

Über die Effizienz von Rotationswärmeaustauschern mit Sorptionsbeschichtung bei unterschiedlichen Befeuchtungs- und Regelungskonzepten

Von Dipl.-Ing. Thomas Westerdorf

Rotationswärmeaustauscher mit Sorptionsbeschichtung übertragen neben der „fühlbaren“, sensiblen Wärme auch Feuchtigkeit. Kennzahlen sind die Rückwärm- und die Rückfeuchtezahl.

Während sich die Rückwärmzahl thermodynamisch leicht erfassen lässt, gestaltet sich die Berechnung der Rückfeuchtezahl deutlich schwieriger.

Mehrere Mechanismen beeinflussen diesen Wert. Welcher davon überwiegt, hängt sowohl vom verwendeten Sorbenten als auch vom Luftzustand ab.

Mechanismen der Feuchteübertragung

Unterschreitet die Temperatur der Kaltluftseite die Taupunkttemperatur der Warmluftseite, ist mit Kondensation zu rechnen.

Bei großen Unterschreitungen wird die Oberfläche des Rotationswärmeaustauschers großflächig benetzt. Hohe Rückfeuchtezahlen werden so auch ohne einen leistungsstarken Sorbenten erreicht.

Bei geringen Taupunktunterschreitungen findet die Kondensation nicht auf der gesamten Rotoroberfläche, sondern auf der Kaltseite statt. Der Sorbent sollte dieses Kondensat über die gesamte Rotorfläche verteilen, um die feuchteaustauschende Oberfläche zu vergrößern. Hier spielt das Benetzungsverhalten bzw. die freie Oberflächenenergie des Materials eine Rolle. Sie verkleinert den Kontaktwinkel des Kondensats zur Oberfläche.

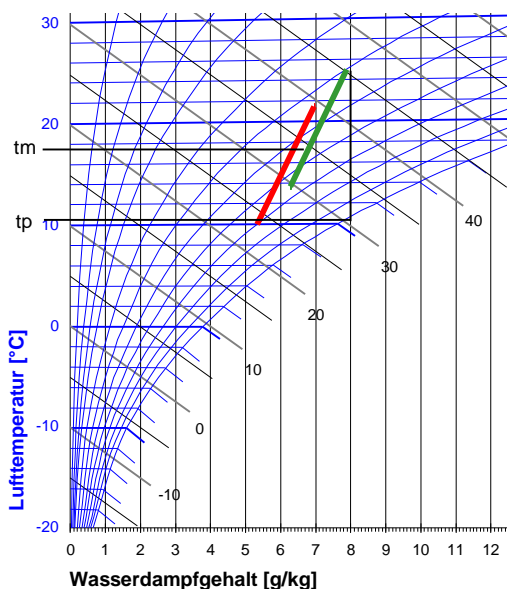
Tritt keine Taupunktunterschreitung auf, sind ausschliesslich Adsorptionsmechanismen wirksam.

Die Eigenschaften des Adsorbenten, seine Schichtdicke, sowie die Art und Menge des Bindemittels spielen die ausschlaggebende Rolle.

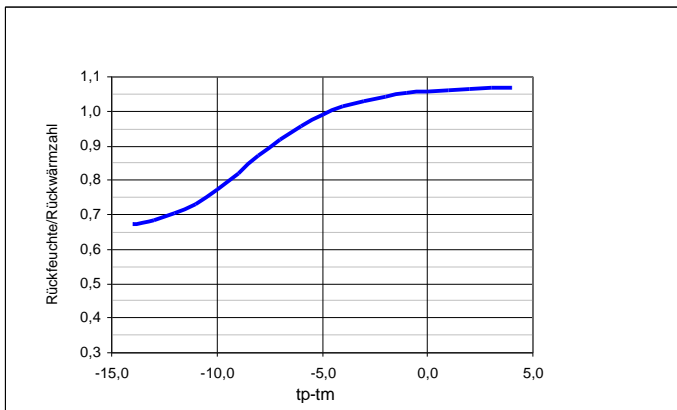
Es gibt eine Vielzahl möglicher Adsorbenten mit unterschiedlichen Adsorptionskapazitäten. Wichtige Merkmale sind die spezifische Oberfläche, der Porenradius, das Porenvolumen und die Polarität.

Doch auch die Adsorptionskinetik, also die Geschwindigkeit, mit der ein Adsorptions- bzw. Desorptionsvorgang stattfindet, sowie die erforderliche Desorptionsenergie spielen eine wichtige Rolle.

Zur Berechnung der Feuchteübertragung ist es zweckmäßig, das Verhältnis von Rückfeuchte- zu Rückwärmzahl über die Differenz der Taupunkttemperatur der Warmseite und der mittleren Speichermassentemperatur aufzutragen.



tp: Taupunkttemperatur der Warmseite
tm: mittlere Speichermassentemperatur



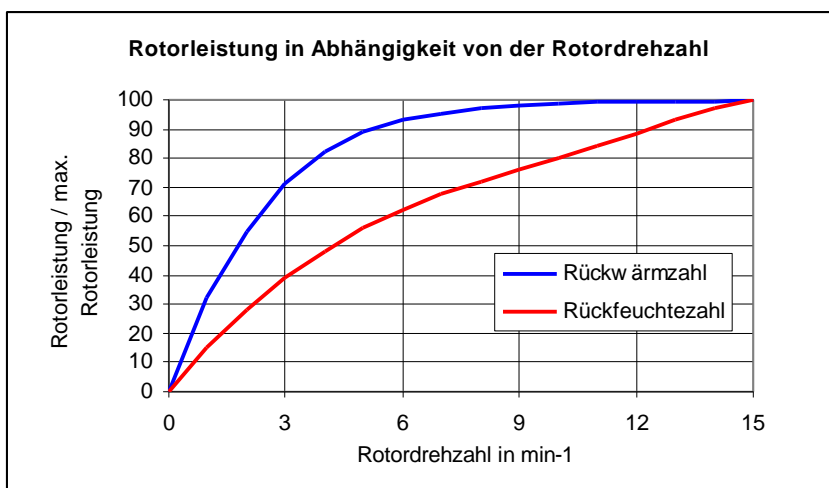
Durch diese Funktion wird die Abhängigkeit ausreichend genau beschrieben.

Regelcharakteristik

Rotationswärmeaustauscher können durch die Veränderung ihrer Drehzahl in der Leistung geregelt werden. Als Sollwert des Zuluftzustandes dient entweder die gewünschte Zulufttemperatur oder, wenn adiabate Luftbefeuchter nachgeschaltet sind, die Zuluftenthalpie.

Die inneren Gebäudelasten führen häufig dazu, daß die Ablufttemperaturen ganzjährig über den Zulufttemperaturen liegen. Die Differenz liegt in der Regel zwischen 4 und 6°C. Die Reduzierung der Rotordrehzahl ist daher schon bei relativ niedrigen Außenlufttemperaturen zu beobachten.

Grundsätzlich ist zu beachten, daß die Rückfeuchtezahl bei Reduzierung der Rotordrehzahl stärker abfällt als die Rückwärmzahl. Den Verlauf zeigt das folgende Diagramm:

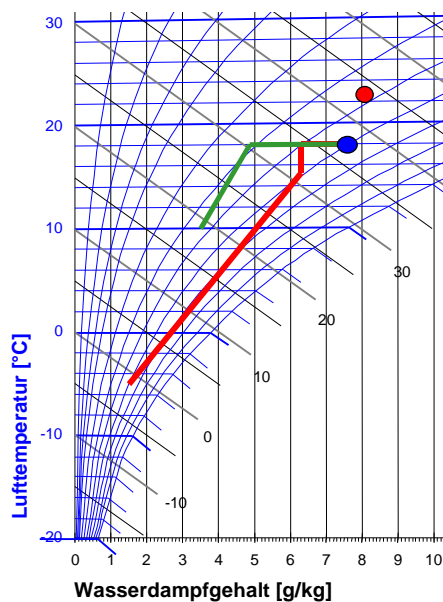


Die erzielbare Jahresrückwärme eines Rotationswärmeaustauschers hängt in starkem Maße vom eingesetzten Befeuchtungsverfahren sowie von der Art der Regelung ab.

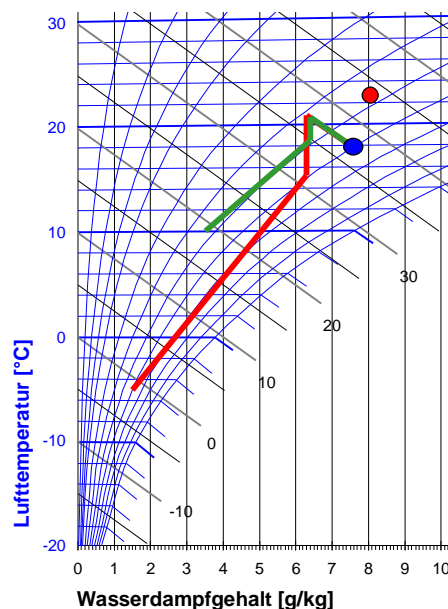
Bei den Befeuchtungsverfahren ist zu unterscheiden zwischen:

- **Adiabaten Befeuchtern** wie Lüftwäschern, Rieselbefeuchtern oder Hochdruckbefeuchtern. Der Wärmerückgewinner wird nach der gewünschten Zuluftenthalpie geregelt.
- **Dampfbefeuchtern.** Der Wärmerückgewinner wird nach der gewünschten Zulufttemperatur geregelt.

Darstellung im h,x-Diagramm (Rückwärmzahl max 72%, Zuluftsollwert 18°C, 7,5gr/kg, Abluft 23°C, 8gr/kg)



Anlage mit WRG und Dampfbefeuchtung bei zwei Außenluftzuständen
Wärmerückgewinnung temperaturgeregelt

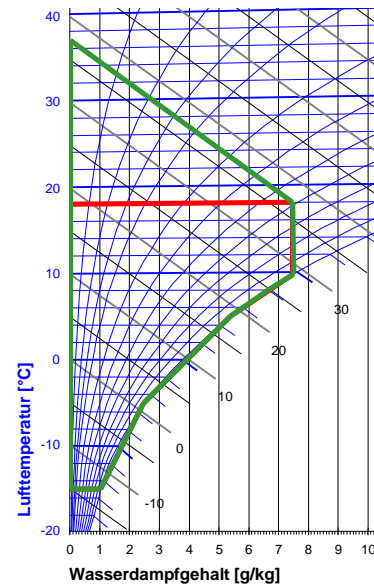


Anlage mit WRG und adiabater Luftbefeuchtung bei zwei Außenluftzuständen
Wärmerückgewinnung enthalpiegeregelt

Bei einer Außentemperatur von 10°C wird der temperaturgeregelt Rotationswärmeaustauscher bereits bei reduzierter Leistung betrieben. Die Reduzierung der Rückwärmzahl auf 85% der Maximalleistung hat eine Verringerung der Rückfeuchtezahl auf 45% der Maximalleistung zur Folge. Die Zuluft muß um 2,6gr/kg nachbefeuchtet werden.

Der auf die Zuluftenthalpie geregelte Rotationswärmeaustauscher wird bei diesem Außenluftzustand bei voller Leistung betrieben. Die Nachbefeuchtung beträgt hier nur 1,2gr/kg.

Nebenstehend erkennen Sie den eingeschränkten Arbeitsbereich bei temperaturgeregelter Betriebsweise (rot) und den erweiterten Arbeitsbereich bei enthalpiegeregelter (grün)



Um die Auswirkungen auf den Jahresenergiebedarf zu berechnen, ist eine Computersimulation sinnvoll. Sie betrachtet die Rückwärm- und Rückfeuchtwerte bei unterschiedlichen Regelstrategien über den Jahrgang von Außentemperatur und Feuchte.

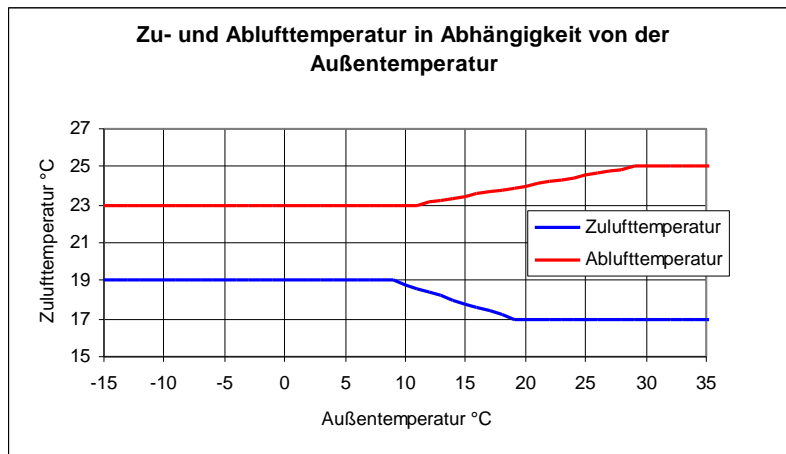
Sie wurde mit folgenden Randbedingungen durchgeführt:

Klimadaten aus DIN 4710 für den Standort Essen

Betriebszeit der Anlage von 7 bis 18 Uhr an 5 Tagen pro Woche

Luftmenge 10000m³/h

Zuluft- und Ablufttemperaturen abhängig von der Außentemperatur gemäß Diagramm:

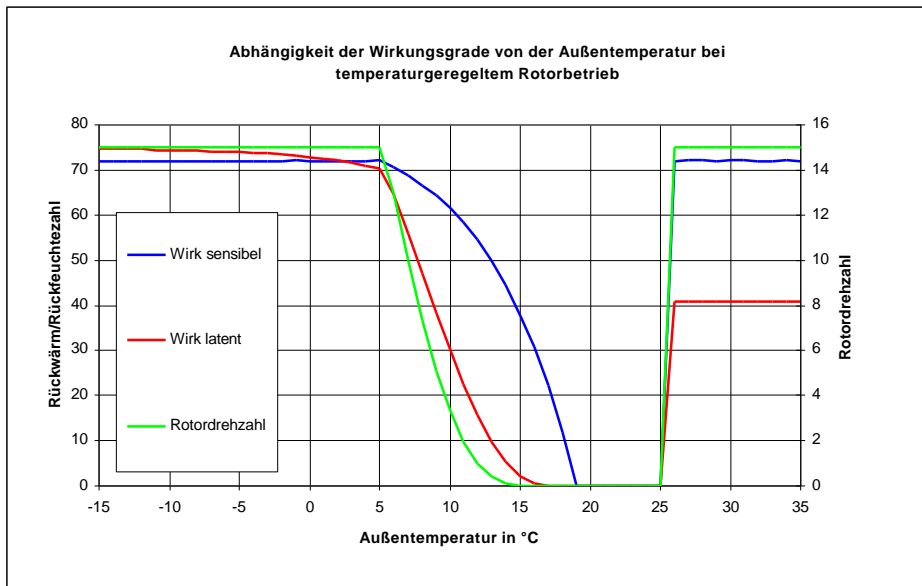


Rotationswärmeaustauscher mit Sorptionsbeschichtung

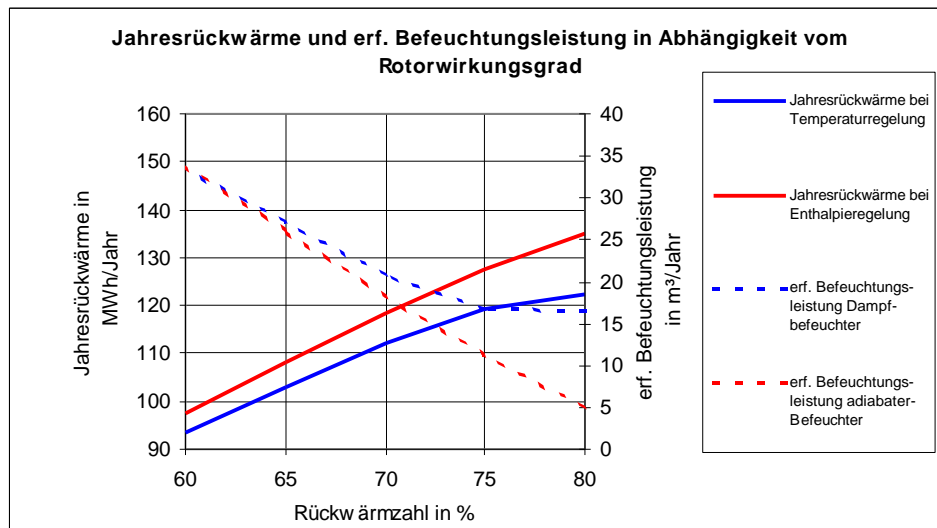
Sollwert Zuluftfeuchte 7,5 gr/kg

Abluftfeuchte 8 gr/kg

Im folgenden Diagramm wird die Regelcharakteristik bei einem temperaturgeregeltem Rotationswärmeaustauscher deutlich. Bereits ab Außentemperaturen von 6°C wird die Drehzahl und somit der Wirkungsgrad reduziert



Wird die Simulation für unterschiedliche Rotorgrößen und somit unterschiedliche maximale Rückwärmzahlen durchgeführt, ergibt sich folgendes Bild:



Bei temperaturgeregelten Sorptionsrotoren flacht die Kurve der Jahreseinsparung bei Rückwärmzahlen über 75% ab. Größer dimensionierte Rotoren erreichen keine höhere Einsparung.

Bei enthalpiegeregelten Sorptionsrotoren nimmt die Jahreseinsparung mit steigender Rückwärmzahl zu.

Fazit

Rotationswärmeaustauscher temperaturgeregelt, Dampfbefeuchtung

Bei hohen inneren Gebäudelasten tritt eine Drehzahlreduzierung schon bei geringen Außentemperaturen auf. Dies reduziert die Jahresrückwärme und erhöht die erforderliche Befeuchtungsleistung.

Rotationswärmeaustauscher enthalpiegeregelt, adiabate Befeuchtung nachgeschaltet

Hier wird die Wärmerückgewinnung in einem weiteren Bereich bei voller Leistung betrieben und das Rückgewinnungspotential ausgeschöpft.

Die Aussage, daß für die Energiekosten der Befeuchtung ausschließlich der Preis des vorhandenen Energieträgers entscheidend ist (Recknagel-Sprenger), trifft somit nicht für die Kombination Sorptionsrotor - Luftbefeuchter zu.