



Wie viel Strom verbrauchen Kunden mit PV-Anlage?

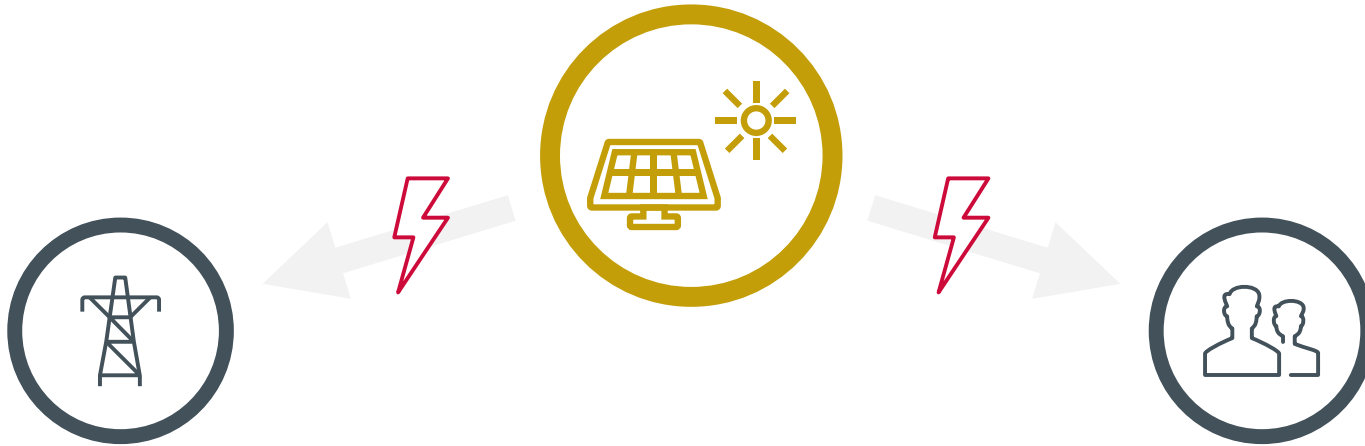
Anwendungsbeispiel «PV-Disaggregation» zur Bestimmung des tatsächlichen Stromverbrauchs von Kunden mit PV-Anlage



Ausgangslage und Motivation

HERAUSFORDERUNG

Fehlende Daten für Haushalte mit PV-Anlage



Kaum ein EVU in der Schweiz kennt den Stromverbrauch seiner Kundinnen und Kunden, welche eine PV-Anlage besitzen

Kaum ein Haushalt in der Schweiz, welcher eine PV-Anlage besitzt, kennt seinen Stromverbrauch

PV-DISAGGREGATION

Berechnung der PV-Produktion zur Ermittlung des tatsächlichen Stromverbrauchs

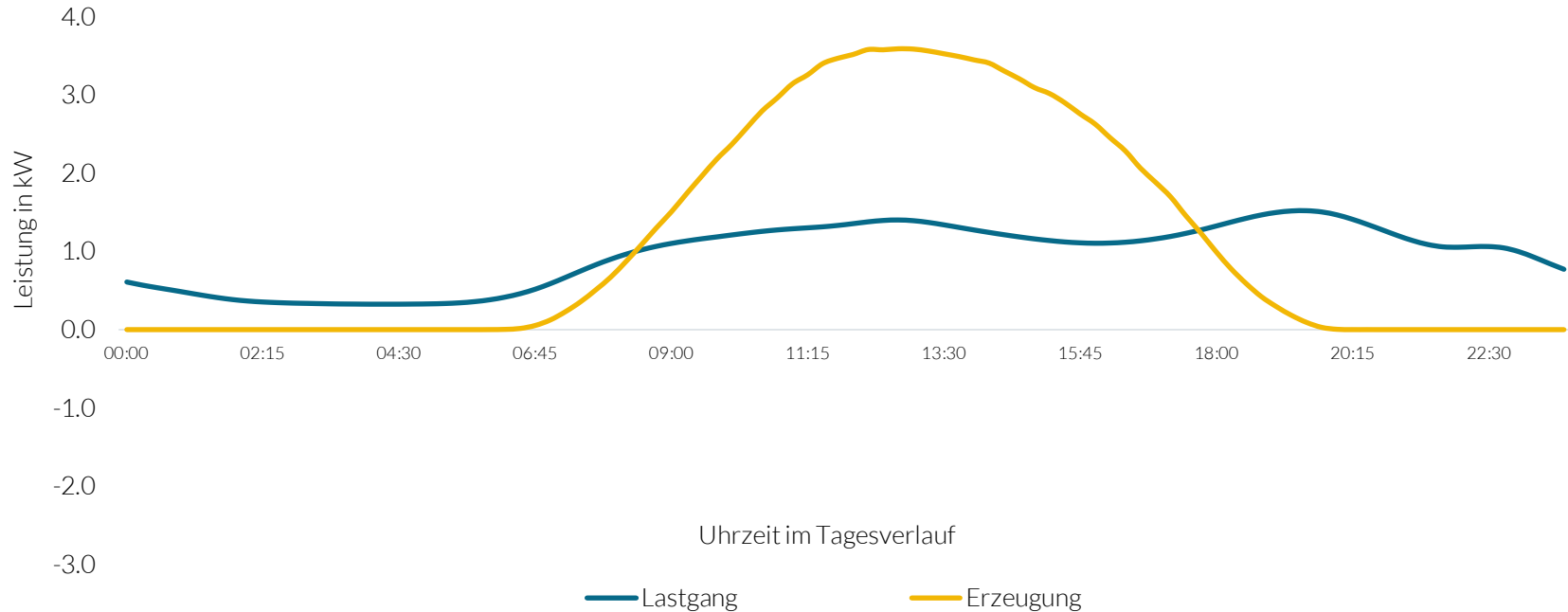
▶ Haushalte mit PV-Anlage und EVU erhalten lediglich Informationen über den Austausch mit dem Netz (Netzbezug und Netzeinspeisung) bzw. ein «Nettoprofil»

▶ EVU und Haushalte benötigen aber ein gutes Verständnis des tatsächlichen Verbrauchs sowie der tatsächlichen Produktion zur Erreichung der Ziele der Energiestrategie

▶ Mit zunehmender Anzahl an Haushalten mit einer PV-Anlage nimmt dieses Problem in den kommenden Jahren massiv zu, sodass Haushalte und EVU dringend eine Lösung benötigen

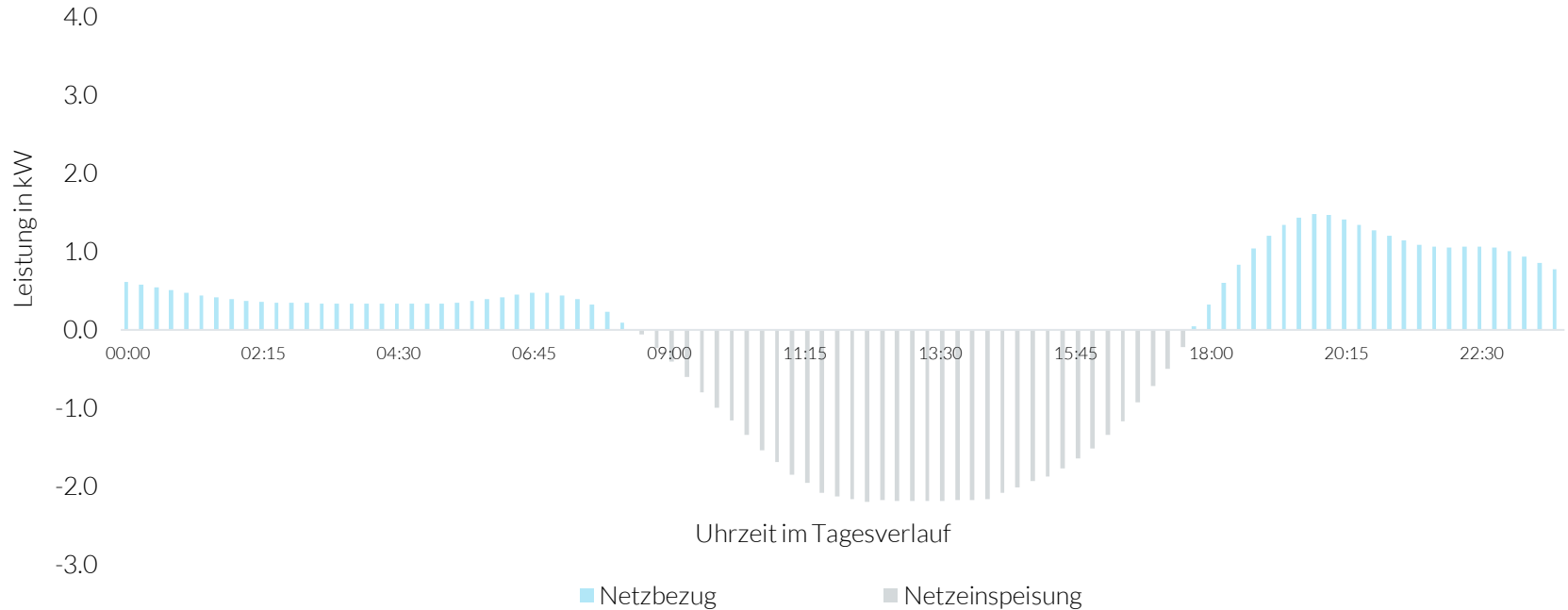
ZIELBILD HAUSHALTSVERBRAUCH

Disaggregiertes Verbrauchs- und Produktionsprofil



INPUT NETTOPROFIL

Nettoprofil aus Netzbezug und Netzeinspeisung





Ergebnisse unseres Ansatzes zur «PV-Disaggregation»

VORGEHEN IM PROJEKT

Phasen der Projektarbeit

Datenaufbereitung

- Datenscreening
 - Auswahl relevanter Datensets
 - Prüfen der Datenqualität
- Datenanreicherung
 - Wetterdaten
 - «Time of day/week/year»
 - Mapping «Nächste Nachbarn»
- Datensplit
 - Training
 - Validation
 - Testing

Modellbildung

- Modellentwicklung
 - Definition Parameter
 - Modellvarianten
 - «Loss function»
- Dateninput
 - Datennormalisierung
 - Erstellung «Arrays» (Anlage, Zeitstempel, Inputvektor)

Ergebnisse

- Modellgüte
 - Abgleich Vorhersage der PV-Produktion mit tatsächlicher PV-Produktion
 - Bestimmung der Gütemetriken
 - Aggregation auf Tageswerte (nicht zwingend erforderlich)
- Ergebnisinterpretation
 - Gütebeurteilung
 - Ansätze zur Optimierung

DATENAUFBEREITUNG

Berücksichtigt werden EVU-Daten sowie Open Data

Ausgangsdaten des EVU

- Nettoprofil eines Haushalts in Granularität von 15 Minuten
- Adresse des Haushalts (zur Geolokation Open Data – siehe nächster Punkt)

Optionale weitere Daten

- Produktionswerte separat gemessener PV-Anlagen (z.B. PV-Anlagen >30kWp, welche separat gemessen werden)
- Informationen zur PV-Anlage (kWp, Ausrichtung, Neigung)
- Netzbezug und -einspeisung nach Phase getrennt (Nutzung der Phasen als separater Input)

Open Data

- Wetterdaten an der Adresse, wie z.B. Sonnenstunden, Sonnenstrahlung, Regen, Schnee, Bewölkung, Luftdruck, Wind
- Zeitstempel des Nettoprofiles (zur Modellierung von zeitlichen Mustern)

MODELLBILDUNG

Nutzen eines CNN sowie Testen unterschiedlicher Modellvarianten

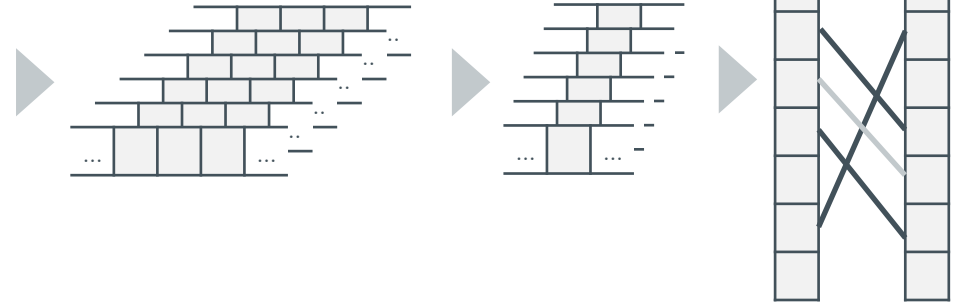
- Nutzung eines «Convolutional Neural Network» (CNN) zur Bestimmung der PV-Produktion (technisch ist es eher ein «Denoising», wobei der Begriff «Disaggregation» das Ergebnis inhaltlich besser beschreibt)
- Vorteil eines CNN im Vergleich zu anderen kNN ist die bessere Modellierbarkeit von zeitlichen Abhängigkeiten innerhalb der Daten
- Als Inputmatrix zur Bestimmung der Produktion zu einem Zeitpunkt (15-Minuten-Slot) werden folgende Daten jeweils für den betrachteten Zeitpunkt sowie die je 4 Zeitpunkte vorher und nachher (nx9 Matrix) genutzt: Nettoverbrauch, Zeitstempel, Wetterdaten und Produktion der «Nächsten Nachbarn»
- Als Loss Function nutzen wir den Mean Squared Error

MODELLIERUNG «CNN»

Definition des Convolutional Neural Network

15-Minuten-Slot, für den die PV-Produktion bestimmt werden soll

Nettoverbrauch
Time of day
Time of week
Time of year
Produktion NN
Sonnenstunden
Strahlung direkt
Strahlung diffus
Regen
...



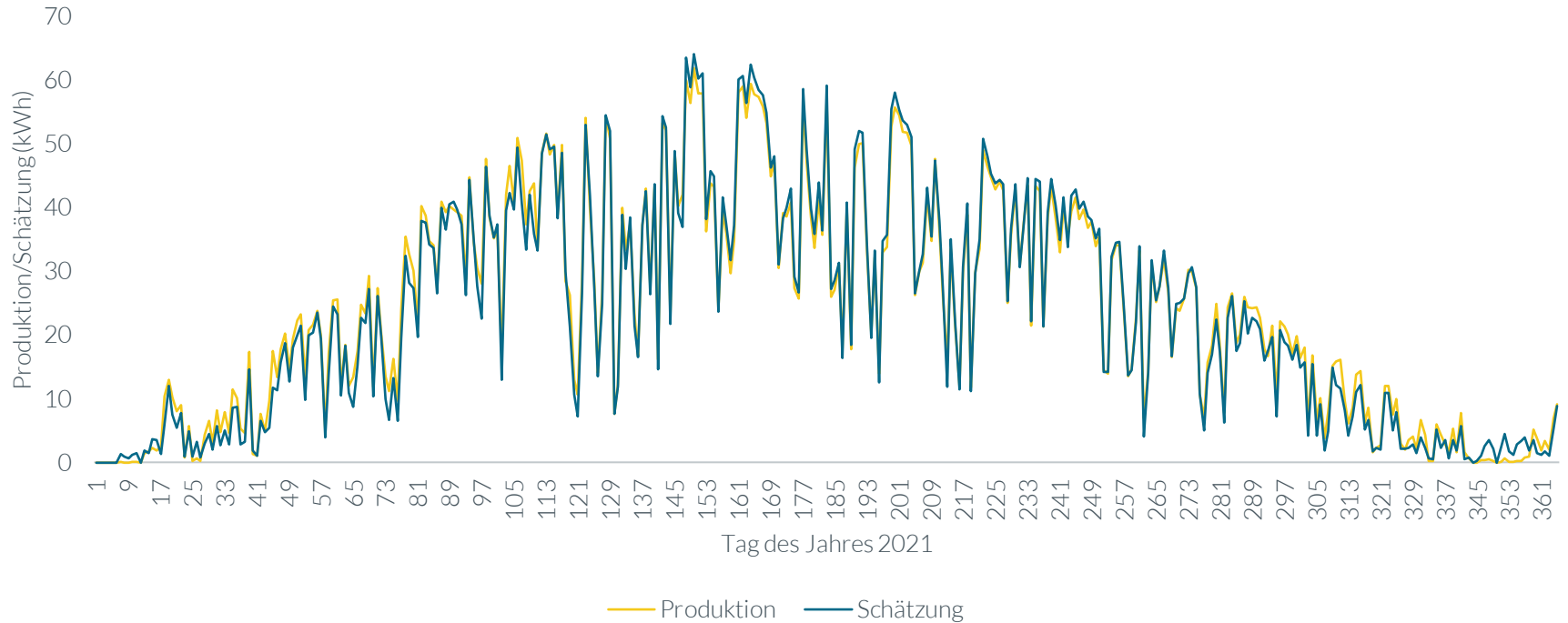
Nx9 Matrix (15-Minuten-Slot +/- 4 15-Minuten-Slots) als Input

«Convolution»

«Neural Net»

ERGEBNISSE PRODUKTION VS. SCHÄTZUNG

Beispiel eines Datensatzes auf Basis täglicher Daten (Tagesdaten = Summe aus 96 Viertelstundendaten)





Nutzen, Einsatzmöglichkeiten und nächste Schritte

NUTZEN UND EINSATZMÖGLICHKEITEN

Einige Einsatzmöglichkeiten zur Nutzung der Ergebnisse

Realisierung Einsparpotenziale

Visualisierung des Stromverbrauchs und Nutzung der Daten für Verbrauchsfeedbacks und digitale Energieberatungsangebote

Optimierung Eigenverbrauch

Datenbasierte Identifikation von Möglichkeiten zur Optimierung des Eigenverbrauchs und netzdienlicher Lastverschiebung

PV-Produktions- überwachung

Fortlaufendes Monitoring der Anlagen und Identifikation von Funktionsproblemen, wie z.B. Wechselrichterdefekt

Vergütung Produktions- verluste bei Abschaltung

Genau Quantifizierung der Entschädigung von Produzenten für die Produktionsverluste infolge einer Abregelung

Ausstellung Herkunftsnachweise

Zuweisung der Herkunftsnachweise für die PV-Anlage bei Einspeisung via Batterie ohne komplexe Messeinrichtung

ZUSAMMENFASSUNG UND NÄCHSTE SCHRITTE

Das Modell funktioniert bereits sehr gut, wird aber in den kommenden Monaten noch weiterentwickelt

- ▶ Das Modell berechnet die tatsächliche PV-Produktion aus dem Nettoprofil – der tatsächliche Verbrauch wird dann als Differenz zwischen PV-Produktion und Nettoprofil bestimmt
- ▶ Die Modellgüte ist bereits sehr gut mit einem mittleren Fehler von 1 % über das Jahr – im Sommer beträgt der mittlere Fehler 0.3 % und im Winter 2.3 % relativ zur Höhe der PV-Produktion
- ▶ Wir entwickeln das Modell in den kommenden Monaten weiter – der Fokus liegt hierbei auf der Flexibilisierung beim Umgang mit unterschiedlichen Input-Datenformaten
- ▶ Nach Abschluss der Weiterentwicklung wird das Modell in unsere Digitale Energieberatung und unser PERLAS-Angebot eingebunden

