

# ELV Smart Hacks

## Regelungsverfahren für Heizungsanlagen

In unserer Reihe „ELV Smart Hacks“ zeigen wir anhand kleiner Detaillösungen, wie man bestimmte Aufgaben im Homematic IP System konkret lösen kann. Dies soll insbesondere Homematic IP Einsteigern, aber auch erfahreneren Nutzern helfen, die Einsatz- und Programmiermöglichkeiten besser zu nutzen. In dieser Ausgabe stellen wir übliche Heizsysteme sowie deren Regelverfahren vor und zeigen, wie sich diese mit dem Homematic IP System steuern lassen.



Das Thema Smart Home ist untrennbar mit der Idee verbunden, Energie im Gebäude zu sparen. Viele Geräte zielen darauf ab, dem Nutzer das Leben angenehmer zu gestalten und dabei dennoch die gestellte Anforderung zu erfüllen. Vor allem der Bereich Heizung bietet dabei ein hohes Einsparpotenzial und kann die jährlichen Energiekosten signifikant beeinflussen.

Wohngebäude in Deutschland sind mit verschiedenen Heizsystemen ausgestattet, und die Möglichkeiten, diese mit dem Homematic IP Smart-Home-System zu kombinieren, unterscheiden sich zum Teil erheblich. Wir wollen uns daher mit den technischen Gegebenheiten und der Auswahl der korrekten Komponenten beschäftigen.

### Das Einsparpotenzial

Die Energiekosteneinsparung mit Homematic IP ergibt sich insbesondere im Vergleich zu einer herkömmlichen Heizungsregelung über mechanische Heizkörperregler oder einer klassischen Fußbodenheizungssteuerung. Die Vorteile lassen sich hierbei in drei wesentliche Punkte zusammenfassen:

#### Bedarfsgerechtes Heizen auf Einzelraumebene

Über die Homematic IP App kann der Nutzer individuelle Heizprofile erstellen (Bild 1), um die Heizungsregelung für jeden Raum ganz nach den persönlichen Bedürfnissen anzupassen. Es wird also nur dann geheizt, wenn jemand zu Hause ist, und zugleich nur die Räume, die zu dem Zeitpunkt auch genutzt werden – praktisch und ökologisch!

#### Automatisches Herabsenken der Temperatur beim Lüften

Vielen ist das manuelle Herunterregeln von herkömmlichen Heizkörperthermostaten beim Lüften zu unkomfortabel oder es wird schlichtweg verges-

sen. In Verbindung mit den Homematic IP Fenster- und Türkontakten bzw. dem Drehgriffkontakt werden die Homematic IP Heizkörperthermostate automatisch heruntergeregt und so das „Hinausheizen zum Fenster“ verhindert. Nach dem Lüften wird das zuvor definierte Heizprofil automatisch wieder aufgenommen.

#### Qualität der Regelung

Bisherige mechanische Regler sind sogenannte „Proportionalregler“. Die smarten Regler des Homematic IP Systems verwenden weitaus modernere Regelverfahren. Das Ergebnis ist eine präzisere Regelung, die weniger Energie benötigt.

**Hinweis:** Wie viel Heizenergie gespart werden kann, hängt von der individuellen Situation, dem eigenen Verhalten sowie vom Gebäude ab.

### Regelverfahren der unterschiedlichen Heizungsarten

Raumtemperaturen werden durch verschiedene Regelverfahren gesteuert, die wir im Folgenden kurz vorstellen. Dabei werden wir sehen, dass die hier vorgestellten verschiedenen Regelverfahren nicht zwingend für jeden Heizungstyp geeignet sind.

#### Zweipunkt-Regelung (für Elektroheizungen und Klimasteuerung)

Die klassische Form der Regelung ist die Zweipunkt-Regelung. Bei einer solchen Regelung wird beim Über- bzw. Unterschreiten einer festgelegten Temperatur eine Schaltung vorgenommen (ein → aus oder aus → ein). Die Differenz zwischen der Einschalttemperatur und der Ausschalttemperatur ist die sogenannte Hysterese, die man auch als eine Art Schwellenbereich bezeichnen könnte. Die Hysterese wird technisch betrachtet zur Minimierung von Schaltvorgängen benutzt. Würde man die Hysterese theoretisch langsam gegen 0 °C streben lassen, würde sich eine unendliche Anzahl an Schaltvorgängen ergeben.

Dieses Verfahren wird in der Regel bei elektrischen Heizungen oder invertiert bei Klimasteuerungen angewendet, um eine eingestellte Sollwert-Temperatur zu erzielen. Handelt es sich um eine Zweipunkt-Regelung zum Heizen, schaltet ein Aktor/Ausgang „aus“, sofern die Temperatur im Raum zu hoch ist (siehe Bild 2 ganz links). Sobald die Temperatur unter die eingestellte Sollwerttemperatur fällt, wird der Ausgang hingegen wieder „ein“-geschaltet. Eine gängige Hysterese, die auch bei Homematic IP genutzt wird, ist hierbei 0,4 °C und damit jeweils 0,2 ° über und unter der Solltemperatur.

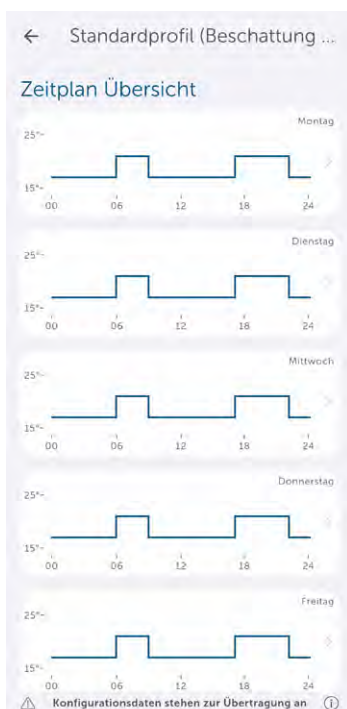


Bild 1: Das Heizprofil

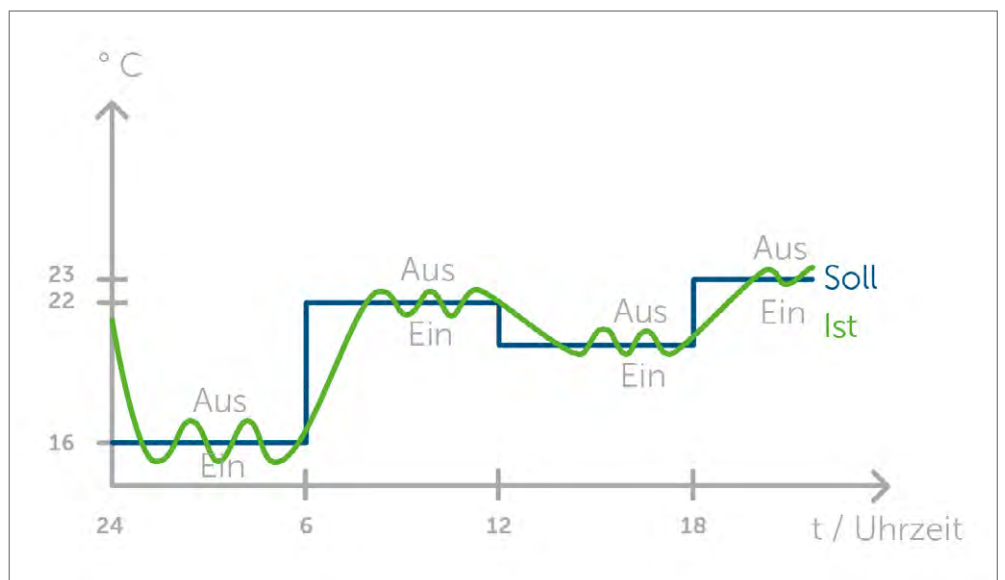


Bild 2: Die Zweipunkt-Regelung in der Heizungstechnik

Nachteilig erkennbar ist hierbei das Über- und Unterschwingen um den eingestellten Sollwert. Die Ist-Temperatur kann, je nach Breite der Hysterese, um mehrere Grad schwanken.

### PWM-Regelung (für Fußbodenheizungen)

Viele kennen die PWM-Regelung aus der LED-Technik als Verfahren zum Dimmen von Leuchten. Durch die gepulste Spannungszufuhr und die damit einhergehende Variation von Puls- und Pausenzeit lässt sich die Helligkeit der LED fast stufenlos verändern.

Diese Technologie findet häufig jedoch auch im Bereich der Fußbodenheizungsregelung Anwendung. Hier wird der Wasserdurchfluss bzw. das Öffnen und Schließen der Ventile in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Temperatur und der gewünschten Soll-Temperatur beeinflusst. Je nach Anstiegs-, aber auch Fallstärke der Ist-Temperatur kann mit unterschiedlich langen Öffnungs- und Schließzyklen eine Einregelung auf den eingestellten Soll-Wert erfolgen.

Der Vorteil zur klassischen Zweipunkt-Regelung ist, dass es durch die modularen Pulslängen kaum zu Überschwingern im Regelverhalten kommt und die Raumtemperatur damit nahezu genau gehalten werden kann. Es findet demnach kein „Pendeln“ zwischen zwei Temperaturwerten statt. Bild 3 zeigt eine mögliche Variante der Pulsweitenmodulation.

### Stetige Regelung (Radiatoren und Fußbodenheizungen)

Die Stetigregelung unterscheidet sich noch mal von der vorgestellten Zweipunkt- sowie PWM-Regelung. Hier wird nicht zwischen zwei Punkten (AUF bzw. AN und ZU bzw. AUS) geschaltet, sondern ein durch den Regler errechneter prozentualer Öffnungswert zwischen 0 % und 100 % gesetzt. So können auch Zwischenwerte erreicht werden. Die



Bild 3: PWM-Regelung in der Heizungstechnik (Puls-Pausen-Verhältnisse nur exemplarisch)

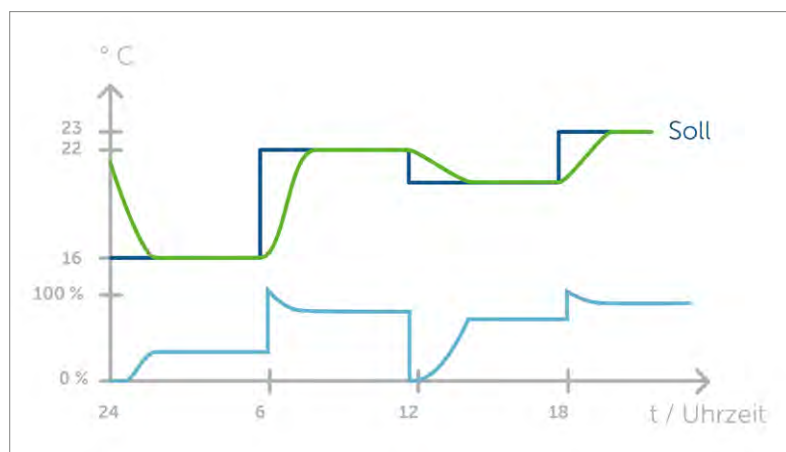


Bild 4: Stetigregelung in der Heizungstechnik

Regelung erfolgt hierbei „stetig“ in Abhängigkeit von Soll- und Ist-Temperatur und einem im Regler hinterlegten **PI-Regelverfahren**.

Es wird hieraus ein prozentualer Wärmebedarf gebildet und durch den intelligenten PI-Regler der Wasserdurchfluss bestimmt. Ein vollständiges Öffnen oder Schließen erfolgt bei Wärmebedarf in der Regel nicht, sondern lediglich der prozentuale Öffnungsgrad und die daraus resultierende Wärmemenge werden angepasst, um exakt die Soll-Temperatur zu halten und wenig Über- bzw. Unterschwingen zu erhalten (Bild 4). Auch möglicherweise „fremde“ Wärmequellen wie Kamine oder andere Heizungsanlagen können durch Einsatz von PI-Reglern recht gut und zügig erkannt und damit in der Regelung berücksichtigt werden.

### Unterschiedliche Heizsysteme in Gebäuden

Der Begriff Heizsysteme wird schnell mit dem Wärmeerzeuger z. B. der Gastherme oder der Wärmepumpe assoziiert. Der Begriff beschreibt aber auch, wie das Wärmenetz im Haus aufgebaut und verteilt ist. Im nachfolgenden Teil werden wir unterschiedliche Arten dieser Heizsysteme näher kennenlernen.

In deutschen Wohngebäuden und Wohnungen wurden über viele Jahrzehnte verschiedenste Heizsysteme verbaut und alle haben dabei Vor-, aber auch Nachteile. Beschäftigt man sich intensiv mit dieser Thematik, findet man folgende unterschiedliche Systeme:

- Einrohrheizung
- Zweirohrheizung
- Elektroheizung
- Fußbodenheizung (wassergeführt und elektrisch)
- Fußbodenerwärmung (RTL-Ventil)
- Fernwärme

Wie die Systeme arbeiten und ob sich diese smart ausführen lassen, zeigen und bewerten wir im nächsten Abschnitt.

### Einrohrheizung

Die Einrohrheizung besteht, wie der Name vermuten lässt, aus einem einzigen durchgehenden Heizungsrohr, das alle Heizkörper miteinander verbindet (Bild 5). Die verbauten Heizkörper werden der Reihe nach von dem erwärmten Heizwasser durchströmt, ohne dass sie dabei jedoch einzeln und separat reguliert werden können. Dabei sorgen sogenannte Bypass-Armaturen dafür, dass jedem Heizkörper ein fester prozentualer Anteil am Heizwasser zugewiesen wird. Elektrisch betrachtet könnte man dieses Heizsystem als „Serienschaltung“ bezeichnen.

Da das Heizwasser nach jedem Heizkörper mit dem rücklaufenden Wasser vermischt wird, nimmt die Temperatur, die zur Erwärmung der Wohnräume zur Verfügung steht, immer weiter ab. Diese Installationsart erfordert daher, dass die Heizkörper größer ausgelegt werden müssen, je weiter entfernt diese im Strang installiert sind.

Da die Temperatur des Heizwassers mit Anzahl der Heizkörper abnimmt, muss die Vorlauftempera-

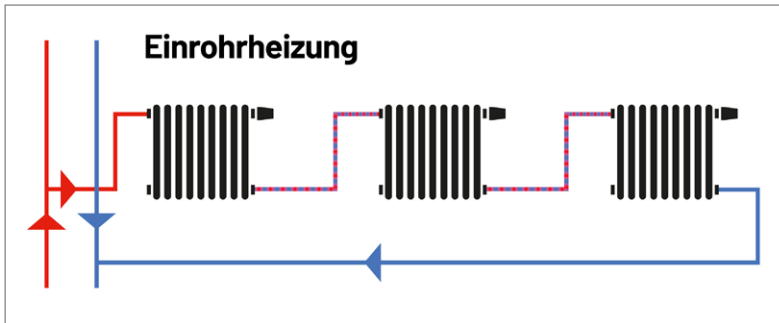


Bild 5: Einrohrsystem mit Radiatoren

tur zudem sehr hoch gewählt werden – hohe Brennstoffkosten sind die Folge. Auch moderne Energieerzeuger wie z. B. Gas-Brennwertkessel, können bei dieser Heizart nicht ihre Vorteile ausspielen. Der Betrieb mit Wärmepumpen ist durch die hohe Vorlauftemperatur beinahe ausgeschlossen.

Da elektronische Heizkörperregler eher nicht in der Lage sind, Räume mit Einrohrheizungen zufriedenstellend zu regeln, raten wir Kunden von der Umrüstung selbiger generell ab.

### Zweirohrheizung

Abweichend von der Einrohrheizung ist in diesem Heizsystem der Vor- und Rücklauf getrennt ausgeführt. Das erwärmte Heizwasser strömt dabei parallel zu allen Heizkörpern, gibt die Wärme ab und wird über den Rücklauf wieder an den Erzeuger zurückgeführt. Bild 6 zeigt eine schematische Darstellung. Diese Variante der Heizart könnte man aus elektrischer Sicht auch als „Parallelschaltung“ bezeichnen.

Der klare Vorteil ist, dass alle Heizkörper mit beinahe gleicher Vorlauftemperatur versorgt werden und so die Dimensionierung je nach Raumgröße stark vereinfacht wird. Die zuvor eingesetzten Radiatoren beeinflussen entsprechend nicht mehr die nachfolgenden. Daraus resultierend wird zudem eine deutlich reduzierte Vorlauftemperatur benötigt, sodass auch Gas-Brennwertkessel hier ihren energetischen Rückgewinnungsvorteil voll ausnutzen können. Selbst der Betrieb mit Wärmepumpen als Energieerzeuger ist dank moderner Wärmepum-

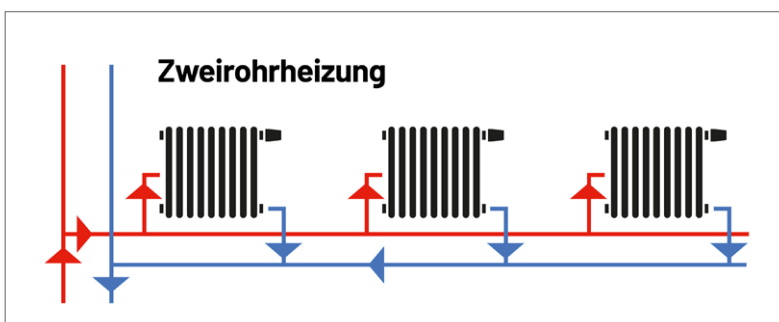


Bild 6: Zweirohrsystem mit Radiatoren



Bild 7: Klassische Elektroheizung zur Erwärmung

pen mit höheren Vorlauftemperaturen technisch teils bereits möglich, wird häufig jedoch noch nicht empfohlen.

Ein Zweirohrheizungs-System lässt sich im Vergleich zum Einrohrheizungs-System problemlos mit smarten Heizkörperreglern nachrüsten und „stetig“ regeln.

### Elektroheizung

Die Funktion der Elektroheizung ist denkbar einfach: Sie besteht aus Elementen, die sich unter Spannung und damit einhergehendem Stromfluss erwärmen. Die sogenannten Heizwiderstände geben die so erzeugte thermische Energie daraufhin direkt an den Raum ab. Anders als bei den vorher beschriebenen Verfahren ist in diesem Fall der Energieerzeuger und das Heizsystem ein und dasselbe Gerät. Es handelt sich also um sogenannte Direktheizungen, Speicherheizungen oder Flächenheizungen (Bild 7).

Die am häufigsten verwendete Form ist hierbei sicherlich die Infrarotheizung, die ihre Energie in Form von Wärmestrahlung abgibt. Die Wärme bewegt sich ohne Trägerstoff durch den Raum und erwärmt Oberflächen von Gegenständen direkt – so auch den menschlichen Körper bzw. Haut, wodurch die Funktion der Elektroheizung oft als sehr wohltuend und komfortabel empfunden wird.

Eine andere Form der Wärmeabgabe ist die Konvektion. Hierbei wird die Wärme an die Raumluft abgegeben und meist durch Ventilatoren oder auch unterschiedliche Luftdichteverhältnisse verteilt.

Aus der speziellen Funktionsweise der Elektroheizung ergeben sich zahlreiche Vorteile. So sind die Systeme in der Regel mit geringen Anschaffungs- und Montagekosten verbunden. Sie benötigen weder ein Wärmeverteilnetz noch eine zentrale Regelung oder einen Schornstein. Die Heizsysteme sind wartungsarm, zuverlässig und besonders lange haltbar. Von Vorteil ist zudem auch die Tatsache, dass Hausbesitzer für Stromheizungen keine Brennstoffe bevorraten müssen – für die Funktion der Elektroöfen genügt bereits ein ausreichend groß dimensionierter Stromanschluss.

### Die wichtigsten Vorteile im Überblick:

- niedrige Anschaffungs- und Installationskosten
- keine Ausgaben für Wartung oder Schornsteinfeger
- platzsparende Heizlösung ohne Wärmeverteilnetz

Neben den Vorteilen ist dieses Heizsystem auch mit Nachteilen verbunden. Einer davon ist der sehr schlechte Gesamtwirkungsgrad. Zwar arbeiten die Heizungen selbst mit kaum nennenswerten Verlusten, entstehen diese doch bei der Stromerzeugung selbst. So liegt der Wirkungsgrad alter Kohlekraftwerke in etwa bei 30 Prozent. Regenerative Energiequellen helfen, dass die Elektroheizung in den letzten Jahren ein Comeback gefeiert hat und heute bereits wieder vermehrt in Neubauten eingesetzt wird. Auch Wärmepumpen setzen auf den primären Energieträger Strom, haben aber einen deutlich höheren Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Strom- und Wärmeenergie.

### Die wichtigsten Nachteile im Überblick:

- geringer Wirkungsgrad der öffentlichen Stromerzeugung (in Kraftwerken)
- hohe Schadstoffemissionen von Kraftwerken zur Erzeugung des Stroms
- Verbrauch fossiler und endlich vorhandener Rohstoffe wie Gas und Kohle (je nach Stromanbieter)
- hohe Heizkosten durch den Betrieb der Elektroheizung mit teurem Netzstrom

Sofern die elektrische Heizung eine interne Sicherheitsabschaltung, also einen Thermoschalter, besitzt, kann diese in der Regel problemlos mittels einer Zweipunkt-Regelung angesteuert werden. Hintergrund ist, dass bei Versagen eines Zweipunkt-Reglers keinesfalls ein dauerhaftes Heizen erfolgen darf.

Zum Betrieb im Homematic IP System kann ein [Wandthermostat](#) mit einem geeigneten Homematic IP Schaltaktor verknüpft werden. Hierbei sollte das Wandthermostat an einem geeigneten Ort im Raum positioniert werden, um eine optimale Regelung zu erzielen.

Die Auswahl des Schaltaktors muss anhand der technischen Daten des Verbrauchers und des möglichen Montageorts erfolgen.

Hierbei sollte zwingend eine geschulte Elektrofachkraft unterstützen.

Bei Elektroheizungen mit Schutzkontakt-Anschluss lässt sich hingegen mit Einsatz einer Schalt-Steckdose wie der [HmIP-PS-2](#) häufig auch für Laien eine Einbindung in das Homematic IP System ermöglichen.

### Fußbodenheizung

Die Fußbodenheizung ([Bild 8](#)) gehört im Neubau mittlerweile zum absoluten Standard und wird auch als Flächenheizung bezeichnet. Anders als bei Heizkörpern beheizt eine Flächenheizung den Raum durch direkt unter dem Fußboden verlegte Rohre oder Heizstreifen, auch Anwendungen an Zimmerdecken sind möglich. Die Strahlungswärme erwärmt den Boden und wird dann über diesen an den Raum abgegeben. Durch diesen Aufbau ist das System sehr träge und gibt die Temperatur nur sehr langsam an den Raum ab. Auch neigt eine Fußbodenheizung zum Überschwingen, eine geeignete Regelung kann dies aber in der Regel gut ausgleichen.

Durch die große Fläche des Systems kann ein solches System mit einer sehr niedrigen Vorlauftemperatur betrieben werden und eignet sich so besonders gut für Wärmepumpen und effektive Gas-Brennwertsysteme.

Fußbodenheizungen können in zwei Arten unterschieden werden: die elektrische und die wassergeführte Fußbodenheizung. Während das elektrische System die Wärme durch Strom erzeugt, heizt die wasserführende Fußbodenheizung mit der thermischen Energie des Warmwassers.

Wie jedes Heizsystem hat auch eine Fußbodenheizung ihre individuellen Vor- und Nachteile.



Bild 8: Fußbodenheizung mit Heizkreisverteiler

### Die wichtigsten Vorteile im Überblick:

- keine sichtbaren Heizkörper
- gleichmäßige Wärmeverteilung
- niedrige Vorlauftemperatur
- Nachrüsten mit Aufwand möglich (elektrisch als Folie und wassergeführt durch Fräsung)

### Die wichtigsten Nachteile im Überblick:

- hohe Anschaffungs- und Montagekosten
- aufwendiger Einbau (je nach Art und Gegebenheiten im Raum)
- langsame Reaktionszeit bei Temperaturregulation
- nicht jeder Bodenbelag ist gleich gut geeignet
- teure Sanierung/Reparatur

In der Regel werden die verschiedenen Heizkreise von einem oder mehreren „Sammelpunkten“ verteilt. An dieser Stelle befindet sich ein entsprechend ausgelegter Heizkreisverteiler, der wiederum pro Kreis mit einem individuellen Stellantrieb ausgestattet wird.

Die Stellantriebe werden über entsprechende Regelverfahren (Zweipunkt-Regelung oder PWM-Regelung) angesteuert. Hierbei ist es auch möglich, dass ein Raum über mehrere Heizkreise verfügt. Zur Regelung von Fußbodenheizungen stehen bei Homematic IP verschiedene Varianten zur Verfügung.

- Fußbodenheizungsaktoren ([24 V/230 V](#)) gesteuert durch [Wandthermostate](#) (PWM-Regelung)
- [Fußbodenheizungsaktoren mit motorischen Stellantrieben](#) gesteuert durch [Wandthermostate](#) (stetige Regelung)
- Homematic IP Wandthermostate mit Schaltausgang ([24 V/230 V](#)) (PWM-Regelung)

Vor allem die zweite Variante halten wir für besonders erwähnenswert, da hier durch motorische Stellantriebe eine stetige Regelung des Durchflusses erreicht wird. eQ-3 hat mit dem [Fußbodenheizungscontroller HmIP-FALMOT-C12](#) und den zugehörigen Antrieben VDMOT ein modernes und innovatives Regelsystem geschaffen, das die Temperatur so gut wie bei keinem anderen Regelverfahren erreichen und halten kann. Ein Überschwingen findet praktisch nicht mehr statt – bemerkenswert!

Anders als bei Festspannungsantrieben, die während des Betriebs mehrere Watt Leistung pro Einheit verbrauchen, werden die [VDMOT-Antriebe](#) durch den Controller mit 3,3 V gefahren. Der gesamte Aufbau mit einer voll bestückten Leiste (12 Antriebe aktiv) verbraucht so weniger als ein Watt Systemleistung an elektrischer Energie. So wird teure Heizenergie und auch elektrischer Strom gespart. Der Nutzer profitiert also doppelt.

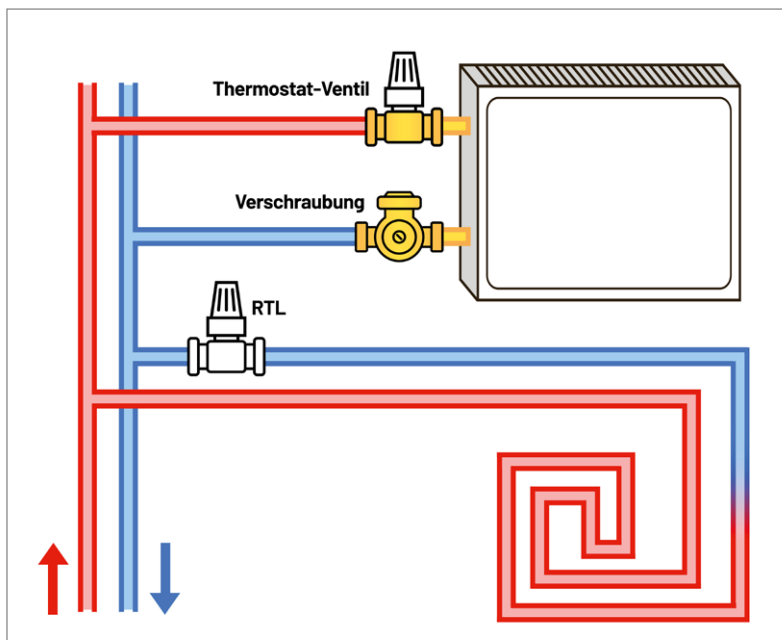


Bild 9: Fußbodenerwärmung mit RTL-Ventil

Für die Ansteuerung von **elektrischen** Fußbodenheizungen ist neben Thermostat und Schaltaktor zwingend ein Bodenfühler erforderlich, der bei Überschreiten einer definierten Bodentemperatur die Ansteuerung unterbricht. Im Homematic IP System steht aktuell noch keine entsprechende Komponente zur Verfügung, daher ist eine Regelung derartiger Systeme mit Homematic IP derzeit noch nicht direkt möglich.

Eine einfache thermische Abschaltung durch Messung der Luft- bzw. Raumtemperatur reicht hier nicht aus. Vielmehr muss bei diesen Systemen zusätzlich die im Boden gemessene Temperatur berücksichtigt werden, da ansonsten Beschädigungen oder im schlimmsten Fall Brände entstehen können.

### Fußbodenerwärmung (RTL-Ventil)

Vor allem aus Bädern ist dieses Heizsystem bekannt. Anders als bei einer Fußbodenheizung dient die Fußbodenerwärmung dazu, den Boden nur zu temperieren. Geheizt wird üblicherweise weiter mit Heizkörpern.

Vor- und Rücklauf werden dabei meist am vorliegenden Heizkörper abgegriffen und über ein spezielles RTL-Ventil (return temperature limiter) geregelt (Bild 9). Das RTL-Ventil misst dabei nicht die Umgebungstemperatur des Raums, sondern die Rücklauftemperatur des Wassers.

Ziel ist, die Bodenerwärmung auf ein geeignetes Maß zu beschränken, um so Beschädigungen am Bodenaufbau zu verhindern.

Da das Homematic IP System die Raumtemperatur misst und auch regelt, kann die Fußbodenerwärmung mittels RTL-Ventil nicht effektiv mit smarten Produkten umgerüstet werden.

### Fernwärme

Der Vollständigkeit halber wollen wir zum Ende dieses Abschnitts noch die Fernwärme (Bild 10) erwähnen, die ebenfalls eine Quelle für thermische Energie darstellt. Fernwärme wird hauptsächlich bei Gebäuden eingesetzt, die aus mehreren Wohneinheiten bestehen. Entsprechend ausgerüstete Gebäude verfügen über keine Heizungsanlage, sodass das Heiz- sowie das Warmwasser über ein meist unterirdisch verlegtes Rohrsystem extern an das Objekt herangeführt werden. Oft stammt die Fernwärme dabei aus großen Industriebetrieben und ist ein Nebenprodukt der dortigen Produktion oder sie wird bei der Erzeugung von Strom in Kraftwerken erzeugt.

So wird mehr als 100 °C heißes Wasser oder sogar Dampf durch die Rohre geleitet, während die Übergabe an den Verbraucher mithilfe einer Übergabestation, auch Wärmetauscher genannt, erfolgt. Hier findet die Übertragung der thermischen Energie vom Wärmeträgermedium auf den Heizkreislauf des Gebäudes statt.

Da sich die Wärme nicht endlos transportieren lässt, beschränkt sich der Einsatz oft auf Ballungszentren. In ländlichen Gegenden ist diese Form der Wärmeübertragung kaum anzutreffen, da sie als unrentabel gilt.

### Die wichtigsten Vorteile im Überblick:

- Fernwärme ist ganzjährig verfügbar
- kein eigener Heizkessel oder Brennstoff nötig
- keine Wartungskosten im eigenen Objekt
- umweltfreundlich, wenn durch regenerative Quellen erzeugt

Natürlich gibt es aber auch Nachteile bei diesem System.

### Die wichtigsten Nachteile im Überblick:

- beim Transport entstehen Leitungsverluste, die den Wirkungsgrad reduzieren
- es fehlt Wettbewerb, daher sind teilweise Versorgerpreise sehr hoch
- auch fehlt eine kurzfristige Wechselmöglichkeit

### Fazit

Wir hoffen, wir konnten mit diesem Beitrag einen guten Überblick der typischen Heizungssysteme schaffen und dem Leser dabei helfen, die möglichen Regelungsarten besser zu verstehen.

Mit diesem Wissen lässt sich das heimische Heizsystem sicherlich fundiert bewerten und bei Wunsch auch mit einem smarten Regelungssystem auf Basis des Homematic IP Systems auf- bzw. umrüsten.

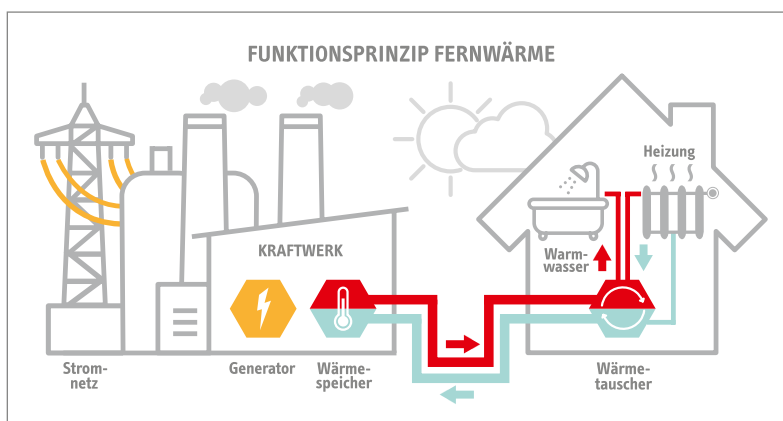


Bild 10: Fernwärmeerzeugung und -verteilung