

## 1. Aufgabenstellung

In 10 Wohneinheiten (WE) sollen die Räume über kombinierte Heiz-/Kühlfußböden klimatisiert werden. Die Temperatur wird pro Raum mit einem Enthalpieregler (TR1 ... x) erfasst und mittels elektrothermischer Stellventile (V1 ... x) auf einem Verteiler für die Heiz- /Kühlflächen pulsweitenmoduliert (PWM) geregelt (siehe Abbildung 1). Aus wärmephysiologischen und energetischen Gründen soll die Raumtemperatur im Sommer stetig angehoben werden.

Die Vorlauftemperatur wird im Winter außentemperaturabhängig nach einer Heizkurve und im Sommer nach der Taupunkttemperatur geregelt. Dafür sind pro WE ein Dreiwegemischventil (V0) mit analogem Stellmotor und ein Vorlauf-Temperaturregler (TVL) vorgesehen. Zur Vermeidung von Überhitzung oder Unterkühlung des Fußbodens wird ein Temperaturregler (TRL) im Fußboden oder im Rücklauf eingesetzt.

Die Umschaltung des Systems zwischen Heiz- und Kühlbetrieb soll automatisch für alle WE zentral über die Funktionen des Außenreglers erfolgen. Für die Betriebsumschaltung zur Absenkung der Temperaturen im Heizbetrieb bzw. Anhebung im Kühlbetrieb soll ein Zeitmanagement aufgebaut werden.

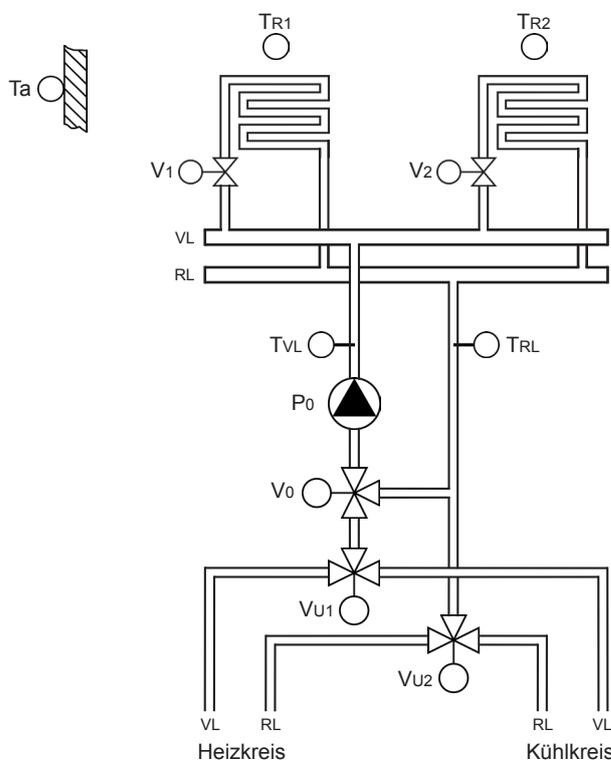


Abbildung 1: Prinzipschema Regelung

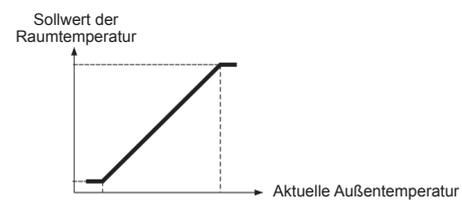


Abbildung 2: Sollwertanhebung der Raumtemperatur im Sommer

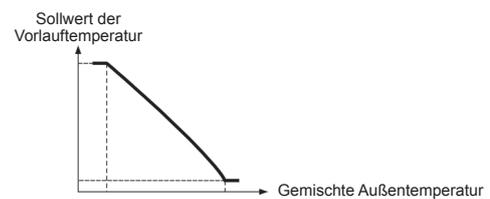


Abbildung 3: Heizkennlinie

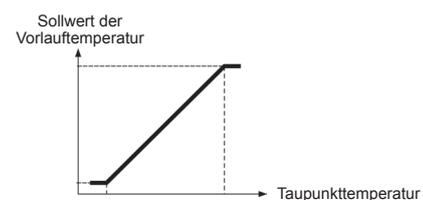


Abbildung 4: Sollwertanhebung der Kühlwassertemperatur zu aktiven Taupunktüberwachung

## 2. Verwendete Regelkomponenten pro Gebäude (Geb), Wohnung (WE), Raum (R)

Position	Anzahl	Type	Fabrikat
Ta	Geb	Außen-Enthalpieregler HVAC B12 323 02	DGA
TR1...x	R	Raum-Enthalpieregler HVAC B12 321 02 (AP) oder B12 331 xx	DGA
V1...x	R	Thermoelektrische Stellventile	bauseits
	WE	Schaltaktor (EIB-Regelverteiler mit Pumpen-Leistungsmodul)	bauseits
TVL	WE	Temperaturregler Duplex B04 346 xx oder B04 347 xx oder B04 347 40	DGA
TRL	WE	Temperaturregler BASIC B01 346 xx oder B01 347 xx oder B01 347 40	DGA
V0	WE	Dreiwege-Mischventil mit analogem Stellmotor (0 ... 10 V)	bauseits
	WE	Analog-Aktorkanal	bauseits
P0	WE	Zirkulationspumpe	bauseits
VU1 ...2	2xWE	Dreiwege-Umschaltventil	bauseits
		Logikbaustein	bauseits

### 3. Beschreibung der Regelung

#### Raumtemperatur-Regelung

Die Raumtemperatur wird über den PI-Reglers des Enthalpie-Raumreglers (TR1...x) geregelt. Dieser Regler hat zwei pulsweitenmodulierte Ausgänge (einen für Heizen und einen für Kühlen), die durch einen Totzonenbereich voneinander getrennt sind. Im Heizbetrieb wird der Ausgang 1 und im Kühlbetrieb der Ausgang 2 auf das jeweilige elektrothermische Stellventil (V1...x) geschaltet. Wenn weder Heiz- noch Kühlbetrieb stattfindet, wird der Regler gesperrt. Beide Ausgänge gehen dann auf Null. Der Temperatur-PI-Regler ist über die Nachstellzeit, Proportionalbereich und Totzone an die Regelstrecke anzupassen.

Der Sollwert des Reglers wird im Kühlbetrieb über die aktuelle Außentemperatur ( $T_a$ ) so geführt, dass er bis zu einer wählbaren Außentemperatur konstant bleibt (z.B. 28 °C) und bei weiterer Steigung der Außentemperatur jeweils um 1 K pro 1 K Außentemperatursteigerung erhöht wird. Auf diese Weise wird zwischen Außen und Innen immer ein konstanter Temperaturunterschied (z.B. 6 K) gehalten. Abbildung 2 erläutert diesen Zusammenhang. Der obere Punkt der Führungskurve sollte so gelegt werden, dass er im Bereich der maximal zu erwartenden Außentemperatur liegt.

Im Heizbetrieb wird außerhalb der normalen Betriebszeit der Sollwert des Reglers über einen Schalthuhrbefehl um einen wählbaren Wert abgesenkt, im Kühlbetrieb angehoben.

#### Vorlauftemperatur-Regelung

Als Stellglied zur Regelung der Wassertemperatur wird ein stetiges Dreiwegeventil verwendet, das Vorlaufwasser (VL) mit Rücklaufwasser (RL) mischt. Der Stellantrieb des Dreiwegeventils wird vom Vorlauf-Temperaturregler (TVL) unter Zwischenschaltung eines Analogaktors zur Umsetzung des 1 Byte-Reglersignals in ein Analogsignal 0 ... 10 V angesteuert.

Der Vorlauf-Temperaturregler (TVL) verfügt über zwei voneinander unabhängige PI-Temperatur-Regler (Heizungsregler und Kühlregler) mit eigener Sollwertvorgabe und Sollwertführung. Unterhalb der Kühlgrenze ist das Ausgangssignal des Heizungsreglers auf das Dreiwegeventil V0 geschaltet. Bei Überschreitung der Kühlgrenztemperatur wird das Dreiwegeventil vom Ausgang des Kühlreglers angesteuert. Wenn weder die Heizgrenztemperatur unterschritten noch die Kühlgrenztemperatur überschritten wird (kein Heizbetrieb und kein Kühlbetrieb), werden beide Temperatur-Regler gesperrt und das Dreiwegeventil geschlossen.

Der Sollwert des Heizungsreglers wird über eine Heizkennlinie geführt (siehe Abbildung 3), die aus den Auslegedaten der Fußbodenheizung (Vor- und Rücklauftemperatur, Norm-Außen- und -Innentemperatur und Heizflächenexponent) gebildet wird. Als Führungsgröße wird die gemischte Außentemperatur des Außen-Enthalpieregler ( $T_a$ ) verwendet. Zur Anpassung der Heizkennlinie (Parallelverschiebung) an die geforderte Raumtemperatur wird der Sollwert des Raum-Enthalpieregler im Führungsraum auf den Heizungsregler aufgeschaltet.

#### Aktive Taupunktüberwachung

Wenn die Taupunkttemperatur der Luft höher ist als die Oberflächentemperatur von umgebenden Bauteilen tritt Tauwasser aus. Das kann im Sommer an Kühlflächen und auch im Winter an kalten Außenflächen auftreten. Dieser Prozess muss kontrolliert werden, wenn Schimmelpilzbildung verhindert werden soll. Deshalb wird der Sollwert des Kühlreglers von der Taupunkttemperatur in den Räumen so geführt, dass die Kühlwasser-Temperatur nie die Taupunkttemperatur unterschreitet. Die Taupunkttemperaturen der Raumluft wird mit den Raum-Enthalpie-Regler (TR1...x) gemessen.

Solange die Taupunkttemperatur in den Räumen kleiner als die Norm-Kühlwasser-Vorlauftemperatur ist, wird der Sollwert der Vorlauftemperatur konstant gehalten. Bei weiterer Steigung der Taupunkttemperatur wird der Sollwert so angehoben, dass bei 1 K Taupunkttemperaturerhöhung auch die Kühlwassertemperatur um 1 K steigt (siehe Abbildung 4). Der obere Punkt der Führungskurve sollte so gelegt werden, dass er oberhalb der maximal zu erwartenden Taupunkttemperatur liegt. Für die Sollwertführung wird die größte Taupunkttemperatur der einzelnen Räume der Wohnung ausgewählt.

#### Umschaltung Heiz- /Kühlbetrieb

Die Umschaltung des Systems wird auf der Grundlage der gedämpften Temperatur vorgenommen, die durch den Enthalpie-Außenregler ( $T_a$ ) ermittelt wird und mit einer Zeitkonstanten an das Gebäudes angepasst werden kann. Wenn die gedämpfte Temperatur kleiner als die eingestellte Heizgrenztemperatur wird, wird der Heizbetrieb eingeschaltet. Übersteigt die gedämpfte Temperatur die eingestellte Kühlgrenze, wird das System auf Kühlbetrieb umgeschaltet. Zwischen Heiz- und Kühlgrenze findet aus energetischen Gründen kein geregelter Betrieb statt.

### Lüftung

Da im Sommer die Außenluft in der Regel einen wesentlich höheren Feuchte- und Wärmeinhalt hat, sollte im Kühlbetrieb sollte darauf geachtet werden, dass durch den Außenluftwechsel so wenig wie möglich Feuchte und Wärme in die Räume eingetragen wird.

Wenn während des Kühlbetriebs die absolute Feuchte (Wasserinhalt der Luft) außen größer ist als die des Führungsraumes oder die Enthalpie (Wärmeinhalt der Luft) außen größer ist als die des Führungsraumes, wird ein Signal zur Minimierung des Luftwechsels auf den hygienisch notwendigen Wert ausgegeben. Enthalpie und absolute Feuchte werden durch die Enthalpieregler ermittelt und ausgegeben.

Im Heizbetrieb sollte der Luftwechsel nach einer Lüftungskurve gesteuert werden. Dadurch kann zu trockene Raumluft vermieden und Heizenergie gespart werden. Die Voraussetzung ist eine vorhandene Lüftungsanlage mit Einzelventilatoren oder motorisierten Lüftungsventilen. Zur Realisierung der Lüftungsteuerung im Heizbetrieb ist pro WE ein zusätzlicher Logikbaustein erforderlich.