

# **Frivent- Wärmerückgewinner- Kapillarventilator**

*das umweltfreundliche  
Energie-Sparkonzept  
für Lüftungsanlagen...*

## **Grundlagen**

**frivent**<sup>®</sup>  
Luft+Wärme+Klima

## Einführung

Ökologische und ökonomische Aspekte wie die gestiegenen Energiekosten und das zunehmende Umweltschutzwesen veranlassen Planer von Gebäuden und Installationen immer mehr, sämtliche wirtschaftlich vertretbaren Möglichkeiten zur Energieeinsparung zu nutzen.

Bemühen sich Bauherr, Architekt und Anlagenplaner ein energetisch günstiges Gebäude und Anlagen mit kleinem Energieverbrauch zu konzipieren, so kann auch der Lüftungsgerätehersteller das seine beitragen, indem er Betriebskonzepte und Geräte vorschlägt, die sicherstellen,

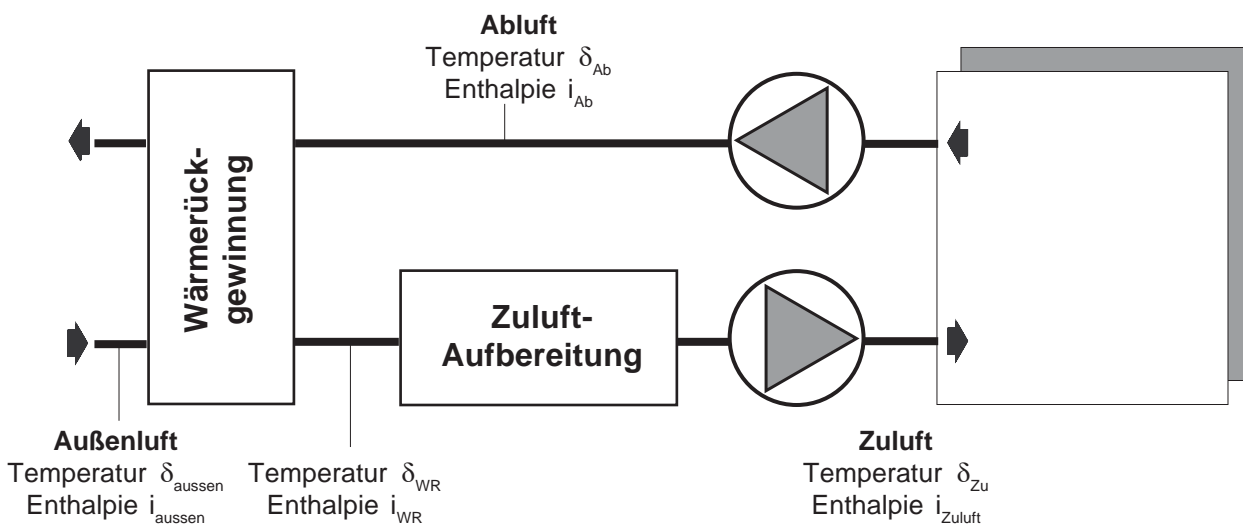
daß die konzipierten Anlagen in allen Betriebsfällen mit minimalen Energieverbrauch arbeiten.

Eine Möglichkeit große Energiemengen einzusparen ist der Einsatz von Wärmerückgewinnungseinrichtungen in Lüftungs- und Klimaanlage, die Wärme aus der Abluft auf den Außenluftstrom übertragen.

Die folgenden Ausführungen sollen einen Überblick über die am Markt befindlichen Wärmerückgewinner-Systeme geben und die Kriterien für den Einsatz und Betrieb solcher Geräte zeigen.

## Kurzbeschreibung üblicher Wärmerückgewinnungssysteme

### Einbauort



## Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen

### Allgemeine Ausführungen

Was in den achtziger Jahren vielfach als Neuheit propagiert und verkauft wurde, war im Grunde genommen schon lange bekannt.

In Anbetracht der äußerst günstigen Energiepreise für Wärme kamen aber solche Einrichtungen früher nur selten zum Einsatz, da sich die Mehrkosten der Installation nur in ganz speziellen Fällen in angemessener Zeit amortisieren ließen. Für Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen war deshalb nur ein kleiner Marktsektor offen, so stagnierte ihre technische Entwicklung lange Zeit.

Im Gefolge der ersten Energiekrise änderte sich die Szenerie fast schlagartig und der Einbau in neue Anlagen sowie die Umrüstung bestehender Anlagen mit solchen Einrichtungen gehört seither immer mehr zum Standard moderner Anlagen.

Grundsätzlich ist zu allen Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen auf folgende Punkte aufmerksam zu machen.

Die meisten Systeme erfordern verhältnismäßig viel Platz, so daß der Umbau alter Anlagen oft daran scheitert.

Der Einsparung an Wärme steht immer ein Mehraufwand an Förderenergie gegenüber. Da mit solchen Einrichtungen der zusätzliche Luftwiderstand zweier Luftströme (Zu-

## FRIVENT Wärmerückgewinnung

und Abluft) überwunden werden muß, steht dem Gewinn an Wärmeenergie ein zusätzlicher Energiebedarf für die Luftförderung gegenüber, was den bei der Wärme erzielten „**Brutto**“-Gewinn entsprechend reduziert.

Für den „Netto“-Gewinn aus solchen Einrichtungen sind zwei sich oft widersprechende Punkte gegeneinander abzuwägen.

Einerseits sollte bei zweckmäßiger Auslegung immer ein Gewinn an Energie beziehungsweise eine Reduktion des Energieverbrauchs der Anlage resultieren, andererseits sind die Kosten der verschiedenen Energien (noch) sehr verschieden, so daß sich die wirtschaftliche oft ganz anders als die technische Seite präsentiert.

Wärme, welche aus der Verbrennung von Öl, Gas, Kohle oder anderen Brennstoffen gewonnen wird, ist meist erheblich billiger als Elektrizität zum Antrieb der Ventilator-Aggregate.

Zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit solcher Einrichtungen wird die Rückwärmehzahl nach VDI 2071 angegeben. Diese gibt das Verhältnis der Temperaturänderung des Luftstromes zur maximalen Temperaturdifferenz der Luftströme an.

VDI 2071 definiert dazu folgende Begriffe:

$$\text{Rückwärmehzahl} \quad \Phi_1 = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}}$$

$$\text{Rückfeuchtezahl} \quad \Psi_1 = \frac{x_{11} - x_{12}}{x_{11} - x_{21}}$$

t = Temperatur in °C

t<sub>11</sub> = Temperatur Abluft-Eintritt in °C

t<sub>12</sub> = Temperatur Fortluft-Austritt in °C

t<sub>21</sub> = Temperatur Außenluft-Eintritt in °C

x = Absolute Feuchte in g/kg

x<sub>11</sub> = Absolute Feuchte Abluft-Eintritt in g/kg

x<sub>12</sub> = Absolute Feuchte Fortluft-Austritt in g/kg

x<sub>21</sub> = Absolute Feuchte Außenluft-Eintritt in g/kg

EUROVENT 10/1 verwendet zwar die gleichen Begriffe, jedoch andere Symbole.

### Die konstruktiven Merkmale der häufigsten Wärmerückgewinner-Systemgruppen

Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen können unterschieden werden in:

**Rekuperative WRG = Einrichtungen**, bei denen die Wärme durch eine feste Trennwand übertragen wird.

**Regenerative WRG = Einrichtungen**, welche die Wärme mit Hilfe eines Zwischenmediums übertragen.

Systeme, bei denen zwar die Wärmeübertragung im einzelnen rekuperativ erfolgt, die für die Übertragung an den anderen Luftstrom aber ein Zwischenmedium benötigen, werden als Ganzes betrachtet und zu den regenerativen gezählt.

Die am häufigsten vorkommenden Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung sind im Bild 2.1 nach konstruktiven Merkmalen schematisch dargestellt.

**Rekuperative Wärmerückgewinner** sind dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme direkt durch eine dünne Trennwand aus Blech, Kunststoff oder Glas übertragen wird (a).

Je nach deren Form spricht man dann von **Platten-** oder **Röhrenaustauschern** beziehungsweise **-überträgern**.

Blech hat im Vergleich zu Glas den Vorteil der wesentlich besseren Wärmeleitfähigkeit und des geringeren Gewichtes, da es aus Gründen der Stabilität und Festigkeit viel dünner sein darf.

Da aber die Wärmedurchgangszahl der ganzen Konstruktion in viel stärkerem Maß von den Wärmeübergangszahlen auf beiden Seiten abhängt als vom Wärmeleitwiderstand der Wandung, erreicht der Unterschied in den k-Werten bei sonst gleichen Voraussetzungen etwa die Größenordnung von 10 bis 20 %.

Ein Nachteil von Blech besteht allerdings darin, daß (bei ungenügender Vorbehandlung des Materiales) Staub eher haften bleibt.

Bei der Platten-Bauart kann der Plattenabstand und die Profilierung unter Umständen eine wesentliche Rolle spielen: Mit kleinen Abständen (wenige Millimeter) läßt sich bei gleichem Querschnitt viel mehr Übertragungsfläche einbauen und mehr Leistung herausholen als bei größeren Abständen.

Letztere bieten dagegen bessere Reinigungsmöglichkeiten.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal beider Arten ist die Schaltung der beiden Luftströme: Kreuz- oder Gegenstrom.

Näheres dazu im folgenden Abschnitt über leistungsmäßige Merkmale.

Bei allen Einrichtungen ist es unumgänglich, daß die beiden Luftströme hier zusammengeführt werden. Damit ergibt sich die Notwendigkeit einer entsprechenden Leitungsführung.

Regenerative Wärmerückgewinner-Systeme gibt es in sehr unterschiedlichen Bauarten (b).

**Kreislaufverbundene Wärmeüberträger** arbeiten meistens mit einem Wasser/Glykol-Gemisch als Zwischenmedium. Die durch den Luftkühler der Abluft entzogene Wärme wird damit dem Luftherhitzer (Vorwärmer) im Außenluftstrom übertragen. Hier müssen die beiden Luftströme nicht zusammengeführt werden, da mit den Wasser/Glykol-Leitungen auch längere Distanzen überbrückt werden können, wenn sie genügend isoliert sind.

**Rotierende Wärmeüberträger** sind die wohl häufigste Bauart. Die meist langsam rotierende Speichermasse überträgt die Wärme und – je nach Füllmaterial – auch Feuchtigkeit von einem Strom zum andern, welche natürlich gemeinsam zu diesem Gerät geführt werden müssen.

Der Benjamin in dieser Gruppe ist das **Wärmerohr** (auch als „Q-dot“ oder „heat-pipe“ bezeichnet). Das Funktionsprinzip ist eine Art „natürliche Wärmepumpe“: In den geschlossenen Röhren ist ein Kältemittel (= leicht verdampfende Flüssigkeit) eingeschlossen, welches durch den außen vorbeistreichenden warmen Fortluftstrom zum Verdampfen gebracht wird. Der Dampf gelangt nun infolge Schwerkraft in den Bereich des kalten Außenluftstroms, kondensiert dort und zirkuliert infolge Schwerkraft wieder zurück. Diese natürliche Zirkulation erfordert bei horizontalen Luftströmen ein gewisses Gefälle der internen Leitungen in Richtung Warmluftstrom, bei vertikalen Luftströmen, daß die Fortluft unten und die Außenluft oben vorbeiströmt, damit sich die geschilderte Schwerkraftzirkulation einstellen kann.

Während alle anderen Bauarten auf eine lange Tradition zurückblicken können, ist dieses System erst relativ spät von Amerika zu uns gekommen.

Nicht aufgelistet ist hier die Verwendung von Umluft, weil sie keine speziellen Geräte oder Einrichtungen dazu braucht. Damit läßt sich nahezu 100 % der Wärme zurückgewinnen! Zu deren Realisierung muß allerdings das Leitungsnetz entsprechend konzipiert und mit Klappen ausgerüstet werden.

Der Verwendung von Umluft sind aber dort enge Grenzen gesetzt, wo hygienische Bedenken bezüglich Wiederverwendung der Abluft angebracht sind.

Ebenfalls in diesem Kapitel nicht enthalten ist Wärmerückgewinnung durch Wärmepumpen.

Obwohl nicht bei allen Bauarten und Anwendungsfällen von gleicher Wichtigkeit, ist doch allgemein folgendes schon bei der Planung entsprechend zu beachten.

Beide Luftströme sind vor dem Eintritt ins Gerät ausreichend zu filtern, möglichst in Feinfilterqualität. Für beide Luftströme sind Reinigungsmöglichkeiten einzuplanen und der Benutzer der Anlage ist genau darüber zu informieren.

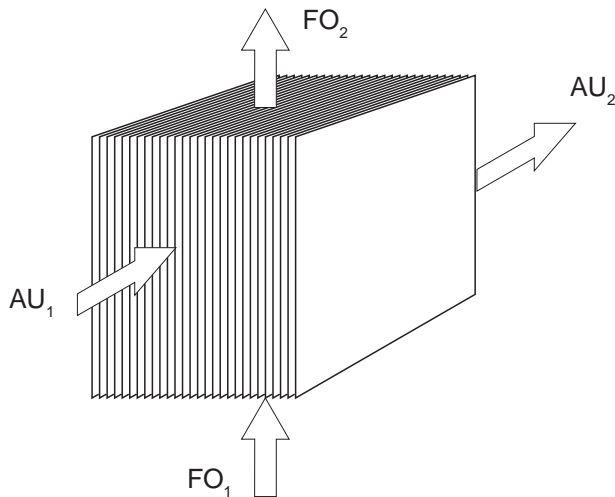
Wenn auch der Leistungsverlust infolge Verschmutzung je nach Bauart ziemlich unterschiedlich ist, so ist eine Schmutzansammlung im Gerät aus hygienischen Gründen immer bedenklich.

In Anbetracht der bei vielen Einrichtungen oft sehr kleinen freien Querschnitte bewirkt Schmutzansatz hier schnell einen starken Anstieg des Luftwiderstandes und dementsprechende Abnahme des Volumenstroms je nach Anlage- und Ventilatorcharakteristik.

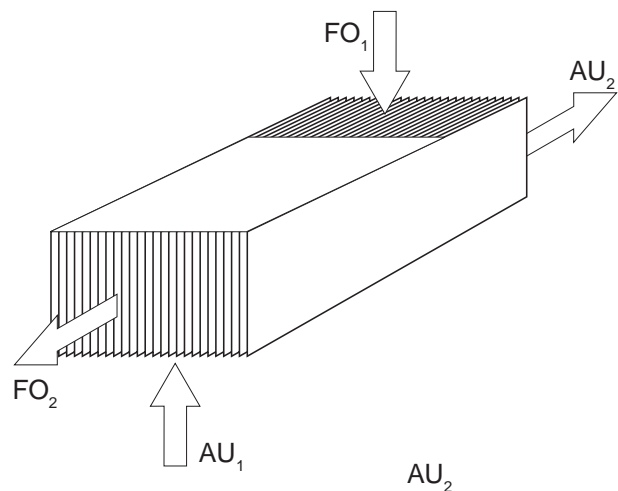
**Bild 2.1 Die konstruktiven Merkmale der verschiedenen Wärmerückgewinnersysteme**

**a) Rekuperative Systeme**

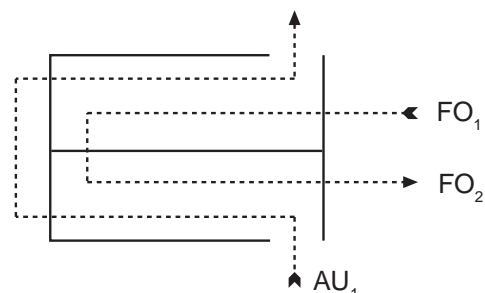
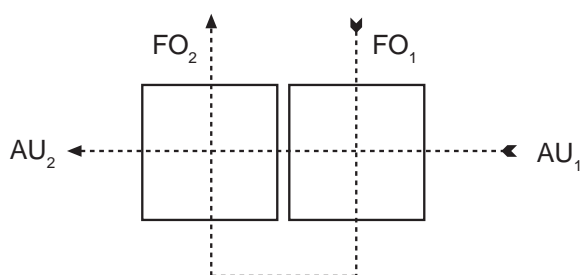
**Kreuzstrom**



**Gegenstrom**

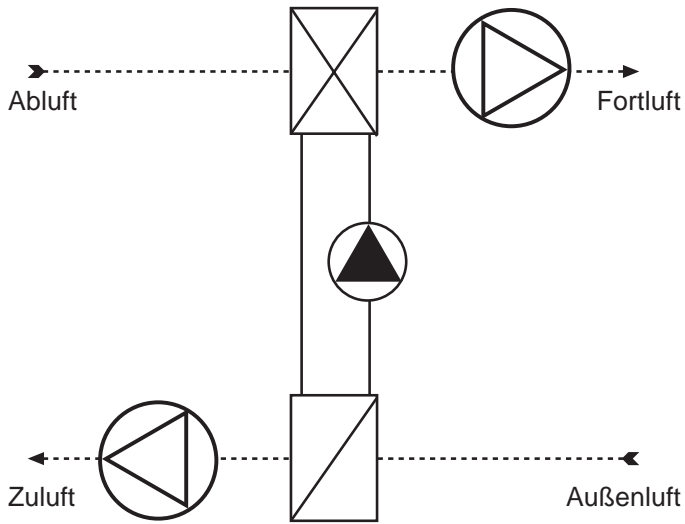


**Schematische Darstellung Serienschaltung**

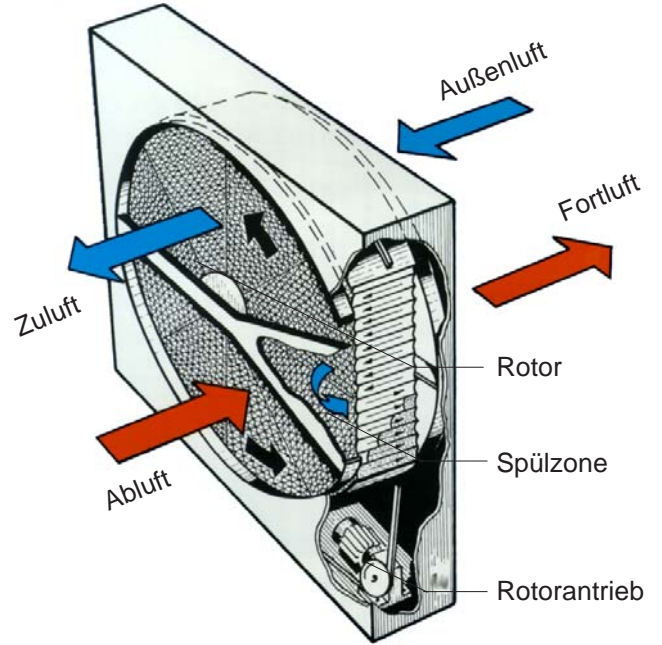


**b) Regenerative Systeme**

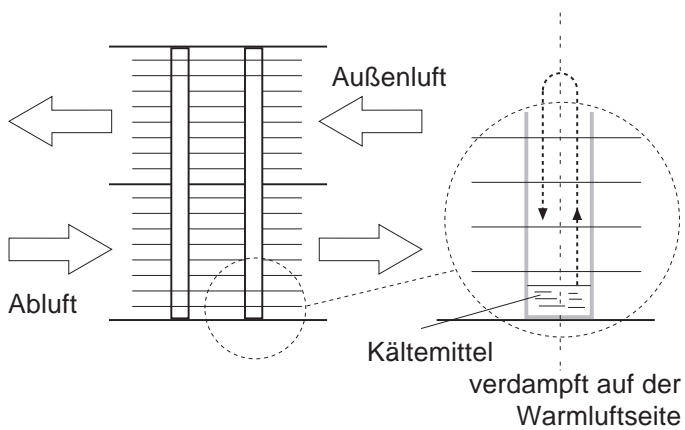
**Kreislaufverbundene Wärmeüberträger**



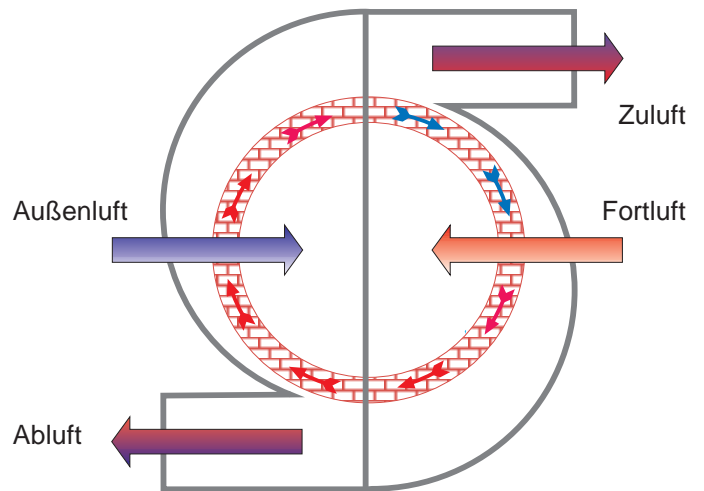
**Rotierende Wärmeüberträger**



**Wärmerohr (Heat Pipe, Q-dot)**



**Rotierende Wärmeüberträger  
FRIVENT-Kapillarventilator**



**Tabelle I:  
Einteilung der Wärmerückgewinner-Systeme in Kategorien nach VDI und EUROVENT**

System Kennzeichen	Wirkungsweise Kategorie	VDI Kategorie	Eurovent
Trennflächen- REKUPERATOR	Wärmeübertragung über Trennflächen:	I	
	- feste Trennwände		I a
	- poröse Trennwände		I b
Stoffaustausch findet nicht statt.			
Kreislaufverbund REGENERATOR	Aus mehreren Rekuperatoren zusammengesetzte Einheit Wärmeübertragung mit Hilfe eines Zwischenmediums vom Kühler in der Fortluft zum Vor- wärmer in der Abluft:	II	
	- ohne Phasenwechsel		II a
	- mit Phasenwechsel		II b
Stoffaustausch findet nicht statt.			
Kontaktflächen- REGENERATOR mit drehendem festem Wärmeüberträger (Rotor)	Wärme- und Stoffaustausch über Kontaktflächen Warm- und Kaltluft durchströmen räumlich getrennt den bewegten Wärmeüberträger:	III	
	- Stoffaustausch durch Ab- und Desorption		III a
	- Stoffaustausch durch Konden- sation/Verdunstung		III b

**Tabelle II:  
Richtlinien für die Leistungsmessung nach EUROVENT**

Kategorie	Heizen			Kühlen	
	Ia IIa IIIa	IIb	Ib IIIb	IIIb	
Fortluft:					
Eintritts-Temperatur	25	25	25	22	°C
Feuchtkugel-Temperatur	14	14	18	15	°C
Außenluft:					
Eintritts-Temperatur	25	25	25	22	°C
Feuchtkugel-Temperatur	14	14	18	15	°C

## Die leistungsmäßigen Merkmale der verschiedenen Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen

Abgesehen von den bei gewissen Bauarten fast unvermeidlichen Leckverlusten kann davon ausgegangen werden, daß die vom Warmluftstrom abgegebene Wärme gleich groß ist wie die vom Kaltluftstrom aufgenommene.

Wieviel Wärme nun durch die verschiedenen Systeme und Bauarten übertragen werden kann, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab.

Höherer Wärmeinhalt der Warmluft im Sinne einer höheren Feuchtigkeit bei gleicher Temperatur verändert die Leistung je nach Bauart, wie Bild 2.3 zu zeigen versucht.

Unter a) wird für ein regeneratives System mit Feuchteübertragung dargestellt, wie sich bei gleicher Rückwärmezahl (im gezeichneten Beispiel 50 %) die Leistung vom Eintrittszustand a zu b erhöht.

Die Mehrleistung ist also in diesem Fall nicht von der Gerätegröße, sondern vom Eintrittszustand abhängig!

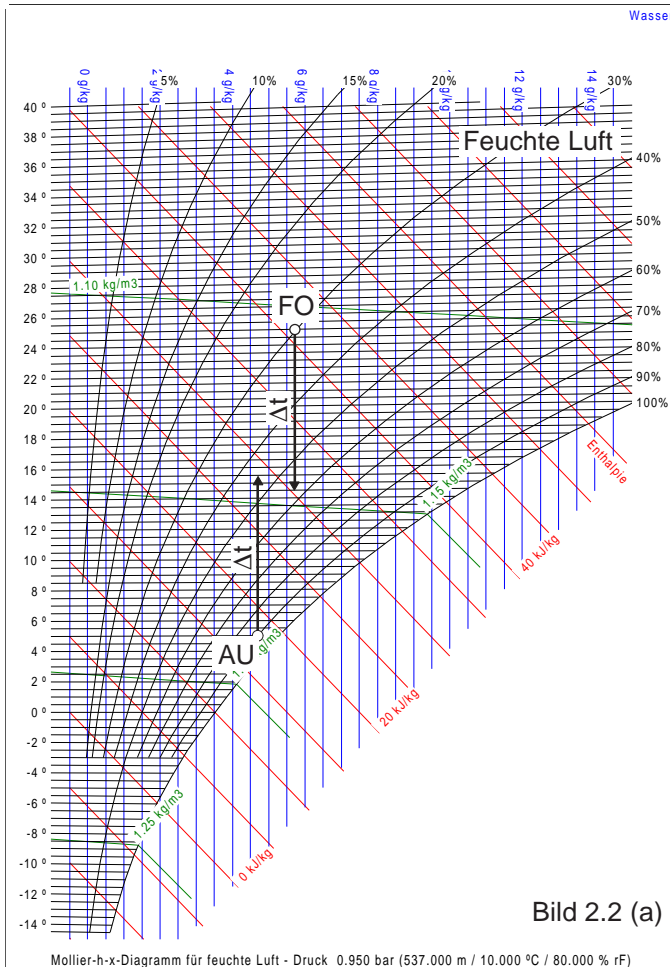


Bild 2.2 (a)

### a) Rekuperative und regenerative Wärmerückgewinner ohne Feuchteübertragung

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist in Bild 2.2 dargestellt. Bei allen rekuperativen und regenerativen Systemen ohne Feuchteübertragung ergibt sich immer eine trockene Abkühlung des Warmluftstroms, wenn die Oberflächentemperatur deren Taupunkttemperatur nicht unterschreitet 2.2 (a).

Bei einem regenerativen System mit Feuchteübertragung hingegen stellt sich immer dann eine höhere Wärmeleistung ein, wenn die absolute Feuchte der Warmluft höher als die der Abluft ist 2.2 (b).

Wird es aber mit trockener Warmluft betrieben, so bleibt die Leistung gleich wie bei a).

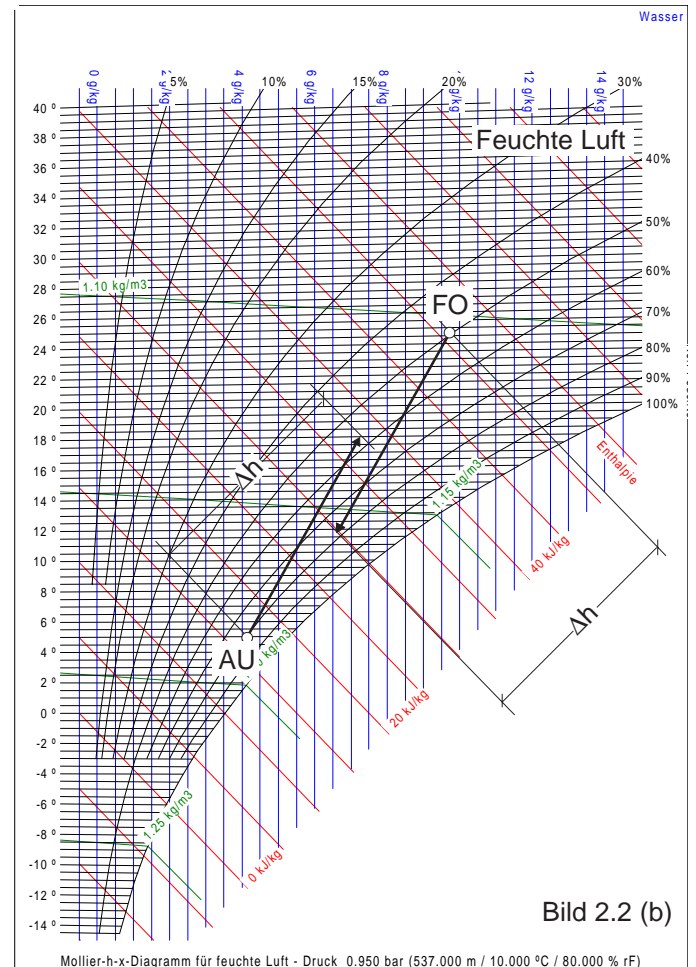


Bild 2.2 (b)

### b) Regeneratoren (rotierende Wärmerückgewinner) mit Feuchteübertragung

Abbildung 2.3 b) veranschaulicht die sich bei gleichen Eintrittsbedingungen ergebende Leistungsveränderung bei allen anderen Systemen, wenn im Warmluftstrom Kondensation eintritt. Das Ausmaß der durch Kondensation zusätzlich zurückgewonnenen Wärme ist aber den physikalischen Gesetzmäßigkeiten entsprechend unterschiedlich je nach Oberflächen- und Taupunkttemperatur.

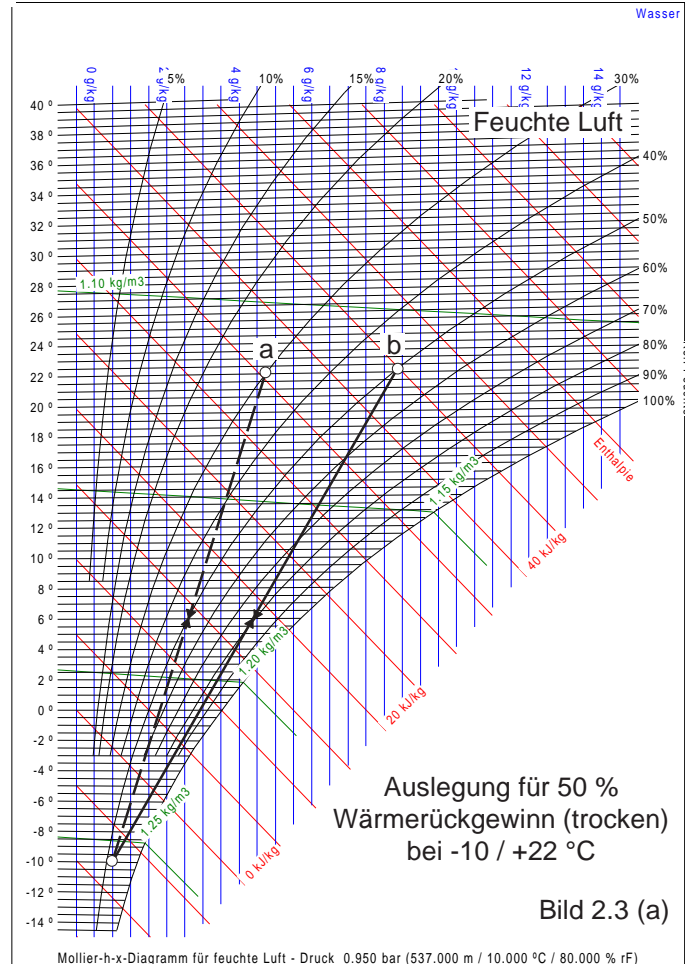
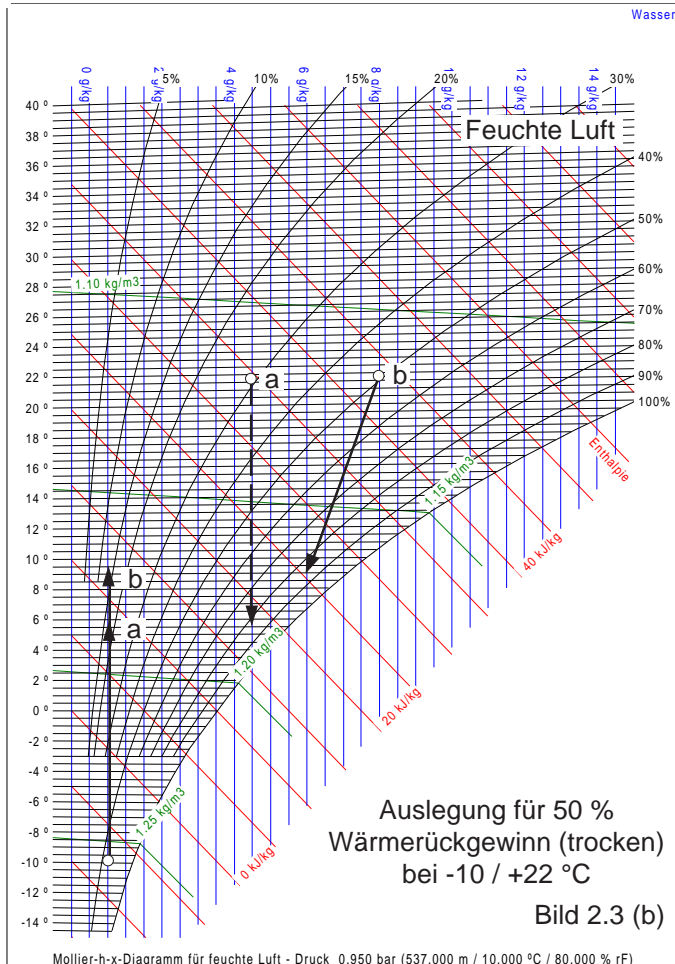
In den eingezeichneten Beispielen ergibt sich ein Leistungsunterschied (gekennzeichnet durch die Differenz des Wärmeinhaltes zwischen Ein- und Austritt) nach a) im Verhältnis von etwa 26 zu 22 kJ/kg, also knapp 20 % Leistungs-Steigerung und nach b) im Verhältnis von etwa 19 zu 17 kJ/kg, also gut 10 % Leistungs-Steigerung.

Die dargestellten Mehrleistungen resultieren ausschließlich aus den unterschiedlichen Eintrittsbedingungen und sind somit kein Leistungsausweis der betreffenden Einrichtung.

Für einen korrekten Leistungsvergleich müssen nicht nur gleiche Eintrittstemperaturen, sondern auch gleiche Feuchte der eintretenden Warmluft vorausgesetzt werden.

Der maximale Wärmerückgewinnungsgrad wird durch die Gerätekonstruktion und durch die Anlagenkosten bestimmt.

Bei Geräten, die keine Feuchtigkeit austauschen können wird meist die Rückwärmezahl (nur sensible Wärme) angegeben. Einem allgemeinen Gütevergleich verschiedener Wärmerückgewinner-Systeme sollte immer der Enthalpiewirkungsgrad zugrund gelegt werden.



### a) Regeneratoren

EUROVENT hat in diesem Sinne einheitliche Prüfbedingungen festgelegt (Tabelle II). Dazu sind im erwähnten Dokument genaue Angaben zur Durchführung der notwendigen Angaben enthalten.

Wie bei den anderen Wärmeüberträgern ist auch bei WRGs die Leistung bei konstanten Volumenströmen von den Eintritts-Temperaturen beider Medien abhängig.

Dies bedeutet aber laut Bild 2.4, daß sich deren Leistung bei den meist konstanten Fortlufttemperaturen bei trockener Wärmeübertragung in etwa direkt proportional zur Außentemperatur ändert, wenn keine Umluft verwendet wird.

Solche Wärmerückgewinnungs-Einrichtungen bringen also während der gesamten Heizperiode einen konstanten Leistungsanteil der Anlage zurück.

Der jährliche Wärmerückgewinn aus diesen Einrichtungen wird nicht von der Auslegungsleistung, sondern von der Rückwärmezahl und der mittleren Eintrittstemperatur bestimmt.

### b) Rekuperatoren und Regeneratoren ohne Feuchteübertragung

#### Die wirtschaftliche Seite der Wärmerückgewinnung

Sie ist eigentlich nur für den jeweiligen Einzelfall genau abzuklären, allgemeingültige Aussagen sind meistens problematisch.

Immerhin kann man folgende Punkte festhalten:

Bei rekuperativen Systemen mit Kreuzstromzirkulation lassen sich nicht mehr als etwa 50 % des Wärmebedarfs der trockenen Lufterwärmung zurückgewinnen.

Soll mehr Wärme zurückgewonnen werden, so ist entweder Gegenstrom oder ein anderes System zu wählen.

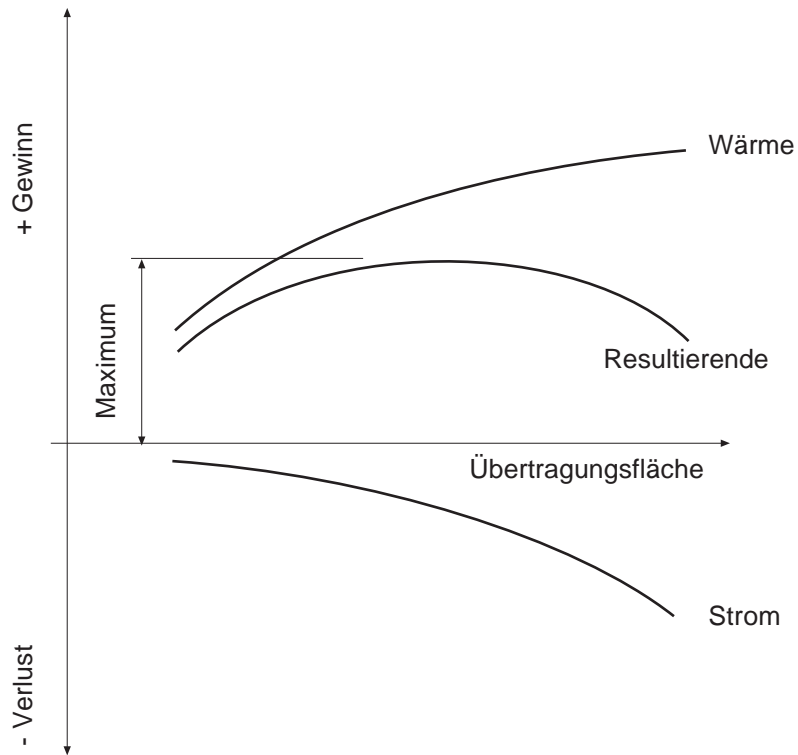
Bei fast allen Systemen läßt sich der Wärmerückgewinn bei gegebenen Ausgangsdaten exponential mit der Übertragungsfläche erhöhen.

Obwohl mathematisch nicht exakt formulierbar, läßt sich zeigen, daß der Exponent zur Fläche je nach Bauart eine gebrochene Zahl in der Größenordnung von etwa 1/3 bis 1/2 sein muß.

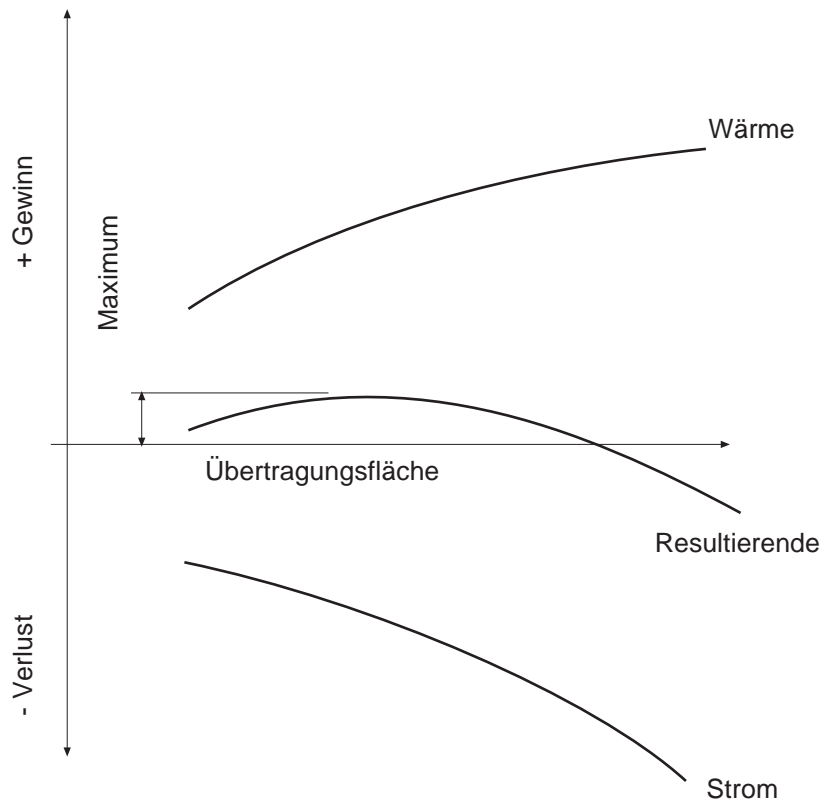


**Bild 2.5 (a-b) Brutto- und Netto-Gewinn bei Wärmerückgewinnungseinrichtungen**

**a) Energie**



**b) Kosten**



Der k-Wert aller hier betrachteten Wärmeüberträger (ausgenommen rotierende WRG) wird zur Hauptsache von den Luftgeschwindigkeiten her bestimmt.

Dies bedeutet zweierlei: Die Materialwahl ist im Hinblick auf den k-Wert nur von untergeordneter Bedeutung, die Luftgeschwindigkeit und damit der Strömungsquerschnitt bestimmen weitgehend den k-Wert.

Da eine Zunahme der Geschwindigkeit immer mit einer Zunahme des Druckverlustes verbunden ist, wird für das Ventilatoraggregat mehr Leistung benötigt.

Dies ist aber in bezug auf die WRG einem Verlust gleichzusetzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß einem Rückgewinn an Wärme immer ein Mehraufwand an Förderenergie („Strom“) gegenübersteht.

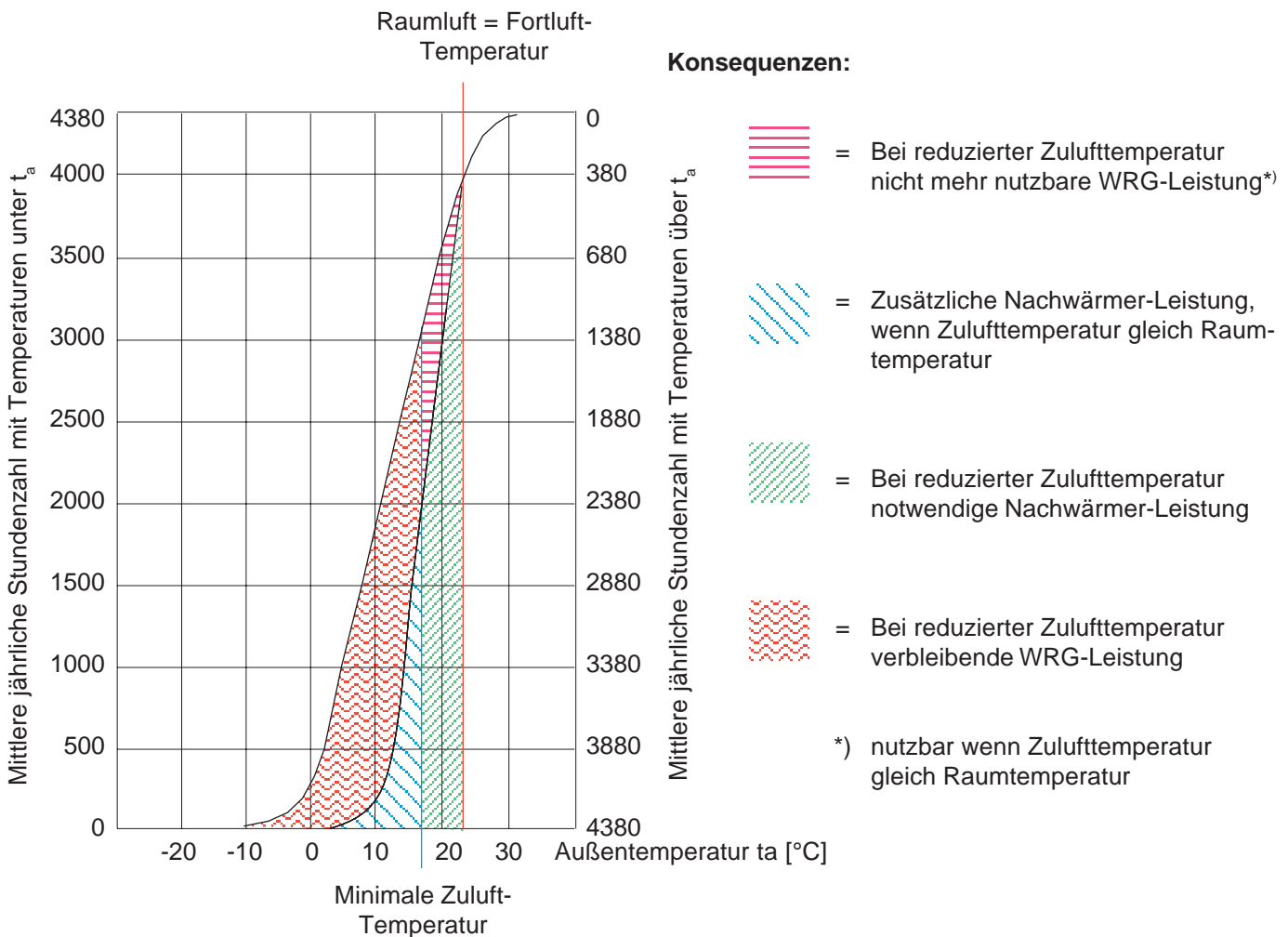
Es ist deshalb naheliegend, den effektiven Gewinn als Netto-Rückgewinn zu bezeichnen. In diesem Sinn ist in Bild 5-5 aufgezeichnet, wie in Abhängigkeit von der

Übertragungsfläche mehr Wärme zurückgewonnen werden kann, aber auch der Verlust für den Stromverbrauch zur Luftförderung zunimmt.

Was hier auf einfache Weise als Maximum an Gewinn ersichtlich wird (Differenz zwischen Gewinn an Wärme und Verlust an Strom für den Antrieb des Ventilatoraggregates), stellt bei der Umsetzung in der Praxis oft vor erhebliche Dimensionierungsprobleme.

Da die Kosten für die verschiedenen Energieträger immer noch sehr unterschiedlich sind, ist der günstige Wert der Energie nicht unbedingt identisch mit demjenigen der Betriebskosten: Bei den (noch) üblichen höheren Stromkosten verschiebt sich der günstigste Punkt in Richtung eines kleineren Wärmerückgewinners!

Dazu ist noch zu bemerken, daß die Stromkosten noch durch zwei Größen erheblich beeinflusst werden können: Druckverlust für die Auslegungsdaten und Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoraggregate.



Beispiel: Wärmerückgewinnungseinrichtung mit  $\Phi$  50 %

## Rotierender Wärmetauscher - FRIVENT-Kapillarventilator

### Der FRIVENT Wärmerückgewinner – anders als alle Andern.

Der **Frivent Wärmerückgewinner-Radialventilator** oder Frivent-Kapillarventilator unterscheidet sich in seiner Bauart von allen andern Wärmerückgewinnersystemen durch folgende Merkmale:

Wärmerückgewinner und Ventilator bilden eine konstruktive Einheit

Für Zu- und Abluft ist nur ein Ventilator erforderlich

Die Rückwärmzahl ist unabhängig von der Luftmenge eine konstante Größe; bei beidseits gleich großen Strömen ist

$\Phi = 0,48$  für sensible fühlbare Wärme

$\Phi = 0,40$  für latente Wärme

Die konstruktiv bedingten und unvermeidbaren Mischverluste betragen ~ 5 % bei beidseits gleicher Druckbelastung.

Die ersten Ideen zu dieser Konstruktion gehen auf den Beginn des vergangenen Jahrhunderts zurück:

Der Schwede Ljungström führte erstmals einen „rotierenden Wärmetauscher“ industriell ein, bei dem sich ein axial durchströmter scheibenförmiger Läufer durch die Kalt- und Warmzone drehte.

Später befaßten sich dann die Schweizer Dr. Sprenger und de Fries intensiver mit der Theorie dazu, wobei das drehende Rad keine Schaufeln sondern eine ringförmige poröse Masse enthält. Dies führte dann zum „wärmerückgewinnenden Radialventilator“, wofür Jan R. de Fries 1969 das amerikanische Patent Nr. 3.456.718 erhielt.

Auf diesen Ideen und Entwicklungsarbeiten aufbauend entwickelt dann die Firma **Josef Friedl GmbH** daraus den **Frivent-Wärmerückgewinner-Radialventilator**.

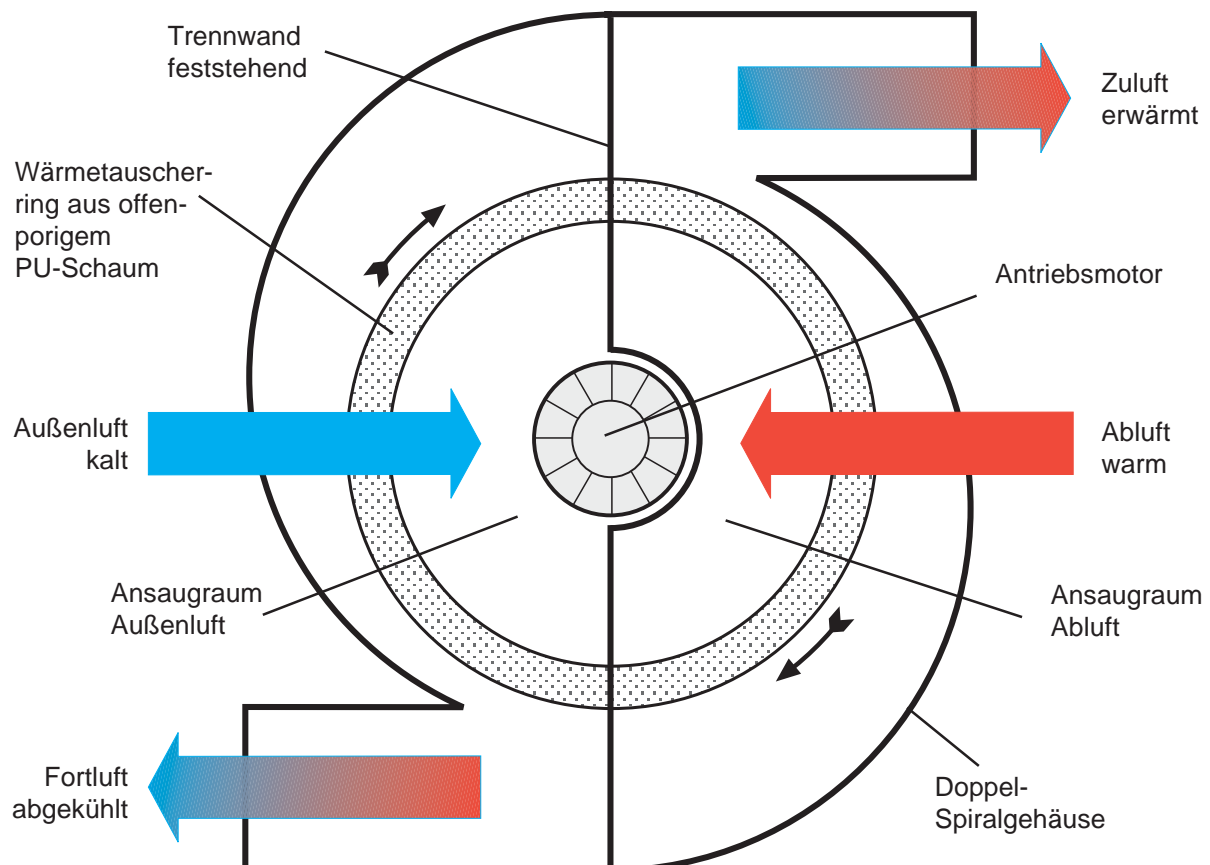
Eine Reihe weiterer Patente folgten.

Die besonderen Merkmale von FRIVENT prädestinieren dieses Produkt vor allem für den Einsatz mit einem Minimum an Förderenergie: im Bereich von kleinen bis mittleren Volumenströmen und besonders bei beengten Platzverhältnissen.

In Hinblick auf die unvermeidlichen, wenn auch geringen Mischverluste sollte auf den Einsatz in Fällen, in denen eine absolute Trennung der Luftströme erforderlich ist verzichtet werden.

Das Gerät hat aber in diesen Leistungsbereichen kaum schlagbare kostenmäßige und wirtschaftliche Vorteile.

**Bild 3.1 Der wärmerückgewinnende Radialventilator**



**Der wärmerückgewinnende Radialventilator**, einzig in seiner Konzeption, bereits langjährig bewährt und dennoch nicht in vollem Umfange bekannt.

Das Charakteristische an ihm ist zunächst, daß man ihm die typische Ventilatoreigenschaft, „Luft zu fördern“, nicht ansieht.

Dennoch, seine Bauteile sind das Ventilatorgehäuse, hier als Doppelspiralgehäuse ausgeführt, das etwas anders geartete Laufrad, bestehend aus einem Stützkäfig, einem offenporigen Skelettschaum aus Polyurethan und dem Ventilator-Antrieb.

Der Ansaugraum ist durch eine Trennwand ebenfalls in zwei Hälften geteilt.

Diese Anordnung ermöglicht es mit einem Ventilatorrad zwei Luftströme zu erzeugen.

Bild 3.2

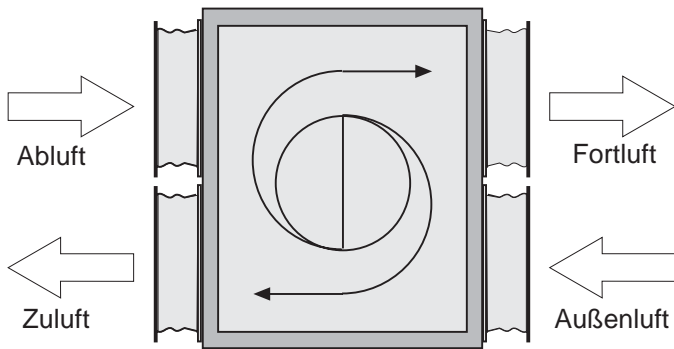


Bild 3.2 zeigt das typische Ventilatorgehäuse mit je zwei Luftein- und austrittsstutzen. Angedeutet ist der Ventilator. Das Ventilator-Laufrad führt zur Unterdruckbildung auf der Außenluft- und Abluftseite und zur Druckbildung auf der Zuluft- und Fortluftseite.

So fördert ein Ventilator zwei Volumenströme annähernd gleicher Größe.

Im Winter wird der Abluft-Fortluft Wärme entzogen und auf die Außenluft-Zuluft übertragen.

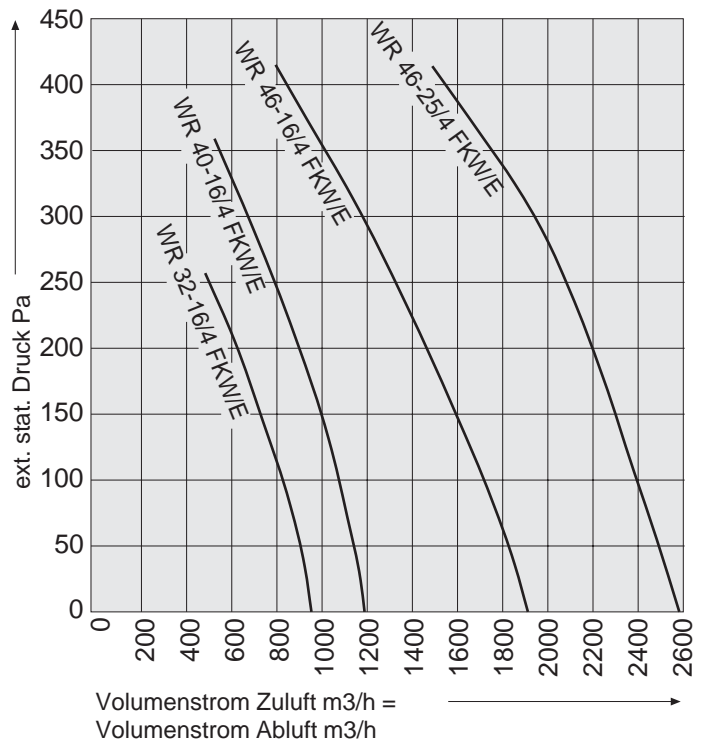
Im Sommer wird bei kühlerer Raumtemperatur der Außenluft-Zuluft durch Wärmeaustausch zur Abluft-Fortluftseite hin Wärme entzogen werden, so daß eine Kälte-Rückgewinnung erfolgt.

Dies alles soll Bild 3.1 auf Seite 12 verständlicher machen.

Man sieht hier das Doppelspiralgehäuse sowie die Unterdruckbereiche für die Außen- und Abluft einschließlich der feststehenden Trennwand, durch die die warme und die kalte Seite voneinander getrennt werden.

Der Wärmetauscher-Ring aus Polyurethan Spezial-Skelettschaum, bei laufendem Betrieb nachweislich nicht entflammbar, bei Stillstand schwer entflammbar und selbstverlöschend, mit Filterwirkung entsprechend Güteklasse A 2, ist das ganze „Geheimnis“ dieses Ventilators.

Bild 3.3 Beispiel Luftleistungen

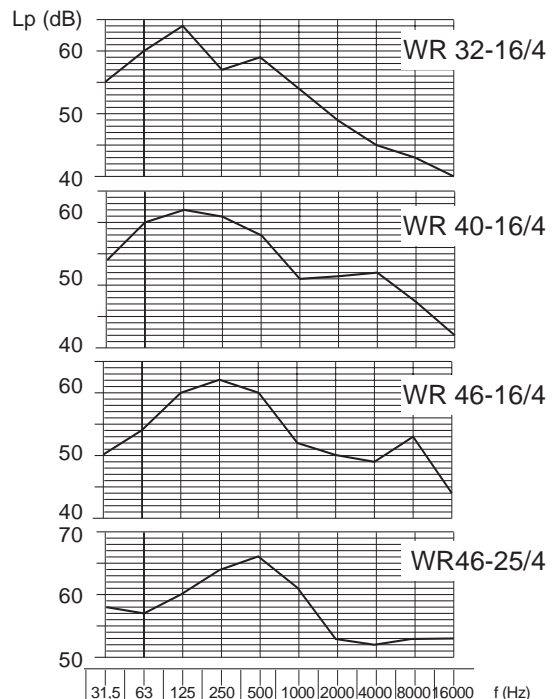


Die größten Geräteeinheiten fördern Luftvolumenströme bis zu ca. 2 x 12.000 m³/h, bei den in derartigen Anlagen gegebenen externen statischen Druckverlusten.

Bild 3.3 zeigt die Luftleistungs-Kennlinien für verschiedene Geräte, und Bild 3.4 zeigt eine Übersicht über die dazugehörigen Schalldruckpegel.

Man sieht, daß man im Hinblick auf die Schalldämpfung wesentlich geringere Probleme hat, wie bei allen anderen Ventilatoren.

Bild 3.4 Schalldruckpegel



## FRIVENT Wärmerückgewinnung

### Funktion Wärmerückgewinnung

Zunächst noch einmal ein Blick zurück – sozusagen eine „geschichtliche Betrachtung“.

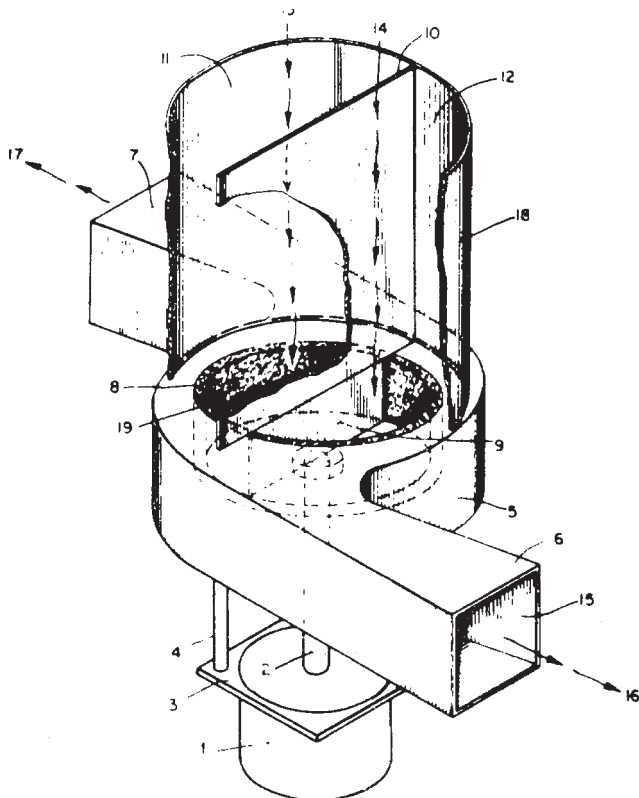
Der Wunsch, Abwärme und Kälte mit Hilfe der Technik zu regenerieren und zumindest teilweise wiederzuverwenden, ist nicht neu. Schon vor der Jahrhundertwende befaßte man sich damit.

Die klassische Lösung sind Kammersysteme, die von zwei gegeneinander strömenden Medien durchflossen werden, so daß dadurch ein Wärmeaustausch entsteht. Verschiedene Systeme dieser Art verwenden wir heute als „rekupe-rative Wärmerückgewinner“.

Um die Jahrhundertwende wurde wie schon erwähnt von dem Schweden Ljungström ein rotierender Wärmetau-scher industriell eingeführt.

Bei modernen Weiterentwicklungen dieser Art bilden fein aufgeteilte Blechsysteme einen scheibenförmigen Läufer, der sich von der Warm- zur Kaltzone und wieder zurück-dreht. Der Rotor wird dabei von den Gas- bzw. Luftströmen axial durchströmt. Verschiedene Werkstoffe wurden ein-gesetzt, um eine möglichst hohe Leistungsdichte zu errei-chen.

Bild 3.5 Darstellung des wärmerückgewinnenden Radial-ventilators zur amerikanischen Patentanmeldung



Bei der Bauart Ljungström und auch nachfolgenden Kon-zeptionen erreichte man eine günstige Leistungsdichte sowie einen hohen Wirkungsgrad bei Umfangsgeschwin-digkeiten von etwa 1,5 m/s.

Umfangreiche physikalische Betrachtungen führten nun zu der Frage, ob man nicht die Leistungsdichte bei einem schnell-rotierenden Wärmetauscher erheblich steigern könne.

Hierbei mußte klar sein, daß bei der sehr geringen Kontakt-zeit zwischen dem Gas- bzw. Luftstrom und dem Wärme-träger-Medium der Wärmestrom nur in die äußeren Grenz-schichten des Wärmeträger-Mediums eindringen konnte.

Die Bedingung war aber auch, daß die aufgenommene Wärme ebenso schnell wieder abgegeben werden mußte.

Ein Isolator konnte diese Bedingungen als Wärmeträger-Medium am besten erfüllen, denn im Experiment läßt sich folgendes feststellen: Erhitzt man einen thermischen Iso-lator z. B. mit einer heißen Platte, so geht der Wärmestrom auf die äußere Grenzschicht sehr schnell über und bei Wechsel in eine kalte Zone wird die Wärme auch sehr schnell wieder abgegeben.

Wiederholt man diesen Vorgang in rascher Folge, so nimmt der „Kern“ des Isolators eine mittlere Temperatur an. Der Wärmeaustausch im Grenzschichtbereich erfolgt aber kontinuierlich.

Es waren Sprenger & de Fries, die sich theoretisch intensiv mit dem sog. „Kapillargebläse“ befaßten. Nicht „sorgfältig berechnete“ und danach dimensionierte Schaufeln waren die Grundlage ihrer Gebläse, sondern eine ringförmige, poröse Masse wurde innerhalb eines Gehäuses in Rotati-on versetzt, und dadurch erfolgte eine Luftförderung wie bei jedem anderen Ventilator.

Die Kombination von Kapillargebläse und ein eigens hier-für ausgesuchtes „Isolormaterial“ führten zum sog. „wärmerückgewinnenden Radialventilator“.

Der wärmerückgewinnende Radialventilator ist ein „schnell-rotierender Regenerativ-Wärmetauscher“.

Bild 3.6  
Poret-Filterschaum  
mittelhart, mit  
unterschiedlicher  
Porengröße

ppi 10



ppi 15



ppi 30



Durch Optimierung der Trennwand konnte der Wärmerückgewinner unempfindlicher gegen anlagenbedingte Druckunterschiede gemacht und die Vermischung verringert werden.

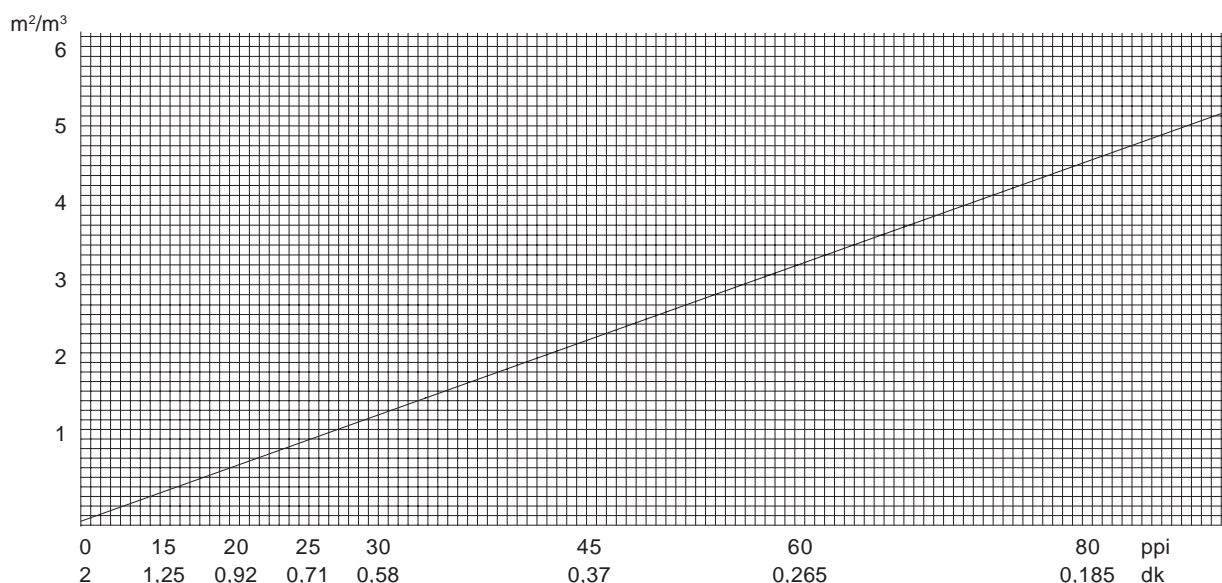
Darüber hinaus ist ein Abgleich der beiden Luftströme durch auswechselbare bzw. verstellbare Luftleitbleche möglich.

Das eingesetzte Austauschermaterial ist ein mittelharter Polyurethan-Skelettschaum, mit den Eigenschaften schwer entflammbar und selbst verlöschend und Einsatztemperaturen von -45° bis +120°C.

Bei rotierendem Wärmetauscherring kann dieser nicht zur Entzündung gebracht werden.

Bild 3.7 zeigt die für den Wärmetransport verfügbare effektive Oberfläche des Filterschaumes in m<sup>2</sup>, bezogen auf das Volumen des Schaumes.

Bild 3.7 Effektive Oberfläche des Filterschaumes



Je nach Einsatz und Verschmutzung der Abluft und der Außenluft muß der Wärmetauscher-Ring regelmäßig ausgetauscht bzw. gereinigt werden.

Der Wärmetauscherring kann mehrmals mit warmen Wasser und Zusatz eines Spülmittels ausgewaschen werden, darf dabei aber nicht überdehnt werden, daher nicht auswringen, mit klarem Wasser nachspülen und erst nach vollständigem Trocknen wieder einsetzen. Dazu ist mindestens ein Reserve-Wärmetauscherring zu empfehlen.

Die Standzeit des Wärmetauscherringes entspricht etwa der des Außenluftfilters.

Bild 3.9 zeigt einen verschmutzten Wärmetauscherring. Die Verschmutzung führt nicht zu einer Verringerung des Wärmerückgewinnes, es reduziert sich jedoch die Luftleistung.

Bei stark verschmutztem Wärmetauscherring kann das Gerät laut werden. Eine Reinigung gehört daher grundsätzlich in regelmäßigen Abständen ausgeführt.

Damit der Skelettschaum durch die Zentrifugalkraft nicht zusammengedrückt wird darf die Umfangsgeschwindigkeit des Rades maximal bei 32 m/s liegen.

Bild 3.6 soll an dieser Stelle einen Eindruck von dem Wärmetauscher-Kapillar-Material geben, das je nach Gerätegröße in vorgegebener Dicke und Porengröße eingesetzt wird.

Bei der Herstellung muß besonders auf gleichbleibende Qualität und gleichmäßige Porengröße geachtet werden. Es werden Blöcke mit ca. 1 x 1 x 2 m geschäumt.

Die Poren sind nach dem Schäumen voerst geschlossen, in einem sogenannten Retikulierungsprozeß werden dann durch explosionsartige Hitzeeinwirkung die Zellhäute abgeschmolzen, sodaß der beschriebene offenporige Skelettschaum entsteht.

ppi = Porenzahl per inch linear  
dk = größte Kugel (ø mm) welche durch die Poren fällt

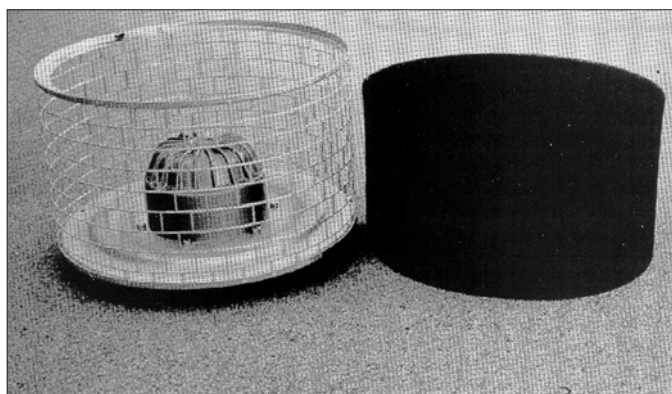


Bild 3.8 Ventilatorrad, gefertigt aus speziellem Lochblech, verzinkt, mit Antrieb und Wärmetauscherring (wird lose in den Stützkorb eingelegt).

## FRIVENT Wärmerückgewinnung

Bild 3.9 Wärmetauscherring nach 2-jähriger Betriebszeit in einem Privatschwimmbad.

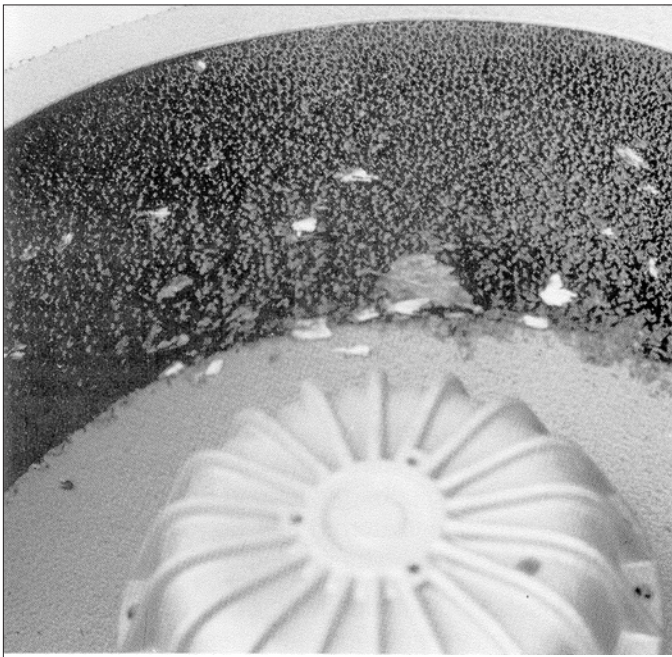
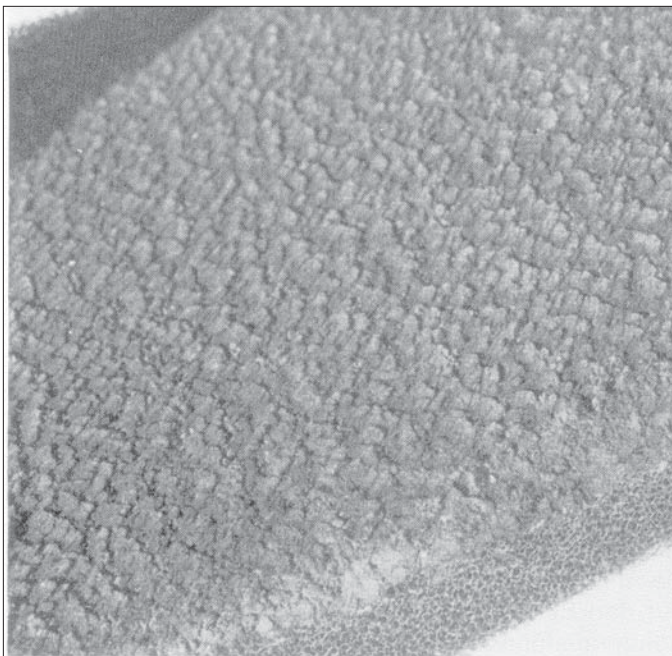


Bild 3.10 Wärmetauscherring nach ca. 8-monatigem Einsatz in einem stark besuchten Cafe mit täglich 17 Stunden Betriebszeit.

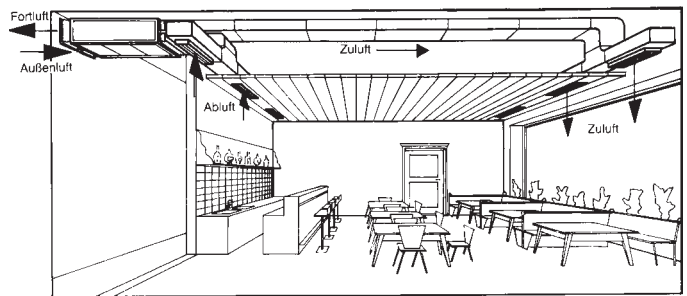


In beiden Fällen ist kein Außenluftfilter vorhanden.

Deutlich ist zu erkennen, wie sich der Schmutz ebenfalls in der Porenstruktur aufbaut, im Inneren des Wärmetauscher-Ringes erfolgt nur geringe Schmutzablagerung, die Luftleistung reduziert sich allmählich.

## Anwendungen

Bild 4.1

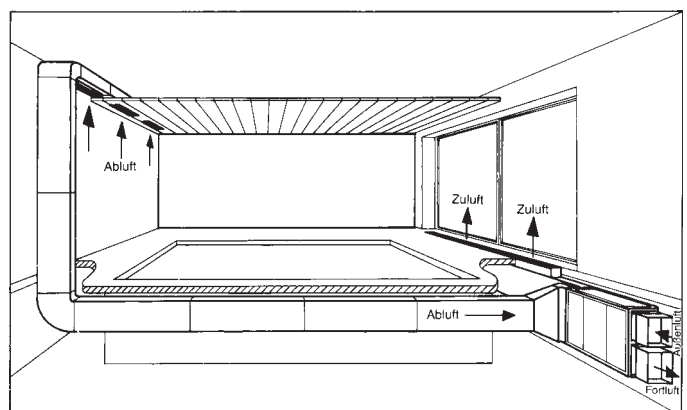


Anwendung zur **Be- und Entlüftung einer Gaststätte**. Einbau in besonders beengten Verhältnissen z. B. an der Decke oder an der Wand in einem Nebenraum oder innerhalb der abgehängten Decke über dem gesamten oder über einem Teil des Gastraumes, zum Beispiel abgehängte Decke nur über dem Tresen.

Kanalführung und Luftauslässe in der Decke, oder zum Beispiel in als Holzbalken verkleideten Luftkanälen beiderseits des Raumes.

Durch die besondere Art der Wärmerückgewinnung ist nicht nur ein energiesparender Betrieb gegeben, sondern ist auch eine äußerst kompakte Bauweise der Lüftungsgeräte möglich, sodaß sich auch bei beengtestem Raumangebot für die Lüftungstechnik, Lösungen finden lassen, die mit herkömmlichen Lüftungsgeräten nicht möglich sind.

Bild 4.2

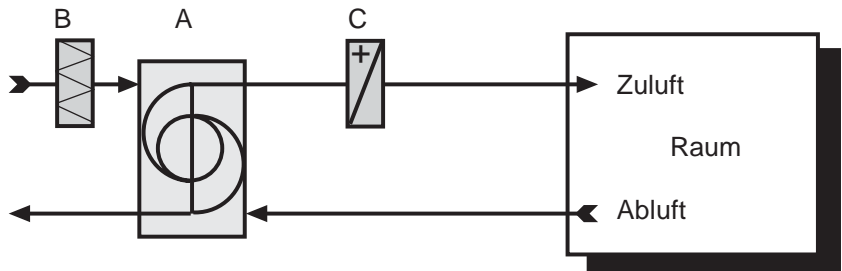


Anwendung zur **Be- und Entlüftung und Entfeuchtung einer Schwimmhalle**.

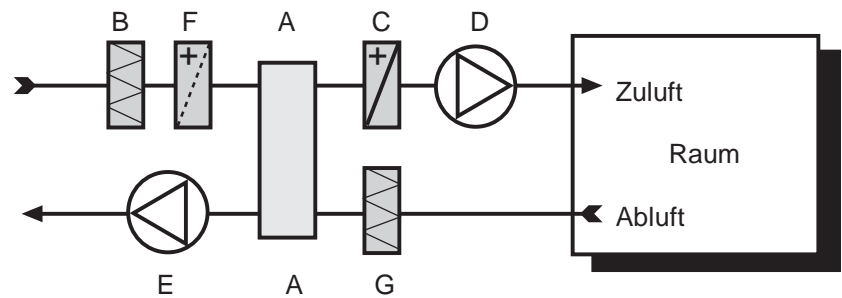
Einbau zum Beispiel im Beckenumgang an der Wand. Luftkanalführung im Beckenumgang, Zuluftauslaß über Bodengitter (Schlitzschienen) vor den Fensterflächen, damit wird auch bei tieferen Außentemperaturen ein Beschlagen der Scheiben sicher vermieden, Abluftgitter in der Decke oder der Wand.

Bild 4.3  
**Vergleich der Anlagenkomponenten**

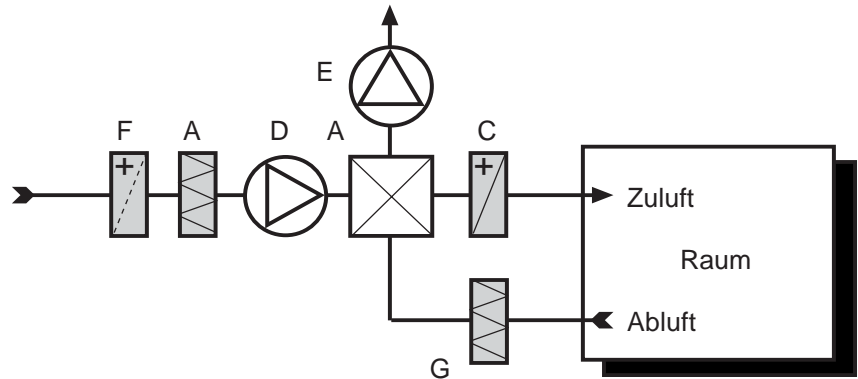
I Schaltbild einer lüftungstechnischen Anlage mit **Wärmerückgewinner FRIVENT**  
Wärmerückgewinnung durch **regenerativen** Wärmeaustausch



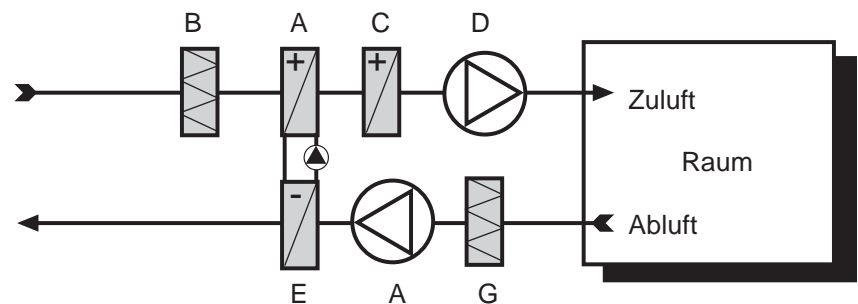
II Schaltbild einer lüftungstechnischen Anlage mit **rotierendem Wärmeaustauscher**  
Wärmerückgewinnung durch **regenerativen** Wärmeaustausch



III Schaltbild einer lüftungstechnischen Anlage mit **Kreuzstromtauscher, Plattentauscher** usw.,  
Wärmerückgewinnung durch **rekuperativen** Wärmeaustausch



IV Schaltbild einer lüftungstechnischen Anlage mit **kreislaufverbundenem System**  
Wärmerückgewinnung durch **rekuperativen** Wärmeaustausch



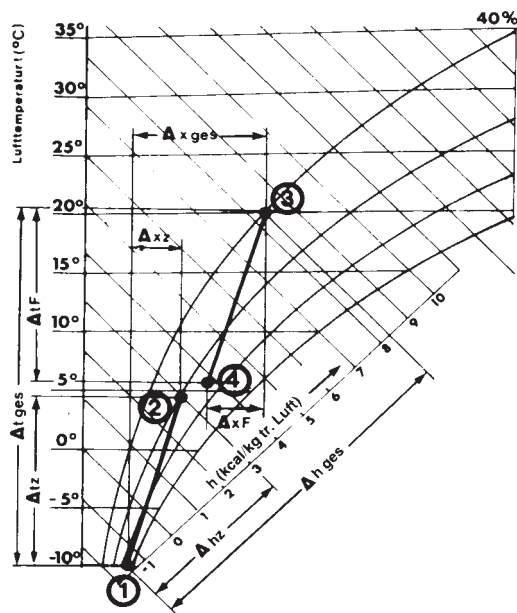
**Anlagenkomponenten**

**Wärmerückgewinnersysteme**

	I	II	III	IV
Wärmetauscher (Wärmerückgewinner) .....	A	1	1	2
Luftfilter .....	B	1	1	1
Nacherwärmer .....	C	1	1	1
Zuluftventilator .....	D	1	1	1
Abluftventilator .....	E	0	1	1
Vorerwärmer/Pumpe .....	F	0	1	1
Abluftfilter .....	G	0	1	1



Bild 4.4 Vergleich der Wärmerückgewinnungssysteme im hx-Diagramm



- ① Aussenluft  $t_1 -10^{\circ}\text{C}$  (90 % rF)  $x = 1,4 \text{ g/kg}$   
 $h_1 = 6,25 \text{ kJ/kg}$  (1,5 kcal/Kg)
- ② Zuluft nach Wärmerückgewinn
- ③ Raumluft  $t + 20^{\circ}\text{C}$  (40 % fF)  $x = 5,7 \text{ g/kg}$   
 $h_3 = 34,16 \text{ kJ/kg}$  (8,2 kcal/kg)
- ④ Fortluft abgekühlt

**Enthalpie-Rückgewinn der verschiedenen Systeme:**

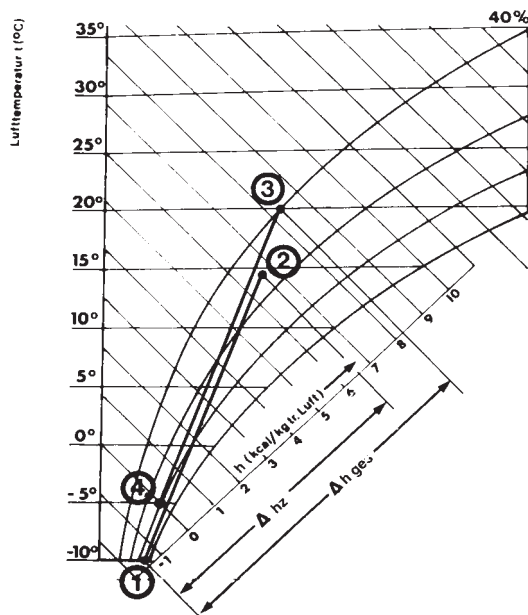
$h_{ges} = 40,83 \text{ kJ/(9,8 kcal/kg)}$

System I  $\Delta h_z = 12,5 + 6,25 = 18,75 \text{ kJ/kg}$   
(3,0 + 1,5 = 4,5 kcal/kg)

System II  $\Delta h_z = 26,66 + 6,25 = 32,91 \text{ kJ/kg}$   
(6,4 + 1,5 = 7,9 kcal/kg)

System III u. IV  $\Delta h_z = 11,66 + 6,25 = 17,91 \text{ kJ/kg}$   
(2,8 + 1,5 = 4,3 kcal/kg)

Wärmerückgewinnungsvorgang im h-x Schaubild für Wärmetauscher System I  
Wärmerückgewinner FRIVENT



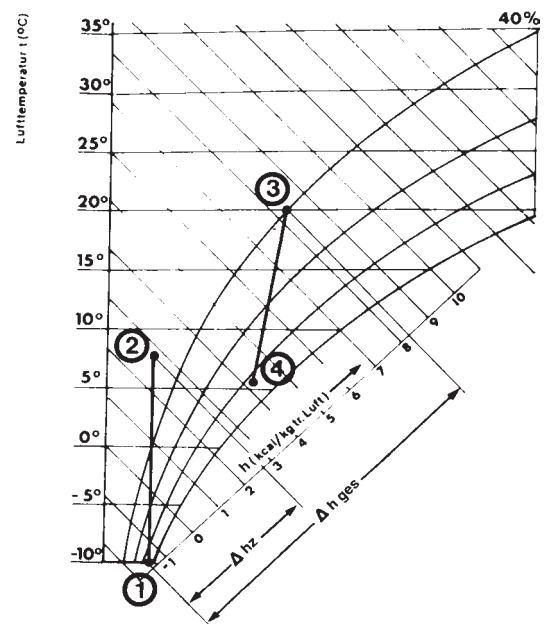
Wärmerückgewinnungsvorgang im h-x Schaubild für Wärmetauscher System II (System Ljungström)

**Enthalpie Wirkungsgrad  $\eta_h = h_z/h_{ges}$ :**

System I  $\eta_h = 18,75/40,83(4,5/9,8) = 0,46$

System II  $\eta_h = 32,91/40,83(7,9/9,8) = 0,80$

Systeme III u. IV  $\eta_h = 17,91/40,83(4,3/9,8) = 0,44$



Nicht berücksichtigt sind bei den Systemen II, III und IV auftretende Wirkungsgradverluste durch Verschmutzung der Austauschfläche.

Wärmerückgewinnungsvorgang im h-x Schaubild für Wärmetauscher System III (Plattentauscher) und IV (Kreislauf-Verbundsystem)

Wärmerückgewinnungssystem im hx-Diagramm

Wärmerückgewinnungsvorgang im hx-Schaubild für Wärmetauscher System

Wärmerückgewinner FRIVENT I  
Wärmetauscher System II  
Wärmetauscher System III und IV.

Nicht berücksichtigt sind bei den Systemen II und IV auftretende Wirkungsverluste durch Verschmutzung und Austauschfläche.

Es ist nicht die Regel, daß rekuperative Wärmerückgewinner mit Kondensation arbeiten, so daß des Enthalpiewirkungsgrad für dieses Wärmerückgewinnersystem auch kleiner als 44 % sein wird.

Ein wesentlicher Umstand bei allen Wirkungsgradvergleichen ist die Tatsache, daß alle Wirkungsgradangaben, Rückwärmezahlen usw. sich auf Temperaturen der Außenluft über 0°C beziehen.

Es wird damit nur der günstigste Betriebszustand als Vergleichswert herangezogen. Wesentlich aussagekräftiger wäre z. B. ein Vergleich über die Winterperiode.

Die Tatsache, daß wenn die Eintrittstemperatur der Außenluft in den Wärmerückgewinner unter 0°C sinken, sich bei einem Plattenwärmetauscher die Austauschflächen mit einem Eisfilm zu überziehen beginnen und die Rückwärmezahl im Gegenzug ebenso absinkt, wird einfach in den Aussagen verschwiegen.

Alle Angaben über Wärmerückgewinnung beziehen sich auf Außenlufttemperaturen von über 0°C um somit den günstigsten Betriebszustand wiedergeben.

Hier gilt je höher die Rückwärmezahl umso eher beginnt diese Vereisung und umso eher und umso mehr sinkt der Wärmeaustauscheffekt ab.

Auch bei allen anderen Systemen außer beim FRIVENT-Kapillarventilator, sind Maßnahmen erforderlich um die Außenluft-Eintrittstemperatur zu erhöhen um ein Zufrieren der Wärmerückgewinnungseinrichtung zu vermeiden.

Dies wird erreicht entweder durch einen Vorerhitzer in der Außenluft (Bild 4.3), Abluftbeimischung, Öffnen der Bypassklappe oder Leistungsbegrenzung wie beim Kreislaufverbundsystem.

Alle diese Maßnahmen reduzieren den Wärmerückgewinn entsprechend und bedeuten schlußendlich, je tiefer die Außentemperatur umso geringer ist der Netto-Wärmerückgewinn.

Nicht so beim **FRIVENT** Kapillarventilator.

Wie die praktische Erfahrung gezeigt hat treten diese Probleme selbst bei Außentemperaturen von -40°C und tiefer, wie sie in Sibirien normal sind, nicht auf.

Der Wärmeaustausch bleibt selbst dann noch erhalten, wenn alle anderen Systeme versagen, bzw. die Wärmerückgewinnung kaum mehr nutzbar sind.

Auch der für die Wärmerückgewinnung erforderliche Mehraufwand an Energie geht allgemein nicht in die Vergleichsrechnung ein (siehe Bild 2.5).

Vergleich der Wärmerückgewinnungssystem Vergleich Energieaufwand für die Wärmerückgewinnung der verglichenen Systeme.

Ausgehend vom Kraftbedarf (P) der Zu- und Abluftventilatoren wird der Mehraufwand an Kraft für das Durchströmen der Wärmerückgewinnungseinheiten der einzelnen Systeme gegenübergestellt.

Da sowohl Druck (p) als auch Volumen (V) und Ventilatorwirkungsgrad (nv) differieren, wird zur Abschätzung der Größenordnung mit folgenden konstanten Werten gerechnet:

1. Gesamtdruck  $\Delta p_{ges} = 400 \text{ Pa}$
2. Zusätzlicher Druckverlust im Wärmerückgewinner
  - a) System I (Frivent)  $p = 0 \text{ Pa}$
  - b) System II, III, IV  $p = 150 \text{ Pa}$
3. Mittlerer Ventilatorwirkungsgrad
  - a) System I (Frivent)  $\eta_f = 0,40$
  - b) Systeme II, III, IV  $\eta_f = 0,55$

Mit diesen Werten und aus der Beziehung

$$P_V = \frac{V_L \cdot \Delta p_{ges}}{\eta_V \cdot 1020 \cdot 3600} = \text{kW}$$

resultiert der Leistungsbedarf für die Luftförderung und Wärmerückgewinnung von

$$P_V = \frac{V_L \cdot 0,5 \cdot \Delta p_{ges}}{0,40 \cdot 1020 \cdot 3600} = 0,0001361 \cdot V_L \text{ (kW)}$$

für das System I (Frivent)

$$P_V = \frac{V_L \cdot (400 + 150)}{0,55 \cdot 1020 \cdot 3600} = 0,0002723 \cdot V_L \text{ (kW)}$$

für die Systeme II, III und IV.

Durch den zusätzlichen Druckverlust im Wärmerückgewinner bei den Systemen II, III und IV ergibt sich ein höherer Kraftbedarf. Nicht berücksichtigt sind hierbei die Verluste durch den Keilriemenantrieb.

Der im Kraftbedarf für die Systeme II, III und IV enthaltende Anteil für die Wärmerückgewinnung von

$$P_{VR} = \frac{V_L \cdot 150}{0,55 \cdot 1020 \cdot 3600} = 0,000075 \cdot V_L \text{ (kW)}$$

entspricht einem Mehraufwand an Energie gegenüber der reinen Luftförderung von

$$P_{VL} = \frac{V_L \cdot 400}{0,55 \cdot 1020 \cdot 3600} = 0,0002475 \cdot V_L \text{ (kW)}$$

um rund 30 % gegenüber 4,5 % beim System I Frivent.

$$\begin{aligned} V_L &= \text{System I Frivent} &&= \text{Zuluft und Abluft} \\ &= \text{System II, III, IV} &&= \text{Zuluft (Abluft) x 2} \end{aligned}$$

## Wärmerückgewinner Frivent

Nachstehend haben wir einige Fragen, mit denen Sie in Ihren Verkaufsgesprächen öfters konfrontiert werden, zusammengesetzt und auch die Antworten darauf.

Dies sollte weiter ergänzt werden, wir bitten Sie daher, uns dazu von Ihren Erfahrungen zu berichten.

### 1.) Vermischung der beiden Luftströme?

Bedingt durch die Konstruktion des Wärmerückgewinner Frivent - es handelt sich um ein **regeneratives** System - besteht keine hermetische Trennung der beiden Luftströme, es werden geringe Abluftanteile stark verdünnt in die Zuluft übertragen.

Die auftretende Vermischung der beiden Luftströme ist abhängig von den jeweiligen Druckdifferenzen im Zu- und Abluftsystem und liegt im praktischen Betrieb bei Werten zwischen 5 und 10 %.

Der geringste gemessene Wert liegt bei 3 % (Labormessung) bei völliger Druckgleichheit zwischen den beiden Luftströmen.

Es gibt mehrere Untersuchungen von neutralen Instituten:

Umluftbestimmung bei Zweistrom-Regenerativ-Verfahren von **Prof. Dipl.Ing. Zbigniew Plaskowski**  
EHT - Zürich 1975

Messung des Abluftanteiles in der Frischluft in Eidgen. Forschungsanstalt Tänikon, Ventilatorenprüfanlage von **Daniel Zehnder Masch. Ing. HTL**, Assistent für Hydro u. Aerodynamik 1984

Messung Wärmerückgewinner Ventilator  
**Ing. L.C.H. Dings, Rob Gradus**  
Technische Hochschule Eindhoven, NL 1985

Messungen des Umluftanteiles in Abhängigkeit von der Winkelstellung der Trennwand  
**Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal**  
D.I.Dr. Krönke Wien 1989

### 2.) Übertragung von Gerüchen?

Es werden nur ganz bestimmte wasserlösliche Geruchsstoffe übertragen, bzw. sehr verdünnt im Ausmaß der Vermischung der Luftströme.

Das Verhalten ist hier ähnlich wie bei anderen regenerativen Wärmerückgewinner-Systemen (z.B. Econovent).

### 3.) Was passiert, wenn der Wärmerückgewinn nicht benötigt wird?

Bedingt durch die Konstruktion - der Wärmerückgewinner und die Luftfördererelemente sind eine Einheit - findet zwischen den beiden Luftströmen (Zu- und Abluft) ein Energieaustausch statt, sobald eine Enthalpie-Differenz besteht.

Dieser Wärmerückgewinn kann in einigen Betriebszuständen unerwünscht sein, besonders wenn die sogenannte freie Kühlung bei niedrigeren Außenlufttemperaturen während des Betriebes ausgenutzt werden soll.

Dieser Effekt kann zwar nicht unmittelbar genutzt werden, jedoch kann durch **Einschalten der Anlage während der kühlen Nachtstunden das Gebäude abgekühlt und die Nachtkühle für den Tag gespeichert werden.**

Durch Wärmerückgewinn, der natürlich auch in **entgegengesetzter Richtung stattfindet**, wenn die Temperatur draußen höher ist als drinnen, wird die Raumtemperatur wesentlich langsamer ansteigen; d.h. die Sommerwärme kommt nur **stark verzögert** in das Gebäude.

Darf die Raumtemperatur jedoch einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten, so ist eine Nachkühlung der Zuluft ebenso erforderlich wie im Winter zur Erhaltung eines bestimmten Minimalwertes eine Nacherhitzung.

Derartige Ausführungsvarianten mit Nacherhitzung bzw. Nachkühlung der Zuluft werden in unserem Geräteprogramm angeboten.

Bei größeren Einheiten und besonders hohem Fremdwärmeanfall in den zu be- und entlüftenden Räumen ist eine Umgehung des Wärmerückgewinners durch einen Bypass möglich.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Zulufttemperatur bei geringen Temperaturdifferenzen hat die Motorabwärme, die je nach Stellung der Motorabdeckung der Trennwand entweder voll in die Zuluft oder die Fortluft geht.

Ein Umsetzen der Motorabdeckung ist durch einfaches Lösen von zwei Schrauben möglich. Die Motorabwärme kann in dieser Stellung der Trennwand dann nicht zu Zulufterwärmung genutzt werden.

### 4.) Ventilatorwirkungsgrad?

Beim Vergleich mit herkömmlichen Gebläsen ist zu beachten, daß der Wärmerückgewinner Frivent vier Funktionen erfüllt:

- a) Zuluftförderung
- b) Abluftförderung
- c) Wärmeaustausch
- d) Luftfilterung

Bei einem Vergleich sind daher die Werte für den Zu- und den Abluftventilator und die zusätzlichen Druckverluste für den Wärmeaustauscher (Wärmerückgewinner) und den Luftfilter einzusetzen.

Wodurch sich trotz des geringeren reinen Ventilatorwirkungsgrades des Wärmerückgewinner-Frivent Ventilators (der in der Regel zwischen 30 und 55 % liegt) ein annähernd gleicher Kraftbedarf wie bei herkömmlichen Ventilatoren ergibt.

### 5.) Kondensat?

Bei hoher Luftfeuchte in der Abluft und tiefen Außenlufttemperaturen kann im Wärmerückgewinner im Abluftstrom der Taupunkt unterschritten werden, sodaß im Wärmetauscherring Kondensat entsteht.

Dieses Kondensat wird durch die Fliehkraft ausgeschieden. Soweit nicht ohnehin in den Geräten eine Kondensat-Abteilung vorgesehen ist, ist der abgehende Fortluftkanal zu entwässern.

**6.) Standzeit der Wärmetauscherringe und Reinigungsintervalle?**

Einer der wesentlichen Vorteile unseres Wärmerückgewinnersystemes ist die leichte und problemlose Reinigung des Wärmerückgewinners.

Der Wärmetauscherring ist einfach zu wechseln und durch Waschen regenerierbar.

Die Reinigungsintervalle werden durch die Verschmutzung der beiden Luftströme bestimmt.

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß die Standzeit den nach üblichen Kriterien ausgelegten Luftfiltern entspricht.

**7.) Wie erfolgt der Wärmerückgewinn?**

Siehe dazu auch Seite 13.

Mit dem Wärmerückgewinner -Frivent werden mit einem Gerät Ventilatorrad) die Funktion des Zu- und Abluftventilators übernommen.

Das Radiallaufrad des Wärmerückgewinner Ventilators rotiert innerhalb zweier Spiralen und ist in seinem Einlauf durch eine feststehende Trennwand in zwei Kammern geteilt.

Dadurch wird die Trennung in zwei Förderwege innerhalb eines Geätes erreicht.

Die Energieübertragung erfolgt durch den als Ventilatorrad eingesetzten offenporigen Polyurethanschaum, der wechselweise von der warmen Abluft und der kalten Außenluft (Frischlufte) durchströmt wird.

Geheizte dünne Drähte von Luft umströmt, zeigen auf die Flächeneinheit bezogen, wesentlich höhere Wärmeübergänge als die gleiche Flächeneinheit, wenn sie größeren Durchmessern angehört.

Die Begriffe der Mikroturbulenz hinter feinen Drähten bei an sich niedrigen Reynold's - Zahlen sind eine Erklärung für die guten Effekte der Wärmerückgewinner-Frivent.

Um eine Vorstellung zu geben, um welche Flächeneinheiten es sich bei den Wärmerückgewinner-Ventilatoren handelt, ein Beispiel:

Bei einem Wärmerückgewinner der Größe WR 46-16/4 wird bei den wirksamen Radabmessungen von 460 mm Außendurchmesser, 165 mm Breite und 33 mm Stärke bei der Nenndrehzahl von 1350 n<sup>-1</sup> stündlich eine Oberfläche von ca. 440.000 m<sup>2</sup> bewegt und für den Energieaustausch wirksam.

**Messungen:**

Elektro-Wärmeinstitut Essen e.V. 1975

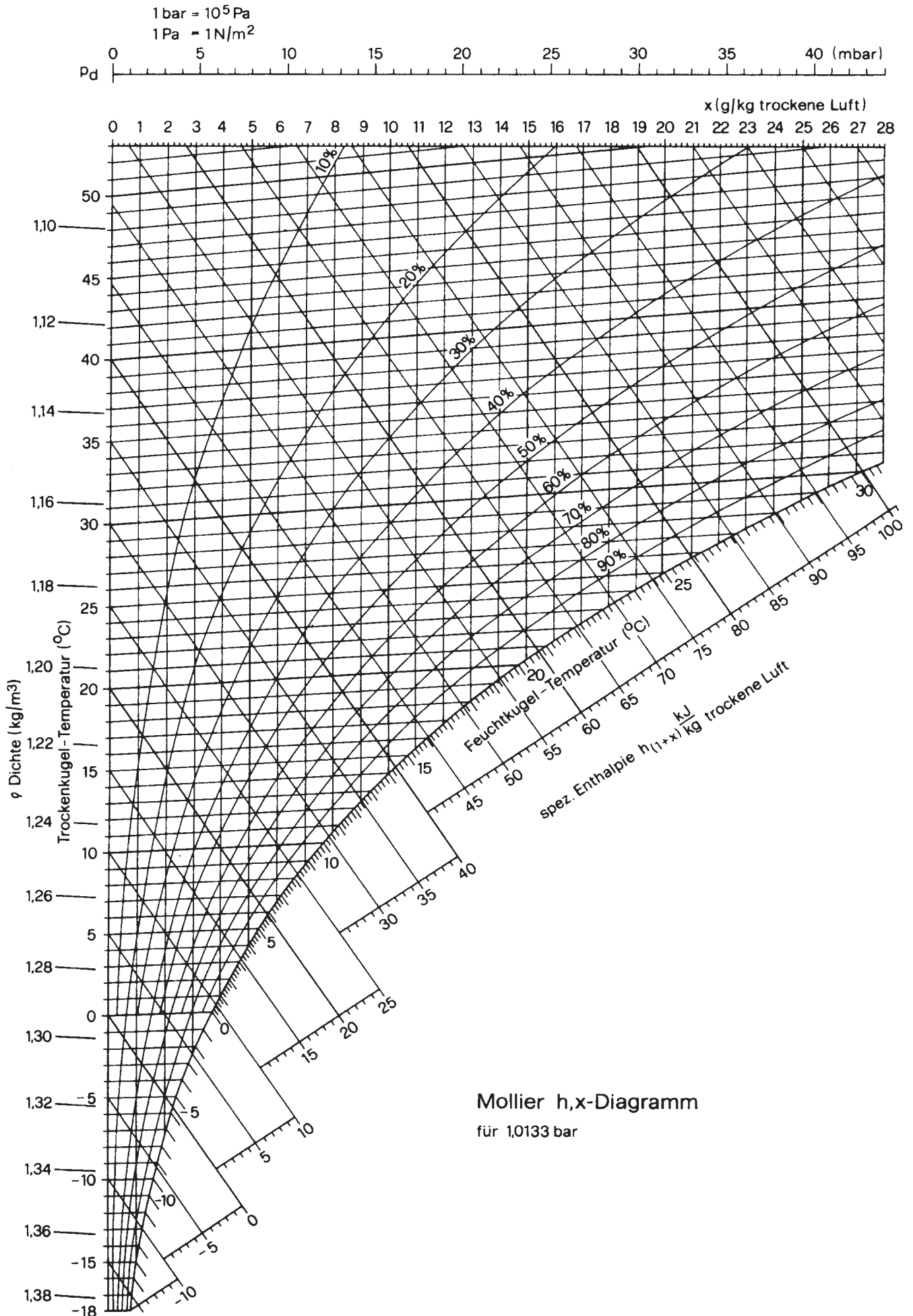
Auswertung Jan de Fries/Zürich

Betriebseigene Messungen

Technische Hochschule Eindhoven, NL 1985

Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien 1989

Kundenmessungen und Betriebserfahrungen in errichteten Anlagen



## Österreich

### Josef Friedl GmbH - Luft- und Wärmetechnik

Salzburgerstraße 20 b  
**A-6380 St. Johann in Tirol**  
Telefon +43 5352 6 25 27 0  
Telefax +43 5352 6 35 99  
eMail info@frivent.com  
Internet http://www.frivent.com

### Josef Friedl GmbH - Luft- und Wärmetechnik

Lehmannngasse 21/1/2  
**A-1230 Wien**  
Telefon +43 1 865 01 12 20  
Telefax +43 1 865 01 12 11  
eMail info@frivent.com

## Deutschland

### FRIVENT - Luft- und Wärmetechnik GmbH

Dirnismaning 25  
**85748 Garching bei München**  
Telefon +49 89 326 19 53  
Telefax +49 89 320 23 70  
eMail garching@frivent.com

### FRIVENT - Luft- und Wärmetechnik GmbH

Zwickauer Straße 412  
**09117 Chemnitz**  
Telefon +49 371 84 220 61  
Telefax +49 371 84 220 63  
eMail chemnitz@frivent.com

### FRIVENT - Luft- und Wärmetechnik GmbH

Vertretung Berlin: **Systemair GmbH**  
Wolfener Straße 32-34 Haus 1  
**12681 Berlin**  
Telefon +49 30 98 30 66 0  
Telefax +49 30 98 30 66 11, 030 98 30 66 67  
eMail berlin@systemair.de

## Schweiz

### CompetAir GmbH - RaumluftKomfort

Böhrnrainstrasse 13  
**CH-8800 Thalwil**  
Telefon +41 800 80 55  
Telefax +41 1 722 51 05  
eMail competair@cs.com

## Tschechien

### FRIVENT CZ s.r.o.

Horní 22  
**CZ-37004 České Budějovice**  
Telefon +420 38 731 23 39  
Telefax +420 38 731 43 07  
eMail frivent@frivent.cz

## Lüftungs- und Klimageräte mit Wärmerückgewinnung

Vertretung:

## Litauen

### UAB FRIVENT technika

Verkiu g. 29 korp. 5  
**LT-2600 Vilnius**  
Telefon +370 5 273 72 07  
Telefax +370 5 273 72 07  
eMail frivent@is.lt

## Rußland

### ZAO FRIVENT-M

Moskovskaia oblast  
**RU-143900 Balaschiha**  
Telefon +7 095 721 73 60  
Telefax +7 095 521 05 15  
eMail frivent@ventcomplex.ru

### OAO VentComplex

Krasnyi prospekt 157/1  
RU-630049 Novosibirsk  
Telefon +7 3832 25 67 23, 25 45 89  
Telefax +7 3832 25 45 25, 25 55 31  
eMail info@ventcomplex.ru

## Ukraine

### Teko TOB

Ul. Jaroslava Mudrogo, 66/13  
**UA-09117 Belaja Zerkow 17**  
Telefon +380 44 63 5 77 60  
Telefax +380 44 63 3 66 41  
eMail maico@tekogroup.kiev.ua

### Teko TOB

Per. Industrialnij, 2  
**UA-03056 Kiev**  
Telefon +380 44 457 93 80  
Telefax +380 44 457 93 81  
eMail maico@tekogroup.kiev.ua



Josef Friedl GmbH - A-6380 St. Johann in Tirol

**frivent**<sup>®</sup>  
Luft+Wärme+Klima