

## Kühlung von Geräten für die medizinische Röntgenbildgebung

Laird Thermal Systems Applikationshinweis

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>Die Anwendung im Überblick.....</b>	<b>3</b>
<b>Thermische Herausforderungen .....</b>	<b>4</b>
<b>Flüssigkeitskühlsysteme .....</b>	<b>5</b>
<b>System-Flussdiagramm.....</b>	<b>5</b>
<b>Kundenspezifische Lösungen von Laird Thermal Systems.....</b>	<b>6</b>
<b>Flüssigkeitskühlsystempumpe .....</b>	<b>7</b>
<b>Fazit.....</b>	<b>8</b>
<b>About Laird Thermal Systems .....</b>	<b>8</b>
<b>Contact Laird Thermal Systems .....</b>	<b>8</b>

## Einleitung

Geräte für die medizinische Röntgenbildgebung sollen Aufnahmen aus dem Körper eines Patienten aufnehmen und sind wichtige Erkennungsgeräte. Geräte für die medizinische Röntgenbildgebung können für das Erkennen und Diagnostizieren eines breiten Spektrums an Verletzungen und Krankheiten eingesetzt werden. Beim Röntgenbildgebungsverfahren wird ein Röntgenstrahl durch einen Patienten auf einen Aufzeichnungsträger gestrahlt. Die Erzeugung und Abstrahlung eines Röntgenstrahls ist sehr ineffizient und erzeugt eine große Menge an Abwärme. Die Wärmelast kann bis zu 5 kW betragen. Stabile Temperaturen in medizinischen Bildgebungssystemen sind entscheidend, um die Bildgebungsqualität zu verbessern, die Systemzuverlässigkeit zu erhöhen und die Geräteverfügbarkeit zu maximieren. Mit einer erhöhten Wärmepumpleistung bei geringerem Energieverbrauch sind die Anforderungen medizinischer Bildgebungssysteme gegenläufig. Daher sind hier Flüssigkühlsysteme häufig die bevorzugte Wahl zur Fortleitung von Wärme von der Röntgenröhre, um die Erzeugung hochwertiger Bilder zu gewährleisten. Wärmemanagementsysteme mit Flüssigkeitskühlung bieten höhere Wirkungsgrade als solche mit luftbasierter Wärmeübertragung. Das bedeutet höhere Zuverlässigkeit, weniger Wartung vor Ort, höhere Systemverfügbarkeit und geringere Gesamtkosten für Anschaffung und Betrieb.

## Die Anwendung im Überblick

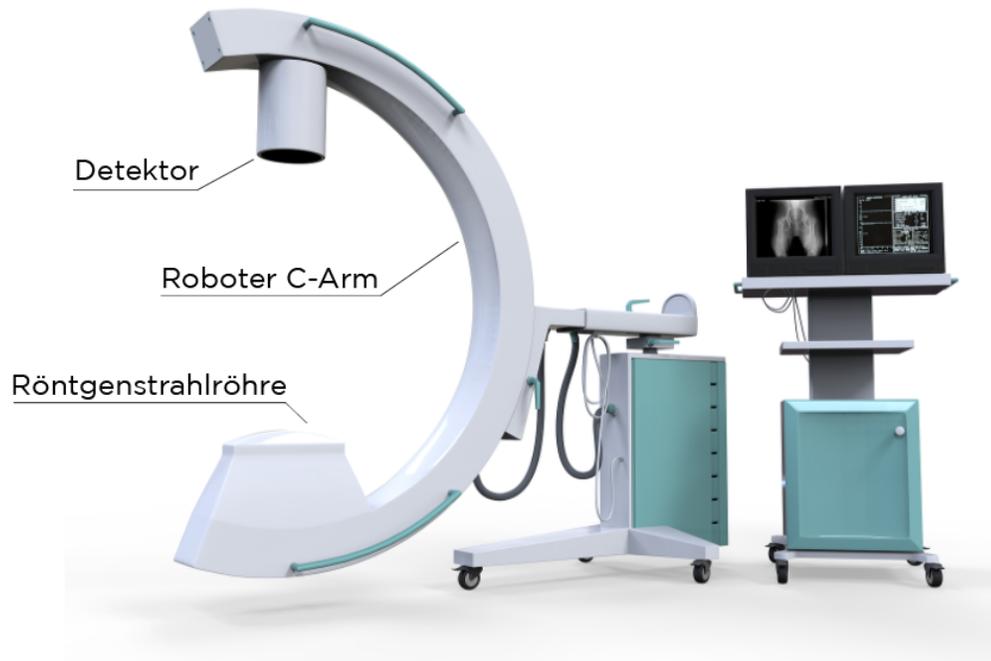
Einfach gesagt, enthalten medizinische Röntgensysteme einen Röntgenerators, eine Röntgenröhre und -gantry sowie einen Aufzeichnungsträger. Zur Erzeugung eines Röntgenstrahls befindet sich ein Elektrodenpaar aus Anode und Kathode in einer Elektronenröhre, die normalerweise aus Glas besteht. Die Kathode ist gewöhnlicherweise eine Glühwendel, während die Anode ein Teller aus Wolfram ist.

Bei computertomographischen (CT) Röntgensystemen rotieren während der Untersuchung die Röhre und der Detektor um den Körper. Bei der Flachbilddetektor Methode muss der CT-Scanner viele Scans vom Körper machen, welche dann Schicht für Schicht zusammengefügt werden, um eine 3D-Abbildung zu erstellen.



*Beim CT-Scanner rotieren während der Untersuchung sowohl die Röhre als auch der Scanner um den Körper.*

Beim häufig als Interventionelle Radiologie bezeichneten Verfahren erzeugen C-Bogen-Röntengeräte ein durchgängiges Echtzeit-Röntgenbild der Bewegung eines Körperteils, Instruments oder Kontrastmittels. C-Bogen-Röntgenapparate nutzen eine Bildverstärkungstechnologie, die eine im Vergleich zu den Flachbilddetektoren in CT-Scannern überlegene Bildgebungsqualität liefert. Dank der Bildverstärkungstechnologie können C-Bogen-Röntengeräte für die Bildgebung bei chirurgischen, orthopädischen und notfallambulanten Eingriffen eingesetzt werden. Verglichen mit CT-Scannern benötigen C-Bogen Röntengeräte deutlich weniger Platz im sowieso schon dicht gedrängten OP.



*Wichtigste Komponenten eines C-Bogen-Röntgengerätes*

### Thermische Herausforderungen

Die Hersteller von medizinischen Röntgengeräten stehen vor der Herausforderung, neue Designs mit höherer Scan-Geschwindigkeit bei gleichzeitig verbesserter Bildqualität zu entwickeln. Viele Hersteller arbeiten an einem Gerätedesign, das ganze Organe in 4D scannen kann. Dies kann nur erreicht werden, indem das thermische Rauschen im System reduziert wird, um die Bildqualität zu verbessern. Nur ein kleiner Teil der vom System erzeugten Energie wird als Röntgenstrahlung abgegeben, der Rest als Wärme. Röntgensysteme haben eine Wärmelast von 1 kW bis ~ 5 kW, die effektiv abgeführt werden muss.

Temperaturschwankungen beeinflussen nicht nur die Bildauflösung, sondern auch den Langzeitbetrieb der Schlüsselkomponenten. Die Röntgenröhre, insbesondere die Anode, muss gekühlt werden, um eine optimale Röntgenleistung und eine lange Lebensdauer zu erreichen.

Am anderen Ende des Röntgengenerators muss auch der Detektor gekühlt werden. Kühlsysteme erfordern normalerweise eine geringe Wärmelast von < 300 Watt, müssen aber eine genaue Temperaturregelung der Röntgendetektoren ermöglichen, um die Bildauflösung zu verbessern.

Der Trend zur Verkleinerung von Röntgengeräten und zur Erhöhung der Leistungsdichte geht weiter, da die Produktformfaktoren immer kleiner werden. Einfache Wärmemanagementlösungen, wie das Hinzufügen von Lüftern oder Kühlkörpern, reichen in der Regel nicht mehr aus, um die geforderten Leistungs- und Zuverlässigkeitsspezifikationen zu erfüllen. Um die geforderte Kühlleistung in kompakteren Bauformen zu erreichen, müssen Kühlsysteme einen hohen Leistungskoeffizienten (COP) aufweisen. Die Abwärme muss kontinuierlich und effizient abgeführt werden, um die Leistung zu erhöhen und gleichzeitig den Energieverbrauch und das Betriebsgeräusch zu senken. Ein geräuscharmer Betrieb ist erforderlich, um den Patienten während des Röntgenbildgebungsverfahrens nicht zu stören.

Um die Auslegung der Flüssigkeitskühlung weiter zu erschweren, werden in den Röntgengeräten Gantrys (Abtasteinheiten) eingesetzt, die die wärmeempfindlichen Bauteile enthalten.

Diese Gantrys drehen sich sehr schnell, während das Röntgengerät Aufnahmen vom Patienten macht. Die Gantrysysteme und die darin enthaltene Elektronik sind enormen Drehgeschwindigkeiten und Beschleunigungskräften bzw. G-Kräften ausgesetzt. Flüssigkeitspumpen müssen in der Lage sein, den Druck und einen konstanten Flüssigkeitsstrom unter der hohen Belastung dieser hohen G-Kräfte aufrechtzuerhalten. Die Pumpe ist eine der wichtigsten Komponenten in einem Flüssigkeitskühlsystem. Pumpen sind ständig in Betrieb, sobald das System eingeschaltet wird, und haben in der Regel die kürzeste Zeit zwischen zwei Ausfällen (MTBF) aller Komponenten aufgrund von Reibverschleiß an Lagern, Pumpenschaukeln und Dichtungen. Eine falsch ausgewählte Pumpe würde vorzeitig ausfallen und das Flüssigkeitskühlsystem und damit das zu kühlende Gerät unbrauchbar machen. Dies kann ein Problem bei teuren medizinischen Röntgengeräten darstellen, wo Ausfallzeiten nicht nur einen erheblichen Ertragsverlust bedeuten, sondern auch über Leben und Tod des Patienten entscheiden können.

### Flüssigkeitskühlsysteme

Flüssigkeitskühlsysteme bieten eine optimale Temperaturstabilisierung und präzise Temperaturregelung. Sie sind in sich geschlossene Einheiten, die ein Kühlmittel im Kreislauf pumpen, bis eine definierte Solltemperatur erreicht ist. Flüssigkeitskühlsysteme sind in der Lage, einen Großteil der von medizinischen Röntgengeräten erzeugten Wärme abzuführen. Flüssigkeitskühlsysteme bieten viele Vorteile gegenüber herkömmlichen luftgekühlten Systemen. Flüssigkeitskühlsysteme haben eine höhere Wärmepumpkapazität, können die Wärme effektiver von der Quelle ableiten, haben kürzere Abkühlzeiten und sind wesentlich leiser. Neben der höheren Effizienz bieten Flüssigkeitskühlsysteme einen zuverlässigeren Betrieb und benötigen weniger Wartung.

Je nach Art des medizinischen Scanners können zwei verschiedene Arten von Flüssigkeitskühlsystemen eingesetzt werden:

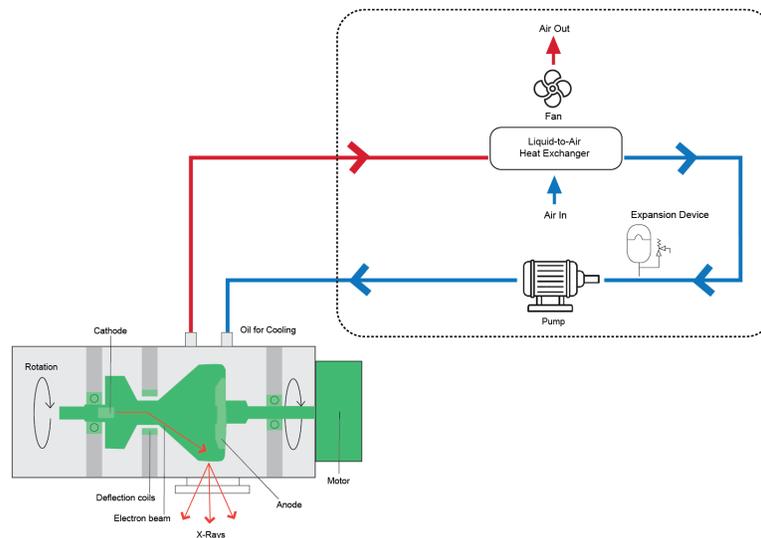
- **Flüssigkeits-/Luft-Wärmetauscher:** Eine Hochdruckpumpe pumpt die Kühlflüssigkeit um, während ein Luft-Wärmetauscher die Wärme aus dem Flüssigkeitskreislauf entnimmt und über Ventilatoren an die Umgebungsluft abgibt.
- **Flüssig/Flüssig-Konfiguration:** Eine Pumpe pumpt die Kühlflüssigkeit um. Wasser mit Umgebungstemperatur wird in einem Flüssigkeitswärmetauscher verwendet, um die Wärme von der heißen Seite abzuführen. Diese Systeme können so ausgelegt werden, dass je nach Temperaturbedingungen entweder Wasser oder Öl als Kühlmedium verwendet werden kann.

Medizinische Röntgensysteme können zwei verschiedene Arten von Röntgenröhren nutzen, was sich auf die Art des Kühlmittels im Flüssigkeitskühlsystem auswirkt. Bei zweipoligen Röhren ist die die Anode umgebende Kühlflüssigkeit in Kontakt mit dem elektrischen Potenzial, daher muss es eine elektrisch nichtleitende Flüssigkeit wie Öl sein. Bei einer einpoligen Röhre ist die Anodenseite geerdet und es gibt kein elektrisches Potenzial, also kann ein wasserbasiertes Kühlmittel genutzt werden, häufig eine Mischung aus Wasser und Glykol. Einpolige Röntgenröhren sind in industriellen Anwendungen gängig.

Allen Arten von Flüssigkeitskühlsystemen können bei Bedarf zusätzlich mit präziser Temperaturregelung, veränderlicher Kühlmitteldurchflussrate, Kühlmitteln mit Korrosionshemmstoffen oder Kühlmittelfiltration ausgestattet werden. Oft ist die Temperaturregelung mehrerer Flüssigkeitskreisläufe erforderlich, ebenso wie eine hohe Betriebstemperatur. So wie bei den meisten Gantry Systemen könnte die Regelung über mehrere Druckabfalleinstellungen notwendig sein, um sowohl Nieder- als auch Hochdruckbedingungen abzudecken.

## System-Flussdiagramm

Flüssigkeitskühlsysteme können eine große Menge der vom Röntgenapparat erzeugten Wärmemengen ableiten. Ein Flüssig-Wärmetauschersystem kühlt das Kühlmittel in einem Flüssigkeitskreislauf mittels Flüssig/Luft-Wärmetauscher. Das System besteht aus einer Pumpe, die das Kühlmittel zirkuliert, und einen Flüssigkeitskreis für den Transfer des Kühlmediums von der Wärmequelle zum Flüssigkeitskühlsystem. Das Expansionsgerät ermöglicht die vollständige Trennung des Kühlkreises von der Umgebung und kompensiert die Wärmeausdehnung der Flüssigkeit über deren gesamten Betriebstemperaturbereich.



**Flüssigkeitsstrom in einem typischen Kühlsystem für medizinische Röntgenapparate**

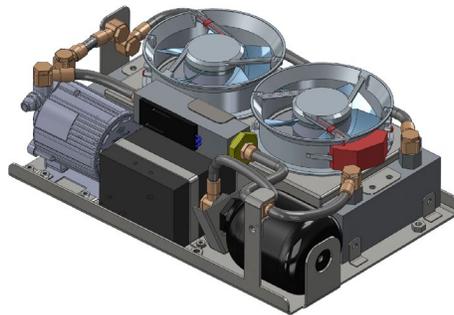
## Kundenspezifische Lösungen von Laird Thermal Systems

Diese Effizienz optimiert die Wärmeübertragung von wärmeempfindlichen Komponenten an die Umgebung.

Ein Flüssigkeitskühlsystem bietet nicht nur einen höheren Wirkungsgrad als ein Luftkühler, sondern auch eine schnellere Kühlung, einen leiseren Betrieb, eine höhere Zuverlässigkeit und eine höhere Verfügbarkeit. Im Vergleich zu herkömmlichen Luft-Wärmetauschern bieten Flüssigkeitskühlsysteme eine bis zu fünfmal höhere Kühlleistung pro Quadratmeter. Die Flüssigkeitskühlsysteme von Laird Thermal Systems nutzen hochwärmeleitfähige Kühlmittel, um große Wärmemengen im Kilowattbereich bei schneller Abkühlung abzuführen.

Da medizinische Röntgengeräte viele einzigartige Anforderungen an die Kühlung stellen, ist häufig ein spezielles Flüssigkeitskühlsystem erforderlich, um Leistung und Lebensdauer zu optimieren. Die Art des verwendeten Kühlmittels hängt von der gewünschten Kontrolltemperatur ab. Laird Thermal Systems verfügt über die notwendige Erfahrung, um Kühlsysteme zu entwerfen, die mit Wasser, Wasserglykol, nichtleitendem Öl oder verschiedenen Korrosionsinhibitoren kompatibel sind. Flüssigkeitskühlsysteme können auch sehr komplex sein und erfordern die Temperaturregelung mehrerer Flüssigkeitskreisläufe oder mehrere Druckabfall-Einstellungen, um Nieder- und Hochdruckbedingungen gerecht zu werden. Von einfachen Kühlsystemen bis hin zu komplexen, präzise temperaturgesteuerten Systemen mit mehreren Kühlkreisläufen oder Druckabfallregelungen bietet Laird Thermal Systems dynamische Lösungen für die Anforderungen medizinischer Röntgenanwendungen. LTS bietet Entwicklungsdienstleistungen mit globaler Präsenz an, die Konzeption, thermische Modellierung,

mechanisches und elektrisches Design sowie Rapid Prototyping vor Ort unterstützen. Das Unternehmen bietet auch Validierungstests an, um die einzigartigen Qualitätsstandards der medizinischen Industrie zu erfüllen.



*Aufgrund der vielen einzigartigen Herausforderungen bei der Kühlung von medizinischen Röntengeräten kann ein maßgeschneidertes Kühlsystem die beste Lösung sein.*

### **Pumpe für Flüssigkeitskühlsysteme**

Laird Thermal Systems hat eine Schraubenspindelpumpe mit einfachem Aufbau entwickelt, die sich ideal für Anwendungen eignet, die starken Vibrationen und hohen G-Kräften ausgesetzt sind, wie z. B. ein rotierendes Röntgengerät. Im Vergleich zu Zentrifugalpumpen bieten Schraubenspindelpumpen für Flüssigkeitskühlsysteme eine höhere Zuverlässigkeit, Leistung und Effizienz. Das von einer Schraubenspindelpumpe geförderte Medium bewegt sich nicht radial, sondern linear. Die Rotoren funktionieren wie endlose Hubkolben, die sich kontinuierlich vorwärts bewegen. Die Strömung durch eine Schraubenspindel erfolgt axial in Richtung des Antriebsrotors. Das einströmende hydraulische Kühlmittel, das die Spindeln umgibt, wird während der Drehung der Spindeln eingeschlossen. Das Kühlmittel wird mit der Rotation der Spindeln gleichmäßig entlang der Achse gefördert und am anderen Ende wieder ausgestoßen. Das Ergebnis ist ein geringerer Energieverbrauch, ein höherer Wirkungsgrad und eine kleinere Motorgröße. Außerdem kann die Spindelpumpe höher viskose Medien fördern, ohne dass die Förderleistung beeinträchtigt wird. Druckschwankungen haben nur einen geringen Einfluss auf Schraubenspindelpumpen. Schraubenspindelpumpen sind in der Lage, einen konstanten Förderstrom und Druck aufrechtzuerhalten, selbst wenn sie hohen G-Kräften ausgesetzt sind, was für die Leistung rotierender Geräte, wie z. B. eines CT-Gantry-Systems, von entscheidender Bedeutung ist.

Da es keinen Metall-auf-Metall-Kontakt zwischen den sich bewegenden Bauteilen gibt, ist die Langlebigkeit quasi eingebaut. Verschleiß und Abrieb durch Reibung, die zu Kavitation führen können, werden vermieden. Der flexible mechanische Aufbau ermöglicht den Einsatz kleinerer Siebe mit größerer Maschenweite, was wiederum die Wartungsintervalle verlängert und die Anschaffungs- und Betriebskosten senkt. Der Verzicht auf Metall-auf-Metall-Kontakte verhindert auch bei hohen Durchflussraten Pulsationen und macht das Aggregat im Betrieb sehr leise. Das Endergebnis ist ein ruhiger und leiser Betrieb auch bei hohen Drehzahlen und hohen Drücken.

Weitere Informationen zur Schraubenspindelpumpentechnologie von Laird finden Sie unter <https://www.lairdthermal.com/resources/application-notes/spindle-screw-pump-technology-medical-cooling>.

## Fazit

Das Wärmemanagement von medizinischen Röntgensystemen ist aufgrund der drehenden Gantry, zunehmenden Leistungsdichte und abnehmenden Abmessungen ein schwieriges Unterfangen. Die Wärme muss schnell und effizient von den temperaturempfindlichen Komponenten im Gantry-System weggeleitet werden, um eine hochqualitative Bildgebung zu gewährleisten, die das Entdecken und Diagnostizieren von Verletzungen und Krankheiten ermöglicht. Die kundenspezifischen Flüssigkeitskühlsysteme von Laird Thermal Systems vereinen hohe Wärmepumpleistung und überlegene Wärmeleitung mit verringertem Energieverbrauch, geräuscharmen Betrieb und weniger Platzbedarf im Vergleich zu konkurrierenden Technologien. Dank Laird Thermal Systems' eigener Schraubenspindelpumpen-Technologie wirken sich Druckschwankungen kaum auf die Leistung des Flüssigkeitskühlsystems aus, da die Pumpe höher viskose Medien ohne Verluste beim Durchfluss problemlos fördern kann.

## Über Laird Thermal Systems

Laird Thermal Systems entwickelt Wärmemanagementlösungen für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Medizin, Industrie, Transport und Telekommunikation. Wir stellen eines der vielfältigsten Produktportfolios der Branche her, das von aktiven thermoelektrischen Kühlern und Baugruppen bis hin zu Temperaturreglern und Flüssigkeitskühlsystemen reicht. Unsere Ingenieure nutzen fortschrittliche thermische Modellierungs- und Managementtechniken, um komplexe Wärme- und Temperatursteuerungsprobleme zu lösen. Wir bieten ein breites Spektrum an Design-, Prototyping- und internen Testmöglichkeiten 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 helfen unseren Kunden, Produktivität, Betriebszeit, Leistung und Produktqualität zu maximieren. Laird Thermal Systems ist die optimale Wahl für standardmäßige oder kundenspezifische thermische Lösungen. Weitere Informationen finden Sie unter [www.lairdthermal.com](http://www.lairdthermal.com).

## Kontakt zu Laird Thermal Systems

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

Custom-Liquid-Cooling-Systems-for-Medical-X-Ray-Cooling-Application-Note-031323

### Trademarks

© 2023 All rights reserved. Laird, Laird Technologies and the respective logos are trademarks owned by Laird PLC and/or Laird Technologies Inc., either directly or indirectly through one or more subsidiaries. Other products, logos, and company names mentioned herein, may be trademarks of their respective owners.