

Das Raumdruck- problem

Das Raumdruckproblem bei der Volumen-
stromregelung in dichten Räumen.

Jürg Blaser

Juni 1994

Inhaltsverzeichnis

1. Auswirkung einer Volumenstromdifferenz im dichten Raum
2. Auswirkung einer Volumenstromdifferenz im relativ dichten Raum
3. Einfluss des Raumdichtheitsgrades auf die Druckregelgüte
 - 3.1 Beispiel ohne Raumleck
 - 3.2 Beispiel mit Raumleck (Leckfläche 0,001 m²)
 - 3.3 Beispiel mit Raumleck (Leckfläche 0,01 m²)
4. Einfluss des Luftwechsels auf die Druckregelgüte
5. Anforderungen an die Messleitungen
6. Anforderungen an das Regelsystem
7. Raumdruckregelungskonzepte
 - 7.1 Raumdruckregler direkt auf Klappe wirkend
 - 7.2 Raumdruckregler auf zusätzlichen Entspanner wirkend
 - 7.3 Kaskadenlösung
8. Anwendungsbeispiele mit in Kaskade geregeltem Raumdruck und Raumdruckkennlinie.
9. Berechnungsbeispiele:
 - 9.1 Gesucht Leckvolumenstrom bei gegebener Leckfläche und Druckabfall
 - 9.2 Gesucht Leckfläche bei gegebenem Leckvolumenstrom und Druckabfall
 - 9.3 Gesucht Druckabfall bei gegebener Leckfläche und Leckvolumenstrom
 - 9.4 Räume mit verschiedenen Raumdrücken
10. Zusammenfassung

Das Raumdruckproblem bei der Volumenstromregelung in dichten Räumen

Dieser Beitrag soll aufzeigen, welche physikalischen Zusammenhänge bei einer Raumdruckregelung von Bedeutung sind.

Er gibt Hinweise, wie eine Raumdruckregelung sinnvoll aufgebaut wird.

Dem Projektingenieur soll damit die Entscheidung, wann eine Raumdruckregelung sinnvoll, respektive unumgänglich ist, erleichtert werden.

1. Auswirkung einer Volumenstromdifferenz im dichten Raum

Was entsteht in einem absolut dichten Raum bei reiner Volumenstromregelung?

Anschauungsfall : Ein Reinraum soll in leichtem Überdruck volumenstromgeregelt betrieben werden.

Annahme : Raumvolumen = 200 m³ (Grundfläche 8 x 8 m
Raumhöhe 3,12 m)
Zuluftvolumenstrom = 2000 m³/h (Luftwechsel 10 fach)
Abluftvolumenstrom ≤ Zuluftvolumenstrom
Kanaldruck Zuluft = 800 Pa
Kanaldruck Abluft = - 300 Pa

Eine Volumenstromdifferenz zwischen Zuluft und Abluft von 4%, die gerade noch als messbar gilt, soll den gewünschten Überdruck erbringen!?

$$200 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{4\%}{100\%} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

oder

$$\frac{80 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$$

Durch den grösseren Zufluss erhöht sich das Raumluftvolumen um 0,022 m³/s. Dies entspricht einer Raumdruckzunahme von:

$$\frac{100'000 \text{ Pa} \times (200 + 0,022) \text{ m}^3/\text{s}}{200 \text{ m}^3} - 100'000 \text{ Pa} = 11 \text{ Pa/s}$$

Da Volumenstromregler möglichst keine P-Abweichung haben sollen, werden diese als I-Regler ausgeführt. Die Entspannerdurchflussänderung, bedingt durch die Raumdruckzunahme, wird vom Volumenstromregler sofort ausgeregelt und führt deshalb nicht zur Stabilisierung des Raumdruckes, so dass der Raumdruck kontinuierlich ansteigt.

Da sich diese Raumdruckerhöhung unter Vernachlässigung des Druckabfalls über dem Entspanner bis maximal zum Zuluftkanaldruck ändern kann, wird der Maximalwert gemäss vorigem Beispiel von 800 Pa nach

$$\frac{800 \text{ Pa}}{11 \text{ Pa/s}} = 73 \text{ s}$$

erreicht.

Diese Annahme zeigt, dass ohne Erfassung des Raumdruckes mit einer reinen Volumenstromregelung ein dichter Raum **nicht** geregelt werden kann (Lösungen mit Raumdruckerfassung Abschnitt 7).

Gleichzeitig wird klar, dass an die Reaktionsgeschwindigkeit des Regelkreises höchste Anforderungen gestellt werden.

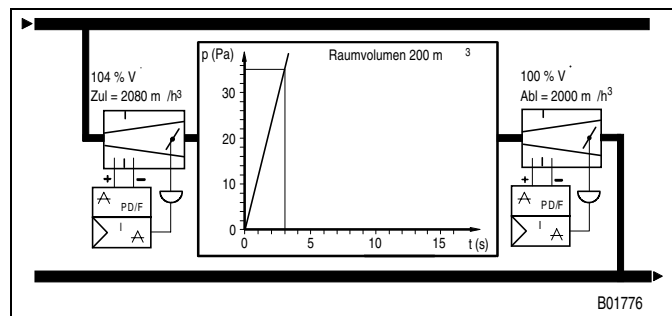


Bild 1: Dichter Raum volumengeregelt.

2. Auswirkung einer Volumenstromdifferenz im relativ dichten Raum

Wie kann vorangegangener Fall bei einem bestimmten Raumleck analysiert werden?

Man kann davon ausgehen, dass das Raumleck hauptsächlich durch Türspalte sowie Durchführungen von Rohren in Wänden und weniger im Innern von Unterputzrohren z.B. von elektrischen Leitungen bestimmt wird.

Somit verhält sich der Druckabfall über das Raumleck nahezu quadratisch zum Durchfluss.

Eine Kompression der Luft ist bei den relativ niedrigen Raumdrücken nicht von Bedeutung und deshalb nicht in der Formel enthalten.

Somit gilt folgende Formel :

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{V}{A \times \mu} \right)^2$$

Δp = Druckabfall in Pa

ρ = Spez. Gewicht in kg/m³

A = Leckfläche in m²

μ = Ausflusszahl 0,72 (geometrieabhängig)

V = Volumenstrom in m³/s

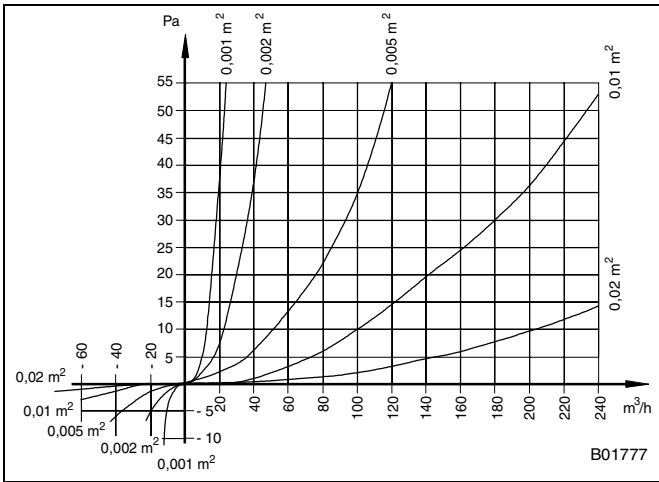


Bild 2: Formelgrafik

Bild 2 basiert auf obiger Formel und erlaubt ein schnelles Überprüfen der verschiedenen Fälle.

Geht man nun von der Annahme aus, dass ein Überdruck von 10 Pa erwünscht ist, so ergibt sich folgende Situation : Um einen Überdruck von 10 Pa über einer Leckfläche von 0,01 m² zu erzeugen, ist gemäss Diagramm eine Differenzmenge von 105m³/h nötig.

Der Einfluss eines angenommenen Langzeitdrifts der Volumenstromanlage von ± 4 %, d.h. ± 80 m³/h kann im Diagramm bei 105+ 80 = 185 m³/h mit 30 Pa, resp. 105 - 80 = 25 m³/h mit ca. 0,5 Pa abgelesen werden.

Sieht man von den relativ grossen Druckdifferenzen (0,5...30 Pa), die jedoch noch im geforderten Überdruck sind, ab, so ist doch das Gelingen der Anlage stark vom tatsächlichen Leck abhängig und somit nicht im voraus planbar.

3. Einfluss des Raumdichtheitsgrades auf die Druckregelgüte

Kurzzeitige Kanaldruckschwankungen, die auch von schnellen Volumenstromregelkreisen nicht unmittelbar abgefangen werden können, beeinflussen den Volumenstrom.

Was für einen Einfluss hat hierbei ein Raumleck?

3.1 Beispiel ohne Raumleck

Raumvolumen = 200 m³ (Grundfläche 8 x 8 m Raumhöhe 3,12 m)
 Zuluftvolumenstrom = 2000 m³/h (Luftwechsel 10 fach)
 Abluftvolumenstrom = 2000 m³/h
 Volumenstromsprung = 20 m³/h (1 % von Nennmenge)

Ausgehend von 0 Pa Raumdruck erhöht eine sprungartige Volumenstromdifferenz von 1 % (z.B. infolge kurzzeitiger Kanaldruckänderung) den Raumdruck um :

$$\frac{100'000 \text{ Pa} \times (200 \text{ m}^3 + 20 \text{ m}^3/\text{h})}{200 \text{ m}^3} - 100'000 \text{ Pa} = 10'000 \text{ Pa}_h (2,78 \text{ Pa}_s)$$

Diese steile stetige Raumdruckzunahme hält solange an, wie der Kanaldruck auf höherem Niveau fährt, resp. bis der Volumenstromregler (abhängig von seiner Reaktionsschnelligkeit) die Falschmenge korrigiert.

Auch bei dichten Räumen werden solche Störungen nicht in vollem Masse wirksam. Sowohl der Zuluft- wie auch der Abluftvolumenstromregler sind nicht in der Lage, den kurzzeitigen Sprung abzufangen. Durch den erhöhten Raumdruck sinkt das Δp über dem Zuluftentspanner und gleichzeitig steigt das Δp über dem Abluftentspanner. Dadurch sinkt der Zuluftvolumenstrom, resp. steigt der Abluftvolumenstrom, was in der Praxis eine geringere Raumdruckanhebung bewirkt.

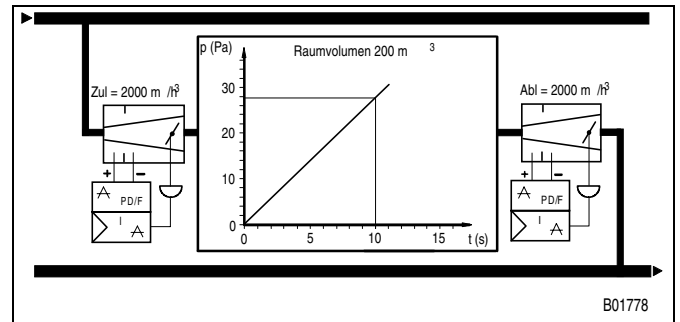


Bild 3.1: Theoretische Druckregelgüte im dichten Raum

3.2 Beispiel mit Raumleck (Leckfläche 0,001 m²)

Formel zur Bestimmung des Druckabfalls in Abhängigkeit von Leckfläche und Durchfluss:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{\dot{V}}{A \times \mu} \right)^2$$

Δp = Druckabfall in Pa
 ρ = Spez. Gewicht in kg/m³
 A = Leckfläche in m²
 μ = Ausflusszahl 0,72

Raumvolumen = 200 m³ (Grundfläche 8 x 8 m Raumhöhe 3,12m)
 Zuluftvolumenstrom = 2000 m³/h (Luftwechsel 10 fach)
 Leckfläche = 0,001 m² (10 cm²)
 Volumenstromsprung = 20 m³/h (1 % von Nennmenge)

Ausgehend von 0 Pa Raumdruck erhöht eine sprungartige Volumenstromdifferenz von 1 % (z.B. infolge kurzzeitiger Kanaldruckänderungen) den Raumdruck um:

$$\Delta p = \frac{1,2 \text{ kg}_m^3}{2} \times \left(\frac{0,0055 \text{ m}^3_s}{0,001 \text{ m}^2 \times 0,72} \right)^2 = 35 \text{ Pa}$$

Diese Leckfläche von 0,001 m² entspricht bei 10 Pa Druckdifferenz einem Durchfluss von 10 m³/h oder 0,5 % der Nennmenge 2000 m³/h.

3.3 Beispiel mit Raumleck (Leckfläche 0,01 m²)

Raumvolumen = 200 m³ (Grundfläche 8 x 8 m Raumhöhe 12 m)
 Zuluftvolumenstrom = 2000 m³/h (Luftwechsel 10 fach)
 Leckfläche = 0,01 m² (100 cm²)
 Volumenstromsprung = 20 m³/h (1 % von Nennmenge)

$$\Delta p = \frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{2} \times \left(\frac{0,0055 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^2 \times 0,72} \right)^2 = 0,35 \text{ Pa}$$

Diese Leckfläche von 0,01 m² entspricht bei 10 Pa Druckdifferenz einem Durchfluss von 100 m³/h oder 5 % der Nennmenge 2000 m³/h.

Im Gegensatz zum Beispiel „dichter Raum“ werden solche kleinen Raumdruckänderungen im Abluftkanal nicht weiter abgebaut.

Grund : Unwesentliche Druckdifferenzzunahme im Abluftentspanner ergibt (durch den quadratischen Zusammenhang zum Durchfluss) nur eine unwesentlich Durchflusszunahme.

Folgerung : **Geringste Raumlecks verbessern die Raumdruckkonstanz wesentlich.**

(Bei Verdoppelung des Raumlecks wird die Raumdruckkonstanz um den Faktor 4 verbessert).

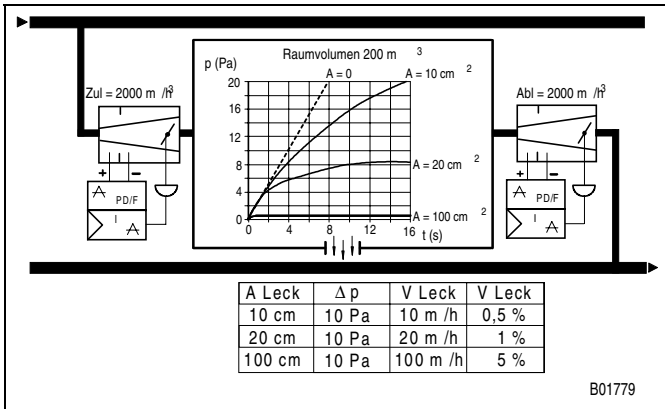


Bild 3.2/3.3: Druckregelgüte undichter Raum

4. Einfluss des Luftwechsels auf die Druckregelgüte

Wird der Luftwechsel im Beispiel 3. 3. von 10 auf 20 erhöht, d.h. der Zuluftvolumenstrom von 2000 auf 4000 m³/h erhöht, so wirken sich durch die grössere Volumenstrommenge die Kanaldruckschwankungen stärker auf die Raumdruckkonstanz aus (Bild 4.1/ 4.2).

Unter der Annahme, dass der Volumenstrom prozentual zur Nennmenge von den kurzzeitigen Kanaldruckschwankungen beeinflusst wird, ergeben sich gemäss untenstehender Formel folgende Raumdruckinstabilitäten :

Raumvolumen = 200 m³ (Grundfläche 8 x 8 m Raumhöhe 3,12 m)
 Zuluftvolumenstrom = 4000 m³/h (Luftwechsel 20 fach)
 Raumleckfläche = 0,01 m² (100 cm²)
 Volumenstromsprung = 40 m³/h (1 % von Nennmenge)

$$\Delta p = \frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{2} \times \left(\frac{0,011 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^2 \times 0,72} \right)^2 = 1,4 \text{ Pa}$$

Schlussfolgerung aus Raumdichtegrad und Luftwechsel: Die Raumdruckkonstanz ist hauptsächlich von der Leckfläche des Raumes abhängig.

Obwohl der Luftwechsel über ein definiertes Leck einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss hat, ist doch die Leckfläche hauptbestimmend.

Es verdeutlicht, dass (verglichen mit einem absolut dichten Raum) Leckflächen von 0,001 m² (10 cm²), wie sie meist ungewollt ohnehin vorhanden sind, kurzzeitige Volumenstromdifferenzen, die vom Regelkreis nicht ausgeregelt werden können, wirksam dämpfen.

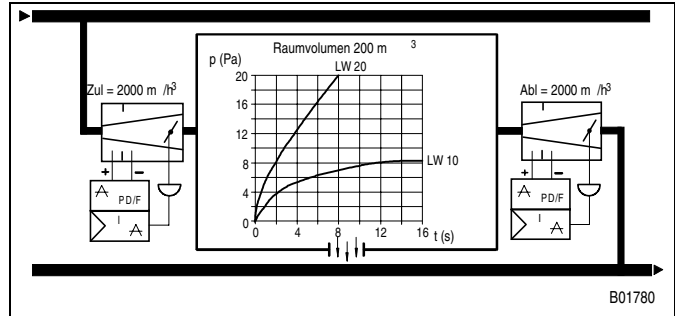


Bild 4.1: Einfluss des Luftwechsels auf die Druckregelgüte.

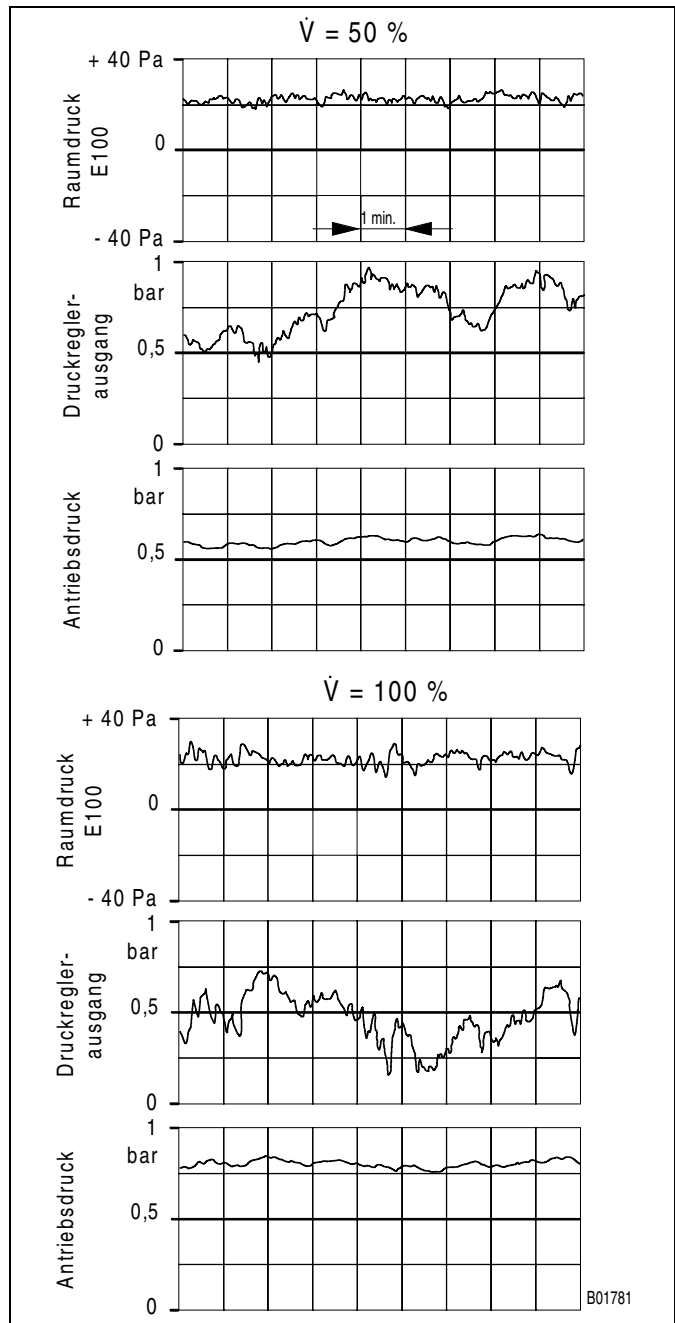


Bild 4.2: Einfluss des Luftwechsels in sehr dichtem Raum

5. Anforderungen an die Messleitungen

Welchen Einfluss haben lange Raumdruckmessleitungen auf den Regelkreis?

Was eignet sich als Referenzdruckquelle?

Der Raumdruckregler soll immer so nahe wie möglich bei dem zu messenden Raum angebracht sein, damit die Raumdruckmessleitung so kurz wie möglich ist.

Die Schlauchleitungslänge und die Messdose des Reglers wirken wie ein RC-Glied (Widerstand und Kondensator) und bilden somit ein Verzögerungsglied. Einerseits sollen RC-Glieder zugunsten einer guten Regeldynamik so klein wie möglich sein, andererseits sollen sie zu Unterdrückung von Turbulenzen nicht zu klein sein.

Ausserdem ist bei pneumatischen Regelsystemen auch die Verbindungsleitung vom Druckregler zum Volumenstromregler kurz zu halten, so dass der Druckregler möglichst verzögerungsfrei auf den Volumenstromregler Einfluss nehmen kann.

Als Referenzdruckquelle ist ein möglichst druckstabiler Ort von grosser Wichtigkeit.

Dies kann ein unbelüfteter Raum, welcher keine Verbindungskanäle zu ventilierten Räumen hat, oder die Aussenatmosphäre, welche über ein pneumatisches RC-Glied (Druckbehälter mit Schlauch) frei vom dynamischen Winddruck ist, sein.

Aus regeltechnischen Stabilitätsgründen soll der Referenzort nicht von einem volumenstrom- oder druckgeregelten Raum bezogen werden.

Bild 5.2 verdeutlicht die Wirksamkeit einer pneumatischen RC-Schaltung bestehend aus einem Stück Schlauch und einem stabilen Luftbehälter.

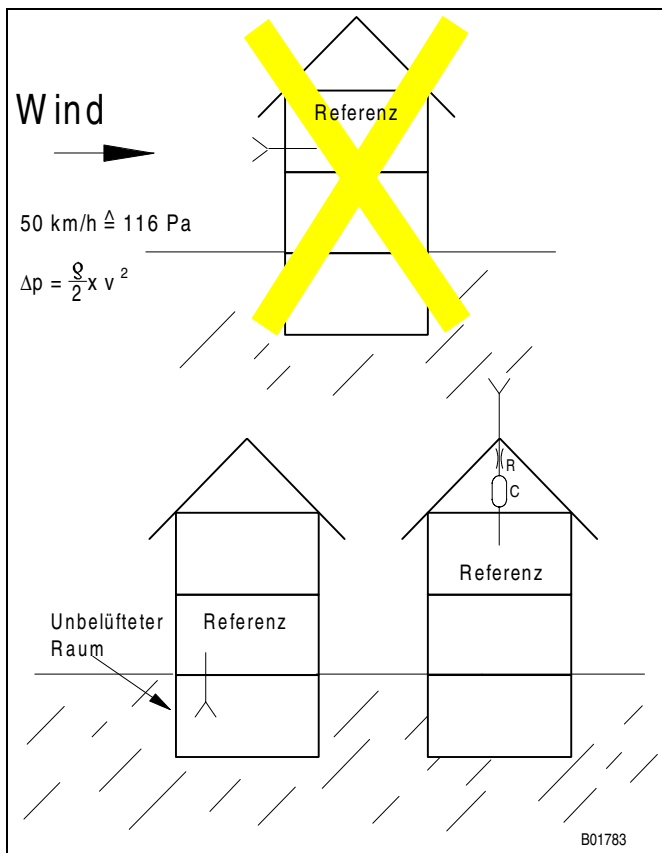


Bild 5.1: Referenzdruckquelle

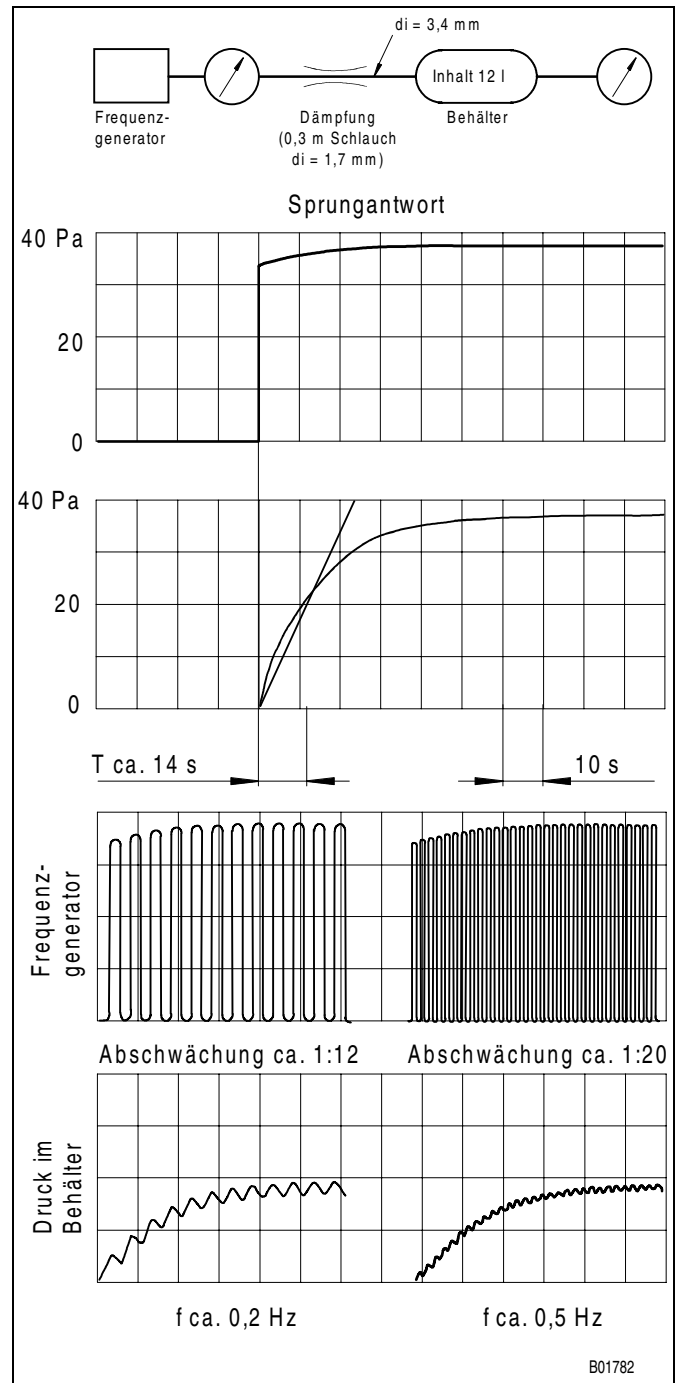


Bild 5.2: Wirkung einer pneumatischen RC-Schaltung bestehend aus einem Schlauch und einem stabilen Luftbehälter

6. Anforderungen an das Regelsystem

Wie wichtig ist die Laufzeit des Stellantriebes?

Wie wichtig ist die Hysterese der Klappenmechanik?

Von der Trägheit abgesehen, wirkt sich eine grosse Laufzeit (> 20 s) des Stellantriebes nicht nachteilig auf das Regelverhalten aus.

Doch sind bei relativ dichten Räumen und auftretenden Störeinflüssen lange Einschwingvorgänge und damit entsprechend hohe Regelabweichungen in Kauf zu nehmen.

Aus diesem Grund ist eine kurze Stellzeit (< 10 s) immer anstrengenswert. Grenzen sind dabei durch den geschlossenen Regelkreis gesetzt. Hat dieser Regelkreis mehrere RC-Glieder und

oder Totzeiten, so muss der Druckregler (PI) entsprechend mit grossem Proportionalband betrieben werden, was eine lange Stellzeit bewirkt.

Da der Raumdruck sehr empfindlich auf Luftmengenunterschiede zwischen Zuluft und Abluft reagiert, ist es wichtig, dass die Stellgeräte mit möglichst wenig Hysterese arbeiten, damit der Regler möglichst totzeitfrei das Stellgerät verstellen kann.

7. Raumdruckregelungskonzepte

Wie kann bei einer Volumenstromanlage der Raumdruck erfasst und der Volumenstrom entsprechend geregelt werden?

7.1 Raumdruckregler direkt auf Klappe wirkend

Das Konzept besteht darin, einen Entspanner anstatt mit einem Volumenstromregler direkt mit einem Raumdruckregler zu betreiben und so die Luftmenge entsprechend dem Raumdruck zu steuern.

Wird bei dieser Lösung die Türe geöffnet, so regelt der PI-Raumdruckregler infolge des immensen Lecks die Klappe in die Endlage.

Beim darauffolgenden Schliessen der Türe entsteht je nach Raumdichtheit und Laufzeit des Klappenantriebes eine erhebliche, vorübergehende Raumdruckänderung, welche mehrere 100 Pa betragen kann.

Diese Lösung ist für Räume mit Schleusen bedingt anwendbar. Der Druckausgleich zu benachbarten Räumen wird durch die Schleuse verhindert.

Eine Verbesserung obiger Lösung kann mit einem Türkontakt erreicht werden, welcher den Klappenantrieb beim Öffnen der Türe in seiner Stellung „einfriert“.

Für ein variables Volumenstromregelsystem ist diese Lösung jedoch ungeeignet. Bei länger geöffneter Türe kann der vom Raumtemperaturregler veränderbare Volumenstrom an dem vom Türkontakt unterbrochenen Regelkreis nicht nachgeführt werden, so dass die angrenzenden Räume mit einer Falschmenge beaufschlagt werden. Ebenfalls werden beim Schliessen der Türe kurzfristig wieder starke Raumdruckänderungen erzeugt.

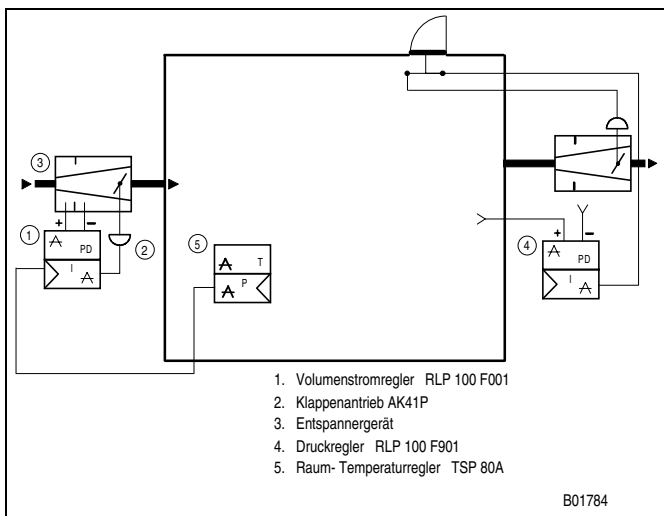


Bild 7.1: Raumdruckregelung, die beim Öffnen der Türe den Klappenantrieb „einfriert“

7.2 Raumdruckregler auf zusätzlichen Entspanner wirkend

Wesentlich bessere Bedingungen sind mit einem zusätzlichen Entspanner (Bypass) gegeben, welcher mit einer kleinen Teilluftmenge, z.B. 10-20 % der Gesamtmenge, mit einem Raumdruckregler betrieben wird. Die übrigen im Raum vorhandenen Entspanner sind mit Volumenstromreglern ausgerüstet.

Schon geringste Volumenstromänderungen werden vom Raumdruckregler erfasst und über den separaten Entspanner nachgeregelt. Bei geöffneter Türe steuert der Druckregler den Klappenantrieb in seine Endstellung. Durch den kleinen Volumenstromanteil ist jedoch der Einfluss bei dieser Lösung minimal und stellt beim Schliessen der Türe keine Gefahr dar.

Ausser dem finanziellen Aufwand für einen separaten Entspanner mit Lüftungskanalstück und einem Raumdruckregler hat diese Lösung keine Nachteile.

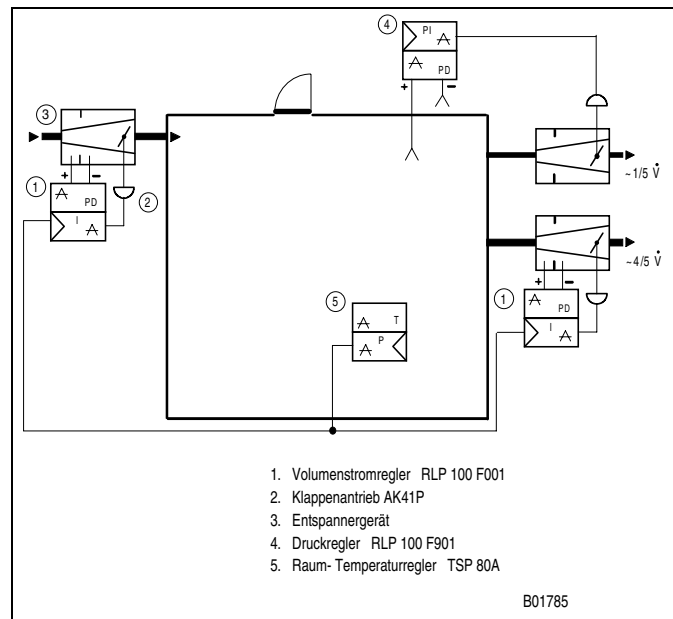


Bild 7.2: Raumdruckregelung mit zusätzlichem Entspanner (Bypass)

7.3 Kaskadenlösung

Das von Sauter angewendete Kaskaden-Prinzip entspricht, unter Verzicht eines separaten Entspanners und dessen Kanalsystems, funktionell der Lösung 7.2.

Der Volumenstromregler wurde nebst dem Raumtemperaturreingang mit einem zusätzlichen Eingang für den Raumdruckregler versehen. Dieser zusätzliche Eingang kann die Sollwertkennlinie des Raumtemperaturreingangs um maximal

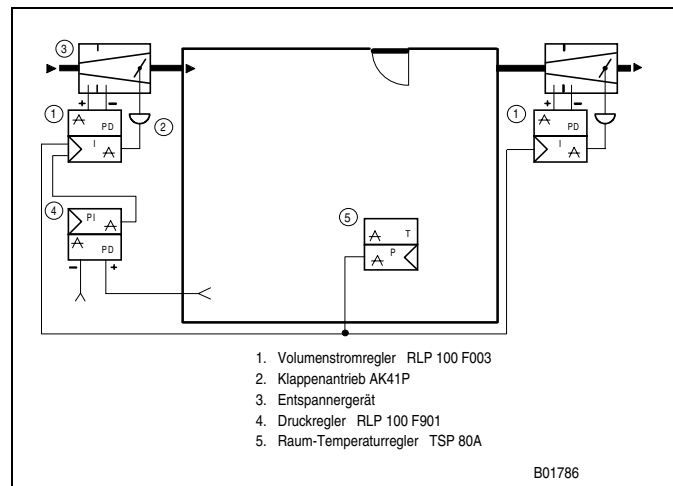
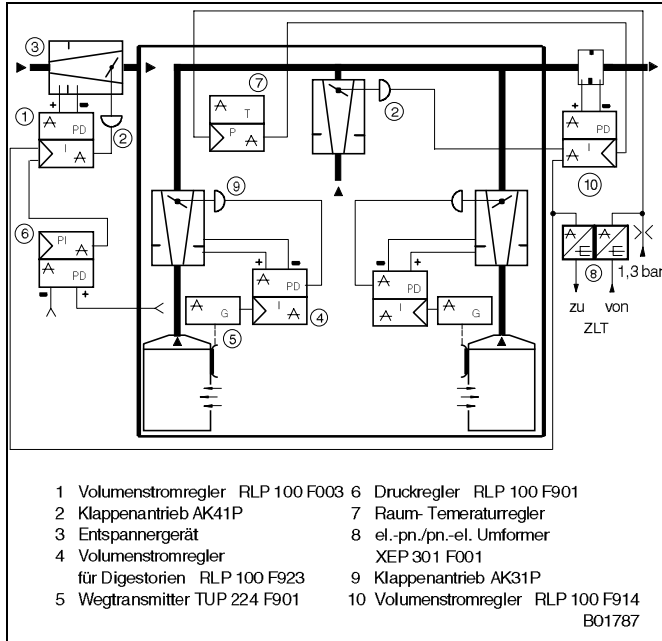


Bild 7.3: Variable Volumenstromregelung in dichten Räumen

±10 % V korrigieren.

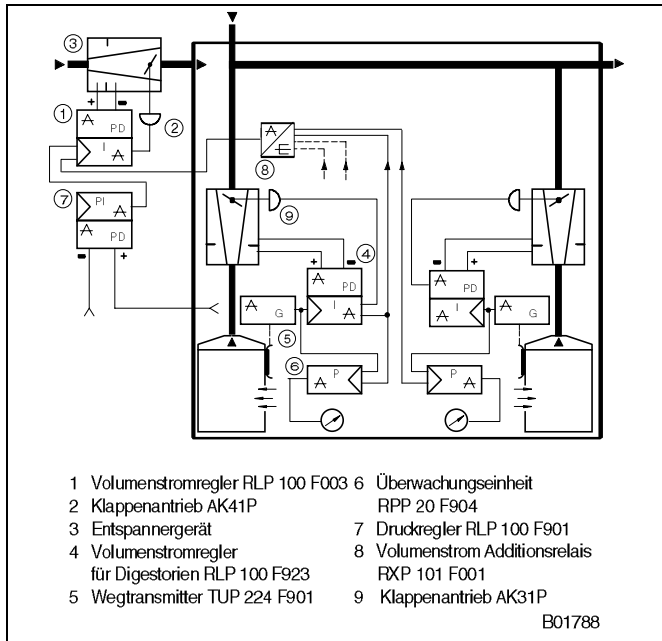
Damit kann die übliche VAV-Anlage bei dichten oder relativ dichten Räumen mit nur einem zusätzlichen Raumdruckregler, welcher mit einem Volumenstromregler in Kaskade aufgebaut ist, ergänzt werden.

8. Anwendungsbeispiele mit in Kaskade geregeltem Raumdruck und Raumdruckkennlinie



- 1 Volumenstromregler RLP 100 F003
- 2 Klappenantrieb AK41P
- 3 Entspanngerät
- 4 Volumenstromregler für Digestorien RLP 100 F923
- 5 Wegtransmitter TUP 224 F901
- 6 Druckregler RLP 100 F901
- 7 Raum-Temperaturregler
- 8 el.-pn./pn.-el. Umformer XEP 301 F001
- 9 Klappenantrieb AK31P
- 10 Volumenstromregler RLP 100 F914

Bild 8.1: Proportional zur Klappenschieberöffnung gesteuerte Volumenstromabluftregler für Kapellen unter Einbezug der Raumtemperatur



- 1 Volumenstromregler RLP 100 F003
- 2 Klappenantrieb AK41P
- 3 Entspanngerät
- 4 Volumenstromregler für Digestorien RLP 100 F923
- 5 Wegtransmitter TUP 224 F901
- 6 Überwachungseinheit RPP 20 F904
- 7 Druckregler RLP 100 F901
- 8 Volumenstrom Additionsrelais RXP 101 F001
- 9 Klappenantrieb AK31P

Bild 8.2: Proportional zur Kapellenschieberöffnung gesteuerte Volumenstromabluftregelung für Kapellen mit Überwachungsgerät und Additionsrelais

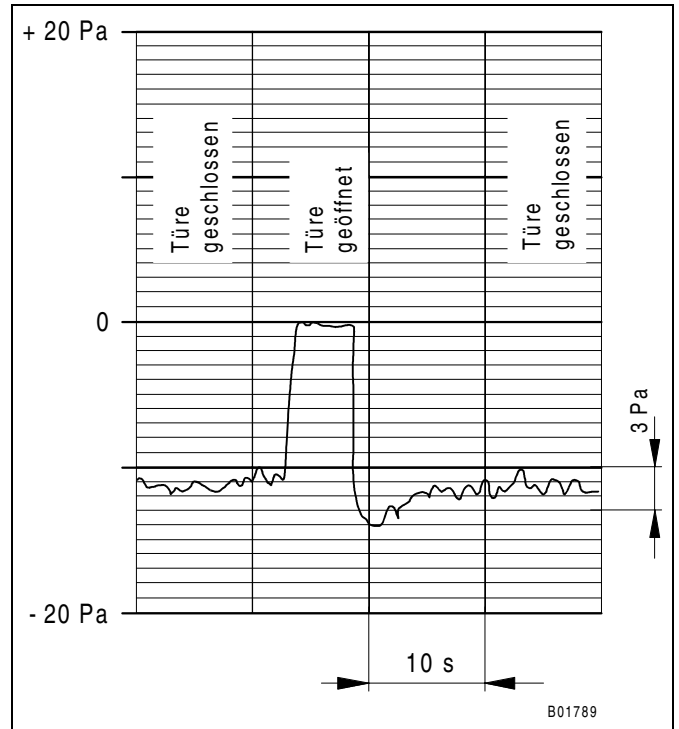
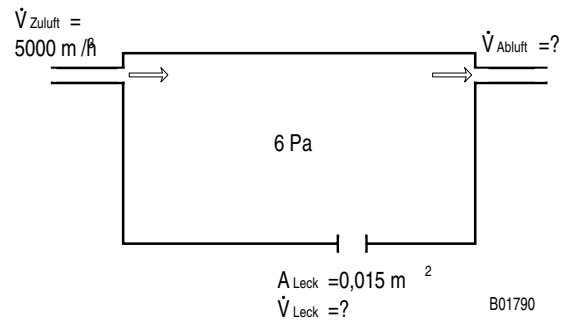


Bild 8.3: Raumdruckverhalten einer VAV-Anlage mit Raumdruckregler

9. Berechnungsbeispiele

9.1 Gesucht Leckvolumenstrom bei gegebener Leckfläche und gegebenem Druckabfall.

Gegeben : Zuluftvolumenstrom = 5000 m³/h
 Leckfläche = 0,015 m²
 Druckdifferenz über Leckfläche = 6 Pa



Gesucht : Leckvolumenstrom \dot{V}_{Leck}
 Abluftvolumenstrom \dot{V}_{Abl} (wenn Raum gegenüber Umgebung im Überdruck steht)

Lösung :

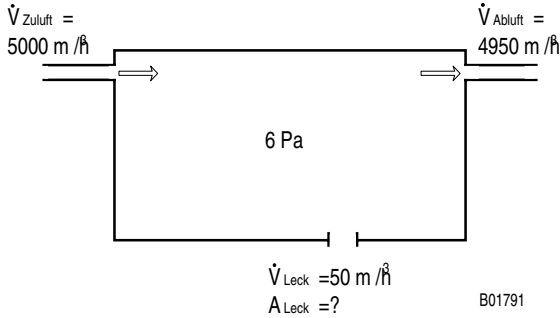
$$\dot{V}_{Leck} = \sqrt{\frac{\Delta p \times 2}{\rho}} \times A \times \mu$$

$$\dot{V}_{Leck} = \sqrt{\frac{6 \text{ Pa} \times 2}{1,2 \text{ kg/m}^3}} \times 0,015 \text{ m}^2 \times 0,72 = 0,034 \text{ m}^3/\text{s}$$

Zuluftvolumenstrom 5000 m³/h
 Leckvolumenstrom
 0,034 m³/s x 3600 sek - 122 m³/h
 Abluftvolumenstrom **4878 m³/h**

9.2 Gesucht Leckfläche bei gegebenem Leckvolumenstrom und Druckabfall.

Gegeben : Zuluftvolumenstrom = 5000 m³/h
 Leckvolumenstrom = 50 m³/h
 Druckdifferenz über Leckfläche = 6 Pa



Gesucht : Leckfläche

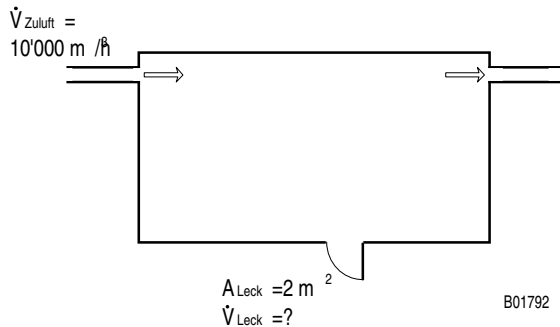
Lösung :

$$A_{Leck} = \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \times 2}} \times \frac{V}{\mu}$$

$$A_{Leck} = \sqrt{\frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{6 \text{ Pa} \times 2}} \times \frac{0,014 \text{ m}^3/\text{s}}{0,72} = 0,006 \text{ m}^2 \text{ oder } 60 \text{ cm}^2$$

9.3 Gesucht Druckabfall bei gegebener Leckfläche und gegebenem Leckvolumenstrom.

Gegeben : Durchfluss = 10000 m³/h
 Leckfläche = 2 m² (offene Türen)



Gesucht : Druckdifferenz über der Leckfläche

Lösung :

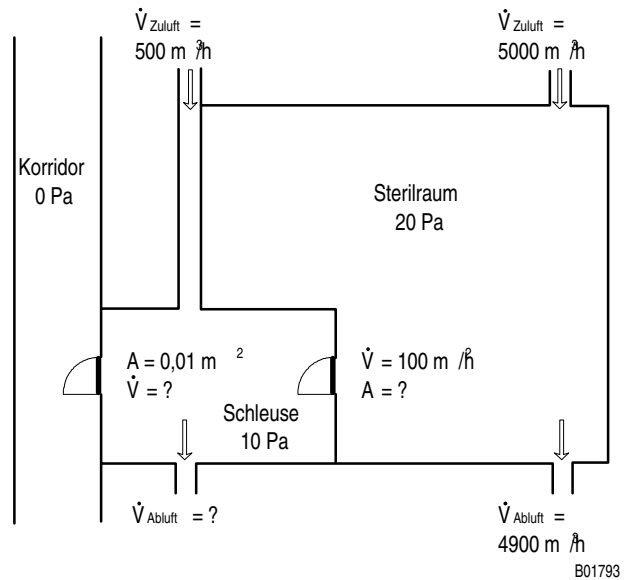
$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{V_{Fehler}}{A_{Leck} \times \mu} \right)^2$$

$$\Delta p = \frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{2} \times \left(\frac{2,78 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m}^2 \times 0,72} \right)^2 = 2,2 \text{ Pa}$$

9.4 Räume mit verschiedenen Raumdrücken

Aufgabe: - Ein Sterilraum soll mit 5000m³/h Zuluft betrieben werden.
 - Die Schleusenzuluft beträgt 500 m³/h
 - Die Luftaustauschmenge zwischen Sterilraum und Schleuse beträgt 100 m³/h
 - Die Schleusentürleckfläche zum Korridor beträgt 0,01 m²
 - Die Raumdrücke gegenüber Atmosphäre betragen :

Sterilraum	+20 Pa
Schleuse	+10 Pa
Korridor	0 Pa



Gesucht : Leckfläche Sterilraum zu Schleuse
 Schleusenabluftmenge über Entspanner

Lösungsweg :

Sterilraumleckfläche

$$A_{Leck} = \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \times 2}} \times \frac{V}{\mu}$$

$$A_{Leck} = \sqrt{\frac{1,2 \text{ kg/m}^3}{10 \text{ Pa} \times 2}} \times \frac{0,0028 \text{ m}^3/\text{s}}{0,72} = 0,0095 \text{ m}^2$$

Schleusenleckmenge zum Korridor

$$V_{\text{Leck}} = \sqrt{\frac{\Delta p \times 2}{\rho}} \times A \times \mu$$

$$V_{\text{Leck}} = \sqrt{\frac{10 \text{ Pa} \times 2}{1,2 \text{ kg/m}^3}} \times 0,01 \text{ m}^2 \times 0,72 = 0,029 \text{ m}^3/\text{s}$$

Schleusenzuluftmenge	500 m ³ /h
Sterilraumleckmenge	+ 100 m ³ /h
Leckmenge zu Korridor	- 106 m ³ /h
Schleusenabluftmenge über Entspanner	494 m³/h

10. Zusammenfassung

1. Ein dichter Raum kann nur mit Einbezug des Raumdruckes als Regelgrösse geregelt werden.
2. Durch die Begrenzung des Raumdruckeinflusses auf den Kaskadenvolumenstromregler ergeben Türen kein regeltechnisches Problem. Nach dem Schliessen der Türen ist bei Verwendung von pneumatischen Regeleinrichtungen der vorgegebene Raumdruck innert Sekunden wieder erreicht.
3. Druckausgleichsöffnungen sind aus Gründen der Regelbarkeit von geschlossenen Räumen nicht nötig (Druckausgleichsöffnungen in den einzelnen Räumen bedingen letztendlich eine undichte Gebäudehülle und sind somit bei Wärmerückgewinnungsanlagen eine Energieverschwendung).
4. Zugunsten eines schnellen Regelkreises sind Raumdruckmessleitungen so kurz wie möglich zu halten.
5. Druckstufen in Gebäuden sind gegenüber einem zentralen Referenzpunkt zu regeln.

7 000498 001 J4 Printet in Switzerland

Fr. Sauter AG, CH-4016 Basel, Tel. 061/695 55 55, Fax 061/695 55 10, Telex 962 260