

1. Aufgabenstellung

Vier Räumen sollen mit kombinierten Heiz-/Kühldecken klimatisiert werden. Die Temperatur wird pro Raum mit einem Enthalpieregler (TR1 ... 4) erfasst und mittels elektrothermischem Stellventil (V1 ... 4) 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 ein Dreiwegmischventil (V0) mit analogem Stellmotor und ein Vorlauf-Temperaturregler (TVL) vorgesehen. Zur Vermeidung von Überhitzung oder Unterkühlung der Strahlungsdecke wird ein Temperaturregler (TRL) in der Decke oder im Rücklauf eingesetzt.

Die Umschaltung des Systems zwischen Heiz- und Kühlbetrieb soll automatisch für alle Räume 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.

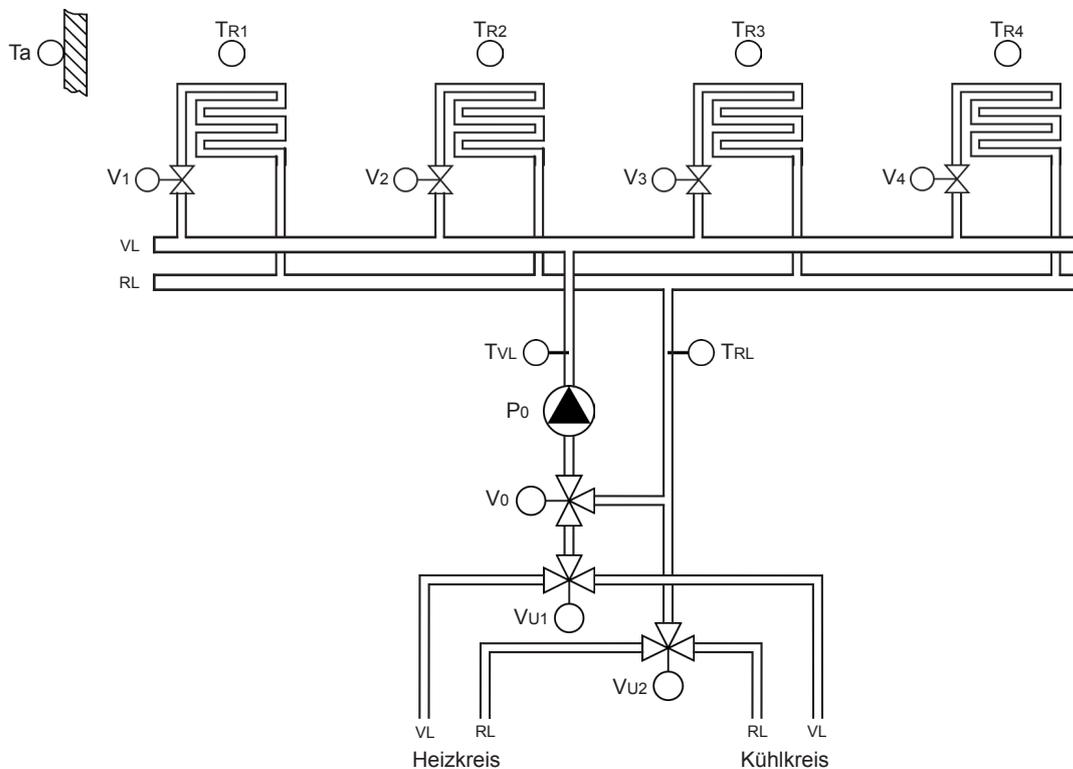


Abbildung 1: Prinzipschema Regelung

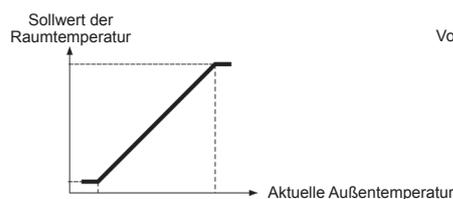


Abbildung 2: Sollwertanhebung der Raumtemperatur im Sommer

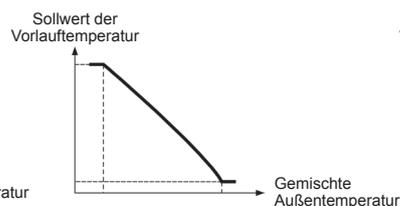


Abbildung 3: Heizkennlinie

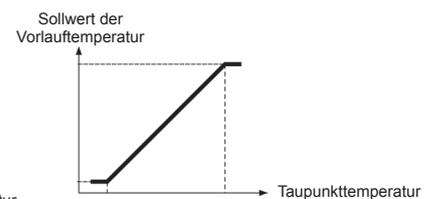


Abbildung 4: Sollwertanhebung der Kühlwassertemperatur

2. Verwendete Regelkomponenten

Position	Anzahl	Type	Fabrikat
Ta	1	Außen-Enthalpieregler HVAC B12 323 02	DGA
TR1...4	4	Raum-Enthalpieregler HVAC B12 321 02 oder B12 331 xx	DGA
V1...4	4	Thermoelektrische Stellventile	bauseits
TvL	1	Temperaturregler Duplex B04 346 xx oder B04 347 xx oder B04 347 40	DGA
TRL	1	Temperaturregler BASIC B01 346 xx oder B01 347 xx oder B01 347 40	DGA
V0	1	Dreiwege-Mischventil mit analogen Stellmotor 0 ... 10 V	bauseits
V0	1	Analog-Aktorkanal zur Ansteuerung des Mischventils	bauseits
P0	1	Zirkulationspumpe	bauseits
Vu1 ...2	2	Dreiwege-Umschaltventil	bauseits
	9	Schaltaktorkanal zur Ansteuerung der Ventile und der Pumpe	bauseits
	1	Logikbaustein	bauseits

3. Beschreibung der Regelung

Raumtemperatur-Regelung

Die Raumtemperatur wird über den PI-Regler des Enthalpie-Raumreglers (TR1...4) 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...4) geschaltet. Diese Umschaltung wird mit einer Logikfunktion realisiert. 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 über die aktuelle Außentemperatur (Ta) 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.

Außerhalb der normalen Betriebszeit wird der Sollwert des Reglers über einen Schaltuhrbefehl im Heizbetrieb um einen wählbaren Wert abgesenkt, im Kühlbetrieb angehoben.

Vorlauftemperatur-Regelung

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

Der Vorlauf-Temperaturregler 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 Deckenheizung (Vor- und Rücklauftemperatur, Norm-Außen- und -Innentemperatur und Heizflächenexponent) gebildet wird. Als Führungsgröße wird die gemischte Außentemperatur des Außen-Enthalpiereglers (Ta) verwendet. Zur Anpassung der Heizkennlinie (Parallelverschiebung) an die geforderte Raumtemperatur kann der Sollwert des Raum-Enthalpiereglers in einem Führungsraum auf den Heizungsregler aufgeschaltet werden.

Wenn keines der vier Stellventile (V1...4) geöffnet ist und wenn weder Heiz- noch Kühlbetrieb ist, wird die Pumpe P0 abgeschaltet.

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 der Luft unterschreitet. Die Taupunkttemperaturen der Raumluft wird mit den Raum-Enthalpie-Regler (TR1...4) 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 ausgewählt. Hierfür wird ein Logikbaustein benötigt.

Umschaltung Heiz- /Kühlbetrieb

Die Umschaltung des Systems wird auf der Grundlage der gedämpften Außentemperatur 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 als die Raumluft 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. Dazu wird eine Logikfunktion benötigt. 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 ein zusätzlicher Logikbaustein erforderlich.