Anwendungsbeispiele

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

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 primaere 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)	Primaerer 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	**Steigende Kaskade** (1)	Kaskade aktivieren
Bivalenz-Betriebsart	**Kostenoptimiert** (3)	Waermeerzeuger nach Kosten waehlen
PV-Kessel-Sperrung	**Aktiv** (1)	Fallback-Mechanismus aktivieren
PV-Fallback-Modus	**EnergyLow** (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	**0.08** EUR	Aktueller Heizoel-Preis pro erzeugte kWh Waerme
Kaskadenprioriaet	**1** (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

Situation	Kessel	WP	Mechanismus
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

Test	Pruefpunkt	Erwartung
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)