



# Reinraumtechnik (Lüftung) und Energieeffizienz

## Die Richtlinie VDI 2083 Blatt 4.2 Reinraumtechnik „Energieeffizienz“

Warum eine Richtlinie?

Es gibt doch Gesetze, Verordnungen und andere Regelwerke rund um das Thema „Energiesparen“.

Die Richtlinie konzentriert sich auf die reinraum-spezifischen Energieeinsparpotenziale

- Planungsvorraussetzung
- Lüftungskonzepte / Reinraumkonzepte
- Reduzierter oder Erhaltungsbetrieb
- Energieanalyse, Energiecontrolling
- .....

ICS 13.040.35, 91.140.30		VDI-RICHTLINIEN	April 2011
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Reinraumtechnik Energieeffizienz  Cleanroom technology Energy efficiency	VDI 2083  Blatt 4.2 / Part 4.2  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
<i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.</i>		<i>The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i>	
Inhalt	Seite	Contents	Page



Durch diverse Randparameter ergeben sich Luftwechselzahlen in den Räumen und zum Teil Außenluftanteile, die deutlich höher sind als in der üblichen Klimatechnik.

Die Anlagen sind nicht für die allgemeine Klimatisierung gedacht, sondern erzeugen „Prozessklima“.

Da liegt es nahe, andere Maßstäbe anzusetzen und Energieoptimierung zu vernachlässigen.

Häufig spielen auch folgende Gedanken eine Rolle:

- Energieoptimierung kostet Geld.
- Auf lange Sicht wird nichts gespart.
- Energetisch gut konzipierte Anlagen sind immer teurer als Standardtechnik, die den gesetzlichen Anforderungen genügt.

Die Norm betrachtet Reinräume nicht nur als „Prozessklimaanlage im weitesten Sinne“, sondern umfasst die ersten Gedanken bis hin zur Ausführung. Das Ziel ist, die Anlagen nicht nur auf die Notwendigkeiten des Reinraums zu reduzieren und zu betonen, das Reinraumklima und Energiesparen sich nicht gegenseitig ausschließen.

Stichpunkte für die energetische Optimierung:

- Benötigter Luftwechsel je nach Betriebszustand
- Wärmerückgewinnung
- Energieerzeugung (Heizen/Kühlen)
- Toleranzen für die Temperatur und Feuchte
- Außenluftwechsel
- Dichtheit der Anlage und Räume
- Medientemperaturen für die Luftaufbereitung
- Luftführung .....

=> Daraus lässt sich viel ableiten und Potential heben, auch im Bestand

## User-Requirement-Specification / energierelevante Einflussgrößen

- **Raumtemperatur**
  - Welche Umgebungstemperaturen sind für den Prozess erforderlich? Welche Toleranzen sind zulässig?
- **Raumfeuchte**
  - Ist die Raumfeuchte produktrelevant? Wenn ja, welche Toleranzen sind zulässig?
- **Reinheitsklasse / Luftwechsel**
  - Welche gesetzlichen Anforderungen muss der Herstellprozess erfüllen?
    - » GMP, ISO, §13 AMG (Deutschland), SR 812.21 (Bundesgesetz über Arzneimittel und Medizinprodukte),.....
  - Welche Reinheitsklasse ist für den Prozess gefordert bzw. gewünscht?
  - Welche Lasten entstehen durch den Prozess im Raum?
    - » Personenanzahl, Beleuchtungsstärke, Maschinenabwärme, Prozessfortluft
- **Luftgeschwindigkeit im Kanal**
  - Welche Lasten entstehen durch den Prozess im Raum?
  - Optimieren der Kanalführung und des hydraulischen Querschnitts, der Druckverlust geht direkt einher mit Energiekosten

## User-Requirement-Specification / energierelevante Einflussgrößen

- Luftgeschwindigkeit in turbulenzarmen Bereichen
  - 0,45 m/s, muss das sein
  - Muss der turbulenzarme Bereich sein
- Raumdruck
  - Dichtheitsklasse der Räume und Lüftungsanlage
- Mindestaußenluftbedarf
  - Bestimmt durch den Prozess
  - Personenanzahl im Raum
  - Leckagen in der Anlage

Der Außenluftanteil ist ein maßgeblicher Faktor für den Energiebedarf des Reinraumes, insbesondere bei hohen Anforderungen an die Luftfeuchte.

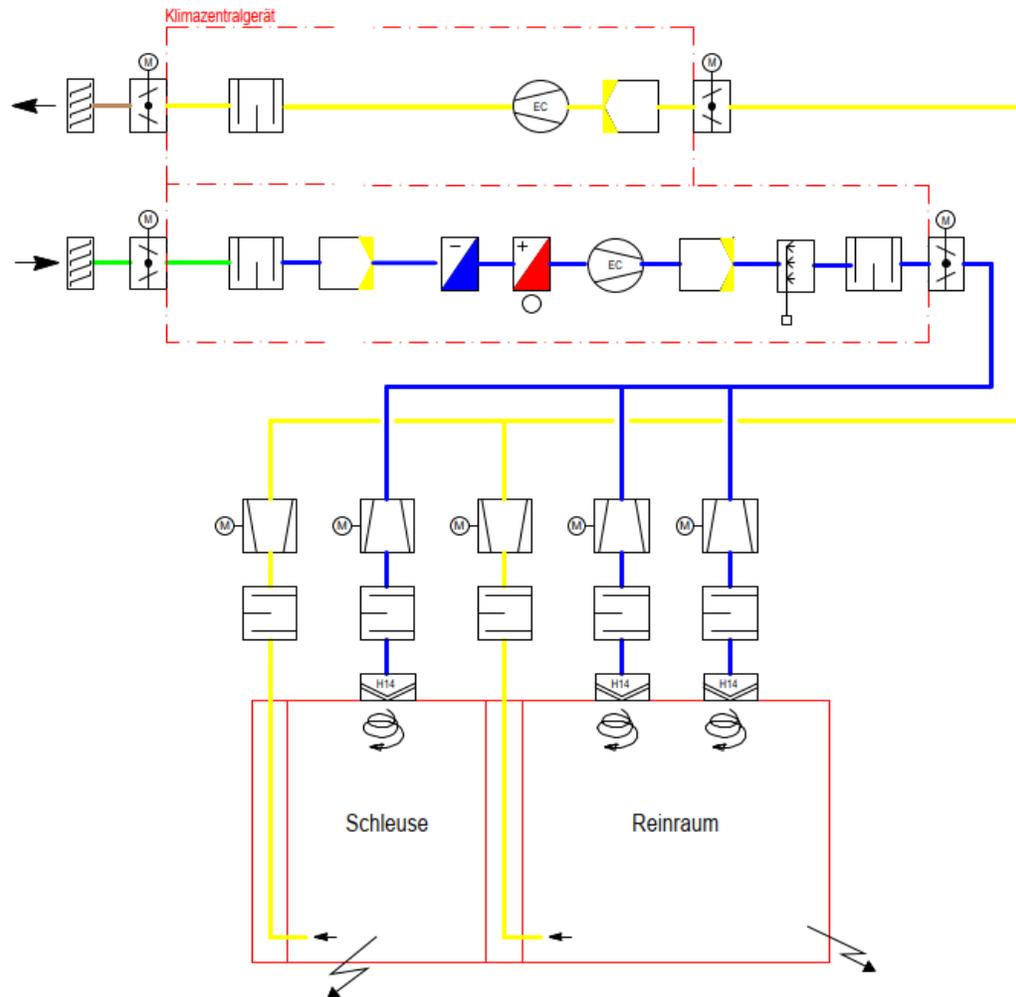
## Fazit:

In der klimatechnischen Versorgung eines Reinraums steckt eine Menge Energieeinsparpotential.

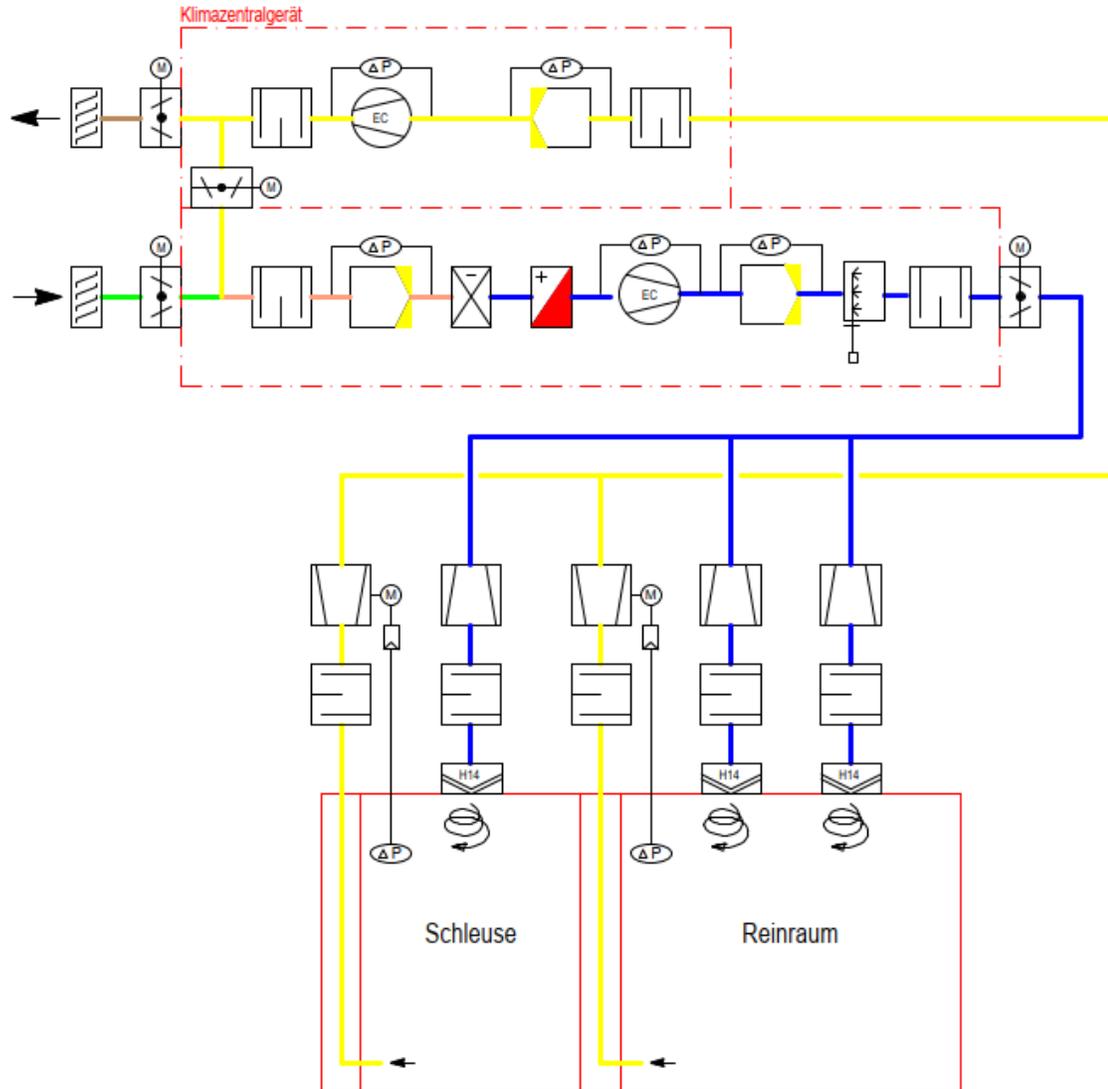
„Was brauche ich und warum brauche ich es?“

- Temperatur => Wohlfühlklima oder Produkt
- Relative Feuchte => Wohlfühlklima oder Produkt
- Partikelzahl (Luftreinheitsklasse) => Produkt, Gesetz, Verordnung, Kundenwünsche/-vorgaben
- Luftströmungsart, turbulenzarme, Mischlüftung => Produkt, Gesetz, Verordnung, Kundenwünsche/-vorgaben
- Luftvolumenstrom (Luftwechsel) => Wärmelast, Partikellast, Gesetz, Verordnung, Kundenwünsche/-vorgaben
- Raumdruck => Druckabstufungsklassen, gesetzliche Vorgaben (z.B. Laborrichtlinien, Atex), Kundenwünsche/-vorgaben

## Variante 1: 100% Außenluftanlage ohne WRG



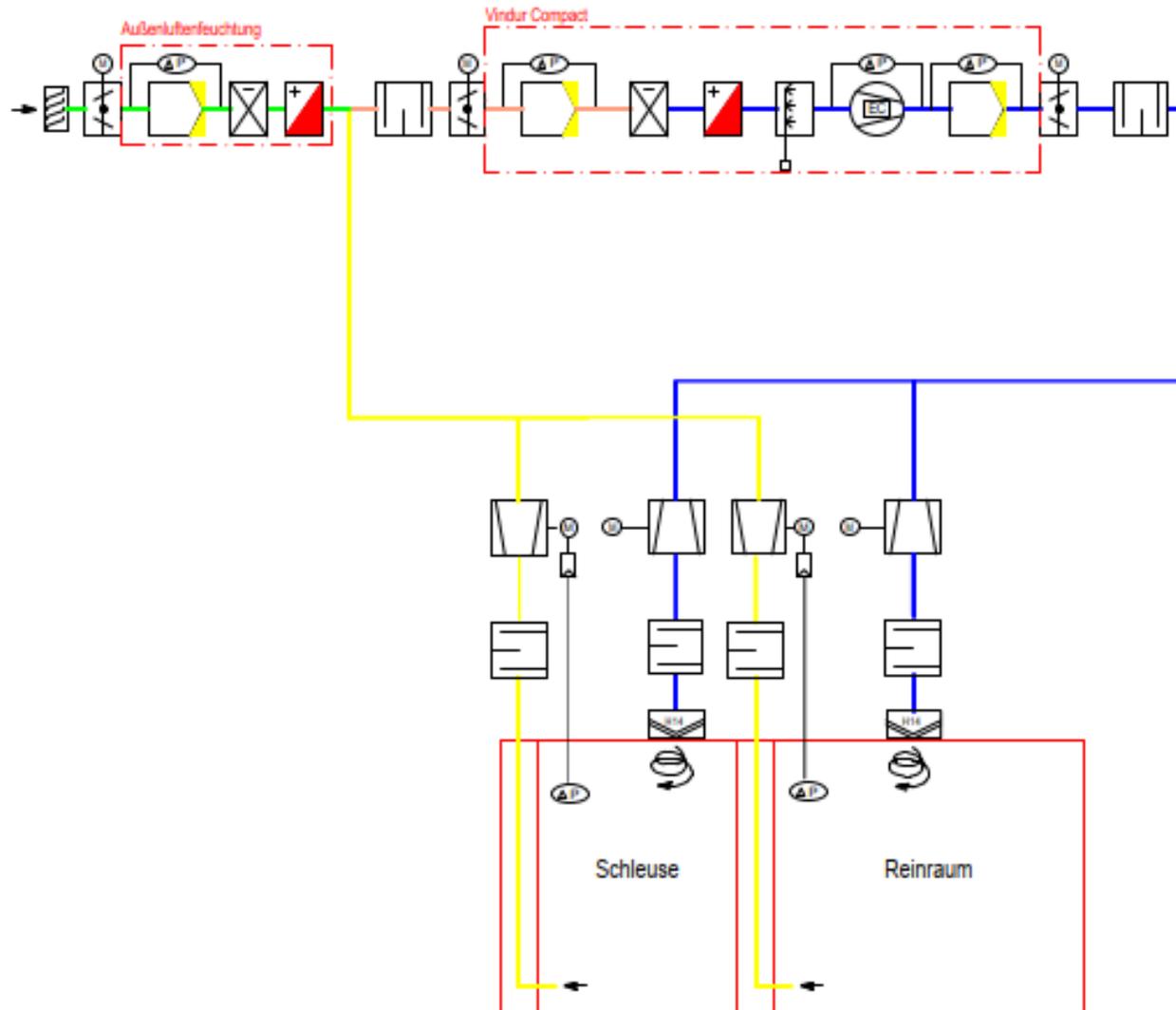
Vorteile	Nachteile
100% Frischluft	Nur ein Zuluftzustand für alle Räume
Keine Kreuzkontamination	Großes Gerät mit viel Platzbedarf und großem Luftkanalnetz
Anlagentechnik zentral in einem Gerät	Hohe Betriebskosten
	Weniger effiziente Kälteerzeugung durch niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen



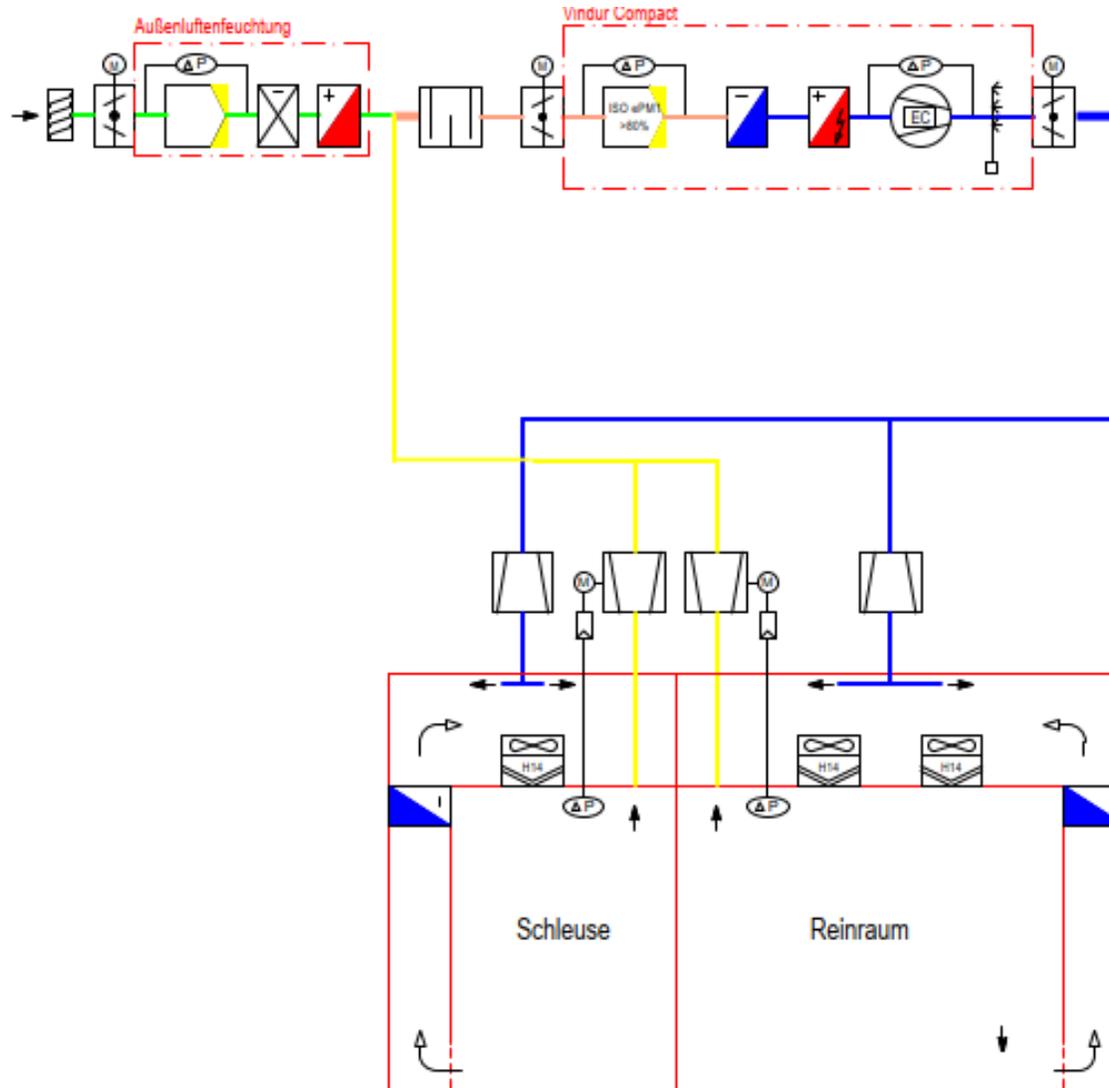
Vorteile	Nachteile
Geringer Energieaufwand für die benötigte Außenluft	Nur ein Zuluftzustand für alle Räume
Für gleiche Bereiche gut geeignet	Großes Gerät mit viel Platzbedarf und großem Luftkanalnetz
Anlagentechnik zentral in einem Gerät	Unnötiger Aufwand für eine potenzielle Entfeuchtung der Luft
	Hohe Strömungswiderstände für die Umluft
	Weniger effiziente Kälteerzeugung durch niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen

## Variante 3: Dezentraler Umluftbetrieb

# Energieeffizienz Konzepte



Vorteile	Nachteile
Geringer Energieaufwand für die benötigte Außenluft	Zusätzliche dezentrale Umlufteinheiten
Kleineres Zentralgerät und kleineres Kanalnetz	Separates Kanalnetz für die Umluftführung erforderlich
Reduktion von Strömungswiderständen bei der Umluft	
Klimatisierungszonen je Umlufteinheit möglich	
Getrennte Außenluft- und Umluftaufbereitung	
Effiziente Kälteerzeugung durch höhere Vor- und Rücklauftemperaturen	



Vorteile	Nachteile
Geringer Energieaufwand für die Aufbereitung der Außenluft	Viele dezentrale Komponenten
Kleineres Zentralgerät und kleineres Kanalnetz	Erhöhter Platzbedarf in der Zwischendecke
Reduktion von Strömungswiderständen bei der Umluft	Deckenplenum erforderlich
Klimatisierungszonen je Umlufteinheit möglich	
Getrennte Außenluft- und Umluftaufbereitung	
FFU und Umluftkühler können nach Bedarf EIN/AUS geschaltet werden	
Effiziente Kälteerzeugung durch höhere Vor- und Rücklauftemperaturen	

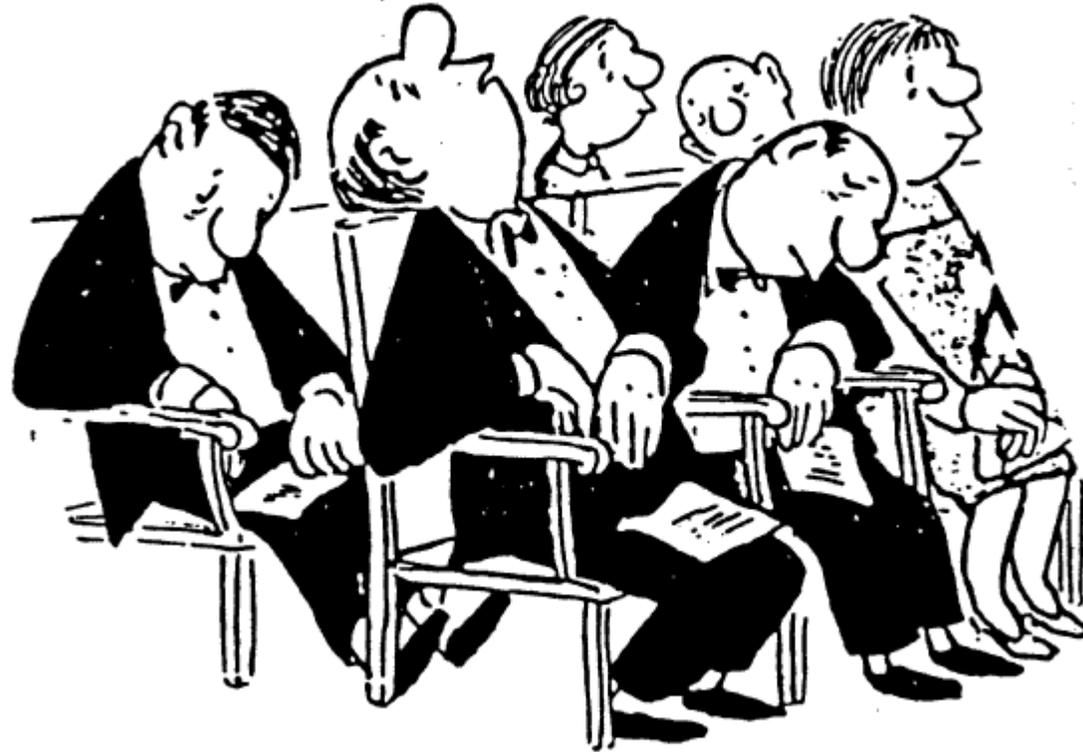
## Übersicht über Wärmerückgewinnungskonzepte

Kreuzstrom/Gegenstrom Wärmeüberträger	Kreislauf-Verbund-System (KVS)	Rotationswärmeüberträger	Umluft
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reine Wärmeübertragung</li> <li>• Wirkungsgrade bis &gt; 90 %</li> <li>• <b>Risiko von Kreuzkontamination</b></li> <li>• <b>Frostschutz erforderlich</b></li> <li>• <b>Größerer Platzbedarf im Lüftungsgerät</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reine Wärmeübertragung</li> <li>• WRG über Zwischenmedium (Wasser)</li> <li>• <b>Keine Kreuzkontamination</b></li> <li>• Einbindung von anderen Wärmequellen in das Verbundsystem</li> <li>• Hochleistungssysteme mit Wirkungsgraden bis max. 80 %</li> <li>• <b>Hohe Investitionskosten</b></li> <li>• <b>Hoher Platzbedarf</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme- und Feuchteübertragung</li> <li>• Wirkungsgrade bis &gt; 85 %</li> <li>• Kein Frostschutz erforderlich</li> <li>• <b>Kreuzkontamination zwischen den Luftströmen</b></li> <li>• <b>Relativ hoher Druckverlust</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Investitionskosten</li> <li>• Wirkungsgrad nahezu 100 %</li> <li>• Geringer Druckverlust</li> <li>• <b>Kreuzkontamination zwischen den Luftströmen</b></li> <li>• <b>Größerer Platzbedarf im Lüftungsgerät</b></li> </ul>

### Weitere Ansätze zur Energierückgewinnung

- Nutzung von Abwärme aus Rückkühlern der Kälteerzeugung
- Nutzung von Prozessabwärme
- Adiabate Befeuchtung zur Kälterückgewinnung





Loriot

Fragen?

## Steffen Röhm

Technical Consultant

Weiss Klimatechnik GmbH  
Greizer Straße 41-49  
35447 Reiskirchen, Germany

Phone [+49 6408 84-6580](tel:+496408846580)

Mobile [+49 151 16220 409](tel:+4915116220409)

Mail: [Steffen.roehm@weiss-technik.com](mailto:Steffen.roehm@weiss-technik.com)





**Weiss Technik GmbH**

Greizer Straße 41 - 49

35447 Reiskirchen – Germany

Tel +49 6408 84-0

[info@weiss-technik.com](mailto:info@weiss-technik.com)

[www.weiss-technik.com](http://www.weiss-technik.com)