

Wirtschaftlichkeit von Stromspeichern unter verschiedenen Anreiz- und Interventionsstrategien für einen netzdienlichen Betrieb

Reinhard HAAS

Energy Economics Group, TU Wien



Graz, 13. Februar 2026

Aus der Sicht der Gesellschaft, des Netzbetreibers:

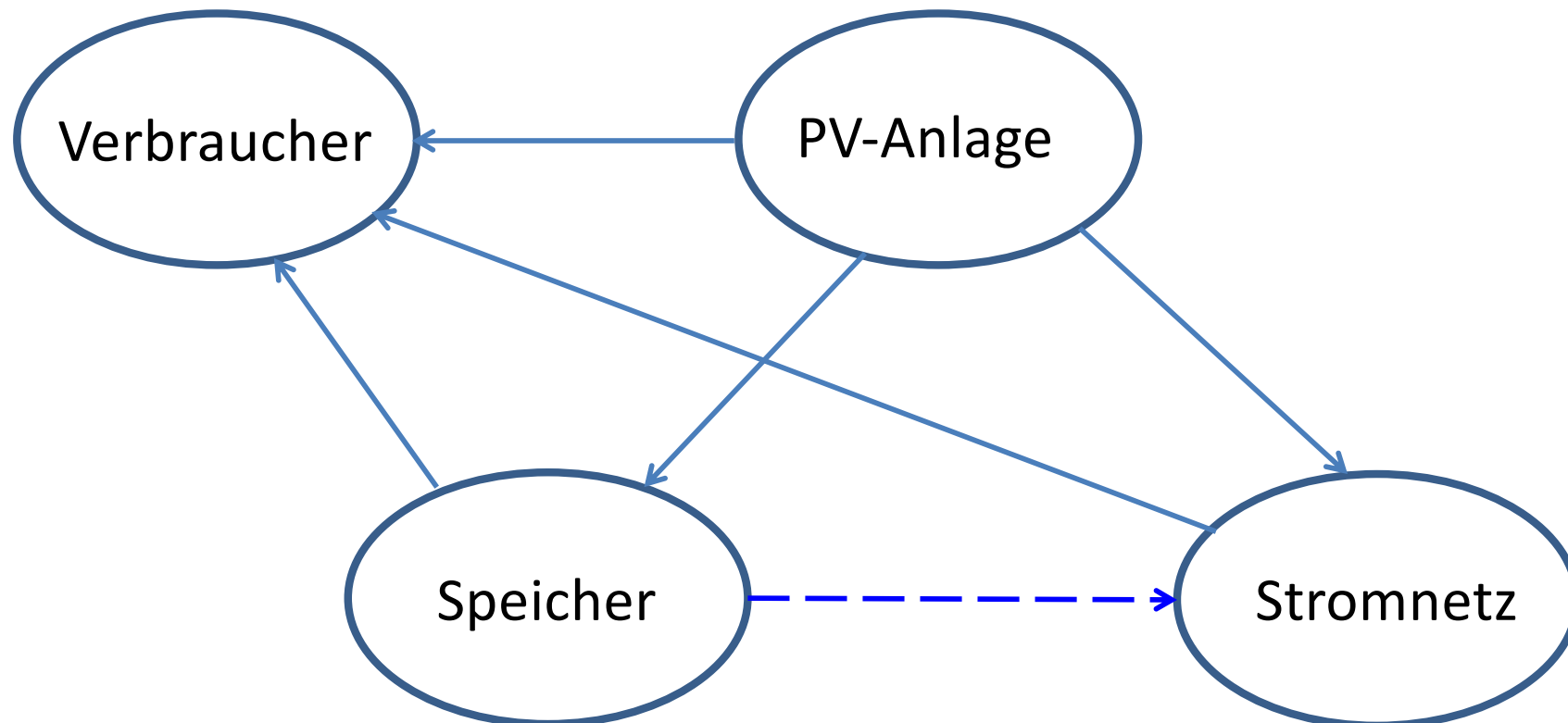
- Wie kann die Netzdienlichkeit (ND) von dezentralen Solarspeichersystemen maximiert werden ?
- Wie kann Netzdienlichkeit prinzipiell definiert werden ?

Aus der Sicht des Anlagenbetreibers:

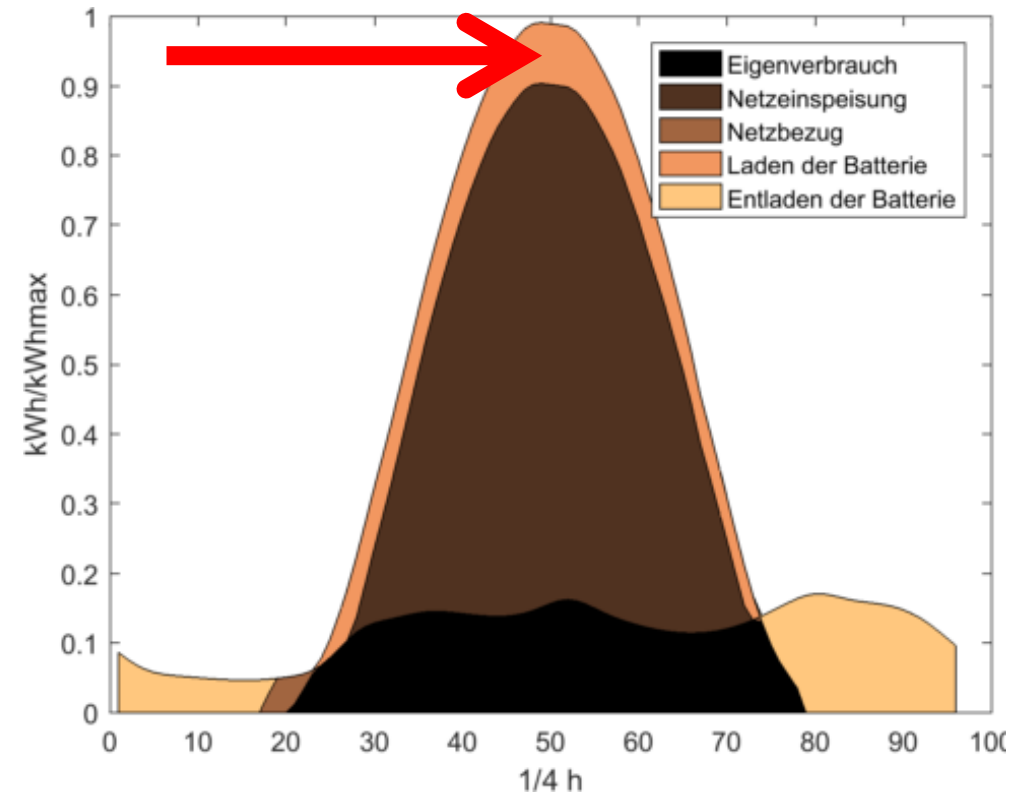
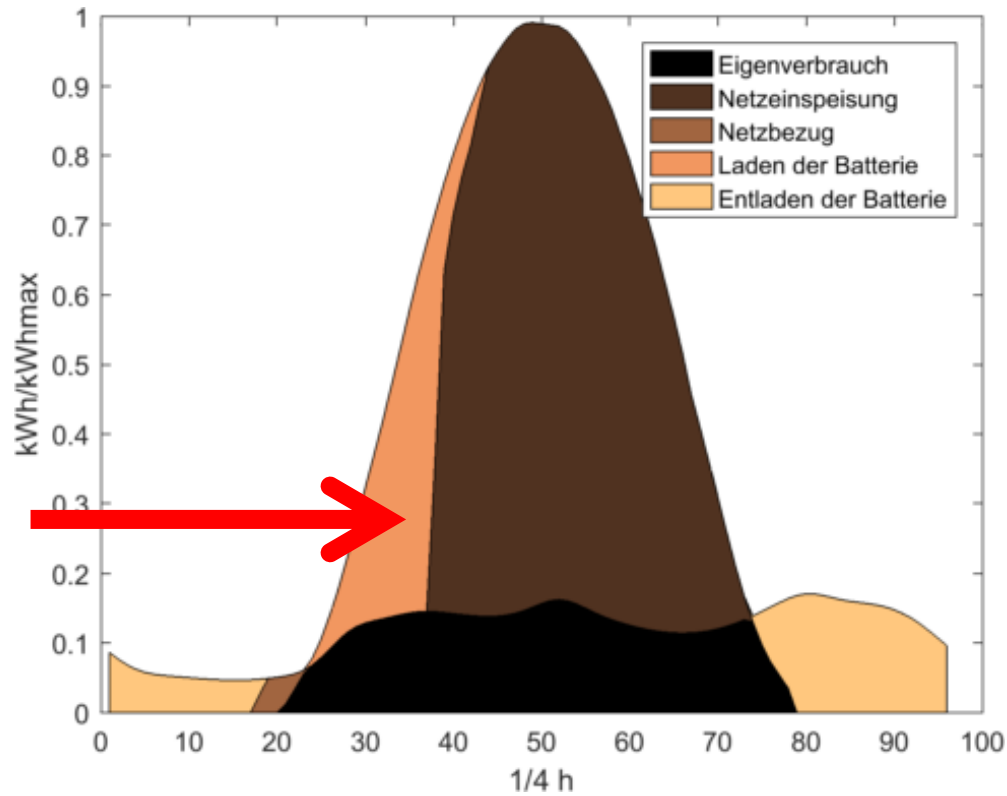
- Wie kann die Eigennutzung des erzeugten PV-Stroms – direkt und indirekt über eine Batterie – maximiert werden?
- Welche wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind dabei zu berücksichtigen ?

Methode:

- Maximiere PV-Eigenverbrauch (direkt oder indirekt)
- Ökonomische Optimierung



(Nicht) Netzdienliche Speichernutzung



- Eigenoptimierung auf Basis von flat rates
- Eigenoptimierung auf Basis eines dynamischen („Spotmarkt-gekoppelten“) Abnahmepreises
- Einschränkung des Einspeiserechtes (Spitzenkappung auf z.B. 60 % der kWp)
- Höherer Netznutzungstarif (Arbeits- und Leistungstarif in Einspeiserichtung)
- Zeitliche Einschränkung des Einspeiserechtes

1. Direkte Deckung des Eigenbedarfs durch PV-Strom
 2. Deckung des Eigenbedarfs durch Strom aus der Batterie
 3. PV-Strom zur Batterie
 4. PV-Strom zum Netz
- Alternativ: Wenn sich über den Tag Stromüberschuss abzeichnet, 3 und 4 tauschen
 - Anmerkung: Kein Laden von Graustrom aus dem Netz
→ Kein „Merchant storage“

Jährliche Gesamtkosten für den Prosumager:

$$C_{\text{Ges}} = \sum_{i=1}^{8760} (E_{\text{Demand}_i} - E_{\text{ou}_i}) P_{\text{Ele}_i} - \sum_{i=1}^{8760} (E_{\text{PV_Ges}} - E_{\text{ou}_i}) P_{\text{FIT}_i} + L_{\text{netz}} T_{\text{netz}} + L_{\text{FIT}} T_{\text{FIT}}$$

Gesamte Eigennutzung (Own use) an Strom eines Haushalts:

$$E_{\text{ou}_i} = E_{\text{ou_sto}_i} + E_{\text{ou_Verbrauch}_i}$$

L, T Monatliche Maxima

Mit

$E_{\text{ou_sto}_i}$... Energie vom Speicher (kWh)

$E_{\text{ou_Verbrauch}_i}$... Energie direkt von der PV-Anlage (kWh)

$L_{\text{netz/FIT}}$... Leistung vom/zum Netz, die zu bezahlen ist (kW)

T_{netz} = ... Tarif für Leistung (€/kW a)

Preis für Strom eines Haushalts aus dem Netz:

$$P_{\text{Ele}_i} = P_{\text{WSM}_i} + P_{\text{Netz}} + \text{Tax}$$

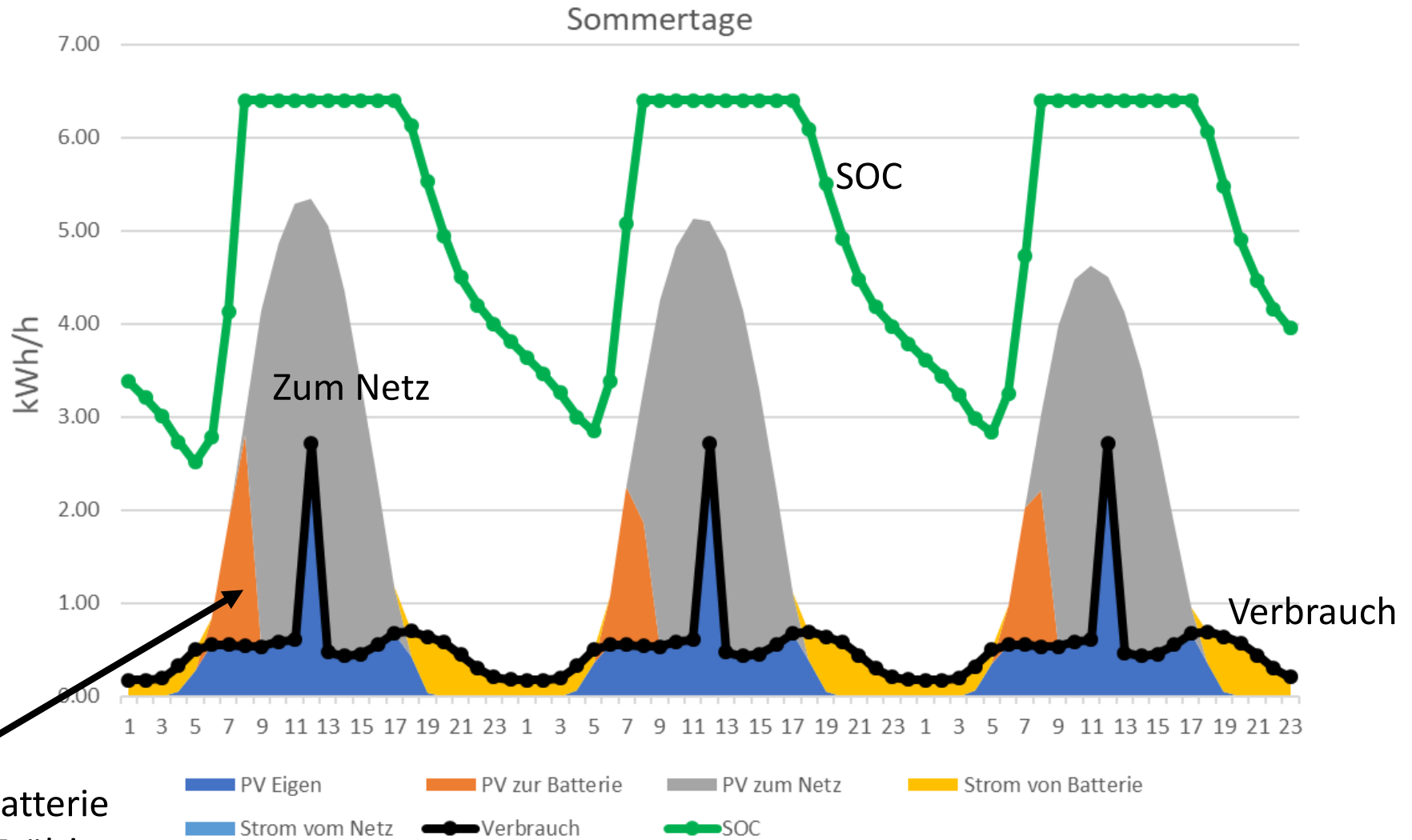
Refundierung für eingespeisten Strom:

$$P_{\text{FIT}_i} = P_{\text{WSM}_i} - P_{\text{Netz}} - \text{Tax}$$

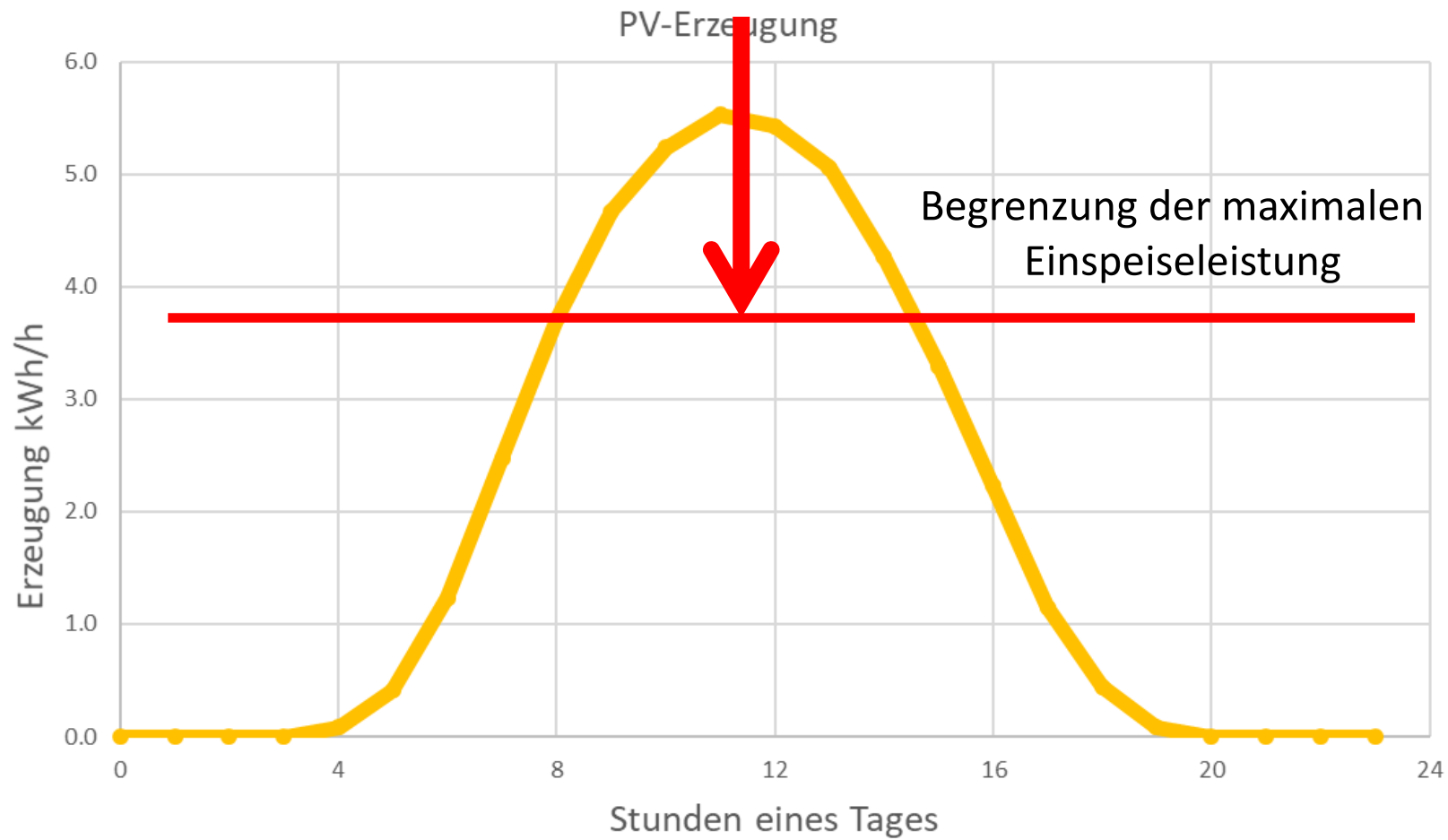
Mit:

P_{WSM_i} ... Wholesale market price in (Viertel-)Stunde i
(im Sinne von Dynamic Pricing)

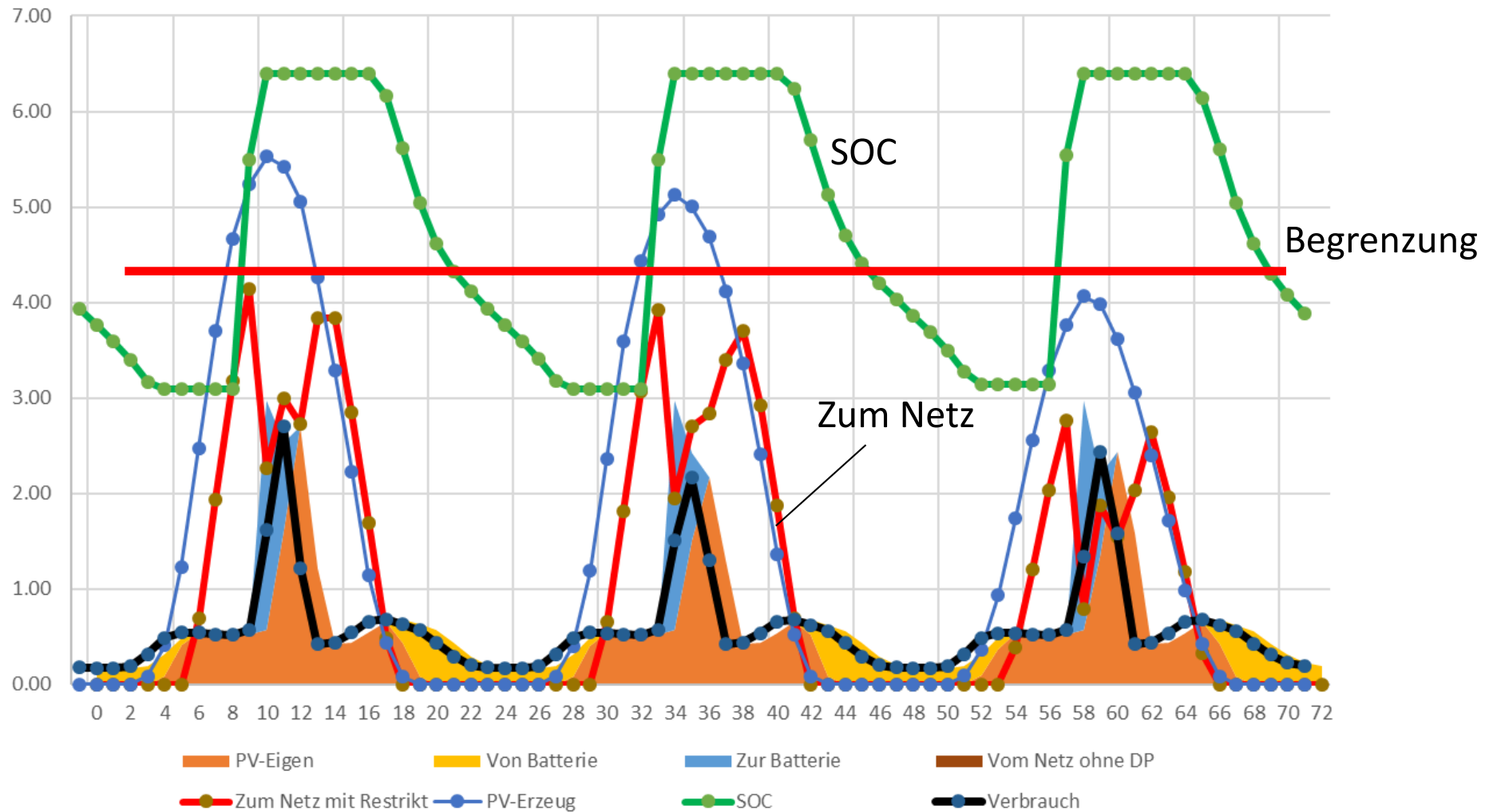
P_{Netz_i} ... Netznutzungsentgelt (nicht zeitabhängig)

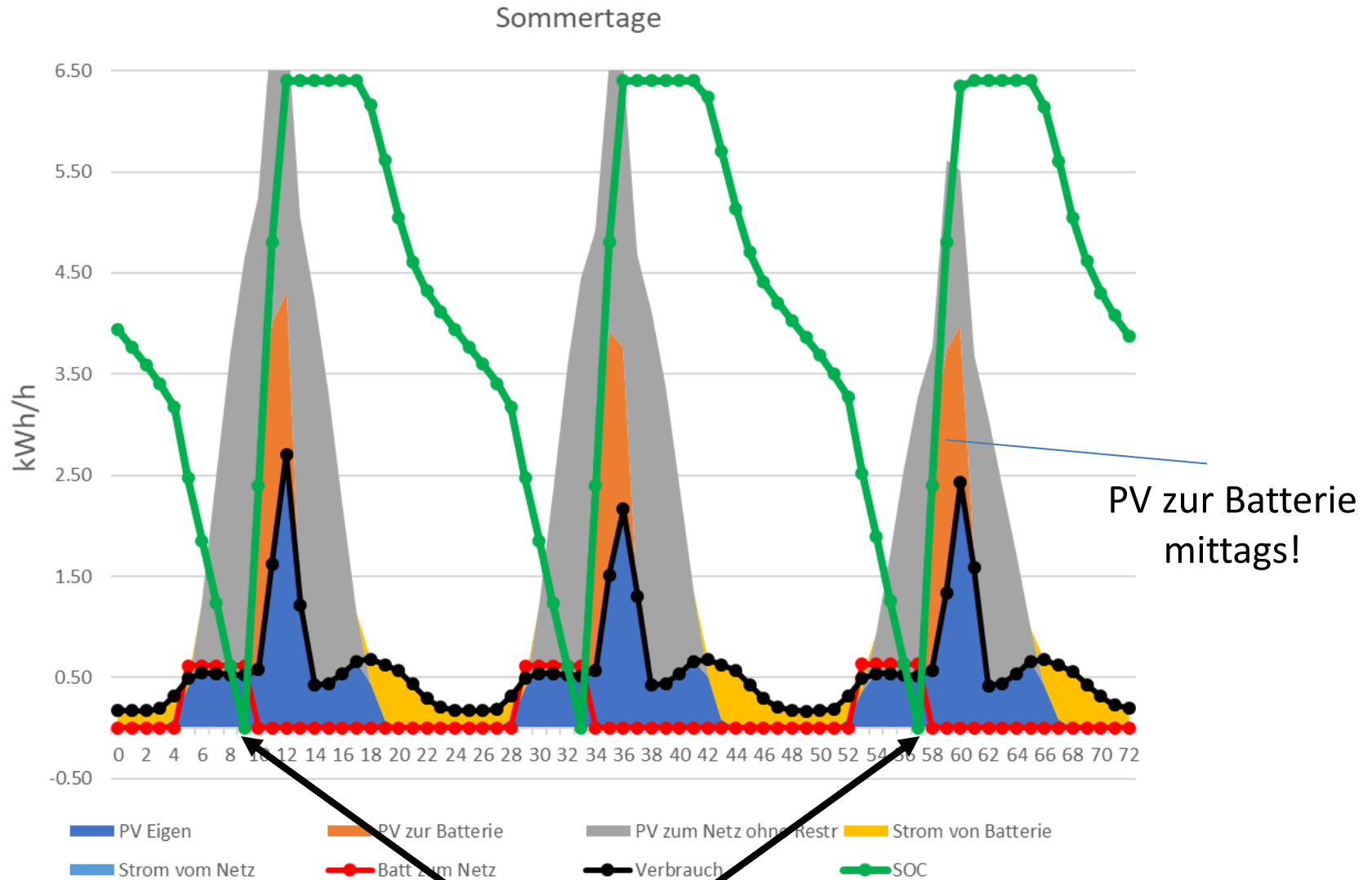


PV zur Batterie
in der Früh!

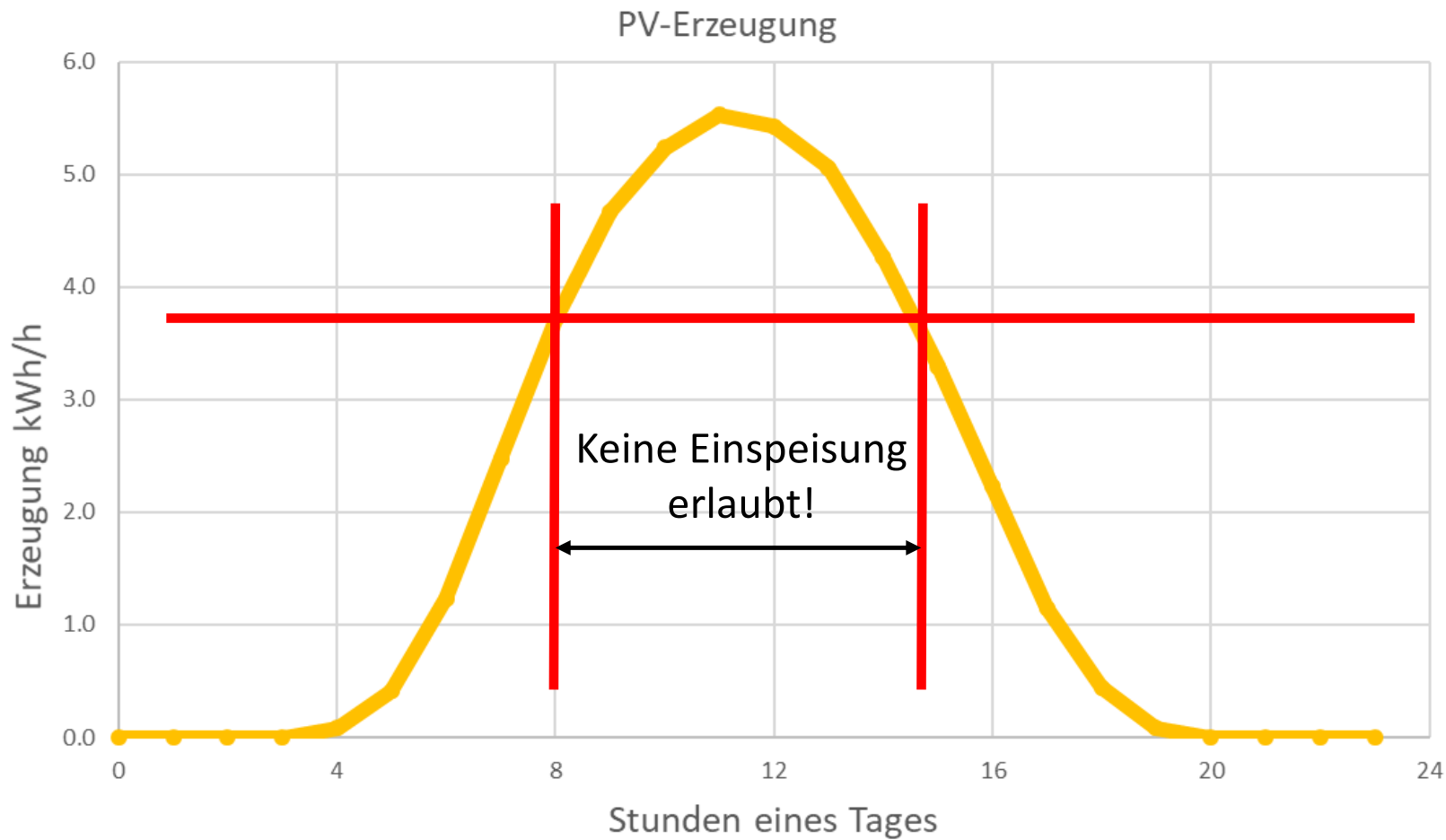


Energiebilanz mit Leistungsbegrenzung



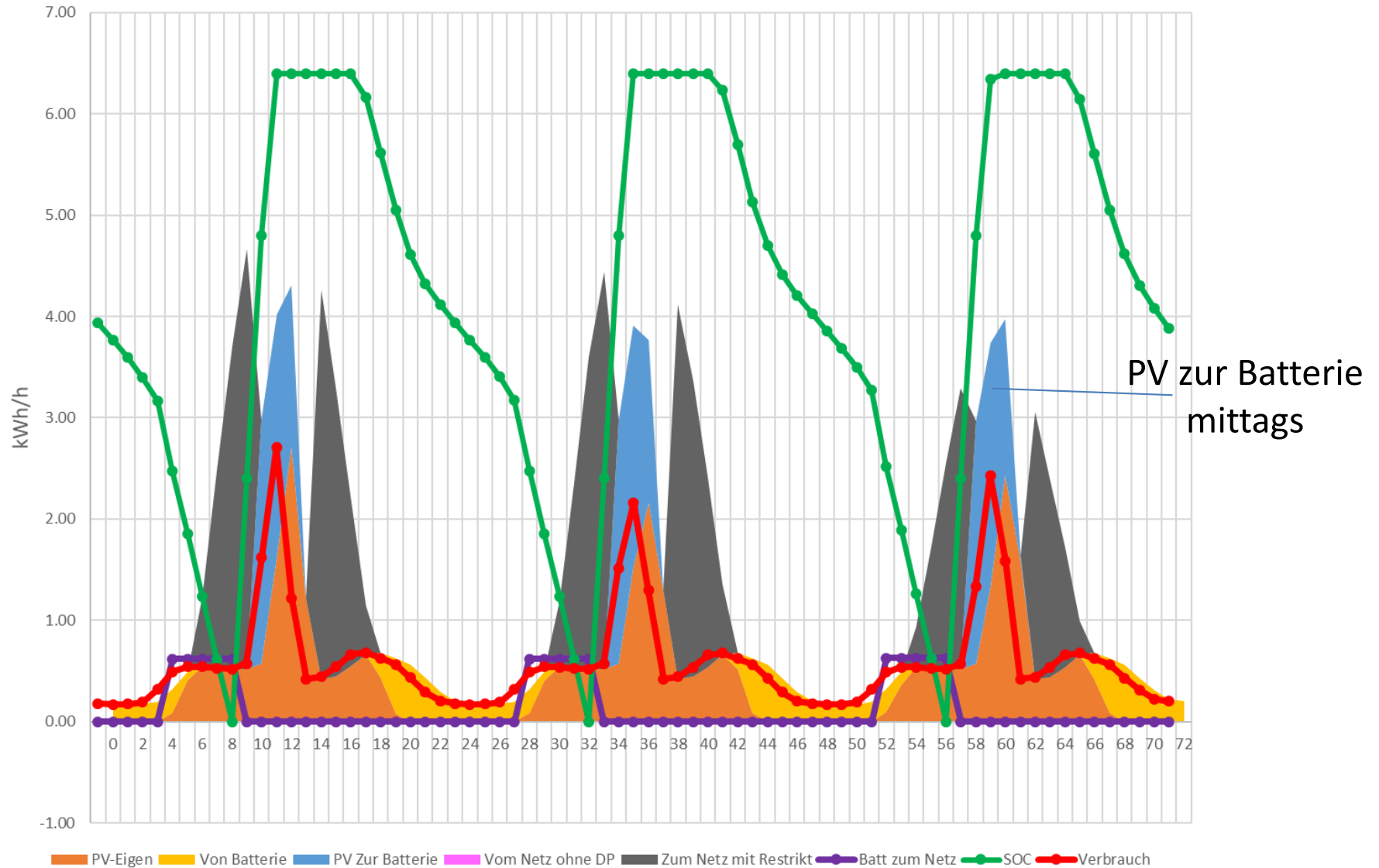


Batterie auf Null durch „Batterie Zum Netz“!



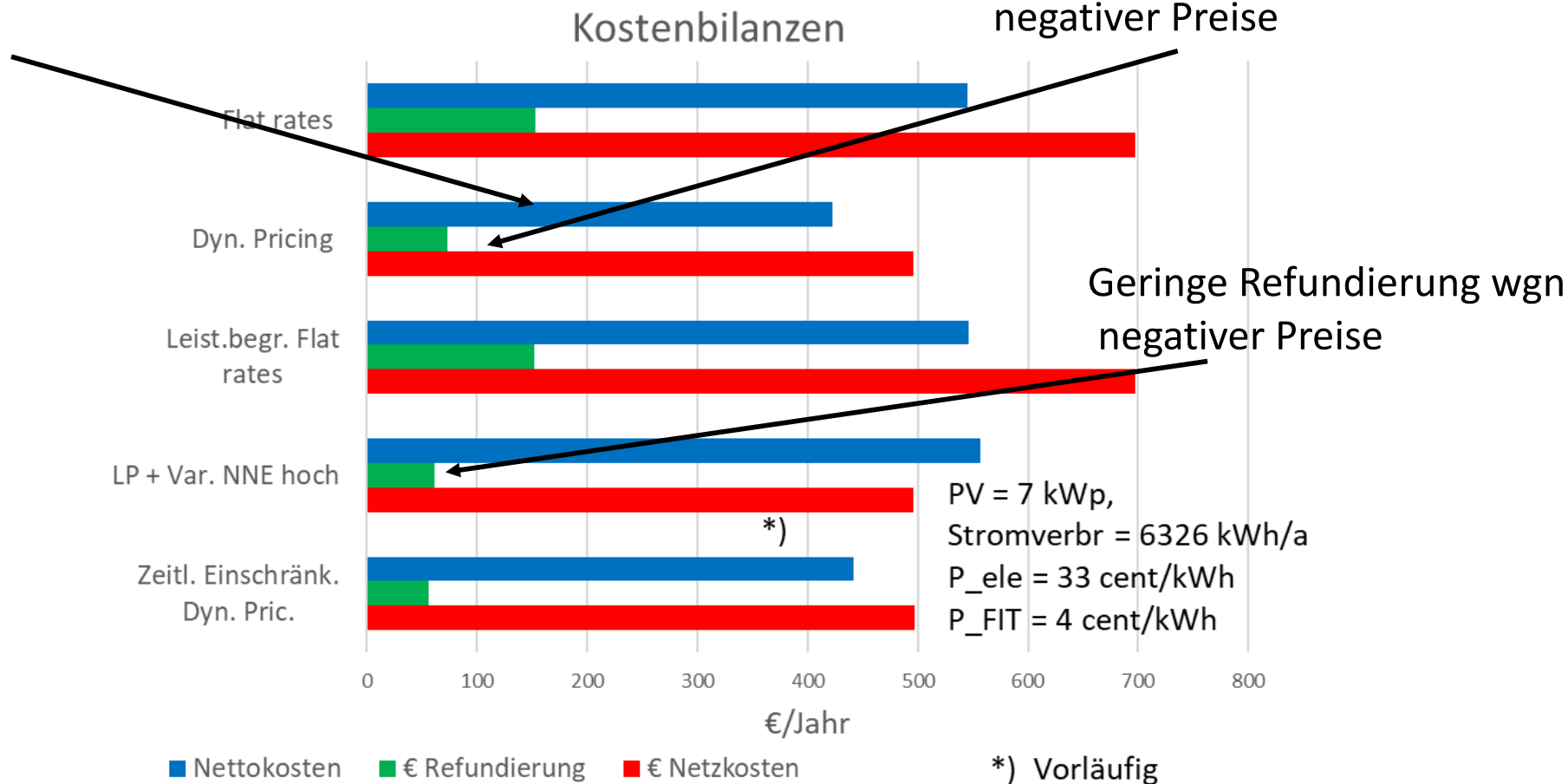
Energiebilanz mit zeitlicher Einschränkung

Speicherbeladung über zwei Sommertage

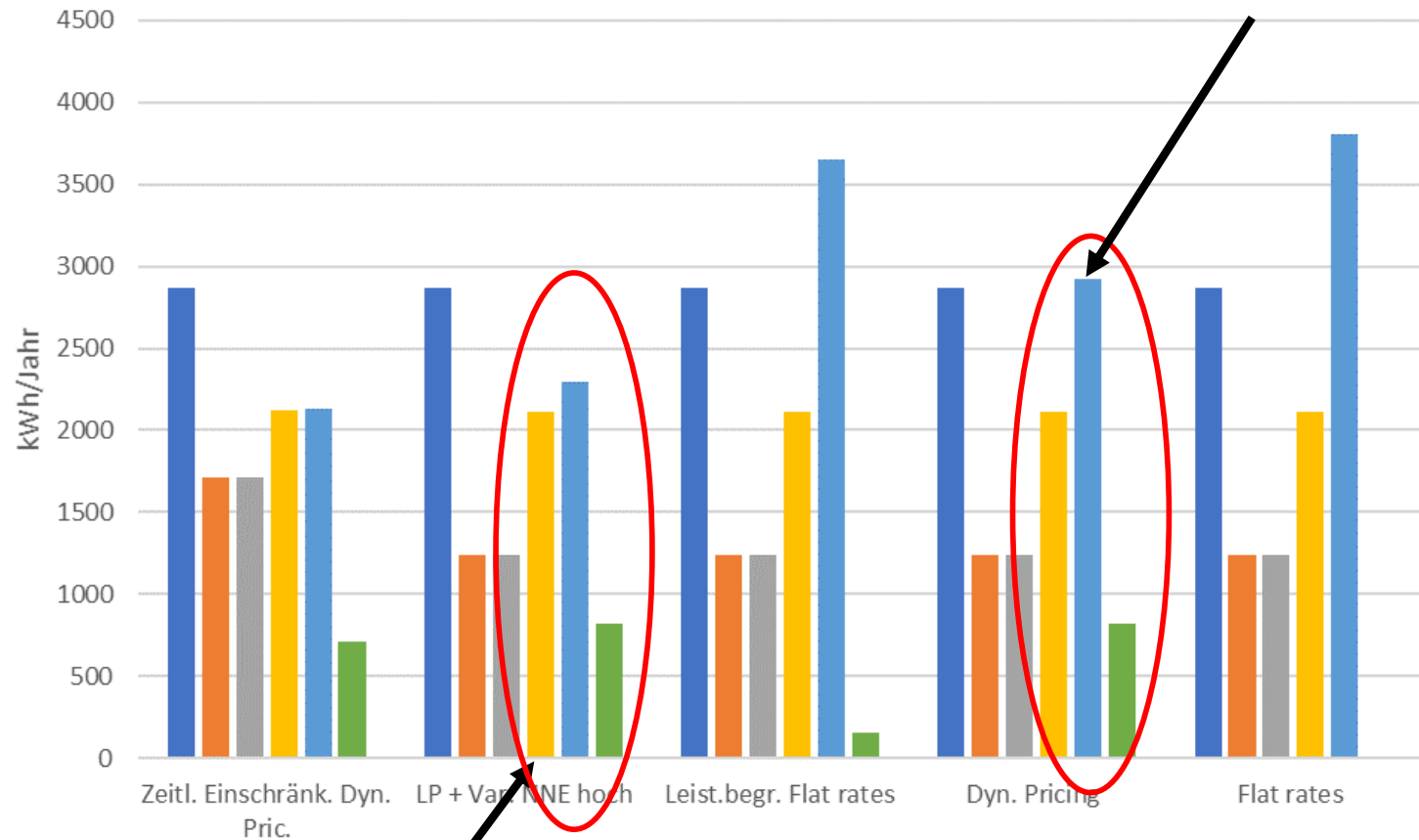


Geringste Gesamtkosten

Weniger Refundierung wgn
negativer Preise



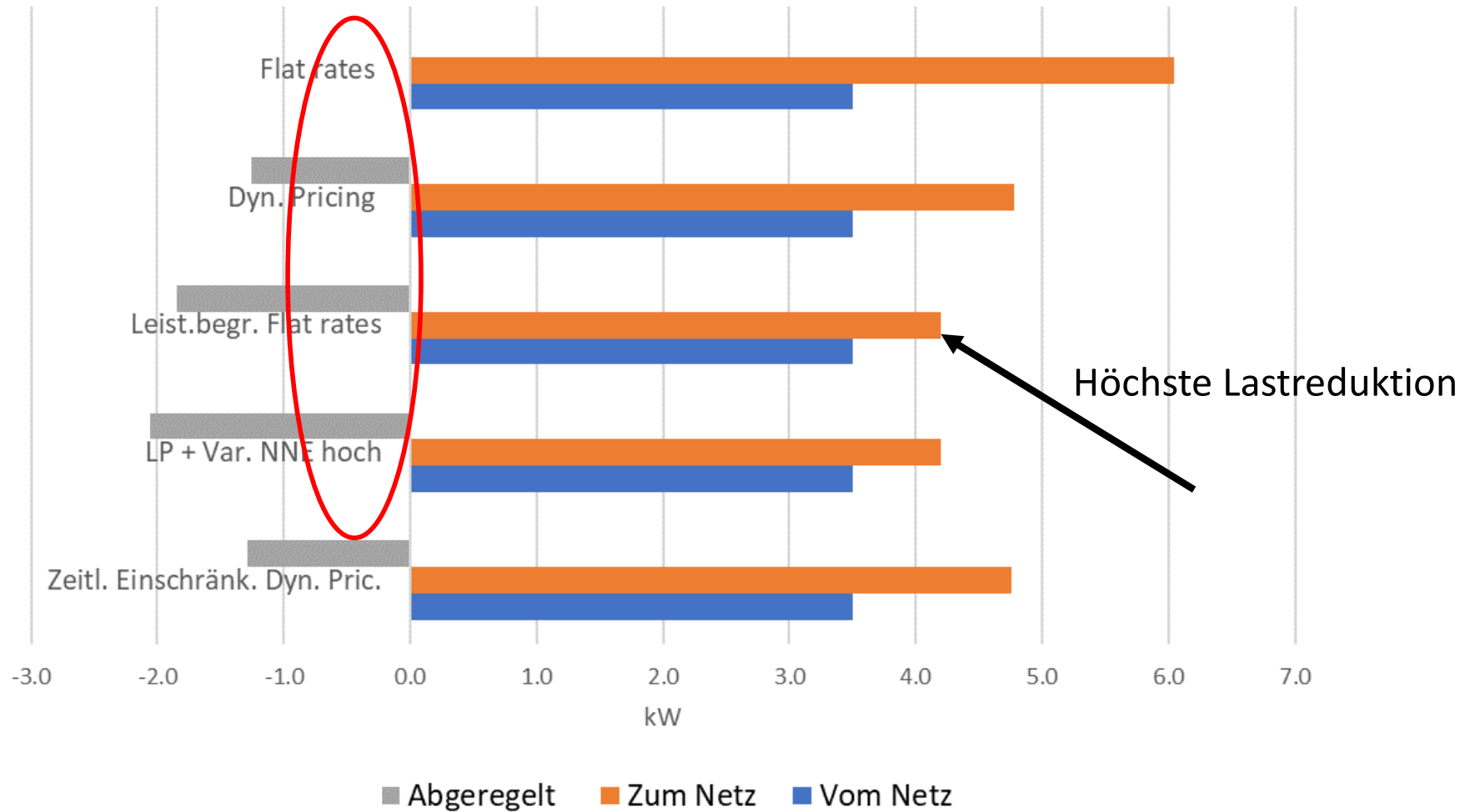
Weniger Einspeisung wegen Zeiten mit negativen Preisen



■ PV-Eigen
 ■ Von Batterie
 ■ Zur Batterie
 ■ Vom Netz
 ■ Zur PV-Strom vernichtet

Weniger Einspeisung wegen Zeiten mit mehr negativen Preisen als nur Dyn. Pric

Lastspitzen



- Flat rates für die Einspeisung sind für die PV-Prosumers grundsätzlich vorteilhaft
- Dynamische Strompreise sind für die Nutzung von Netzstrom grundsätzlich vorteilhaft
- Ein Effekt dynamischer Strompreise ist vor allem, dass bei negativen Preisen kein Strom ins Netz eingespeist wird
- Eine Begrenzung der Einspeiseleistung – z.B. auf 60% des Maximums – führt zur effektiven Lastspitzenreduktion bei minimalen finanziellen Verlusten
- Höhere Netznutzungsentgelte für die Einspeisung wirken wie verschärfte dynamische Strompreise, verschärft den Aspekt negativer Preise

- Leistungspreis: Ist auf die effektive gemessene (nicht auf die nominale) Leistung der Anlage zu beziehen,
- Zeitliche Limitierung des Einspeisezeitraums reduziert die eingespeiste Energie, aber nicht unbedingt die Spitzenlasten
- Speicharentladung: Wenn sich über den Tag Stromüberschuss abzeichnet, ist es grundsätzlich sinnvoll, den Speicher vor Sonnenaufgang ins Netz zu entleeren, um netzdienlich sein zu können bzw. weniger Energie zu vernichten
- Anmerkung zu Merchant storage: Wenn überlegt → Effekt in allen Fällen gleich

- Über kurz oder lang: Dynamic Pricing wird Standard
- Es wird Leistungsbepreisungen geben ... in welcher Form?
- Technische Leistungsbegrenzung der Einspeisung wohl die effektivste Maßnahme