

# Anwendungsbeispiel: Kessel primär, Wärmepumpe nur bei PV-Ueberschuss

## 1. Anlagenbeschreibung

Ein bestehendes Heizsystem mit Oelkessel wird um eine Waermepumpe (WP) erweitert. Der Kessel bleibt der primäre Waermeerzeuger. Die WP soll **ausschliesslich bei PV-Ueberschuss** laufen, um kostenlose Sonnenenergie zu nutzen.

**Wichtig:** In dieser Konfiguration gibt es keine Eskalation vom Kessel zur WP. Wenn der Kessel allein laeuft und EnergyLow meldet, springt die WP **nicht** ein. Die WP ist nur aktiv, wenn PV-Strom verfuegbar ist.

## Systemkomponenten

Komponente	Typ	Rolle
Oelkessel	Kessel (TYP_KESSEL)	Primärer Waermeerzeuger
Waermepumpe	WP (TYP_WAERMEPUMPE)	Sekundaer, nur bei PV
Puffer	ModulPuffer_ext	Waermespeicher
Energy Manager	EnergyManager	PV-Ueberschusserkennung (SG-Ready)
Kaskade	Modul_Kaskade	Koordiniert Kessel und WP

## 2. Funktionsprinzip

Die Steuerung basiert auf **kostenoptimierter Kaskade**: Jeder Waermeerzeuger meldet seine thermischen Kosten pro kWh. Die Kaskade waehlt automatisch den guenstigsten.

## Kostenberechnung

**Kessel:** Fester Preis (z.B. 0.08 EUR/kWh thermisch fuer Heizoel).

**Waermepumpe:** Strompreis geteilt durch COP. Bei PV-Ueberschuss wird der Strompreis automatisch auf 0 gesetzt.

Situation	WP-Strompreis	COP	WP-Kosten	Kessel-Kosten	Ergebnis
Kein PV	0.30 EUR	3.0	0.10 EUR/kWh	0.08 EUR/kWh	Kessel (billiger)
PV-Ueberschuss	0.00 EUR	3.0	0.00 EUR/kWh	0.08 EUR/kWh	WP (gratis)
PV weg	0.30 EUR	3.0	0.10 EUR/kWh	0.08 EUR/kWh	Sofort Kessel

## Sicherheitsmechanismus (Fallback)

Falls bei PV-Ueberschuss die WP die Waermeanforderung nicht schafft (EnergyLow), wird der Kessel trotz hoeherem Preis explizit freigegeben. So wird verhindert, dass das Haus kalt wird.

## 3. Konfiguration

### 3.1 Kaskadensteuerung (Modul\_Kaskade)

Parameter	Wert	Beschreibung
Kaskadenmodus	<b>Steigende Kaskade</b> (1)	Kaskade aktivieren
Bivalenz-Betriebsart	<b>Kostenoptimiert</b> (3)	Waermeerzeuger nach Kosten waehlen
PV-Kessel-Sperrung	<b>Aktiv</b> (1)	Fallback-Mechanismus aktivieren
PV-Fallback-Modus	<b>EnergyLow</b> (2)	Kessel einschalten wenn WP Leistungsgrenze erreicht

**Hinweis:** Der Bivalenzpunkt (Aussentemperatur) spielt im kostenoptimierten Modus keine Rolle. Die Entscheidung basiert ausschliesslich auf den gemeldeten Kosten.

### 3.2 Kessel

Parameter	Wert	Beschreibung
Kosten pro thermische kWh	<b>0.08</b> EUR	Aktueller Heizoel-Preis pro erzeugte kWh Waerme
Kaskadenprioritaet	<b>1</b> (niedrigster Wert = hoechste Prioritaet)	Primaerer Waermeerzeuger

**Berechnung Oelpreis:** Heizoel-Literpreis / Heizwert pro Liter / Kesselwirkungsgrad. Beispiel: 1.00 EUR/L / 10 kWh/L / 0.85 = ca. 0.12 EUR/kWh. Den Wert je nach aktuellem Oelpreis anpassen.

## 3.3 Waermepumpe

Parameter	Wert	Beschreibung
Strompreis	0.30 EUR/kWh	Aktueller Netz-Strompreis (wird bei PV automatisch auf 0 gesetzt)
Kaskadenprioritaet	1	Sekundaerer Waermeerzeuger

## 3.4 Puffer

Parameter	Wert	Beschreibung
PV-Modus	1 (aktiv)	PV-Logik im Puffer aktivieren

Der Puffer fordert bei aktivem PV-Modus und vorhandenem Ueberschuss die PV-Ladetemperatur an. Wenn kein Ueberschuss vorhanden ist, bleibt die normale Heizanforderung bestehen — der Puffer setzt die Anforderung **nicht** auf 0.

# 4. Betriebsszenarien

## 4.1 Normalbetrieb (kein PV-Ueberschuss)

Die WP meldet Kosten von ca. 0.10 EUR/kWh (Strompreis 0.30 / COP 3.0). Der Kessel meldet 0.08 EUR/kWh. Die Kaskade waehlt den Kessel als guenstigeren Waermeerzeuger. Die WP ist gesperrt.

Wenn der Kessel EnergyLow meldet, bleibt die WP trotzdem gesperrt (teurer). Es findet **keine Eskalation** statt.

## 4.2 PV-Ueberschuss aktiv

Der Energy Manager erkennt PV-Ueberschuss und setzt den SG-Ready-Status auf "Empfohlener Anlauf" oder "Anlaufbefehl". Die WP setzt ihren internen Strompreis auf 0 EUR/kWh, was zu Kosten von 0.00 EUR/kWh thermisch fuehrt. Die Kaskade erkennt kostenlose Energie und sperrt den Kessel. Nur die WP laeuft.

## 4.3 PV-Ueberschuss verschwindet

Der Strompreis der WP springt sofort zurueck auf den Netzpreis (z.B. 0.30 EUR). Die WP-Kosten sind wieder hoeher als der Kessel. Die Kaskade schaltet sofort zurueck auf den Kessel.

## 4.4 PV aktiv, aber WP schafft es nicht (Sicherheitsfall)

Bei PV-Ueberschuss laeuft die WP, meldet aber EnergyLow (Leistungsgrenze erreicht, z.B. bei sehr kalten Aussentemperaturen). Der Fallback-Mechanismus greift: Der Kessel wird explizit freigegeben, auch wenn er teurer ist. Beide Waermeerzeuger laufen parallel, bis die WP die Anforderung wieder allein erfuellen kann.

## 4.5 Energy Manager nicht verbunden

Ohne Energy Manager bleibt der WP-Strompreis auf dem konfigurierten Netzpreis. Die WP ist damit teurer als der Kessel und wird von der Kaskade gesperrt. Das System faellt sicher auf reinen Kesselbetrieb zurueck.

# 5. Zusammenfassung Betriebszustaende

Situation	Kessel	WP	Mechanismus
Normal (kein PV)	laeuft	gesperrt	Kessel billiger ( $0.08 < 0.10$ )
Kessel EnergyLow	laeuft allein	gesperrt	Keine Eskalation (WP teurer)
PV-Ueberschuss	gesperrt	laeuft	WP gratis ( $0.00 < 0.08$ )
PV + WP EnergyLow	Fallback ein	laeuft	Sicherheit: beide laufen
PV verschwindet	sofort an	aus	Kosten wieder normal
EM nicht verbunden	laeuft	gesperrt	Voller WP-Strompreis

## 6. Inbetriebnahme-Checkliste

1. Firmware mit aktuellem Softwarestand flashen
2. Kosten konfigurieren: Oelpreis am Kessel, Strompreis an der WP
3. Kaskadenprioritaeten pruefen: Kessel = 1, WP = 1 od.
4. Kaskade aktivieren: Modus "Steigende Kaskade", Betriebsart "Kostenoptimiert"
5. PV-Kessel-Sperrung und Fallback aktivieren
6. Puffer PV-Modus aktivieren

## Verifikation

<b>Test</b>	<b>Pruefpunkt</b>	<b>Erwartung</b>
Kein PV-Ueberschuss	Puffer-Anforderung	Groesser 0 (Kessel laeuft)
PV-Ueberschuss ein	WP thermische Kosten	0.00 EUR/kWh
PV-Ueberschuss ein	Kessel	Aus, nur WP laeuft
PV-Ueberschuss aus	Kessel	Sofort an, WP aus
PV + WP EnergyLow	Kessel	Springt ein (Fallback)

---

Revision #1

Created 2026-02-11 12:34:14 UTC by Christian

Updated 2026-02-11 13:31:21 UTC by Christian