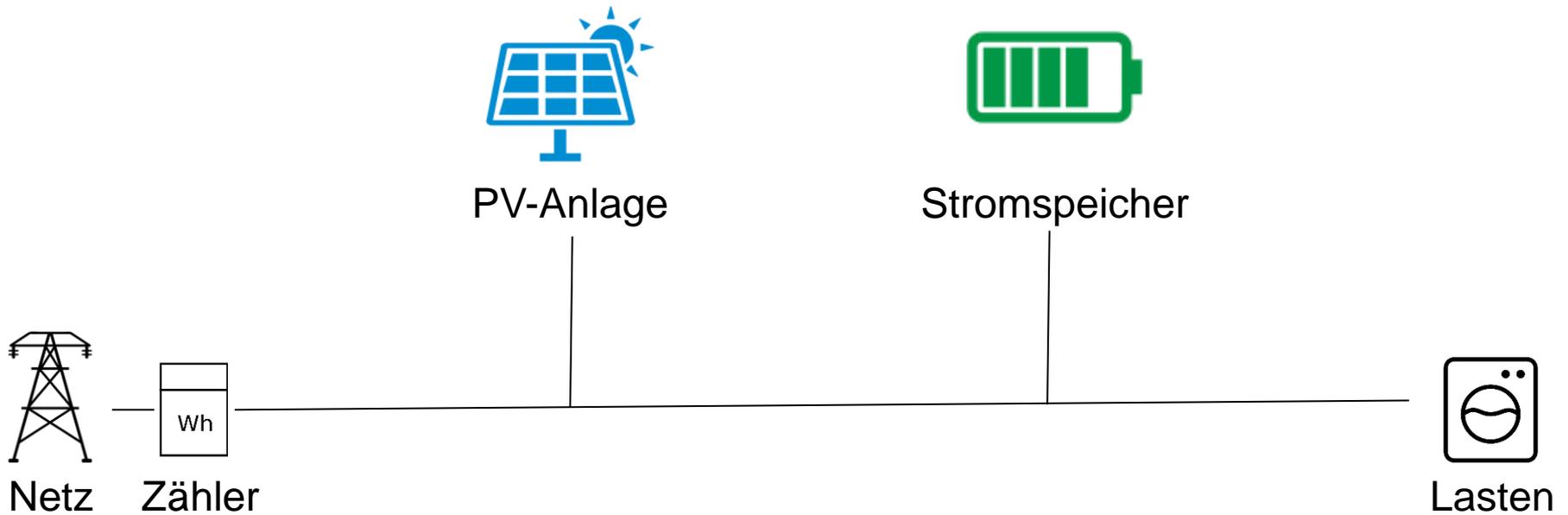
$$V = N + P$$

- P = PV-Erzeugung, immer positiv

Beispiel: Verbrauch = 5.000 W; (1) PV-Erzeugung = 10.000 W; (2) = 2.000 W



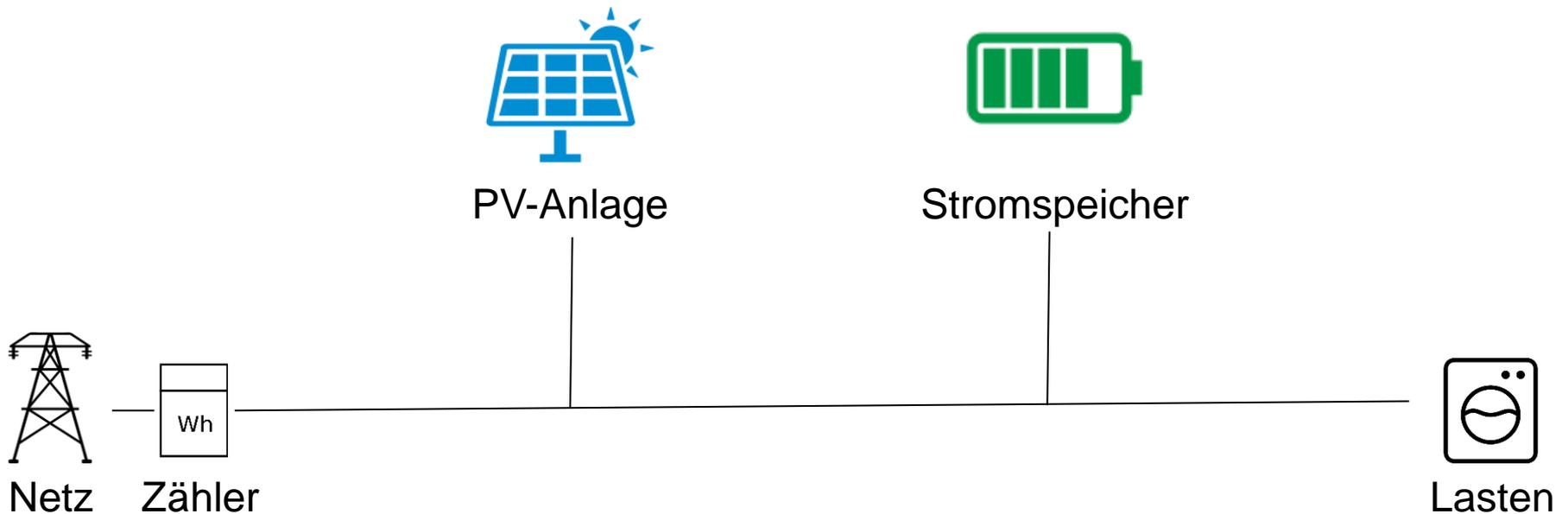
Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

- S = Stromspeicher, positiv für Entladung, negativ für Beladung



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

- S = Stromspeicher, positiv für Entladung, negativ für Beladung

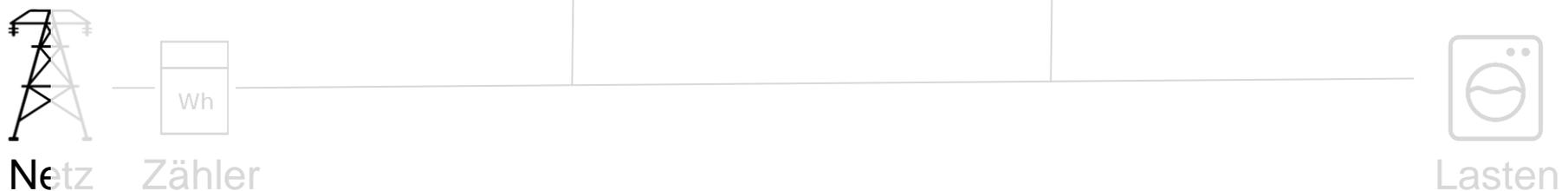
Beispiel: Verbrauch = 5.000 W;

(1) PV-Erzeugung = 10.000 W; Stromspeicher leer

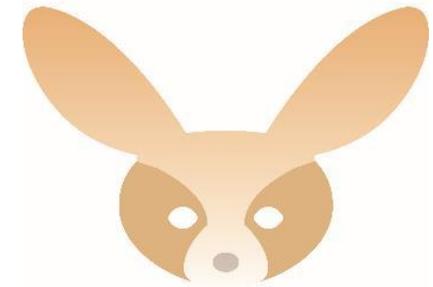
(2) PV-Erzeugung = 10.000 W; Stromspeicher voll

(3) PV-Erzeugung = 2.000 W; Stromspeicher leer

(4) PV-Erzeugung = 2.000 W; Stromspeicher voll



Energiemanagement



OpenEMS

Standardisierung auf **Protokoll-Ebene** (vgl. Sunspec, OCPP, „SG-Ready“,...)



Externe
Dienste



PV-Anlage



PV-Wechselrichter



Andere
Erzeuger



Zähler



Batteriespeicher



Ungesteuerte
Lasten



Steuerbare
Lasten



E-Mobilität



Wärme



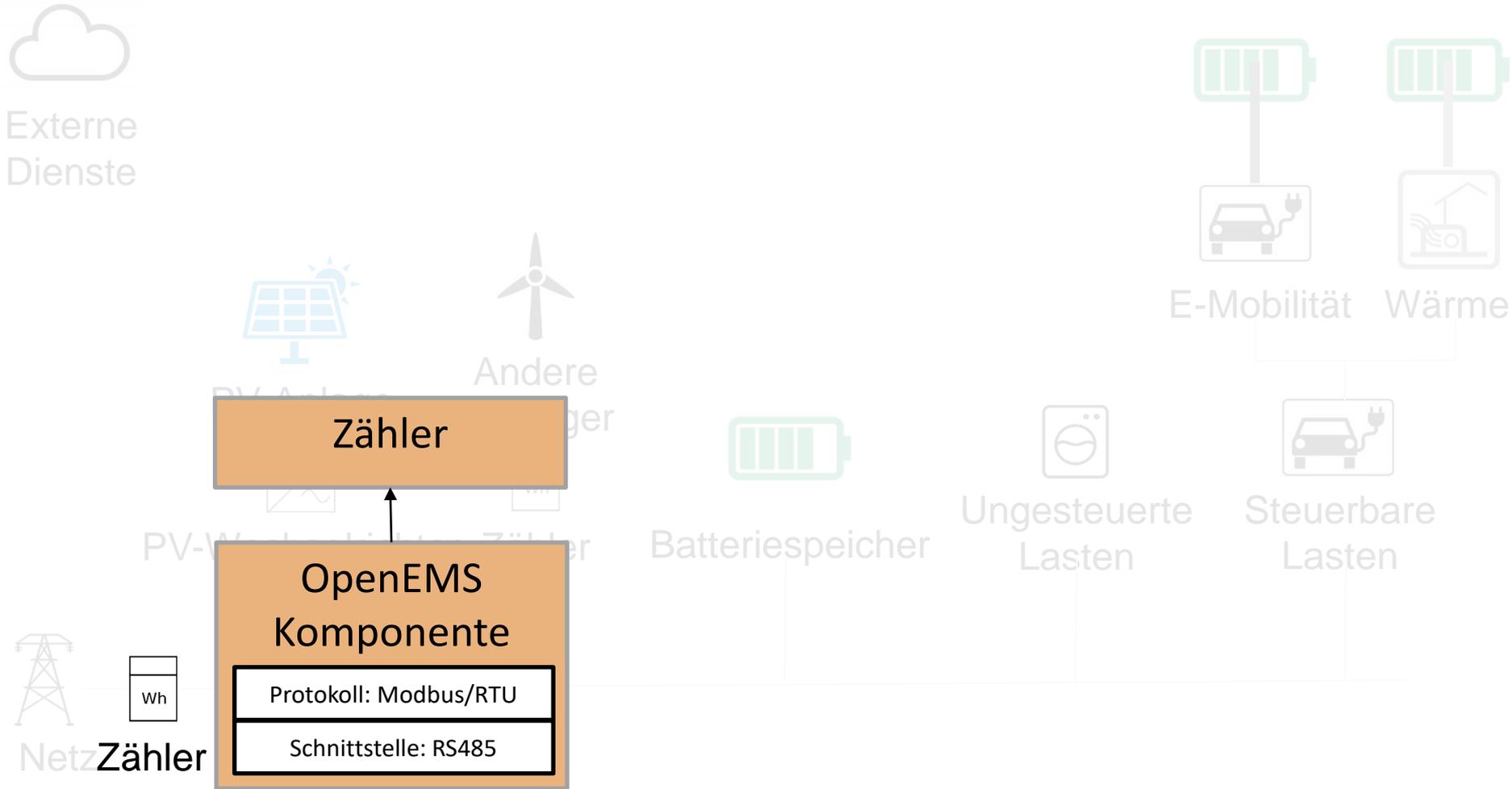
NetzZähler



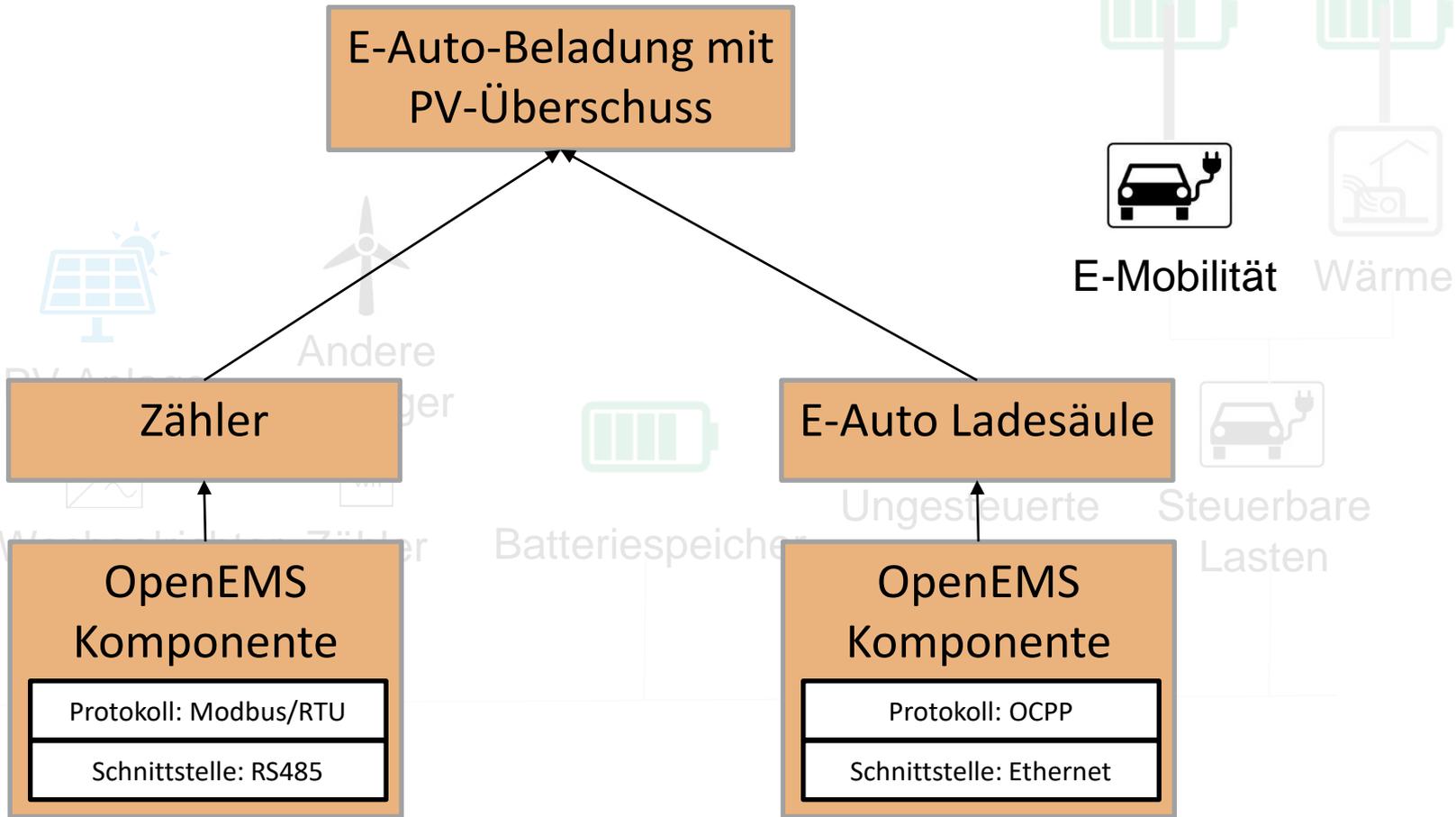
Protokoll: Modbus/RTU

Schnittstelle: RS485

Standardisierung auf **Software**-Ebene



Externe
Dienste

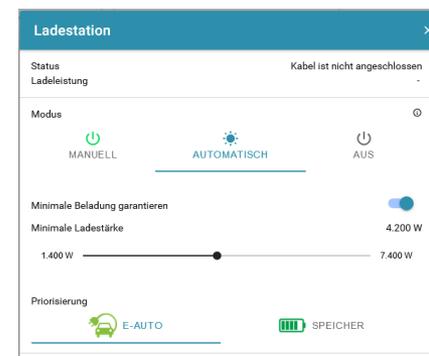


NetzZähler

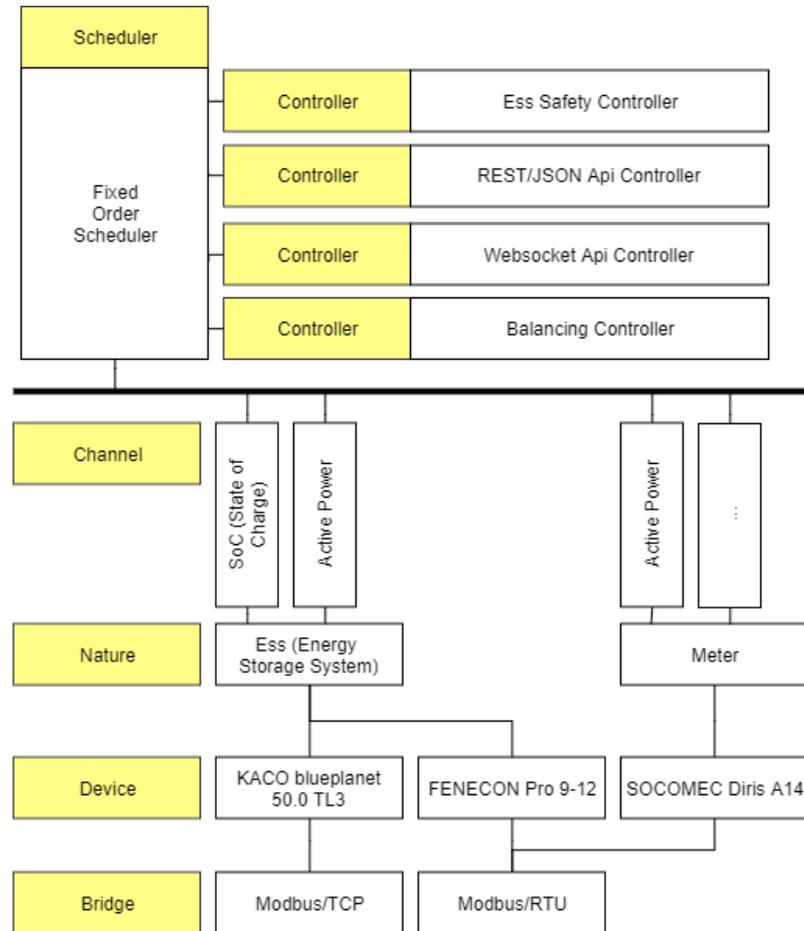
Kombiniert mit Software-Algorithmen

- **Netzdienliche Eigenverbrauchsoptimierung**
Prognosebasierte Anpassung der Beladeleistung
Vermeidung der 70 % Abregelung
- **Dynamischer Strompreis**
Prognosebasierte Anpassung der Zeiten, in denen der Speicher entlädt
- **Optimierte E-Auto Beladung & Multi-Ladepunktmanagement**
Überschuss-Beladung
Manuelle Schnell-Beladung bei Bedarf

Und viele mehr... www.openems.io

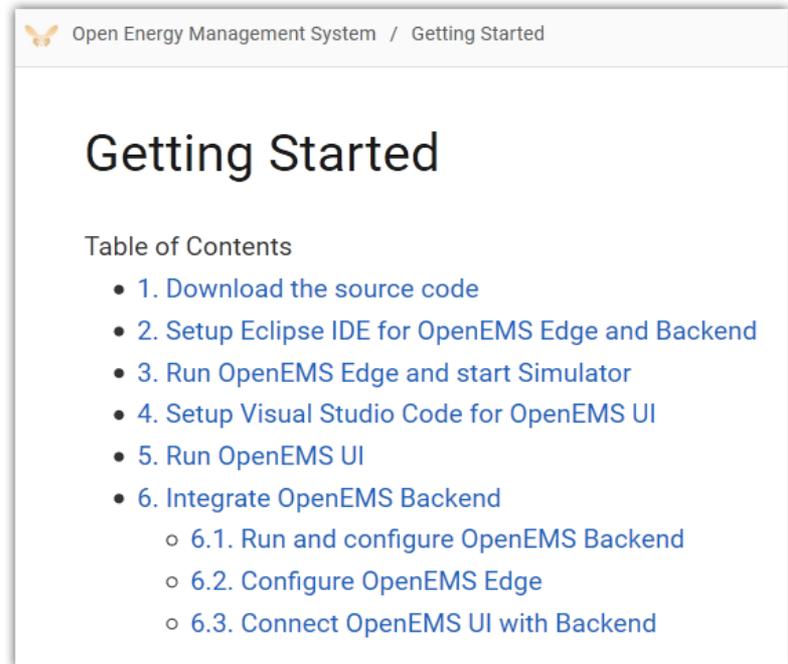


Architektur



Get Started

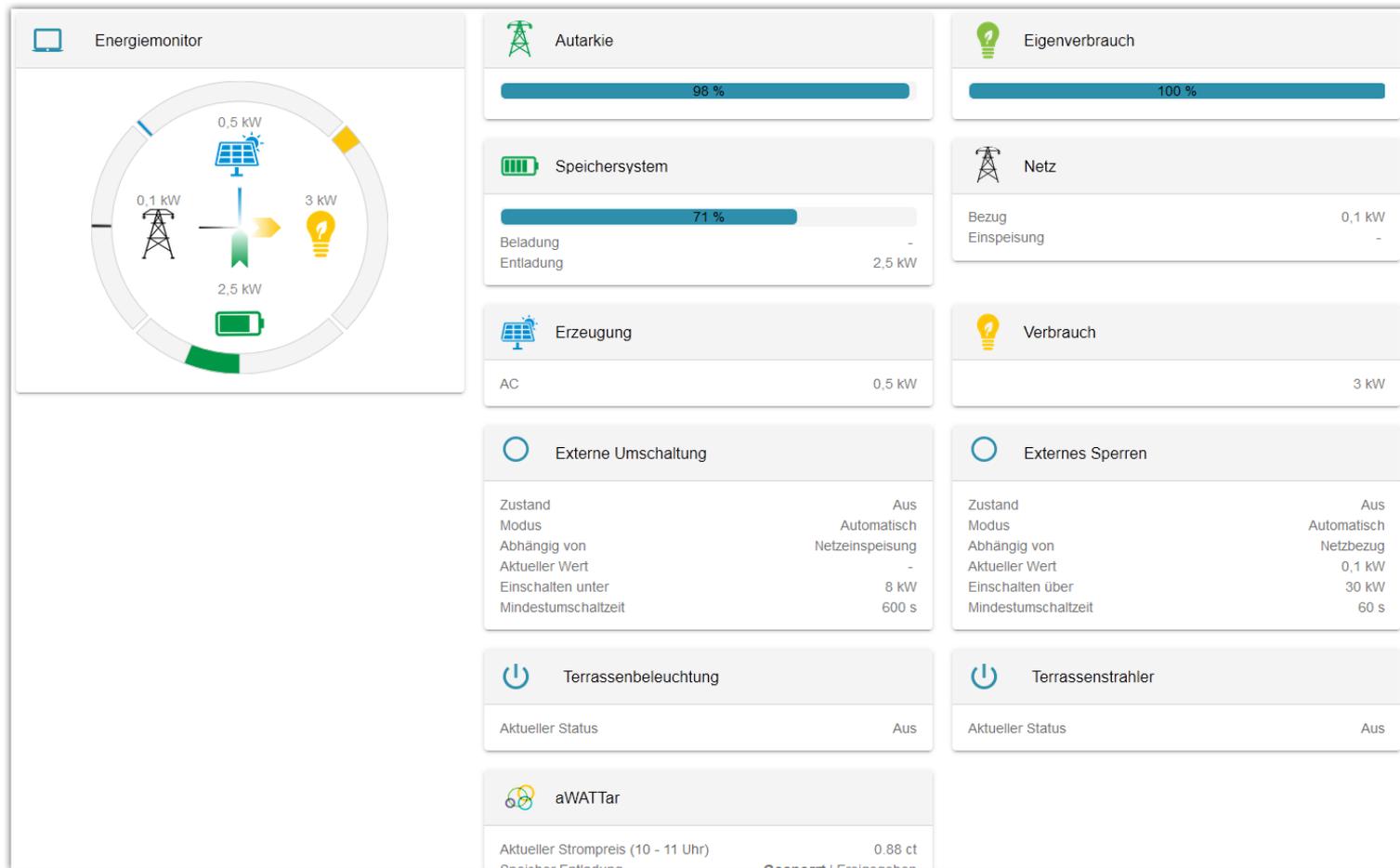
- Direkt am Laptop ausprobieren
- Vollständig Simulierte Umgebung
- Mit Echtgeräten kombinierbar



The screenshot shows a web page titled "Open Energy Management System / Getting Started". The main heading is "Getting Started". Below it is a "Table of Contents" section with a list of steps:

- 1. [Download the source code](#)
- 2. [Setup Eclipse IDE for OpenEMS Edge and Backend](#)
- 3. [Run OpenEMS Edge and start Simulator](#)
- 4. [Setup Visual Studio Code for OpenEMS UI](#)
- 5. [Run OpenEMS UI](#)
- 6. [Integrate OpenEMS Backend](#)
 - [6.1. Run and configure OpenEMS Backend](#)
 - [6.2. Configure OpenEMS Edge](#)
 - [6.3. Connect OpenEMS UI with Backend](#)

Online-Monitoring eines Energiemanagements



Netzbezug

$$V = N$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W

- Simulator DataSource: CSV Direct [datasource1] -> „ActivePower“: 5000
- Simulator NRCMeter Acting [meter1] -> datasource1
„non-regulated consumption meter“
- Simulator GridMeter Reacting [meter0]

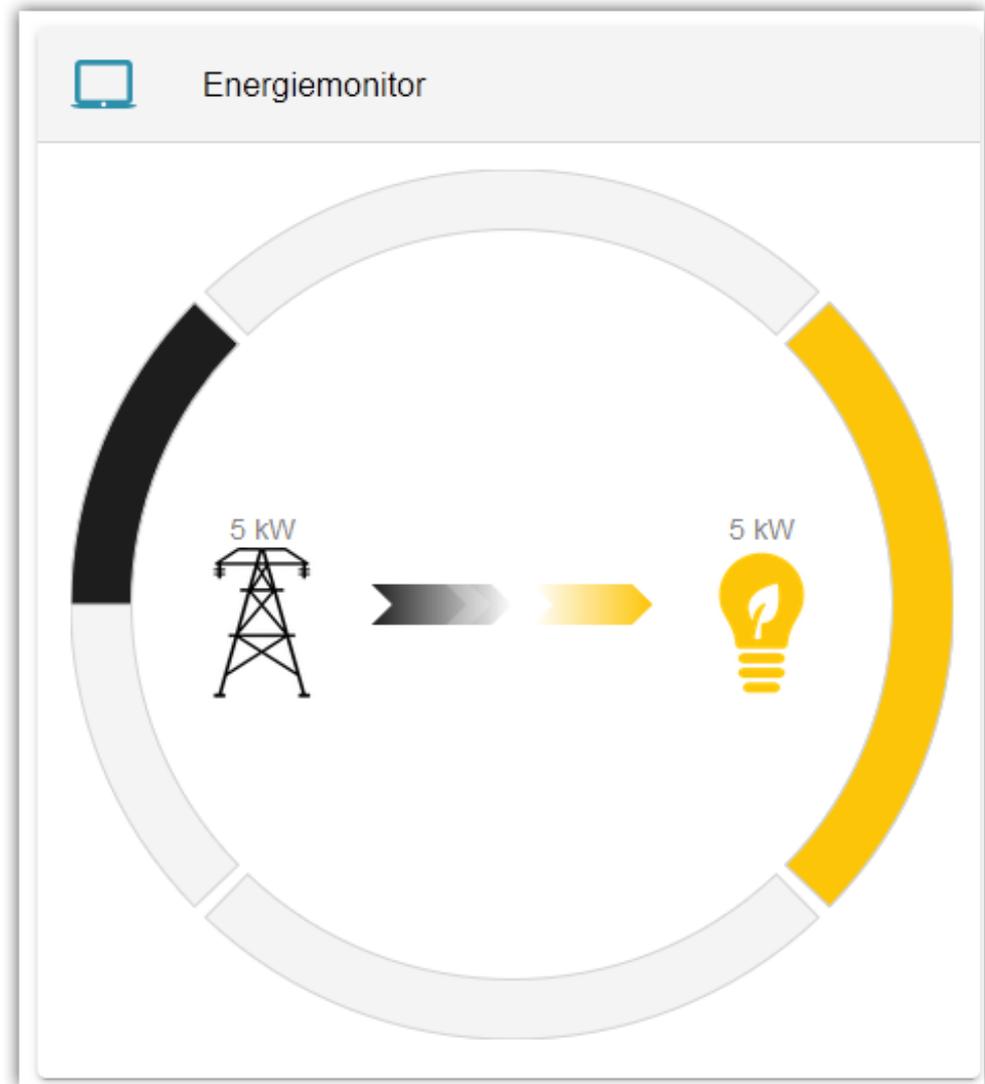


Netzbezug

$$V = N$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W



Netzbezug und Netzeinspeisung?

$$V = N + P$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W

Produktion = 10.000 W

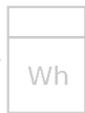


PV-Anlage

- Simulator DataSource: CSV Direct [datasource2] -> „ActivePower“: 10000
- Simulator ProductionMeter Acting [meter2] -> datasource2



Netz



Zähler



Lasten

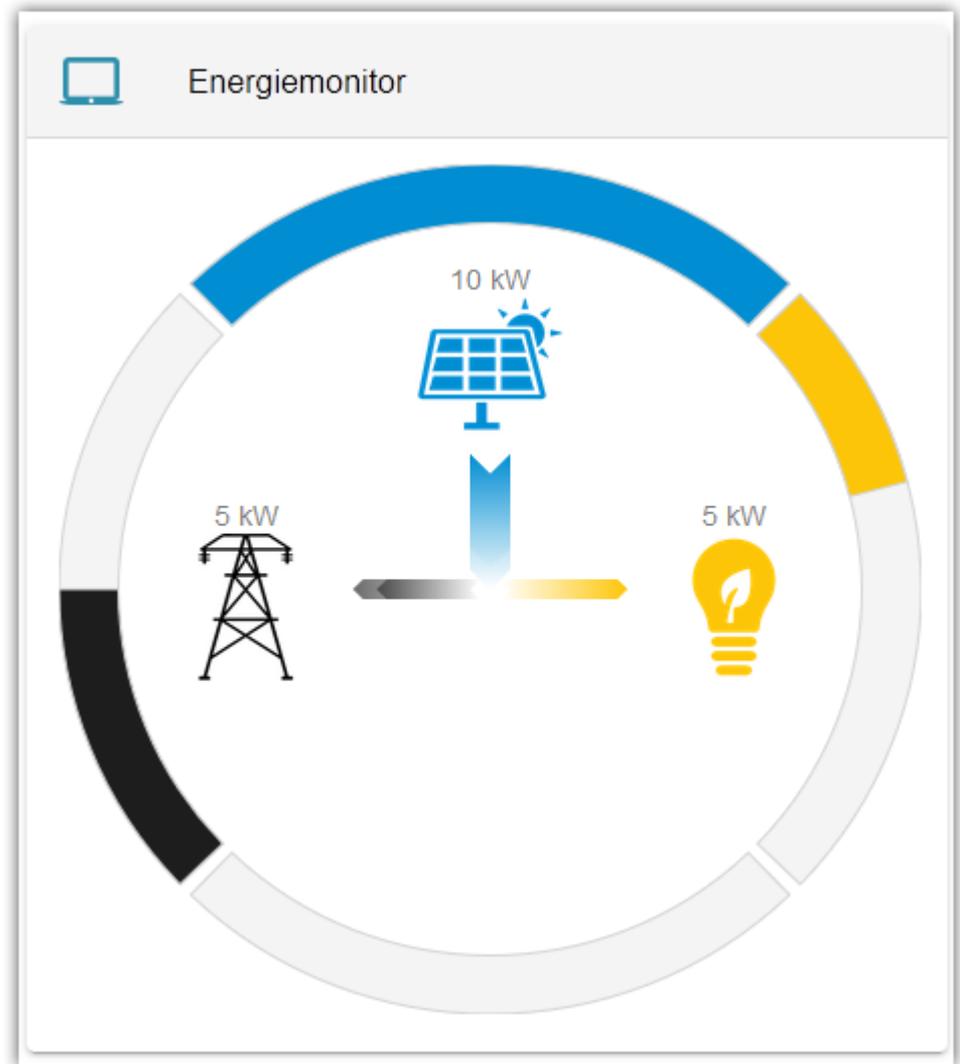
Netzbezug

$$V = N + P$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W

Produktion = 10.000 W



Netzbezug und Netzeinspeisung?

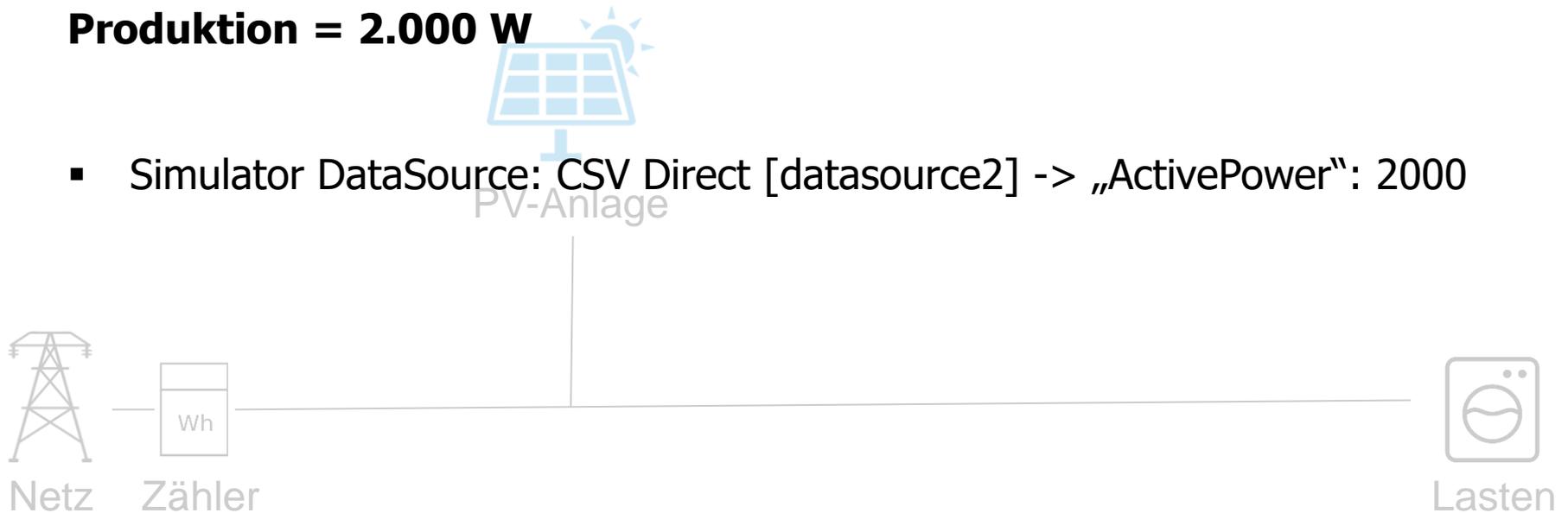
$$V = N + P$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W

Produktion = 2.000 W

- Simulator DataSource: CSV Direct [datasource2] -> „ActivePower“: 2000



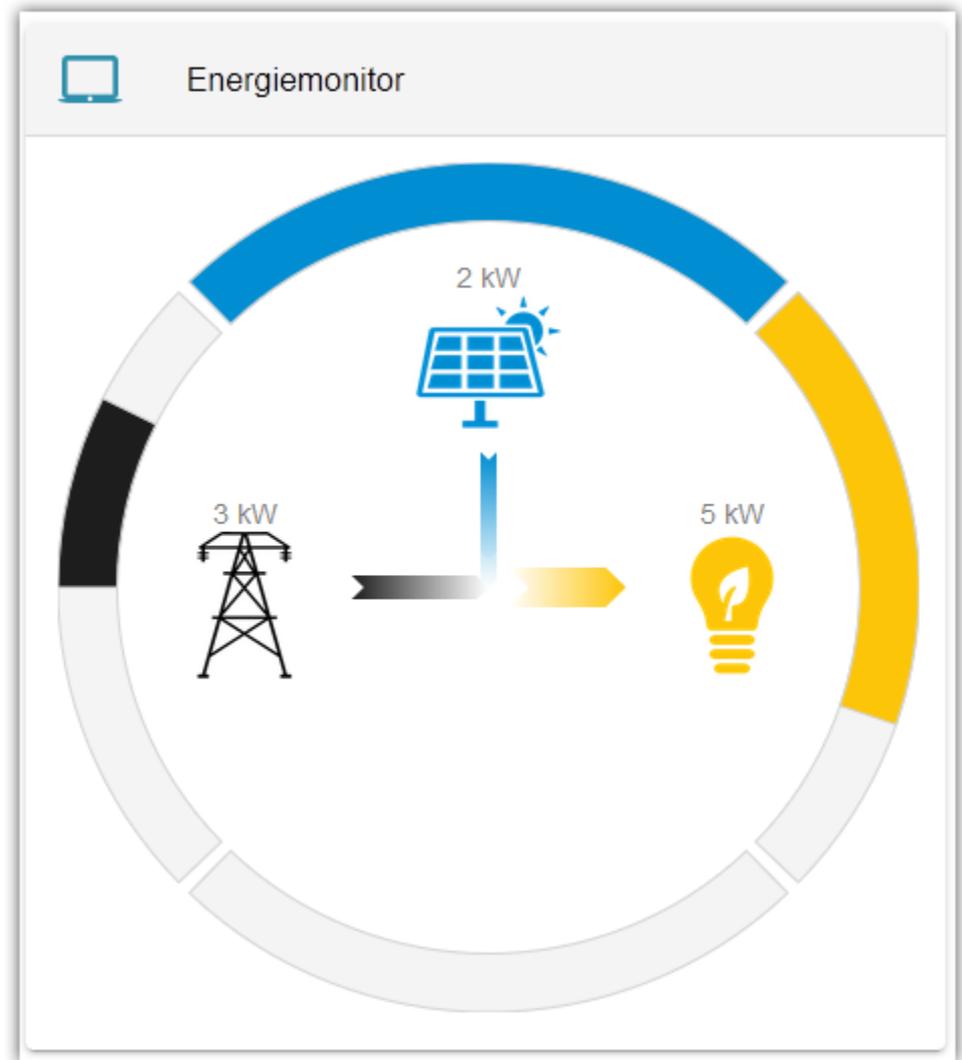
Netzbezug

$$V = N + P$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W

Produktion = 2.000 W



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

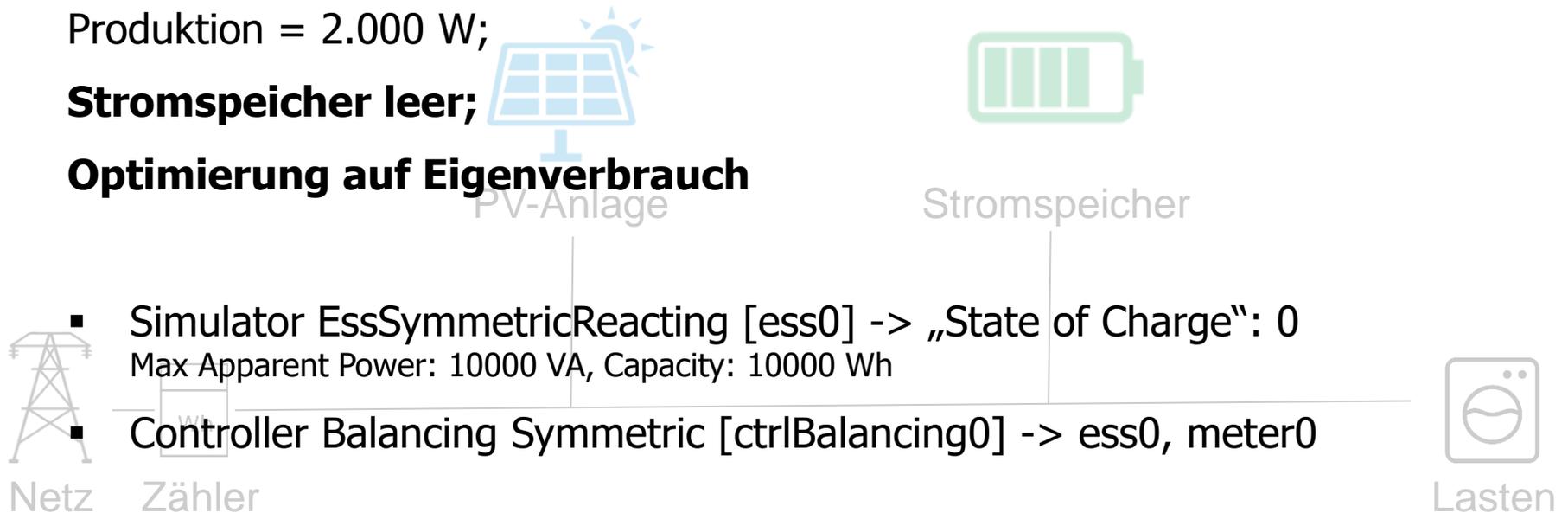
Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W;

Produktion = 2.000 W;

Stromspeicher leer;

Optimierung auf Eigenverbrauch



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W;

Produktion = 2.000 W;

Stromspeicher leer;

Optimierung auf Eigenverbrauch



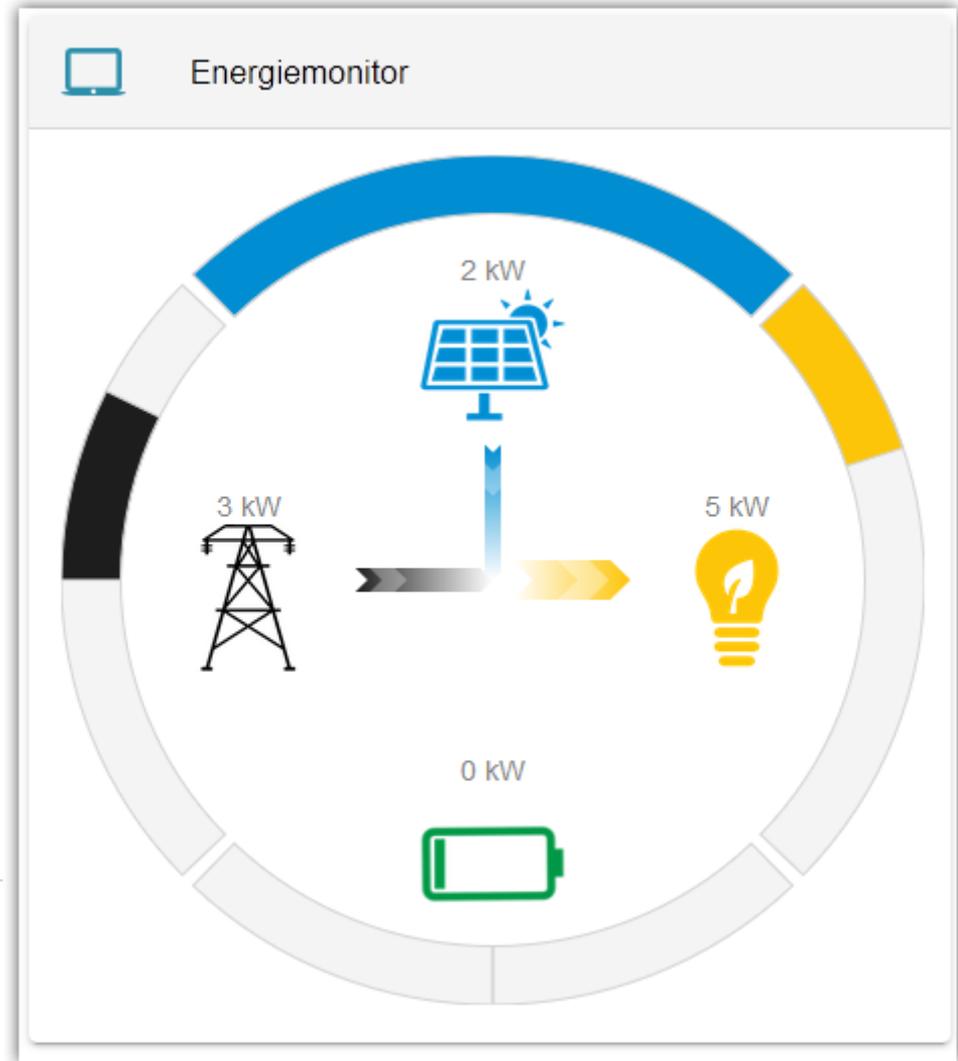
PV-Anlage



Netz



Zähler



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

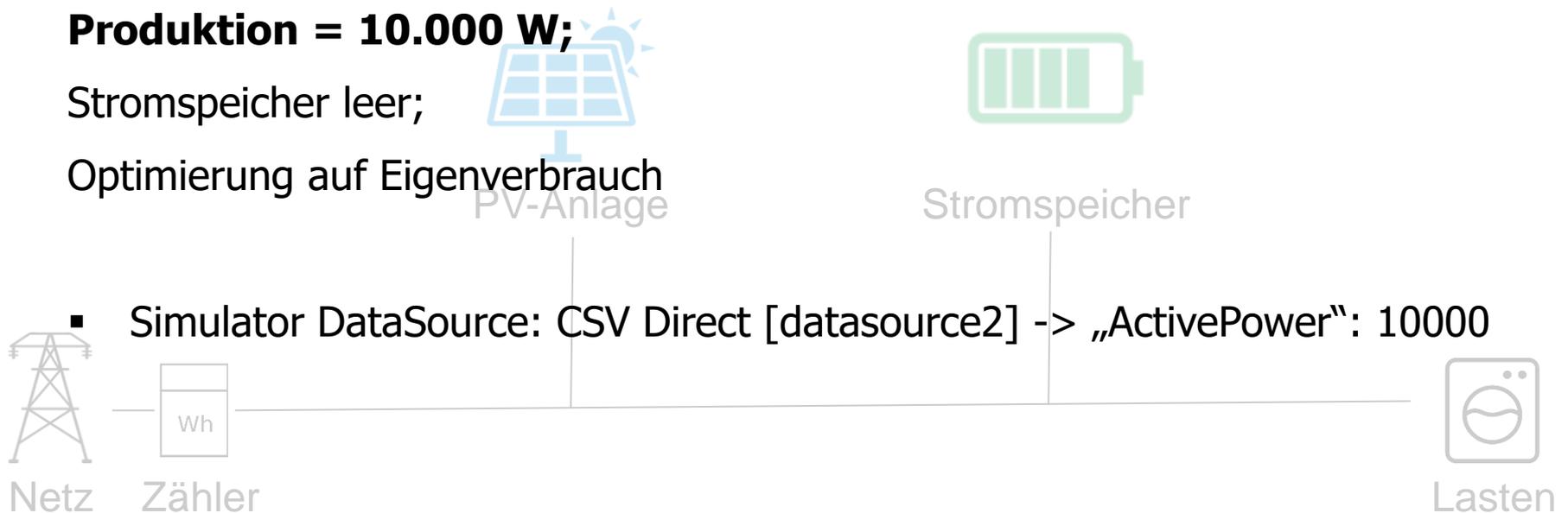
Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W;

Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher leer;

Optimierung auf Eigenverbrauch



Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

Verbrauch = 5.000 W;

Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher leer;

Optimierung auf Eigenverbrauch



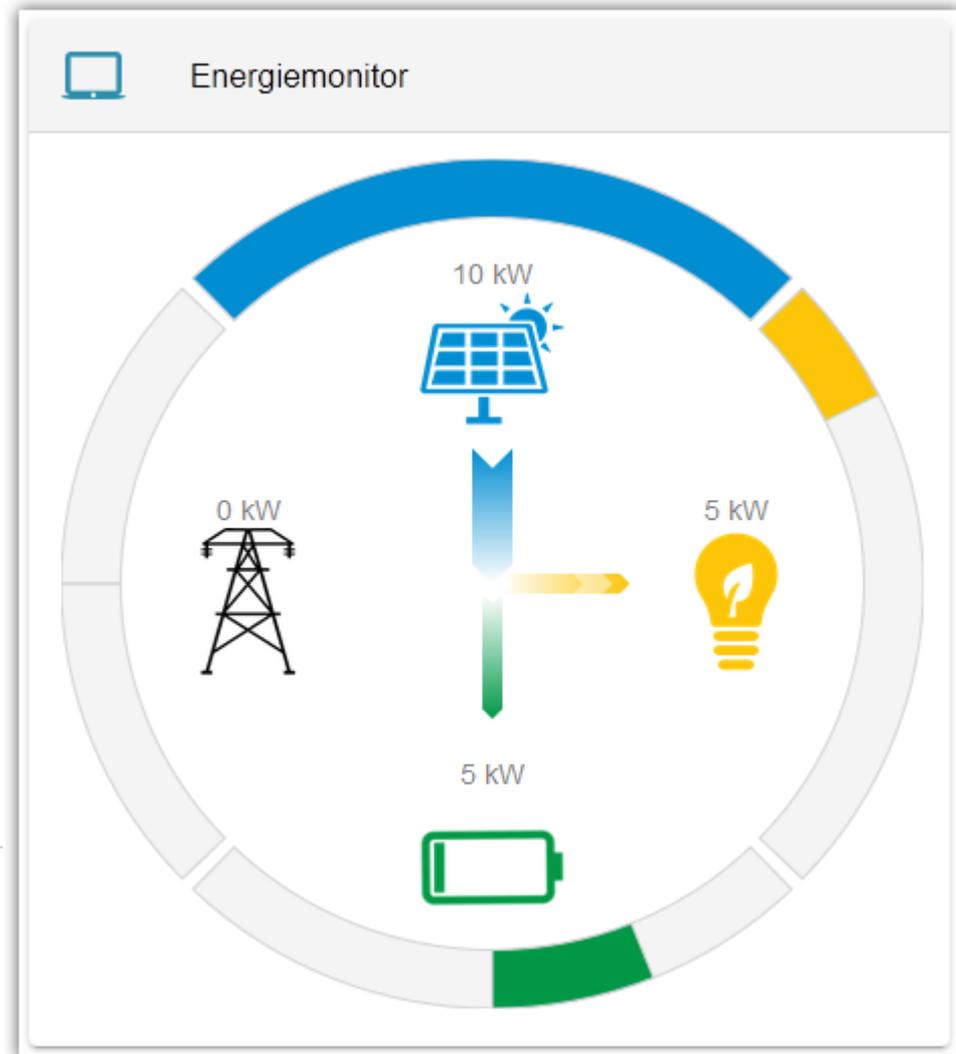
PV-Anlage



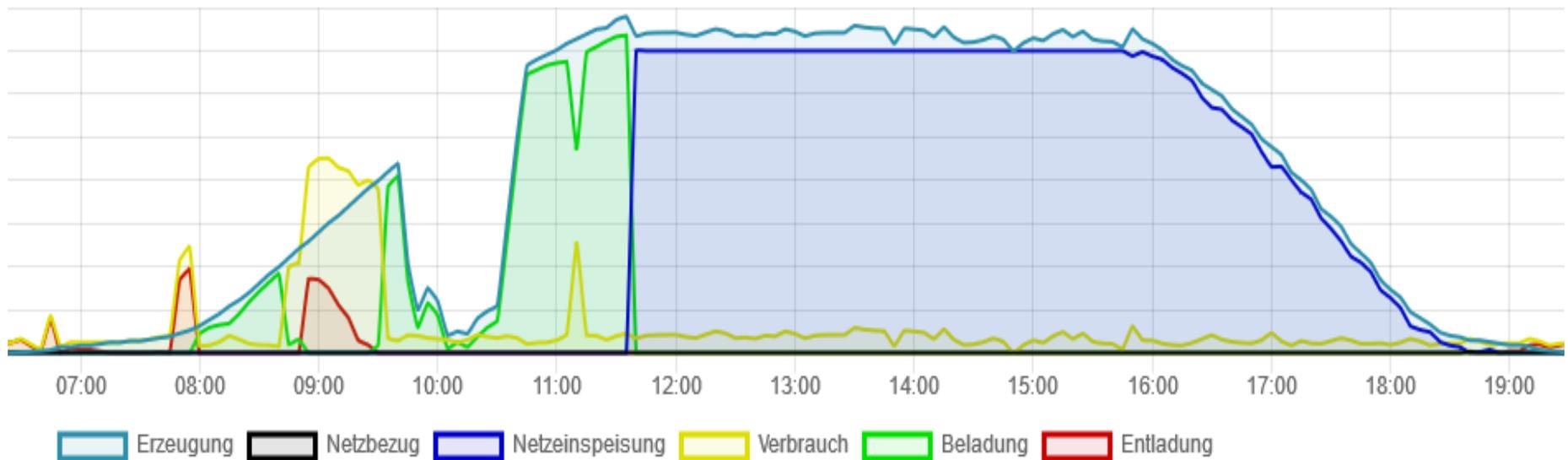
Netz



Zähler



(dumme) Optimierung auf Eigenverbrauch



Lastspitzenkappung

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

Verbrauch = 100.000 W;

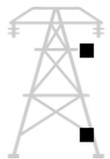
Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher voll;

**Lastspitzenkappung auf 50.000 W;
Wiederbeladung bei 40.000 W**



Stromspeicher



Netz

■ Simulator DataSource: CSV Direct [datasource1] -> „ActivePower“: 100000

■ Controller Balancing Symmetric [ctrlBalancing0] löschen

■ Controller Peak-Shaving Symmetric [ctrlPeakShaving0] -> ess0, meter0,
Peak-Shaving power: 50000; Recharge power: 40000

Zähler



Lasten

Lastspitzenkappung

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

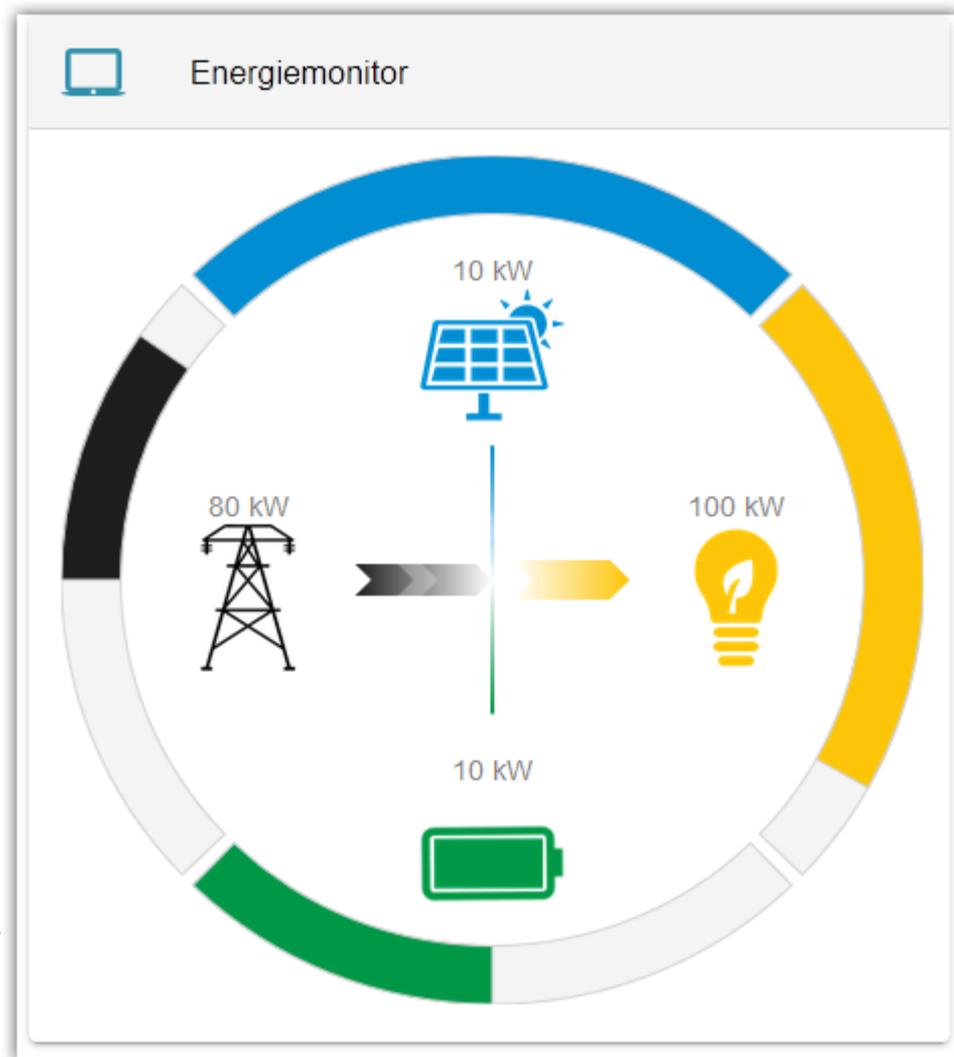
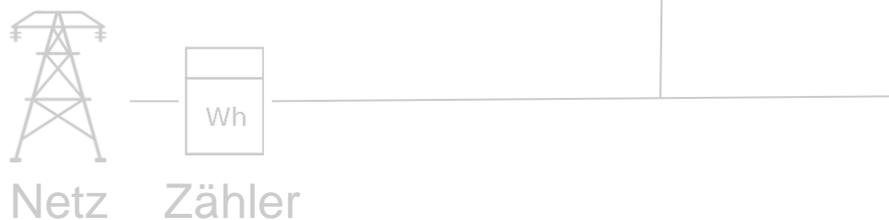
Verbrauch = 100.000 W;

Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher voll;

Lastspitzenkappung auf 50.000 W;

Wiederbeladung bei 40.000 W



Lastspitzenkappung

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

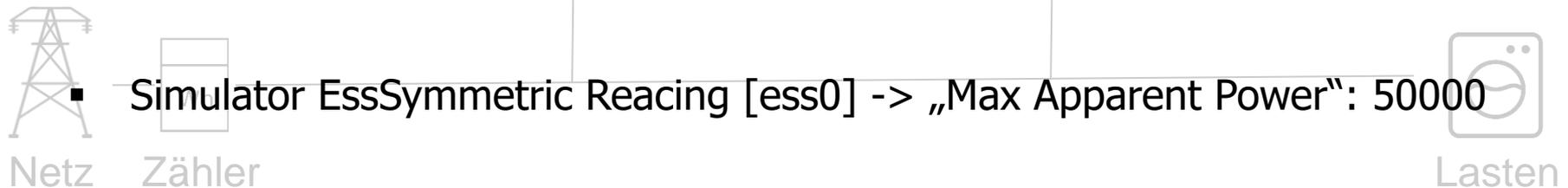
Verbrauch = 100.000 W;

Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher voll;

Leistung 50.000 W

Lastspitzenkappung auf 50.000 W;
Wiederbeladung bei 40.000 W



Lastspitzenkappung

$$V = N + P + S$$

Beispiel:

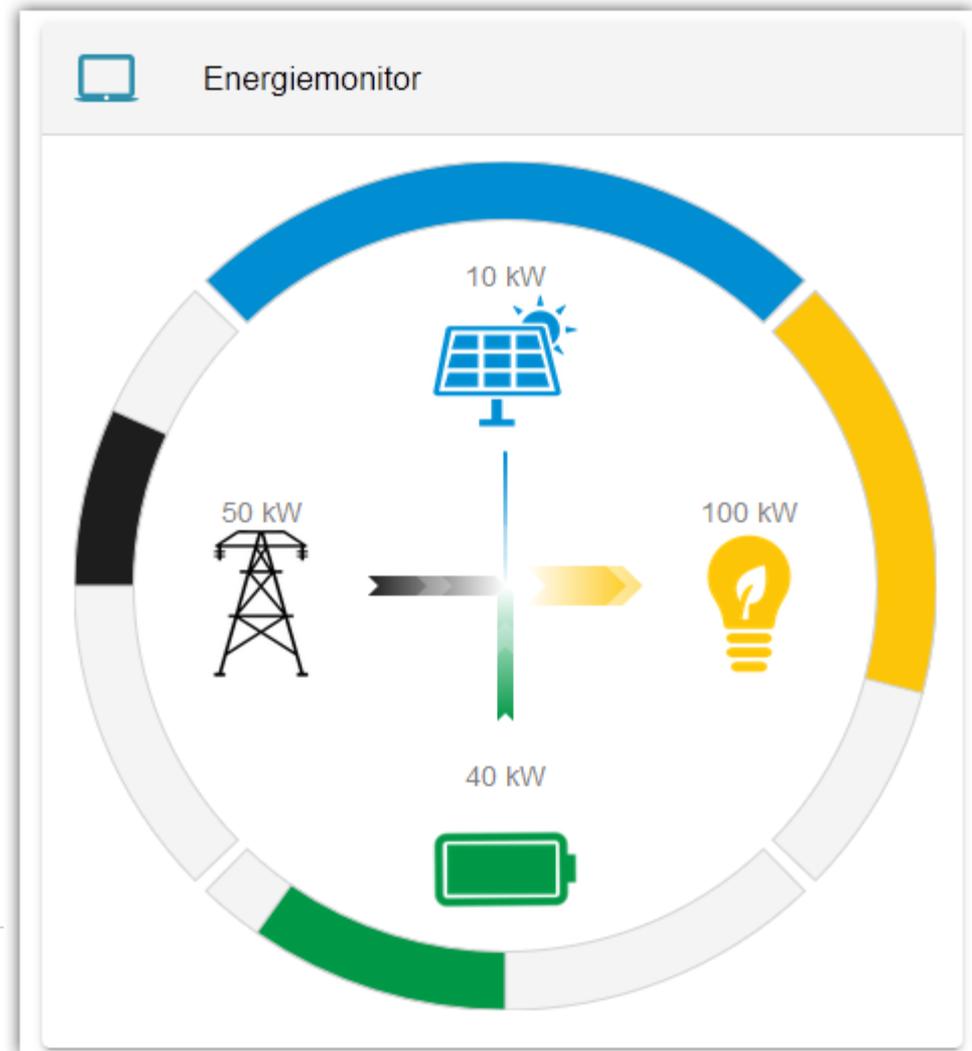
Verbrauch = 100.000 W;

Produktion = 10.000 W;

Stromspeicher voll;

Leistung 50.000 W

Lastspitzenkappung auf 50.000 W;
Wiederbeladung bei 40.000 W



Lastspitzenkappung

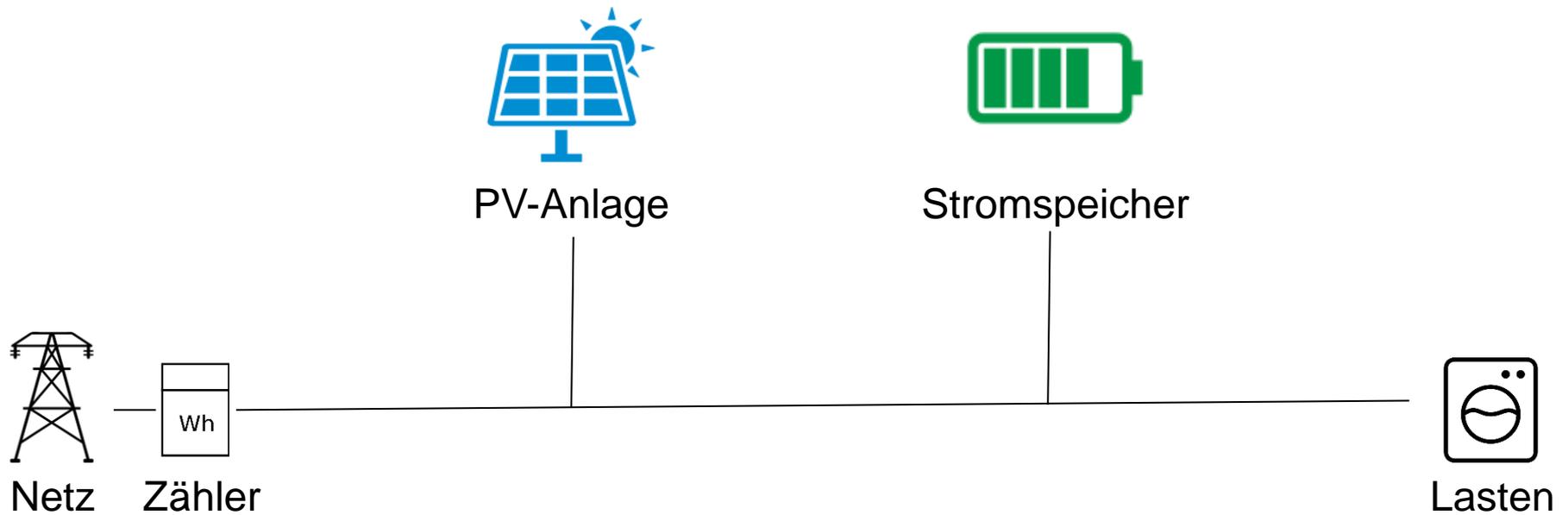


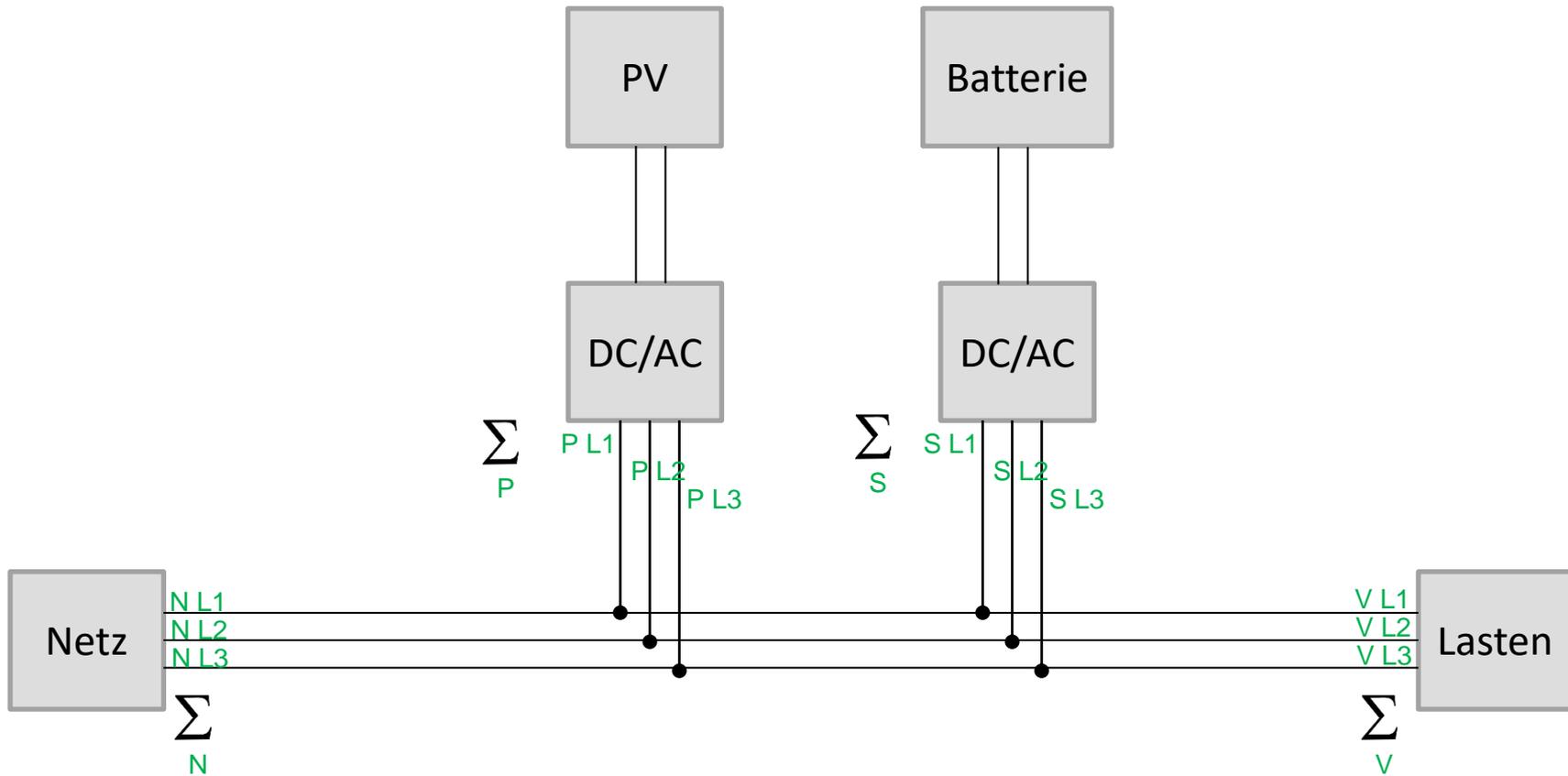
Vorlesung Teil 2

- Vertiefung der Inhalte aus Vorlesung Teil 1

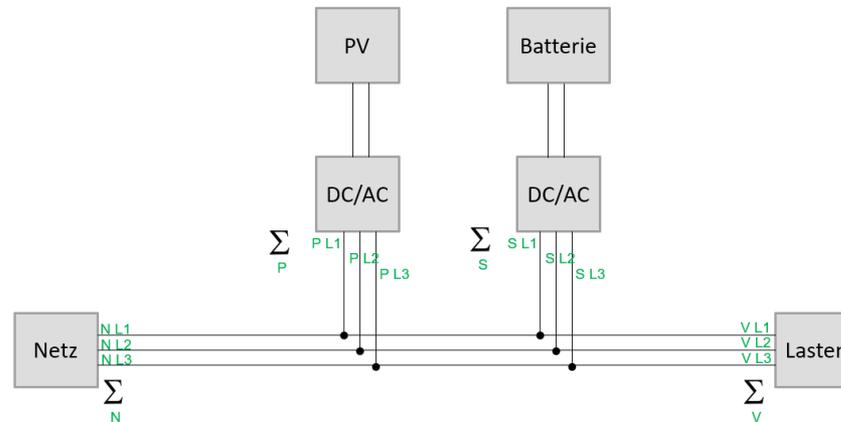
Wie funktioniert nun ein Stromspeicher?

$$V = N + P + S$$





$$V = N + P + S$$



V				=	N				+	P				+	S			
	VL1	VL2	VL3			NL1	NL2	NL3			PL1	PL2	PL3			SL1	SL2	SL3

Beispiel:

Verbrauch

L1: 4 kW

L2: 8 kW

L3: 600 W

AC-PV-Erzeugung:

12 kW

PV-Wechselrichter:

Wirkungsgrad europ. 97,6 %

Batterie:

Ladezustand 50 %

Be-/Entladeleistung max: 6 kW

Batteriewechselrichter:

Be-/Entladeleistung max: 9.990 W

Energiemanagement:

Modus Eigenverbrauchsoptimierung

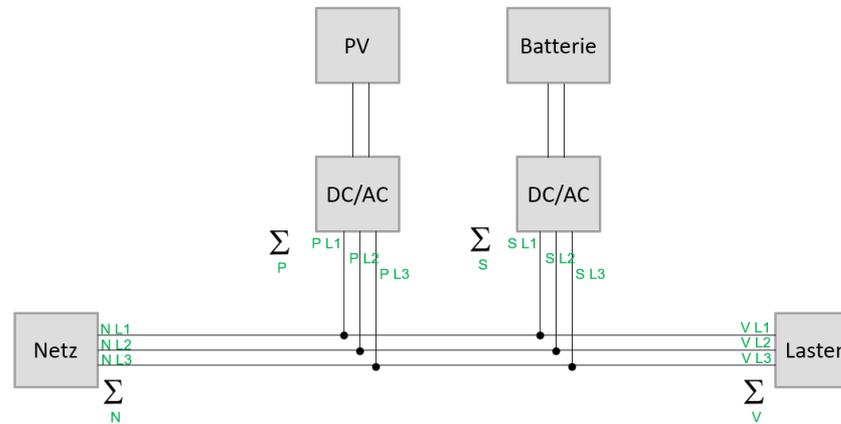
Daten DC-Eingang	15.0 TL3	20.0 TL3
Allgemeine Daten		
Wirkungsgrad max.	98,0 %	98,4 %
Wirkungsgrad europ.	97,6 %	98,1 %
Wirkungsgrad CEC	97,6 %	98,1 %
Eigenverbrauch: Standby	1,5 W	1,5 W
Schaltungskonzept	trafolos	trafolos

PV Eingang (DC)	hybrid 6.0 TL3	hybrid 7.5 TL3	hybrid 8.5 TL3	hybrid 10.0 TL3
Batteriebetrieb AC-Anbindung				
Nominale Ladeleistung	6 000 W	7 500 W	8 500 W	9 990 W
Nominale Entladeleistung	6 000 W	7 500 W	8 500 W	9 990 W
Spannungsform im Inselbetrieb	echter Sinus	echter Sinus	echter Sinus	echter Sinus
Anzahl der Phasen	3	3	3	3

Datenblatt KACO blueplanet 15.0 + 20.0 TL3

<https://kaco-newenergy.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=1635&token=426e0b9c21789bcc1e1c0516a13410cea405b29e>

$$V = N + P + S$$



V				=	N				+	P				+	S			
	VL1	VL2	VL3			NL1	NL2	NL3			PL1	PL2	PL3			SL1	SL2	SL3
12.600	4000	8000	600		0	-200	3.800	-3600		12.000	4.000	4.000	4.000		600	200	200	200

Beispiel:

Verbrauch

L1: 4 kW

L2: 8 kW

L3: 600 W

PV-Erzeugung:

12 kW

PV-Wechselrichter:

Wirkungsgrad europ. 97,6 %

Batterie:

Ladezustand 50 %

Be-/Entladeleistung max: 6 kW

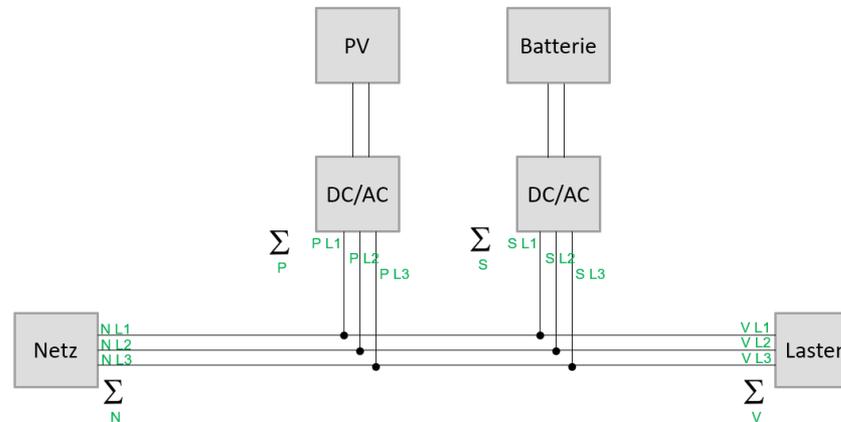
Batteriewechselrichter:

Be-/Entladeleistung max: 9.990 W

Energiemanagement:

Modus Eigenverbrauchsoptimierung

$$V = N + P + S$$



V				=	N				+	P				+	S			
	V L1	V L2	V L3			N L1	N L2	N L3			P L1	P L2	P L3			S L1	S L2	S L3

Verbrauch

L1: 70.300 W

L2: 85.500 W

L3: 38.200 W

DC-PV-Erzeugung:

Leistung: 82.992 W

PV-Wechselrichter:

Wirkungsgrad europ. 97,6 %

Batterie:

Kapazität: 140 kWh

Ladezustand: 90 %

Beladeleistung max: 20 kW

Entladeleistung max: 140 kW

Batteriewechselrichter: Nennleistung: 52.000 VA

Energiemanagement: Modus Lastspitzenkappung; cos phi 1,0

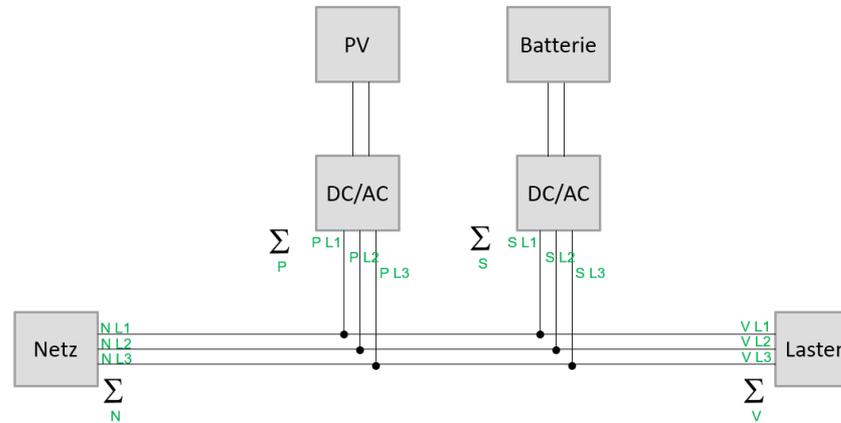
Einzuhaltende Lastspitze: 89.000 W

Erlaubte Wiederbeladung unter: 60.000 W



Quelle: FENECON GmbH

$$V = N + P + S$$



V				=	N				+	P				+	S			
	VL1	VL2	VL3			NL1	NL2	NL3			PL1	PL2	PL3			SL1	SL2	SL3

Verbrauch

L1: 70.300 W

L2: 85.500 W

L3: 38.200 W

PV-Erzeugung:

Leistung: 82.992 W

PV-Wechselrichter:

Wirkungsgrad europ. 97,6 %

Batterie:

Kapazität: 140 kWh

Ladezustand: 90 %

Beladeleistung max: 20 kW

Entladeleistung max: 140 kW

Batteriewechselrichter:

Nennleistung: 52.000 VA

Energiemanagement:

Modus Lastspitzenkappung; cos phi 1,0

Einzuhaltende Lastspitze: 89.000 W

Erlaubte Wiederbeladung unter: 80.000 W