

Unsicherheitsanalyse eines Wärmetauschers anhand der UMEA-Methodik

Bei der Entwicklung von technischen Produkten treten Unsicherheiten entlang der Prozesskette im gesamten Bereich von Produktion bis Nutzung auf. Auch bei der Entwicklung von Wärmetauschern müssen bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung Unsicherheiten in Prozessen erkannt werden, die häufig bei der Produktion entstehen und sich auf die spätere Nutzung auswirken. Um Unsicherheiten systematisch zu erfassen und deren Auswirkungen nach Risiko zu bewerten, wurde im Sonderforschungsbereich 805 die „Uncertainty Mode and Effects Analysis“ (UMEA) entwickelt und bei der Firma Behr GmbH & Co. KG angewendet. Behr hat das Ziel, die Robustheit der Herstellprozesse in neuen Produktentwicklungen vorhersagen zu können. Am Beispiel der Kühlmittelkasten/Boden-Verbindung von Heizkörpern (Bild 1) soll deshalb das Potenzial der UMEA untersucht und bewertet werden.

Untersuchter Wärmetauscher

Der Heizkörper im Klimagerät stellt im Fahrzeug die Erwärmung der Fahrerkabine sicher (Bild 1). Vom Motorkühlmittelkreislauf kommend strömt heißes Kühlmittel über den Stutzen in den Kühlmittelkasten ein und wird über die gesamte Heizkörperbreite auf die einzelnen Flachrohre verteilt. Eine Trennwand im Kühlmittelkasten teilt den Kühlmittelstrom in zwei Pfade auf. Das Kühlmittel durchströmt die 1. Flachrohrkammer, wird im unteren Kühlmittelkasten umgelenkt, strömt über die 2. Rohrkammer wieder in den oberen Kühlmittelkasten zurück und tritt über den Auslassstutzen aus dem Heizkörper wieder aus. Auf der Außenseite des Heizkörpers strömt kalte Luft über die Wellrippen, nimmt dabei Wärme des Kühlmittels auf und strömt in die Fahrerkabine ein.

Die Einzelteile des Heizkörpers bestehen aus einer Aluminiumlegierung und werden durch ein Hartlötverfahren stoffschlüssig miteinander verbunden. Sowohl Boden als auch Kühlmittelkasten sind wannenförmig ausgeführt und werden durch einen Stanzprozess hergestellt. Das für die Verlötlung erforderliche Lot ist dabei bereits beim Walzen der Bänder aufgebracht. Zusätzlich ist auf den Einzelteilen Flussmittel erforderlich, welches die Alumi-

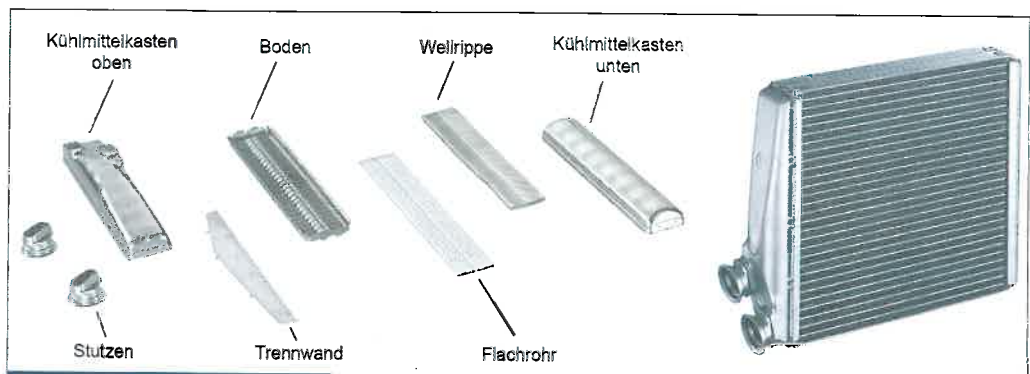


Bild 1

Heizkörper und Einzelteile

niumpoxidschicht bei der Verlötlung aufricht.

Eine prozesssichere Verlötlung der Einzelteile ist vom Spaltmaß ($\leq 0,15$ mm), der Löttemperatur und -zeit sowie der Ofenatmosphäre abhängig. Aufgrund der notwendigen Prozessfenster beim Lötprozess ergeben sich hohe Anforderungen an die Präzision und Reproduzierbarkeit der Einzelteile und deren Montage.

UMEA-Methodik

Das Vorgehen in der UMEA ist angelehnt an den Risikomanagementprozess in der Betriebswirtschaftslehre und verwendet dabei Modelle und Methoden, die überwiegend im Bereich der Technik eingesetzt werden können. Die UMEA ist in fünf Schritte unterteilt, wobei jeder Schritt durch Modelle und Methoden, sowohl

quantitative als auch qualitative, unterstützt wird (Bild 2). Hierbei sollen die qualitativen Methoden vor allem in den ersten Schritten der Produktentwicklung Anwendung finden, solange die Anforderungen und Eigenschaften an das Produkt noch nicht vollständig bestimmt sind. Eine exakte Analyse, die genaue Optimierungspotenziale aufzeigt, kann anschließend mithilfe quantitativer Methoden anhand statistischer Werte erfolgen. Die Methodik ist in die Schritte Umfeld- und Zielanalyse, Identifikation von Unsicherheiten und ihren Ursachen, Ermittlung von Unsicherheitsauswirkungen, Beurteilung der Unsicherheiten und Entscheiden unterteilt.

Im ersten Schritt der UMEA, der Umfeld- und Zielanalyse, findet eine umfassende und systematische Untersuchung möglicher Unsicherheiten statt. Hierzu ist

Autoren / Ansprechpartner

Prof. Dr. h.c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Roland Engelhardt
Institut für Produktentwicklung und Maschinenelemente
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstr. 4
64289 Darmstadt
Tel.: 0 61 51/16-51 55
E-Mail: engelhardt@pmd.tu-darmstadt.de
www.tu-darmstadt.de

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Kästle
Behr GmbH & Co. KG
Product Division Air Conditioning,
Advanced Engineering
Mausersstr. 3
70469 Stuttgart
Tel.: 07 11/8 96 34 93
E-Mail: christoph.kaestle@behrgroup.com
www.behr.de

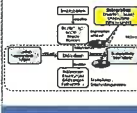
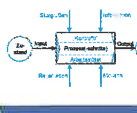

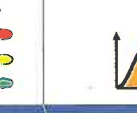
Methoden <small>Quantitativ</small>	• Zielanalyse • Lebenslauf Modell 	• Prozessmodell • Eigenschaftsmodell 	• Wirkkettenmodell • Verknüpfungsmodell 	• Beurteilungsmodell • Entscheidungsmodell 
	UMEA	Umfeld / Ziel analysieren	Unsicherheits-Ursachen identifizieren	Wirkungen von Unsicherheiten ermitteln
Modelle				

Bild 2
Ablauf der Uncertainty Mode and Effects Analysis.
 Die Methodik ist an den Risikomanagementprozess angelehnt und besteht aus Modellen und Methoden

für die Gestaltung und Produktion des Kühlmittelkastens. Die UMEA-Methodik gibt dem Entwickler eine Hilfestellung, frühzeitig kritische Produkt- und Prozesseigenschaften eines Produktes im gesamten Produktlebenslauf zu identifizieren. Sie liefert jedoch keine direkte Problemlösung, sondern zeigt die Schwächen und Risiken des Produktes auf und dient als Input für die im SFB 805 erarbeitete Robust-Design-Strategie. Speziell für Neuentwicklungen ist das Ziel der UMEA, eine umfassende Unsicherheitsanalyse durchzuführen, die frühzeitig auf Prozessebene über den kompletten Lebenslauf detailliert relevante Unsicherheiten identifiziert. Sie hilft, Iterations-schleifen bei der Produktentwicklung zu reduzieren und frühzeitig Unsicherheiten zu erkennen.

das zu untersuchende Objekt, als System, von seiner Umgebung abzugrenzen, um die Einflüsse durch andere Systeme und Objekte (angrenzende Systeme, aber auch Produktnutzer, etc.) zu ermitteln. Es wurde, als methodische Unterstützung dieses ersten Schritts, eine Frageliste eingesetzt. Im nächsten Schritt sollen alle Unsicherheiten einschließlich ihrer möglichen Ursachen identifiziert werden. Hierzu kann z. B. die Hazard-and-Operability-Study (Hazop)-Methode angewandt werden. Nach der Identifikation sind, bevor eine Beurteilung bzw. Bewertung stattfinden kann, die erkannten Unsicherheiten im nächsten Schritt auf ihre Verkettung bzw. Auswirkungen zu untersuchen. Abhängig von der Entwicklungsphase stehen bei den UMEA-Schritten Methoden zur Auswahl, die sich sinnvoll miteinander kombinieren lassen, um den Bewertungsaufwand gering zu halten. Außerdem muss nicht in jedem Fall eine komplette UMEA durchgeführt werden, vielmehr kann hier auf die Erfahrung des Nutzers verwiesen werden.

Schritt mit qualitativen Bewertungsfaktoren, da die Herstellung eines Wärmetauschers von sehr vielen Produkt- und Prozesseigenschaften abhängt. Mit der qualitativen Bewertung konnten schnell die relevanten Unsicherheiten und zugeordneten Prozess- und Produkteigenschaften benannt werden. Ausgehend von dieser Vorfilterung können im

zweiten Schritt gezielt quantitative Daten für die identifizierten Eigenschaften ermittelt und analysiert werden.

Nutzen und Ausblick

Bei der Analyse der gefundenen Eigenschaften wurden diese nach ihrer Schwankungshöhe und deren Auswirkung bewertet und sortiert. Ein Teil des Ergebnisses wird in Bild 3 gezeigt. Als Entscheidungskriterium wurde die Dichtheit des Systems nach der Produktion gewählt.

Anhand des Risikoportfolios wurde abschließend ein Maßnahmenkatalog zur Reduzierung der identifizierten Unsicherheiten/Risiken erarbeitet.

Die erfolgreiche Evaluation der UMEA-Methodik in Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie ist eine tragfähige Basis sowohl für die Weiterentwicklung der Methodik als auch der Einleitung von Maßnahmen

Die zukünftige Forschungsarbeit an der UMEA-Methodik konzentriert sich auf die Ausgestaltung der Methodik mit qualitativen und quantitativen Methoden und deren gegenseitige Übertragung. Gleichzeitig soll die Beherrschung der Datenflut bei der Betrachtung komplexer Bauteile und Prozessketten angegangen werden. So wäre ein Ziel, eine vereinfachte, komplexitätsreduzierende Variante zu entwickeln, um sie auch bei zeitlich eng begrenzten Vorgaben einsetzen und dennoch fundierte Bewertungsaussagen treffen zu können.

Ein Bericht der WiGeP

Geschäftsstelle:
 Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung WiGeP - Berliner Kreis & WGMK
 c/o Prof. Dr. Jürgen Gausemeier
 Heinz Nixdorf Institut
 Fürstenallee 11
 33102 Paderborn
 Tel.: 0 52 51/60 62 67
 Fax: 0 52 51/60 62 68
 E-Mail: info@wigepp.de
 www.wigepp.de

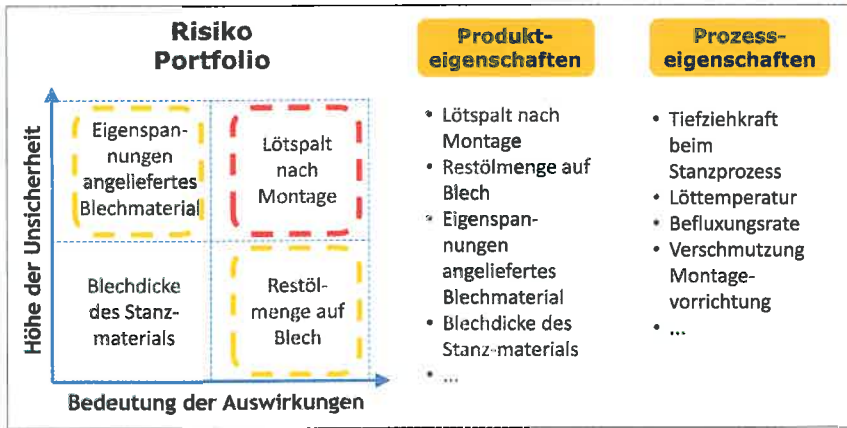


Bild 3
 Beispielhafte Ergebnisse aus der Untersuchung des Kühlmittelkastens dargestellt in einem Risiko-Portfolio nach Höhe der Unsicherheit und Bedeutung der Auswirkung