

## Wie Aktivkühlung mit Lüftern die Performance der KI in Medizingeräten sichert



Die medizinische Bild Diagnostik befindet sich seit einigen Jahren in einem tiefgreifenden technologischen Wandel. Verfahren wie Röntgen, Computertomografie (CT), Magnetresonanztomografie (MRT), Ultraschall oder digitale Pathologie erzeugen heute enorme Datenmengen. Parallel dazu haben sich KI-gestützte Bildanalyseverfahren, insbesondere auf Basis von Deep Learning und neuronalen Netzen, als leistungsfähige Werkzeuge etabliert. Sie unterstützen Radiologen und Fachärzte bei der Detektion, Klassifikation und Quantifizierung pathologischer Befunde und tragen zu höherer Diagnosesicherheit, Effizienz und Reproduzierbarkeit bei.

Diese Leistungsfähigkeit hat jedoch eine physikalische Kehrseite: Die dafür eingesetzten Hochleistungsprozessoren erzeugen erhebliche Verlustwärme. Eine zuverlässige, leise und langfristig verfügbare Kühlung ist daher ein zentraler Erfolgsfaktor bei der Entwicklung moderner medizintechnischer Geräte.

### Kühlung von Hotspots

**Aktiv anstatt passiv:** Der kritische Punkt bei der Kühlung von KI-Modulen liegt im Chip selbst. Auf wenigen Quadratzentimetern Siliziumfläche erreicht die Leistungsdichte solcher Hochleistungsprozessoren sehr hohe Werte. Dies führt zu lokal begrenzten Hot Spots, die deutlich über 80 °C erreichen können. Ohne gezielte Kühlmaßnahmen wird die Leistungsfähigkeit des Chips sofort gedrosselt, die KI-Inferenzzeiten werden instabil, und die thermischen Spezifikationen des Bauteils werden überschritten.

Während passive Kühlkörper bei geringer Leistungsdichte ausreichend sein können, stoßen sie bei KI-Chips schnell an ihre Grenzen. Aktivkühlkonzepte, bestehend aus Kühlkörper und integriertem oder aufgesetztem Lüfter, wie z. B. der HZ30B von Sepa Europe (Bild 1), ermöglichen eine signifikant höhere Wärmeabfuhr bei gleichzeitig kompakter Bauweise.

Durch die gezielte Luftführung direkt über die thermisch kritischen Bereiche, wird der Wärmeabtransport deutlich verbessert. Die erzwungene Konvektion sorgt für einen effizienteren Wärmeübergang als bei rein passiven Kühlkonzepten. Zusätzlich lässt sich die Kühlleistung über eine Drehzahlregelung flexibel an die aktuelle thermische Last anpassen, wodurch sich sowohl Geräuschentwicklung als auch Energieverbrauch optimieren lassen.



Bild 1: Aktivkühler HZ30B von Sepa Europe

SEPA EUROPE GmbH  
[www.sepa-europe.com](http://www.sepa-europe.com)

## Auswahl und Auslegung von Aktivkühlern

Die Auslegung des Kühlkonzepts muss integraler Bestandteil der Geräteentwicklung sein. Entwickler sollten dabei systematisch vorgehen und folgende Punkte berücksichtigen:

### 1. Thermische Verlustleistung:

Ermittlung der maximalen und typischen Verlustleistung der zu kühlenden Komponente unter realistischen Betriebsbedingungen.

### 2. Zulässige Chiptemperatur:

Berücksichtigung der maximal erlaubten Junction-Temperatur sowie sicherer thermischer Reserven.

### 3. Wärmeübergangskette:

Analyse aller thermischen Widerstände vom Chip über das Package, das Interface-Material, den Kühlkörper bis zur Umgebungsluft.

### 4. Bauraum und Luftführung:

Verfügbare Bauhöhe, Luftkanäle, Ein- und Austrittsöffnungen sowie mögliche Strömungshindernisse im Gehäuse.

### 5. Umgebungsbedingungen:

Umgebungstemperatur, Höhenlage, Verschmutzung, Dauerbetrieb.

### 6. Akustische Anforderungen:

Zielwerte für Schalldruckpegel.

### 7. Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit:

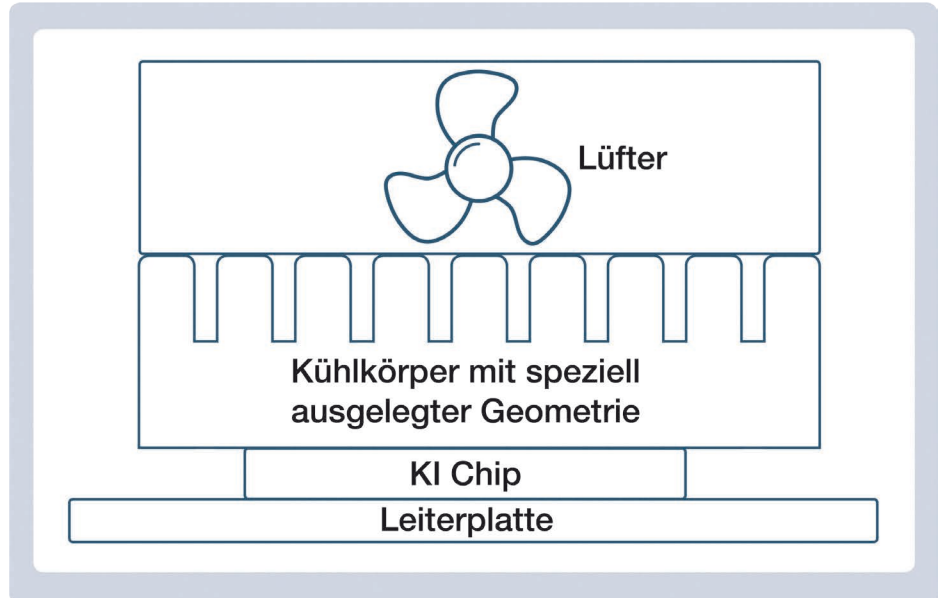
MTBF-Werte, Lagertechnologie, Langzeitverfügbarkeit des Lüfters.

Simulationen (CFD), Prototypenmessungen und Worst-Case-Analysen sind unerlässlich, um ein belastbares Kühlkonzept zu entwickeln.

## Kühlkonzept frühzeitig festlegen

**und spätere Änderungen vermeiden:** Die Festlegung des Kühlkonzepts sollte sehr früh im Entwicklungsprozess erfolgen. Nachträgliche Änderungen an der Kühlung sind in der Medizintechnik besonders problematisch, da sie häufig folgende Konsequenzen haben:

- mechanische Anpassungen am Gehäuse
- Änderungen an Luftführung und EMV-Konzept
- erneute Validierungen und Zulassungsprüfungen
- verlängerte Entwicklungszeiten
- deutlich erhöhte Kosten



**Bild 2: Kühlaufbau**

Ein frühzeitig abgestimmtes Kühlkonzept reduziert Risiken, beschleunigt die Markteinführung und erhöht die Zuverlässigkeit des Endprodukts.

## Der reale Kühlaufbau

Der Lüfter sitzt direkt auf oder in dem Kühlkörper, der mechanisch und thermisch mit dem KI-Chip verbunden ist. Der Kühlaufbau sieht typischerweise so aus, wie in Bild 2 gezeigt.

## Aktivkühlung ist unverzichtbar

Ein häufiger Entwicklungsfehler besteht darin, anzunehmen, dass ein einfacher Gehäuselüfter ausreicht, um die Hochleistungschips in KI-Modulen zuverlässig zu kühlen. In der Praxis funktioniert dieses Vorgehen nicht, da die Luft immer den Weg des geringsten Widerstands nimmt und nicht gezielt über den kritischen Hot Spot strömt, der sich direkt unterhalb des Kühlkörpers befindet. Ohne einen direkten Luftstrom über die Kühlrippen verbleibt die Wärme im Kühlkörper, der Chip kann lokal weiterhin überhitzen und seine maximale Leistung nicht erreichen. Aus diesem Grund ist ein Aktivkühler, der direkt auf dem Chip sitzt und die Wärme gezielt abführt, zwingend erforderlich.

## Typische Randbedingungen im Medizingerät

In einem Medizingerät wirken zusätzlich zu den hohen thermischen Lasten eine Reihe spezifischer Randbedingungen, die die Auswahl und Auslegung der Kühlung maßgeblich beeinflussen. Der verfügbare Bauraum ist in der Regel sehr begrenzt, weshalb flache Kühlkörper und kompakte Lüfter eingesetzt werden müssen. Gleichzeitig entstehen hohe Strömungswiderstände durch enge Gehäuse, Filterelemente oder EMV-Abschirmungen, die die Luftführung erschweren.

Ein leiser Betrieb ist ebenfalls essenziell, sodass hohe Dauerdrehzahlen vermieden werden müssen. Hinzu kommen Anforderungen an die Zuverlässigkeit: Die Lüfter müssen für einen Dauerbetrieb rund um die Uhr geeignet sein, langlebige Lager haben und durch stabile Regelungen unterstützt werden. Schließlich ist die Langzeitverfügbarkeit entscheidend, damit identische Lüfter über viele Jahre eingesetzt werden können.

Diese Randbedingungen bestimmen unmittelbar die Wahl des Lüfertyps (Axial- oder Radiallüfter), die Lagertechnologie, das Regelkonzept sowie die Geometrie des Kühlkörpers. ◀



## Über Sepa Europe

Sepa Europe entwickelt individuelle Kühllösungen für die Elektronikbranche und steht seit 35 Jahren für Qualität, Innovation und Kundennähe. Ob in der Automatisierungstechnik, der Automobilindustrie oder der Medizintechnik, Lüfter von Sepa Europe kommen überall dort zum Einsatz, wo elektronische Komponenten überhitzen. Das breite Sortiment an Lüftern und Zubehör ermöglicht es, passgenaue Produkte mit kurzen Lieferzeiten bereitzustellen.