

# Bedarfsgerechtes Regeln der Luftqualität

## Teil 1: Kohlenstoffdioxid als Regelgröße

L. Michalak & P. Weber | Rinke GmbH



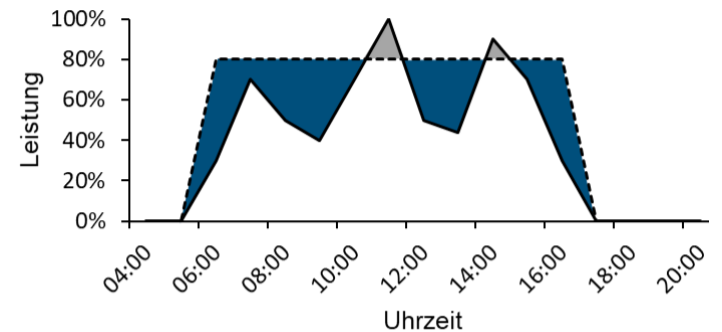
RINKE

### Einführung

Durch die steigenden Anforderungen an Gebäude in Bezug auf den Energieverbrauch werden diese immer stärker gedämmt und abgedichtet. Auch die freie Belüftung durch Fenster ist aus energetischer Sicht nicht mehr sinnvoll. Aus diesem Grund gewinnen raumlufttechnische Anlagen und deren Effizienz immer mehr an Bedeutung. Eine bedarfsgerechte Regelung ist dabei eine Möglichkeit, den Energiebedarf einer solchen Anlage ohne Komfortverlust zu senken. Hierbei wird die Frischluftzufuhr an die Luftqualität im Gebäude angepasst. Unregelmäßig genutzte Bereiche, wie beispielsweise ein Konferenzraum, werden auf diese Weise nur dann klimatisiert, wenn diese tatsächlich genutzt werden.

In vielen Fällen ist Kohlenstoffdioxid eine geeignete Regelgröße, da es sich schnell und gleichmäßig im Raum verteilt, wodurch eine einfache Erfassung ermöglicht wird. Darüber hinaus wird in der DIN EN 16798-1 die Luftqualität in Abhängigkeit der CO<sub>2</sub>-Konzentration definiert, was für eine Sollwertvorgabe der Regelung genutzt werden kann. Da CO<sub>2</sub> in den meisten Fällen durch Personen emittiert wird, ist es ein guter Indikator, um die Aktivität in einem Raum zu beurteilen.

Ziel ist es, einen bedarfsgerechten CO<sub>2</sub>-Regler zu parametrisieren und hinsichtlich seiner Regelgenauigkeit zu bewerten.



Einsparpotenzial durch bedarfsgerechte Belüftung

(gestrichelte Linie) konstanter Betrieb  
(durchgezogene Linie) bedarfsgerechter Betrieb  
(blau) Energieeinsparung durch bedarfsgerechte Belüftung  
(grau) Energieausgaben durch bedarfsgerechte Belüftung

### Methode

Genutzt wird ein Versuchsraum mit einem Quellluftauslass, dessen Zuluftvolumenstrom über eine Drosselklappe gesteuert werden kann. Im Raum befindet sich ein CO<sub>2</sub>-Sensor mit einer Regeleinheit, der die Drosselklappe ansteuert.

Zuerst wird das Verhalten des Sensors untersucht, indem ein Propangasheizstrahler bei konstantem Volumenstrom betrieben und der Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration aufgezeichnet wird.

Anschließend wird eine Sprungantwort aufgezeichnet, um einen PI-Regler auszulegen. Hierbei wird bei laufendem Heizstrahler und dem niedrigsten Zuluftvolumenstrom (Klappenstellung 20%) nach Einstellen einer stationären CO<sub>2</sub>-Konzentration der Zuluftvolumenstrom sprunghaft auf den Maximalwert (Klappenstellung 80%) gestellt.

Mit den Ergebnissen der Sprungantwort lassen sich folgende Systemeigenschaften ableiten, womit der Regler voreingestellt werden kann:

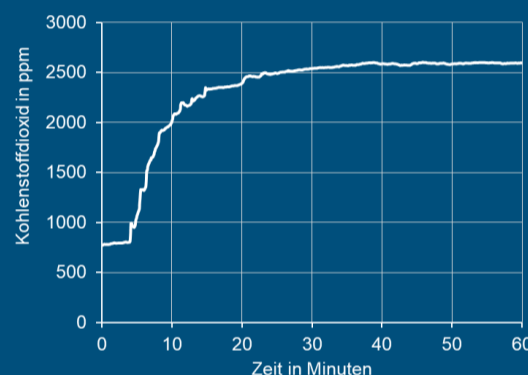
Systemverstärkung:  $K_s = 40,6$   
Verzögerungszeit:  $T_u = 122 \text{ s}$   
Ausgleichszeit:  $T_g = 585 \text{ s}$

Mit diesen Parametern werden die Verstärkungen des P- und I-Glieds nach Ziegler/Nichols und Chien/Hrones/Reswick berechnet und damit der Regler für weitere Versuche eingestellt.

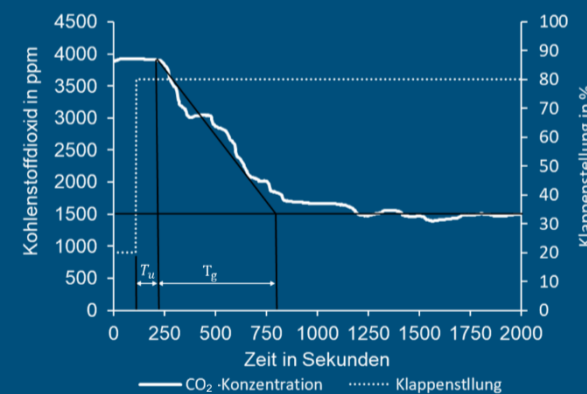
Einstellregeln für PI-Regler	$K_p$	$K_i$
Ziegler/Nichols	$= \frac{0,9 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u}$	$= \frac{K_p}{3,33 \cdot T_u}$
Chien/Hrones/Reswick	$= \frac{0,35 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u}$	$= \frac{K_p}{1,2 \cdot T_g}$

### Resultate

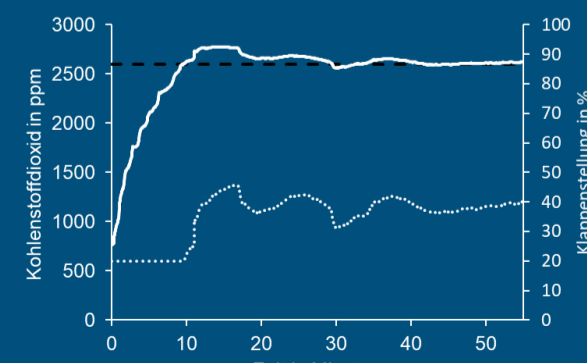
Erste Regelversuche nach Chien waren ungeeignet, da ein nicht abklingendes Schwingverhalten auftrat. Jedoch machten diese Versuche auf den Windup-Effekt aufmerksam, durch den bei Erreichen der maximalen Klappenstellung das I-Glied zu einem stark verzögerten Verhalten führt. Regelversuche nach Ziegler zeigten bessere Ergebnisse. Das Einführen einer Antiwindupfunktion und leichtes Reduzieren der P-Verstärkung verbesserte das Schwingverhalten deutlich, sodass schnelle Anregelzeiten bei geringem Überschwingen realisiert werden konnten.



CO<sub>2</sub> - Zunahme durch einen Propangasheizstrahler



Auslegung eines PI-Reglers über eine Sprungantwort



Regelverhalten des PI-Reglers nach einer Sprungantwort



Versuchsaufbau:  
- Raumgröße: 30,3 m<sup>3</sup>  
- Luftwechsel (bei 100 % Leistung): 11

### Diskussion & Fazit

Die Versuche zeigen, dass Kohlenstoffdioxid als Regelgröße zur bedarfsgerechten Regelung in Frage kommt.

Anders als ein Temperaturregler aus der Raumlufttechnik muss ein bedarfsgerechter Raumlüftregler ein schnelles Ansprechverhalten aufweisen, um in Räumen mit hoher Fluktuation Sollwertüberschreitungen zu vermeiden. Als Folge dessen kann es bei schlecht eingestellten Regelparametern zu stark schwingenden Systemantworten kommen. Ein Aufzeichnen der Regelparameter und ein Überprüfen des Regelverhaltens über längere Zeit ist daher zu empfehlen.

Ob eine bedarfsgerechte Regelung gegenüber einem unregulierten Dauerbetrieb nicht nur die Luftqualität verbessert, sondern auch zu Energieeinsparungen führt, kann pauschal nicht beantwortet werden. Das mögliche Potential ist stark von dem jeweiligen Nutzungsprofil des Raumes abhängig. Ein Büro, in dem sich immer die gleiche Anzahl an Personen befindet, hat beispielsweise ein geringeres Einsparpotential als ein eher unregelmäßig besuchter Konferenzraum.

Im Rahmen dieser Versuchsreihe wurde zunächst nur von einer reinen Lüftung ausgegangen. Soll die Raumtemperatur ebenfalls über die Lüftung klimatisiert werden, wird ein Mehrgrößenregler benötigt, welcher als Stellgröße nicht nur die Zuluftmenge, sondern auch die Zulufttemperatur regelt.