



„i-Tronic“ / „R-Tronic“

Raumklima verbessern und Energiesparen mit gering investiven Maßnahmen.



www.oventrop.de

oventrop
Innovation + Qualität

Energieeinsparung durch Einzelraum- regelung und Kontrolle der Luftqualität

Energieeinsparung durch Einzelraumregelung und Kontrolle der Luftqualität

Der im Anlagenteilbereich Wärmeübergabe einer Heizanlage entstehende Energieaufwand hängt neben den physikalischen Eigenschaften der Wärmeübergabeeinrichtung (frei aufgestellte/bauteilintegrierte Heizfläche, Einbausituation) wie der Trägheit und den Anteilen des Wärmeübergangs durch Konvektion und Strahlung auch wesentlich von der Regelgüte der eingesetzten Regelung ab. Weiteres Merkmal für die Höhe des entstehenden Energieaufwands ist die Fähigkeit der Regelung bedarfsgeführt betrieben werden zu können.

Da der Bedarf immer in einem Raum entsteht, ergibt sich zwangsläufig, dass eine raumbezogene Regelung realisiert werden muss (Einzelraumregelung). Die im Vorspann genannten Parameter beziehen sich lediglich auf die Regelung der Raumtemperatur, die für die Behaglichkeit wichtigen Größen wie Raumluftfeuchte und CO₂-Konzentration sind dabei nicht zu beeinflussen. Wollte man Raumluftfeuchte und CO₂-Konzentration regeln, müssten auch anlagentechnische Voraussetzungen (mechanische Lüftung, Be- und Entfeuchtung vorliegen). Hat ein Nutzer allerdings die Möglichkeit durch Kontrolle (Anzeige) von CO₂-Konzentration und relativer Feuchte durch manuelles Lüften selbst einzugreifen, kann durch eine diesbezüglich neuartige Raumregelung mit geringen investiven

Autor



Prof. Dr.-Ing. Rainer Hirschberg,
Jahrgang 1949, Hocheffizienzhaus-Institut, Wiesbaden. Obmann und Mitarbeiter verschiedener VDI-Richtlinien.

Bild 1

Oventrop Klima-Anzeige/Regelung „R-Tronic RTFC K“ mit „Aktor M CON B“



Maßnahmen der Komfort deutlich verbessert werden. In einer Studie im Auftrag des Herstellers [1] wurde diese Einzelraumregelung hinsichtlich der möglichen Energieaufwandsreduktion untersucht.

Einleitung

Die Firma Oventrop GmbH & Co. KG, Olsberg, stellt mit dem Produkt „R-Tronic RTFC K“ eine Klima-Anzeige/Regelung her, mit der nicht nur die Raumtemperatur in Verbindung mit elektronischen Heizkörper-Stellantrieben geregelt wird, sondern durch die Messung und Anzeige von CO₂-Konzentration und relativer Luftfeuchte bedarfsgerechtes Lüften durch den Nutzer erfolgen kann (**Bild 1**). Der Funk-Thermostat besitzt eine elektronische Temperaturregelung, die über Funk mehrere Heizkörper-Stellantriebe ansteuern kann. Die Regelung ist als PI-Regler mit Temperatursensor im Raum an einem repräsentativen Ort angebracht oder aufgestellt und damit unabhängig von Strahlungs- und Wassereinfluss, der bei am Heizkörper angebrachten Reglern auftritt. Am Funk-Thermostat lassen sich beliebige Nutzenprofile einstellen, so dass tatsächlicher Absenkbetrieb ge-

währleistet werden kann. Durch Messung der CO₂-Konzentration und Anzeige der Überschreitung eines wählbaren Grenzwertes kann ein Nutzer feststellen, wann zur Aufrechterhaltung der Luftqualität gelüftet werden muss. Nach Unterschreiten des gewählten Grenzwertes kann der Nutzer den Lüftungsvorgang beenden. In gleicher Weise wird am Funk-Thermostat die aktuelle relative Luftfeuchte angezeigt, so dass der Nutzer ebenfalls eine Hilfestellung für die Kontrolle zu hoher Luftfeuchte im Raum erhält. Die möglichen Betriebsmodi haben Auswirkungen auf den Energiebedarf, die nachfolgend aufgezeigt werden.

Grundlagen

Der energetische Aufwand für eine Einzelraum-Temperaturregelung entsteht im Anlagenteilbereich Wärmeübergabe einer Heizanlage. Um den Einfluss der Regelung zu untersuchen, muss das Wärmeübergabesystem bei der Betrachtung von Varianten gleich gehalten werden, da der Einfluss des Aufstellortes und des Temperaturregimes auf die einzelne Variante gleich groß ist. Die Qualität einer Raumtemperaturregelung, die den Energieaufwand be-

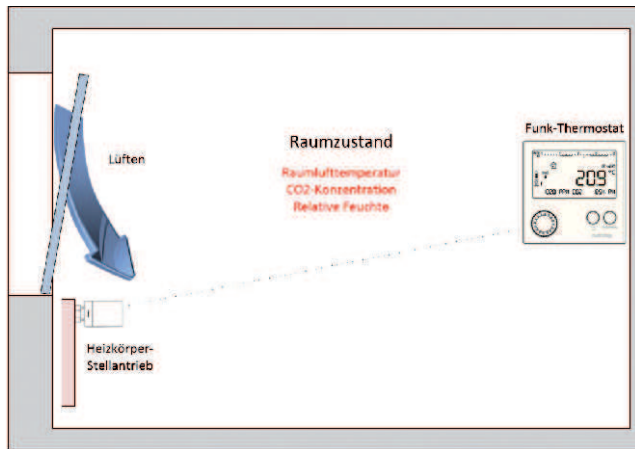


Bild 2
Komponenten der Raumregelung

stimmt, hängt von der Regelgüte des Reglers und der Fähigkeit bedarfsge- rechten Betreibens ab. Sofern keine me- chanischen Lüftungsanlagen vorhan- den sind, wird der Energieaufwand für das notwendige Lüften vom Nutzer nach dessen subjektivem Empfinden bestimmt. Es ist weithin bekannt, dass in einer Vielzahl von Fällen Dauerlüften durch gekippte Fenster oder Stoßlüf- tung zu von Nutzern selbst festgelegten Zeiten praktiziert werden. Durch dieses Lüftungsverhalten entsteht ein hoher Energieaufwand, der dann dem Bedarf angepasst werden kann, wenn einem Nutzer der Zustand der Luftqualität (der Nutzen) bekannt ist und daher entspre- chend gelüftet werden kann. Als maß- gebliche Größe ist allgemein der CO₂-Gehalt der Raumluft ein Maßstab für die Luftqualität. Nach *Pettenkofer* fühlen sich Personen in Räumen mit einer CO₂-Konzentration unter 0,1% (1 000 ppm) behaglich, über 0,2 % (2 000 ppm) jedoch deutlich unbeha- glich. Als Grenzwert für Räume, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten, gilt in Deutschland 0,15 % (1 500 ppm) CO₂.

Mit der Anzeige von CO₂-Konzentration und Warnanzeige sowie relativer Feuchte hat der Nutzer die Möglichkeit bedarfsgerecht zu reagieren. Bei Anzei- ge, dass die CO₂-Konzentration den Grenzwert überstiegen hat, kann der Nutzer lüften und bei dann eingetrete- nem Unterschreiten des Grenzwertes den Vorgang wieder beenden.

Wenn ein Raumtemperatur- regelsystem in der Lage ist, zu erkennen, wann Fenster ge- öffnet sind, kann die Wärme- zufuhr zur Wärmeübergabe- einrichtung gestoppt und da- mit ebenfalls Energie gegen- über einem Nutzerverhalten gespart werden, bei dem zwar gelüftet, jedoch die Wärme- zufuhr nicht unterbrochen wird.

In **Bild 2** sind die Kompo- nenten der untersuchten Raumregelung schematisch eingetragen. Der PI-Regler ist in den Funk-Thermostat integriert und misst gleichzeitig den Raumzustand mit Raumlufttemperatur, CO₂-Konzentration und relativer Feuchte. Der Heizkör- per-Stellantrieb ist mit dem Funk-Ther- mostat verbunden.

Der thermische Energieaufwand kann für verschiedene Varianten nur be- stimmt werden, wenn eine dynamische Gebäude-Anlagensimulation über den Zeitraum eines Jahres durchgeführt und der Energieaufwand ins Verhältnis zum Energiebedarf gesetzt wird.

Um einen energetischen Effekt hin- sichtlich des Lüftens zur Einhaltung ei- nes Grenzwertes der CO₂-Konzentri- on bestimmen zu können, ist es erfor- derlich ein Rechenmodell in die Simu- lationsrechnung zu implementieren, das die CO₂-Konzentraion in Abhängig- keit der Emissionen der anwesenden Personen bestimmt. Hierzu wurde ein

Bild 3

Typischer Verlauf der CO₂-Konzentraion nach dem Kapazitätenmodell

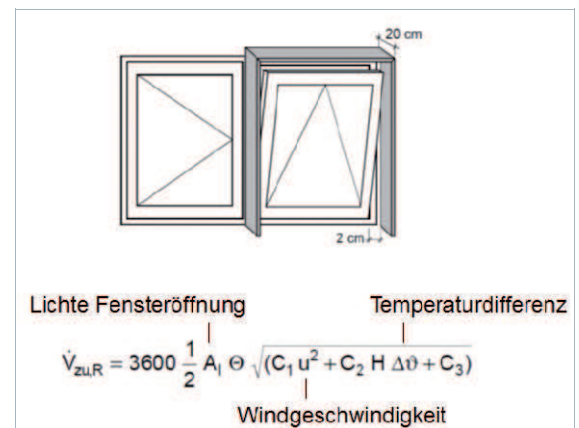
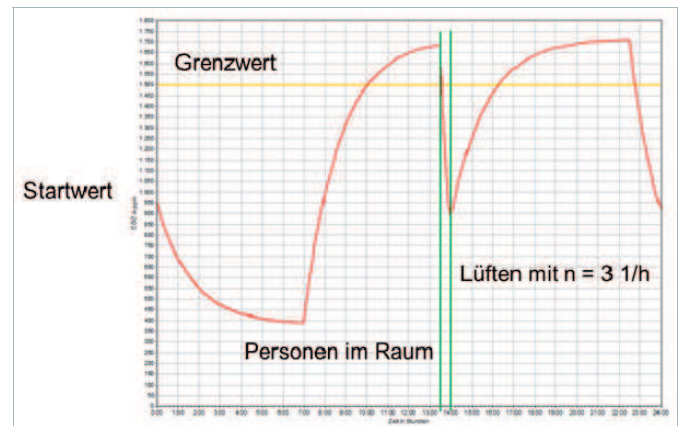


Bild 4

Fenstermodell zur Bestimmung des Außenluftstroms

Kapazitätsmodell implementiert, das ausgehend von einem Startwert der CO₂-Konzentration, z. B. bei gelüftetem Raum mit Außenluftzustand, den Kon- zentrationsanstieg und den Abfall nach einem Lüftungsvorgang und den erneu- ten Anstieg berechnet. Ein typischer Verlauf bei einer Stoßlüftung (mit 3-fa- chem Luftwechsel) ist in **Bild 3** darge- stellt.

Eine Energieeinsparung kann dann ausgewiesen werden, wenn verschiede- ne Lüftungsmodi verglichen werden. Mit Anzeige der Überschreitung des Grenzwertes (einheitlich mit 1 500 ppm CO₂ eingesetzt) kann gezielt gelüftet werden, während ein Nutzer ohne Hin- weis nach seinem Empfinden in der Re- gel zu spät den Lüftungsvorgang einlei- tet und dann auch zu lange lüftet.

Für das Lüften mit Außenluft ist die Fensterlüftung als Referenz angenom-

men. Dabei ist unterstellt, dass eine vollständige Stoßlüftung mit voll geöffnetem Fenster wegen des Windeinflusses (besonders im Winter) nicht immer realisiert werden kann. Es wurde daher von gekippten Fenstern ausgegangen und ein hierzu korrespondierendes Fenstermodell implementiert, bei dem die wesentlichen Einflussgrößen wie Fensterfläche, Fensterhöhe, Windgeschwindigkeit und Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft Eingang finden. Der gewählte Ansatz [2] ist in **Bild 4** angegeben.

Nach Bestimmung des Außenluftstroms, kann der Außenluftwechsel dann einfach angegeben werden.

Als Referenzraum wurde ein Wohnraum mit einer Grundfläche von 20 m² gewählt, mit der Außenwandorientierung nach Süden. Dies wurde gewählt, um die solaren Einträge, die für die Regelung als maximale Störgröße wirken, abzubilden. Damit sind die zur Beurteilung der Regelgüte und des energetischen Aufwands ungünstigsten Randbedingungen gewählt.

Bei allen Berechnungen ist berücksichtigt, dass bei Ausstattung mit Erkennung der Fensterlüftung die Heizung durch Schließen der Stellantriebe unterbrochen wird.

Simulationsumgebung und Varianten

Als Simulationsprogramm wurde in der vorliegenden Untersuchung TRNSYS (a TraN-sient SYstem Simulation Program) Version 16.1 benutzt. Dieses Programm wird entwickelt und vertreiben von der University of Wisconsin – Solar Energy Laboratory. Die Ergebnisse sind hinsichtlich ihrer Modellbildung und den zugehörigen Ergebnissen in großem Umfang international validiert.

Die meteorologischen Randbedingungen sind aus dem Testreferenzjahr (TRY) des Standorts Würzburg entnommen. Im Testreferenzjahr sind die Wetterdaten (Außenlufttemperatur, direkte und diffuse Strahlung, relative Feuchte, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Bedeckungsgrad usw.) stündlich verfügbar. Hierbei wird ein charakteristischer statistischer Wetterverlauf eines Jahres ab-

gebildet. Bis in die jüngste Zeit ist der Standort Würzburg als Referenzstandort für energetische Vergleichsrechnungen herangezogen worden, weshalb er gleichfalls für die hier durchzuführenden Simulationsrechnungen herangezogen ist. Die Nutzenrandbedingungen (Personenbelegung, Wärmequellen) sind nach den Vorgaben der DIN V 18599 – Teil 10 [3] gewählt.

Das Fenstermodell ist in einem separaten Type abgebildet, ebenso wie das Kapazitätenmodell für die CO₂-Konzentration. Das zeitabhängige Personen-Belegungsprofil ist innerhalb der allgemeinen Zeitprofile hinterlegt.

Bei Anstieg der CO₂-Konzentration über den Grenzwert von 1 500 ppm wird unterstellt, dass der Nutzer lüftet. Gleichzeitig wird die Wärmezufuhr zum Heizkörper unterbrochen. Es wird weiterhin unterstellt, dass nach Unterschreiten des Grenzwertes das Lüften beendet wird. Bei Betrieb ohne Raumregelung wird ein deutliches Überspringen über den Grenzwert unterstellt, bei dem ein Nutzer erst die unzureichende Luftqualität feststellt und ebenso ein deutliches Unterschreiten des Grenzwertes, bei dem der Nutzer die Luftqualität wieder angenehm empfindet. Es findet daher eine längere Lüftungszeit statt, bei der im manuellen Betrieb davon ausgegangen wird, dass das Thermostatventil des Heizkörpers nicht geschlossen wird.

Die für die Simulationsrechnungen benötigten Produktinformationen (detaillierte Eigenschaften des PI-Reglers) sind in den jeweiligen dynamischen Berechnungsmodellen exakt abgebildet.

In einer Voruntersuchung über den sich einstellenden Luftwechsel bei dynamischer Berechnung des Außenluftstroms aus dem Fenstermodell hat sich ergeben, dass es sinnvoll ist, einen mittleren Luftwechsel von $n = 3$ 1/h anzunehmen.

Bei Berücksichtigung des aktuellen, stündlichen Luftwechsels kann es ansonsten zu Störgrößen kommen, die die Wirkung der Fensterlüftung unrealistisch werden lassen. Bei zu hohem Luftwechsel durch hohe Windgeschwindigkeiten werden Nutzer die Fenster schließen.

Um belastbare Aussagen treffen zu können, ist es erforderlich Variantenrechnungen durchzuführen, wobei die wesentlichen Einflussgrößen zu variieren sind. In der vorliegenden Studie wurden variiert:

- Wohnraum mit Luftwechsel $n = 0,6$ 1/h als Referenzraum
- Wohnraum mit Grundluftwechsel $n = 0,6$ 1/h und zusätzlichem Luftwechsel $n = 3$ 1/h nach Empfinden des Nutzers (größeres Über- und Unterschwingen des Grenzwertes der CO₂-Konzentration)
- Wohnraum mit Grundluftwechsel $n = 0,6$ 1/h und zusätzlichem Luftwechsel $n = 3$ 1/h nach Anzeige der CO₂-Konzentration durch die Raumregelung

Aus den Variantenrechnungen wurden noch weitere Auswertungen hinsichtlich der Regelgüte des tatsächlichen PI-Reglers vorgenommen, indem auch immer der Referenzenergiebedarf mit idealer Anlagentechnik berechnet wurde. Weiterhin wurde die Regelgüte ins Verhältnis zu elektronischen Heizkörperreglern gesetzt, die unmittelbar mit Stellantrieb an Heizkörpern montiert sind.

Simulationsergebnisse

Die Regelgüte von Reglern kann bei Aufstellung freier Heizflächen (Heizkörpern) in Räumen mit einer Raumhöhe < 4m durch Aufwandszahlen quantifiziert werden. In DIN V 18599 – Teil 5 [4] sind „Teilnutzungsgrade“ für die jeweiligen Regler für verschiedene Aufstellvarianten und Auslegungstemperaturen angegeben. Nach Umrechnung der dortigen Werte in Aufwandszahlen ergeben sich:

Randbedingungen:

- Auslegungstemperaturen: 70/55 °C
 - Heizkörper an Außenwand
 - Intermittierender Betrieb
 - Kein Strahlungseinfluss
 - Mit hydraulischem Abgleich
- Aufwandszahlen:

- Thermostatventil (vor 1988) 1,167
- Standard-Thermostatventil: 1,098
- Standard-PI-Regler 1,078
- PI-Regler mit Optimierung: 1,049
- PI-Regler der Raumregelung 1,031

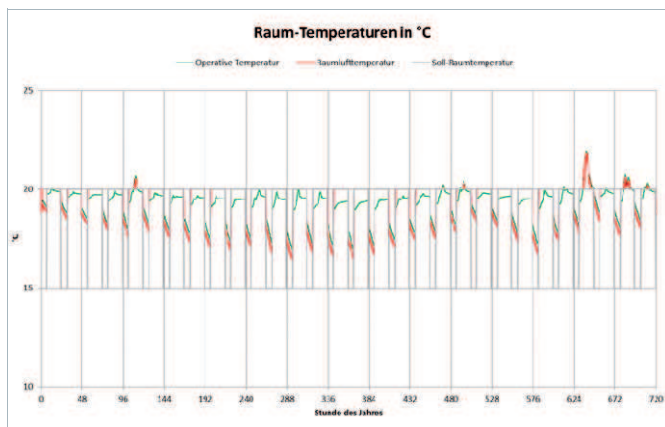


Bild 5

Raumtemperaturen im Referenz-Wohnraum bei $n = 0,6$ 1/h konstant

Bei der Auswertung der Simulationsrechnungen mit den realen Kenndaten des PI-Reglers der Raumregelung konnte eine Aufwandszahl von 1,031 festgestellt werden, die damit noch deutlich unterhalb des Wertes nach DIN V 18599 – 5 für PI-Regler mit Optimierungsfunktion liegt. Zu einem elektronischen Heizkörperregler, der unmittelbar am Heizkörper montiert ist und damit dem Wasser- und Temperatureinfluss unterliegt und somit nicht als Standard-PI-Regler einzustufen ist, sondern als Mittelwert zu einem Standard-Thermostatventil mit einer Aufwandszahl von ca. 1,088, besteht eine Differenz in der Aufwandszahl von 0,057 und damit ein um 5,5 % reduzierter Energieaufwand.

Im realen Betrieb von Heizanlagen wird meist am Wärmeerzeuger die Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur für einen bestimmten Zeitbereich eingestellt. An den Heizkörpern werden jedoch seitens der Nutzer selten die Thermostatventile im gleichen Zeitraum in eine Stellung mit reduzierter Wärmeanforderung gebracht, so dass, um den der Einstellung entsprechenden Sollwert bei niedrigerer Vorlauftemperatur im Absenkbetrieb zu erreichen, die Ventile öffnen und sich der Heizmassenstrom erhöht. Damit findet kein tatsächlicher Nachtabsenkbetrieb statt. Der Raumregler ist dagegen in der Sollwertanforderung frei programmierbar, so dass ohne zusätzlichen Einfluss des Nutzers die Solltemperaturen im

Raum, auch unabhängig von der Vorlauftemperatur, geregelt werden. Damit ist eine reale Nachtabsenkung möglich.

Der Einfluss auf den Energiebedarf beim Betrieb ohne reale Nachtabsenkung hängt u. a. auch vom Wärmedämmstandard des Gebäudes ab. Auch bei sachgerechtem Verändern des Sollwertes auf einen Wert im Absenkbetrieb wird dieser bei höherem Wärmedämmstandard durch geringeres Auskühlen nicht mehr erreicht. Damit reduziert sich auch der Energieaufwand für das Aufheizen.

In Gebäuden mit Wärmedämmstandard nach den Anforderungen der EnEV 2009, die in der Studie zugrunde gelegt wurden, ergeben sich Energieeinsparungen bei Einsatz des Raumreglers gegenüber Thermostatventilen, die nicht für den Absenkbetrieb manuell nachgeführt werden, von ca. 9,5 %. Das Einsparpotenzial im Gebäudebestand wird größer und kann je nach Dämmstandard bis zu 15 % betragen.

Der Referenz-Wohnraum wird mit einem durchgängigen Luftwechsel $n = 0,6$ 1/h und einem täglichen Absenkbetrieb der Sollwertanforderung von 20 °C auf 15 °C berechnet. In dieser Variante ist der Raumregler als realer PI-Regler mit seinen Kenngrößen berücksichtigt. In **Bild 5** sind für die ersten 720 Stunden des Jahres (Januar) die Verläufe von Sollwert, Raumluft- und operativer Temperatur angegeben.

Aus **Bild 5** ist zu ersehen, dass sowohl Lufttemperatur als auch operative Temperatur den Sollwert im Absenkbetrieb nicht erreichen. Die in **Bild 6** erkennbaren Überschreitungen der Sollwerttem-

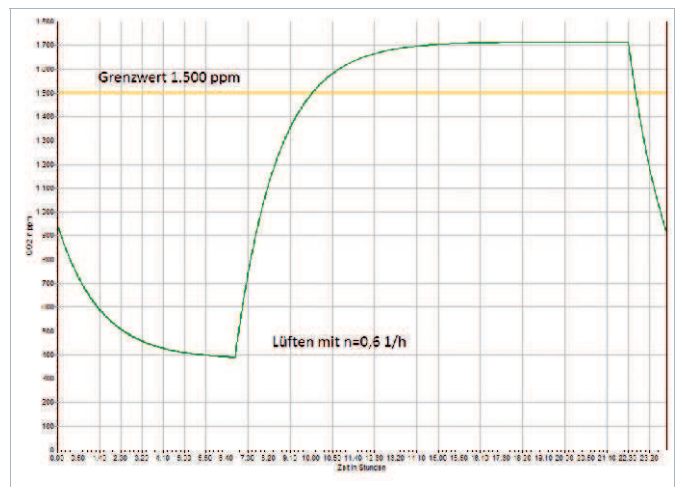


Bild 6

Entwicklung der CO_2 -Konzentration im Referenz-Wohnraum

peratur resultieren aus temporärer solarer Einstrahlung. Der Referenz-Jahresenergiebedarf beträgt für diesen Referenz-Wohnraum 604,70 kWh/a, was einem flächenbezogenen Wert von 30,24 kWh/m² a entspricht.

In **Bild 6** ist die für den Referenzraum berechnete Entwicklung der CO_2 -Konzentration mit dem Graphen für $n = 0,6$ 1/h (grün dargestellt) angegeben. Aus **Bild 6** ist auch zu erkennen, dass der Grenzwert von 1 500 ppm der CO_2 -Konzentration deutlich in der Nutzungszeit überschritten wird. Nach der Personenanwesenheit ab 7:00 Uhr wird der Grenzwert bereits um 10:00 Uhr, also nach 3 Stunden Aufenthalt, erreicht. Die Konzentration fällt erst bei Personenabwesenheit ab 22:30 Uhr.

Bei manueller Lüftung mit Luftwechsel $n = 3,0$ 1/h nach Eintritt einer deutlichen Überschreitung des Grenzwertes über einen Zeitraum von einer halben Stunde tritt eine Reduktion der CO_2 -Konzentration auf eine deutliche Unterschreitung ein, die dann, sofern wahrgenommen, zur Schließung des Fensters führt (siehe **Bild 7**).

Der Jahresenergiebedarf beträgt für diese Variante 654,11 kWh/a = 32,56 kWh/m² a.

Die CO_2 -Konzentration bei mehrfachem Lüften nach Anzeige der Raumregelung bleibt durch das häufigere Lüften dicht über dem Grenzwert und führt bei jeweils halbstündigem Öffnen des Fensters zu deutlichen Unterschrei-

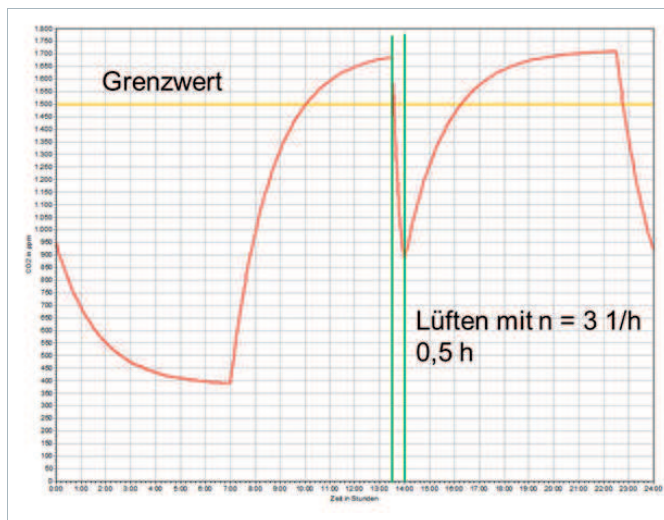


Bild 7

Entwicklung der CO₂-Konzentration im Wohnraum bei manuellem Lüften

tungen des Grenzwertes (siehe **Bild 8**). Mit dieser Betriebsweise kann eine gute mittlere Raumluftqualität mit nur geringen Überschreitungen erreicht werden. Der Jahresenergiebedarf beträgt für diese Variante 705,00 kWh/a = 35,25 kWh/m²a.

Bei einem weiteren Szenario wird davon ausgegangen, dass nach Eintritt einer deutlichen Überschreitung des Grenzwertes der CO₂-Konzentration Stoßlüften mit $n = 3,0$ 1/h erfolgt, dann jedoch bei Erreichen einer merklichen Unterschreitung des Grenzwertes (nach einer halben Stunde – siehe Bild 7) das Lüften nicht beendet wird, sondern dass das Fenster geöffnet bleibt und erst nach einigen Stunden (hier angenommen 5 Stunden – entsprechend 18:30

Tabelle 1

Energieeinsparung der Raumregelung gegenüber verschiedenen Regelarten mit „üblicher“ Betriebsführung in Neubau und Bestandsgebäuden

Anlagenteilbereich Wärmeübergabe	Energie-Einsparung der „R-Tronic RTFC K“ in %				
	Regelung	zu „üblicher“ Betriebsführung			
		Neubau	Bestand	Neubau ges.	Bestand ges.
Thermostatventil vor 1988	13,2 %	9,5 %	15,0 %		28,2 %
Standard-Thermostatventil	9,8 %	9,5 %	15,0 %	19,3 %	24,8 %
Elektronisches Heizkörperventil	5,5 %	0,0 %	0,0 %	5,5 %	5,5 %
Standard-PI-Regler	4,6 %	9,5 %	15,0 %	14,1 %	19,6 %
PI-Regler mit Optimierung	1,5 %	0,0 %	0,0 %	1,5 %	1,5 %
Raumregelung „R-Tronic RTFC K“		Referenz			

Uhr) wieder geschlossen wird. Wie zu erwarten ist, steigt der Jahresenergiebedarf durch das manuelle Lüften an und beträgt für diese Variante 731,00 kWh/a = 36,55 kWh/m²a.

Vergleich des Jahresenergiebedarfs

Die energetische Bewertung der Raumregelung bezüglich der Verbesserung der Raumluftqualität durch gezieltes Lüften muss grundsätzlich mit der Erhöhung des Energiebedarfs verbunden sein, da der Mindestluftwechsel immer überschritten wird.

Die prozentuale Steigerung des Jahresenergiebedarfs ist in **Bild 9** dargestellt. Zunächst sind die prozentualen Steigerungen gegenüber dem Referenzraum ausgewiesen und dann bei den beiden Vergleichspfeilen die Steigerung bei Einsatz der Raumregelung und dementsprechendem Lüften nach Anzeige gegenüber einer manuellen Stoßlüftung, sowie das manuelle Stoßlüften über 5 Stunden. Gegenüber dem Referenz-Wohnraum mit Mindestluftwechsel beträgt die Steigerung des Jahresenergiebedarfs durch Stoßlüften nach Vorgabe

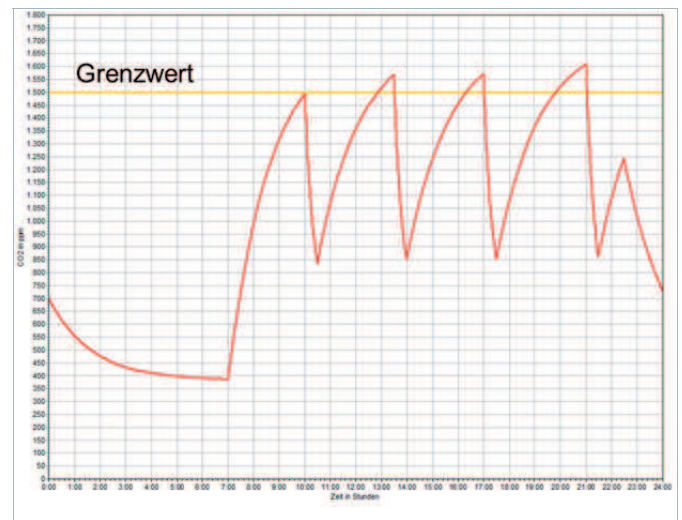


Bild 8

Entwicklung der CO₂-Konzentration im Wohnraum bei Lüften nach Anzeige der Raumregelung

der Raumregelung 16,6 %, während sie im Vergleich zur manuellen Stoßlüftung 7,8 % und zur manuellen Stoßlüftung über 5 Stunden 12 % ausmacht.

Vergleich der Luftqualität

Als Bewertungsmaßstab für die Luftqualität hat sich der Überschreitungsindex für CO₂ etabliert. Dabei wird die prozentuale Zeitdauer der Überschreitung gegenüber dem Grenzwert von 1 500 ppm CO₂ mit der absoluten Überschreitung in ppm multipliziert und als Index gebildet. Bei kleinen Werten des Überschreitungsindex (etwa bis 1 000 (ppm · %)) ist die Luftqualität als sehr gut einzustufen. Bei Werten bis 5 000 (ppm · %) kann von guter Luftqualität, bis 15 000 (ppm · %) von zufriedenstellender Luftqualität gesprochen werden. Wird der Überschreitungsindex von 15 000 (ppm · %) überschritten, so ist die Luftqualität insgesamt als nicht zufriedenstellend zu bezeichnen.

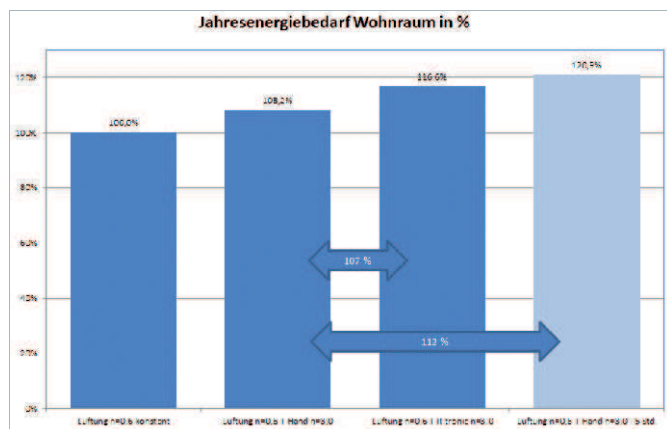


Bild 9

Prozentuale Steigerung des Jahresenergiebedarfs der berechneten Varianten

Für den Wohnraum ist der sich ergebende Überschreitungsindex in **Bild 10** dargestellt.

In Wohnräumen kann bei Einsatz der Raumregelung mit Anzeige der CO₂-Konzentration und entsprechender Lüftung eine sehr gute Luftqualität erreicht werden.

Gesamtbewertung

Die Raumregelung erreicht aufgrund der sehr guten Aufwandszahl im Anlagenteilbereich Wärmeübergabe eine deutliche Energieeinsparung, die gegenüber elektronischen Heizungsreglern, die unmittelbar am Heizkörper montiert sind, und gegenüber klassischen Thermostatventilen, je nach Baujahr, grundsätzlich immer vorhanden ist.

Je nach Wärmedämmstandard erreicht die Raumregelung gegenüber dem üblichen Betrieb von Heizanlagen

ohne Nachführung der Einstellung der Thermostatventile in den Absenkezeiten eine Einsparung des Energiebedarfs von 9,5 % bis 15 %.

Die Verbesserung der Luftqualität geht dagegen mit einer Erhöhung des Energiebedarfs einher, weil als einfaches Lüftungsprinzip Fensterlüftung als Stoßlüftung unterstellt ist. In **Tabelle 1** ist der jeweilige Mehraufwand verschiedener Regelarten mit „üblicher“ Betriebsführung in Neubau und Bestandsgebäuden gegenüber der Raumregelung nach Anzeige der Überschreitung des Grenzwertes von 1 500 ppm CO₂ gegenüber einer nach Empfinden ausgelösten Stoßlüftung für Wohngebäude angegeben. Der Mehraufwand für das Stoßlüften beim Wiederanheizen wird durch die unkontrollierte Lüftungszeit kompensiert.

In einem Wohnhaus-Bestandsgebäude mit Thermostatventilen, Baujahr vor 1988, mit „üblicher“ Betriebsweise können durch Einsatz der Raumregelung bei Verbesserung der Luftqualität auf ein sehr gutes Niveau insgesamt 28,2 % an Heizenergie eingespart werden. Gegenüber der Ausstattung mit Standard-Thermostatventilen in einem Wohnhaus-Neubau können bei gleicher Betriebsweise durch Einsatz der Raumregelung bei Erreichen sehr guter Luftqualität immer noch 24,8 % Heizenergie eingespart werden.

Zusammenfassung

Die Studie hat die wesentlichen Effekte beim Einsatz der untersuchten Raumregelung aufgezeigt. Der tatsächliche

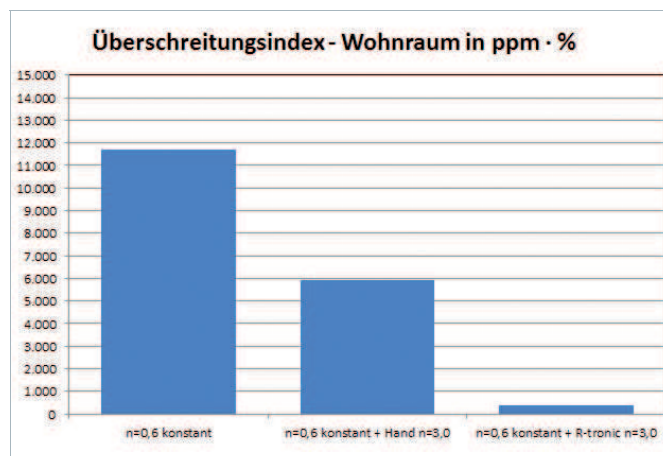


Bild 10

Überschreitungsindex für CO₂ im Wohnraum

PI-Regler besitzt einen geringeren Energieaufwand und damit eine bessere Regelgüte als der „PI-Regler mit Optimierung“ nach DIN V 18599 Teil 5.

Bei sachgerechter Betrachtung muss gegenüber einem programmierbaren Raumregler, der beliebige Sollwert-Nutzenprofile vorgeben kann, das „übliche“ Betreiben von Heizanlagen mit Thermostatventilen durch Nutzer berücksichtigt werden. Dieser Effekt tritt bei allen nicht programmierbaren Reglern auf.

Bei Wohngebäuden lassen sich durch Einsatz der untersuchten Raumregelung mit der Anzeige erforderlicher Stoßlüftung sehr gute Werte der Luftqualität erzielen. Der hierbei entstehende Mehraufwand an Heizenergie führt im Vergleich zu nicht programmierbaren Regelarten trotzdem noch zur Einsparung an Heizenergie, sowohl in Neubauten als auch in Bestandsgebäuden. Gegenüber Reglern, die eine Programmierung von Nutzenprofilen zulassen, wird der Energiebedarf für das Lüften zur Verbesserung der Luftqualität abgeschwächt.

Damit ist festzustellen, dass die untersuchte Raumregelung einen erheblichen Beitrag zur Energieeinsparung und zur Verbesserung der Luftqualität liefern kann. Dies bei geringen Investitionen, so dass ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit beim Einsatz dieser Raumregelung gegeben ist.

Literatur

- [1] Oventrop GmbH & Co. KG, Paul-Oventrop-Straße 1, 59939 Olsberg.
- [2] Maas, A.: Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, 1995.
- [3] DIN V 18599 Teil 10 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Nutzenrandbedingungen, Beuth-Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- [4] DIN V 18599 Teil 5 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Heizanlagen, Beuth-Verlag GmbH, Berlin, 2011.

oventrop

Innovation + Qualität

OVENTROP GmbH & Co.KG

Paul-Oventrop-Straße 1

D-59939 Olsberg

Telefon +49 2962 82 0

Telefax +49 2962 82 400

E-Mail mail@oventrop.de

Internet www.oventrop.de