

# Energieeinsparung in der Klimatechnik

Wärmerückgewinnung – Kälterückgewinnung – Feuchterückgewinnung –  
Nachtkühlung – Multifunktionale Nutzungskonzepte

Dipl.-Kfm. Wolfgang Wonneberger, Vertriebsleiter GB Heizung-Lüftung-Klimatechnik, WOLF Anlagen-Technik

## Inhaltsverzeichnis

<b>Energierückgewinnung für eine saubere Umwelt .....</b>	<b>2</b>
Wärmerückgewinnung, Kälterückgewinnung, Feuchterückgewinnung	
<b>... und wirtschaftlichen Betrieb .....</b>	<b>3</b>
Wärmerückgewinnung ist immer wirtschaftlich	
Planungscheckliste	
Bildnachweis	
<b>Orientierungshilfe bei WRG-Systemen .....</b>	<b>4</b>
WRG-Systeme	
Tipps zur Auswahl	
Rekuperative Systeme	
Regenerative Systeme	
Wärmepumpe	
<b>Wärmerückgewinnungs-Systeme .....</b>	<b>6</b>
Plattenwärmeaustauscher	
Rotationswärmeaustauscher	
Kreislaufverbundsystem	
Hochleistungs KV-System	
Wärmerohraustauscher	
Wärme-Akkumulator	
<b>Energie sparen, Verluste vermeiden.....</b>	<b>12</b>
Umluft, Bypass, adiabate Kühlung	
Nachtkältenutzung	
Multifunktionale Nutzung	
Blockheizkraftwerk (BHKW)	
Regelungskonzepte	
<b>Wirtschaftlich kühlen .....</b>	<b>13</b>
Sorptionskältemaschinen, DEC-Anlagen,	
Funktionsschema einer DEC-Anlage	
<b>Mini-Lexikon der Fachbegriffe .....</b>	<b>14</b>



# Energierückgewinnung für eine saubere Umwelt



Den Energie einsparenden Entwicklungen der Klimatechnik kommt mit zunehmendem Umweltbewusstsein und wachsenden behördlichen Auflagen immer größere Bedeutung zu.

Geringerer Energieverbrauch bedeutet weniger Schadstoffemissionen, besseren Umweltschutz und niedrigere Betriebskosten.

## Wärmerückgewinnung (WRG)

Im Winter (Heizfall) wird der warmen Abluft, die aus dem Gebäude abgeführt wird, ein Teil ihrer Energie entzogen und dem kalten Außenluftstrom zugeführt.

### Wärme aus Kälteprozessen

Schon kleine Kälteanlagen erzeugen so viel Abwärme, dass sich die Nutzung dieser Abwärme schnell amortisiert. Dieser Effekt wird durch Energiepreissteigerungen noch beschleunigt.

### Wärme aus Entfeuchtung

Bei der Verflüssigung von Wasserdampf wird Wärme frei, die im Wege der Rückgewinnung genutzt werden kann.

## Kälterückgewinnung

Wenn im Sommer (Kühlfall) hohe Außentemperaturen herrschen, wird mit der kälteren Abluft die Außenluft vorgekühlt.

Die Rückgewinnung der Kälte aus der Abluft spart viel Energie für die Kältemaschine.

Nahezu alle Wärmerückgewinner können in der Prozessumkehr auch zur Rückgewinnung der Kälte verwendet werden.

### Kälte aus Befeuchtung

Zusätzlich kann die Abluft, anstelle oder ergänzend zur maschinellen Kühlung, adiabatisch befeuchtet und damit abgekühlt werden.

Die so gewonnene Kälte kann an die warme Außenluft übertragen werden. Dieser Prozess spart viel Energieaufwand für die Kälteerzeugung ein.

## Feuchterückgewinnung

Zuluftbefeuchtung über Rückgewinnung der Feuchte aus der warmen Abluft reduziert im Winter den Energieverbrauch von RLT-Anlagen mit Raumluftfeuchteregelung.

Anlagen mit Feuchterückgewinnung sind insgesamt wesentlich energieeffizienter als Anlagen ohne Feuchterückgewinnung.

In RLT-Anlagen mit Kühlung reduziert die Feuchteübertragung die notwendige Kälteleistung.

Die Klimaanlage kann eventuell kleiner ausgelegt werden, weil sie bis zu 20 % weniger Leistung erbringen muss. Das spart Investitions- und Betriebskosten.



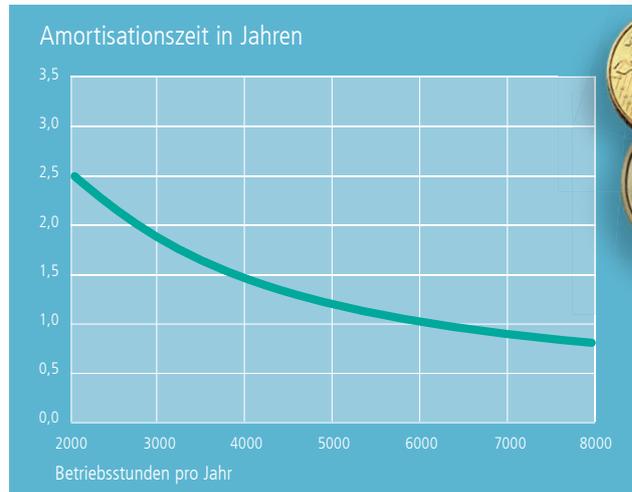
**Bis zu 30% der Energiekosten lassen sich mit WRG-Systemen einsparen!**

## ... und wirtschaftlichen Betrieb

### Wärmerückgewinnung ist immer wirtschaftlich

Die wesentlichen Wirtschaftlichkeitsfaktoren sind:

- ▶ Standort des Gebäudes
- ▶ Gebäudeart und Nutzung
- ▶ Art des Wärmerückgewinnungs (WRG)-Systems
- ▶ Betriebsweise der Raumlufttechnischen (RLT)-Anlage



### Planungscheckliste

Sorgfältige Planung ist der optimalste Spareffekt.

Die folgenden Punkte sollten bei der Planung von Wärmerückgewinnungsanlagen unbedingt abgeklärt werden.

- ▶ **Daten präzise und praxisgerecht erfassen**  
Vor allen Dingen die Luftleistungen, die Temperaturen und die Feuchtebelastung am Tauschereintritt ermitteln.  
Vorsicht! Wenn die Auslegungswerte zu optimistisch gewählt werden, sind im praktischen Betrieb die prognostizierten Werte oft nicht zu erreichen.
- ▶ **Standort und Luftführung bestimmen**  
Hier lassen sich schon an der Basis Installationskosten sparen. Oft wird damit auch das Tauschersystem festgelegt.
- ▶ **Erforderliche Luftqualität festlegen**  
Welche Ansprüche werden an die Dichtigkeit (Kontamination der Außenluft) gestellt?  
Ist Luftreinigung erforderlich?
- ▶ **Feuchteübertragung**  
Soll Feuchte übertragen werden?  
Ist Feuchteübertragung nur im Winter oder auch im Sommer erforderlich?
- ▶ **Regelung**  
Ist Leistungsregelung erforderlich?  
Ist die Integration in bestehende Gebäudemanagement-Systeme erforderlich?
- ▶ **Kondensatanfall**  
Fällt Kondensat an? Wenn ja, welche Maßnahmen sind damit erforderlich?
- ▶ **Besteht Korrosionsgefahr?**
- ▶ **Besteht Verschmutzungsgefahr?**
- ▶ **Temperaturbereich**  
Sind Sonderausführungen bezüglich der Temperatur notwendig?
- ▶ **Wärmeaustauschersystem festlegen**  
Passendes System auswählen und bezüglich der Wirtschaftlichkeit optimieren.
- ▶ **Optimierung der Anlage**  
Kann mit der Wärme-/Kälte-/Feuchterückgewinnung die Wärme-/Kälte-/Feuchterzeugung und -verteilung evtl. kleiner dimensioniert werden?
- ▶ **Spezifikation**  
Ausführung genau spezifizieren und sicherstellen, dass die Vorgaben auch installiert werden.
- ▶ **Abnahme**  
Inbetriebnahme mit Abnahmeprüfung durchführen.

# Energierückgewinnung Orientierungshilfe bei WRG-Systemen

## WRG-Systeme

Im Wesentlichen wird bei RLT-Anlagen zwischen zwei Systemen der Wärmerückgewinnung unterschieden:

- ▶ **Rekuperatoren**
- ▶ **Regeneratoren**

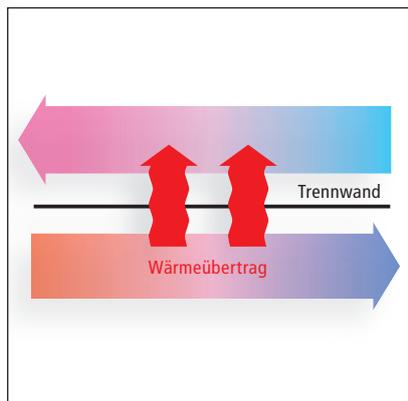
Systeme mit Trennflächen, die aus regenerativen und rekuperativen Funktionseinheiten bestehen, wie z. B. die Kreislaufverbundsysteme, werden zu den regenerativen Systemen gezählt, da sie die Temperatur über ein Zwischenmedium übertragen.

## Tipps zur Auswahl

- ▶ Rückwärmzahl und Druckverlust hängen von den Betriebsdaten ab; deshalb immer sowohl für die Extremwerte (Sommer, Winter) **und** mit Durchschnittswerten rechnen.
- ▶ Sind Außenluft- und Fortluftgerät getrennt voneinander aufgestellt, so ist nur das Kreislaufverbundsystem verwendbar.
- ▶ Bei schadstoffhaltiger Abluft sind Wärmerückgewinner ohne Trennflächen (z.B. Rotoren) nicht geeignet.
- ▶ Bei kleinen Luftleistungen (ca. 1000 bis 20.000 m<sup>3</sup>/h) sind Plattenwärmeaustauscher meist die wirtschaftlichste Lösung.
- ▶ In der Prozesstechnik ist bei sehr hohen Temperaturen (bis 200 °C) das Wärmerohr oft eine gute Lösung.
- ▶ Bei großen Luftleistungen (ca. 15.000 bis 100.000 m<sup>3</sup>/h) ist – wenn nicht andere Gründe dagegen sprechen – der Rotationswärmeaustauscher die wirtschaftlichste Lösung.
- ▶ Die Rückwärmzahl sollte im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz mindestens 50 %, besser 60 %, betragen
- ▶ Der Druckverlust sollte aus Energiespargründen möglichst gering gehalten werden.

Diese Empfehlungen basieren auf langjähriger Erfahrung aus der Praxis und sind deshalb verallgemeinert.

Selbstverständlich können in konkreten Anwendungsfällen andere Entscheidungen getroffen werden.



## Rekuperative Systeme

Bei der rekuperativen Wärmerückgewinnung wird die Wärme durch eine feste Trennwand aus Metall, Kunststoff oder Glas direkt vom Abluft- auf den Zuluftstrom übertragen. Stoffübertragung ist nicht möglich.

Je nach deren Form spricht man dann von

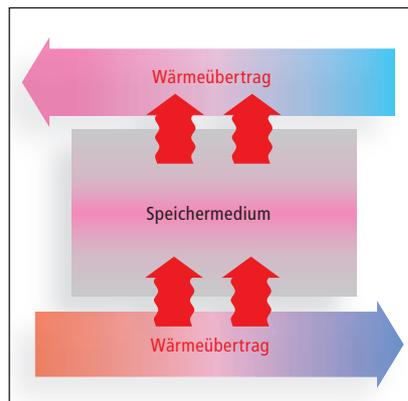
- ▶ **Plattenwärmeaustauschern** oder
- ▶ **Röhrenwärmeaustauschern.**

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal bei den rekuperativen Systemen ist die Schaltung der beiden Luftströme, die entweder im

- ▶ **Kreuzstrom** oder
- ▶ **Gegenstrom** (auch Kreuz-Gegenstrom) laufen.

Metall und Glas unterscheiden sich in den k-Werten übrigens bei sonst gleichen Voraussetzungen nur um etwa 5 %.

Der Plattenabstand und die Profilierung ist für diese Art von Wärmeaustauschern ein wichtiges Kriterium. Mit kleinen Abständen (wenige Millimeter) lässt sich bei gleichem Querschnitt viel mehr Übertragungsfläche einbauen und auch mehr Leistung erzielen als bei größeren Abständen, jedoch steigt damit auch der Druckverlust.



## Regenerative Systeme

Bei regenerativen Wärmerückgewinnungs-Systemen wird die Wärme indirekt, also über eine Speichermasse bzw. ein Zwischenmedium, von der Abluft an die Zuluft übertragen. Stoffübertragung ist möglich.

Regenerative Wärmerückgewinnungs-Systeme gibt es in sehr unterschiedlichen Bauarten.

Die VDI 2071 unterscheidet hier zwischen rotierenden und statischen Speichermassen. Andere Einteilungen unterscheiden in Systeme mit und ohne Trennflächen.

▶ **Rotationswärmeaustauscher** mit umlaufender Speichermasse in Wellfolienstruktur aus Metall zur Rückgewinnung von Wärme und Feuchte sind das bekannteste System. Die rotierende Speichermasse des Rotors überträgt die Wärme und je nach Füllmaterial auch Feuchtigkeit von einem Luftstrom zum anderen.

▶ **Akkublock Wärmeaustauscher** bestehen aus zwei oder mehreren statischen Speichern, die abwechselnd von der warmen Abluft „geladen“ und der vorbeistreichenden, kalten Außenluft „entladen“ werden.

Die Einbaumaße sind flexibel, die Rückwärmzahl ist besonders hoch.

Die Speicherblöcke sind auch ausziehbar erhältlich, um die Anforderungen der VDI 6022 zu erfüllen.

▶ **Kreislaufverbundsysteme** arbeiten mit einem Wasser/Glykol Gemisch als Zwischenmedium in einem geschlossenen Rohrkreislauf zwischen Kühler und Erhitzer.

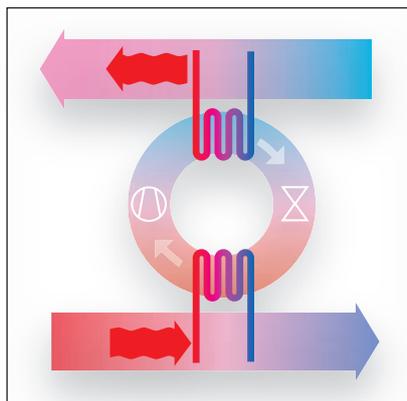
Die durch den Luftkühler der Abluft entzogene Wärme wird über das Medium an den Lufterhitzer (Vorwärmer) im Außenluftstrom übertragen. Die beiden Luftströme müssen dabei nicht zusammengeführt werden. Mit dem Leitungssystem können, bei ausreichender Isolierung, auch längere Distanzen überbrückt werden. Deshalb ist auch eine räumlich getrennte Aufstellung von Erhitzer und Kühler möglich.

► **Hochleistungs-Kreislaufverbundsysteme** erreichen um einiges höhere Wärmeleistungen, bei gleichem Funktionsprinzip.

► Durch den am **Wärmerohr** vorbei streichenden, warmen Fortluftstrom wird das im geschlossenen Rohrsystem befindliche Kältemittel (Zwischenmedium) zum Verdampfen gebracht. Der Dampf kondensiert im Bereich des kalten Außenluftstroms und zirkuliert infolge Schwerkraft wieder zurück.

Bei horizontalem Einbau ist ein gewisses Gefälle der internen Leitungen in Richtung Warmluftstrom erforderlich. Im Sommerbetrieb kann hier eine Kippregelung eingesetzt werden.

Bei vertikalem Einbau muss die Fortluft unten und die Außenluft oben vorbeiströmen.



### Wärmepumpe

Auch die Verwendung von Wärmepumpen ist zur Wärmerückgewinnung möglich. Die Temperatur der Fortluft wird dabei über die Wärmepumpe erhöht und an die einströmende Außenluft abgegeben.

### Farbschlüssel

Für die Grafiken in diesem Prospekt sind die Farben nach der Lufttemperatur festgelegt:

- █ AU = Außenluft (kalt)
- █ ZU = Zuluft (angewärmt)
- █ AB = Abluft (warm)
- █ FO = Fortluft (kühl)

Grafiken: WOLF Anlagen-Technik

### Marktanteile

- Rotationswärmeaustauscher ca. 35 %
- Plattenwärmeaustauscher ca. 30 %
- Kreislaufverbundsystem ca. 20 %
- Wärmerohr ca. 5 %

VDI 2071	Bezeichnung	Symbol	Luftströme	Feuchtaustausch
I.1	Platten-Wärmeaustauscher		zusammengeführt	nein
I.2	Röhren-Wärmeaustauscher		zusammengeführt	nein
II.1.1	Kreislaufverbund-Wärmeaustauscher		getrennt	nein
II.2	Wärmerohr		zusammengeführt	nein
III.1	Rotations-Wärmeaustauscher		zusammengeführt	möglich
III.3	Umschalt-Wärmeaustauscher (Akkumulator)		zusammengeführt	möglich
IV	Wärmepumpe		getrennt	nein

# Energierückgewinnung Wärmerückgewinnungs-Systeme

## Plattenwärmeaustauscher

### Plattenwärmeaustauscher zur Wärmerückgewinnung

#### Funktion

Bei Plattenwärmeaustauschern sind die beiden Luftströme voneinander getrennt; die Übertragung von Feuchte, aber auch von Schadstoffen, ist deshalb nicht möglich.

Durch reine Wärmeleitung (rekuperativ) werden die Temperaturen der beiden Luftströme aneinander angeglichen.

#### Kreuzstrom-Wärmeaustauscher

Die Rückwärmzahl beträgt ca. 50 % bis 60 %. Der Druckverlust liegt zwischen 150 und 250 Pa. Plattenwärmeaustauscher sind auch mit adiabater Kühlung erhältlich.

#### Gegenstrom-Wärmeaustauscher

Bei gleichem Funktionsprinzip erreichen Gegenstrom-Wärmeaustauscher (auch Kreuz-Gegenstrom-Wärmeaustauscher genannt) Rückwärmzahlen bis ca. 90 %.

#### Anwendung

Plattenwärmeaustauscher werden bevorzugt verwendet, wenn

- ▶ keine Feuchte übertragen werden soll,
- ▶ keine Kontamination der Außenluft stattfinden darf,
- ▶ hohe Betriebssicherheit gefordert ist,
- ▶ bei kleineren Luftleistungen (ca. 1000 bis 20.000 m³/h) niedrige Kosten gefordert sind.
- ▶ Die Wärmerückgewinnung kann über Bypass geregelt werden.

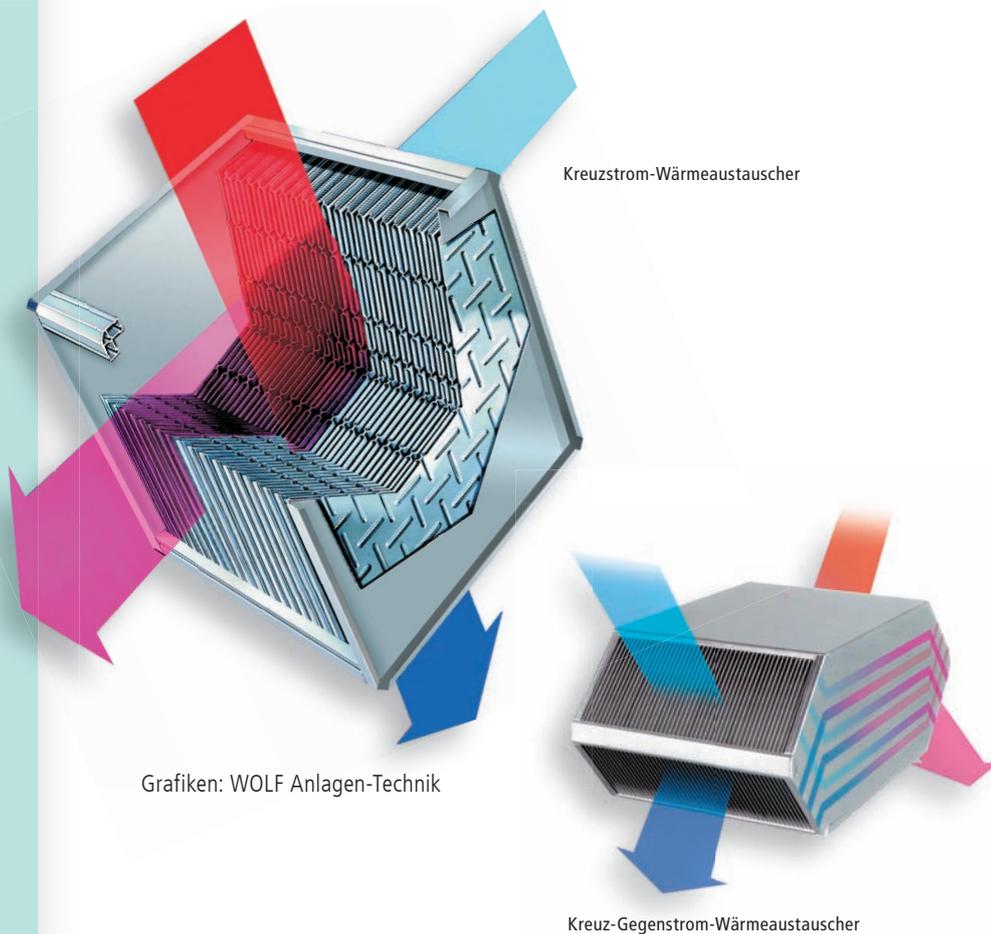
#### Ausschreibungstext

Plattenwärmeaustauscher in Kreuz- bzw. Diagonalausführung für zwei sich kreuzende Luftströme, Plattenwärmeaustauscher mit gegenläufigen Luftströmen.

Die Platten sind untereinander formschlüssig mit einem Falz verbunden, der zusätzlich mit Kunstharz abgedichtet wird. Eine Bypassklappe kann im Außenluftstrom eingebaut werden, um die Sommerumgehung zu gewährleisten.

Bei entsprechender Klappensteuerung kann der Bypass als Vereisungsschutz der WRG dienen. Auf Wunsch ist eine integrierte Umluftklappe möglich.

Komplettes Tauscherpaket mit Kondensatsammelwanne aus korrosionsbeständigem Material im Gerätegehäuse eingebaut. Kondensatablaufstutzen seitlich herausgeführt.

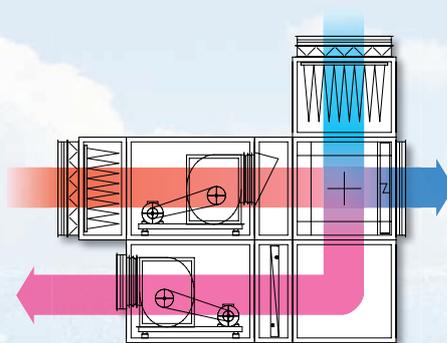


Kreuzstrom-Wärmeaustauscher

Grafiken: WOLF Anlagen-Technik

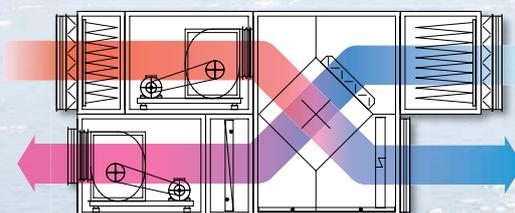
Kreuz-Gegenstrom-Wärmeaustauscher

## Kombinationsmöglichkeiten



### Luftführung senkrecht - waagrecht Seitenansicht

Die Luftströme kreuzen sich im Wärmeaustauscher.



### Luftführung diagonal Seitenansicht

Die Luftströme kreuzen sich im Wärmeaustauscher.

## Rotationswärmeaustauscher

### Rotationswärmeaustauscher zur Wärmerückgewinnung

#### Funktion

Durch die Drehbewegung wird die Rotormasse abwechselnd von der Abluft und der Außenluft durchströmt. Sie nimmt dabei annähernd die Luftstromtemperaturen an, d. h. sie wird abwechselnd erwärmt und abgekühlt und überträgt so Energie zwischen den beiden Luftströmen.

Die Rückwärmzahl beträgt üblicherweise 70 % bis 75 %. Der Druckverlust liegt zwischen 70 Pa und 150 Pa.

Es handelt sich um ein regeneratives System ohne Trennflächen, d. h. es können auch Stoffgrößen, wie z. B. Feuchtigkeit, übertragen werden. Zuluft und Abluft müssen zusammengeführt sein.

Durch die Einplanung von Spülzonen wird eine unerwünschte Kontamination der Zuluft mit Abluft minimiert.

#### Anwendung

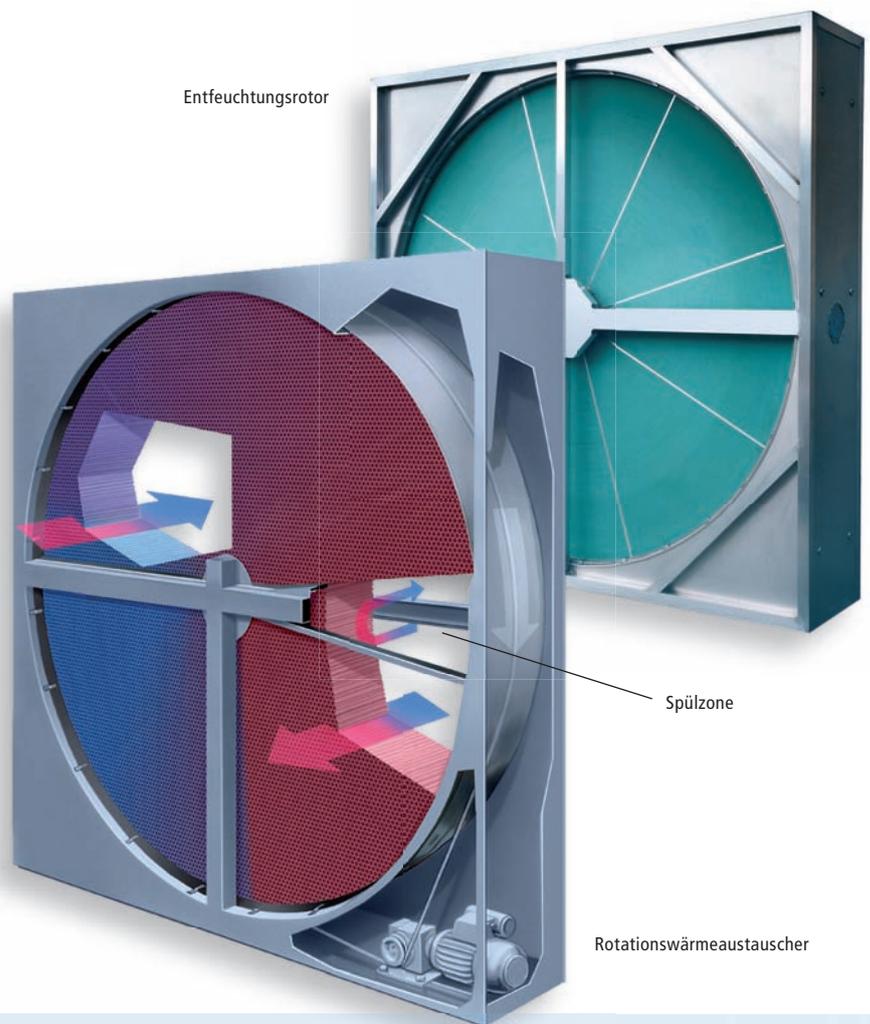
Rotationswärmeaustauscher werden bevorzugt verwendet, wenn

- ▶ eine hohe Rückwärmzahl gefordert ist,
- ▶ neben der Wärme auch Feuchte übertragen werden soll,
- ▶ große Luftleistungen (ca. 15.000 bis 100.000 m<sup>3</sup>/h) gefordert sind,
- ▶ bei großen Luftleistungen niedrige Kosten gefordert sind.
- ▶ Stufenlose Regelung über Drehzahl möglich
- ▶ Bypass möglich

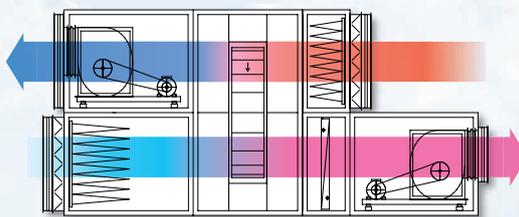
#### Ausschreibungstext

Wärmerückgewinnung mit rotierendem Wärmeaustauscher, mit einer Speichermasse aus abwechselnd glatter und gewellter Aluminiumfolie für laminare Luftströmung. Rotorabdichtung durch Klemmfedern gehaltene Dichtleisten aus Filz, Gummi oder Bürsten.

Antrieb durch Motor mit Untersetzungsgetriebe und um den Rotorumfang laufenden Keilriemen. Motor stufenlos in der Drehzahl regelbar.

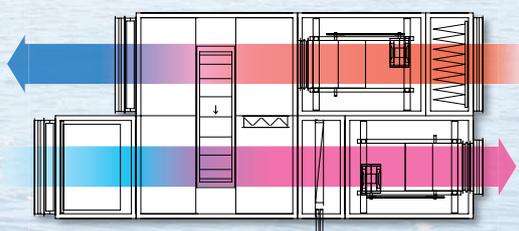


#### Kombinationsmöglichkeiten



#### Luftführung übereinander Seitenansicht

Die Luftströme werden übereinander durch das Gerät geführt. Dabei kann der Fortluftstrom oben oder unten laufen.



#### Luftführung nebeneinander Draufsicht

Die Luftströme können beliebig nebeneinander durch das Gerät geleitet werden.

Grafiken: WOLF Anlagen-Technik

# Energierückgewinnung Wärmerückgewinnungs-Systeme

## Kreislaufverbundsystem

**Kreislaufverbundsystem zur Wärmerückgewinnung**

### Funktion

Ein Kühlregister in der Fortluft und ein Heizregister in der Außenluft sind durch Vor- und Rücklauf verbunden, Rohrsystem mit Wasser/ Frostschutz gefüllt. Eine Pumpe wälzt das Wasser um.

Das Kühlregister in der Abluft nimmt Wärme auf und überträgt diese auf den Wasserkreislauf. Dieser transportiert die Wärme zum Heizregister in der Außenluft. Dieses gibt die Wärme wieder ab.

Die Rückwärmzahl beträgt üblicherweise 35 % - 45 %. Der Druckverlust sollte zwischen 150 Pa und 250 Pa liegen um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.

### Anwendung

Kreislaufverbundsysteme werden bevorzugt verwendet, wenn

- ▶ Abluft und Außenluft lokal voneinander getrennt sind,
- ▶ Abluft und Außenluft absolut voneinander getrennt sein müssen (z.B. Hygiene / Krankenhaus),
- ▶ bei großen Luftleistungen kleine Geräteabmessungen gefordert sind.
- ▶ Die Wärmerückgewinnung kann über das Mischventil geregelt werden.

Es handelt sich um ein regeneratives System mit Trennflächen. Stoffgrößen können nicht übertragen werden. Zuluft und Abluft können lokal getrennt sein.

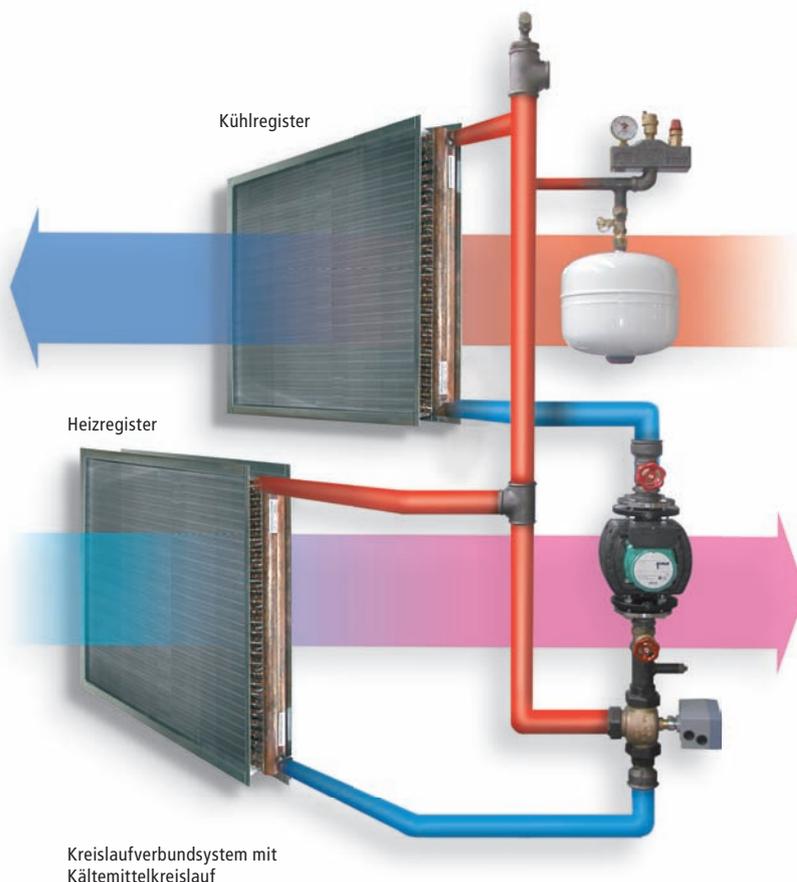
### Ausschreibungstext

Im Zuluftstrom als Lufterwärmer aus Cu/Al oder Stv zur Übertragung sensibler Wärmeenergie.

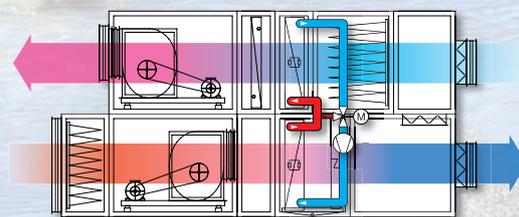
Rahmen aus verzinktem Stahl. Die Sammlerrohre für Vor- und Rücklauf aus Stahl sind mit Außengewinde versehen. Ausführung der Anschlüsse wahlweise abgewinkelt zur internen Verrohrung der beiden Tauscher, oder nach außen geführt. Die Durchgangsöffnungen sind mit Gummirossetten abgedichtet.

Im Rückluftstrom als Kühler mit nachgeschaltetem Tropfenabscheider aus PPTV und Kondensatsammelwanne aus korrosionsbeständigem Material eingebaut.

Die gewünschte Frostsicherheit wird durch das Mischungsverhältnis des Frostschutzmittels mit Wasser eingestellt.

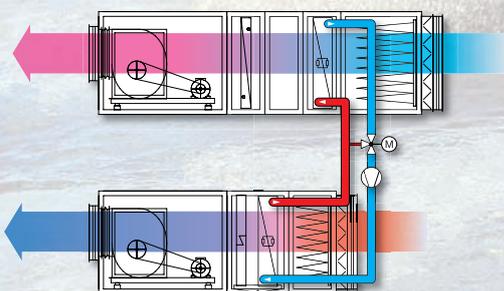


## Kombinationsmöglichkeiten



**Kompaktbauweise**  
Seitenansicht

Kühler und Erhitzer des KV-Systems können in einem Gerät untergebracht sein.



**Splitbauweise**  
Seitenansicht

Kühler und Erhitzer des KV-Systems können auch getrennt voneinander aufgestellt werden. Auf eine ausreichende Isolierung der Leitungen ist dabei zu achten.

Grafiken: WOLF Anlagen-Technik

## Hochleistungs KV-System

Hochleistungswärmerückgewinnung auf Basis des Kreislauf-Verbund-Systems mit Wirkungsgraden bis zu 90 %

### Funktion

Die HKV-Systeme erreichen Wirkungsgrade bis zu 90 %, bei optimierten gas- und medienseitigen Bedingungen.

### Anwendung

Wie KV-System, jedoch auch zur multifunktionalen Nutzung geeignet. Z.B. kombiniert mit indirekt adiabater Kühlung, integrierter Nacherwärmung/Nachkühlung, integrierter freier Kühlung, integrierter Rückkühlung von Kältemaschinen, Brauchwasservorerwärmung mit Kältepotentialnutzung, Solar- und Abwärmenutzung.



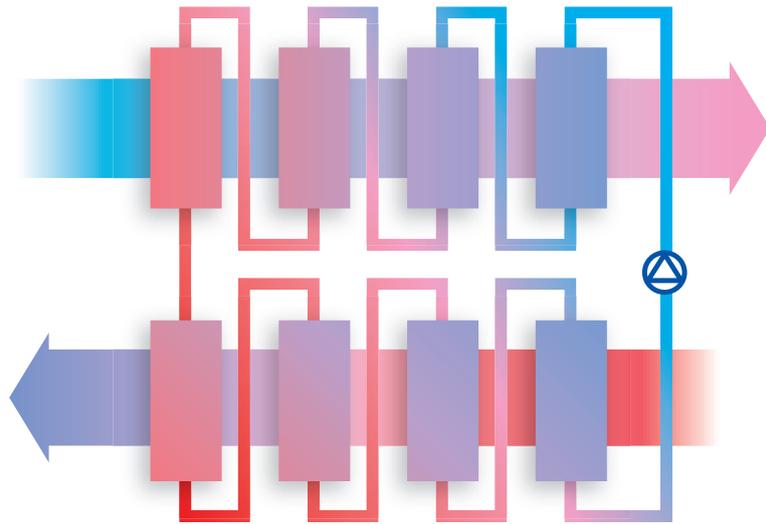
Hochleistungs-Register in n-fach-Schaltung

### Ausschreibungstext

Hochleistungs-Kreislaufverbund-System nach DIN EN 308 in der Konzentration der Übertragungsleistung nach VDI 2071, erfüllt die Hygieneanforderungen der VDI 6022.

Bestehend aus Registern in n-fach-Schaltung mit ausschließlichen Kreuzgegenstromschaltungen. Rohrlamellensystem mit optimierter Rohrgeometrie in versetzter Anordnung (Rohrdurchmesser min. D 16,5 mit rahmenintegrierter Aluminiumtragrohrführung) Rahmen aus Stahl (sendzimir-verzinkt oder Edelstahl 1.4301) mit min. 2,0 mm Blechstärke (Einbauversion), Sammler in Kupfer/Edelstahl;

Die Lamellenstärken sind mindestens 0,2 mm bei Al/Cu/AlMg, 0,15 mm bei Edelstahl sowie bei Stahl und Vollbadverzinkung 0,34 mm. Das Rohrlamellensystem ist zu 100 % entlüft- und entleerbar; Abnahme nach DGRL PED 97/23 EG Modul A. Max. zulässiger Betriebsüberdruck 6 bar, Prüfdruck 9 bar.



Hochleistungssystem durch Hintereinanderschaltung mehrerer Heiz-/Kühlregister

### Reihenschaltung von Registern (n-fach Schaltung)

Nur bei maximalem Gegenstromanteil der einzelnen Übertragungseinheiten sind sehr hohe Übertragungsgrade möglich. Um die geforderten Werte zu erreichen, setzt man Wärmeübertrager mit einem thermodynamischen Gegenstromanteil von 98 bis 99 % ein.

Neben der speziellen Stromführung erfordern Hochleistungssysteme Lamellenwärmeübertrager in Bautiefen von ca. 900 bis 1200 mm. Diese sind aus einzelnen (horizontalen oder vertikalen) Registern zusammengesetzt.

### Varianten

Zur Realisierung der erhöhten Wirkungsgrade sind verschiedene Systeme auf dem Markt.

Die hohe Leistung bei HKV-Systemen wird bei allen Bauarten im Prinzip durch eine Hintereinanderschaltung mehrerer Register erzielt.

# Energierückgewinnung Wärmerückgewinnungs-Systeme

## Wärmerohraustauscher

Wärmerohraustauscher zur Wärmerückgewinnung

### Funktion

Beim Wärmerohr handelt es sich um ein regeneratives System mit Trennflächen. Stoffgrößen können nicht übertragen werden; Zu- und Abluft müssen zusammengeführt sein. Die warme Fortluft durchströmt den unteren Teil des Wärmerohrs und erwärmt dadurch das Kältemittel. Es verdampft und steigt nach oben in den kalten Außenluftstrom. Dort kondensiert es und überträgt dabei die Verdampfungswärme von der Fortluft auf die Außenluft. Für Rückwärmzahl und Druckverlust gibt es zwei Kategorien:

- ▶ Normalanlagen: Der Wirkungsgrad beträgt ca. 25 % bis 35 %, der Druckverlust liegt zwischen 200 Pa und 400 Pa.
- ▶ Hochleistungsanlagen: Der Wirkungsgrad liegt zwischen 50 % und 75 %, der Druckverlust zwischen 100 Pa und 250 Pa.

### Anwendung

Wärmerohre werden verwendet, wenn

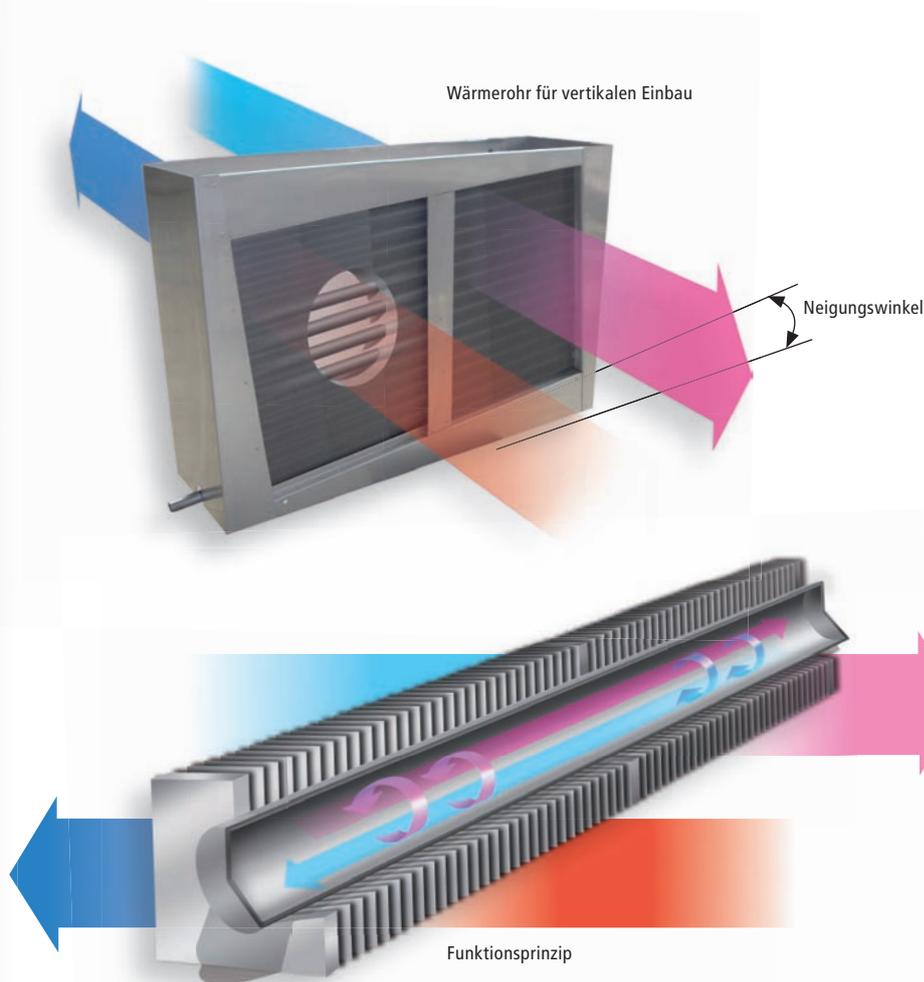
- ▶ keine Feuchte übertragen werden soll,
- ▶ keine Kälte übertragen werden soll,
- ▶ keine Kontamination der Außenluft stattfinden darf, z.B. Hygiene im Krankenhaus,
- ▶ bei großen Luftleistungen kleine Geräteabmessungen gefordert sind,
- ▶ bei sehr hohen Temperaturen.
- ▶ Die Wärmerückgewinnung kann durch Kippregelung (bei horizontalen Rohren) oder über Bypass geregelt werden.

### Ausschreibungstext

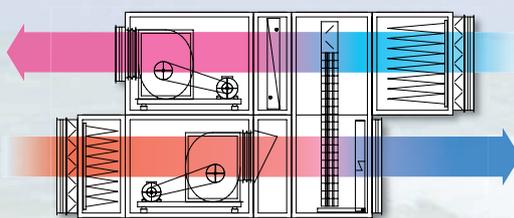
Wärmerückgewinnung mittels Wärmerohraustauscher bestehend aus einzelnen, vollkommen geschlossenen Rohren mit aufgedrückten Lamellen. Zuluft- und Abluftstrom sind durch eine Schottwand hermetisch getrennt. Bypass für den Sommerfall.

Kompletter Tauscher mit verzinktem Stahlblechrahmen als Einbauelement im Gerätegehäuse montiert.

Wahlweise in horizontaler oder vertikaler Einbaulage ausgeführt. Im Abluftstrom Kondensatwanne aus korrosionsbeständigem Material mit seitlich herausgeführten Ablaufstutzen und mit Tropfenabscheider aus PPTV.



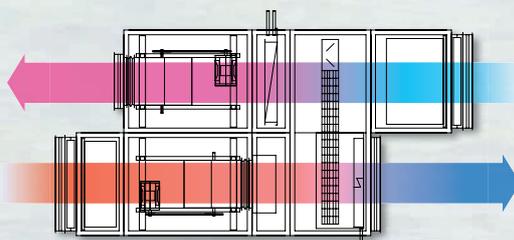
## Kombinationsmöglichkeiten



### Luftführung übereinander

Seitenansicht

Die Luftströme laufen übereinander durch das Gerät. Dabei ist der Fortluftstrom unten einzuplanen.



### Luftführung nebeneinander

Draufsicht

Die Luftströme können auf einer Ebene durch das Gerät geleitet werden.

Grafiken: WOLF Anlagen-Technik

## Wärme-Akkumulator

Wärmeaustauscher zur Wärmerückgewinnung mit statischem Wärmespeicher

### Funktion

Der WRG-Akku ist ein Umschalt-Wärmeaustauscher mit zwei oder mehreren statischen, nicht bewegten Speichern zum Einbau in ein Lüftungsgerät oder zum Zwischenbau in Lüftungskanäle.

Durch ein vor- und nachgeschaltetes Klappensystem wird abwechselnd je ein Speicherblock geladen (Durchströmung mit warmer Abluft), während gleichzeitig der andere entladen (Durchströmung mit kalter Außenluft) wird. Hierzu werden die Klappen lastabhängig umgeschaltet.

### Anwendung

Der WRG-Akku wird verwendet

- ▶ wenn besonders hohe Rückwärmzahlen erreicht werden sollen,
- ▶ wenn Hygiene erforderlich ist: Das System kann entsprechend VDI 6022 mit zur Reinigung leicht ausziehbaren, kugelgelagerten Speichern ausgerüstet werden,
- ▶ zum Wärmeentzug im Winter,
- ▶ zur Kälteaufnahme im Sommer,
- ▶ zur Einsparung von Befeuchterleistung (hohe Rückwärmzahl - im Winter und Übergangszeit hohe Rückfeuchtzahl).
- ▶ Nachwärmer überflüssig.

### Ausschreibungstext

Regenerativer Wärmeaustauscher zum Einbau in Lüftungsgeräte.

Die Speichermassen sind aus Aluminium, unterschiedliche Lamellenabstände sind möglich.

Die Leistung wird über die Zykluszeit Laden/Entladen der Speicher geregelt.

Der Akkublock passt sich dem Gerätequerschnitt an.

Einsatz auch für Anlagen gemäß DIN 1946 T.4 möglich, durch Verwendung entsprechender Klappen.

Die Blöcke sind zur Reinigung leicht ausziehbar. Eine Kondensatwanne wird nicht benötigt, das Kondensat verbleibt auf der Speichermasse und verdunstet wieder in die Zuluft.

Inklusive Regelung.



Laden (grün) des hinteren Akkus, entladen (rot) des vorderen Akkus.

Laden (grün) des vorderen Akkus, entladen (rot) des hinteren Akkus.

## WRG-Modul Akkublock



WRG-Akkumulator Modul mit Klappensteuerung

Foto: WOLF Anlagen-Technik

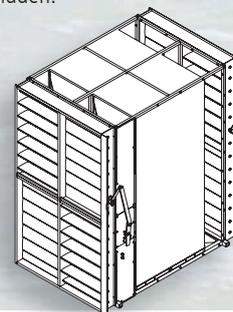
### Klappensystem Seitenansicht

Die Jalousieklappen sind abwechselnd rechts oder links oben und in Strömungsrichtung unten für die Abluft geöffnet. So werden die beiden Akkus nacheinander geladen.

Der jeweils bereits geladene Akku wird gleichzeitig von der in Gegenrichtung durchströmenden Außenluft wieder entladen.

Jalousie geöffnet

Jalousie geschlossen



# Energie sparen Verluste vermeiden

## Umluft

Eine reine Umluftschaltung ergibt theoretisch eine 100%ige Nutzung der Abluftwärme.

In der Praxis sind der Verwendung von Umluft aber Grenzen gesetzt, wenn Frischluftzufuhr erforderlich ist oder hygienische Bedenken bezüglich Wiederverwendung der Abluft bestehen.

## Bypass

Über einen sogenannten Bypass wird der Außenluftstrom an der Wärmerückgewinnung vorbei geleitet.

Im Sommer kann so abends der kühle Außenluftstrom direkt ins Gebäude strömen und den Raum für den nächsten Tag schon „vorkühlen“.

Eine Regelung sorgt dabei für die jeweils erforderliche Luftführung.

Im Zusammenhang mit einem drehzahl-geregelten Antriebssystem lassen sich die Energiekosten weiter optimieren.



Foto: WOLF Anlagen-Technik

Adiabate Kühlung mit Bypass

## Adiabate Kühlung

Die Wärmerückgewinnung wird im Sommer zur Kälteanlage.

Das Kühlpotential entsteht dadurch, dass die warme Abluft über ein Sprühsystem befeuchtet wird. Die Wärmerückgewinnung verwendet die entstehende Verdunstungskälte zur Kühlung der einströmenden Außenluft, die Feuchte entweicht mit der Fortluft.

Zusammen mit der Wärmerückgewinnung, die im Winter die Zuluft temperiert, ist so ganzjährig eine primärenergiesparende Klimatisierung möglich.

## Nachtkältenutzung

Es wird zwischen aktiver und passiver Nachtkühlung unterschieden. Bei der aktiven Nachtkühlung erfolgt der Kälte-transport durch Ventilatoren oder Pumpen, bei der passiven Nachtkühlung durch Thermik, Durchzug bzw. Querlüftung.

Die passive Nachtkühlung ist wetterabhängig und wegen des Durchzugs nicht sehr komfortabel, sie bietet sich deshalb für nachts leerstehende Gebäude (Bürogebäude, Lagerhallen, etc.) an.

Die aktive Nachtkühlung ist komfortabler. Dazu wird die Klimaanlage nachts im Lüftungsbetrieb mit 100% Außenluft gefahren.

Um energieaufwändigen Lufttransport zu vermeiden, kann die Kälte auf eine Flüssigkeit übertragen und zur direkten Bauteilkühlung (auch Kühldecken, etc.) verwendet werden. Kaltwasser kann zusätzlich in Pufferspeichern deponiert und erst bei Kühlbedarf wieder entladen werden.

## Multifunktionale Nutzung

Ziel der multifunktionalen Nutzung ist es, mit den verwendeten Baueinheiten möglichst viele technische Funktionen abzudecken. Systeme dieser Art sind sehr kompakt und effizient.

Als Basiseinheit sind zwei Hochleistungs-Wärmeaustauscher über ein Kreislaufverbundsystem (HKV-System) zur WRG zusammengeschaltet.

Dieser Basiseinheit können weitere Funktionen zur multifunktionalen Nutzung aufgeschaltet werden:

- ▶ Integrierte adiabate Kühlung  
Das Kältepotential aus Befeuchtung der Fortluft wird mit dem Basissystem auf den zu kühlenden Zuluftstrom übertragen. Oft erspart dies eine mechanische Kälteerzeugung.
- ▶ Integrierte Nacherwärmung/-kühlung über das KV-System erspart das Heiz- bzw. Kühlregister.
- ▶ Integrierte freie Kühlung
- ▶ Integrierte Rückkühlung von Kältemaschinen spart Kühlleistung und damit Energie.
- ▶ Brauchwasservorerwärmung mit Kältepotentialnutzung
- ▶ Integrierte Solar- und Abwärmenutzung über das KV-System nutzt bereits Wärme ab 20 °C zu Heizzwecken.

- ▶ Integrierte Luft- und Wärmeaustauscherschaltung zur Nachtkältenutzung
- ▶ Nutzung natürlich vorkommender Kältepotentiale wie Brunnenwasser, Erdkälte, etc.

## Blockheizkraftwerk (BHKW)

BHKWs sind kompakte Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, sie erzeugen sowohl Strom als auch Wärme. Zu ihrem Betrieb werden entweder fossile (Öl oder Gas) oder erneuerbare Treibstoffe (Biogas, Biodiesel) verwendet.

Die bei der Stromproduktion erzeugte Abwärme kann z.B. zur Gebäudeheizung genutzt werden. Durch die doppelte Energieausnutzung (Strom und Wärme) erhöht der Wirkungsgrad (=Brennstoffausnutzung) auf ca. 85%.

Aufgrund der hocheffizienten Energienutzung werden BHKWs unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten als sehr fortschrittlich eingestuft.

## Regelungskonzepte

Durch entsprechende Programme zur Betriebs-, Störungsüberwachung, Zeitschaltung und Energieoptimierung lassen sich mit einer direkten digitalen Regelung (DDC) zusätzlich zu den Effekten der Rückgewinnung erhebliche Energieeinsparungen realisieren.

Bedarfsorientierte Raumregelung, gleitendes Einschalten und zyklisches Schalten der RLT-Anlagen, Verbrauchsüberwachung, energieoptimierte Steuerung von Wärme- und Kälteerzeugung sind nur einige der Anwendungsfälle.

In großen Gebäuden werden heute komplexe Gebäudeleitsysteme eingesetzt, um alle technischen Funktionen wie Steuerung von Beleuchtung und Sonnenschutz, Zeitschaltpläne u.s.w. zentral zu steuern.

Moderne Regelsysteme für RLT-Anlagen sind in bestehende Gebäudeleittechnik integrierbar.



Moderne Regelungen sind einfach zu bedienen

# Wirtschaftlich kühlen

## So wird Kälte wirtschaftlich

Konventionelle Klimaanlage werden in der Regel mit Kompressionskältemaschinen betrieben. Diese Anlagen haben einen hohen Stromverbrauch.

Steht ausreichend Niedertemperatur-Abwärme, z. B. aus industriellen Prozessen, einem Blockheizkraftwerk, Fernwärme, Luft- oder Sonnenkollektoren, zur Verfügung, so sind

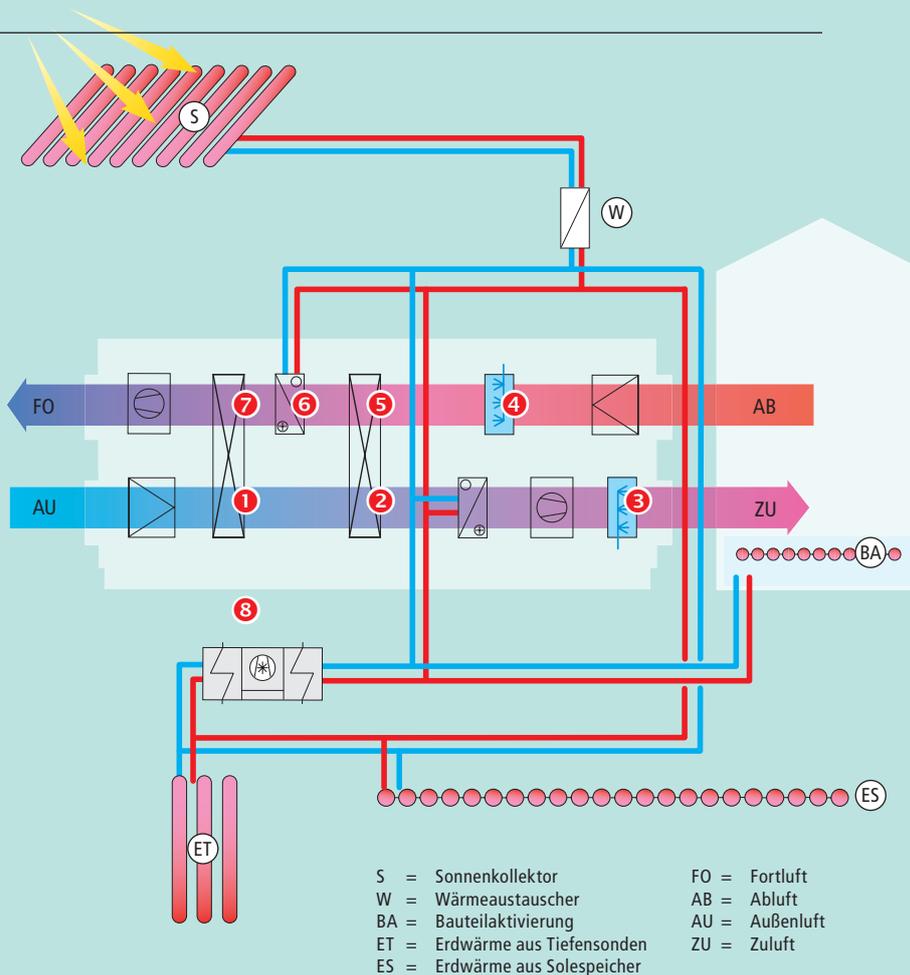
**Sorptionskältemaschinen** eine interessante Alternative.

**Absorptionskälteanlagen** erzeugen Kälte mittels eines Stoffpaares, welches sich unter Wärmezufuhr trennt und unter Wärmeabgabe vereinigt. Zum Betrieb dieses Anlagentyps wird (Ab-) Wärme mit einer Temperatur von mindestens 85 °C benötigt.

Auch **Adsorptionskältemaschinen** und **DEC-Anlagen** (Dessicative and Evaporative Cooling) sind Anlagentypen, die physikalische Effekte nutzen. Sie werden mit Niedertemperaturwärme ab 55°C bzw. 40°C betrieben, können also auch in Verbindung mit Solarthermie eingesetzt werden.

Die genannten Anlagen haben in der Regel höhere Investitionskosten als Kompressionskältemaschinen. Da sie Abwärme nutzen und vom Anlagenaufbau verschleiß- und wartungsärmer sind, ist ihr Betrieb jedoch wesentlich kostengünstiger.

Die Auswahl des Anlagentyps hängt neben der Abwärme-Temperatur von dem Kälteübertragungssystem und den Außenluftzuständen ab.



Grafik: WOLF Anlagen-Technik

## Funktionsschema einer DEC-Anlage

- Die Außenluft tritt in das Sorptionsrad ein, das einen Teil der enthaltenen Feuchte aufnimmt. Während dieses Sorptionsprozesses steigt die Temperatur der entfeuchteten Luft.
  - In der anschließenden Wärmerückgewinnung (regenerativer Rotationswärmeaustauscher) wird die Luft wieder abgekühlt.
  - Durch die nachfolgende Befeuchtung (FU-geregelter Hochdruckbefeuchter) nimmt die Temperatur ab. Die so auf den Sollwert konditionierte Luft wird dem klimatisierenden Raum zugeführt.
  - Die im Raum erwärmte Abluft strömt durch den FU-geregelten Hochdruckbefeuchter. Die Abluft wird annähernd der Feuchtigkeittemperatur (max. Temperaturdifferenz / Abkühlung) adiab befeuchtet und dadurch gekühlt.
  - Diese adiab befeuchtete und gekühlte Luft tritt dann in den Wärmerückgewinner ein, indem sie als Kühlluft wirkt und die Wärme aufnimmt.
  - In dem nachfolgenden Erhitzer, der über ein Speichermedium durch Sonnenkollektoren erwärmt wird, wird die Luft auf die erforderliche Temperatur erwärmt.
  - Danach wird sie dem Sorptionsrad als Regenerationsluft zugeleitet. Mittels des Abluftventilators verlässt die Luft die Anlage.
- Die Kälteleistung (Pumpenkaltwasser) wird durch Prozessumkehrung der vorhandenen Wärmepumpe 8 als Kältemaschine erzeugt.

# Mini-Lexikon der Fachbegriffe

## a Adiatbat

Eine adiabate oder adiabatische Zustandsänderung ist ein thermodynamischer Vorgang, bei dem ein System von einem Zustand in einen anderen überführt wird, ohne Wärmeenergie mit seiner Umgebung auszutauschen (griech.  $\alpha$  [a] = nicht, διαβαίνειν [diabaínein] = hindurchgehen).

### Adiabate Kühlung bzw. Befeuchtung

Warme Luft ist in der Lage, große Mengen Wasserdampf aufzunehmen. Wenn Wasser verdunstet, wird der Luft die Wärme entzogen, die zur Verdunstung des Wassers notwendig ist. Die Luft wird kühler und feuchter bei gleichem Wärmeinhalt. Die adiabatische Verdunstungskühlung ist in Form von porösen Tongefäßen mit flüssigem Inhalt (z.B. Wasser oder Wein) schon aus dem Altertum bekannt.

### Adsorption und Absorption

Im Unterschied zur Adsorption bezeichnet die **Absorption** die **Einlagerung** eines Atomes oder Moleküles in einen Festkörper bzw. eine Flüssigkeit. (lat.: absorbere = aufnehmen, aufsaugen)

Bei der **Adsorption** lagern sich Atome oder Moleküle an einem Gas oder einer Flüssigkeit an der Oberfläche des sog. Adsorbens **an**.

Die Absorption setzt die Adsorption eines Teilchens auf der Oberfläche praktisch voraus. Das Gegenteil, die Abgabe, wird **Desorption** genannt.

### Absorptionskältemaschine

In der Absorptionskältemaschine zirkuliert ein flüssiges Arbeitsstoffpaar aus einem Kälte- und einem Lösungsmittel. Dabei kommen verschiedene Stoffpaare zum Einsatz: Für Kaltwassertemperaturen über 0 °C Wasser/Lithiumbromid mit Wasser als Kältemittel, für die Klimatisierung und für Kaltwassertemperaturen unter 0 °C Ammoniak/Wasser mit Ammoniak als Kältemittel. Das Kältemittel wird im Absorber vom Lösungsmittel absorbiert und gibt dabei Wärme ab, danach wird es im Austreiber unter Wärmezufuhr wieder vom Lösungsmittel getrennt.

Im Kondensator wird das Kältemittel verflüssigt, im Verdampfer, unter Aufnahme von Wärme aus dem zu kühlenden System, wieder verdampft.

## Adsorptionskältemaschine

Die Adsorptionskältemaschine verwendet zur Adsorption des flüssigen Kältemittels (z.B. Wasser) einen festen Stoff (Zeolith oder Silikagel). Es zirkuliert nur das Kältemittel.

Das Kältemittel verdampft wegen des Unterdruckes in der Anlage schon bei niedrigen Temperaturen.

Dieser Kältemitteldampf wird chemisch oder physikalisch an einer Oberfläche (mit Adsorbens z.B. Silikagel gefüllte Kammer = Sammler) angelagert. Die bei dieser Adsorption frei werdende Wärme wird über das Kühlwasser abgeführt.

Zur gleichen Zeit wird in der anderen Adsorbens-Kammer (Austreiber) das Kältemittel mit Wärme (z.B. aus der Solaranlage) aus dem Adsorbens ausgetrieben.

Der entstehende Wasserdampf wird im Kondensator wieder verflüssigt und anschließend dem Verdampfer zugeführt. Nach Ablauf dieses Zyklus vertauschen Sammler und Austreiber ihre Funktion.

## DDC-Regelung

Die Aufgabe der Regelung besteht darin, Klimaanlage mit einem Minimum an Energiekosten und Bedienungsaufwand so zu steuern, dass sich ein optimales Maß an Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Komfort ergibt.

Eine „Direct Digital Control“ kurz: DDC, ist eine elektronische Baugruppe, die für Steuerungs- und Regelungsaufgaben in der Gebäudeautomatisierung mit Schwerpunkt Regelung eingesetzt wird.

Die DDC ist, unabhängig von der jeweiligen Steuerungsaufgabe, intern fest verdrahtet. Die Software legt, je nach Programmierung, den gewünschten Ablauf fest. Viele moderne DDCs sind Kleincomputer (Microcontroller) mit Basissoftware. Software zur Kommunikation und zur Programmierung erleichtert den Umgang.

## DEC-System

Das Kürzel DEC bedeutet „Dessicant and Evaporative Cooling“ (= trocknende und verdunstende Kühlung) und ermöglicht im Sommer die Entfeuchtung und Kühlung der Luft, ohne dass dazu ein Kaltwassersatz mit Rückkühlwerk benötigt wird.

Im Winter kann der Sorptionsrotor als zusätzliche Wärmerückgewinnung mit Feuchteübertragung genutzt werden.

## DEC-Anlagen

Der klassische DEC-Prozess mit zwei Rotoren trocknet die Außenluft im ersten Rotor und kühlt die erwärmte und getrocknete Luft über die adiabate Abluftbefeuchtung und den zweiten Rotor (WRG) zurück. Dies ergibt die konditionierte Zuluft.

Die warme Raum-Abluft wird zuerst adiabatisch gekühlt und dient dann als Kühlluft im Wärmeaustauscher.

Die so erwärmte Abluft wird dann auf Regenerationstemperatur erhitzt. Diese Heißluft nimmt unter Abkühlung die eingelagerte Feuchte aus dem Sorptionsrad mit in die Fortluft.

## EnEV

Die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden.

Am 27. Juni 2007 wurde die neue Energieeinsparverordnung verabschiedet. Sie löst die seit dem 8.12.2004 geltende EnEV 2004 ab und beinhaltet auch die Lüftungstechnik. Mit der Verordnung wird der Energieausweis ab 2008-2009 für Bestandsgebäude bei Vermietung und Verkauf verpflichtend eingeführt.

## Frequenzumrichter (FU)

Frequenzumrichter werden zur elektronischen Drehzahlverstellung bei Antrieben eingesetzt. Sie steuern die Ventilator Drehzahl stufenlos, je nach Bedarf und sparen so Strom.

## Gebäudeenergieausweis

Der Gebäudeenergieausweis zeigt die energetische Qualität von Gebäuden auf. In Verbindung mit den Modernisierungsempfehlungen gibt er zudem Hinweise für kostengünstige Verbesserungen der energetischen Gebäudeeigenschaften.

## Kraft-Wärme-Kopplung

Thermodynamischer Prozess, bei dem Wärme, die bei der Erzeugung von Kraft (bzw. elektrischem Strom) unvermeidbar anfällt, zu Heizzwecken verwendet wird. Dadurch ergibt sich eine bessere Nutzung der Primärenergie als bei der getrennten Energieerzeugung in einem Kraftwerk und Wärmeerzeugung mit einem Heizkessel.



## Leckluftrate

Nach VDI ist für alle Wärmerückgewinnungssysteme eine Leckluftrate oder Umluftanteil erlaubt.

Nur ein Kreislaufverbundsystem kann absolut dicht ausgeführt werden.

Je größer die Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluftstrom ist, desto größer sind auch die Leckraten.

Bei Wärmeaustauschern mit Speichermasse ist der Umluftanteil meistens am größten.

## Luft

Die im Außenbereich angesaugte Luft wird als Außenluft (AU), die in den Raum eingebrachte Luft wird als Zuluft (ZU), die aus dem Innenraum abgesaugte als Abluft (AB) und die in den Außenbereich abgegebene als Fortluft (FO) bezeichnet.

## Modulierende Betriebsweise

Die abgegebene Wärmeleistung von Heizkesseln, Wärmepumpen oder Klein-Blockheizkraftwerken passt sich in modulierender Betriebsweise dem momentanen Bedarf an, ohne dass das Heizgerät aus oder anschaltet. Im Gegensatz zur ein- oder zweistufigen Betriebsweise erhöht sich der Wirkungsgrad bei gleichzeitiger Minderung von Schadstoffemission und Verschleiß.

## Primärenergiebedarf

Als Primärenergiebedarf gilt der Aufwand an Energie, der zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird. Dabei ist auch die Energiemenge hinzuzurechnen, die durch vorgelagerte Prozesse außerhalb des Systems „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der eingesetzten Brennstoffe entsteht.

Der Aufwand an Primärenergie dient auch zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emission.

## Regenerative WRG

Wärmeübertragung mit Hilfe eines Zwischenmediums. Die Wärmeenergie wird in einem Medium zwischengespeichert und später an den anderen Luftstrom abgegeben. Systeme, welche die gespeicherte Wärme durch eine Trennwand übertragen, werden als Einheit betrachtet und zu den Regenerativen gezählt.

Die VDI 2071 unterscheidet bewegliche (Rotationswärmeaustauscher) und statische Speichermassen (Wärme-Akkumulator).

## Rekuperative WRG

Einrichtungen, bei denen die Wärme durch eine Trennwand übertragen wird. Die Systeme sind entweder im Gegenstrom- oder im Kreuzstromprinzip aufgebaut.

## Rückwärmzahl $\Phi$

Die Rückwärmzahl ist die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austritt (in bzw. aus der WRG) von einem der Luftströme, dividiert durch die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Lufteintritten. Er gibt den Temperatur-Rückgewinnungsgrad des Wärmeaustauschers an.

Die Rückwärmzahl für den Außenluftstrom ( $\Phi_A$ ) ist dabei der wichtigere Wert. Die Rückwärmzahl für den Fortluftstrom =  $\Phi_F$ .

$$\Phi_A = \frac{t_{Au2} - t_{Au1}}{t_{Fo1} - t_{Au1}} \quad \Phi_F = \frac{t_{Fo1} - t_{Fo2}}{t_{Fo1} - t_{Au1}}$$

t = Temperatur



## Rückfeuchtezahl $\Psi$

Der Feuchte-Änderungsgrad, auch Rückfeuchtezahl, bestimmt den Feuchte-Rückgewinn und wird analog zum Temperatur-Änderungsgrad definiert (mit der absoluten Feuchte der Luftströme).

$$\Psi_A = \frac{x_{Au2} - x_{Au1}}{x_{Fo1} - x_{Au1}} \quad \Psi_F = \frac{x_{Fo1} - x_{Fo2}}{x_{Fo1} - x_{Au1}}$$

x = Absolute Feuchte

## Solare Kühlung

Solare Kühlung nutzt Sonnenenergie für eine Kältemaschine. Im Sommer, bei großem Kühlbedarf, liefert eine thermische Solaranlage den maximalen Ertrag, da die Tagesprofile der Kühllast meist übereinstimmen.

Für solare Kühlung geeignete Kältemaschinen arbeiten mit **Sorptionstechnik**. Dazu zählen **Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen** sowie **DEC-Anlagen**. Diese Maschinen benötigen je nach gewähltem Typ zum Antrieb Wärme mit einer Temperatur zwischen 60 °C und 80 °C.

Absorptions- und Adsorptionsanlagen werden üblicherweise als Kaltwassersätze und die DEC-Anlagen als Luftsysteme geplant.

## Sorptionstechnik

Der Sorptionsprozess ist in der Praxis als Entfeuchtung zu verstehen. In der Umkehrung zur Verdunstung, bei der Kälte entsteht, wird bei der Verflüssigung von Wasserdampf Wärme frei.

Während der Sorption werden Moleküle aus der flüssigen Phase gebunden, dabei wird ihre Energie (Bindungswärme) frei. Zusätzlich wird das Sorbat verflüssigt, so dass hier die Verdampfungswärme frei wird. Verdampfungs- und Bindungswärme ergeben die Sorptionswärme.

► Siehe auch Seite 13 DEC-Anlage.

## VDI 2071

Die Richtlinie VDI 2071 legt Begriffe und Definitionen der „Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen“ fest, beschreibt Geräte und Verfahren sowie Betriebseigenschaften.

Weiter werden Kriterien für die Auswahl des WRG-Systems aufgezeigt. So werden Aussagen zu Eignung und Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Systeme möglich.

## Volumenstromregelung

Durch die Wahl variabler Volumenströme können die Kosten für die Kühlung im Sommer und für die Heizung im Winter deutlich gesenkt werden. Auch die elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatoren wird dem jeweiligen Luftbedarf angepasst.

## Wärmepumpe

Wärmepumpen ermöglichen die technische Nutzung von Niedrigtemperatur-Wärme aus Luft, Wasser, Erdreich oder Solarthermie. Auch Prozesswärme aus Abwasser und Abluft ist verwertbar.

Die Wärmepumpe hat einen elektrisch angetriebenen Verdichter für das Kältemittel, dieses entzieht beim Verdampfen der Umgebung Wärme, sogenannte Anergie. Die elektrisch eingesetzte Energie und die Anergie ergeben die nutzbare Wärmeenergie. Je geringer der Temperaturhub, desto effektiver arbeiten Wärmepumpen.

Autor

Dipl.-Kfm Wolfgang Wonneberger  
Vertriebsleiter GB Heizung-Lüftung-  
Klimatechnik  
WOLF Anlagen-Technik, Geisenfeld  
[www.wolf-geisenfeld.de](http://www.wolf-geisenfeld.de)

# Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



**innovatools**

*Werkzeuge für den Erfolg*

Fach.**Journal**

*Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung*

[Hier mehr erfahren](#)



**innovapress**

*Innovationen publik machen  
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne