

D. Makulla, P. Möllers, L. Rouvel: Air conditioning system with thermal and contamination control. The necessary fresh air quantities of air conditioned rooms are usually dependent upon the number of persons or layout conditions. Should the various zones be simply added, in for example a multi-zone-building, this would lead to oversizing of the central HVAC-plants which means an oversizing of the fresh air quantity (wasted energy). Should a simultaneous demand factor be taken into consideration this would lead to lower fresh air quantities than demanded in fully occupied rooms (lower niveau of comfort). Here a new HVAC-system will be introduced, which adapts the actual needed quantity of outside air and at the same time maintains the demanded thermal conditions. Apart from the temperature, the CO₂-level in the controlled zones is used to control the system. With computer calculations the new HVAC-system and the conventional HVAC-concept are compared with each other for the yearly energy consumption. Taking the investment costs also into consideration it is possible to judge the economical side of the new system.

RESUME

B. Makulla, P. Möllers, L. Rouvel: Système de la technique du conditionnement d'air pour locaux à réglage en dépendance des besoins et des pollutions. La quantité d'air extérieur nécessaire pour locaux à conditionnement d'air s'oriente au nombre de personnes pour lequel l'installation a été conçue. L'addition de ces valeurs d'après des zones dans un bâtiment à grand nombre de pièces a pour conséquence un surdimensionnement de l'installation technique centrale du conditionnement d'air (installation RLT). Pratiquement la quantité d'air extérieur est ainsi calculée trop largement pour toute la durée de l'année (gaspillage d'énergie). De l'introduction d'un facteur de simultanéité s'ensuit une admission d'air insuffisante, donc inadmissible, pour certaines pièces à forte population (perte de confort). Nous présentons un nouveau système RLT, lequel, d'après des zones, adapte la quantité d'air extérieur aux besoins actuels tout en respectant les conditions thermiques requises. Actuellement, la concentration en CO₂ dans les zones de de réglage sert, à côté de la température, de grandeur de référence pour le réglage de l'installation. Les calculs comparatifs faits sur ordinateur sur la consommation annuelle d'énergie oppose le nouveau système RLT aux conceptions conventionnelles des installations RLT. En tenant compte des frais d'investissement, on peut juger de la rentabilité du nouveau système.

KURZFASSUNG

D. Makulla, P. Möllers, L. Rouvel: Bedarfs- und schadstoffgeführtes Raumlufttechniksystem. Die erforderliche Außenluftmenge klimatisierter Räume orientiert sich an der Auslegungspersonenzahl. Die zonenweise Addition dieser Werte in einem Vielraum-Gebäude führt zur Überdimensionierung der zentralen Raumlufttechnischen Anlage (RLT-Anlage) mit fast ganzjährig zu groß bemessener Außenluftmenge (Energievergeudung). Die Einführung eines Gleichzeitigkeitsfaktors hat eine nicht zulässige Unterversorgung einzelner vollbesetzter Räume zur Folge (Komforteinbuße). Vorgestellt wird ein neues RLT-System, das zonenweise die Außenluftmenge dem aktuellen Bedarf anpaßt, wobei gleichzeitig die geforderten thermischen Raumkonditionen eingehalten werden. Derzeit dient neben der Raumlufttemperatur der CO₂-Pegel in den Regelzonen als Führungsgröße für die Regelungsanlage. Vergleichende EDV-Berechnungen zum Jahresenergieverbrauch stellen das neue RLT-System konventionellen Konzepten von RLT-Anlagen gegenüber. Unter Einbeziehung der Investitionskosten läßt sich die Wirtschaftlichkeit des neuen Systems beurteilen.

BEDARFS- UND SCHADSTOFFGEFÜHRTES RAUMLUFTTECHNIK-SYSTEM

D. Makulla, P. Möllers
TKT Turbon-Tunzini Klimatechnik GmbH
Bergisch Gladbach, Deutschland

L. Rouvel
Fachgebiet Energietechnik und -versorgung
Technische Universität München, Deutschland

Einleitung*

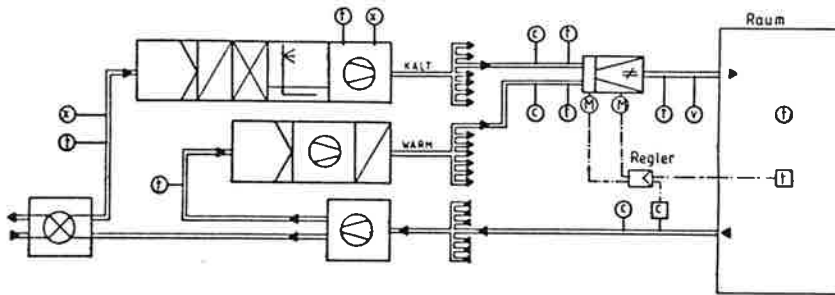
Die Betriebskosten von Raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) setzen sich im wesentlichen aus Luftförder- und Luftaufbereitungskosten (Heizen, Kühlen, Filtern, Be- und Entfeuchten) zusammen. Eine Reduzierung der Außenluftmenge bedeutet zwangsläufig eine Einsparung an Förder- und in der Regel auch Aufbereitungskosten. Um das Behaglichkeitsempfinden des Menschen nicht zu beeinträchtigen und die Mindestaußenluftmenge einzuhalten, werden RLT-Anlagen nach der zu erwartenden maximalen Belastung ausgelegt und betrieben. Dies führt bei variabler Schadstoffemission, z. B. in Aufenthaltsräumen mit stark unterschiedlicher Personenbelegung bzw. Personenverkehr (Versammlungsräume unterschiedlichster Art, Kaufhäuser, Theater, Kinos etc.) zu einem Überangebot an Außenluft in der Zeit verminderter Schadstoffemission. Eine Anpassung des Außenluftanteils an den aktuellen Bedarf zur Begrenzung der Schadstoffkonzentration in den konditionierten Räumen wird heute nicht zuletzt aus energetischer Sicht oft auf das hygienisch unbedingt erforderliche Maß angestrebt. Auswirkungen einer solchen Anpassung behandelt z. B. ESDORN (1). Aus der Literatur (2, 3, 4, 5) sind Anlagensysteme bekannt, die summarisch in der Abluft eines Gebäudes einen Schadstoff, meist das bei der Atmung des Menschen anfallende Stoffwechselprodukt CO₂, als Indikator für die Raumluftqualität benutzen. Die individuelle Versorgung jedes Raumes bzw. jeder Regelzone mit Außenluft in Abhängigkeit von der Schadstoffbelastung ist jedoch mit einer summarischen Schadstoffmessung, beispielsweise im gemeinsamen Abluftkanal mehrerer Regelzonen, nicht zu erreichen.

Funktionsbeschreibung der RLT-Anlage

Bild 1 zeigt das Schema einer auf schadstoffgeführte Regelung umgestellte RLT-Anlage. Das ursprünglich geplante RLT-Anlagensystem war eine

* Über die vorgestellte Thematik ist zur Zeit ein Forschungsantrag der Fördergemeinschaft Technischer Ausbau e. V. (FTA) unter Mitarbeit der Autoren an die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. (AIF) gestellt, um die Ergebnisse wissenschaftlich zu festigen.

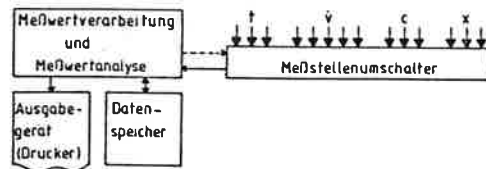
Bild 1: Anlagenschema mit Meßstellen für den Energieverbrauch und die kombinierte CO₂-Temperatur-Regelung



Legende:

- † Temperatur
- x absolute Luftfeuchtigkeit
- c CO₂-Konzentration in Luft
- v Volumenstrom
- Meßstelle für Energieverbrauch
- Meßstelle für Regelanlage

Meßwertfassungsanlage:



Zweikanalanlage mit variablem Volumenstrom (VVS), die im Kaltluftkanal reine Außenluft und im Warmluftkanal mit nacherhitzter Umluft betrieben wird. Um eine raum- bzw. zonenweise Bemessung der Außenluft zu ermöglichen, muß die Schadstoffkonzentration in jedem Raum bzw. in jeder Regelzone zur Regulierung des Außenluftvolumenstroms gemessen werden. Für die praktische Erprobung des Systems wurde CO₂ als Schadstoffindikator verwendet. Prinzipiell sind auch andere Schadstoffe als Indikator für die Raumbelastung verwendbar. Die Messung der CO₂-Raumluft-Konzentration erfolgt in dem jeweiligen Abluftkanal durch Absaugung einer Prüfluftmenge. Der gemessene CO₂-Pegel wird einem Regler zugeleitet, der anhand einer Sollwertvorgabe einen Zuluftvolumenstrom festlegt. Mehrere Räume werden mittels Umschaltventil von einem CO₂-Analysator abgefragt. Parallel erfolgt vom Raumthermostaten über die Temperatur eine Zuluftvolumenstrom-Anforderung. Diese wird in einem Maximalwert-Auswahlrelais mit der Anforderung der Steuerung aufgrund der CO₂-Konzentration verglichen, wobei die jeweils größere Anforderung auf den Volumenstromregler in der Zuluft des betreffenden Raumes durchgeschaltet wird. Der Raumthermostat wirkt zusätzlich auf eine Mischklappe, so daß bei vorrangiger Schadstoffregelung die Zulufttemperatur auch bei Wärmeanforderung angehoben wird. Somit können im Raum sowohl die vorgegebene Temperatur als auch der vorgegebene Schadstoffpegel (CO₂) eingehalten werden.

Bild 2a und 2b zeigen schematisch die Steuerungsgeraden als Sollwertvorgabe für den Zuluftvolumenstrom, wobei der jeweils größere Vorrang hat. In Bild 2a ist die Abhängigkeit von der thermischen Anforderung dargestellt. Die obere Kurve zeigt die Fahrweise der RLT-Anlage vor der Umrüstung auf die schadstoffgeführte Regelung. Bei fallender Kühllast wird der Zuluftvolumenstrom bis auf einen, durch die Auslegungspersonenzahl festgelegten Wert reduziert. Bei geringerer Personenbelegung als im Auslegungsfall ist somit die eingebrachte Zuluftmenge und folglich auch der Energieverbrauch größer als eigentlich erforderlich. Der minimale Zuluftvolumenstrom wird im Heizlastfall durch den Raumthermostaten angefordert, der Kaltluftanteil wird zugunsten des Warmluftanteils in der Zuluft verringert.

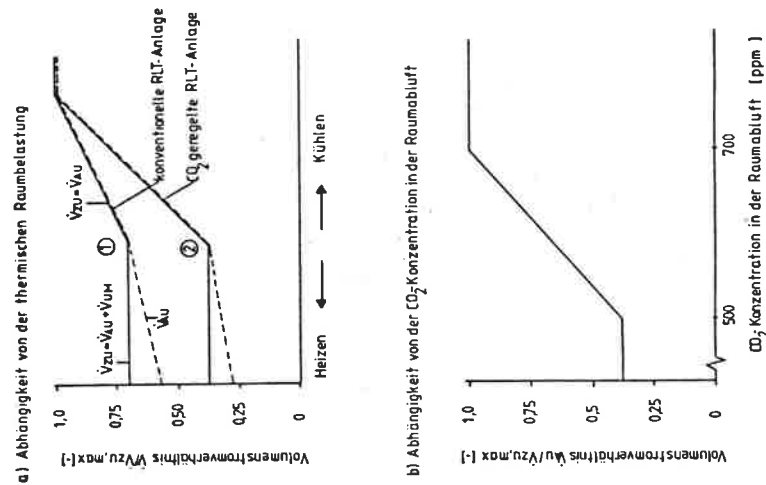
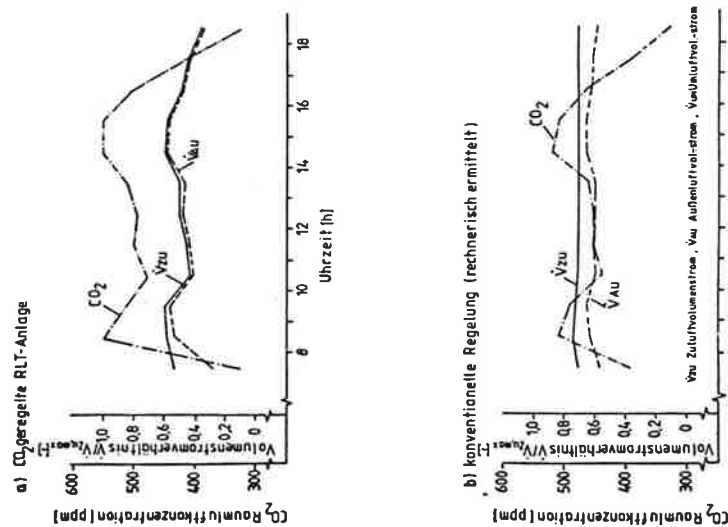
Bei schadstoffgeführter Regelung (Bild 2b) kann durch einen größeren Regelbereich auf einen geringeren Zuluft- bzw. Außenluftvolumenstrom zurückgefahren werden, als durch die Auslegungspersonenzahl erforderlich ist. Der maximal mögliche Zuluftvolumenstrom wird nicht verändert, so daß auch die Abfuhr der Kühllastspitze weiterhin möglich ist.

Betriebserfahrungen

Um die Funktionsfähigkeit des neuen RLT-Anlagen-Systems in der Praxis zu untersuchen, wurden zwei Büros auf CO₂-geführte Schadstoffregelung umgerüstet (je 50 m³ Rauminhalt). Es handelt sich um Räume, deren minimaler Außenluftvolumenstrom im Auslegungsfall für jeweils 5 Personen bemessen ist (Bild 2a, Kurve 1). Der minimale Außenluftvolumenstrom wurde im Rahmen der Umrüstung auf CO₂-geführte Schadstoffregelung (Bild 2a, Kurve 2) reduziert. Betriebserfahrungen der ersten 7 Monate (Juli 1984 bis Januar 1985) liegen vor. In dieser Zeit wurden durch eine Meßwertfassungsanlage die spezifischen Energieverbräuche für die Luftförderung und -aufbereitung sowohl für die schadstoffgeführte als auch für die herkömmliche Regelung dieser Räume erfaßt bzw. ermittelt. Die Vergleichswerte des Energieverbrauchs für die herkömmliche Regelung wurden dabei rechnerisch ermittelt. Sie wurden durch Umschaltung von CO₂-geführter auf herkömmliche Betriebsweise auch meßtechnisch überprüft. Exemplarisch ist der zeitliche Verlauf der Volumenströme in der RLT-Anlage und die CO₂-Konzentration der Raumluft in Bild 3a dargestellt. Der Proportionalbereich der schadstoffgeführten Regelung (500 bis 700 ppm, Bild 2b) wurde aufgrund des in der Erprobungsphase bewußt relativ hoch gehaltenen minimalen Zuluftvolumenstroms (Bild 2a, Kurve 2) nicht immer erreicht. Nur zeitweise wurde die Anlage bei Werten über 500 ppm betrieben. In Zukunft soll durch schrittweise Reduzierung des Zuluftvolumenstroms der aus Komfortansprüchen erforderliche Mindestwert, der als Orientierung für die Minimalbegrenzung herangezogen werden kann, ermittelt werden. Bei der bisherigen Betriebsweise sind keine Beschwerden oder jegliche Komforteinbuße zu verzeichnen gewesen.

Ferner zeigte sich, daß für den erweiterten Regelbereich des Zuluftvolumenstromes und aufgrund des niedrigen Minimalwertes erhöhte Anforderungen an die verwendeten Luftauslässe zur guten Durchspülung des Raumes zu stellen sind. Untersuchungen hierzu liegen vor. Aus energetischer Sicht konnten durch die schadstoffgeführte Regelung in der bisherigen Betriebszeit Energieeinsparungen von größenordnungsmäßig 25 % der Förderkosten (Ventilator) und ca. 15 % der Kühlenergie (Luftkühler) sowie etwa 60 % der Heizenergie (Lufterhitzer) im rechnerischen Vergleich zur konventionell geregelten Anlage erzielt werden.

Bild 2: Sollwertvorgabe für die Zuluftvolumenstromregelung

Bild 3: Exemplarischer Tagesgang von CO_2 -Raumluftkonzentration, Außenluftvolumenstrom und Zuluftvolumenstrom

Zusammenfassung

Unter Verwendung der zusätzlichen Regelgröße (CO_2 -Konzentration in der Raumluft) ist es möglich, den Außenluftanteil jeder Regelzone bzw. jedes Raumes in Abhängigkeit von einem oder mehreren Schadstoffe (hier CO_2) zu regeln. Das System weist folgende Vorteile auf:

- Bei vernachlässigbarer Mehrinvestition für die Regelungsanlage (CO_2 -Analysator) ist eine erhebliche Einsparung an Förder- und Energiekosten möglich.
- Ein bedarfsangepasster Aufwand zur Bereitstellung der Luftqualität bei gleichzeitiger Einhaltung vorgegebener thermischer Raumkonditionen.
- Eine den Komfortansprüchen individuell anpaßbare raum- bzw. zonenweise Regelung.

Der praktische Einsatz des neuen RLT-Systems in einem Verwaltungsgebäude gibt Auskunft über die Funktionsfähigkeit der Regelung, den tatsächlichen Energieverbrauch und die Akzeptanz durch die Rauminsassen.

Literatur

- (1) Esdorn, H. Der effektive Außenluftanteil bei Raumlufttechnischen Anlagen für Vielraumgebäude mit personengebundenen Außenluftströmen. Heizung Lüftung/Klima Haustechnik HLH 34, (1983), Nr. 8, S. 322.
- (2) Kösters, Pancernan (Erfinder), Verfahren und Vorrichtung zur Klimatisierung von Räumen mit einer im Kreislauf geführten Luftmenge mit Zufuhr einer Frischluftmenge. Patentschrift 865358 des Deutschen Patentamtes, ausgeben am 02.02.1953.
- (3) Kusuda, T. Control of Ventilation to Conserve Energy While Maintaining Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE Transactions I, Volume 82, page 1169 - 1176 (1976).
- (4) Specker, C. Lüftungsverluste senken durch Luftqualitätsregelung. Klima-Kälte-Heizung, Nr. 9, 1983, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- (5) Södergren, Puntilla, A CO_2 -controlled ventilation system. Swedish Council for Building Research, Pilot Study D 7 (1983).