

**Arbeitsgemeinschaft hessischer
Industrie- und Handelskammern**
Börsenplatz 4
60313 Frankfurt am Main
Telefon 069 2197-1384
Telefax 069 2197-1497
www.ihk-hessen.de

**Industrie- und Handelskammer
Darmstadt Rhein Main Neckar**
Rheinstraße 89
64295 Darmstadt
Telefon 06151 871-0
Telefax 06151 871-101
www.darmstadt.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Frankfurt am Main**
Börsenplatz 4
60313 Frankfurt am Main
Telefon 069 2197-0
Telefax 069 2197-1424
www.frankfurt-main.ihk.de

Industrie- und Handelskammer Fulda
Heinrichstraße 8
36037 Fulda
Telefon 0661 284-0
Telefax 0661 284-44
www.ihk-fulda.de

**Industrie- und Handelskammer
Gießen-Friedberg**
Lonystraße 7
35390 Gießen
Telefon 0641 7954-0
Telefax 0641 75914
www.giessen-friedberg.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Hanau-Gelnhausen-Schlüchtern**
Am Pedro-Jung-Park 14
63450 Hanau
Telefon 06181 9290-0
Telefax 06181 9290-77
www.hanau.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Kassel-Marburg**
Kurfürstenstraße 9
34117 Kassel
Telefon 0561 7891-0
Telefax 0561 7891-290
www.ihk-kassel.de

Industrie- und Handelskammer Lahn-Dill
Am Nebelsberg 1
35685 Dillenburg
Telefon 02771 842-0
Telefax 02771 842-1190
www.ihk-lahndill.de

**Industrie- und Handelskammer
Limburg a. d. Lahn**
Walderdorffstraße 7
65549 Limburg a. d. Lahn
Telefon 06431 210-0
Telefax 06431 210-205
www.ihk-limburg.de

**Industrie- und Handelskammer
Offenbach am Main**
Frankfurter Straße 90
63067 Offenbach
Telefon 069 8207-0
Telefax 069 8207-199
www.offenbach.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Wiesbaden**
Wilhelmstraße 24 - 26
65183 Wiesbaden
Telefon 0611 1500-0
Telefax 0611 1500-222
www.ihk-wiesbaden.de

www.ihk-hessen.de

RATGEBER WÄRME IN HESSEN

FAKTENBLATT
WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Wärmerückgewinnung

Angesichts der kontinuierlichen Verteuerung von Energie ist ein sparsamer Umgang mit Ressourcen nicht nur eine ökologische, sondern zunehmend auch eine ökonomische Notwendigkeit. So sollte noch vor einer Auslegung, Planung und schließlich einer Investition in neue Wärmeerzeugungsanlagen zunächst die Nutzung bereits vorhandener Wärmeströme mittels geeigneter Wärmerückgewinnungssysteme untersucht werden. Generell ist bei Vorhandensein ungenutzter Wärmeströme folgende Vorgehensweise zu empfehlen:



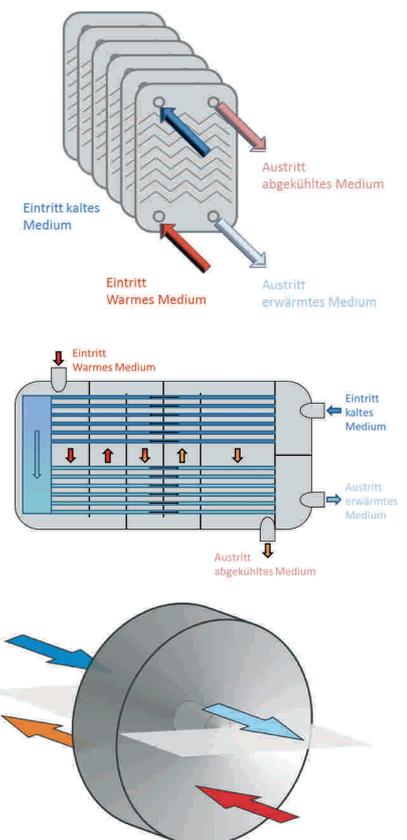
Nachfolgend sind die Eigenschaften der wichtigsten Wärmetauscher, die für eine Wärmerückgewinnung notwendig sind, dargestellt. Die Auflistung beinhaltet jedoch nur die gängigsten auf dem Markt verfügbaren Techniken.

Plattenwärmetauscher sind aus vielen dicht aneinander liegenden Platten aufgebaut, durch welche die jeweiligen Wärmemedien strömen. Oftmals wird die Wärmeübertragung zusätzlich durch profilierte Platten erhöht. Plattenwärmetauscher erreichen dabei sehr hohe Wirkungsgrade und weisen trotz ihrer sehr kompakten Bauweise eine sehr hohe Wärmestromdichte auf. Plattenwärmetauscher werden entweder im Gegenstrom- oder Kreuzstromprinzip ausgeführt.

Rohrbündelwärmetauscher bestehen aus einer Vielzahl an Wärmeübertragerrohren, welche oftmals beispielsweise durch Lamellen profiliert sind, um die Wärmeübertragung zu erhöhen. Durch diese zu Rohrbündeln zusammengefassten Rohre fließt eines der Wärmeübertragungsmedien. Das zweite Medium fließt durch den Mantelbehälter, durch den die Rohrbündel geleitet werden. Gleichzeitig sorgen Umlenkbleche innerhalb des Mantelbehälters für eine möglichst gleichmäßige Durchströmung.

Rotationswärmetauscher übertragen die Wärme zwischen zwei parallel zueinander laufenden Lüftströmen mittels eines rotierenden Regenerators. Dabei wird die Wärme eines Luftstroms im Regenerator zwischengespeichert und nach einer halben Drehung auf den anderen Luftstrom übertragen. Der Rotationswärmetauscher ist sehr effizient und kann auch bei sehr geringen Temperaturspreizungen eingesetzt werden. Haupteinsatzgebiete sind sowohl die Lüftungs- bzw. Klimatechnik, als auch Prozesslufttechnik bei hohen Temperaturen.

Abbildung 40 | Wärmetauscher



Quelle: LEEN 2014

Weitere am Markt verfügbare Systeme sind **Lamellenwärmetauscher**, welche aus zahlreichen an Rohre gepressten Lamellen bestehen. Üblicherweise wird der Lamellenwärmetauscher für flüssig/gasförmig-Anwendungen eingesetzt, wobei die Flüssigkeit durch die Rohre fließt und das Gas zwischen den Lamellen strömt. Des Weiteren sollen an dieser Stelle noch die aus zwei koaxial angeordneten Rohren bestehenden **Doppelrohrwärmetauscher** sowie **Rippenrohrwärmetauscher** genannt werden, welche aus einer Kombination von mehreren Rohren mit daran befestigten Rippen bzw. Lamellen bestehen.

Anhand von Beispielen sollen nachfolgend die wichtigsten und zugleich gängigsten Möglichkeiten des Einsatzes von Wärmerückgewinnungssystemen erläutert werden, mit deren Hilfe in der Regel sowohl ökologisch als auch ökonomisch der größte Nutzen innerhalb eines Betriebes erzielt werden kann.

Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen bei der Dampferzeugung

Je nach Brennstoff, Anlage und Fahrweise enthält das heiße Abgas einer Dampf- bzw. Heißwassererzeugungsanlage teils erhebliche Mengen Wärmeenergie, die oftmals ungenutzt durch den Schornstein der Umgebung zugeführt wird. Um diese Energie innerhalb eines Betriebes zu halten, bieten sich verschiedene Abgaswärmeübertrager an. Die am häufigsten eingesetzten Varianten sind zum einen der Speisewasservorwärmer - in der Regel als Economizer bezeichnet - sowie ein sogenannter Verbrennungsluftvorwärmer (Luvo). Steht z.B. besonders kaltes Speisewasser als Wärmesenke zu Verfügung, besteht zusätzlich die Möglichkeit, das Abgas der Feuerung in einem Brennwertübertrager zu kondensieren. Generell gilt für die Wirtschaftlichkeit die Faustregel, dass pro 100°C Abgastemperatursenkung ca. 4 % Energie eingespart werden können.

Tabelle 9 | Mögliche Wärmerückgewinnungssysteme von Dampferzeugern

Typ	Medium	Einsatzbereich	Nutzbare Wärmemenge
Wärmetauscher Typ 1 Economizer	Abgas/Wasser	Hinter allen Wärmeerzeugern, wenn Speisewasser als Wärmesenke zur Verfügung steht	4 - 7 % je nach Abgastemperatur und Fahrweise
Wärmetauscher Typ 2 Luftvorwärmer	Abgas/Luft	Hinter Wärmeerzeugern, welche ein hohes Temperaturniveau haben, bzw. Wasserrohr- oder Thermalölkessel Alternative, wenn keine Wärmesenke vorhanden ist oder für Restwärme als letzte Stufe	4 - 10 % bei Wasserrohr- oder Thermalölerhitzer 0,5 - 4 % als letzte Stufe hinter Eco oder Brennwertübertrager
Wärmetauscher Typ 3 Brennwertwärmeübertrager	Abgas/Wasser	Oft hinter Economizer oder Luftvorwärmer, um Abgas noch weiter abzukühlen	4 - 7 %, abhängig von Abgastemperaturen, vorhandener Wärmesenke und Brennstoff

Quelle: eigene Darstellung nach Schult 2013

Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen im Bereich der Druckluft

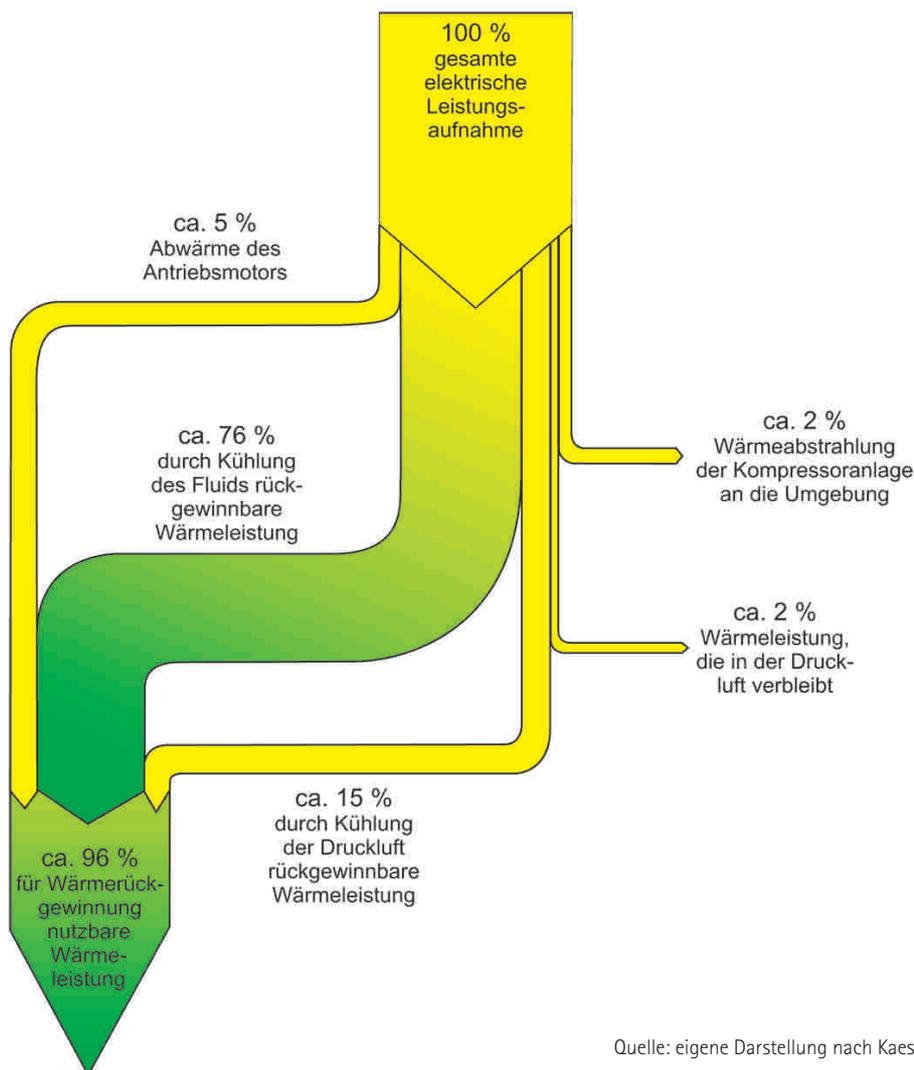
Prinzipiell wird ein Großteil der dem Kompressor zugeführten Energie in Wärme umgewandelt. Der größte Teil der eingesetzten Energie ist bei Kompressoren mit Öl- bzw. Fluidkühlung im Kühlmedium zu finden. Der Rest befindet sich in der Druckluft selbst sowie in der Abwärme des Antriebmotors. Die Abwärmeströme können durch verschiedene Wärmerückgewinnungssysteme als Warmluft oder Warmwasser nutzbar gemacht und beispielsweise für die Gebäudeheizung, Brauchwasser, Prozesswasser, Prozessluft verwendet werden. Je nach Anwendung lassen sich so durchschnittlich rund 65 - 96 % der elektrisch zugeführten Energie als Wärmeenergie weiter verwenden.

Tabelle 10 | Wärmerückgewinnungssysteme im Bereich Druckluft

Typ	Medium	Einsatzbereich	Nutzbare Wärmemenge
Luftkühlung an Schraubenkompressoren	Öl bzw. Fluid/Luft	Direkte Nutzung der vom Kompressor erwärmten Luft. Typische Anwendungsbereiche: Raumheizung, Trocknungsprozesse Torluftschleier, Verbrennungsluftvorwärmer	90 - 96 % der elektrischen Leistungsaufnahme des Kompressors in Form von Warmluft
Wasserkühlung an Schraubenkompressoren	Öl bzw. Fluid/Wasser	Indirekte Nutzung durch Einbau eines Wärmetauschers in den Öl- bzw. Fluidkreislauf Typische Anwendungsbereiche: Warmwasser, Brauchwasser, Produktions- o. Reinigungsprozesse	65 - 75 % der elektrischen Leistungsaufnahme des Kompressors in Form von 60 - 80°C warmen Wasser

Quelle: eigene Darstellung nach Kaeser 2011

Abbildung 41 | Energiefluss eines fluid- und luftgekühlten Schraubenkompressors



Quelle: eigene Darstellung nach Kaeser, 2011

Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen im Bereich Lüftung

Die einfachste Art der Rückgewinnung von Abwärme im Bereich Lüftung ist ein Anlagenbetrieb mit einem möglichst hohen Umluftanteil (falls Zu- und Abluftanlagen vorhanden sind). Unter dem Begriff Wärmerückgewinnung wird jedoch in der Lufttechnik nicht der Betrieb mit Umluft, sondern die Rückgewinnung von Wärme mittels Wärmetauschern verstanden. Je nach Anforderungen an die jeweilige Zuluft in den Raum sowie den baulichen Gegebenheiten kann zwischen mehreren verschiedenen Systemen unterschieden werden, deren wichtigsten Eigenschaften in Tabelle 11 zusammengefasst sind.

Tabelle 11 | Mögliche Wärmerückgewinnungssysteme von Lüftungsanlagen

System	Räumlich getrennte Zu- und Abluft möglich	Feuchterückgewinnung möglich	Rückwärmezahl	Übertragung von Keimen, Gasen u. anderen Teilchen
Platten- bzw. Kanalwärmetauscher (Kreuzstrom)	nein	nein	50 - 85 %	nein
Platten- bzw. Kanalwärmetauscher (Gegenstrom)	nein	nein	60 - 90 %	nein
Rotationswärmetauscher	nein	ja	65 - 90 %	möglich
Kreislaufverbundsystem	ja	nein	40 - 70 %	nein

Quelle: LEEN 2014

Wärmerückgewinnung zur Kälteerzeugung

Wenn eine Reintegration der Abwärme in den Prozess oder eine anderweitige betriebsinterne Weiterverwendung auf einem möglichst hohen Temperaturniveau nicht möglich ist, sollten die Möglichkeiten einer Transformation in andere Nutzenergieformen überprüft werden. Eine Möglichkeit stellt hierbei die Erzeugung von Klima- bzw. Prozesskälte mittels thermischen Kältemaschinen - sogenannten Sorptionskältemaschinen - dar, bei welchen das Kältemittel in einem Lösungsmittelkreislauf bei geringer Temperatur in einem zweiten Stoff sorbiert und bei höheren Temperaturen wieder desorbiert wird. Für die Desorption wird Wärme benötigt, welche durch eine Wärmequelle möglichst innerhalb eines Betriebes bereitgestellt wird. Unterschieden wird hier zum einen nach Art der Sorption, d.h. nach Ab- bzw. Adsorptionskältemaschinen, zum anderen nach der Wahl der Kälte- und Sorptionsmittel. Details können dem Faktenblatt Kälteerzeugung in Kombination zu Wärmeerzeugungssystemen entnommen werden.

Wärmerückgewinnung zur Verstromung

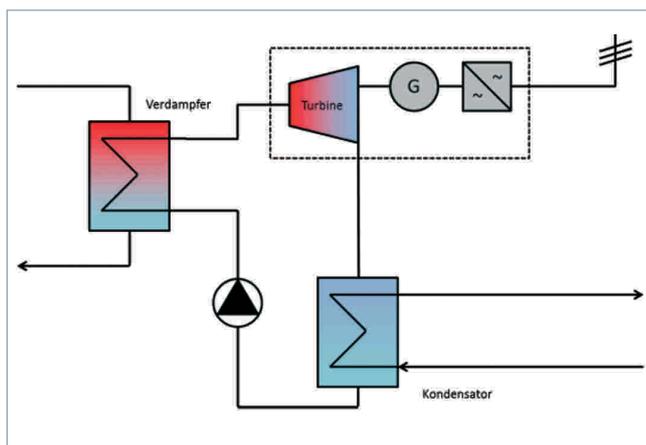
Neben der Kälteerzeugung besteht zudem die Möglichkeit, Wärme durch unterschiedliche Stromerzeugungssysteme in elektrische Energie umzuwandeln. Neben dem klassischen Wasserdampfkraftprozess, besteht die Möglichkeit Strom durch den sog. Organic-Rankine-Prozess (ORC-Prozess) zu erzeugen. Der ORC-Prozess ist hinsichtlich seiner Prozessführung ein normaler Dampfkraftprozess (siehe [Abbildung 42](#)). Jedoch werden anstatt Wasser organische Arbeitsmittel verwendet. Durch den Einsatz organischer Fluide können Wärmequellen auf geringerem Temperaturniveau als mit konventioneller Dampfturbinen-Technologie erschlossen werden. So werden heute bereits Anlagen mittels Wärmequellen ab einem Temperaturniveau von gerade einmal ca. 80°C betrieben. Die Wirkungsgrade von ORC-Prozessen sind auf Grund des niedrigeren Temperaturniveaus jedoch mit 15 bis 25 % dementsprechend geringer.

Tabelle 12 | Vergleich von Systemen zur Verstromung

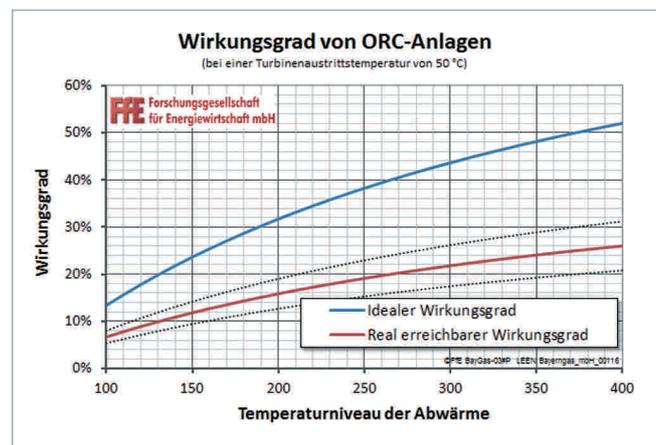
System	Leistungsbereiche	Temperatur Abwärme	Wirkungsgrad
ORC-Turbine	20 kW bis > 20 MW	Ideal 150 - 500°C möglich ab 80 - 100°C	10 - 25 %
Dampfturbine	100 kW bis > 20 MW	Ideal > 500°C möglich ab 300°C	40 - 60 %
Stirlingmotor	< 10 kW bis 1 MW	Ideal > 500°C	15 - 40 %

Quelle: LEEN 2014

Abbildung 42 | Funktionsprinzip einer ORC-Prozesses ohne internen Rekuperator (links) sowie Wirkungsgrade in Abhängigkeit der Antriebstemperatur (rechts)



Quelle: LEEN, 2014



Impressum

Auftraggeber

Arbeitsgemeinschaft der
Hessischen Industrie- und Handelskammern
Burghard Loewe
Thomas Kläßen
Friedenstraße 2
35578 Wetzlar

FfE-Auftragsnummer

IHK-HE-01

Bearbeitung

Franziska Biedermann
Michael Kolb

Endbericht der Forschungsgesellschaft
für Energiewirtschaft mbH (FfE)

Kontakt

Am Blütenanger 71
80995 München
Telefon +49 (0) 89 158121-0
Fax +49 (0) 89 158121-10
info@ffe.de
www.ffegmbh.de

Geschäftsführer

Dr.-Ing. Serafin von Roon

Endbericht© FfE, November 2014

Gestaltung

Michael Kunz
varia Design Illustration
Münster/Hessen

Bildnachweis

Fotolia.com, ©Stihl024, Titel

Fertigstellung

November 2014

Ansprechpartner Umwelt und Energie

**Arbeitsgemeinschaft hessischer
Industrie- und Handelskammern**

Börsenplatz 4
60313 Frankfurt am Main
Telefon 069 2197-1384
Fax 069 2197-1497
www.ihk-hessen.de

**Industrie- und Handelskammer
Darmstadt Rhein Main Neckar**

Rheinstraße 89
64295 Darmstadt
Jan Helmrich
Telefon 06151 871-197
Fax 06151 871-100-197
helmrich@darmstadt.ihk.de
www.darmstadt.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Kassel-Marburg**

Software Center 3
35037 Marburg
Dr. Gerold Kreuter
Telefon 06421 9654-30
Fax 06421 9654-33
kreuter@kassel.ihk.de
www.ihk-kassel.de

**Industrie- und Handelskammer
Offenbach am Main**

Frankfurter Straße 90
63067 Offenbach
Peter Sülzen
Telefon 069 8207-244
Fax 069 8207-247
suelzen@offenbach.ihk.de
www.offenbach.ihk.de

**Industrie- und Handelskammer
Frankfurt am Main**

Börsenplatz 4
60313 Frankfurt am Main
Luise Riedel
Telefon 069 2197-1480
Fax 069 2197-1423
riedel@frankfurt-main.ihk.de
www.frankfurt-main.ihk.de

**IHK-Verbund Mittelhessen
Eine Kooperation der
Industrie- und Handelskammern
Gießen-Friedberg, Lahn-Dill,
Limburg und Fulda**

Friedenstraße 2
35578 Wetzlar
Thomas Klaßen
Telefon 06441 9448-1510
Fax 06441 9448-2510
klassen@lahndill.ihk.de
www.ihk-lahndill.de

**Industrie- und Handelskammer
Wiesbaden**

Wilhelmstraße 24 - 26
65183 Wiesbaden
Christian Ritter
Telefon 0611 1500-153
Fax 0611 1500-7153
ritter@wiesbaden.ihk.de
www.ihk-wiesbaden.de

**Industrie- und Handelskammer
Hanau-Gelnhausen-Schlüchtern**

Am Pedro-Jung-Park 14
63450 Hanau
Dr. Ute Lemke
Telefon 06181 9290-8810
Fax 06181 9290-8290
lemke@hanau.ihk.de
www.hanau.ihk.de