

Warum sich der Gegenstrom- und Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher nach Ökodesign ergänzt.

Wärmerückgewinnung in RLT- Anlagen hat sich seit der ersten Energiekrise 1973 zum Stand der Technik entwickelt, auch wenn es keinen Zwang zum Einsatz und - noch weniger - zu Mindest-Rückwärmzahlen (Mindest-RWZ) gab. Mit der Einführung der Öko-Design-Richtlinie 2009/125/EG wurden dann erstmals Mindest-RWZ gefordert, die sich direkt auf die Wahl und Ausführung der Wärmerückgewinnung auswirkten. Vor allem Plattenwärmetauscher nach dem Kreuzstromprinzip hatten bei geringen Luftleistungen (ca. 1000 - 4000 m³/h) Schwierigkeiten, die geforderten Werte zu erbringen. Lösungen waren aber mit Gegenströmern möglich. Heute haben die verschiedenen Strömungsformen ihre spezifischen Anwendungsbereiche.

Steigende Anforderungen an die Effizienz

Durch die verschiedenen Verordnungen und Normen gibt es – leider – auch verschiedene Vorgaben bezüglich RWZ und Druckverlust. Auch der Geltungsbereich (EU- bzw. EN-Mitgliedsstaaten) und der Status (Umsetzungspflicht oder Stand der Technik) sind unterschiedlich. Randbedingungen sind aber immer gleiche Massenströme für Zu- und Abluft (ohne Kondensation). Von der Wirkung her dominiert die europäische Verordnung EU1253/2014.

- **Europäische Verordnung EU 1253/2014**

Es handelt sich um eine Verordnung der EU; diese muss in allen Mitgliedsstaaten umgesetzt werden. In ihr wird für den Plattenwärmetauscher ab 1.1.2018 eine Mindest-RWZ von 0.73 (vorher 0.67) gefordert. Darüber hinaus gibt es - indirekt über den SFP-Wert - Vorgaben für den Druckverlust; er liegt umgerechnet bei insgesamt ca. 280 Pa (2 x 140 Pa). Weiter muss eine Umgehung des Wärmerückgewinners zur Regelung der Leistung installiert sein.

- **Europäische Norm EN 13053 (2017)**

Diese Europa-Norm ist von den CEN-Mitgliedsländern in eine nationale Norm überzuführen; sie gibt quasi den Stand der Technik wider. Es werden RWZ für vier Qualitätsklassen H1 bis H4 vorgegeben. Der Wert für die Klasse H2 beträgt 0.73 und entspricht somit der Vorgabe der EU-Verordnung. Darüber hinaus gibt es eine Art Netto-RWZ, die mit dem Leistungsbedarf für die Druckverluste korrigiert ist.

Leider sind diese zulässigen Druckverluste - z. B. 480 Pa (2 x 240 Pa) bei der Klasse H2 - deutlich höher als die Vorgaben der EU 1253/2014.

- **Europäische Norm EN 16798-3 (2017)**

Auch dies ist eine Europeanorm, die bezüglich der Wärmerückgewinnung auf EN 13053 verweist. Interessant ist, dass für den Betrieb der Klassen H1 und H2 eine zusätzlich elektrische Leistung von 300 W/m³/s erlaubt ist. Übersetzt heißt das eine Erhöhung des erlaubten Druckverlustes in EN 13053, was gegen die Zielsetzung der EU 1253/2014 ist.

- **Weitere Richtlinien**

Neben den oben zitierten Verordnungen und Normen gibt es fast in jedem Land nationale Richtlinien (z. B. SIA, Schweiz) für die Wärmerückgewinnung. Trend ist eine hohe RWZ und ein geringer Druckverlust. Auch auf den Einfluss der Wohnungslüftung (z. B. durch das Passivhaus-Institut) auf die Kennwerte von RLT-Anlagen ist hinzuweisen.

- **Marktverhalten**

In den Märkten werden die RWZ und die Druckverluste den Vorgaben angepasst. Darüber hinausgehende Werte (höhere RWZ, tiefere Druckverluste) sind Ausnahmen; wegen der hohen Anforderungen sind Wirtschaftlichkeitsüberlegungen selten. Im Vergleich zu früher (ohne Mindestwerte) liegt die Gesamtverantwortung für die Auslegung nun nicht mehr beim Hersteller von Wärmerückgewinnern sondern beim Lüftungsgerätebauer bzw. beim Anlagenbauer. Systemtechnik, die effiziente Kombination von Komponenten, ist gefragt.

Berechnung von Plattenwärmetauscher nach der NTU-Methode

Um die Auswirkung der Strömung im Plattenwärmetauscher (Kreuz- oder Gegenstrom) beurteilen zu können, bietet sich die Berechnung nach der NTU-Methode an. Für die Wärmerückgewinnung gelten folgende Randbedingungen:

- gleiches Medium bei beiden Strömen (Luft)
- gleicher Massenstrom bei beiden Strömen
- keine Phasenänderung (Kondensation)

Damit werden die RWZ der beiden Luftströme (Zu- und Abluft) gleich. Mit der dimensionslosen Größe N erhält man die allgemein gültige Formel für verschiedene Stromführungen.

$$\emptyset = \frac{N \cdot F}{(1 + N \cdot F)} \quad (1)$$

$\emptyset$ = Temperaturänderungsgrad (Rückwärmzahl RWZ)
 N = Number of Transfer Units (NTU-Ziffer)
 F = Korrekturfaktor, der von der Stromführung (Gegenstrom, Gleichstrom usw.) und von N abhängt; er ist für den Gegenstrom 1.

Aus der Definition von N erkennt man, dass man damit auf die Grösse des Wärmetauschers (Plattengrösse, Plattenanzahl) schliessen kann.

$$N = \frac{k \cdot A}{c_p \cdot m} \quad (2)$$

k = Wärmeübergangskoeffizient
 A = Übertragungsfläche
 c_p = spezifische Wärmekapazität
 m = Massenstrom

Betrachtet man das Diagramm 1, in dem die RWZ in Abhängigkeit von N dargestellt ist, so erkennt man, dass

- der Kreuzströmer zum Erreichen der nach EU 12532014 notwendigen RWZ von 0.73 ein N von 4.24 benötigt
- der Gegenströmer für die gleiche Effizienz nur ein N von 2.70 benötigt.

Vereinfacht ausgedrückt bedeutet das, dass der reine Kreuzströmer für die gleiche RWZ die 1.57-fache Grösse des Gegenströmers benötigt. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Wärmeübergang k und die Wärmekapazität c_p bei beiden Strömungsformen gleich ist.

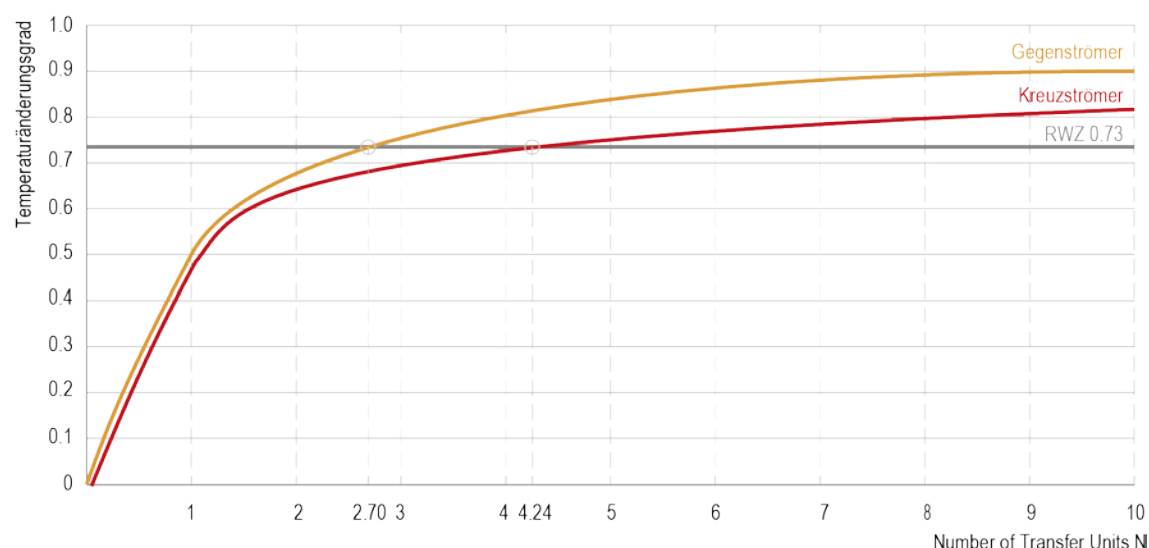


Diagramm 1: Die RWZ eines Gegenströmers und eines reinen Kreuzströmers in Abhängigkeit der NTU-Ziffer N

Einsatzgebiet des Kreuzströmers

Für eine RWZ von 0.73 muss der reine Kreuzströmer mindestens eine NTU-Ziffer N von 4.24 erreichen. Welche Möglichkeiten gibt es, diesen – im Vergleich zum Gegenströmer – höheren Wert zu erreichen?

Antwort gibt die Definition der NTU-Ziffer N:

- **Wärmeübergangskoeffizient k**
Dieser Wert ist in der Regel in Hinblick auf Druckverlust und Plattenform optimiert, so dass keine (deutliche) Verbesserung möglich ist.
- **Übertragungsfläche A**
Eine Erhöhung ist mit größeren Platten, sprich Kantenlängen, möglich. Grosse Platten (ab ca. 0.8 m Kantenlänge) sind aber gerade bei kleinen Luftleistungen (bis ca. 4000 m³/h) wegen der geringen Lüftungsgeräte-Abmessungen (→ Höhe) nicht einsetzbar.
- **Wärmekapazität c_p**
Eine Verbesserung des c_p -Wertes für Luft ist nicht möglich; es handelt sich um eine Stoffgröße.
- **Massenstrom m**
Gemeint ist hier der Massenstrom pro Platte, der mit dem Plattenabstand verändert werden kann. Bei gleicher Tauscherbreite, vorgegeben durch die Breite des Lüftungsgerätes, erhält man bei kleinerem Plattenabstand mehr Platten und damit einen kleineren Massenstrom pro Platte. Die NTU-Ziffer steigt!
Leider kann der Plattenabstand aber nicht beliebig verkleinert werden, da der Tauscher
 - o verschmutzen und sich zusetzen kann.
 - o eine elastische Verformung bei Druckdifferenz kaum aufnehmen kann.
Dadurch kann sich der Druckverlust stark erhöhen.
 - o dadurch schwierig zu fertigen ist (Masstoleranz).

Die in der EN 3803-1 angegebenen Mindest-Plattenabstände basieren auf diesen Überlegungen. Ein weiterer Aspekt zum Plattenabstand ist der davon abhängige Druckverlust; er steigt mit kleinerem Abstand an.

Die Zusammenfassung dieser Überlegungen ist die alte Weisheit, dass man für hohe RWZ grosse Kantenlängen und kleine Plattenabstände braucht. Für die Praxis heißt das, dass Kreuzströmer mit minimalem zulässigen Plattenabstand in der Regel eine Kantenlänge von mindestens 0.8 m benötigen, um die geforderte RWZ von 0.73 zu erreichen. Bei üblichen Lüftungsgerätebreiten und erlaubten Druckverlusten ergibt dies eine Luftleistung von etwa 3500 m³/h. Unterhalb dieses Wertes ist keine Lösung mit einem Plattenwärmetauscher nach dem reinen Kreuzstromprinzip möglich. Für größere Luftleistungen bis hin zu 100 000 m³/h bietet der bewährte Kreuzströmer aber gewichtige Vorteile:

- Er ist leicht zu fertigen.
- Der Einbau in das Lüftungsgerät ist einfach.
- Er hat sich seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt.
- Auch das Zubehör, wie zum Beispiel der Bypass, ist erprobt.
- Er lässt verschiedene geometrische Anschlussvarianten zu.
- Er bietet verschiedene Möglichkeiten des Einfrierschutzes.
- Die Ableitung etwaigen Kondensats ist einfach.

Einsatzgebiet des Gegenströmers

Bei der (theoretisch) besten Wärmeübertragung fragt man sich, warum der Gegenströmer nicht generell eingesetzt wird. Grund ist die diffizile Strömungsführung am Ein- und Austritt, die die Konstruktion und die Fertigung kompliziert macht. So besteht der so genannte Gegenströmer schlussendlich aus zwei Mischzonen und dem eigentlichen Gegenströmer dazwischen.

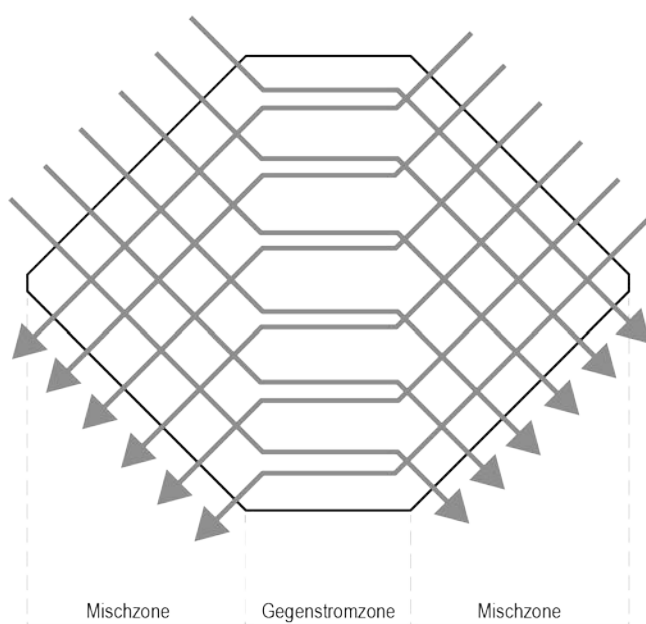


Bild 2: Misch- und Gegenstrom-Zone

In den Mischzonen entspricht die Strömung mehr oder weniger dem Kreuzstrom, während im Mittelteil ein reiner Gegenstrom vorliegt. Mit der Länge dieses Mittelteils wird primär die Leistung bestimmt. Die geforderte RWZ von 0.73 ist somit immer erreichbar; noch höhere Werte sind nicht nötig/üblich. Die Berechnung dieser Anordnung ist entsprechend kompliziert.

Da sich die Luftströme gegenseitig nicht vermischen dürfen, werden die Platten aus einem Stück gefertigt, was große Werkzeuge und entsprechend hohe Kosten zur Folge hat. Somit ist ein wirtschaftlicher Einsatz nur so lange gegeben, solange nicht auch ein Kreuzströmer mit gleicher Leistung einsetzbar ist. Praktisch bedeutet dies, dass - mit einer gewissen Grauzone - eine Luftleistung von etwa 1000 - 5000 m³/h abgedeckt werden kann. Größere Gegenströmer sind derzeit nicht auf dem Markt.

Verglichen mit dem Kreuzströmer baut der Gegenströmer flacher (aber länger), was bei den kleinen Lüftungsgeräten ein Vorteil ist.

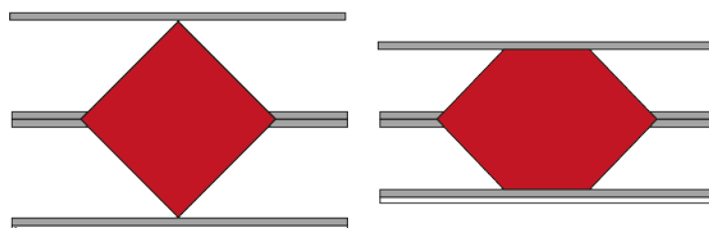


Bild 3: Der Gegenströmer ist flach

Vorteilhaft ist auch die nahezu gleichmäßige Austrittstemperatur, wodurch die Vereisungsgefahr reduziert wird. Bezüglich der Luftführung kann der Gegenströmer ähnlich wie der Kreuzströmer eingebaut werden. Auch hinsichtlich dem Bypass und der Kondensatsabführung gibt es Ähnlichkeiten.

Zusammenfassung

Die europäische Verordnung EU 1253 (2014) verlangt ab 1.1.2018 für Plattenwärmeübertrager eine RWZ von mindestens 0.73. Dieser Wert ist mit Kreuzströmern in kleinen Lüftungsgeräten bis ca. 3500 m³/h nicht erreichbar. Eine Lösung gibt es mit dem Einsatz von Gegenströmern, die in diesem Luftleistungsbereich die Mindestwert-RWZ einhalten können. Der Einsatz größerer Gegenströmer für Luftleistungen von über 5000 m³/h ist derzeit anscheinend aus Fertigungsgründen nicht möglich/sinnvoll.

Kontakt für Rückfragen:

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