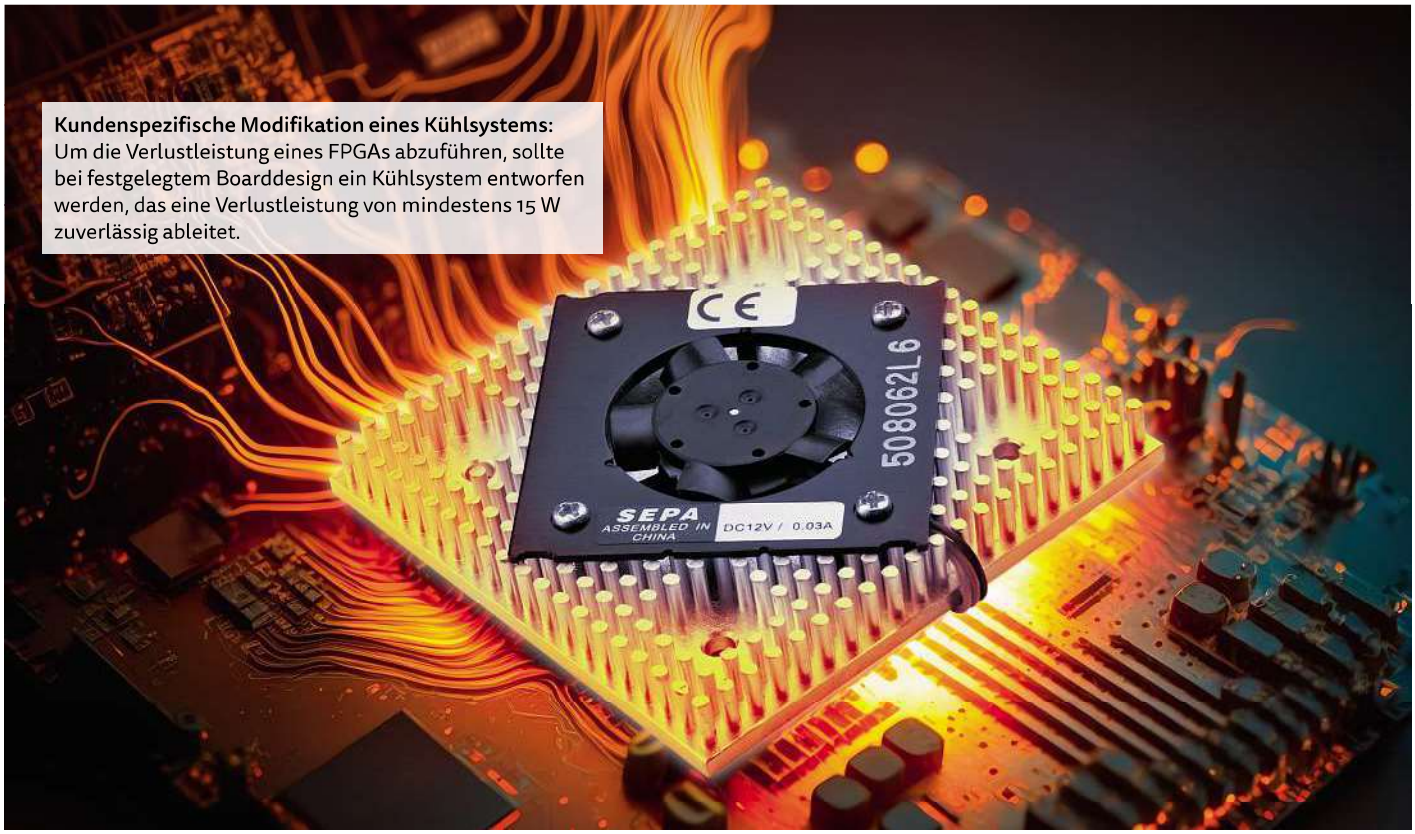


Kundenspezifische Modifikation eines Kühlsystems: Um die Verlustleistung eines FPGAs abzuführen, sollte bei festgelegtem Boarddesign ein Kühlsystem entworfen werden, das eine Verlustleistung von mindestens 15 W zuverlässig ableitet.

Bild: © Klemenso - stock.adobe.com / Sepa [M]

ENTWÄRMUNG

Auslegung eines Aktivkühlers bei festgelegtem Boarddesign

Sepa Europe musste in einem Kundenprojekt die Aufgabe lösen, die Verlustleistung eines FPGAs abzuführen. Bei festgelegtem Boarddesign sollte ein Kühlsystem entworfen werden, das eine Verlustleistung von wenigstens 15 W zuverlässig ableiten kann. Ein Blick auf das Konzept.



Bild: © Sepa

VERFASST VON
Stephan Bachmann
Vertriebsleiter
Sepa Europe

Der Kühlmanagement-Experte Sepa Europe wurde mit einem Projekt eines Kunden konfrontiert, bei dem auf einer bildverarbeitenden PCI-Express-Karte ein FPGA wirksam gekühlt werden musste.

Es handelte sich dabei um die Weiterentwicklung eines laufenden Projekts, bei dem das FPGA und das gesamte Boarddesign unverändert bleiben sollte, jedoch die Taktfrequenz gesteigert werden musste. Als Folge dessen stieg die Verlustleistung des Bausteins von bisher circa 7 auf 15 W.

Wie ging der Wärmemanagement-Spezialist diese Aufgabe an? Vor der eigentlichen Optimierung mussten zunächst technische Zeichnungen und Rahmenbedingungen eingeholt werden, die zu einer Anpassung des bestehenden Wärmemanagements genutzt werden konnten. Im Vorfeld wurden bereits Tests mit dem bestehenden Kühlkonzept durchgeführt.

Es war jedoch schnell klar, dass der bestehende Ansatz nicht zu einer zufriedenstellenden Lösung führen kann. Um an dem bisherigen Konzept festzuhalten, hätte der Kühlkörper deutlich vergrößert werden müssen. Das verbieten allerdings die Rahmenbedingungen hinsichtlich der PCI-Express-Standards in Bezug auf Abmessungen und Mindestabstände. Damit war schnell klar, dass ein Anblasen des Kühlkörpers unabdingbar ist.

Erste Tests mit provisorischen Laboraufbauten zeigten eine deutliche Reduktion der Chiptemperatur schon bei moderaten Strömungsgeschwindigkeiten unter 3 m/s. Da-

zu wurde ein Axiallüfter in der Größe 40 mm × 40 mm × 10 mm mit Blasrichtung Kühlkörper befestigt.

Kühlkörper: seitlich angeflanscht oder versenkt

Da wegen des gegebenen Boardlayouts exakt festgelegte Maße eingehalten werden mussten, kam ein aufgesetzter Axiallüfter nicht in Frage (Bild 1). Andere Möglichkeiten mussten getestet werden. Letztlich blieben hier nur zwei Ansätze offen:

- Die seitliche Anordnung eines Radiallüfters in superflacher Bauweise.
- Das Versenken eines rahmenlosen Lüfters im Kühlkörper.

Im vorliegenden Fall war für die seitliche Positionierung des Radiallüfters kein Platz vorhanden. Die Lösung war, den rahmenlosen Lüfter im Kühlkörper zu versenken. So musste nicht komplett neu konstruiert werden, sondern bestehende Artikel konnten verwendet und entsprechend adaptiert werden.

Neukonstruktion des Kühlkörpers und Simulation

Bei dem bestehenden Aktivkühler HFB44B wurde der Aluminium-Kühlkörper neu konstruiert und ausgetauscht

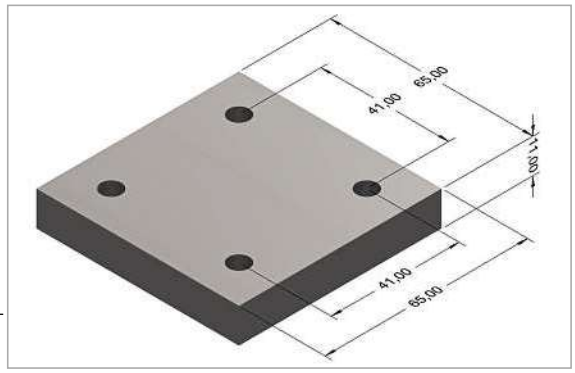


Bild: Sepa

Bild 1:
Bei der Bauraumvorgabe des Kunden mussten exakt festgelegte Maße eingehalten werden, da das Bordlayout nicht verändert werden durfte.

(Bild 2). Stiftkühlkörper eigenen sich gut für dieses Fallbeispiel, da sie in nahezu jeder Form herstellbar sind. Durch das verwendete Reinaluminium besitzen sie eine hohe Wärmeleitfähigkeit und erreichen bei entsprechender Anströmung hervorragende Wärmewiderstände.

Bei vorgegebenen Bohrungen für die Befestigung auf der Leiterplatte ergibt sich unter Berücksichtigung aller Restriktionen folgendes neues Kühlkörperdesign mit und ohne Lüfter (Bild 3 und 4).

Im Vorfeld wurde ermittelt, welchen Wärmewiderstand der Aktivkühlkörper haben sollte, damit das Gesamtsys-

CODICO®

GOODSKYs GQ
Hochleistungsrelais

- High-End-Miniaturisierung bis zu 20A
- Kostenoptimierung durch reduzierten Silber- und Kupfereinsatz
- Platzsparendes und flexibles Design durch Dual-Footprint
- Tape- and Reel für automatisierte Bestückung
- Varianten mit bis zu 105°C Umgebungstemperatur verfügbar



©AdobeStock/lenblr

Kontakt: +43 1 86 305–0 | office@codico.com | www.codico.com/shop

Bild 2:
Bei der Neukonstruktion des Kühlkörpers wurden Stiftkühlkörper aus Reinstaluminium verwendet.



Bild: Sepa

Bild 3:
Neues Kühlkörper-Design ohne Lüfter.

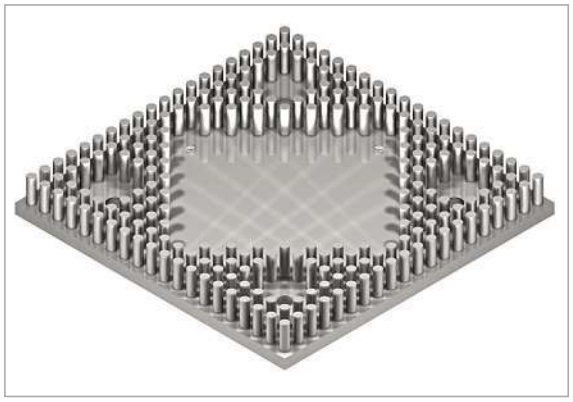


Bild: Sepa

Bild 4:
Neues Kühlkörper-Design mit Lüfter.

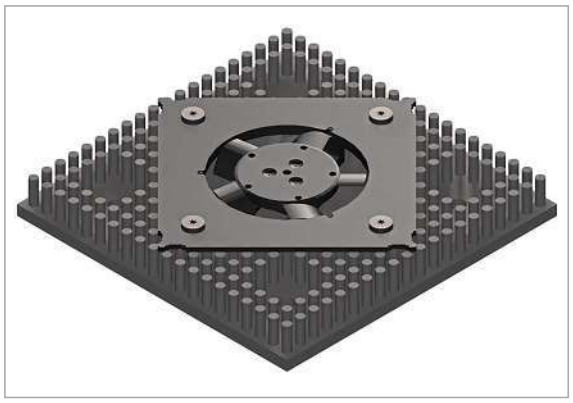


Bild: Sepa

Bild 5:
CFD-Simulation der thermischen Verhältnisse im Kühlkörper.

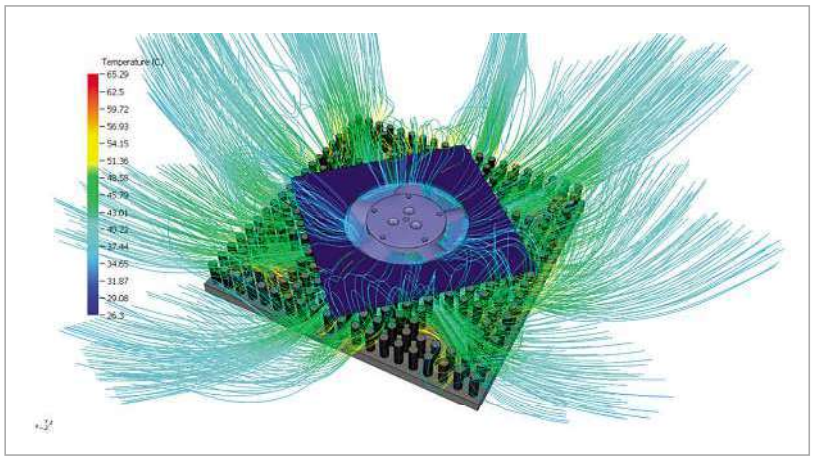


Bild: Sepa

tem trotz Wärmewiderstand des Interfacematerials und einer Sicherheit von 10 K noch zuverlässig unter der maximal erlaubten Chipgehäusetemperatur bleibt. Die maximale Chipgehäusetemperatur war mit einer Temperatur von 85° C vorgegeben.

Daraus folgt bei maximaler Umgebungstemperatur von 40°C ein $\Delta T = 45$ K für das Gesamtsystem. Abzüglich 10 K Sicherheit, abzüglich 0,4 K/W für das Interfacematerial ergibt sich ein Wärmewiderstan des Aktivkühlkörpers $R_{th\ Aktivkühlkörper}$ von 1,93 K/W.

Eine CFD Analyse des Aktivkühlkörpers sollte im Vorfeld Aufschluss über die Erfolgsaussichten der Kühllösung geben. Das 3D-Modell des gesamten Aktivkühlkörpers wurde unter Rahmenbedingungen simuliert, die später auch im Labor leicht nachzustellen waren.

Bei einer Umgebungstemperatur von 26 °C ergab die Analyse eine maximale Chipgehäusetemperatur von 60 °C und somit einen thermischen Gesamtwiderstand von 2,27 K/W. Abzüglich der 0,4 K/W für das Interface-Material liegt der theoretische Wert für den Wärmewiderstand des Gesamtkühlkörpers bei 1,87 K/W und somit unterhalb des errechneten Wertes. Das stellt eine Übererfüllung der geforderten Kühlleistung dar. Bild 5 und 6 visualisieren die Ergebnisse der Simulation.

Experimentelle Überprüfung des Kühlkörper-Designs

Für die experimentelle Ermittlung des Wärmewiderstands für Kühlkörper, gleich ob aktiv oder passiv, existiert im Moment keine geltende Norm, welche den Prüfaufbau oder die Rahmenbedingungen beschreibt. Die Prüfung erfolgte mittels einer Heizplatte aus Kupfer, in die ein Thermoelement eingelassen ist.

Die Temperatur im Inneren der Kupferplatte steht stellvertretend für die Verhältnisse im Inneren des FPGAs. Erhitzt wurde die Kupferplatte durch einen thermisch angekoppelten und isolierten Transistor in TO220-Bauweise. Durch eine strombegrenzte Ansteuerung des Transistors können ca. 15-W-Verlustleistung in thermische Energie umgewandelt werden (Bild 7).

Nach dem Ankoppeln der Kupferplatte an die Unterseite des Aktivkühlkörpers stellte sich bereits nach einigen Minuten ein Gleichgewicht aus elektrisch eingekoppelter thermischer Energie und abgeführter thermischer Energie in Form von erwärmter Luft ein. Die Luftfeuchtigkeit wurde bei diesem Experiment vernachlässigt. Im vorliegenden Fall ergab sich im experimentellen Aufbau bei einer Umgebungstemperatur von 26° C eine Temperaturdifferenz ΔT von 34,5 K.

Damit lag der ermittelte Wärmewiderstand bei 2,3 K/W inklusive Interface-Material und somit sehr nahe am simulierten Wert von 2,27 K/W. Beide Werte lagen im errechneten Soll und bestätigten die Funktionsfähigkeit der Entwärmung.

Fazit: Es muss nicht immer eine Neukonstruktion sein

Obwohl die konstruktiven Rahmenbedingen sehr beschränkt waren, konnte der Wärmemanagement-Spezialist die Kundenanforderung geschickt umsetzen. In diesem Fall war es nicht möglich den Kühlkörper einfach zu vergrößern oder einen Lüfter auf den Kühlkörper zu setzen. Erst als ein rahmenloser Lüfter in einen neu konstruierten Stiftkühlkörper versenkt wurde, konnte die von

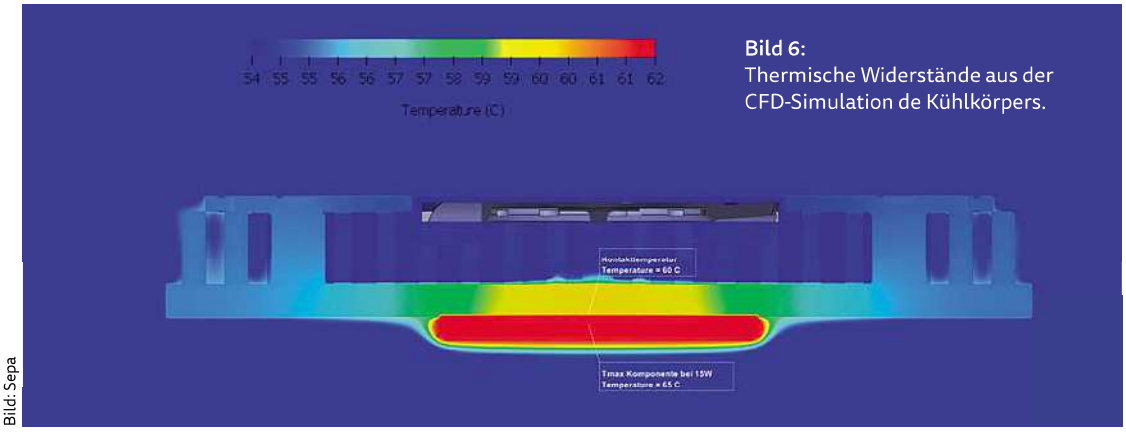


Bild: Sepa

Bild 6:
Thermische Widerstände aus der CFD-Simulation de Kühlkörpers.

Bild 7:
Explosionszeichnung des Versuchsaufbaus zur experimentellen Überprüfung des Designs.

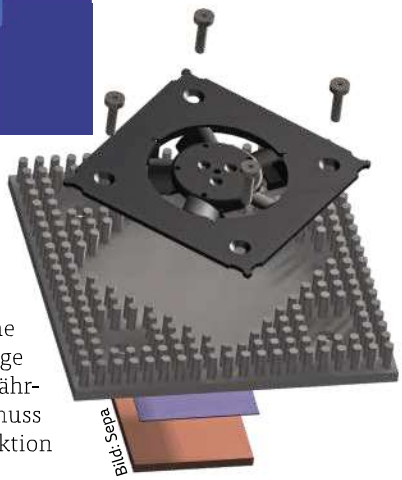


Bild: Sepa

rund 7 auf 15 W gestiegene Verlustleistung des FPGAs sicher abgeführt werden.

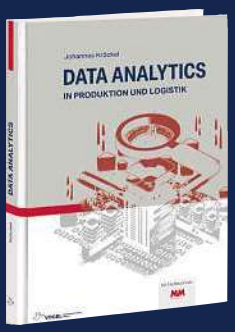
Entscheidend war dabei das systematische Zusammenspiel aus Berechnung, Simulation und Experiment. Der rechnerisch geforderte Wärmewiderstand von 1,93 K/W wurde sowohl in der CFD-Analyse (1,87 K/W theoretisch) als auch in der experimentellen Überprüfung (2,3 K/W inklusive Interface-Material) bestätigt. Dass Simulationswert und Messwert mit 2,27 K/W bzw. 2,3 K/W nahezu deckungsgleich sind, unterstreicht die Belastbarkeit der gewählten Methodik und die Verlässlichkeit der Auslegung.

Für Entwickler bedeutet das, dass eine gute thermische Lösung durch die richtige Auslegung und durch das Anpassen bewährter Komponenten entstehen kann. Es muss nicht immer eine teure Neukonstruktion sein. *(kr)*

Top-Lektüre zur Digitalisierung: Retrofit, Datenanalyse & Sensortechnik



Fritz/Strauß/Rathfelder/Bülau/Gaida
Digitaler Retrofit von Maschinen und Produktionsanlagen
1. Auflage 2022, 172 Seiten
ISBN: 978-3-8343-3481-7
59,80 EUR



Johannes Kröckel
Data Analytics in Produktion und Logistik
1. Auflage 2019, 206 Seiten
ISBN: 978-3-8343-3419-0
49,80 EUR



Edmund Schiessle
Industriesensorik Sensortechnik und Messwertaufnahme
2. Auflage 2016, 632 Seiten
ISBN: 978-3-8343-3341-4
49,80 EUR

14720

Jetzt bestellen!

Weitere Informationen und versandkostenfreie Lieferung unter
www.vogel-professional-education.de/digitalisierung

Ein Angebot von VOGEL PROFESSIONAL EDUCATION