Module - Techniker

- Modul DeltaT
- Modul Power 2 Heat
- Energie Manager
- Modul Wärmepumpe
- Update-Info v1.6.8b (Installateure)

Modul DeltaT

Technische Anleitung: Modul Umschaltlogik (Delta-T)

1. Funktion des Moduls

Dieses Modul dient zur intelligenten Steuerung eines Umschaltventils zwischen zwei Wärmequellen (z.B. Pufferspeicher A und Pufferspeicher B). Es wählt automatisch oder manuell, welche der beiden Wärmequellen für den Heizbetrieb genutzt wird.

2. Konfiguration und Parameter

Die Funktion des Moduls wird über die folgenden Einstellungen in der Benutzeroberfläche angepasst.

2.1. Betriebsmodus

Mit diesem Parameter wird die grundlegende Arbeitsweise des Moduls festgelegt.

- **Auto: Primär geführt:** Automatikmodus für Systeme mit einer Haupt- und einer Hilfsquelle (z.B. Wärmepumpe und Ölkessel). Die Umschaltung erfolgt streng nach den Freigaben der übergeordneten Kaskadensteuerung.
- **Auto: Delta-T:** Automatikmodus für Systeme mit zwei gleichberechtigten Quellen. Es wird immer die wärmere der beiden Quellen genutzt.
- **Manuell Master A:** Erzwingt die Nutzung von Quelle A.
- **Manuell Master B:** Erzwingt die Nutzung von Quelle B.

2.2. Einstellungen für "Auto: Delta-T"

Dieser Parameter ist nur relevant, wenn der Betriebsmodus `Auto: Delta-T` gewählt ist.

- **Hysterese Delta-T:** Definiert, um wie viel Grad eine Quelle wärmer sein muss als die andere, bevor das Ventil umschaltet. Dies verhindert ein ständiges Schalten bei sehr ähnlichen Temperaturen.

2.3. Allgemeine Einstellungen

- **Primärer Master:** Legt fest, welche der beiden Quellen (Master A oder Master B) im Modus `Auto: Primär geführt` bevorzugt werden soll.
- **Ventil invertieren:** Kehrt die elektrische Ansteuerung des Umschaltventils um.
  - **Aus:** Normal (Signal für Quelle B)
  - **Ein:** Invertiert (Signal für Quelle A)

---

3. Wichtige Systemkonfiguration

Damit das Modul korrekt funktioniert, müssen die zugewiesenen Master-Module (typischerweise Pufferspeicher) und deren Wärmeerzeuger korrekt konfiguriert sein. Nur so werden die Ein- und Ausschalthysteresen der jeweiligen Puffer korrekt beachtet.

3.1. Primärer Master (z.B. Puffer der Wärmepumpe)

- **Puffer-Modul:** Der Betriebsmodus dieses Puffers **muss** auf `Automatik Gleitend` eingestellt sein, damit es eine korrekte Wärmeanforderung an seinen Master (die Wärmepumpe) stellt.
- **Wärmeerzeuger-Zuweisung:** Die Wärmepumpe muss als Master des Puffer-Moduls zugewiesen sein.

3.2. Sekundärer Master (z.B. Puffer des Ölkessels)

- **Puffer-Modul:** Der Betriebsmodus dieses Puffers **muss** auf `Automatik Gleitend` stehen.
- **Wärmeerzeuger-Zuweisung:** Der sekundäre Wärmeerzeuger (z.B. Ölkessel) **muss** als `MasterB` dieses Puffer-Moduls zugewiesen sein. `MasterB` muss auf den primären Wäreerzeuger stehen.
  - **Wichtiger Hinweis:** Diese Zuweisung dient als rein informativer Link für die Regelung, damit sie die Systemstruktur kennt. Der Puffer im Modus "Automatik

> Gleitend" wird selbst keine Anforderung an den Ölkessel stellen. Die Ansteuerung des Ölkessels erfolgt ausschließlich durch die `Modul_Kaskade`.

Die Missachtung dieser Einstellungen führt zu Fehlfunktionen in der Anforderungskette.

---

4. Funktionsweise der Automatik-Modi

Modus "Auto: Primär geführt"

Dieser Modus ist für eine Haupt-Wärmequelle (z.B. Wärmepumpe) konzipiert, die bei Bedarf von einer zweiten Quelle (z.B. Ölkessel) unterstützt wird. Die Logik kombiniert die Freigabe-Signale der zentralen `Modul_Kaskade` mit einer intelligenten, temperaturbasierten Logik zur optimalen Wärmenutzung.

Anforderungslogik

Die Anforderung von Wärme an die übergeordneten Master (Pufferspeicher) folgt strikt der aktuellen Ventilstellung, um sicherzustellen, dass nur der Wärmeerzeuger angefordert wird, der auch tatsächlich genutzt wird.

- Steht das Ventil auf **Master A**, wird die Systemanforderung nur an Master A weitergeleitet.
- Steht das Ventil auf **Master B**, wird die Systemanforderung nur an Master B weitergeleitet.
- Besteht keine Systemanforderung (`Anforderung = 0°C`), wird auch keine Anforderung weitergeleitet.
- Im **Initialzustand** (direkt nach dem Start), wenn noch keine Quelle aktiv ausgewählt wurde, wird die Anforderung an den eingestellten **primären Master** gesendet.

Der Master (z.B. ein Puffer-Modul im Automatik-Modus) entscheidet dann selbstständig, ob er aufgrund der Anforderung seinen eigenen Wärmeerzeuger (z.B. Wärmepumpe) starten muss.

Umschaltlogik

Die Logik zum Umschalten des Ventils wird nur ausgeführt, wenn eine aktive Heizanforderung im System vorliegt.

- **Wechsel zu Sekundär:** Das Modul schaltet vom primären auf den sekundären Master um, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
  1. Der sekundäre Wärmeerzeuger wird von der Kaskade aktiviert.
  2. Die Temperatur des sekundären Speichers ist hoch genug, um die Anforderung passiv (ohne laufenden Generator) zu decken (definiert durch `Umschalthysterese`).
- **Zurückschalten zu Primär:** Das Modul schaltet vom sekundären Master zurück auf den primären, wenn **beide** der folgenden Bedingungen erfüllt sind:
  1. Der primäre Wärmeerzeuger wird von der Kaskade (wieder) aktiviert.
  2. Die Temperatur des sekundären Speichers kann die Anforderung nicht mehr passiv decken.
- **Initialisierung:** Beim Start wählt das Modul den primären Master, wenn dessen Generator aktiv ist. Andernfalls wählt es den sekundären Master, falls dieser aktiv ist oder bereits passiv die Wärme bereitstellen kann. Sind beide inaktiv, wird der primäre Master als Standard gewählt.

Modus "Auto: Delta-T"

Dieser Modus ist ideal für zwei gleichwertige Wärmequellen. Es wird immer die Quelle mit der höheren Temperatur genutzt.

- **Funktionsprinzip:** Das Modul vergleicht kontinuierlich die Temperaturen von Quelle A und Quelle B.
- **Umschaltung:** Es schaltet das Ventil immer auf die Quelle, die um den Wert der `Hysterese Delta-T` wärmer ist als die andere.

Modul Power 2 Heat

Technische Anleitung: Modul Power-2-Heat

1. Funktion des Moduls

Dieses Modul dient zur intelligenten Steuerung eines stufenlos regelbaren Heizstabs (oder eines ähnlichen elektrischen Verbrauchers). Sein Hauptzweck ist die Maximierung des Eigenverbrauchs von überschüssiger Energie, typischerweise von einer Photovoltaik-Anlage.

Das Modul überwacht kontinuierlich den Energieüberschuss am Netzanschlusspunkt des Gebäudes. Basierend auf diesem Wert regelt es die Leistung des Heizstabs so, dass der überschüssige Strom direkt in Wärme umgewandelt wird, anstatt ihn ins öffentliche Netz einzuspeisen.

2. Konfiguration und Parameter

Die Funktion des Moduls wird über die folgenden Einstellungen in der Benutzeroberfläche angepasst.

2.1. Betriebsmodus

Mit diesem Parameter wird die grundlegende Arbeitsweise des Moduls festgelegt.

- **Aus:** Das Modul ist komplett deaktiviert. Der Heizstab wird nicht angesteuert.
- **Manuell:** Der Heizstab wird mit einer fest eingestellten Leistung betrieben. Die Automatik ist deaktiviert. Dies ist nützlich für Testzwecke oder eine erzwungene Ladung.
- **Automatik:** Das Modul regelt die Leistung des Heizstabs automatisch, basierend auf dem verfügbaren PV-Überschuss.

2.2. Grundeinstellungen

Diese Parameter definieren die Hardware des Heizstabs.

- **Maximale Leistung:** Die elektrische Nennleistung des Heizstabs in Watt (W).
- **Spannung bei max. Leistung:** Die Steuerspannung (üblicherweise 10.0 V), bei der der Heizstab seine maximale Leistung erreicht.
- **Minimale Spannung:** Die Steuerspannung (üblicherweise 1.0 V oder 2.0 V), ab der der Heizstab beginnt, Leistung aufzunehmen.

2.3. Regelungsparameter (nur für Automatik-Modus)

Diese Einstellungen beeinflussen, wie sensibel und schnell die Automatik auf Änderungen im Stromnetz reagiert.

- **Sicherheits-Offset:** Ein Leistungspuffer in Watt (W), der immer als Überschuss im Netz verbleiben soll. Dies ist die wichtigste Einstellung, um einen Strombezug aus dem Netz sicher zu vermeiden. Ein Wert von 50-100 W ist typisch.
- **Toleranzband:** Ein kleiner Leistungsbereich um den Sicherheits-Offset in Watt (W). Befindet sich der aktuelle Überschuss innerhalb dieses Bandes, findet keine Regelung statt. Dies verhindert ein ständiges, nervöses Regeln bei kleinen Schwankungen.
- **Max. Erhöhung pro Zyklus:** Begrenzt, wie schnell die Leistung des Heizstabs pro Regelungszyklus erhöht werden darf (in Watt). Dies sorgt für ein sanftes Hochfahren und verhindert ein Überschwingen.
- **Reduktionsfaktor:** Ein Faktor, der bestimmt, wie aggressiv die Leistung bei einem Netzbezug reduziert wird. Ein höherer Wert führt zu einer schnelleren Reduktion.
- **Regelzyklus:** Die Zeit in Sekunden, wie oft die Automatik die Leistung neu berechnet und anpasst.

2.4. Manuelle Vorgabe (nur für Manuell-Modus)

- **Manuelle Leistung:** Die gewünschte Heizleistung als Prozentsatz der maximalen Leistung (0-100%).

---

3. Funktionsweise der Automatik

Im Automatik-Modus versucht das Modul, den Netzbezug bei `0 W` zu halten, indem es den Heizstab als regelbaren Verbraucher nutzt.

- **Szenario 1: PV-Überschuss steigt**
  - Wenn die PV-Anlage mehr Strom produziert als das Haus verbraucht, entsteht ein Überschuss, der ins Netz fließen würde.
  - Das Modul erkennt diesen Überschuss und erhöht langsam die Leistung des Heizstabs, bis der Überschuss (abzüglich des Sicherheits-Offsets) aufgebraucht ist.
- **Szenario 2: Verbrauch im Haus steigt oder PV-Leistung sinkt**
  - Wenn ein großer Verbraucher im Haus eingeschaltet wird (z.B. Herd) oder Wolken aufziehen, würde Strom aus dem Netz bezogen.
  - Das Modul erkennt diesen drohenden Netzbezug sofort und reduziert die Leistung des Heizstabs drastisch, um den Bezug zu kompensieren und die Netzstabilität zu wahren.

4. Energiezählung

Das Modul protokolliert den Energieverbrauch des Heizstabs. In der Visualisierung können die folgenden Werte eingesehen werden:

- **Verbrauch Heute:** Die seit Mitternacht verbrauchte Energie in Wattstunden (Wh).
- **Verbrauch Gestern:** Die am Vortag verbrauchte Energie.
- **Verbrauch Gesamt:** Der gesamte, seit Inbetriebnahme oder dem letzten Reset verbrauchte Energie.

Energie Manager

Technische Anleitung: Energy Manager

1. Funktion des Moduls

Der Energy Manager ist die zentrale Intelligenz zur Optimierung des Energieverbrauchs im System. Seine Hauptaufgabe ist es, basierend auf externen Signalen wie Strompreisen, PV-Überschuss oder Smart-Grid-Signalen, eine von vier Betriebszuständen für das gesamte Heizsystem vorzugeben.

Diese Zustände, bekannt als "Smart-Grid-Ready" (SG-Ready) Level, signalisieren den anderen Modulen (z.B. Wärmepumpe, Boiler), ob sie Energie sparen, normal arbeiten, den Verbrauch erhöhen oder den Betrieb sogar zwingend starten sollen.

2. Konfiguration und Parameter

Die Funktion des Moduls wird über die folgenden Einstellungen in der Benutzeroberfläche angepasst.

2.1. Betriebsmodus

Dieser Parameter legt fest, welche externe Quelle zur Bestimmung des Systemzustands herangezogen wird.

- **AUS:** Der Energy Manager ist deaktiviert. Das System läuft immer im Zustand `Normalbetrieb`.
- **SG Ready:** Der Zustand wird über zwei digitale Eingänge (SG_1 und SG_2) bestimmt, wie es dem Industriestandard "SG-Ready" entspricht.
- **Marktpreis:** Der Zustand wird basierend auf dem aktuellen Strompreis (z.B. von einer Strombörse wie aWATTar) bestimmt. Günstige Preise führen zu einem erhöhten Betrieb, teure Preise zu einer Reduktion.

- **PV-Überschuss:** Der Zustand wird basierend auf dem Stromüberschuss der Photovoltaik-Anlage geregelt. Das Ziel ist, den Eigenverbrauch zu maximieren.

2.2. Einstellungen für Modus "Marktpreis"

Diese Parameter definieren, wie auf unterschiedliche Strompreis-Niveaus reagiert werden soll. Sie weisen jedem Preislevel einen der vier SG-Ready-Zustände zu.

- **Bei "sehr günstigem" Preis:** Welcher Zustand soll aktiviert werden? (Empfehlung: `Zwangseinschaltung`)
- **Bei "günstigem" Preis:** Welcher Zustand soll aktiviert werden? (Empfehlung: `Einschaltempfehlung`)
- **Bei "normalem" Preis:** Welcher Zustand soll aktiviert werden? (Empfehlung: `Normalbetrieb`)
- **Bei "teurem" Preis:** Welcher Zustand soll aktiviert werden? (Empfehlung: `Reduzierter Betrieb`)
- **Bei "sehr teurem" Preis:** Welcher Zustand soll aktiviert werden? (Empfehlung: `Sperre`)

2.3. Einstellungen für Modus "PV-Überschuss"

- **PV_Surplus_Threshold_Boost:** Schwellenwert in Watt (W), ab dem ein PV-Überschuss als ausreichend für eine Anhebung (Boost) gewertet wird. (Standard: 2000W)
- **PV_Surplus_Threshold_Normal:** Schwellenwert in Watt (W), unter den der Überschuss fallen muss, um wieder in den Normalbetrieb zurückzukehren. (Standard: 300W)
- **PV_Delay_Boost_Minutes:** Zeitverzögerung in Minuten, für die der Überschuss stabil über der Boost-Schwelle liegen muss, bevor die Anhebung aktiviert wird. (Standard: 15 Min)
- **PV_Delay_Normal_Minutes:** Zeitverzögerung in Minuten, für die der Überschuss stabil unter der Normal-Schwelle liegen muss, bevor die Anhebung deaktiviert wird. (Standard: 15 Min)
- **Mittelungs-Zyklen:** Anzahl der Messzyklen, über die der PV-Überschuss gemittelt wird. Dies glättet kurzfristige Schwankungen (z.B. durch schnell ziehende Wolken).
- **Zähler-Einbauort:** Legt fest, was der Stromzähler misst:
  - **Netzanschlusspunkt (Standard):** Misst Netzbezug (positiv) oder Einspeisung (negativ). Das System berechnet daraus den echten Überschuss unter Berücksichtigung des aktuellen Wärmepumpenverbrauchs.
  - **Nur PV-Erzeugung:** Misst nur die Leistung der PV-Anlage. Der gesamte Wert wird als Überschuss angenommen.

---

3. Funktionsweise der Modi

3.1. Modus "SG Ready"

Das Modul liest zwei digitale Eingänge aus und setzt den Systemzustand gemäß der SG-Ready-Spezifikation:

Eingang 1	Eingang 2	Resultierender Zustand	Beschreibung
0	0	`Normalbetrieb`	Standardbetrieb ohne Einschränkungen.
0	1	`Einschaltempfehlung`	Das System sollte, wenn möglich, den Verbrauch erhöhen (z.B. Puffer stärker laden).
1	0	`Sperre`	Das System sollte den Betrieb für eine bestimmte Zeit unterbrechen, um das Netz zu entlasten.
1	1	`Zwangseinschaltung`	Das System muss den Verbrauch zwingend starten (MANDATORY_BOOST), um überschüssige Energie aus dem Netz aufzunehmen.

3.2. Modus "Marktpreis"

Das Modul empfängt die aktuellen Strompreise und ordnet sie einer Preiskategorie zu (z.B. "günstig", "teuer"). Anschließend setzt es den Systemzustand auf den Zustand, den der Benutzer für diese Preiskategorie konfiguriert hat.

3.3. Modus "PV-Überschuss"

1. **Messen:** Das Modul liest die aktuelle Leistung am Zähler. Wenn am Netzanschlusspunkt gemessen wird, wird der aktuelle Verbrauch der Wärmepumpe herausgerechnet, um ein "Schwingen" der Regelung zu vermeiden (Potentialberechnung).
2. **Mitteln:** Der Messwert wird über die eingestellte Anzahl an Zyklen geglättet.
3. **Hysterese & Zeitverzögerung:**
   - Übersteigt der (negative) Messwert die **Boost-Schwelle** für die Dauer der **Einschaltverzögerung**, wechselt das System in den Zustand `Zwangseinschaltung`

(MANDATORY_BOOST).
- Fällt der Wert unter die **Normal-Schwelle** für die Dauer der **Ausschaltverzögerung**, wird wieder auf `Normalbetrieb` geschaltet.
- Liegt der Wert zwischen den Schwellen, bleibt der aktuelle Zustand erhalten und die Zeitverzögerungs-Timer werden angehalten.

4. **Bereitstellen:** Der gemittelte Überschusswert wird anderen Modulen (wie `ModulPower2Heat`) zur Verfügung gestellt.

4. Ausgabe und Wirkung auf Module

Das primäre Ergebnis des Energy Managers ist der Server `SG_State`. Alle anderen Module im System, die energie-optimiert arbeiten können, reagieren auf diesen Zustand.

Wirkung der SG-Ready-Zustände

Zustand	Temperatur-Offset	Puffer	Boiler	Heizkreis
`Normalbetrieb` (0)	0	Normal	Normal	Normal
`Sperre` (1)	Absenkung	**Ladesperre**	**Ladesperre**	Absenkung
`Einschaltempfehlung` (2)	Anhebung	Anhebung	Anhebung	Anhebung
`Zwangseinschaltung` (3)	Boost	**Erzwungene Ladung**	**Erzwungene Ladung**	Anhebung
`Reduzierter Betrieb` (4)	Absenkung	Absenkung	Absenkung	Absenkung

Zwangseinschaltung (MANDATORY_BOOST): Puffer und Boiler starten eine Ladung auch dann, wenn die normale Hysterese-Startbedingung noch nicht erreicht ist. Die Ladung startet, sobald die Temperatur unter der (durch den Boost-Offset angehobenen) Solltemperatur liegt. Die Abschaltung erfolgt weiterhin normal bei Erreichen der Solltemperatur.

Sperre (LEGACY_LOCKOUT): Puffer und Boiler werden aktiv an einer Ladung gehindert. Laufende Ladungen werden gestoppt. Beim Heizkreis wirkt nur die Temperatur-Absenkung, da dieser keine Ladepumpe hat.

Modul Wärmepumpe

Technische Anleitung: Modul Wärmepumpe (Acond)

1. Funktion des Moduls

Dieses Modul dient der Ansteuerung und Regelung einer Acond Wärmepumpe. Es fungiert als Schnittstelle zwischen der übergeordneten Systemlogik (Heizanforderungen, Kaskaden-Management) und der spezifischen Steuerung der Wärmepumpe über Modbus.

Das Modul empfängt eine Soll-Temperatur vom System und regelt die internen Komponenten der Wärmepumpe (Kompressor, Pumpe) so, dass diese Temperatur effizient erreicht wird. Es stellt zudem Betriebsdaten, Leistungs- und Energiewerte zur Visualisierung und für andere Systemmodule bereit.

2. Konfiguration und Parameter

Die Funktion des Moduls wird über die folgenden Einstellungen in der Benutzeroberfläche angepasst.

2.1. Betriebsmodus

- **Modus:** Legt die grundlegende Arbeitsweise fest.
  - `Aus`: Die Wärmepumpe ist deaktiviert.
  - `Manuell`: Manuelle Steuerung (derzeit nicht implementiert, verhält sich wie `Aus`).
  - `Automatik`: Die Wärmepumpe reagiert auf Heizanforderungen aus dem System.
  - `Nur Heizstab`: Ausschließlich der elektrische Heizstab wird für die Wärmeerzeugung verwendet. Der Kompressor der Wärmepumpe bleibt dauerhaft abgeschaltet. Dieser Modus ist z.B. bei einem Kompressor-Defekt sinnvoll oder bei extremen Außentemperaturen, bei denen der Wärmepumpenbetrieb nicht mehr möglich ist.

Kühlbetrieb ist in diesem Modus nicht verfügbar.

2.2. Kaskaden- & Bivalenz-Einstellungen

Diese Parameter steuern das Verhalten der Wärmepumpe im Zusammenspiel mit anderen Wärmeerzeugern.

- **Kaskaden-Priorität:** Legt die Priorität der Wärmepumpe fest, wenn mehrere Wärmeerzeuger verfügbar sind. Eine niedrigere Zahl bedeutet eine höhere Priorität (z.B. `1` ist höher als `2`).
- **Bivalenztemperatur:** Die Außentemperatur, unter der die Wärmepumpe gesperrt wird und ein anderer Wärmeerzeuger (z.B. ein Heizstab oder Ölkessel) übernehmen muss.
- **Maximale Temperatur:** Die maximale Vorlauftemperatur, die die Wärmepumpe im Kaskadenbetrieb anstreben soll.

2.3. Regelungsparameter (Heizen)

Diese Einstellungen definieren, wie die Wärmepumpe ihre Leistung im Heizbetrieb anpasst.

- **Rücklauf-Delta-T:** Die gewünschte Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf. Die interne Pumpe wird so geregelt, dass dieser Wert erreicht wird.
- **PID-Reglermodus:** Bestimmt die Kernstrategie, nach der die Leistung des Verdichters geregelt wird.
  - `Drehzahl`: Der Regler passt die **Verdichterdrehzahl** direkt an, um die Soll-Rücklauftemperatur zu erreichen. Dies ist eine einfache und robuste Regelungsart.
  - `Thermische Leistung`: Der Regler ermittelt basierend auf der Rücklauftemperatur eine **Soll-Wärmeleistung in Watt**. Ein zweiter, unterlagerter Regler passt dann die Verdichterdrehzahl so an, dass die Wärmepumpe exakt diese Wärmeleistung abgibt. Dies ermöglicht eine präzisere Leistungsdosierung.
  - `Elektrische Leistung`: Dieser Modus ist für zukünftige Erweiterungen vorgesehen (z.B. für die Anbindung an einen Energy Manager) und aktuell nicht implementiert.

2.4. Drehzahl-Kennlinie (Speed Points)

Die Leistung der Wärmepumpe ist stark von der Außentemperatur abhängig. Über vier Kennlinienpunkte (`SP1` bis `SP4`) wird die minimale und maximale Kompressordrehzahl in Abhängigkeit von der Außentemperatur festgelegt. Das System interpoliert zwischen diesen Punkten, um die optimale Drehzahl für die jeweilige Witterung zu finden.

- **SPx Temperatur:** Die Außentemperatur für diesen Kennlinienpunkt.
- **SPx Min. Drehzahl:** Die minimale Kompressordrehzahl bei dieser Temperatur.
- **SPx Max. Drehzahl:** Die maximale Kompressordrehzahl bei dieser Temperatur.

2.5. Laufzeit-Einstellungen

- **Mindestlaufzeit:** Die minimale Zeit in Minuten, die der Kompressor nach dem Start laufen muss. Verhindert schädliches Takten.
- **Mindeststandzeit:** Die minimale Zeit in Minuten, die der Kompressor nach dem Abschalten ausgeschaltet bleiben muss.

2.6. Silent-Modus

Ermöglicht einen zeitgesteuerten, geräuschreduzierten Betrieb (z.B. nachts).

- **Silent-Modus aktiv:** Aktiviert oder deaktiviert die Funktion.
- **Startzeit / Stoppzeit:** Definiert den Zeitraum, in dem der Silent-Modus aktiv ist.

---

3. Funktionsweise der Automatik

1. **Anforderung:** Das Modul erhält eine Heizanforderung (Soll-Vorlauftemperatur) von der übergeordneten Regelung (z.B. von einem Heizkreis oder Pufferspeicher).
2. **Freigabe:** Das Modul prüft, ob die Freigabebedingungen erfüllt sind:
   - Die Außentemperatur liegt über der eingestellten `Bivalenztemperatur`.
   - Die `Mindeststandzeit` seit dem letzten Lauf ist abgelaufen.
3. **Regelung:**
   - Die Wärmepumpe startet. Die `Mindestlaufzeit` beginnt.
   - Der **Kompressor** wird je nach gewähltem `PID-Reglermodus` entweder über die Drehzahl oder die thermische Leistung geregelt, um die geforderte Rücklauftemperatur zu erreichen. Die erlaubte Leistung wird dabei dynamisch aus der Kennlinie anhand der aktuellen Außentemperatur ermittelt.
   - Die interne **Pumpe** wird gleichzeitig so geregelt, dass die eingestellte Spreizung (`Rücklauf-Delta-T`) zwischen Vor- und Rücklauf eingehalten wird.
4. **Abschaltung:** Die Wärmepumpe schaltet ab, wenn keine Heizanforderung mehr besteht. Die `Mindeststandzeit` beginnt.

4. Kaskadenbetrieb

Im Zusammenspiel mit anderen Wärmeerzeugern meldet das Modul kontinuierlich seinen Status an die Kaskadenlogik:

- **Priorität:** Die eingestellte Priorität.

- **Betriebsbereitschaft (`EnergyLow`):** Das Modul meldet, ob es aktuell ineffizient läuft (z.B. weil die Temperaturdifferenz am Verdampfer zu gering ist). Die Kaskade kann dann entscheiden, einen anderen Wärmeerzeuger zu nutzen.
- **Kosten pro kWh:** Basierend auf dem aktuellen Strompreis und dem Wirkungsgrad (COP) berechnet das Modul die Kosten für eine erzeugte Kilowattstunde Wärme. Dies ermöglicht der Kaskade eine ökonomische Entscheidung.

Update-Info v1.6.8b (Installateure)

> Quelle: `Stations/Dokumentation/Update_Info_v1.6.8b_Installateure.md` im onekey-Repo (Stand der Übernahme: 2026-07-26). Bei Codeänderungen dort zuerst aktualisieren.

Update-Information v1.6.8b — Wichtiges Stabilitäts-Update Wärmepumpen-Kommunikation

An: Installateure und Servicepartner **Betrifft:** Alle OneKey-Anlagen mit ACond-Wärmepumpe (Modbus-Anbindung) **Priorität:** Hoch — Update wird für alle betroffenen Anlagen empfohlen **Version:** v1.6.8b (Hotfix auf v1.6.8a)

Welches Problem wird behoben?

Bei Anlagen mit ACond-Wärmepumpe konnte die Kommunikation zwischen Regelung und Wärmepumpe in einen dauerhaft blockierten Zustand geraten. Das Tückische daran: Die Anlage wirkte äußerlich normal.

So äußerte sich der Fehler:

- Die Wärmepumpen-Istwerte (Vorlauf-, Rücklauf-, Außentemperatur, Leistung) **frieren ein** und aktualisieren sich nicht mehr.
- Die Wärmepumpe **reagiert nicht mehr auf Anforderungen** der Regelung (kein Start bei Wärmebedarf, kein Stopp, keine Betriebsartwechsel).
- Es wird **kein Kommunikationsalarm** angezeigt — die Verbindung erscheint in der Anzeige als „online".
- Die Überwachungsfunktion der Regelung erkannte zwar den fehlenden Datenfluss und versuchte automatische Neustarts (Wärmepumpen-Steuerung, danach Regelung) — diese halfen je nach Situation aber nicht dauerhaft, sodass sich **wiederholte selbsttätige Neustarts der Regelung** häufen konnten.
- Zuverlässig half bisher nur ein **manueller Neustart der Regelung** (spannungsfrei schalten).

Auslöser war eine seltene Abfolge interner Zustände nach Kommunikations- störungen oder Konfigurationsänderungen (z. B. nach Internet-/Netzwerkausfall, Geräteneustart oder Übernahme geänderter Einstellungen). Trat diese Abfolge ein, blieb die Modbus-Datenübertragung deaktiviert, obwohl die Netzwerkverbindung selbst in Ordnung war.

Was ändert das Update?

Die interne Ablaufsteuerung der Wärmepumpen-Kommunikation wurde an vier Stellen abgesichert:

1. Nach jeder Deaktivierung/Reaktivierung des Wärmepumpen-Moduls wird die Kommunikation garantiert vollständig neu aufgebaut.
2. Die Initialisierung der Wärmepumpe kann nicht mehr endlos hängen bleiben — nach spätestens 2 Minuten wird automatisch ein Fehler erkannt und die Wiederherstellung eingeleitet (jetzt **mit** sichtbarem Kommunikationsalarm).
3. Im laufenden Betrieb stellt die Regelung die Datenübertragung zyklisch selbst sicher (Selbstheilung).
4. Die automatische Wiederherstellung nach Kommunikationsfehlern greift jetzt in allen Fällen, auch bei widersprüchlichen internen Statusanzeigen.

Ergebnis: Der Blockade-Zustand kann nicht mehr entstehen. Kommunikations- störungen (z. B. Netzwerkprobleme, Neustart der Wärmepumpe) werden erkannt, gemeldet und heilen sich nach Behebung der Ursache selbstständig — ohne manuellen Neustart. Auch die wiederholten selbsttätigen Neustarts der Regelung entfallen damit.

Für welche Anlagen ist das Update relevant?

- **Alle Anlagen mit ACond-Wärmepumpe** (Modbus-TCP-Anbindung), unabhängig von der Wärmepumpen-Firmware.
- Besonders dringend bei Anlagen, die bereits eines der oben beschriebenen Symptome gezeigt haben (eingefrorene Werte, unerklärliche Neustarts, „Wärmepumpe reagiert nicht").
- Anlagen ohne ACond-Wärmepumpe sind nicht betroffen; das Update schadet dort aber nicht.

Durchführung des Updates

1. Update **v1.6.8b** auf die Regelung einspielen (gewohnter Update-Weg: Fernupdate bzw. vor Ort).
2. Die Regelung startet mit dem Update neu — ein bereits blockierter Zustand wird dadurch automatisch mit behoben. Es sind **keine weiteren Schritte** und keine Neukonfiguration nötig; alle Einstellungen bleiben erhalten.

Hinweis: Während des Updates/Neustarts (wenige Minuten) ist die Anlage im Regelbetrieb unterbrochen. Heizung und Warmwasser laufen danach automatisch weiter.

Kontrolle nach dem Update (ca. 5 Minuten)

1. **Istwerte prüfen:** Wärmepumpen-Werte (Vorlauf/Rücklauf/Außentemperatur) ändern sich wieder laufend — Werte dürfen nicht statisch stehen bleiben.
2. **Funktionstest:** Bei anstehendem Wärmebedarf startet die Wärmepumpe bzw. nimmt Betriebsartwechsel an.
3. **Alarmliste prüfen:** Kein anstehender Wärmepumpen-Kommunikationsalarm. (Tritt ein solcher Alarm künftig auf, liegt eine echte Störung vor — Netzwerkverbindung und Wärmepumpe prüfen. Nach Behebung verschwindet der Alarm von selbst.)

Rückfragen

Bei Auffälligkeiten nach dem Update (insbesondere erneut eingefrorene Werte oder wiederholte selbsttätige Neustarts) bitte mit Anlagennummer und Zeitpunkt an den technischen Support melden.