



## Seminar

# Zuverlässigkeit der Elektronik

Werkstoffe und Komponenten für mechatronische Produkte richtig auswählen, Lebensdauer erhöhen

## Top-Themen des Seminars

- Zuverlässigkeit elektronischer Bauteile bereits in der Entwicklungsphase Ihrer Produkte richtig beurteilen
- Einfluss von Auswahl und Integration elektronischer Bauteile und Embedded Systems auf die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems
- Mittels geeigneter Komponentenauswahl typische Ausfallmechanismen umgehen
- Standards und experimentelle Methoden für Zuverlässigkeitsprüfungen
- Zuverlässigkeitseigenschaften effizient optimieren
- Ansätze zur Lebensdauerprognostik und Abschätzung der Lebensdauer komplexer Produkte
- Erzielbare Vorhersage-Genauigkeiten für Ihre komplexen neuen Produkte

## Termine und Orte

**19. und 20. Oktober 2016**  
**Stuttgart**

**21. und 22. Februar 2017**  
**Düsseldorf**

**20. und 21. Juni 2017**  
**Hamburg**

Lebensdauer verlängern  
durch zuverlässige Elektronik

## Ihre Seminarleitung

**Prof. Dr.-Ing. Steffen Wiese**

# Allgemeine Informationen

## Zielsetzung

Nach dem Seminar sind Sie in der Lage.

- zu beurteilen, wie und warum heterogene Aufbauprinzipien elektronischer Baugruppen eine entscheidende Ursache für das Entstehen thermisch-mechanisch induzierter Fehlermechanismen darstellen
- zu verstehen, welche verschiedenen Möglichkeiten es gibt, elektronische Baugruppen herzustellen, und wodurch sich verschiedene Varianten in ihrem Aufbau unterscheiden
- zu beurteilen, warum es für die gleiche Funktion verschiedene Bauelementeformen gibt und wie diese elektronischen Bauelemente aufgebaut sind
- aufgrund der Art und Weise, wie elektronische Baugruppen gefertigt werden, die Auswirkungen der Fertigungsverfahren auf die spätere Werkstoffstruktur von Verbindungselementen und wichtigen Materialgrenzflächen zu beurteilen
- die vielfältigen Ausfallmechanismen, welche in elektronischen Baugruppen vorherrschend sind, in ihrer Komplexität zu analysieren und zu verhindern
- die Problematik der thermisch-mechanisch induzierten Ausfälle von Grund auf zu begreifen
- zu beurteilen, welche Aussagen sich aus den üblichen experimentellen Prüfverfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung gewinnen lassen

Sie diskutieren über die verschiedenen Ansätze zur Lebensdauerprognostik und ihrer Grenzen im Bereich des komplexen Verhaltens von Werkstoffen in Mikrodimensionen.

## Thema

Zuverlässigkeit ist eine wichtige wirtschaftliche Größe von Neuentwicklungen aus Deutschland – im Sinne eines Wettbewerbsvorteils gegenüber Produkten aus Niedriglohnländern sowie möglicher Gewährleistungsansprüche, besonders bei sicherheitskritischen Produkten oder bei Systemen, deren Ausfälle hohe finanzielle Folgen haben. Da zudem der Grad der Automatisierung und Integration bei hochwertigen Produkten immer weiter zunimmt, wird die Zuverlässigkeit der elektronischen Komponenten in mechatronischen Produkten zum bedeutendsten Key Selling Point. Der systematische Nachweis der zu erwartenden Lebensdauer ist daher unabdingbar.

Die zunehmende Integration elektronischer Mess-, Steuer- und Regeleinheiten (Embedded Systems) in Maschinenbauprodukte ist unter dem Gesichtspunkt der Zuverlässigkeit und Lebensdauerprognose nicht unproblematisch. Durch die langjährige eigenständige Entwicklung sind die Aufbauprinzipien elektronischer Baueinheiten auf typische Elektronikprodukte wie Rechentechnik, Telekommunikationseinrichtungen oder Haushaltsgeräte optimiert worden. Produkte des Maschinen- und Fahrzeugbaus setzen andere Randbedingungen, welche einer speziellen Komponenten- und Materialauswahl sowie angepasster Aufbaukonzepte bedürfen. Nur durch die konsequente Auswahl geeigneter Bauelemente der Elektronik sowie durch angepasste Aufbaulayouts und Verbindungstechniken lassen sich elektronische Baugruppen mit den für mechatronische Anwendungsbereiche adäquaten Zuverlässigkeitseigenschaften realisieren.

## Zielgruppe

Entwicklungs- und Fertigungsingenieure in Unternehmen des Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbaus sowie der Luft- und Raumfahrttechnik, welche sich mit der Integration von Elektronik in mechatronische Produkte befassen. Ingenieure und Techniker aus Zulieferunternehmen der elektrotechnischen Industrie, welche Komponenten für die oben genannten Branchen herstellen.

## Seminardokumentation

Jeder Teilnehmer erhält eine ausführliche Seminardokumentation in Form eines Handbuchs mit den wichtigsten Seminarfolien und ergänzenden Informationen. Zum Abschluss erhält jeder Teilnehmer ein VDI-Teilnehmerzertifikat.

## Ihre Seminarleitung

**Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese,**

Nach dem Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden war Professor Steffen Wiese Stipendiat im DFG-Graduiertenkolleg „Sensorik“. Während seiner Promotion und Habilitation befasste er sich vor allem mit dem Kriech- und Ermüdungsverhalten von Weichloten in Mikrodimensionen. Er war Leiter der Forschungsrichtung „Baugruppenzuverlässigkeit“ am Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik an der TU Dresden. Seit 2008 war Professor Wiese Attract-Gruppenleiter am Fraunhofer Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle (Saale). 2010 veröffentlichte er sein viel beachtetes Lehrbuch „Verformung und Schädigung von Werkstoffen der Aufbau- und Verbindungstechnik – Das Verhalten im Mikrobereich“. Heute ist er Universitätsprofessor für Mikrointegration und Zuverlässigkeit an der Universität des Saarlandes.

## Inhouse-Seminar

Dieses Seminar können Sie auch als firmeninterne Schulung buchen:

- Inhaltlich passgenau auf Ihre Bedürfnisse abgestimmt
- Mit praktischen Beispielen aus Ihrem Arbeitsumfeld
- Sie bestimmen Inhalte, Termin und Ort
- Optimaler Wissenstransfer für Ihre Mitarbeiter garantiert

Gerne erstellen wir Ihnen ein individuelles Angebot. Rufen Sie uns an.

Frau Angela Bungert/Herr Jens Wilk

Tel.: +49 211 6214-563/307, E-Mail: [inhouse@vdi.de](mailto:inhouse@vdi.de)

# Seminarinhalt

**1. Tag** 09:00 Uhr bis ca. 17:30 Uhr

**2. Tag** 09:00 Uhr bis ca. 16:30 Uhr

## **Die 7 Grundfragen zum Zuverlässigkeitsdesign für elektronische Baugruppen**

- Was versteht man unter Zuverlässigkeitsdesign?
- Wodurch kommt es zu Ausfällen in elektronischen Baugruppen?
- Weshalb fallen Mikrostrukturen anders aus als große Bauteile des Maschinenbaus?
- Wann kann gutes Zuverlässigkeitsdesign helfen Kosten zu sparen?
- Welche Herausforderungen werden an die mechatronische Produktentwicklung gestellt?
- Wie kann gutes Zuverlässigkeitsdesign erreicht werden?

## **Elektronik im Vergleich zum Maschinenbau: Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Zuverlässigkeitsdesign**

- Technologische Spezifika und ökonomische Rahmenbedingungen
- Anforderungsprofile und Werkstoffauswahl
- Entwicklungsziele, Zuverlässigkeitsanforderungen, Folgen von Ausfällen
- Verhältnis von theoretischen Analysen und experimentellen Untersuchungen in der Zuverlässigkeitsmethodik
- Die Rolle stochastischer Ansätze zur Zuverlässigkeitsbewertung
- Nutzung der physikalischen Fehleranalyse (PoF) zur Fehlerursachenidentifikation
- Die dominierende Rolle thermisch-mechanischer Ausfallmechanismen in elektronischen Aufbauten

## **Aufbauprinzipien elektronischer Baugruppen**

- Hintergründe der heterogenen Aufbauprinzipien elektronischer Baugruppen
- Hierarchieebenen von elektronischen Aufbauten
- Die 4 Hauptaufgaben von Aufbaukonzepten für elektronische Baugruppen
- Triebkräfte der Elektronikentwicklung
- Der Verdrahtungsträger: Leiterplatten und keramische Substrate
- Die Montagetechnik: Durchsteck- und Oberflächenmontage

## **Elektronische Komponenten – Aufbau und Funktion**

- Entwicklungstrends bei elektronischen Bauelementen (Zunahme von Leistungs- und Funktionsdichte, Integration, Miniaturisierung, Wireless ...)
- Bauformentwicklung integrierter Schaltkreise (IC)
- Anforderungen an IC-Gehäuse
- Chip-zu-Gehäuse-Verbindungstechnik (Erste Verbindungsebene)
- Multichipbauformen
- Dioden und diskrete Transistoren, Widerstände, Kondensatoren, Spulen
- Sonderbauelemente

## **Einfluss der Prozesstechnologien zur Herstellung elektronischer Baugruppen auf die Lebensdauer**

- Das technologische Fenster bei Herstellung elektronischer Baugruppen
- Typische technologische Abläufe
- Die Verbindungstechniken: Löten/Schweißen/Kleben
- Die Auftragstechniken: Drucken/Dispensen
- Umhüllungstechniken: Spritzguss, Unterfüllen, Übergießen

## **Schädigungsmechanismen in elektronischen Aufbauten und ihr Einfluss auf die Zuverlässigkeit**

- Hot Carrier Degradation, Electrical Overstress (EOS), Electrostatic Discharge (ESD)
- Elektromigration
- Conductive Filament Formation (CFF)
- Elektrolytische Migration
- Problematik der thermisch-mechanischen Schädigungsmechanismen
- Intermetallisches Phasenwachstum
- Kornvergrößerung, Rekristallisation
- Thermisch-mechanische Ermüdung
- Mechanischer Schock, Vibration

## **Experimentelle Untersuchungsmethoden zur Lebensdauerabschätzung und Zuverlässigkeitsprognose für elektronische Bauteile**

- Vor- und Nachteile standardisierter Tests
- Aufbau spezialisierter Probekörper, Daisy-Chain-Strukturen, Vierpunkt-Mess-Strukturen
- Auswertung von Zuverlässigkeitsexperimenten
- Temperaturwechseltest (TCT)
- Temperaturschocktest (TST)
- Temperaturlagerung (HTS, Deep Freeze)
- Feuchteauslagerung (HST), Pressure-Cooker-Test (PCT)
- Mechanische Tests: Vibration, Schertest, Stirnabzugstest, Schältest

## **Theoretische Zuverlässigkeitsanalysen**

- Experiment vs. Theorie – Vor- und Nachteile der Ansätze
- Analytische Modelle und Simulationen
- Nutzung der Finiten-Elemente-Methode (FEM)
- Vernetzung von Multimaterialstrukturen
- Materialmodelle – Problematik des nichtlinearen Werkstoffverhaltens
- Werkstoffverhalten in Mikrodimensionen
- Lastmodelle – geeignete Schrittweiten und Lastverläufe

## **Prognostik und Lebensdauer vorhersage**

- Problematik der Schädigungsmodellierung
- Bruchmechanische Ansätze
- Empirische Ansätze
- Kontinuums-Schadensmechanik
- Auswertung von Experimentaldaten
- Auswertung von FEM-Rechnungen
- Aufstellen von Prognosen



Mit dem FSC® Warenzeichen werden Holzprodukte ausgezeichnet, die aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern stammen, unabhängig zertifiziert nach den strengen Kriterien des Forest Stewardship Council (FSC). Für den Druck sämtlicher Programme des VDI Wissensforums werden ausschließlich FSC-Papiere verwendet.

**Gedruckt auf 100 % Recycling-Papier, versehen mit dem Blauen Engel.**

VDI Wissensforum GmbH  
Kundenzentrum  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf  
Telefon: +49 211 6214-201  
Telefax: +49 211 6214-154  
E-Mail: [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de)  
[www.vdi-wissensforum.de](http://www.vdi-wissensforum.de)

#### Ich nehme wie folgt teil:

- 19. und 20. Oktober 2016, Stuttgart** Seminar-Nr. 02SE193013  
 **21. und 22. Februar 2017, Düsseldorf** Seminar-Nr. 02SE193014  
 **20. und 21. Juni 2017, Hamburg** Seminar-Nr. 02SE193015

Bitte Preiskategorie wählen

	PS	Preis p./P. zzgl. MwSt.
Teilnahmegebühr	1	<input type="checkbox"/> EUR 1.590,-
persönliche VDI-Mitglieder	2	<input type="checkbox"/> EUR 1.490,-
VDI-Mitgliedsnummer*		

\* Für die Preisstufe 2 ist die Angabe der VDI-Mitgliedsnummer erforderlich.  
Sonderkontingent für Mitarbeiter von Behörden auf Anfrage möglich.

www

Nachname

Vorname

Titel

Funktion

Abteilung

Tätigkeitsbereich

Firma/Institut

Straße/Postfach

PLZ, Ort, Land

Telefon  Fax

Mobilnummer

E-Mail

Abweichende Rechnungsanschrift

Teilnehmer mit Rechnungsanschrift außerhalb von Deutschland, Österreich und der Schweiz zahlen bitte mit Kreditkarte.

- Visa  Mastercard  
 American Express

Karteninhaber

Kartenummer

Prüfziffer  gültig bis (MM/JJ)

Datum  × Unterschrift

**Anmeldungen** müssen schriftlich erfolgen. Anmeldebestätigung und Rechnung werden zugesandt. Gebühr bitte erst nach Rechnungsseingang unter Angabe der Rechnungsnummer überweisen.

#### Veranstaltungsort / Zimmerbuchung

**Stuttgart:** Mercure Hotel Stuttgart Airport Messe, Eichwiesenring 1/1, 70567 Stuttgart, Tel.: +49 711 72660, E-Mail: [h1574@accor.com](mailto:h1574@accor.com)

**Düsseldorf:** Lindner Hotel Airport, Unterrather Str. 108, 40468 Düsseldorf, Tel.: +49 211 9516-0, E-Mail: [info.airport@lindner.de](mailto:info.airport@lindner.de)

**Hamburg:** Arcotel Rubin, Steindamm 62, 20099 Hamburg, Tel.: +49 40241929-0, E-Mail: [rubin@arcotelhotels.com](mailto:rubin@arcotelhotels.com)

Im Veranstaltungshotel steht Ihnen ein begrenztes Zimmerkontingent zu Sonderkonditionen zur Verfügung. Bitte buchen Sie Ihr Zimmer frühzeitig per Telefon oder E-Mail direkt bei dem Hotel mit dem Hinweis auf die „VDI-Veranstaltung“. Weitere Hotels in der Nähe des Veranstaltungsortes finden Sie auch über unseren kostenlosen Service von HRS, [www.vdi-wissensforum.de/hrs](http://www.vdi-wissensforum.de/hrs)



**Leistungen:** Im Leistungsumfang sind die Pausengetränke und an jedem vollen Seminartag ein Mittagessen enthalten. Ein ausführliches Handbuch wird den Teilnehmern am Veranstaltungsort ausgehändigt.

**Exklusiv-Angebot:** Als Teilnehmer dieser Veranstaltung bieten wir Ihnen eine 3-monatige, kostenfreie VDI-Probemitgliedschaft an. (Dieses Angebot gilt ausschließlich bei Neuaufnahme)

**Geschäftsbedingungen:** Mit der Anmeldung werden die Geschäftsbedingungen der VDI Wissensforum GmbH verbindlich anerkannt. Abmeldungen müssen schriftlich erfolgen. Bei Abmeldungen bis 14 Tage vor Veranstaltungsbeginn erheben wir eine Bearbeitungsgebühr von € 50,- zzgl. MwSt. Nach dieser Frist ist die volle Teilnahmegebühr gemäß Rechnung zu zahlen. Maßgebend ist der Posteingangsstempel. In diesem Fall senden wir die Veranstaltungsunterlagen auf Wunsch zu. Es ist möglich, nach Absprache einen Ersatzteilnehmer zu benennen. Einzelne Teile des Seminars können nicht gebucht werden. Muss eine Veranstaltung aus unvorhersehbaren Gründen abgesagt werden, erfolgt sofortige Benachrichtigung. In diesem Fall besteht nur die Verpflichtung zur Rückerstattung der bereits gezahlten Teilnahmegebühr. In Ausnahmefällen behalten wir uns den Wechsel von Referenten und/oder Änderungen im Programmablauf vor. In jedem Fall beschränkt sich die Haftung der VDI Wissensforum GmbH ausschließlich auf die Teilnahmegebühr.

**Datenschutz:** Die VDI Wissensforum GmbH erhebt und verarbeitet Ihre Adressdaten für eigene Werbezwecke und ermöglicht namhaften Unternehmen und Institutionen, Ihnen im Rahmen der werblichen Ansprache Informationen und Angebote zukommen zu lassen. Bei der technischen Durchführung der Datenverarbeitung bedienen wir uns teilweise externer Dienstleister. Wenn Sie zukünftig keine Informationen und Angebote mehr erhalten möchten, können Sie bei uns der Verwendung Ihrer Daten durch uns oder Dritte für Werbezwecke jederzeit widersprechen.

Nutzen Sie dazu die E-Mail Adresse: [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de) oder eine andere oben angegebene Kontaktmöglichkeit.