

*Ventilatoren in der Praxis***Anwendungsfehler erkennen
und vermeiden***Rüdiger Pielke, Maintal*

Ventilatoren sind Strömungsmaschinen zur Förderung von Luft, die wir nicht sehen und fassen können und die uns zurufen könnte „ihr lebt mit mir und kennt mich nicht“. Luft, sie ist nicht nur unser wichtigstes „Lebensmittel“ sondern auch ein Stoff, ein Gut, das auf vielfältigste Weise in allen Bereichen des technisierten Lebens genutzt und durch Ventilatoren „transportiert“ wird. Die auf den Bedarfsfall zugeschnittene, optimale Auswahl eines Ventilators, die Klärung der Materialfrage, die Einbindung des Ventilators in eine Anlage, die Festlegung des Antriebes sowie die erforderliche Regelung und Steuerung, das alles sind Fragen, die von einem Fachmann zu bearbeiten sind.

Da das erforderliche Know-how hinsichtlich Planung und Ausführung einer Ventilatoranlage stets unterschätzt wird, kommt es von Generation zu Generation immer wieder zu Anwendungsfehlern. In Ergänzung zur vorliegenden Fachliteratur, die auch die nötige theoretische Untermauerung bietet, will der Autor hier Praxisbeispiele zur Sensibilisierung besonders der jüngeren Leserschaft vorstellen.

**Einige Hinweise –
bitte beachten**

Nur selten wird bedacht, daß 1 Kubikmeter Luft ca. 1,2 kg wiegt und daß ein Ventilator, der 5000 m³ Luft/h zu fördern hat, ein „Fördergut“ von 6000 kg/h „zu bewegen“ hat. Damit ein Ventilator, diese oft „unbekannte und unverstandene Maschine“ diese Aufgabe optimal erfüllen kann, sind die nötigen Förderwege, d. h., die Kanäle und Rohrleitungen, unter dem Gesichtspunkt einer sparsamen Energienutzung zu berechnen und zu gestalten. Ein Konstrukteur der Fachrichtung Lufttechnik weiß, daß er jeden Einzelfall immer wieder neu zu betrachten hat, denn „Luft ist ein sperriges Fördergut“ und ein Ventilator arbeitet nur entsprechend seiner Charakteristik, nicht aber unbedingt so, wie man es gerne hätte.

Wird ein Ventilator in Richtung Volumenstrom, Druckdifferenz oder auch Drehzahl unter- oder auch überdimensioniert, und wird eine Anlage insgesamt fehlerhaft gestaltet, so kann es die unterschiedlichsten Probleme geben, die Ärger, Schäden und damit auch Kosten verursachen können. Luftkanäle aus Kunststoff können platzen und selbst bei Blechkanälen können schlagartig erhebliche Implosionsschäden infolge Unterdruck auftreten – nur als Ergebnis einer unsachgemäßen Ventilator-Klappensteuerung. Durch auf- und zufliegende Türen kann es zu dramatischen Personenschäden kommen und abgehängte Decken können sich entweder „leicht heben“ oder mit Getöse herunterfallen. Weitere Schäden kann es an Filtern und Schalldämpfern geben, wenn die Schubkraft der Luft eine gewisse Größe überschreitet, die bei der Anlage-Projektierung nicht bedacht wurde.

Zu erwähnen sind letztlich noch die Schallemissionen und Schwingungen, die von Ventilatoren ausgehen und die durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden sind.

zum Autor

**Dipl.-Ing.
Rüdiger Pielke,
Maintal**



Um einige der gemachten Aussagen besser verstehen zu können, sollen hier folgende Zahlen genannt werden:

10 Pa Über- oder Unterdruck entspricht einer Kräfteinwirkung von 10 N/m². Besteht in einem Raum ein Überdruck von 50 Pa und drückt dieser auf eine Tür von 2 Quadratmeter Fläche, dann wirkt hier eine Kraft von 100 N, gegen die man – je nach Standpunkt – ziehen muß oder von der man, steht man auf der Gegenseite, beim Öffnen einen kräftigen Schlag erhalten kann.

Ventilatoren – kurz gestreift

Ventilatorenkunde ist eine eigene Disziplin – und Wissenschaft. Hier soll nur auf folgendes hingewiesen werden:

Jeder Ventilator hat ein ganz bestimmtes Laufrad zur Luftförderung, das, auch in Verbindung mit der Laufrad-Lagerung und dem Antrieb, der zugewiesenen Aufgabe entspricht.

Bild 1 zeigt die typischen Laufräder mit vorwärts und rückwärts gekrümmten Schaufeln, wie sie in weiten Bereichen der Lüftungs- und Klimatechnik üblich sind.

Bild 2 zeigt einen doppelseitig-saugenden Radialventilator mit integriertem Antriebsmotor und einem aerodynamisch-optimierten Laufrad (Werkbild: Ziehl-Abegg).

Im Bild 3 ist ein sog. „freilaufendes Rad“ zu sehen. Dieser Ventilator (Werkbild ALKO) wird direkt in ein Lüftungsgerät eingebaut. Die Luftaustrittsöffnung kann weitestgehend nach Bedarf gewählt werden, so daß man sich an örtliche Verhältnisse hinsichtlich der Kanalführung gut anpassen kann.

Die Vorteile dieser Ventilatoren ohne Keilriemenantrieb liegen darin, daß

- kein Keilriemenantrieb mehr anfällt (wichtig bei Reinräumen),
- daß keine Keilriemenwartung mehr nötig ist, die den Betrieb unterbrechen würde,
- daß ferner hervorragende Möglichkeiten der Motor-Drehzahlregelung bestehen
- und daß lufttechnisch verbesserte Gerätekonstruktionen möglich sind.

Ergänzend zu diesen Ausführungen soll auf Bild 4, auf „eine“ Ventilator-Kennlinie hingewiesen werden. Die Ventilator-Kennlinien dienen zur Auswahl des Ventilators und zur Festlegung seines Betriebspunktes. Dieser sagt konkret aus, welcher Luftvolumenstrom bei welcher Betriebsdrehzahl des Ventilators unter Berücksichtigung sämtlicher Reibungsverluste innerhalb der Anlage erreicht werden kann.

Die 5 von linksoben nach rechts unten abfallenden Kurven stehen für Drehzahlen, die per 5stufigem Drehzahlsteller eingestellt werden können. Gelegentlich sind die Drehzahlkurven in einem kleinen Bereich „flach“ und nicht „steil“. Man muß wissen, daß man dann einen gewünschten Luftvolumenstrom nicht mit absoluter Sicherheit erreichen kann und daß dann sogar ein Pendeln zwischen zwei Volumenströmen möglich ist. Dies kann man hören, denn der Ventilator erzeugt dann „eigenartige Geräusche“. In derartigen Fällen kann man wie folgt Abhilfe schaffen: Man reduziert die Drehzahl leicht – und beseitigt so das Übel. Ventilator-Kennlinien (im vorliegenden Fall passend zu einem Ziehl-Abegg-Ventilator) muß man studieren und man sollte es lernen, mit ihnen zu arbeiten, damit man standfest wird.

Einblicke in die Praxis

Wer als Fachmann ausgeführte Anlagen mit offenen Augen betrachtet, der weiß oftmals nicht, ob er lachen oder weinen soll. Da selbst Fachfirmen längst nicht immer ihr Fach beherrschen und traurige Beweise ihres Nichtkönnens abliefern, muß man fragen: „Was soll dabei herauskommen, wenn ein Unkundiger die Lösung

lufttechnischer Aufgaben in die Hand nimmt“?

Bild 5 zeigt einen Ventilator, der Fortluft übers Dach ins Freie fördert. Ein konisches Kanalstück mit leichter Erweiterung und weitmaschigem Schutzgitter am Luftaustritt wirkt als Diffusor. Er dient, kurz gesagt, der Anlagen-Optimierung und konkret, der Minderung des Gesamt-Reibungswiderstandes. Die Theorie

über den Diffusor ist in jedem guten Fachbuch für Lufttechnik nachzulesen. Es würde den Rahmen sprengen, sie hier zu erörtern.

Man mag einwenden „da kann doch Regenwasser in den Ventilator eintreten.“ Die Antwort dazu heißt „ja, und?“ Jeder gute Ventilator verfügt über einen Kondenswasser-Ablaufstutzen und so wird er nie zur „Pumpe“.

Bei der Ausführung, die Bild 6 zeigt, wurde am Luft-Austrittsrohr völlig unnötig ein sog. Regenschutz aufgesetzt – aber mit welchem Ergebnis? Der Ventilator erfährt hier einen „Rückstoß“ und er reagiert mit einer erheblichen Leistungsminderung, die bei 30 % und höher liegen kann.

Derjenige, der die Ausführung nach Bild 7 gestaltet hat, er sah die Sache wohl unter folgendem Gesichtspunkt: Die Fort-

luft sollte unter Nutzung eines „Düsen-effektes“ möglichst hoch über die Dächer geführt werden, um einen guten Verdünnungseffekt schadstoffbelasteter Luft zu erzielen. Die erste Querschnittsverengung erfolgte direkt über dem Ventilator. Der Querschnitt wurde von eckig auf rund reduziert (nahezu 25 % Querschnittsverlust) Die zum Abschluß aufgesetzte Düse tat ihr weiteres – man erreichte nur ca. 50 % der gewünschten Luftleistung. Ja, man wollte den Ventilator „vergewaltigen“ – aber er reagierte getreu seiner Kennlinie.

Bei der Anlage nach Bild 8 ging es vermutlich (lakonisch gesagt) um eine Verwechslung. Der Ventilator wurde hier scheinbar mit einer Pumpe verglichen. Der Installateur dachte nicht luft- sondern wassertechnisch. So versah er einen 250er Ventilator mit 100- bzw. auch 150 mm dicken Anschlußleitungen. Da die Anlage nicht funktionierte, kam schließlich die Frage „was kann man da machen“?

Bild 9 zeigt eine schon verwegene Kanalführung. 2 Rohrleitungen waren dem Ventilator im Weg und so wurden diese mittels 4 St. 90°-Bogen umgangen. Die Anlage funktionierte zwar, aber ein Meisterstück war's nicht. Bild 10 zeigt, wie man eleganter und fachtechnisch besser hätte bauen können.

Eine durch Unterdruck in sich eingezogene, viel zu lange elastische Verbindung am Ventilator-Saugstutzen war die Ursache für etwa 30 % Luftleistungsverlust, die sich bemerkbar machten. Nach Behebung des Mangels kam der Ventilator auf seine gewünschte Leistung.

Bild 12 zeigt eine unglückliche Einbausituation, die innerhalb eines Dachgebälkes angetroffen wurde. Dicht vor dem Ventilator-Zuluftaustritt lag ein Dachbalken und so wurde der Zuluftkanal darunter hindurchgequetscht. Es kam zu einer Luftleistungsreduzierung von über 50 %. Hätte man die Anlage sauber geplant und nicht improvisiert, dann hätte man den Luftaustritt auch im unteren Bereich des Gerätes haben können. Da der Ventilator zu einer Klimaanlage mit Direktverdampfung gehörte, erbrachte die Anlage nicht die erforderliche Leistung und infolge des Luftmangels entstanden mehrere Verdichterschäden. Die Lehre daraus: Man muß vorher planen, das heißt „erst ein Bauaufmaß nehmen und dann die Sache konstruktiv durcharbeiten“.



Bild 1



Bild 2

Bild 13 zeigt ein wahrhaft lufttechnisches Monstrum. 2 Stück Ventilatoren, die wahlweise auch einzeln betrieben werden sollen, sind an ein Fortluftrohr angeschlossen. Hier passiert, wie man es nachvollziehen kann, folgendes: Bei Einzelbetrieb bläst ein Ventilator in den anderen hinein. So kann zumindest ein Teil der Luft wieder rückwärts ins Gebäude zurückgeführt werden und nur ein anderer Teil der Luft findet wahrscheinlich den gewünschten Weg ins Freie. Bei Doppel-

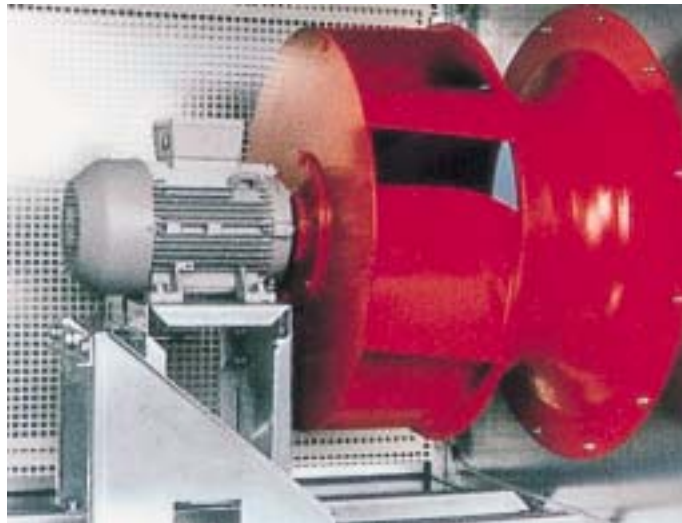


Bild 3

betrieb „bollern“ die Ventilatoren gegeneinander und da ist dann sprichwörtlich „die Hölle los“. Über 50 % Luftleistungsverlust sind wahrscheinlich.

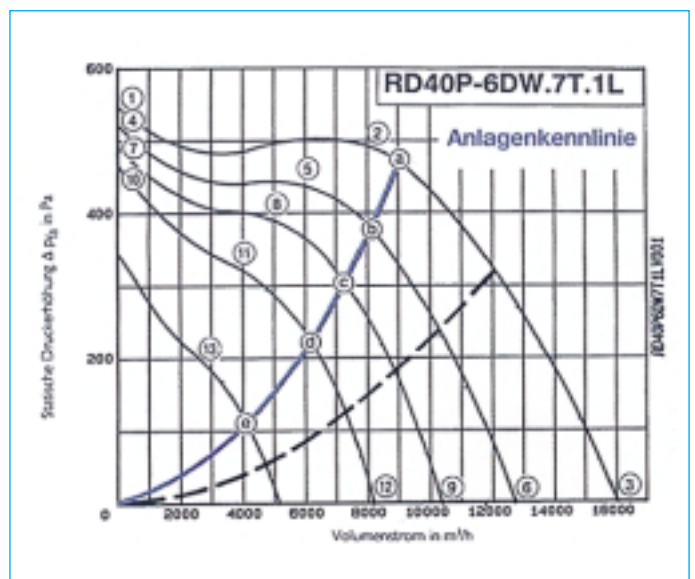
Nein, so kann es nicht gehen, die gestellte Aufgabe wäre nur nach Bild 14 zu lösen. Die Luftströme müssen schräg und versetzt in das Fortluft-Standrohr eingeführt werden.

Bild 15 zeigt einen interessanten Fall, wie er in abgewandelter Form immer wieder vorkommt. Die 8 Teil-Luftströme einer Abluftanlage sind über einen Volumenstromregler jeweils fest eingestellt. Es wurde ein Volumenstrom-Meßprotokoll erstellt und der Betriebspunkt des Ventilators war somit in seinem Kennlinienfeld fest definiert. Auf die Frage an den Anlagen-Ersteller „kann man den Ventilator noch für einen weiteren Teilluftstrom nutzen?“ hieß es „nein, man benötigt einen

weiteren Ventilator“. Ein dann nochmals hinzugezogener Fachmann, der die Anlage von der Konstruktionszeichnung und von der Ventilator-Kennlinie her beurteilte, sagte nach 10 Minuten „ein neuer Ventilator wird nicht benötigt, der vorhandene Ventilator reicht aus.“ So konnten 5000 € gespart werden.

Ein Stück „laienhafte Lufttechnik“ ist wieder im Bild 16 zu sehen. Einem Ventilator, der Luft aus einem Raum absaugen soll, wurde zunächst ein Druckplenium nachgeschaltet. Dann wurde im Abgang von 90° ein dünneres Rohr durch eine Wand geführt und dieses wiederum mit einem Druckplenium zur Führung der Luft ins Freie verbunden. Vorteilhaft wäre auch eine strömungstechnisch gerundete Lufterströmdüse auf der Saugseite des Ventilators. Aber, hier waren Laien am Werk.

Bild 4



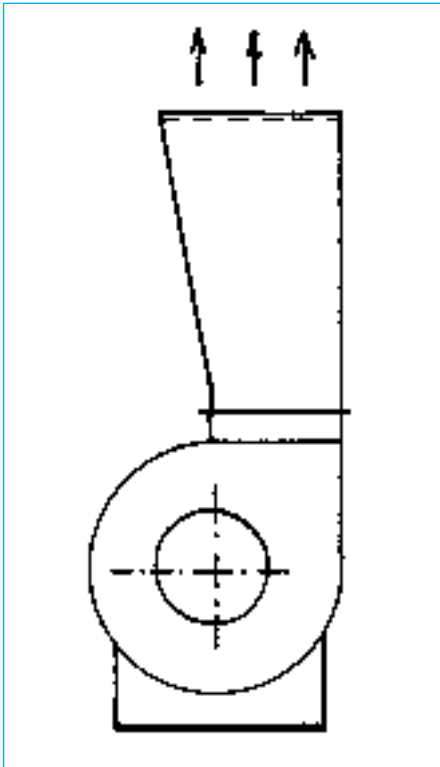


Bild 5

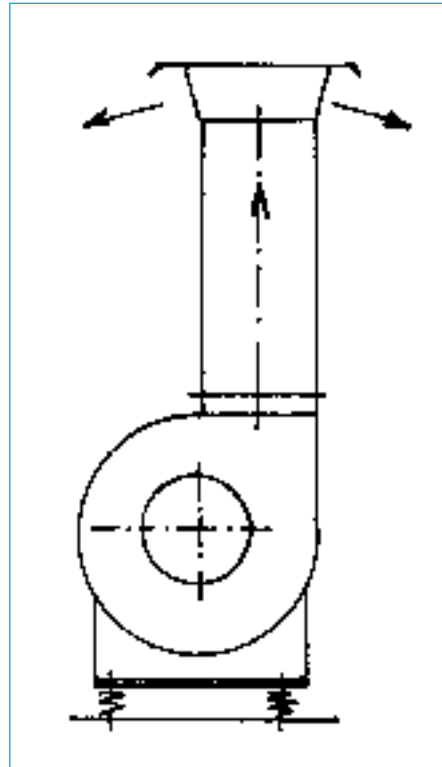


Bild 6

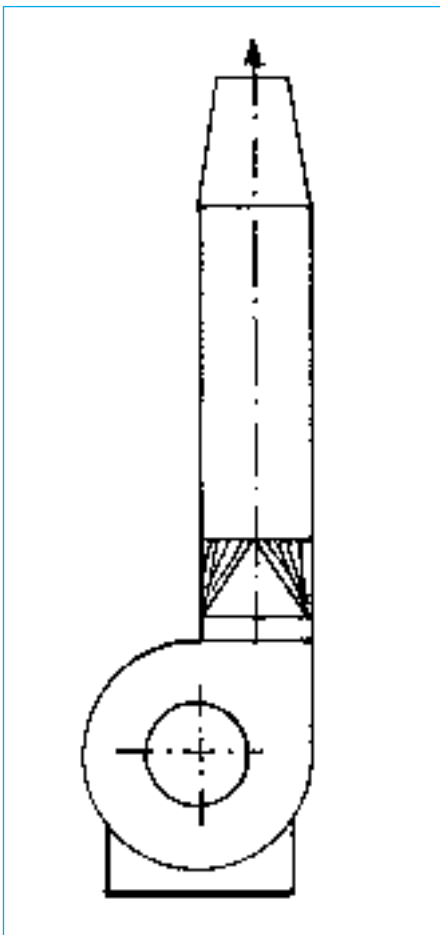


Bild 7

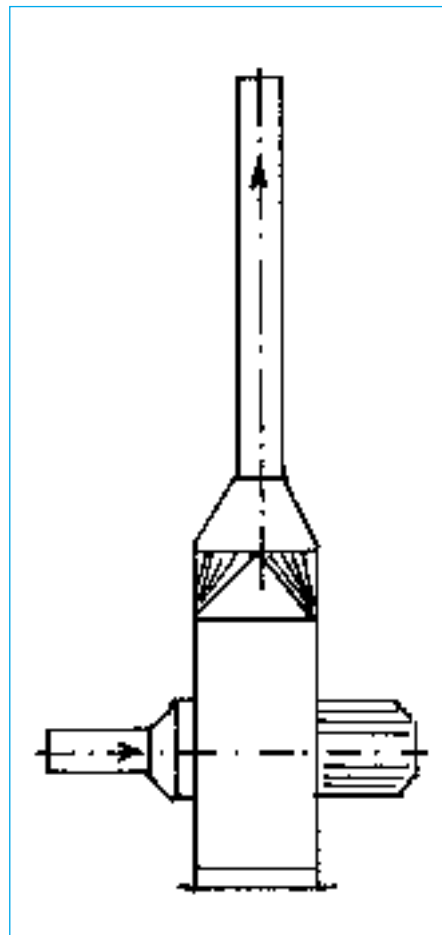


Bild 8

Es war eine Fachfirma mit bestem Namen, die einem Lüftungsgerät einen Schalldämpfer in der Art, wie in Bild 17 dargestellt, nachschaltete. Der Stoßverlust, der hier auf den Ventilator einwirkte, kam voll zur Wirkung. Die Anlage brachte nur 50 % der gewünschten Luftleistung.

Der mit dargestellte Alternativ-Schalldämpfer hingegen, bei dem die Mittelkulissen mit Strömungskalotten bestückt sind, hat sich in einem Vergleichsfall bewährt. Dieses Beispiel zeigt: Man muß mit etwas Gefühl und Verstand an die Dinge herangehen und sich auch die Zeit für solide Konstruktionen nehmen.

Die Bilder 18 und 19 zeigen den Einsatz von Axialventilatoren, die es in sehr unterschiedlichen Ausführungen gibt. Bild 18 soll verdeutlichen: Der Ventilator-Antriebsmotor ist beim Axialventilator vielfach saugseitig angeordnet. Polt man bei diesen Ventilatoren einen 400-Volt-Motor um und drückt die Luft über den Motor, dann erreicht der Ventilator nur noch etwa $\frac{2}{3}$ seiner Leistung. Das führte in einem konkreten Fall zu vielen Störungen bei einer Kälteanlage, bei der der Kondensator-Ventilator um 180° gedreht eingebaut wurde. Nach Erkennen des Mangels lief die Anlage störungsfrei.

Dem Bild 19 kann man entnehmen, wie Ideen oftmals regelrecht „sprudeln“ können. Dargestellt ist ein Wandluftheizer. Der Betreiber der Anlage wollte diesen jedoch nicht mehr so nutzen wie dargestellt. Die hier erzeugte Warmluft sollte einem anderen Raum zugeführt werden. So ließ er folgendes ausführen:

- Die Außenluft-Ansaugöffnung wurde verschlossen.
- An die Umluft-Eintrittsöffnung wurde ein Luftkanal zur Luft-Umlenkung angesetzt und
- der Motor wurde umgepolt, so daß es zu einer Umkehrung des Luftstromes kam.
- Das Gerät saugte so die Luft aus dem bisher zu erwärmenden Raum an und förderte sie über den neuen Kanal in den Nebenraum. Leider kam dort zu wenig Luft an und die ganze Aktion entpuppte sich als Flop.

Ergänzend dazu muß gesagt werden, daß man hier mit der Motor-Umpolung gut vertraut war. In einem ganz anderen Fall wurde ein Lieferant angerufen und ihm wurde gesagt: „Der Motor zu unserem Ventilator läuft ‚links‘ herum. Wir benötigen dringend einen Motor, der ‚rechts‘ dreht“.

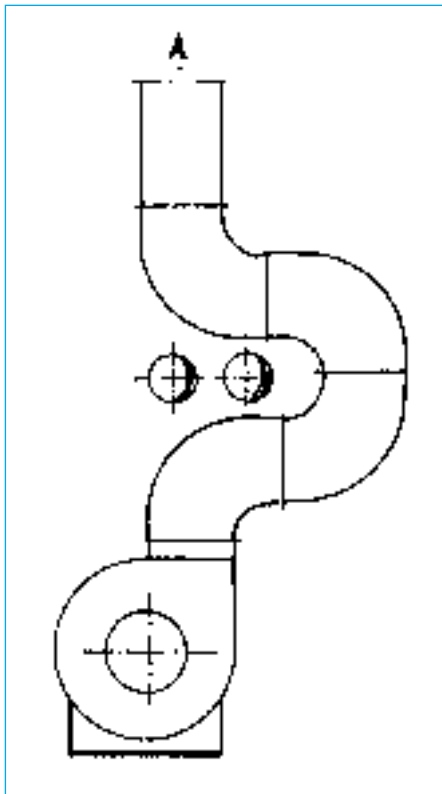


Bild 9

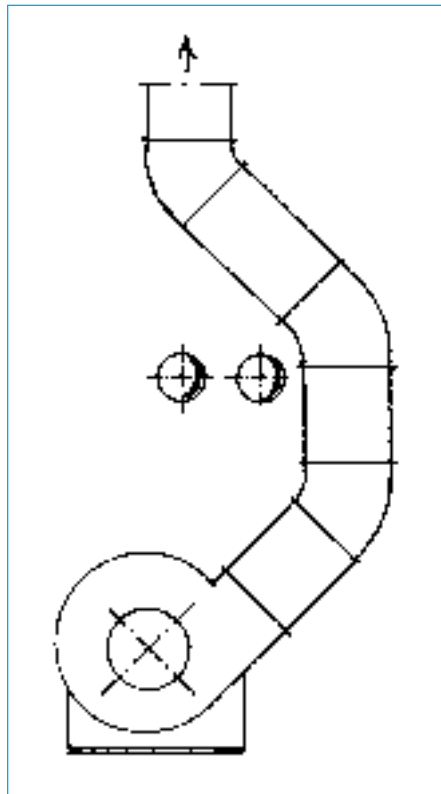


Bild 10

So, wie es in der Sprache Stilblüten gibt, so gibt es echte Blüten der Technik. Bild 20 zeigt eine Ventilator-Ablufteinheit in ganz eigenartiger Ausführung und man muß, wenn man dieses Bild betrachtet, fragen „warum ist dies alles so kompliziert gestaltet und wozu benötigt man hier ein Druck-Plenum?“ Als Betrachter kann man hier nur einiges nachempfinden und diese Gedanken sollen für ähnliche Fälle festgehalten werden: Der Anbieter wollte offensichtlich „Gerätevolumen“ verkaufen. Um günstig zu sein, wählte er bewußt einen zu kleinen Trommelläufer-Ventilator aus, der für den vorgesehenen Betriebsfall bereits „rechtsaußen“ vom Kennlinienfeld lag. Um ihn wieder in das Kennlinienfeld hineinzubringen, mußte die Drehzahl gezielt völlig unnötig hochgefahren werden. Damit lag der Ventilator nun aber in einem viel zu hohen Druckbereich. So mußte unnötig erzeugter Druck (es handelte sich hier um ca. 300 Pa) wieder abgebaut werden und dafür war das Plenum vorgesehen. Hätte sich der Kunde auf dieses Angebot eingelassen, dann hätte er ein Gerät eingekauft, das einen unnötig hohen Energiebedarf und überhöhte Schallemissionen gehabt hätte. Ein unnötig großer und teurer Schalldämpfer hätte außerdem installiert werden müssen.

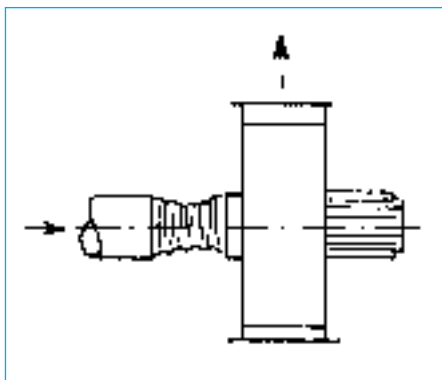


Bild 11

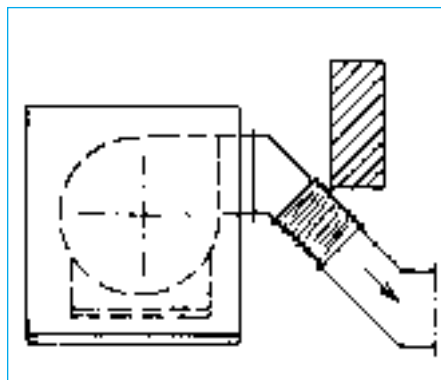


Bild 12

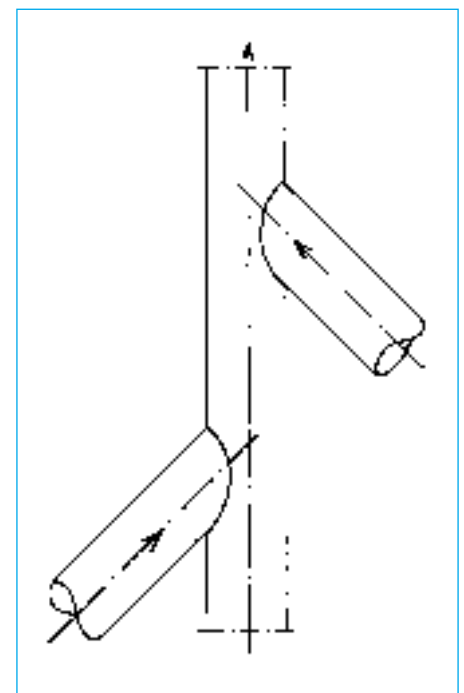


Bild 14

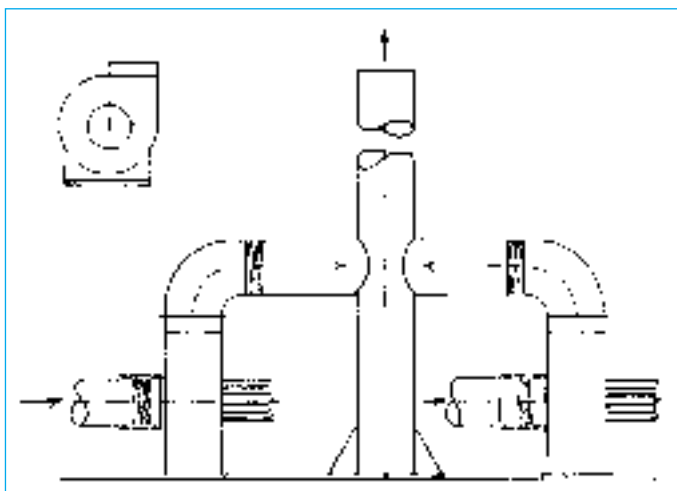
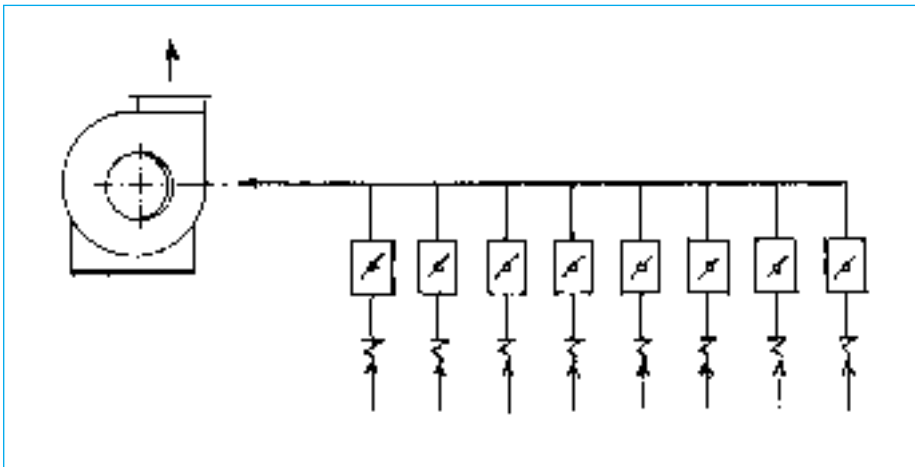


Bild 13



- Der Abluftventilator arbeitet immer gegen den Zuluftventilator, denn ihr gemeinsames Unterdruck-Spektrum überlagert sich.
- Je nach Dimensionierung des Abluftventilators kann dieser auch Außenluft ansaugen und so „frische Außenluft“ fördern, was nicht beabsichtigt ist.
- Es kann auch sein, daß der Abluftventilator überhaupt keine Luft fördert und sprichwörtlich „im eigenen Saft“ dreht.

Sei es, wie es sei, es handelt sich hier um eine „Gegeneinanderschaltung“ von Ventilatoren – und die führt zu keinen praktikablen Ergebnissen.

Eine letzte, sehr interessante Schadensbetrachtung soll die Reihe der Lehrbeispiele abrunden. An einen 50 000 m³/h-Radialventilator wurde saugseitig eine etwa 40 m lange Kanalleitung angeschlossen an deren Ende sich eine Jalousieklappe befand. Beim Anlauf des Ventilators war die Klappe noch geschlossen und so kam es zuerst zur Unterdruckbildung in der Blechkanal-Leitung und dann zu einer massiven Implosion. Die gesamte Leitung war schlagartig „zerknittert“. Dieser Schaden hätte vermieden werden können, wenn man steuertechnisch zuerst die Jalousieklappe aufgeföhren und dann den Ventilatoranlauf gestartet hätte.

Bild 15

Auf Abwegen wandelte auch ein Planer, der die Anlage nach Bild 21 austüftelte. Die dargestellte Dach-Lüftungszentrale sollte einen gewerblich genutzten Raum im Winter temperieren und im Sommer kühlen. Die Außenluftöffnung mit Witterschutzgitter und Jalousieklappe zur Einstellung eines konstanten Außenluftanteiles im Abluftkanal, die kann man als Standard ansehen. Daß aber auf den Abluftkanal vor der Außenluft-Ansaugöffnung ein Dachventilator aufgesetzt wurde, das ist ein „Ding mit Pfiff“. Diese Lösung kann nicht funktionieren. Je nach Dimensionierung des Abluftventilators können sich folgende, völlig unkontrollierbare Möglichkeiten ergeben:

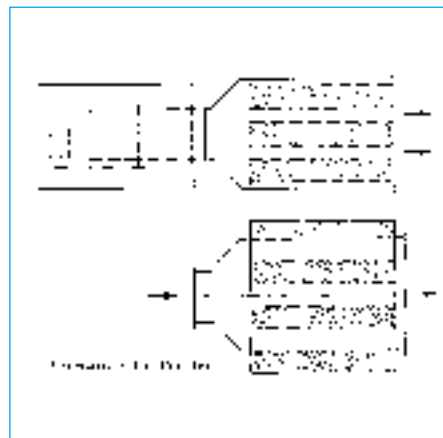


Bild 17

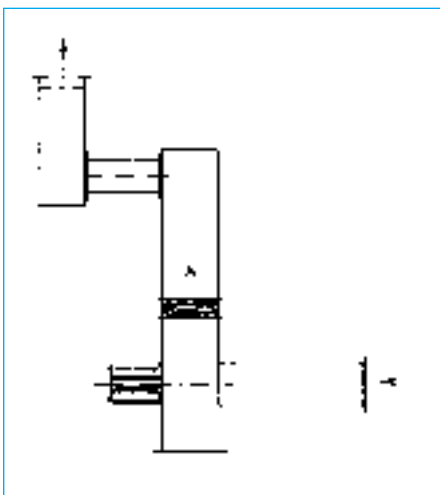


Bild 16

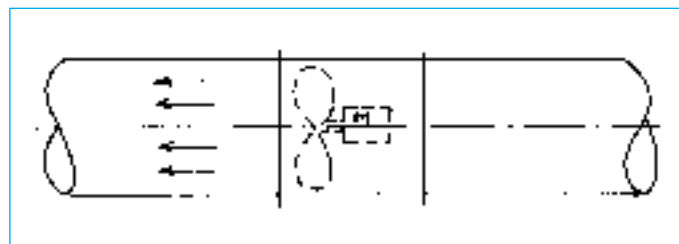


Bild 18

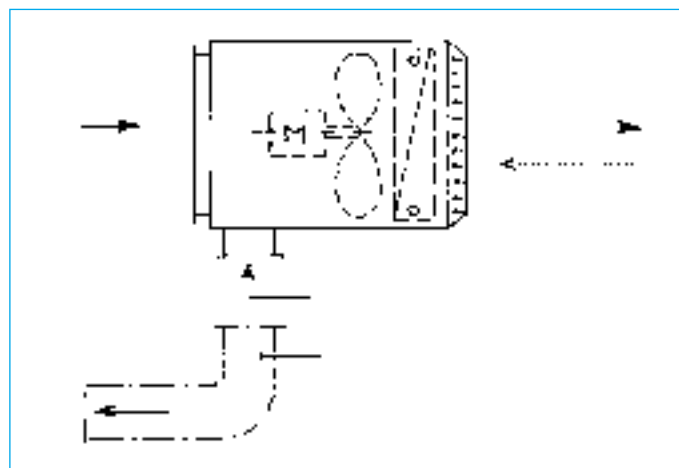


Bild 19

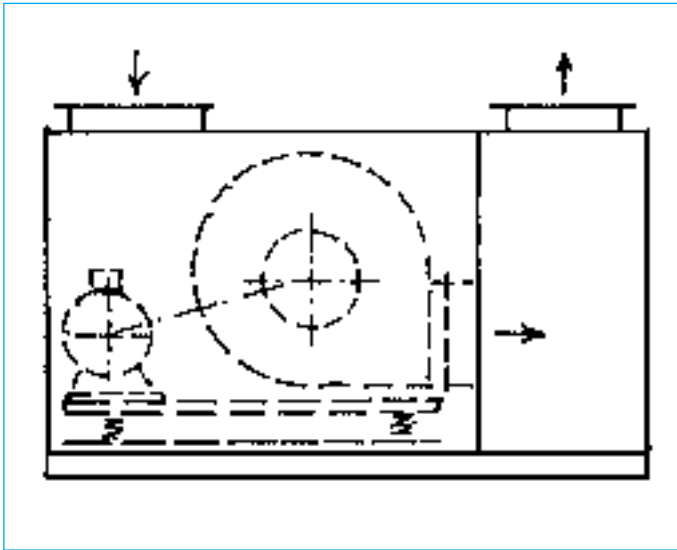


Bild 20

Auf einen abschließenden Hinweis soll nicht verzichtet werden. Die Ventilator-Antriebskosten schlagen bei lufttechnischen Anlagen gewaltig zu Buche. Die vornehmste Aufgabe eines Planers sollte es daher sein, die lufttechnischen Widerstände in einer Anlage zu minimieren und den Ventilator mit seinem Antrieb zu optimieren.

Es könnten aus der Erfahrung des Autors noch viele andere interessante Beispiele aufgeführt werden. Damit würde der vorgegebene Rahmen jedoch gesprengt. Ziel dieses Beitrages soll es sein, besonders die jungen Leser „fit zu machen“ und ihnen Anregungen für eine weitere lufttechnische Qualifizierung zu geben. Es gibt unglaublich viele Möglichkeiten, Fehler zu begehen und die sollten minimiert werden. □

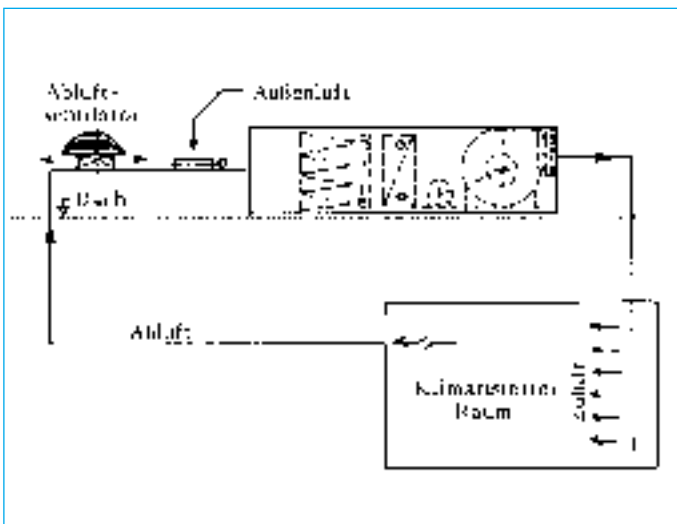


Bild 21