

Master-Thesis Engineering, Fachgebiet Civil Engineering and Building Technology

# Bewertungsverfahren für den Vergleich von EMS

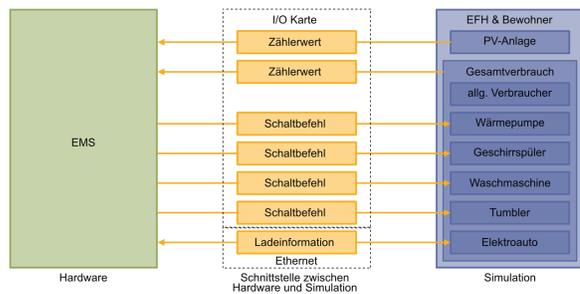


Abb. 1: Prüfmethode „Hardware in the Loop“ mit EMS, I/O Karte und Simulation. Quelle: Hochschule Luzern

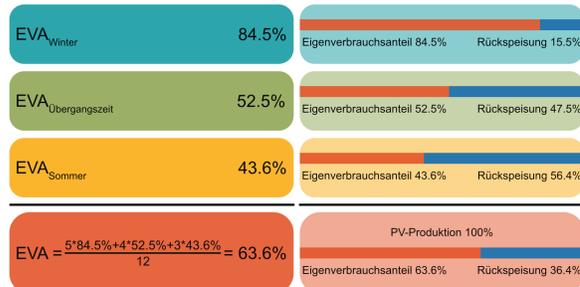


Abb. 2: Links sind die Eigenverbrauchsanteile (EVA) aus dem Referenzablauf angegeben. Rechts sind die Eigenverbrauchsanteile zusammen mit den Anteilen an Rückspeisung als Balken dargestellt. Quelle: Hochschule Luzern

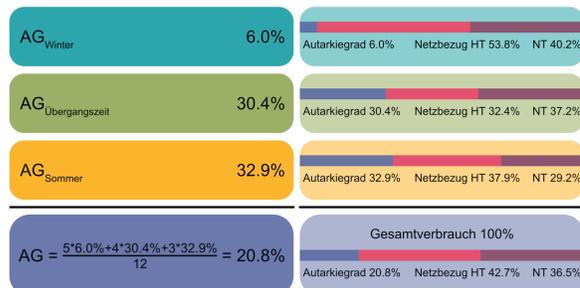


Abb. 3: Links sind die Autarkiegrade (AG) aus dem Referenzablauf angegeben. Rechts sind die Autarkiegrade zusammen mit den Anteilen an Netzbezug im Hochtarif (HT) und Niedertarif (NT) als Balken dargestellt. Quelle: Hochschule Luzern



$$K_{\text{Energie,ges}} = \frac{5 \cdot 80.55 + 4 \cdot 54.60 + 3 \cdot 44.25}{12} = 62.85 \text{ CHF}$$

Abb. 4: Die Energiekosten, die im Referenzablauf während einer Woche entstehen, sind in dieser Abbildung aufgeführt. Quelle: Hochschule Luzern

## Problemstellung

Ein Energiemanagementsystem (EMS) optimiert den Eigenverbrauch, indem es Verbraucher dann einschaltet, wenn die PV-Anlage mehr Energie produziert als das Gebäude verbraucht. Umgekehrt schaltet das EMS Verbraucher aus, wenn Energie vom Netzbetreiber gekauft werden muss. Der Markt für EMS ist in der Schweiz noch jung und verändert sich laufend. Das macht es schwierig den Überblick zu behalten. Mit dem Bewertungsverfahren sollen die EMS unter jeweils gleichen und reproduzierbaren Bedingungen geprüft werden können. Die Testergebnisse sollen die Auswahl eines EMS erleichtern. Das Bewertungsverfahren beschränkt sich auf EMS, die für den Einsatz in Einfamilienhäusern (EFH) vorgesehen sind. Geprüft wird, wie hoch der Eigenverbrauchsanteil und der Autarkiegrad ausfallen. Die Energiekosten werden ebenfalls berechnet

## Lösungsansatz

Das Bewertungsverfahren wird mit der Methode „Hardware in the Loop“ umgesetzt (Abb. 1). Das EFH mit der PV-Anlage und den Verbrauchern wird simuliert. Das EMS wird als reales Gerät in den Prüfaufbau eingebaut (Abb. 5). Über eine I/O Karte mit digitalen und analogen Ein- und Ausgängen kommunizieren die Simulation und das EMS miteinander. Die Zählerwerte werden in Form von Impulsen (S0) an das EMS gesendet. Anhand dieser Werte steuert das EMS die Verbraucher mittels Schaltkontakten. Die simulierte Laststation und das EMS tauschen Informationen über das Netzwerkprotokoll UDP aus. Die Simulation wird mit der Software Simulink umgesetzt. Aufgrund von Problemen bei den Schnittstellen S0 und UDP, konnte das Bewertungsverfahren nicht mit einem EMS getestet werden.

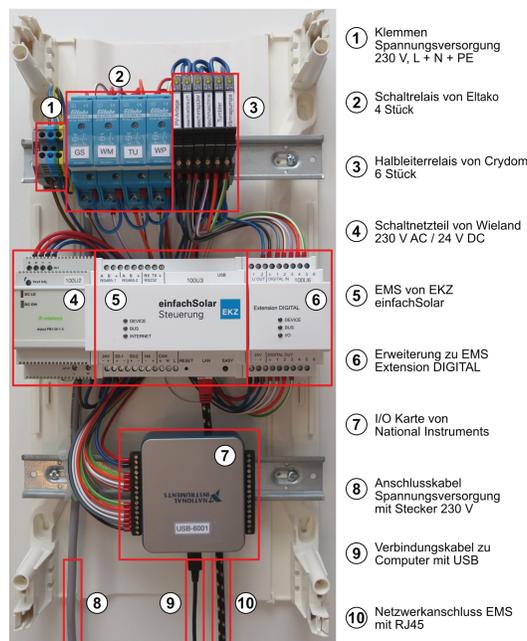


Abb. 5: Dieses Foto zeigt den Prüfaufbau mit dem EMS von EKZ. Quelle: Hochschule Luzern

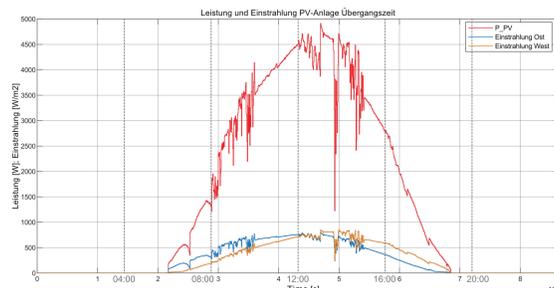


Abb. 6: Im Diagramm sind die Leistung (rot) und die Einstrahlung auf die Ost- (blau) und Westseite (orange) der PV-Anlage an einem Tag in der Übergangszeit aus dem Referenzablauf abgebildet. Quelle: Hochschule Luzern

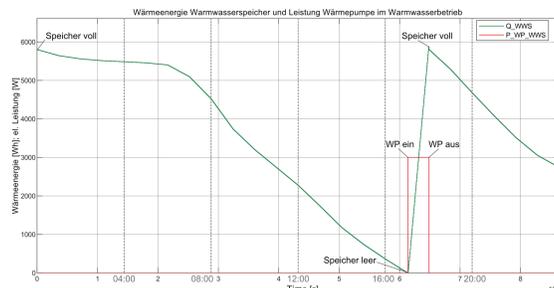


Abb. 7: Im Diagramm ist die Wärmeenergie des Warmwasserspeichers (grün) und die elektrische Leistung der Wärmepumpe (rot) im Warmwasserbetrieb an einem Tag aus dem Referenzablauf abgebildet. Quelle: Hochschule Luzern

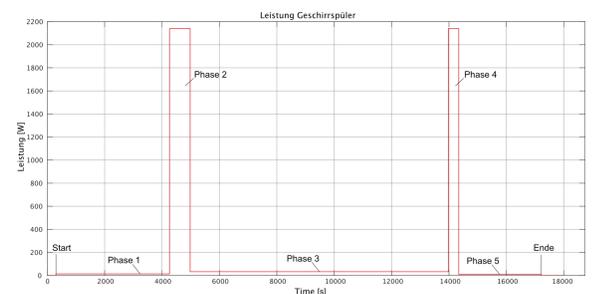


Abb. 8: Das Lastprofil des Geschirrspülers wurde anhand einer Messung erstellt und in 5 Phasen unterteilt. Während den zwei Lastspitzen (Phase 2 und 4) wird das Wasser bzw. die Luft aufgeheizt. Quelle: Hochschule Luzern

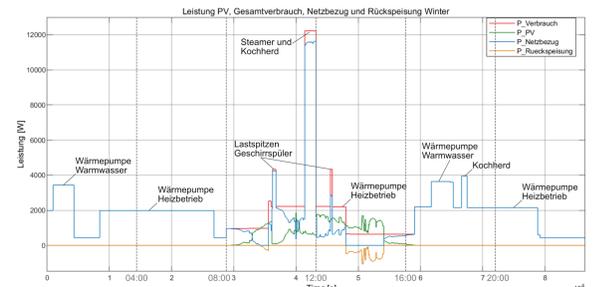


Abb. 9: Im Diagramm sind die Leistungen von Gesamtverbrauch (rot), Produktion der PV-Anlage (grün), Netzbezug (blau) und Rückspeisung (orange) an einem Tag im Winter aus dem Referenzablauf abgebildet. Quelle: Hochschule Luzern

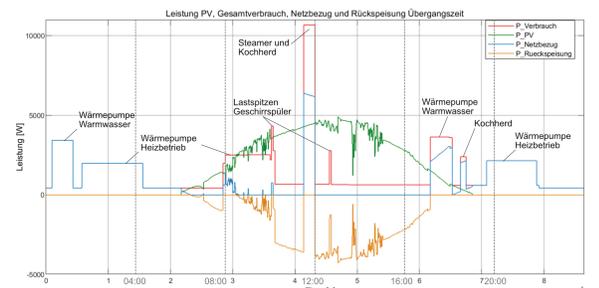


Abb. 10: Im Diagramm sind die Leistungen von Gesamtverbrauch (rot), Produktion der PV-Anlage (grün), Netzbezug (blau) und Rückspeisung (orange) an einem Tag in der Übergangszeit aus dem Referenzablauf abgebildet. Quelle: Hochschule Luzern

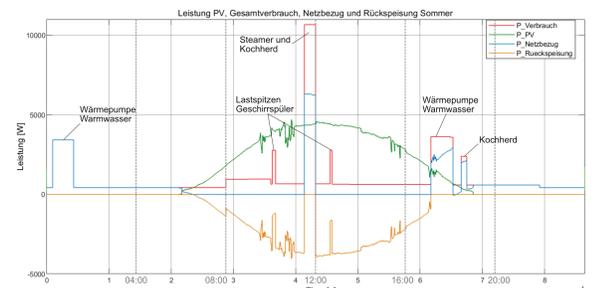


Abb. 11: Im Diagramm sind die Leistungen von Gesamtverbrauch (rot), Produktion der PV-Anlage (grün), Netzbezug (blau) und Rückspeisung (orange) an einem Tag im Sommer aus dem Referenzablauf abgebildet. Quelle: Hochschule Luzern

Im Referenzablauf wird die Prüfung ohne ein EMS durchgeführt. Das bedeutet, der Ablauf wird vorab bestimmt und ändert sich nicht anhand des Überschusses der PV-Anlage. Die Resultate des Referenzablaufs können bei der Bewertung der EMS als neutrale Grundlage verwendet werden. Das Prüfverfahren besteht aus drei Teilprüfungen (Winter, Übergangszeit, Sommer). Die Teilprüfungen werden nacheinander durchgeführt und die Teilresultate für den Eigenverbrauchsanteil, den Autarkiegrad und die Energiekosten werden ermittelt. Aus den Teilresultaten wird jeweils ein gewichteter arithmetischer Mittelwert gebildet. Die drei entstandenen Gesamtresultate werden separat aufgeführt. Der Referenzablauf konnte simuliert werden. Die abgebildeten Diagramme (Abb. 6 - 11) und Resultate (Abb. 2 - 4) stammen von dieser Simulation.

## Carina Gubler

Betreuer:  
Prof. Dr. Olivier Steiger

Experte:  
Martin Stalder, Genossenschaft Migros Aare

Kooperationspartner:  
-