

Wärmerückgewinnung mit Plattenwärmeüberträgern

Hoval

Den Differenzdruck beachten!

Auf der Zu- und Abluftseite einer Lüftungsanlage herrschen - abhängig von den installierten Komponenten und von der Anordnung der Ventilatoren – unterschiedliche Drücke. Dies wird besonders deutlich im Platten-Wärmeübertrager, der von beiden Luftströmen beaufschlagt wird und wo somit an einem Ort, nur getrennt durch eine dünne Platte, zwei verschiedene Drücke herrschen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Drücken wird als Differenzdruck bezeichnet; er hat Einfluss auf eine mögliche Leckage und verformt durch die daraus entstehende Flächenkraft gegebenenfalls die Platte. Eine Veränderung des Plattenabstandes und damit des Druckverlustes sind die Folge davon. Für die Planung der Lüftungsanlage und für deren problemlosen Betrieb ist deshalb der Differenzdruck für den jeweiligen Plattenwärmeübertrager zu begrenzen.

Der Differenzdruck im Detail

Der Differenzdruck in einem Plattenwärmeaustauscher hängt gravierend von der Ventilatoranordnung und den installierten Komponenten ab. Dies lässt sich am besten mit den möglichen Varianten einer typischen Lüftungsanlage erklären (Bild 1). Als Wärmeübertrager wird ein Kreuzströmer (Druckverlust 140 Pa) gewählt, da dieser bezüglich des Differenzdruckes am komplexesten ist. Die weiter installierten Komponenten und deren Druckverluste sind für den Stand 2018 "normal". Für den Aussenluftventilator sind die Positionen A und B, für den Abluftventilator sind C und D möglich (1 = Abluft ABL; 2 = Zuluft ZUL).

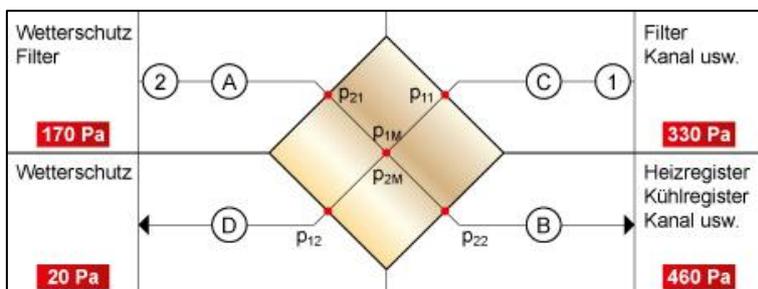


Bild 1: Varianten einer Lüftungsanlage

Für die vier möglichen Varianten sind die Drücke in Tabelle 1 zusammengefasst.

Variante	AUL (2) Ventilator	ABL (1) Ventilator	p_{11} Pa	p_{12} Pa	p_{1M} Pa	p_{21} Pa	p_{22} Pa	p_{2M} Pa	$p_{2M} - p_{1M}$ Pa	Leckage
a	B (saugt)	C (drückt)	160	20	90	-170	-310	-240	-330	1 → 2
b	A (drückt)	D (saugt)	-330	-470	-400	600	460	530	930	2 → 1
c	A (drückt)	C (drückt)	160	20	90	600	460	530	440	2 → 1
d	B (saugt)	D (saugt)	-330	-470	-400	-170	-310	-240	160	2 → 1

Tabelle 1: Drücke am Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher

Bevor die Ergebnisse diskutiert werden, ist es wichtig zu erkennen, dass der Differenz-druck im Kreuzströmer nicht konstant ist; er ändert sich mit der Durchströmung durch den eigenen Druckverlust. Bild 2 zeigt dies exemplarisch für die – vor allem in Deutschland viel eingesetzte – Variante a:

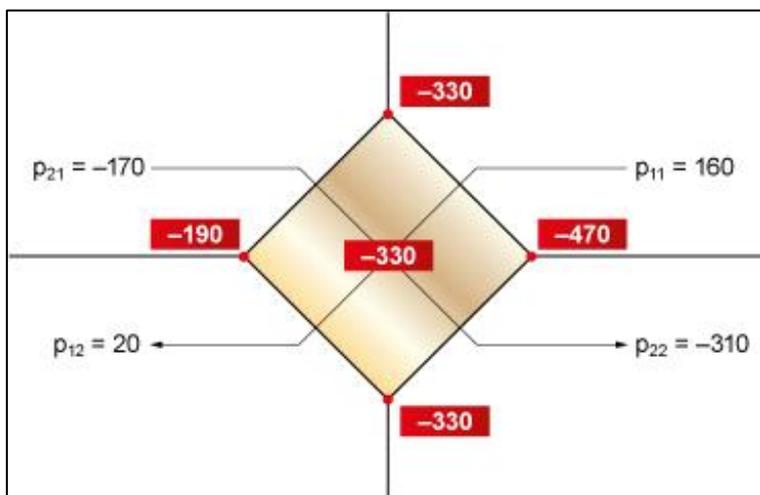


Bild 2: Der lokale Differenzdruck hängt vom eigenen Druckverlust ab

Folgendes ist wichtig:

- Den Differenzdruck erhält man, in dem man den Druck auf der Abluft p_1 vom Druck der Zuluft p_2 abzieht. Somit ist auch das für eine etwaige Leckage wichtige Druckgefälle definiert:
 - Negativer Differenzdruck → Leckage zur ZUL → unerwünscht
 - Positiver Differenzdruck → Leckage zur ABL → akzeptierbarAchtung: Überdruck und Unterdruck addieren sich.
- Die angegebenen Druckdifferenzen an den Eckpunkten zeigen, wie deutlich sich die Werte - abhängig von der Position - unterscheiden. Die Frage ist nun, welcher Wert zur Definition verwendet wird. Sinnvoll (und üblich) ist der Mittelwert, der sich im Zentrum des Tausches einstellt.
- Für extreme Werte ist zu prüfen, welche Differenzdrücke sich einstellen, wenn ein Ventilator abgeschaltet ist (z. B. im Anfahrbetrieb).
- Diese Aussagen für den Kreuzströmer sind auch für den Gegenströmer gültig.

Zu den verschiedenen Ventilatoranordnungen in Tabelle 1 ist Folgendes zu bemerken:

- a. Diese Anordnung wird meistens eingesetzt. Sie ist Platz sparend und mit ihr ist Misch-luftbetrieb möglich. Und die Nennluftleistungen stimmen mit den Ventilatorleistungen überein. Nachteilig ist das Druckgefälle zur Zuluft hin; bei Undichtigkeiten wird Abluft auf die Zuluft übertragen. Ein "dichter" Plattenwärmeübertrager ist deshalb Bedingung, um eine etwaige Leckage klein zu halten. Der Differenzdruck ($p_{2M} - p_{1M}$) ist mit -330 Pa moderat.
- b. Bei dieser Variante ist der Differenzdruck mit 930 Pa am höchsten, aber das Druckgefälle geht zur Abluft hin. Durch die Anordnung der Ventilatoren übereinander - wie bei a) - wird Platz gespart.
- c. Dieser Fall ist eher unüblich. Da beide Ventilatoren bezüglich des Wärmeübertragers drücken ist das Druckgefälle nicht eindeutig definiert; es hängt von den Druckverlusten der installierten Komponenten ab.
- d. Diese Anordnung ist im Hinblick auf den Differenzdruck die beste Lösung; er beträgt nur 160 Pa. Auch das Druckgefälle geht vorteilhaft zur Abluft hin. Nachteil ist der grosse Platzbedarf durch die Anordnung der Ventilatoren vor und nach dem Wärmeübertrager.

Wie bereits mehrfach erwähnt, beeinflusst der Differenzdruck bei Undichtigkeiten entscheidend die Menge und die Richtung der Leckage. Auch hat er Einfluss auf die Plattenprofilierung, spricht den Plattenabstand, und damit auf den Druckverlust.

Verformung der Platten durch den Differenzdruck

Plattenwärmeübertrager in der Lufttechnik sind in der Regel aus dünnen Aluminiumplatten mit einer Stärke von nur 0.05-0.15 mm aufgebaut. Für eine gewisse Stabilität sorgt eine besondere, herstellereigenspezifische Profilierung, die aber nicht vermeiden kann, dass sich die Platten bei höheren Differenzdrücken verformen (Bild 3).

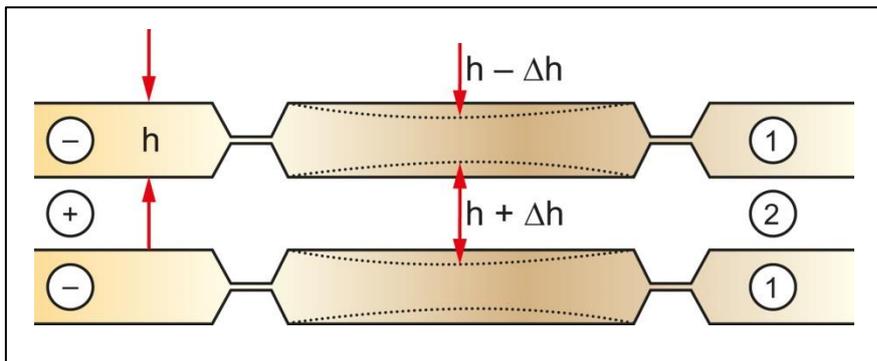


Bild 3: Schematische Darstellung der Plattenverformung

In Bild 3 wird der Plattenwärmeaustauscher von Abluft 1 und Aussenluft 2 durchströmt. Es herrscht ein Differenzdruck von der Aussenluft auf die Abluft, der die Platten zwischen den Distanzhalterungen (z.B. Noppen, Distanzleisten) um Δh zusammen drückt. Dadurch verringert sich der Querschnitt der Abluft und der Druckverlust wird erhöht. Gleichzeitig wird dadurch der Querschnitt auf der Aussenluft erhöht; der Druckverlust nimmt ab. Stark vereinfacht kann die Auswirkung der Verformung Δh auf den Druckverlust bei sonst konstanten Bedingungen (Volumenstrom, Temperatur usw.) wie folgt dargestellt werden:

$$\Delta p_N = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = c_1 \cdot \left(\frac{V}{F}\right)^2 = \frac{c}{h^2} \quad (01)$$

$$\Delta p_{D1} = \frac{c}{(h-\Delta h)^2} = \Delta p_N \cdot \left(\frac{1}{1-\frac{\Delta h}{h}}\right)^2 \quad (02)$$

$$\Delta p_{D2} = \frac{c}{(h+\Delta h)^2} = \Delta p_N \cdot \left(\frac{1}{1+\frac{\Delta h}{h}}\right)^2 \quad (03)$$

p_N	Nenndruckverlust	F	Querschnittsfläche
p_D	Druckverlust bei Differenzdruck	h	Plattenabstand
ζ	Widerstandsbeiwert	Δh	Verformung
V	Volumenstrom	w	Geschwindigkeit

Beispiel:

$p_N = 200 \text{ Pa}$

$h = 3 \text{ mm}$

$\Delta h = 0.3 \text{ mm} \rightarrow \Delta h/h = 0.1$

$\rightarrow p_{1D} = 247 \text{ Pa}$

$\rightarrow p_{2D} = 165 \text{ Pa}$

Am Beispiel erkennt man, dass der Gesamtdruckverlust beider Luftströme bei einer Verformung der Platten etwas ansteigt. Im Hinblick auf die EU 1253-2014 sollte der SFP-Wert deshalb überprüft werden.

Aus Bild 3 und den Formeln erkennt man, dass die Veränderung des Druckverlustes bei einem bestimmten Differenzdruck von der relativen Verformung $\Delta h/h$, also schlussendlich vom Plattenabstand, abhängt. Je kleiner der Plattenabstand ist, desto mehr wirkt sich eine Verformung auf den Druckverlust aus und umgekehrt. Wichtig ist diese Erkenntnis für den Hochleistungsbereich, wo kleine Plattenabstände notwendig sind. Insbesondere Gegenströmer sollten stabile Platten verwenden.

Die bisherigen Überlegungen gehen davon aus, dass sich die Platten elastisch verformen d.h., die Änderung des Plattenabstandes steigt und sinkt mit dem Differenzdruck. Vergleichbar ist dies mit einer Feder. Anders ist es, wenn die Verformung bei hohem Differenzdruck zu gross wird und plastische Veränderungen auftreten. Geht jetzt der Differenzdruck zurück (oder werden die Ventilatoren abgestellt), so bleibt die Verformung trotzdem bestehen: der Wärmeübertrager ist defekt; Undichtigkeiten und unberechenbare technische Werte sind zu erwarten.

Für die Vorgabe des zulässigen Differenzdruckes für einen bestimmten Wärmeübertrager muss der Hersteller also zwei Kriterien beachten:

- Mit dem zulässigen Grenzwert dürfen noch keine plastischen Verformungen auftreten; eine Sicherheitsmarge ist notwendig. Bezugsgrösse bei diesem Kriterium ist der maximale Differenzdruck und nicht (wie sonst) der Mittelwert! (s. Bild 2)
- Für die elastische Verformung ist abzuschätzen bzw. zu messen, welche Druckverlusterhöhung der Differenzdruck zur Folge hat. Der Anwender kann dann mit entsprechenden Unterlagen (Diagramm 1) selbst über die Anwendung entscheiden. Eine Druckverlusterhöhung von mehr als 40 % als Folge des Differenzdruckes sollte aber vermieden werden.

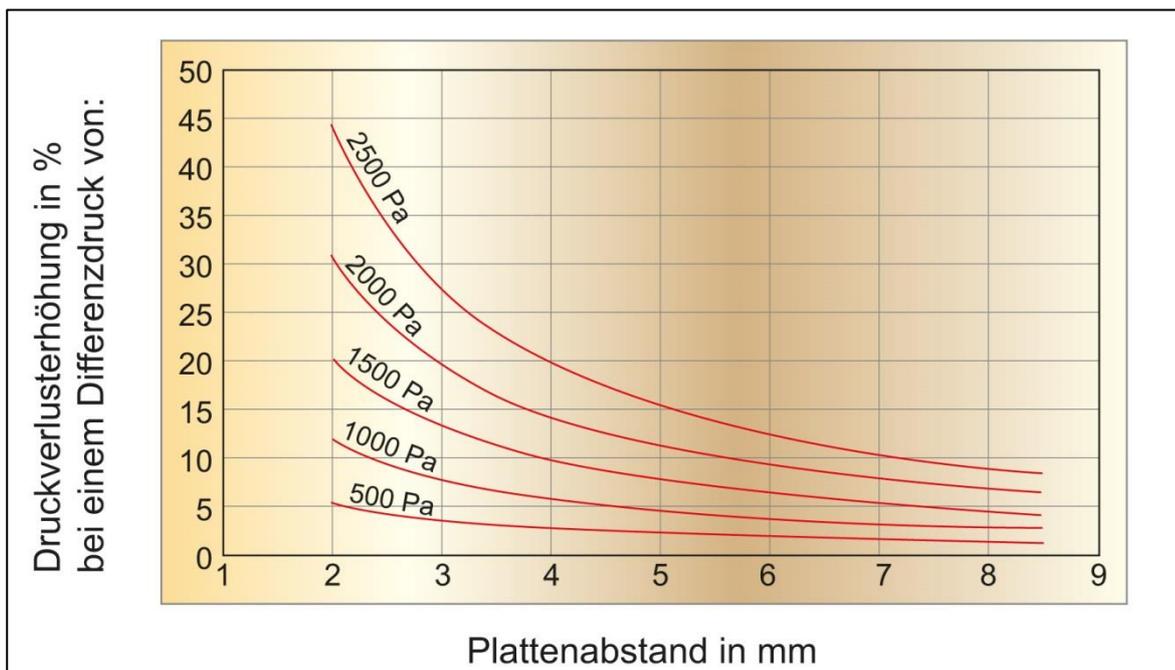


Diagramm 1: Abhängigkeit Druckverlust und Plattenabstand

Zusammenfassung

Differenzdrücke in einem Platten-Wärmerückgewinner einer Lüftungsanlage sind zwischen den beiden Luftströmen unvermeidbar. Durch überlegte Anordnung der Ventilatoren können sie aber in vernünftigen Grenzen gehalten werden. Für Planung und Ausführung der Wärmerückgewinnung bedarf es Unterlagen über die Auswirkungen des Differenzdrucks. Berücksichtigt man, dass die Werte in Tabelle 1 relativ „edel“ sind und somit in einigen Anlagen auch deutlich höher sein können, so sollten die zulässigen Differenzdrücke mindestens 1500 Pa, besser 2000 Pa betragen. Damit sollte die gewünschte Reserve für Planungs- und Ausführungsänderungen gegeben sein.

Kontakt für Rückfragen:

Hoval Aktiengesellschaft
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Richter
Tel. +423 399 24 00
thomas.richter@hoval.com