

Dipl.-Ing. A. Pahlitzsch

Veröffentlichung zum Patent Nr.: 199 11 423

Thema: **Ergänzung des Einrohr-Entlüftungssystems zur Schaffung einer konstanten Druckdifferenz zwischen den zu entlüftenden Räumen und der Strangleitung bei variablen äußeren Bedingungen**

Bearbeitet von: **Dipl.-Ing. A. Pahlitzsch**

Dresden, 07.04.2001

Inhaltsverzeichnis

1. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN	3
1.1 DIE NOTWENDIGKEIT DER ENTLÜFTUNG INNENLIEGENDER, FENSTERLOSER RÄUME	3
1.2 AUFBAU DES EINROHR-ENTLÜFTUNGSSYSTEMS	3
1.3 PROBLEME BEIM EINROHR-ENTLÜFTUNGSSYSTEM	4
2. PROBLEMLÖSUNG	4
2.1 LÖSUNGSVORSCHLÄGE ANDERER INGENIEURUNTERNEHMEN.....	4
2.2 ERGÄNZUNG DES EINROHR-ENTLÜFTUNGSSYSTEMS	4
2.2.1 Physikalische Grundlagen	4
2.2.2 Rückschlüsse auf die Druckverhältnisse im Lüftungssystem	6
2.2.3 Einzuhaltende Richtlinien und Forderungen	6
2.2.4 Beschreibung des Systems	7
3. ZUSAMMENFASSUNG	9
4. LITERATURVERZEICHNIS	9

1. Allgemeine Grundlagen

1.1 Die Notwendigkeit der Entlüftung innenliegender, fensterloser Räume

Häufig ist es notwendig und zweckmäßig, Sanitärräume oder Wohnungsküchen innenliegend, d.h. ohne Außenfenster, anzuordnen. Dabei kann es vorkommen, daß die anfallende Menge an Wasserdampf die zulässigen Grenzwerte überschreitet. Außerdem ist in vielen Fällen mit einer Geruchsbelastigung zu rechnen. Daher ergibt sich aus hygienischen Gründen und unter dem Aspekt der Bauklimatik die Notwendigkeit einer maschinellen Entlüftung. Die Richtlinien dazu sind in der DIN 18017 [1] sowie in der DIN 1946 [2] niedergelegt.

Eine Möglichkeit der Entlüftung ist das Einrohr-Entlüftungssystem mit Einzelraumentlüftern.

1.2 Aufbau des Einrohr-Entlüftungssystems

Einrohr-Entlüftungssysteme zeichnen sich dadurch aus, daß Strangleitungen vertikal über eine oder mehrere Etagen bis ins letzte Obergeschoß und dann über das Dach führen. An den senkrechten Strängen sind in jeder Etage Einzelraumentlüfter angeschlossen, die im Bedarfsfall in der Lage sind, jeweils einen Volumenstrom von ca. 60 bis 90 m³/h zu fördern. Die Fortluftöffnung der Strangleitung befindet sich meist über dem Dach.

Entsprechend der DIN 18017 muß ein Überströmen von Abluft einer Entnahmestelle zur anderen verhindert werden. Deshalb sind die Einzelraumentlüfter mit einer Rückschlagklappe ausgestattet. Zur Vermeidung des Übergreifens von Bränden haben die Geräte üblicherweise eine Brandschutzklappe. Abhängig vom Fabrikat des eingesetzten Einzelraumentlüfters, wird die Funktion der Rückschlagsicherung und die Brandsicherung in einem Bauteil vereinigt. Die Trennung beider Schutzfunktionen ist auch gängig. Bei der Inbetriebnahme des Einzelraumentlüfters wird die Klappe durch den geförderten Luftstrom geöffnet. Das Schließen der Klappe erfolgt nach der Abschaltung des Ventilators durch eine Feder oder das Eigengewicht.

Im zu entlüftenden Raum muß dafür gesorgt werden, daß die verbrauchte und abgeführte Luft ergänzt wird. Aus Gründen des Brandschutzes sind die Wohnungseingangstüren sehr luftundurchlässig. Deshalb muß die Nachströmung der Luft durch die Fenster gewährleistet werden.

Neu eingebaute Fenster besitzen eine sehr geringe Fugendurchlässigkeit. Deshalb werden häufig im Fensterrahmen integrierte Zuluftlemente verwendet. Für die Zeit des Abluftbetriebes ist so eine Versorgung mit Zuluft gesichert.

1.3 Probleme beim Einrohr-Entlüftungssystem

Zeitweise kommt es bei vorwiegend hohen Gebäuden, niedrigen Außentemperaturen und großen Windgeschwindigkeiten zu sehr störenden Klappergeräuschen, wenn die Einzelentlüftungsgeräte nicht in Betrieb sind. Dabei kann man Schallpegel von 50 bis 60 dB(A) messen.

Diese Geräusche werden durch das Öffnen und Schließen der Rückschlag- bzw. Brandschutz- oder kombinierten Klappen in den Einzelraumentlüftern verursacht. Es muß davon ausgegangen werden, daß unterstützt durch den thermischen Auftrieb bei starken Windlagen, auf Luv- und Leeseite eines Gebäudes bei Einrohr-Entlüftungssystemen Klappergeräusche in den Einzelraumentlüftern auftreten können.

2. Problemlösung

2.1 Lösungsvorschläge anderer Ingenieurunternehmen

Zur Beseitigung dieser Mängel wurden verschiedene Hersteller von Einrohr-Entlüftungssystemen aufgefordert und Ingenieurunternehmen um ihre Mitarbeit gebeten.

Die Palette der Vorschläge reicht von schwerkraftbelasteten Klappen im Ende der Strangleitungen über Öffnungen der Strangleitung im Drempegelgeschoß oder auf dem Dach bis hin zur Änderung der Fortluftdurchlässe. Keiner dieser Lösungsansätze führt jedoch zu den gewünschten Verbesserungen.

2.2 Ergänzung des Einrohr-Entlüftungssystems

2.2.1 Physikalische Grundlagen

Zunächst ist zu prüfen, welche Beziehungen zwischen den Druckverhältnissen vor der Fassade und im dahinter liegenden Raum bestehen. Dazu kann gesagt werden, daß aufgrund der Zuluftelemente in den Fensterrahmen unmittelbar auf der Oberfläche des Gebäudes derselbe statische Druck wie im angrenzenden Raum herrscht.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die Differenz des statischen Druckes auf dem Dach (am Ende der Strangleitung) und vor der Fassade der Auslöser des Klappens ist. Durch einen Überdruck im Raum gegenüber der Strangleitung kommt es zum Öffnen der Rückschlagklappe (siehe Abbildung 1). Dadurch kann ein Druckausgleich stattfinden und die Klappe wird durch die Federkraft oder ihre eigene Gewichtskraft wieder geschlossen. Die periodische Wiederholung dieses Vorgangs ist als das Klappern zu bezeichnen.

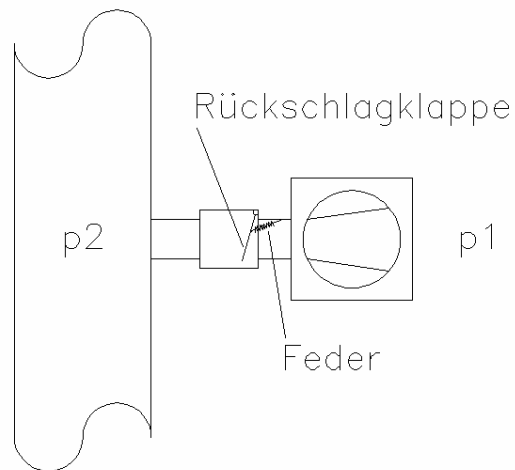


Abbildung 1, Prinzips der Einzelentlüftungsgeräte mit Rückschlagklappe

Bei niedrigen Außentemperaturen verstärkt der Einfluß des thermischen Auftriebes diese Geräusche.

Es stellt sich nun die Frage, welche Druckdifferenzen auftreten, mit der die Lärmentwicklung einher geht und ob es Unterschiede zwischen Luv- und Leeseite gibt.

Die Informationen zu den Druckverhältnissen am Gebäude liefert ein Modellversuch im Windkanal [3]. In dessen Auswertung zur Druckverteilung an hohen Gebäuden gesagt werden kann, daß sich im wesentlichen drei Druckzonen herausbilden (siehe Abbildung 2), bezogen auf den Staudruck der Luftströmung, die das Gebäude umspült.

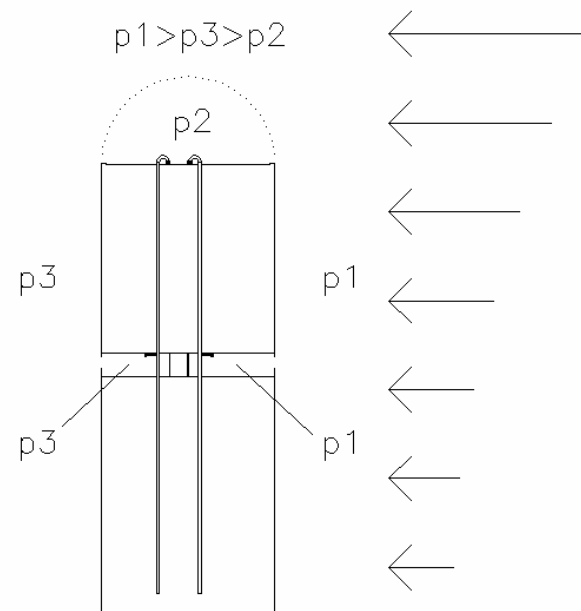


Abbildung 2, Druckverteilung an einem Hochhaus

Zone 1: Die Druckzone mit Überdruck ist im Bereich der Luvseite des Gebäudes zu finden.

Zone 2: Als separate Zone muß das Dach bezeichnet werden. Auf diesem ist ein sehr großer Unterdruck zu verzeichnen.

Zone 3: An der Leeseite und den Randseiten herrscht Unterdruck.

Die Ausprägung ist, weil vom Staudruck der Strömung abhängig, natürlich wesentlich von der Geschwindigkeit des Fluids beeinflusst.

2.2.2 Rückschlüsse auf die Druckverhältnisse im Lüftungssystem

Man kann davon ausgehen, daß unterstützt durch den thermischen Auftrieb bei starken Windlagen auf Luv- und Leeseite mit Klappergeräuschen zu rechnen ist. Die Ursache dafür liegt in dem Unterdruckgebiet des Daches. Bei geringeren Windstärken oder höheren Außentemperaturen ist die Druckdifferenz zwischen der Strangleitung (Dach) und Leeseite geringer. Demzufolge ist die, auf die Rückschlagklappe wirkende Kraft kleiner, als die Feder- oder Gewichtskraft und das Klappergeräusch tritt nicht auf.

Es kann festgestellt werden, daß das Öffnen und Schließen der Rückschlagklappe von der Druckdifferenz zwischen dem statischen Druck vor der Fassade und dem des Daches abhängt. Bei einem bestimmten Wert, der natürlich vom verwendeten Fabrikat des Einrohr-Entlüftungssystems abhängig ist, kommt es zu ersten ungewollten Bewegungen der Rückschlagklappe.

Weiterhin kann definitiv gesagt werden, daß die Art des Fortluftdurchlasses auf dem Dach keinen Einfluß auf die Druckverhältnisse im Strang hat.

2.2.3 Einzuhaltende Richtlinien und Forderungen

Beim Auswählen der zu treffenden Maßnahmen gegen das Klappern ist einer Reihe von Randbedingungen Rechnung zu tragen. Diese Forderungen leiten sich in erster Linie aus den gültigen Normen und Richtlinien ab. Ebenso sind aber auch finanzielle Aspekte zu betrachten. So z.B.:

- Einhaltung des Brandschutzes (DIN 4102)
- Beachtung der Forderungen hinsichtlich des zu fördernden Luftvolumenstroms und Vermeidung der Übertragung von Gerüchen (DIN 18017)
- Einhaltung der Grenzwerte hinsichtlich der Schalldruckpegel von RLT-Anlagen (DIN 1046, VDI 2081)
- Möglichst geringer Platzbedarf
- Ein Nachrüsten der vielen bereits vorhandenen Anlagen sollte ohne größeren Aufwand realisierbar sein

- Der Eingriff in die Wohneinheiten von Mietern sollte vermieden oder auf ein Minimum reduziert werden
- Die Installation soll möglichst einfach und ohne großen Aufwand durchführbar sein

Die bekannten Vorteile der bedarfsabhängigen Einzelraumentlüftung sollen weiterhin gewahrt bleiben. Es gilt sicherzustellen, daß ausschließlich die unangenehmen Klappergeräusche beseitigt werden.

2.2.4 Beschreibung des Systems

An eine senkrechte Strangleitung sind mehrere Einzelraumentlüfter mit Rückschlag- bzw. Brandschutz- oder kombinierten Klappen angeschlossen.

Im Drempeel oder Dachgeschoß wird eine differenzdruckgeregelter Klappe mit Klappenblatt und Stellmotor in der Strangleitung installiert. Diese differenzdruckgeregelter Klappe befindet sich in Strömungsrichtung nach der letzten Anschlußstelle eines Einzelraumentlüfters. Die differenzdruckgeregelter Klappe ist in der Stellung ihres Klappenblattes variabel.

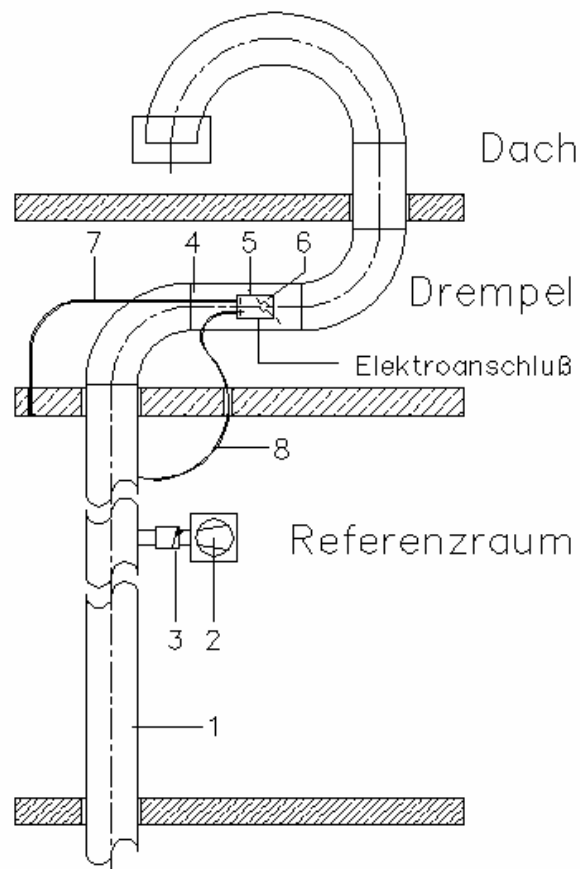


Abbildung 3, Einrohr-Entlüftungssystem mit konstanter Druckdifferenz

Als Führungsgröße zur Stellung des Klappenblattes wird die Druckdifferenz zwischen der Strangleitung und einem vorher definierten Referenzraum mit einem Einzelraumlüfter verwendet. Die Druckerfassung erfolgt durch Impulsleitungen. Dabei wird eine Impulsleitung direkt an die Strangleitung angeschlossen und die andere Impulsleitung am Referenzraum. Nach einem Vergleich der Drücke von Referenzraum und Strangleitung reagiert die differenzdruckgeregelter Klappe bei Differenzen mit einer Stellbewegung des Klappenblattes.

Auf diese Weise wird dafür gesorgt, daß in der Strangleitung ein ähnlicher statischer Druck herrscht, wie in den zu entlüftenden Räumen. Dadurch werden Klappergeräusche durch die Rückschlag- bzw. Brandschutz- oder kombinierten Klappen vermeidbar.

Die Arbeitsweise des dargestellten, ergänzten Einrohr-Entlüftungssystems kann wie folgt beschrieben werden: Im Zustand der Windstille und wenn kein Einzelraumlüfter **2** betrieben wird, ist die differenzdruckgeregelter Klappe **4** in Abhängigkeit der vorherrschenden Außentemperatur geöffnet oder geschlossen. Das bedeutet, das Klappenblatt **5** steht senkrecht (geschlossen, bei niedrigen Außentemperaturen) oder waagrecht (geöffnet, bei hohen Außentemperaturen) zur Rohrachse. Die Stellung des Klappenblattes **5** hängt davon ab, ob die Außenluft wärmer oder kälter als das Gebäudeinnere ist.

Ändern sich bei geschlossenem Klappenblatt **5** die Windverhältnisse, kann es durch das dichte Schließen der differenzdruckgeregelter Klappe **4** nicht zu einer Druckdifferenz zwischen dem Referenzraum und der Strangleitung **1** kommen.

Bei der Inbetriebnahme eines Einzelraumlüfters **2** steigt der Druck im Inneren der Strangleitung **1**. Dieser Druck wird mit der Impulsleitung **8** aufgenommen. Der Druck im Referenzraum wird mit der Impulsleitung **7** erfaßt. Weicht die Differenz zwischen beiden Drücken vom Sollwert ab, wird die Stellung des Klappenblattes **5** mit Hilfe eines Stellmotors **6** geändert, bis sich die vorgegebenen Werte einstellen. In gleicher Weise setzt sich dieser Vorgang beim Zu- oder Abschalten weiterer Einzelraumlüfter **2** fort.

Im Sommerfall, bei geöffneter differenzdruckgeregelter Klappe **4**, das Klappenblatt **5** steht waagrecht zur Rohrachse, bewirkt eine Änderung der Windlagen zunächst ein leichtes Schließen des Klappenblattes **5**, was jedoch durch die Erhöhung der Abluftmenge zurückgesetzt wird.

Hauptsächlich sind dem umfassenden Einsatz des Einrohr-Entlüftungssystem zwei Grenzen gesetzt.

1. Die zu entlüftenden Räume eines Stranges müssen die gleiche Orientierung im Gebäude haben wie der Referenzraum. Durch dichte Türen muß eine Abgrenzung der Druckbereiche innerhalb des Gebäudes gegeben sein. Besteht eine Verbindung zwischen Luv- und Leeseite, kommt es zu undefinierten Druckverhältnissen, was die Regellogik außer Betrieb setzt.
2. Bei der Betrachtung eines Windprofils wird augenscheinlich, daß aufgrund der Reibung an der Erdoberfläche und der Zähigkeit der Luft eine Grenzschicht in

der Luftströmung besteht. Das bedeutet, die Luftgeschwindigkeit ist abhängig von der Höhe über dem Erdboden. Resultierend ist auch der Staudruck des Fluids, als statischer Druck vor der Fassade und damit im Raum, von der Höhe über dem Erdboden abhängig.

$$P_{Stau} = \frac{\rho}{2} * c_y^2$$

$$c_y = f(h_y)$$

Das hat zur Folge, daß der statische Druck im Raum eines unten liegenden Geschosses geringer ist, als der im Referenzraum. Dagegen herrscht im Strang an jeder Stelle der gleiche Druck. Ein unten angeordnetes Einzelentlüftungsggerät muß einen größeren Druck erzeugen, um den gleichen Volumenstrom zu fördern. Das ist nur in gewissen Grenzen möglich, die in der DIN 18017 festgelegt sind.

3. Zusammenfassung

Wichtige Aspekte bei der Suche nach Lösungsansätzen für die Beseitigung der Klappergeräusche in Einrohr-Entlüftungssystemen sind die vielschichtigen Randbedingungen, die zu beachten sind. Sowohl den Richtlinien des Brandschutzes, den Forderungen des Schall- und Emissionsschutzes und ökonomischen Anforderungen gilt es gerecht zu werden. Durch den Einsatz der differenzdruckgeregelten Klappe im Einrohr-Entlüftungssystem gelingt es, bei variablen äußeren Bedingungen (Temperatur, Windrichtung und Windstärke) im Strang und den zu entlüftenden Räumen gleiche Druckverhältnisse zu schaffen, was eine gleichmäßige Luftförderung garantiert. Dies war bisher nicht gegeben. Es werden, unter Beibehaltung aller Vorteile des Einrohr-Entlüftungssystems, nur die störenden Klappergeräusche beseitigt. Für dieses patentierte System ist in neu zu errichtenden sowie in bereits sanierten Anlagen, in denen derzeit die Geräuschbelästigungen auftreten, ein weites Verwendungsfeld vorhanden. Der Praxistest in 52 bisher realisierten Anlagen mit rund 1700 Einzelraumentlüftern hat über einen Zeitraum von nunmehr rund zwei Jahren die Zweckmäßigkeit der technischen Neuerung im Einrohr-Entlüftungssystem bestätigt.

4. Literaturverzeichnis

- [1] DIN 18017
- [2] DIN 1946
- [3] Brechling, Költzsch, Kirchner
Untersuchung der Druckverteilung um ein Hochhaus WHH 17 (unveröffentlicht)
PlanBau Dresden GmbH, Wohnungsbaugesellschaft Pirna m.b.H., 1997
- [4] Recknagel, Sprenger, Höhnemann
Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 1992/93
R. Oldenburg Verlag, München Wien, 66. Auflage, 1992