

Kühlung für die AUGMENTED REALITY

Bei der Auslegung von Lasereinheiten seiner automotive Augmented-Reality-Systeme setzt das junge Unternehmen WayRay auf Simulation mittels CFD. Hier die Ergebnisse. > von Maksim Aleksandrow und Samyra Agiel



Augmented Reality: WayRay entwickelt Systeme, die virtuelle Informationen auf die Frontscheibe von Autos projizieren.
Bilder: WayRay

WayRay mit Hauptsitz in der Schweiz entwickelt Hardware und Software für komplexe Anwendungen der Augmented Reality (AR). Besonderes Highlight ist die Entwicklung des ersten holographischen AR-Navigationssystems für Autos. Seit seiner Gründung im Jahr 2012 hat das Unternehmen ein eigenes Forschungs- und Entwicklungszentrum, eine Prototyping-Fabrik und ein internationales Team von Fachleuten aufgebaut.

Damit deckt das junge Unternehmen inzwischen den gesamten Forschungs- und Entwicklungsprozess ab – vom Produktkonzept bis zum Test der Prototypen. WayRay ist heute als Vollzyklus-Hersteller holographischer optischer Systeme, Hardware und Software am Markt. In dieser Funktion hat die Firma bereits erfolgreiche Projekte mit OEMs durchgeführt und sich in der

globalen Automobilindustrie als Entwickler und Anbieter von holographischen AR-Technologien etabliert.

Der Laser will gekühlt sein

Eine der Hauptkomponenten der von WayRay entwickelten holographischen AR-Navigationssysteme ist eine Lasereinheit inklusive eines Laserkühlsystems. Denn um ein hochwertiges virtuelles Bild auf die Straße zu projizieren, müssen die Dioden der Lasereinheit eine konstante Temperatur haben. Der Entwurfsprozess für das Kühlsystem umfasst die Auswahl von thermoelektrischen Elementen, Wärmerohren und Lüftern sowie die gasdynamische Berechnung der Wärme- und Stoffübertragungsprozesse.

Um die Temperatur stabil zu halten, verwendet der Entwickler Peltierelemente mit Stromregelung. Die Laserdioden dabei

sind auf die kalte Seite des Peltier-Elements montiert, dessen Temperatur gleichbleibt. Die Temperatur der heißen Seite des thermoelektrischen Elements variiert und hängt von der Umgebungstemperatur, der Wärmeableitung der Laserdiodenkristalle, der Durchflussmenge und Geschwindigkeit der Kühlluft sowie weiteren Parametern ab.

Peltierelemente als Wärmepumpen

Die Peltier-Elemente funktionieren im Wesentlichen als „Wärmepumpen“: Die von der heißen Seite erzeugte Wärme übersteigt die von der kalten Seite des Peltier-Elements erzeugte Wärmemenge, die sich aus dem Widerstand der Halbleiter-Thermoelemente ergibt, wenn ein konstanter elektrischer Strom fließt.

Die Peltierelemente werden mit einem niedrig schmelzenden Lot mit einem

Schmelzpunkt von 138 Grad Celsius zusammgefügt. Daher wird im Falle einer Überhitzung das Element (einschließlich des teuren Lasers) unbrauchbar, weil die Lötverbindung der Thermoelemente zerstört wird.

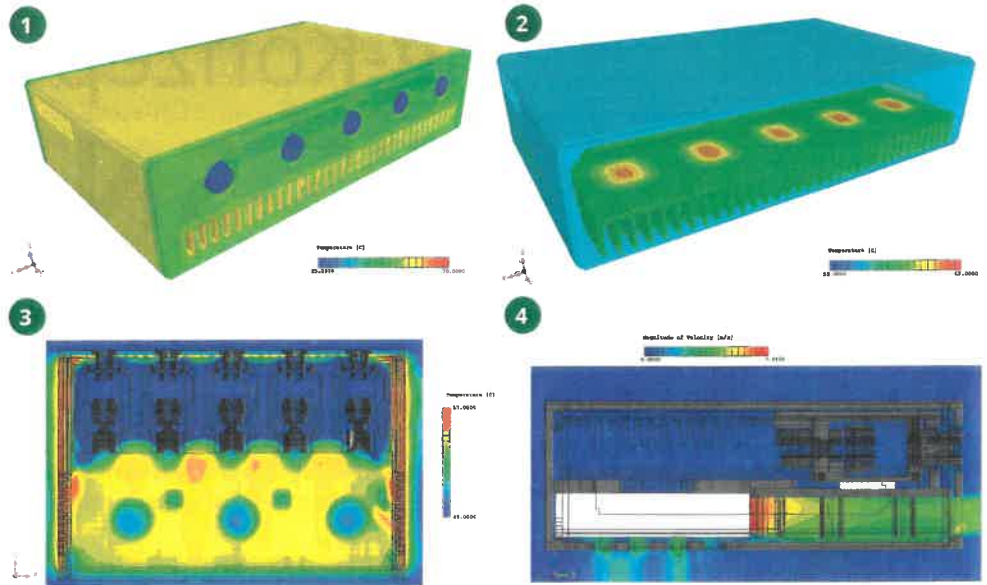
Aus diesem Grund müssen die Lasereinheiten über ein ausreichend leistungsstarkes und komplexes Kühlsystem verfügen, das aus Kühlrippen, Lüftern und Wärmerohren besteht und die Wärme von den Peltierelementen abführen und zerstreuen kann.

Die Berechnung

Die Berechnung solcher Kühlsysteme ist mit herkömmlichen, analytischen Berechnungsmethoden nicht möglich. Daher entschieden sich die Spezialisten im Forschungs- und Entwicklungszentrum von WayRay, das Problem mit Computational Fluid Dynamics (CFD) basierend auf der Finite-Volumen-Methode mithilfe der Software scStream von Cradle (ein Tochterunternehmen von MSC Software) zu lösen.

Diese Art der Analyse ermöglicht die Abschätzung der Temperaturverteilung zwischen den Komponenten der Lasereinheit, der Temperaturfelder und der Geschwindigkeit der Kühlluft. Sie bestimmt auch die thermoelektrischen Parameter (Temperatur der heißen und kalten Seite, Stromstärke, Druck, Wärmeableitung) der Peltierelemente und die maximal zulässige Umgebungstemperatur, die eine stabile Funktion der Peltierelemente gewährleistet.

Die CFD-Analyse mit scStream ermöglicht es WayRay, den Entwurfs- und Prototyping-Prozess zu verkürzen. Die Ingenieure können jetzt Konstruktionsvariationen visualisieren und simulieren, die zuvor für physikalische Messungen und Auswertungen nicht verfügbar waren.



Die Ergebnisse der thermodynamischen Berechnungen des Laser-Blocks. (1) und (2) Temperatur der Komponenten (3) Lufttemperatur (4) Luftgeschwindigkeit.

Die CFD-Funktionen von scStream bieten ein konzeptionelles Design- und Engineering-Analysesystem, mit dem die WayRay-Spezialisten parametrische Designvariationsstudien schnell durchführen können. Durch Variation der Wärmeableitung der Kristalle, Materialeigenschaften, Lüftergeschwindigkeit, Rippengrößen und anderer Parameter ist es möglich, eine Vielzahl von Design-Optionen zu vergleichen was den Zeit- und Geldaufwand für die Vorbereitung und das Debugging eines physischen Modells in mehreren Iterationen erheblich reduziert.

Darüber hinaus lassen sich mit diesen Berechnungsexperimenten Sensitivitäten ermitteln, die helfen, zu verstehen, welche geometrischen Parameter oder Materialeigenschaften großen Einfluss auf die Designziele haben.

Netz aus 24 Millionen Elementen

Das Berechnungsnetz, das aus 24 Millionen Elementen besteht, wurde in Bereichen mit signifikanter Temperaturänderung (wo sich die Laserdiodenkristalle befinden) fein abgestimmt. Dieses hochaufgelöste Raster ist für genauere Approximationen der Strukturelemente und deren Abstände notwendig.

Trotz der großen Anzahl von Netzelementen betrug die Zeit für eine stationäre Berechnung nur 2 Stunden. Zum Vergleich dauerte eine ähnliche Berech-

nung mit einem unstrukturierten Netz 18 Stunden. Der Berechnungsfehler im Vergleich zu den experimentellen Ergebnissen betrug weniger als 3 Prozent.

Basierend auf den Simulationsergebnissen wurden die Wärmelast und die Effizienz des Kühlsystems bewertet. Die optimale Anordnung von Lüftern, Peltierelementen und Rippen für Temperaturverteilung und Luftströme wurde ermittelt; und Stauzonen und lokalisierte Hitzetaschen wurden eliminiert.

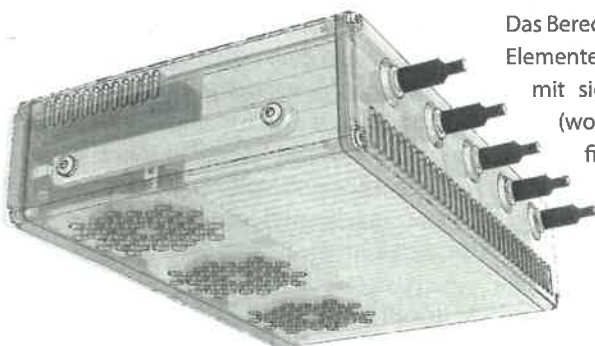
Evaluert wurden die maximale Umgebungstemperatur, bei der die stabile Funktion von Peltierelementen gewährleistet war, sowie die Temperatur der Laserdioden und der gesamte Betrieb des Laserkühlsystems.

Ausblick

In Zukunft möchte das WayRay-Team in eine umfassendere Betrachtung auch Strukturlasten in die Berechnung einbeziehen. Dazu wollen die Ingenieure die Temperaturverteilungen exportieren und mittels Festigkeits- und Strukturanalyse-Tools beispielsweise Ausdehnungen und Spannungen berechnen. Sie planen auch thermische Berechnungen der optischen Systeme durchzuführen. Hierfür kann die CFD-Software von Cradle Linsenreflexion und Refraktion aufgrund von Wärmestrahlung berücksichtigen. JBI ◀

Maksim Aleksandrow, PhD, ist CAE-Ingenieur bei WayRay.

Samyra Agiel ist verantwortlich für das Marketing DACH bei MSC Software in München.



Modell der Lasereinheit eines von WayRay entwickelten holographischen Navigationssystems für einen japanischen Autohersteller.