



# Alternative Kältemittel für die Laboratorien des 21. Jahrhunderts

*Technisches Dokument von Laird Thermal Systems  
Greg Ducharme, Product Director Liquid Cooling Systems*

## Inhalt

<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>Anwendungsbeschreibung .....</b>	<b>3</b>
<b>Arten von Kältemitteln.....</b>	<b>4</b>
<b>Staatliche und umweltrechtliche Vorschriften sowie ihre Auswirkungen auf Laboratorien .....</b>	<b>6</b>
<b>Herausforderungen für alternative Kältemittel mit niedrigem GWP .....</b>	<b>8</b>
<b>Kühlerauswahl für nachhaltige Laboratorien.....</b>	<b>8</b>
<b>Zusätzliche Überlegungen .....</b>	<b>11</b>
<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>11</b>
<b>Über Laird Thermal Systems .....</b>	<b>12</b>
<b>Laird Thermal Systems kontaktieren. ....</b>	<b>12</b>

## Einleitung

Umlaufkühler sind ein wesentlicher Bestandteil vieler moderner Laboratorien, insbesondere in der analytischen, pharmazeutischen, chemischen und biotechnologischen Industrie. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Aufrechterhaltung präziser Temperaturbereiche innerhalb eines Prozesses oder Systems, indem sie Flüssigkeiten effizient kühlen und umwälzen. Dadurch wird die ordnungsgemäße Funktion und Genauigkeit verschiedener Geräte und Verfahren, wie z. B. Laser, Destillationskolonnen, Prüfkammern und analytische Instrumente gewährleistet. In den letzten Jahren wurde bei der Gestaltung von Laboratorien zunehmend auf Nachhaltigkeit und Energieeffizienz geachtet, was auf sich ändernde Vorschriften und Industrienormen zurückzuführen ist. Dieser Trend hat zur Entwicklung „grüner Laboratorien“ geführt, die darauf ausgelegt sind, den Energieverbrauch zu minimieren und die Umweltbelastung zu reduzieren. **Eine Möglichkeit, diese Ziele zu erreichen, ist der Einsatz von energieeffizienten Umlaufkühlern mit umweltfreundlichen Kältemitteln.**

## Anwendungshintergrund

Ein großer Teil der Laborausstattung erfordert eine präzise Kühlung für thermisch empfindliche Elektronik, die Kühlung von elektronischen Geräten und Prüfkammern für Laborgeräte. Chemische Reaktionen setzen Wärme frei oder nehmen Wärme auf, was eine präzise Temperaturkontrolle erfordert, um die Reaktion stabil zu halten. Der Trend zur Miniaturisierung von Laborgeräten kann zudem die Wärmestromdichte erhöhen und damit die thermischen Probleme verschärfen. Wenn wärmeerzeugende Elektronik in kleineren Gehäusen untergebracht wird, bleibt weniger Platz für eine natürliche Luftzirkulation und Wärmeabfuhr. Abwärme muss effizient abgeführt werden, um die ordnungsgemäße Leistung der Laborgeräte und die optimale Steuerung der chemischen Reaktionen in den Prüfkammern zu gewährleisten.—



*Rheometer*

*Inkubatorkammer*

*DNA-Probenahme*

Typische Laboranwendungen, die eine Temperaturkontrolle erfordern:

- Chemische Prozesse
  - Reaktorsysteme, Autoklaven, Synthese, Kondensation von Gasen
- Biologie
  - Bioreaktoren, Kultivierung, Fermenter, Reaktionskolonnen, Inkubation, Zellkultivierung

- Öl & Gas
  - Konstante Viskosität von Flüssigkeiten, Erstarrungspunkt, Kraftstoffentwicklung
  
- Industrielle Forschung
  - Materialprüfung, Umweltsimulation, Proben temperierung, Vakuumkammern, Qualitätskontrolle
  
- Lebensmittelwissenschaft
  - Lebensmittelentwicklung, Temperatursimulation, Qualitätskontrolle

### Arten von Kältemitteln

In den 1970er Jahren wurde entdeckt, dass Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) die Ozonschicht der Erde schädigen. Dies führte zum Ausstieg aus der Verwendung von FCKW im Rahmen des Montrealer Protokolls von 1987, einem internationalen Abkommen zum Schutz der Ozonschicht. Als Reaktion auf den FCKW-Ausstieg entwickelten Chemieingenieure teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) als Ersatzkältemittel. H-FCKW waren zwar weniger schädlich für die Ozonschicht als FCKW, aber immer noch schädlich für die Umwelt.

### Geschichte der Kältemittel

Generation	1 <sup>st</sup> "What Ever Worked"	2 <sup>nd</sup> "Safety & Stability"	3 <sup>rd</sup> "Ozone Protection"	4 <sup>th</sup> "Global Warming"
Years	1830's-1930's Natural & HC	1930's-1990's CFCs	1950's-2010's HCFCs & HFCs	2010- HFOs, Natural & HC
Focus	Toxic Flammable	High chlorine Strong ODP Strong GWP	Lower chlorine Lower/Near zero ODP Medium GWP	No chlorine Zero ODP Near zero GWP
Milestone	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1974 –Molina-Rowland</li> <li>•1987 –Montreal Protocol</li> <li>•1990 –CAA amendments</li> <li>•1996 –total phaseout of CFCs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•2010 –phaseout of HCFC-22 from new equipment</li> <li>•2020 -total phaseout of HCFC-22</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•2014 –F-Gas Europe</li> <li>•2015 –EPA SNAP</li> <li>•2016 –Montreal HFC phasedown (Kigali)</li> <li>•2016 –ECCC Canada</li> </ul>

In den 1990er Jahren wurden Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) als umweltfreundlichere Alternative zu FCKW entwickelt. FKW enthalten kein Chlor und schädigen die Ozonschicht nicht. Sie sind jedoch starke Treibhausgase und tragen zur globalen Erwärmung bei. Heutzutage wird die Verwendung von Kältemitteln mit einem niedrigen Treibhauspotential (GWP) forciert. Das GWP eines Gases wird durch drei Faktoren bestimmt:

1. Der Grad der Absorption von Infrarotstrahlung durch das Gas
2. Wenn ein Gas einen Bereich mit hohen langwelligen Emissionen von der Erde absorbiert, ist dessen GWP höher
3. Je länger das Gas in der Atmosphäre verbleibt, desto größer ist sein GWP

Der 100-Jahres-GWP basiert daher auf der Energie, die ein Gas über einen Zeitraum von 100 Jahren absorbiert.

Treibhausgase sind Gase, von denen bekannt ist, dass sie zur globalen Erwärmung beitragen. Diese Gase können Wärme in der Atmosphäre zurückhalten, was zu einem Anstieg der globalen Temperaturen und zum Klimawandel führt. Zu den häufigsten Treibhausgasen gehören:

- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- Methan (CH<sub>4</sub>)
- Stickstoffdioxid (N<sub>2</sub>O)
- Fluorkohlenwasserstoffe (FKW)
- Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)

### ODP und GWP von Kältemitteln (ODP basierend auf UNEP - 2006, GWP – 100 Jahre)

Type	Name	ODP	GWP	ASHRAE	Efficiency	Note
CFC	R-11	1.00	4750	A1		• Very high ODP & high GWP
	R-12	0.82	10900	A1		• No longer available
HCFC	R-22	0.06	1810	A1		• Medium ODP and medium GWP
	R-124a	0.03	610	A1		• Phasing out via Montreal Protocol
HFC	R-134a	0	1430	A1		• Zero ODP and medium GWP
	R-404A	0	3920	A1		
	R-407C	0	1770	A1		
	R-410A	0	2090	A1		
	R-513A	0	573	A1	-	
	R-515A	0	392	A1	-	
	ARM-42	0	131	A2L	-	
HFO	R-1234ze	0	6	A2L	-	• Zero ODP and near zero GWP • Some higher flammability
	R-1234yf	0	4	A2L	-	
Natural	R-717	0	0	B2L	+	• Efficiency question for HFO (TEWI)
	R-744	0	1	A1	*	
HC	R-290 & R-600a	0	3	A3	+	* Typically complex configuration

Es sind alternative Kältemittel mit einem niedrigeren oder einem GWP nahe Null verfügbar, darunter Kohlenwasserstoffe wie Propan (R-290: wird heute in kleinen bis mittelgroßen Kühlgeräten verwendet) und Isobutan (R-600a: wird heute in leichten gewerblichen Kühlschränken, Gefriergeräten und Getränkeautomaten verwendet), Ammoniak (R-717: wird in industriellen Großkälteanlagen verwendet), Kohlendioxid (R-744: wird im Transportwesen, in der Gewerbe- und Industriekälte und in Supermärkten verwendet) sowie neue Hydrofluorolefin (HFO)-Kältemittel und ihre Gemische wie R-1234yf, das in europäischen Fahrzeugen verwendet wird, und R-1234ze, das in Verkaufsautomaten, Kühlgeräten und luftdichten Kompressoren eingesetzt wird.

Alternative Kältemittel werden aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und ihrer umweltfreundlichen Eigenschaften als zukünftige Alternativen in Betracht gezogen. Zu diesen Eigenschaften

gehören ein Ozonabbaupotenzial (ODP) von Null und ein GWP von nahezu Null. Diese Vorteile werden jedoch dadurch erkauft, dass einige dieser Kältemittel als entflammbar eingestuft sind oder eine erhöhte Toxizität aufweisen. Alternative Kältemittel der neuesten Generation sind zweifellos verfügbar, allerdings bringt jedes von ihnen seine eigenen Sicherheitsbedenken und Umweltprobleme mit sich.

### Entflammbarkeit und Toxizität nach ASHRAE

higher flammability	A3	B3
lower flammability	A2	B2
no flame propagation	A2L	B2L
	A1	B1
	Lower toxicity	Higher toxicity
	Increasing toxicity >>	

Entflammbare Kältemittel wurden in der Regel nicht in Geräten verwendet, da sie potenzielle Sicherheitsrisiken darstellen. Mit der zunehmenden Besorgnis über die globale Erwärmung und den damit verbundenen Änderungen der gesetzlichen Vorschriften steigt die Nachfrage nach dem Verständnis und der Entwicklung von umweltfreundlichen und sicheren Systemen, die brennbare Kältemittel verwenden.

Wie oben beschrieben, haben viele der heute verwendeten Kältemittel ein ODP von 0 und ein GWP zwischen ~400 und ~4000. Aus diesem Grund haben die Wissenschaftler von Laird Thermal Systems eine Initiative zur Entwicklung eines neuen Ansatzes unter Verwendung des Kältemittels R-290 mit einem ODP von 0 und einem GWP von 3 gestartet.

R290 ist ein Kohlenwasserstoff-Kältemittel, das häufig in Klima- und Kälteanlagen eingesetzt wird. Obwohl es bei einem höheren Druck als R600a arbeitet, ist es aufgrund seiner hohen Effizienz und seines geringen Treibhauspotenzials eine beliebte Wahl für größere Systeme (>1 kW). Kühler, die R290 verwenden, benötigen eine Füllmenge von <100 g, was den Transport per Luftfracht ermöglicht, jedoch die Kühlleistung begrenzt. Vergleichbare Kühler mit dem Kältemittel R134a benötigen bis zu fünfmal (500 g) mehr Kältemittel, um eine ähnliche Leistung zu erzielen. R290 ist jedoch brennbar und kann ohne entsprechende Vorsichtsmaßnahmen gefährlich sein. Es ist daher unerlässlich, bei der Verwendung und Wartung von Geräten, die brennbare Kältemittel verwenden, die Anweisungen und Richtlinien des Herstellers zu befolgen.

### Staatliche und umweltrechtliche Vorschriften und ihre Auswirkungen auf Laboratorien

Staatliche und umweltrechtliche Vorschriften spielen eine wichtige Rolle bei der Kaufentscheidung für Laborgeräte, insbesondere im Hinblick auf Kältemittel und Energieeffizienz. Staatliche und umweltrechtliche Vorschriften haben dazu beigetragen, dass viele schädliche Kältemittel durch umweltfreundlichere Alternativen ersetzt wurden.

Eine dieser Verordnungen ist die F-Gas-Verordnung (EU-Verordnung Nr. 517/2014), die sich speziell mit fluorierten Gasen befasst, einschließlich bestimmter Kältemittel, die in Kühlsystemen von Laborgeräten verwendet werden. Die F-Gas-Verordnung legt Grenzwerte für die Herstellung, Verwendung und Handhabung dieser Gase fest, um deren Auswirkungen auf den Klimawandel zu verringern. Sie fördert den schrittweisen Übergang zu Kältemitteln mit einem geringeren Treibhauspotenzial (GWP) und unterstützt die Einführung energieeffizienter Kühltechnologien.

Neben der F-Gas-Verordnung gibt es weitere Kategorien von Vorschriften, die Laborgeräte betreffen:

1. **Umweltvorschriften:** Diese Vorschriften können Grenzwerte für die Arten von Materialien, die für den Bau von Laborgeräten verwendet werden dürfen, sowie für die von den Geräten erzeugten Emissionen und Abfälle festlegen.
2. **Sicherheitsvorschriften:** Laborgeräte müssen bestimmten Sicherheitsnormen entsprechen, damit sie sicher im Labor verwendet werden können. Diese können Anforderungen an die Konstruktion und den Bau der Geräte (z. B. Isolierung der elektrischen Komponenten von brennbaren Kältemitteln im Falle einer Leckage) sowie Kennzeichnungen und Warnschilder umfassen.
3. **Gesundheits- und Hygienevorschriften** Laboreinrichtungen müssen bestimmten Gesundheits- und Hygienevorschriften entsprechen, um Arbeitnehmer und die Öffentlichkeit vor den Risiken mit Gefahrstoffen zu schützen. Diese Vorschriften bestimmen häufig das Design und die Materialanforderungen der Geräte. Vorschriften zur Qualitätssicherung: Laboratorien unterliegen Qualitätssicherungsvorschriften, die auch Anforderungen an die Beschaffung und Wartung von Laborgeräten enthalten können.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sollten Laboratorien verschiedene Zertifizierungen und Normen in Betracht ziehen.

Eine LEED-Zertifizierung zeigt zum Beispiel, dass ein Labor umweltfreundlich ist, und kann auch steuerliche Vorteile mit sich bringen. Die ROHS- und REACH-Zertifizierungen stellen sicher, dass bestimmte Materialien, wie Metalle mit hohem Quecksilber- oder Bleigehalt, nicht in Bauteilen verwendet werden. Die UL-Labornormen gewährleisten, dass die Produkte für die Verwendung durch Labortechniker sicher sind und mit anderen Technologien im Labor elektromagnetisch verträglich sind.

EN 378 ist eine europäische Norm für Kälteanlagen und Wärmepumpen. Sie legt Anforderungen an Design, Konstruktion, Prüfung und Leistung sowie an deren Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz fest. Die Norm deckt ein breites Spektrum von Kälte- und Wärmepumpensystemen ab, einschließlich stationärer und mobiler Systeme, sowie Systeme für den gewerblichen, industriellen und häuslichen Gebrauch. Die EN 378 soll eine gemeinsame Grundlage für die Planung, den Bau und den Betrieb von Kälteanlagen und Wärmepumpen in der Europäischen Union schaffen und als Referenz für die Planung, den Bau, die Prüfung und die Zertifizierung dieser Anlagen dienen.

Darüber hinaus spezifiziert die von internationalen Zulassungsstellen anerkannte IEC/EN 61010-1 die Sicherheitsanforderungen für eine Vielzahl von elektrischen Geräten und deren Zubehör, darunter Prüf- und Messgeräte, industrielle Prozesssteuerungsgeräte und

Laborprodukte.

Die IEC/EN 61010-2-011 legt die besonderen Sicherheitsanforderungen für elektrische Geräte und deren Zubehör fest, wenn diese Geräte Kühlsysteme als integralen Bestandteil oder getrennt von den Geräten enthalten und das Gerät die direkte Kontrolle über das Kühlsystem hat. Dieses Dokument beschreibt sämtliche Anforderungen, die erfüllt werden müssen, wenn bis zu 150 g eines entflammaren Kältemittels pro Stufe einer Kälteanlage verwendet werden.

Umlaufkühler werden jetzt anhand des Energy Efficiency Ratio (EER)-Standards der Internationalen Organisation für Normung (ISO) bewertet, der das Verhältnis zwischen der Kühlleistung des Kühlers und seiner elektrischen Leistungsaufnahme angibt. Kühler mit einem höheren EER-Wert sind energieeffizienter und können dazu beitragen, den Gesamtenergieverbrauch eines Labors zu senken. Der EER-Wert eines Kühlers ist ein entscheidender Faktor bei der Beurteilung, ob das Gerät den gesetzlichen und umwelttechnischen Vorschriften, wie z. B. EN 378, entspricht.

Für Laborleiter ist es wichtig, diese Vorschriften zu kennen und sicherzustellen, dass die angeschafften Geräte den geltenden Normen entsprechen. Die Nichteinhaltung kann zu Bußgeldern, rechtlichen Schritten und einer Rufschädigung des Labors führen.

### **Herausforderungen für alternative Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotential**

Die Kosten und die Leistung von Kältemitteln mit niedrigem GWP spielen eine wichtige Rolle bei der Auswahl einer Kühlerplattform. Die Kosten für Low-GWP-Kältemittel können von mehreren Faktoren beeinflusst werden, darunter die Menge des benötigten Kältemittels, die von der Kühleffizienz abhängt, sowie von der Verfügbarkeit von Rohstoffen, der Produktion, der Herstellung und von Angebot und Nachfrage. Einige Low-GWP-Kältemittel werden aufgrund der Nachfrage immer knapper, was den Preis in die Höhe treibt und es für Unternehmen schwieriger macht, diese Kältemittel zu beschaffen.

Staatliche Vorschriften und Steuern können ebenfalls einen Einfluss auf die Kosten von Low-GWP-Kältemitteln haben. So können Kältemittel mit einem höheren GWP beispielsweise höheren Steuern oder strengeren Vorschriften unterliegen, was ihre Kosten erhöhen kann. Einige Regierungen und Behörden haben die Menge an entflammarem Kältemittel, die in einem einzigen System transportiert werden darf, eingeschränkt, was die Kühlleistung von alternativen Kühlsystemen erheblich beeinträchtigen kann.

### **Kühlerauswahl für nachhaltige Laboratorien**

Bei der Entwicklung von Kühl- und Tiefkühlplattformen ist die Wahl des Kältemittels ein Schlüsselfaktor, der die Architektur und die Anforderungen an die Wartung bestimmt. In nachhaltigen Laboratorien muss die Auswahl eines Kühlers mit einem Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotential eine vorrangige Überlegung sein.

Im Bereich der alternativen Kältemittel mit niedrigem GWP arbeitet Laird Thermal Systems am häufigsten mit R290 und R600a. Da beide brennbar sind, müssen Systeme mit weniger als 100 g Kältemittel konzipiert werden. Aufgrund seiner thermischen Eigenschaften ist die Kühlleistung von R600a bei einer derart geringen Füllmenge begrenzt, es funktioniert jedoch bei niedrigeren Drücken. Daher ist R600a das Kältemittel der Wahl für Anwendungen, die weniger als 1 kW Kühlleistung benötigen. Für Anwendungen, die eine Kühlleistung von mehr als 1 kW



erfordern, integriert Laird Thermal Systems die notwendigen Konstruktionsmerkmale, um höhere Drücke zu bewältigen und die höheren thermischen Fähigkeiten von R290 zu nutzen.

### Weitere zu berücksichtigende Faktoren:

#### Dimensionierung eines Kühlers –

Die richtige Dimensionierung eines Umlaufkühlers ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass das Gerät in der Lage ist, den Bereich oder Prozess, für den es bestimmt ist, effektiv zu kühlen und gleichzeitig energie- und kosteneffizient zu sein. Der erste Schritt zur richtigen Dimensionierung eines Kühlers ist die Bestimmung der Kühllast des Bereichs oder Prozesses, den der Kühler bedienen soll. Die Kühllast (oft in Kilowatt gemessen) ist die Wärmemenge, die aus dem Bereich oder Prozess abgeführt werden muss, um eine gewünschte Temperatur beizubehalten. Diese Last kann mit Hilfe verschiedener Methoden berechnet werden, z. B. durch manuelle Berechnungen oder mit einer Computersimulations- und Spezifikationssoftware wie dem [Thermal Wizard](#) von Laird Thermal Systems.

Nachdem die Kühllast bestimmt wurde, müssen bei der Auswahl eines Kühlers, der die angegebene Kühllast erfüllen kann, mehrere Faktoren berücksichtigt werden:

- Art des Kühlers (luft- oder wassergekühlt)
- Art des verwendeten Kältemittels
- die erforderliche elektrische Leistungsaufnahme
- Druck und Fördermenge der Pumpe
- Systemwirkungsgrad

Bei der Verwendung eines luftgekühlten Kühlers ist es zudem wichtig, die Konstruktion der Anlage zu berücksichtigen, in die der Kühler installiert werden soll, und ob andere Geräte durch die Wärmeabgabe des Systems beeinträchtigt werden könnten.

Hocheffiziente Kühler sind umweltfreundlicher, da sie die Energiekosten und die am Aufstellungsort abgegebene Wärmemenge erheblich senken und so die Belastung des HLK-Systems eines Gebäudes verringern. Kühler mit drehzahlgeregelten Kompressoren und Ventilatoren können den Energieverbrauch um fast 50 % senken. Es ist wichtig, einen Kühler auszuwählen, der die Standards für den Energieeffizienzgrad (EER), drehzahlgeregelte Motoren, Kältemittelwartung und Systemdesignmerkmale erfüllt, um eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten.

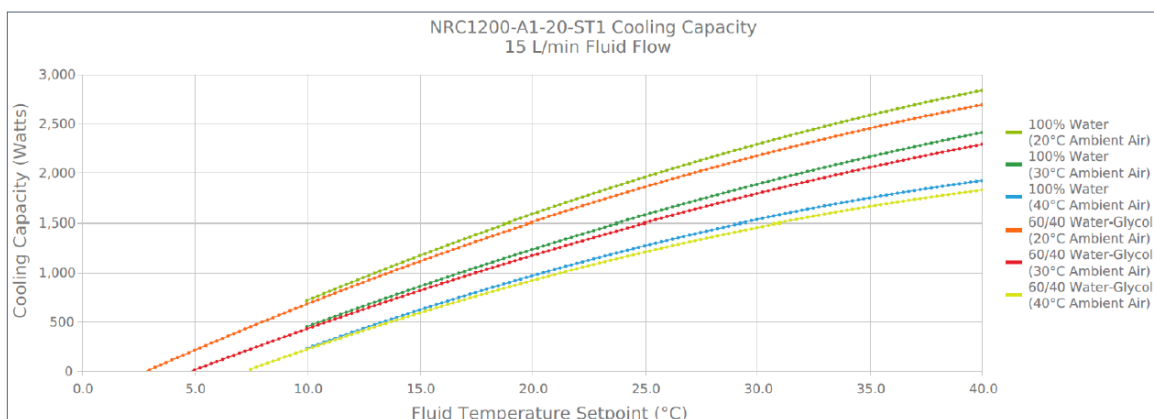


Zu guter Letzt ist es wichtig, den Wartungsbedarf des Kühlers und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen zu berücksichtigen. Der Kühler muss einfach zu warten und zu reparieren sein, um die Ausfallzeiten zu minimieren und einen reibungslosen und effizienten Betrieb zu gewährleisten.

## Leistungskurven

Die Leistung eines Kühlers wird häufig durch eine Reihe von Leistungskurven beschrieben, die zeigen, wie sich der Kühler unter verschiedenen Bedingungen verhält. Durch das Verständnis dieser Leistungskurven kann der Anwender besser entscheiden, welches Produkt für seine Anwendung am besten geeignet ist.

## Understanding Chiller Performance Curves



- Chiller performance...
  - Decreases with decreasing setpoint – result of capacity within evaporator
  - Decreases with increasing ambient temperature – result of capacity within condenser
- Type of fluid has small impact on performance

Eine wichtige Leistungskurve für **einen Kühler ist die Kühlleistungskurve**. Diese Kurve zeigt, wie sich die Kühlleistung des Kühlers in Abhängigkeit vom Kühlmittelsollwert und der Umgebungstemperatur verändert.

Bei einem luftgekühlten Kühler ist die Kühlleistung die Wärmemenge, die der Kühler von der Umlaufflüssigkeit durch das Kältesystem in die Luft am Aufstellort übertragen kann. Die Kenntnis der erforderlichen Kühlleistung in Bezug auf den Sollwert und die Lufttemperatur am Aufstellort ist entscheidend.

Eine weitere Leistungskurve für einen Kühler ist die **Pumpenleistungskurve**. Geräte, die gekühlt werden müssen, haben einen internen Wärmetauscher, der für den Betrieb mit einer bestimmten Temperatur und Durchflussmenge des Kühlmittels ausgelegt ist. Da Druck und Durchflussmenge eng miteinander verbunden sind, kann anhand der Daten in diesem Diagramm eine Pumpe ausgewählt werden, die einen ausreichenden Durchfluss zu diesem internen Wärmetauscher gewährleistet und einen ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage

sicherstellt.

Eine dritte wichtige Leistungskurve für **einen Kühler ist die EER-Kurve**. Diese Kurve zeigt, wie sich der Wirkungsgrad der Kältemaschine in Abhängigkeit von der Temperatur des Kältemittels ändert. Der EER-Wert ist ein einheitenloses Verhältnis (Watt/Watt) zwischen der Kühlleistung des Kühlers und der elektrischen Leistungsaufnahme. Bei Kühlern mit eintourigem Motor steigt der EER-Wert mit zunehmender Kühlleistung des Kühlers. Beispielsweise hat ein 2 kW-Kühler einen höheren COP-Wert als ein 5 kW-Kühler, der eine 1,5 kW-Anwendung kühlt.

Um die Leistungskurven von Kühlern zu verstehen, müssen darüber hinaus die Bedingungen, unter denen der Kühler arbeitet, ermittelt werden. Die Leistung des Kühlers variiert in Abhängigkeit von Bedingungen wie beispielsweise:

- der Last des Kühlers (d. h. die erforderliche Kühlleistung) dem Sollwert des aus dem Kühler austretenden Kühlmittels
- der Umgebungstemperatur am Aufstellort
- dem erforderliche Druck und Durchfluss des Kühlmittels, das für die Anlage benötigt wird

Durch die Überprüfung und Analyse der Leistungskurven kann der Anwender erkennen, wo ein Kühler effizient arbeitet und wo er möglicherweise Probleme auftreten, um die Betriebsbedingungen anzupassen und die Gesamtleistung zu verbessern.

### Zusätzliche Überlegungen

Neben der Energieeffizienz ist es auch wichtig, den gewünschten Temperaturbereich und die Temperaturstabilität sowie den spezifischen Kühlbedarf der verwendeten Geräte oder Prozesse zu berücksichtigen. Dies hilft bei der Bestimmung der erforderlichen Größe und Leistung des Umlaufkühlers. Der Kühler sollte für den Bedarf des Labors angemessen dimensioniert sein, da ein unterdimensionierter Kühler den Kühlbedarf nicht decken kann, während ein überdimensionierter Kühler weniger energieeffizient ist und höhere Betriebskosten verursacht. Die Verringerung des Betriebsgeräusches und der Wärmeabgabe an die Laborumgebung trägt ebenfalls zur Umweltfreundlichkeit eines Kühlers bei.

### Schlussfolgerung

Kühlgeräte sind in vielen Laboratorien unverzichtbar. Sie dienen u. a. dem Wärmemanagement von Elektronik, der präzisen Temperaturkontrolle für Inkubation und Zellwachstum sowie der Aufrechterhaltung von Reaktionstemperaturen. Der Kundenstamm für diese Art von Geräten ist breit gefächert und umfasst Branchen wie Chemie, Biologie, Medizin, Öl und Gas sowie Lebensmittelwissenschaften. Die Entwicklung neuer Kältemittel ist durch eine Reihe technologischer Fortschritte und eine Verlagerung hin zu umweltfreundlicheren Optionen gekennzeichnet. Mit zunehmender Besorgnis über den Klimawandel werden in Zukunft weitere Entwicklungen in der Kältemitteltechnologie erforderlich sein. Bei der Auswahl eines Umlaufkühlers ist es wichtig, die Optionen sorgfältig abzuwägen und ein System zu wählen, das den Anforderungen des Labors entspricht und gleichzeitig die einschlägigen staatlichen und umweltrechtlichen Vorschriften einhält sowie die globalen Auswirkungen berücksichtigt.

## Über Laird Thermal Systems

Laird Thermal Systems entwickelt Wärmemanagementlösungen für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Medizin, Industrie, Transport und Telekommunikation. Wir produzieren eine der vielfältigsten Produktpaletten der Branche, die von aktiven thermoelektrischen Kühlern und Baugruppen bis hin zu Temperaturreglern und Flüssigkeitskühlsystemen reicht. Unsere Ingenieure und Techniker setzen fortschrittliche thermische Modellierungs- und Managementtechniken ein, um komplexe Wärme- und Temperatursteuerungsprobleme zu lösen. Wir bieten ein breites Spektrum an Design-, Prototyping- und in-House-Testmöglichkeiten an und arbeiten während des gesamten Produktentwicklungszyklus eng mit unseren Kunden zusammen, um Risiken zu reduzieren und die Markteinführung zu beschleunigen. Unsere weltweiten Fertigungs- und Supportressourcen unterstützen unsere Kunden bei der Maximierung von Produktivität, Betriebszeit, Leistung und Produktqualität. Laird Thermal Systems ist die optimale Wahl für Standard- oder kundenspezifische thermische Lösungen. Erfahren Sie mehr unter [www.lairdthermal.com](http://www.lairdthermal.com).

## Laird Thermal Systems kontaktieren

Sie haben eine Frage oder benötigen weitere Informationen über Laird Thermal Systems? Bitte kontaktieren Sie uns über unsere Website [www.lairdthermal.com](http://www.lairdthermal.com).

### Marken

© Copyright 2023 Laird Thermal Systems, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Laird™, das Laird Ring Logo und Laird Thermal Systems™ sind Marken oder eingetragene Marken von Laird Limited oder seinen Tochtergesellschaften.