



TÜV
AUSTRIA

Bauteile &
Kältemittel

Optimierung der
Energieeffizienz

ÖNORM EN 378

Christian K. Holzinger

Praxishandbuch Kälte- und Klimatechnik

Planen und Betreiben im Wandel der Energieeffizienz

Edition TÜV AUSTRIA

Impressum

Praxishandbuch Kälte- und Klimatechnik

Planen und Betreiben im Wandel der Energieeffizienz

1. Auflage 2016

ISBN 978-3-901942-67-9

Autor: Ing. Christian K. Holzinger EUR-Ing.,
allgemein gerichtlich beideter und zertifizierter Sachverständiger

Medieninhaber:

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, DI Stefan Wallner

1100 Wien, Gutheil-Schoder-Gasse 7a

Tel.: +43 (0)1 617 52 50-0 | Fax: +43 (0)1 617 52 50-8145

E-Mail: akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout: Mag. Evelyn Hörl

Druck: GRASL FairPrint. Grasl Druck & Neue Medien GmbH

Foto Umschlag: fotolia.com

© 2016 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Zur leichteren Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Selbstverständlich gelten alle Formulierungen für Männer und Frauen in gleicher Weise.



Dieses Produkt entspricht dem Österreichischen Umweltzeichen für schadstoffarme Druckprodukte (UZ 24), UW-Nr. 715
Grasl FairPrint, Bad Vöslau, www.grasl.eu



Inhalt

1 Einleitung	6
2 Grundlagen der Kältetechnik	8
2.1 Hauptbauteile	8
2.1.1 Verdichter/Kompressoren	8
2.1.2 Verdampfer/Wärmeübertrager	12
2.1.3 Verflüssiger/Kondensator	13
2.1.4 Das Expansionsventil	15
2.1.5 Rohrleitungen für Kältemittel	17
2.1.6 Rohrleitungen für Kaltwasser	18
2.1.7 Wärme- und Kälteschutz	19
2.2 Kältemittel	22
2.2.1 Kohlenwasserstoff-Arten	22
2.2.2 ODP/GWP/TEWI	22
2.2.3 Einsatzbeispiele	23
2.2.4 Beispiel: Ersatz von R404A durch R290	28
2.2.5 Berechnung der Kältemittelfüllmenge	29
2.2.6 Sicherheitsdatenblätter zu den diversen Kältemitteln	30
2.2.7 Erklärung der Piktogramme	33
2.2.8 Kältemittel – Übersicht lt. EN 378-1	33
2.2.9 Kältemittel mit GWP < 150	35
2.2.10 Kältemittel der Klasse A1 – nicht brennbar	35
2.2.11 Kältemittel der Klasse A2 bis A2L – gering brennbar	36
2.2.12 Kältemittel der Klasse A3 – brennbar	36
2.2.13 Kältemittel der Klasse B2/B2L – toxisch	36
2.3 Kälte-träger	37
2.3.1 Antifrogen [®] N	37
2.3.2 Antifrogen [®] L	38
2.3.3 Antifrogen [®] KF	38
2.4 Wärmemengen	39
2.4.1 Wärmeaufnahme	39
2.4.2 Wärmedurchgang	39
2.4.3 Direkte Kühlung	39
2.4.4 Indirekte Kühlung	40
2.5 Der Kreisprozess der Kälte	40
2.5.1 Energie - Exergie - Anergie	41
2.6 Das Fließbild (R&I-Schema)	42
2.7 Das h, – log p Diagramm	45
3 Energieeffizienz in der Kältetechnik	46
3.1 Grundlagen	46
3.1.1 Die Neuanlage	46

3.1.2	Der Altbestand	46
3.1.3	Messverfahren	48
3.1.4	Prüfbericht im Zuge einer Energieeffizienzinspektion	48
3.2	Eine optimierte Kälteanlage	49
3.3	Wärmerückgewinnung aus der Kälte	49
3.3.1	Wärmerückgewinnung (WRG) zu Abwärmenutzung (AWN)	50
3.3.2	Arten der WRG	51
3.3.3	Nutzung über einen Wasserkreislauf	51
3.3.4	Abwärmenutzung in der Kälte-, Klima- und Lüftungstechnik	52
3.4	Die Freie Kühlung	52
3.5	Der Eisspeicher als Lastausgleich	52
3.6	Verluste durch Verschmutzung	53
3.6.1	Verschmutzung am Kondensator	53
3.6.2	Verschmutzung am Verdampfer	55
3.6.3	Verschmutzungen im Inneren des Rohres	56
3.6.4	Verschmutzung durch Anlagerung und Auflösung	56
3.7	Die Instandhaltung	57
3.7.1	Vorbeugende Maßnahmen	57
3.7.2	Durchführung der Instandhaltung	59
3.8	Wartung einer Kälteanlage	60
3.8.1	Service und Wartungsverträge	60
4	Das Umfeld der energieeffizienten Kältetechnik	61
4.1	Das Bundesgesetzblatt 447/2002 – in Österreich	61
4.1.1	BGBL. 447/2002 – Titel	61
4.1.2	Abschnitt III – Kälte und Kühlmittel	61
4.1.3	Meldepflicht	62
4.2	Die EU F-Gase Verordnung 517/2014	62
4.2.1	Begriffsbestimmung	62
4.2.2	Emissionsbegrenzung, Artikel 3	63
4.2.3	Wiederkehrende Dichtheitsprüfungen – Abstände	64
4.2.4	Beispiele zur Dichtheitsprüfung	64
4.2.5	Die Verbote des Inverkehrbringens (Auszug zur Kälte)	65
4.2.6	Beschränkung der Verwendung	65
4.2.7	Tabelle über GWP Potentiale	66
4.2.8	GWP – Berechnung	66
4.3	Kälteanlagenverordnung (KAV)	67
4.4	ÖNORM EN 378	67
4.4.1	EN 378 - Teil 1	68
4.4.2	EN 378 - Teil 2	69
4.4.3	EN 378 - Teil 3	69
4.4.4	EN 378 - Teil 4	70
4.5	Die Sachkunde	70
4.5.1	ÖNORM EN 13313	70

4.6	Auszüge zu den Verordnungen in Bezug auf die Inspektion von Klimaanlage- der Bundesländer	71
4.6.1	Das WFLKG, BGBL 35/2007	71
4.6.2	Niederösterreich – Bautechnik VO vom 01.02.2015	73
4.6.3	Oberösterreich LGBL 114/2002 vom 29.03.2014	73
4.6.4	Salzburg LGBL 40/1997 vom 01.11.2014	74
4.6.5	Tirol LGBL. 111/2013 vom 14.11.2013	75
4.6.6	Vorarlberg LGBL 84/2012 vom 15.08.2014	76
4.6.7	Steiermark – LGBL 59/1995 vom 01.05.2011	77
4.6.8	Kärnten LGBL 80/2012 vom 19.07.2012	79
4.6.9	Burgenland, Bgld. LHKG vom 03.01.2016	82
4.7	Die Gebäuderichtlinie RL 2010/31/EU	83
4.7.1	Artikel 15	83
4.7.2	Zitat Artikel 16	84
4.7.3	Zitat Artikel 17	84
4.8	Inspektion der Energieeffizienz	85
4.9	Vorbereitung der Inspektion und Zusammenstellen der Dokumente	88
4.10	Hinweise bei mangelhafter Dokumentation	89
4.10.1	Inspektion	89
4.10.2	Schemata zur Inspektion	90
5	Anhang	100
5.1	Formelzeichen und Einheiten	100
5.2	Auswertungen zur Energieeffizienzinspektion	101
5.3	Messungen	102
5.3.1	Lufttemperatur	102
5.3.2	Oberflächentemperatur	102
5.3.3	Luftfeuchtemessung	102
5.3.4	Luftgeschwindigkeitsmessung	103
5.3.5	CO ₂ -Messung	103
5.4	Begriffsbestimmung	103
6	Über den Autor	104
7	Stichwortverzeichnis	106
8	Abbildungsverzeichnis	107
9	Literaturverzeichnis	108

1 Einleitung

Warum stellt sich die Frage nach einer Kältetechnik im Wandel der Energieeffizienz? Ist eine energieeffiziente Kälteanlage besser als ein bisher im Feld befindliches System, und wenn ja, worin liegen die Unterschiede?

In der heutigen Zeit gibt insbesondere die Europäische Union vor, dass unsere Umwelt geschont werden muss. Es gibt dazu den Ansatz aus der Wissenschaft, die CO₂-Emissionen generell reduzieren zu müssen. Der Treibhauseffekt wird in einer Zahl festgemacht – diese Zahl ist die Emission in CO₂.

Sinnigerweise ist die Maßzahl zur Emission auch gleichzeitig ein Kältemittel, d.h. ein Stoff, den die Technik in der Kälte verwenden kann.

Ohne Treibhauseffekt und ohne Sonneneinstrahlung wäre unser Planet sehr kühl, die Temperatur der Atmosphäre würde deutlich unter dem Gefrierpunkt liegen, es wäre somit ein Leben wie wir es kennen, nicht möglich. Tatsächlich liegt die Temperatur aber bei ca. +15°C.

Die Temperatur steigt aber seit Beginn der Industrialisierung erheblich an – die Treibhausgase nehmen offenbar zu. Es gilt also, die Treibhausgase in einem vernünftigen Bereich zu halten – sie dürfen nicht unkontrolliert zunehmen, da damit die Erwärmung der Atmosphäre auf unserer Erde steigen würde.

Die Wissenschaft hat reagiert und „last but not least“ wird auch die Kältetechnik ihres dazu beitragen, das Gleichgewicht auf unserer Erde nicht zu stören. Mit Zunahme der Kältetechnik und dem zunehmenden Ersetzen fossiler Energieträger durch nachhaltige, erneuerbare Technik steigt aber auch der Grad der Verantwortung in der Kältetechnik. Die Bereiche der Kältetechnik schließen auch die Klima- und Wärmepumpentechnik mit ein.

Worum geht es in diesem Praxishandbuch? Im Umfeld der immer mehr werdenden Verordnungen, Richtlinien, Normen, Anforderungen, Gesetzen und Auflagen soll eine Hilfestellung sowohl für die tägliche Praxis als auch den theoretischen Planungsansatz geschaffen werden.

Es wird sowohl dem Kältefachmann als auch dem Planer und auch dem Betreiber ein Werk an die Hand gegeben, mit Hilfe dessen einfach und schnell beurteilt werden kann:

- ✓ Was ist eine energieeffiziente Kälteanlage?
- ✓ Wie kann eine energieeffiziente Kälteanlage aussehen?
- ✓ Welche Ausführungsmöglichkeiten gibt es?
- ✓ Welche Kältemittel gibt es, welche können sowohl heute als auch in Zukunft verwendet werden?

Im vorliegenden Fachbuch wird von einer gleichbedeutenden Begriffsbestimmung für

1. Kälte
 2. Klima
 3. Wärmepumpe
- ausgegangen.

Der Begriff Kälte umfasst daher immer alle drei möglichen Bau- bzw. Nutzungsarten, schließt also sowohl ortsfeste als auch ortsveränderliche und Transportkälte mit ein, wobei der Schwerpunkt dieses Fachbuchs auf ortsfesten Kälteanlagen liegt.

2 Grundlagen der Kältetechnik

In Europa gibt es unzählige Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnische Anlagen, welche zu optimieren sind.

Nicht jede alte Anlage ist eine (im Sinne der Energieeffizienz) schlechte Kälteanlage, es ist jedoch sowohl der Status der Energieeffizienz als auch, falls möglich, der Wirkungsgrad zu erheben, und damit die umweltschädigende Wirkung zu verbessern.

Dem energieeffizienten Betrieb der Kälteanlagen ist daher das nachfolgende Werk gewidmet.

2.1 Hauptbauteile

2.1.1 Verdichter/Kompressoren

Der Verdichter ist eine Einrichtung zur mechanischen Druckerhöhung eines gasförmigen Kältemittels. Er dient dazu, einen Arbeitsstoff (das Kältemittel) anzusaugen und danach zu komprimieren.

Nach der Komprimierung erfolgt die Kondensation des Kältemittels unter Abgabe von Wärme, danach die Sammlung in einem Behältnis und anschließend wird das Kältemittel zerstäubt und kann unter Aufnahme von Wärme verdampfen. Damit ist der Kälteprozess abgeschlossen.

2.1.1.1 Kolbenverdichter

Kolbenverdichter werden in verschiedenen Bauformen hergestellt und arbeiten zyklisch, haben geringe Volumenströme und hohe Druckverhältnisse.

Der **vollhermetische Kolbenverdichter** ist eine Kombination, bestehend aus Verdichter und Elektromotor, die sich beide in demselben Gehäuse befinden, ohne Welle oder Wellenabdichtungen nach außen, wobei der Elektromotor in einem Gemisch aus Öl und Kältemitteldampf arbeitet.

Der **halbhermetische Kolbenverdichter** ist eine Kombination, bestehend aus Verdichter und Elektromotor, die sich beide in demselben Gehäuse mit abnehmbaren Montagedeckeln befinden, jedoch ohne Welle oder Wellenabdichtungen nach außen, wobei der Elektromotor in einem Gemisch aus Öl und Kältemitteldampf arbeitet

Der **offene Kolbenverdichter** ist ein Verdichter, dessen Antriebswelle durch das kältemitteldichte Gehäuse geführt ist.



Abb. Blick auf ein Kälteverbundsystem mit Hubkolbenverdichter

2.1.1.2 Rollkolbenverdichter

Rollkolbenverdichter (werden auch Umlaufverdichter genannt) werden überwiegend bei kleinen Kälteleistungen eingesetzt und haben einen ruhigeren Lauf, da sie keine oszillierenden Massen haben, lediglich der Trennschieber wird auf- und abbewegt. Der Rotor (Kolben) dreht sich exzentrisch zur Zylinderachse und rollt dabei entlang der Innenwand des Zylinders ab.

Die Ausführung mit einem Trennschieber ist die einfache Ausführung, es gibt auch Mehrkammerverdichter. Der Trennschieber wird mit Hilfe einer Feder stets auf den Rotor gedrückt.

Rollkolbenverdichter sind druckgasgekühlt, Hubkolben sauggasgekühlt.

Rollkolbenverdichter werden häufig in heutigen inverttergeregelt Systemen eingesetzt, je nach Technologie des elektrischen Antriebsmotors besitzen sie einen sehr guten Wirkungsgrad gegenüber Standardmotoren zum Antrieb der Verdichter.

Rollkolbenverdichter

- 1 exzentrisch gelagerter Rotor
- 2 Saugleitung vom Verdampfer
- 3 Druckleitung zum Kondensator
- 4 Verdichtergehäuse
- 5 Spannfeder
- 6 Trennschieber

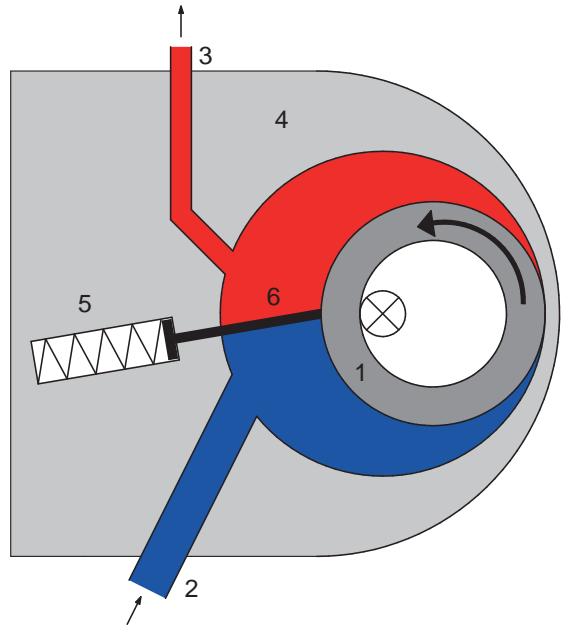


Abb. Rollkolbenverdichter

2.1.1.3 Schraubenverdichter

Der Schraubenverdichter gehört zu den rotierenden, zweiwelligen Verdrängerverdichtern mit innerer Verdichtung.

Er ist einfach aufgebaut, hat kleine Abmessungen, eine geringe Masse, gleichmäßige, pulsationsfreie Förderung und einen ruhigen Lauf, weil ihm oszillierende Massen und Steuerorgane fehlen.



Abb. Schraubenverdichter

2.1.1.4 Scrollverdichter

Ein Scrollverdichter arbeitet nach dem Verdrängerprinzip. Er besteht aus zwei ineinander verschachtelten Spiralen, von denen eine stationär ist und die andere über einen Exzenterantrieb auf einer kreisförmigen Bahn bewegt wird. Dabei berühren sich die Spiralen mehrfach und bilden innerhalb der Windungen mehrere ständig kleiner werdende Kammern. Dadurch wird das zu pumpende Gas außen angesaugt, innerhalb der Pumpe verdichtet und über einen Anschluss in der Spiralmittte ausgestoßen.



Abb. Scrollverdichter



Abb. Blick auf einen Scrollverdichter

2.1.1.5 Turboverdichter

Beim Turboverdichter wird durch einen rotierenden Läufer nach den Gesetzen der Strömungsmechanik dem strömenden Fluid Energie zugesetzt.

Diese Bauart arbeitet kontinuierlich und zeichnet sich durch geringe Druckerhöhung pro Stufe und hohen Volumendurchsatz aus. Radial- und Axialverdichter sind die beiden Hauptbauarten für Turboverdichter.

Beim **Axialverdichter** strömt das zu komprimierende Gas in paralleler Richtung zur Achse durch den Verdichter.

Beim **Radialverdichter** strömt das Gas axial in das Laufrad der Verdichterstufe und wird dann nach außen (radial) abgelenkt.

Zusätzlich gibt es Sonderformen, wie z.B. Turbocore als ölfreier Verdichter durch magnetisch gelagerte Welle und Drehzahlregelung für Teillastoptimierung.

Im Vergleich zu herkömmlichen Schraubenverdichtern liegt der Wirkungsgrad der **Turbocor Verdichter** im Volllastbereich höher.

In der Praxis mögliche Kältemittel sind R134a und R1234ze.

2.1.2 Verdampfer/Wärmeübertrager

Ein **Wärmeübertrager** ist ein Apparat, der thermische Energie von einem Stoffstrom auf einen anderen überträgt. Umgangssprachlich wird ein Wärmeübertrager auch Wärmetauscher oder Wärmeaustauscher genannt.

Beim **Verdampfer** spricht man von jenem Bauteil in der Kälteanlage, welches die Wärme durch Verdampfung eines Kältemittels aufnimmt und somit die Umgebung oder das zu kühlende Medium abkühlt.

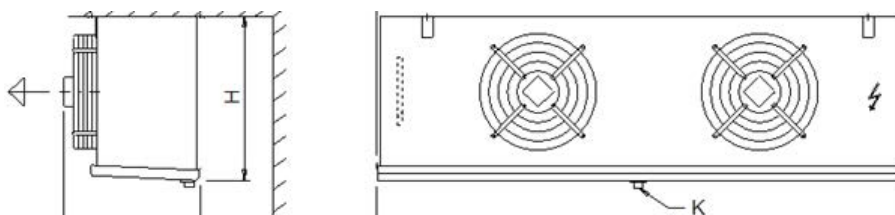
Die Wärmeübertragung erfolgt üblicherweise im Gegenstromprinzip.



Abb. Darstellung von Wärmeströmen

Die drei gebräuchlichsten Arten der Wärmeübertragung sind:

- ✓ Gegenstrom: führt die Stoffe so, dass sie entgegenkommend aneinander vorbeiströmen. Idealerweise werden die Temperaturen der Stoffströme getauscht, das heißt, dass das ursprünglich kalte Medium die Temperatur des ursprünglich heißen Mediums erreicht, und umgekehrt. Voraussetzung für diesen Idealfall sind gleiche Wärmekapazitätenströme auf beiden Seiten des Wärmeübertragers.
- ✓ Gleichstrom: führt die Stoffe so, dass sie nebeneinander in gleicher Richtung strömen. Idealerweise werden beide Stofftemperaturen angeglichen und liegen immer zwischen den Ausgangstemperaturen. Genutzt wird der Gleichstrom beispielsweise falls eine schnelle, sichere Kühlung notwendig ist. Nachteilig kann die Belastung des Materials wegen der Temperaturunterschiede sein.
- ✓ Kreuzstrom: führt die Stoffströme so, dass sich ihre Richtungen kreuzen. Diese Stoffführung liegt im Ergebnis zwischen Gegen- und Gleichstrom. Der Kreuzstrom wird benutzt, wenn man z.B. mittels eines Wärmeübertragers einen Strom auf eine spezielle Temperatur bringen möchte.



K .. Kondensatablauf

H .. Bauhöhe

Abb. Verdampfer zur Luftkühlung



Abb. Blick auf Verdampfer in einer Kühlzelle

2.1.3 Verflüssiger/Kondensator

Der Verflüssiger/Kondensator dient der Verflüssigung des komprimierten und überhitzten Kältemitteldampfes. Am Ende des Verflüssigers bzw. Kondensators ist der Phasenwechsel des Kältemittels vollzogen, das Kältemittel hat üblicherweise zur Gänze von der gasförmigen Form in den flüssigen Zustand gewechselt. Das kann jedoch nur unter Abgabe der Wärme, welche das Kältemittel mit transportiert, geschehen.

In der EN 378 in der Begriffsbestimmung findet sich die Klarstellung, dass ein Verflüssiger mit einem Kondensator im Sprachgebrauch ident ist. Dieser Kondensator in der Kältetechnik hat aber mit dem Kondensator in der Elektrotechnik nichts gemeinsam.

Es gibt verschiedene Bauarten von Kondensatoren, eine der gebräuchlichsten in der so genannte luftgekühlte Kondensator. In dieser Ausführung wird die Wärme – die Kondensationswärme – an die Umluft übertragen und abgegeben.

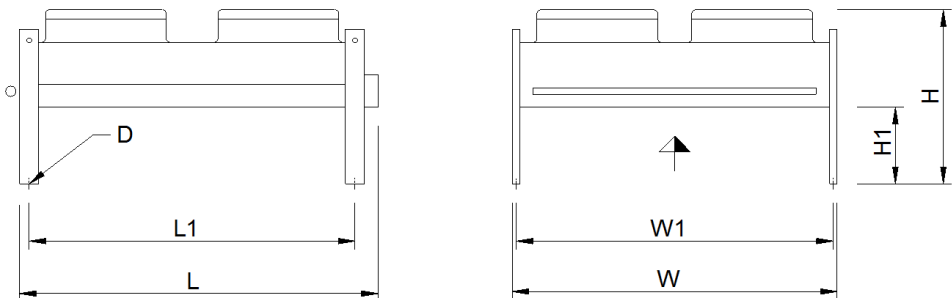


Abb. Kondensator zur Wärmeabgabe an die Umluft



Abb. Blick auf die Lamellen – Unterseite eines Kondensators

2.1.3.1 Rückkühler

Der Rückkühler hat die gleiche Aufgabe wie der Kondensator, nur dass für die Wärmeabfuhr ein Trägermedium, z.B. die Sole, abgekühlt wird. Die eigentliche Kondensation des Kältemittels geschieht schon einen Punkt früher im Plattenkondensator direkt bei der Kältemaschine.

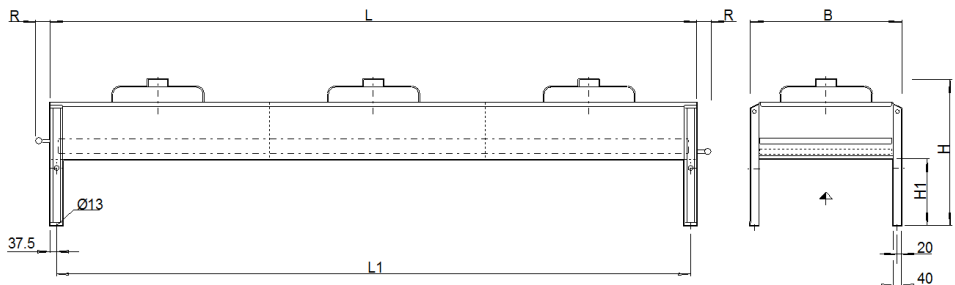


Abb. Rückkühler zur Wärmeabgabe an die Umluft



Abbildung Blick auf Rückkühleranschluss mit Luftdüsen