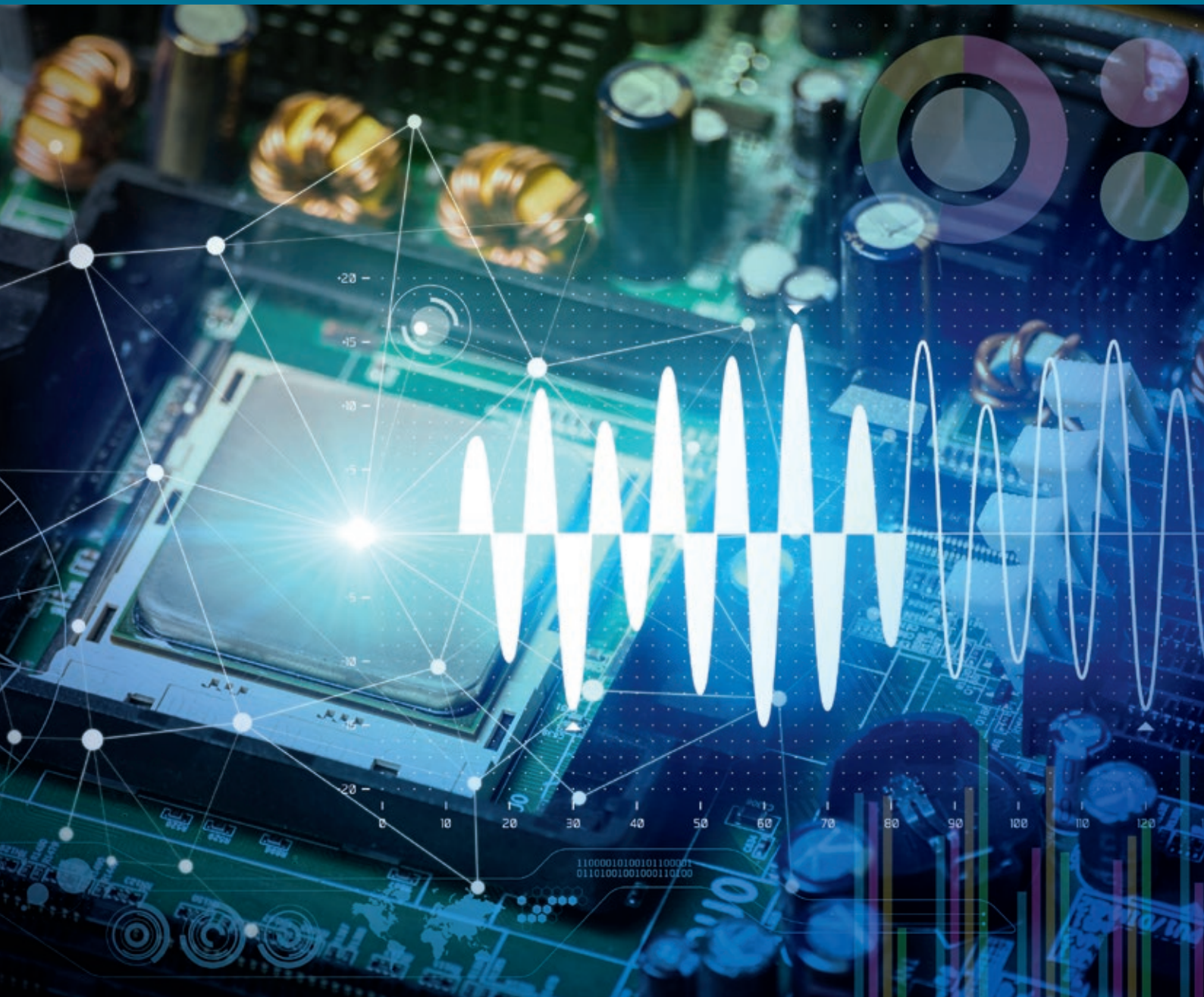




**Fraunhofer**  
IZM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ZUVERLÄSSIGKEIT UND MIKROINTEGRATION IZM

**ABTEILUNG  
ENVIRONMENTAL AND  
RELIABILITY ENGINEERING**



# PROFIL



## FRAUNHOFER IZM

Das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM ist eines von 72 Fraunhofer-Instituten, die sich überwiegend natur- und ingenieurwissenschaftlichen Themen der angewandten Forschung verschrieben haben. Als langjähriger Partner von Industrie und öffentlicher Hand bearbeitet das Fraunhofer IZM Projekte zu modernen Packaging-Technologien und Smart System Integration. Ziel dabei ist es, den Anforderungen nach höherer Zuverlässigkeit, Multifunktionalität und Reduzierung der Herstellungskosten gerecht zu werden. Dies beginnt am Fraunhofer IZM beim effizienten Entwurf mittels neuartiger Methoden, die eine frühzeitige Berücksichtigung der Applikationsanforderungen ermöglichen.

Durch seine anwendungsorientierte Forschung schlägt das Fraunhofer IZM die Brücke zwischen Anbietern mikroelektronischer Komponenten und Herstellern technischer Systeme zahlreicher Branchen, wie beispielsweise der Automobil-, Energie-, Industrie- oder Medizintechnik.

An den Standorten in Berlin und Dresden forschen über 350 Mitarbeiter. Es besteht eine enge Kooperation mit der Technischen Universität Berlin (dem Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik), vor allem bei europäischen Gemeinschaftsprojekten und in der Werkstoffgrundlagenforschung für die Aufbau- und Verbindungstechnik.

Technologische Schwerpunkte des Instituts sind

- Integration auf Waferenebene
- Integration auf Substratebene
- Materialien, Zuverlässigkeit und nachhaltige Entwicklung
- Entwurfsmethodik und Systemdesign

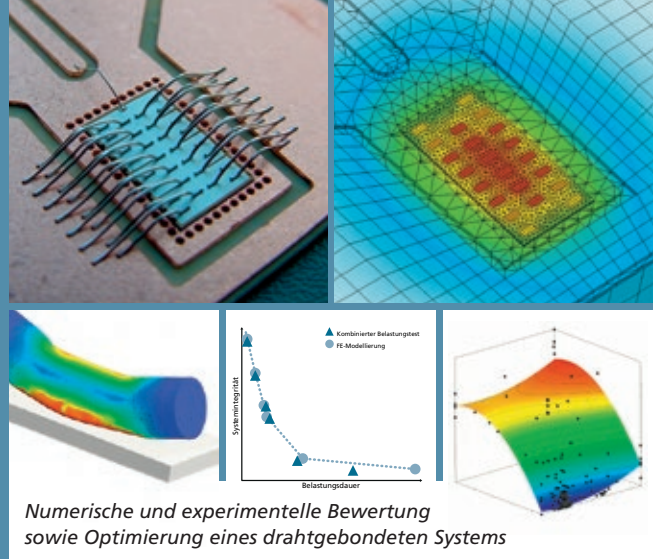
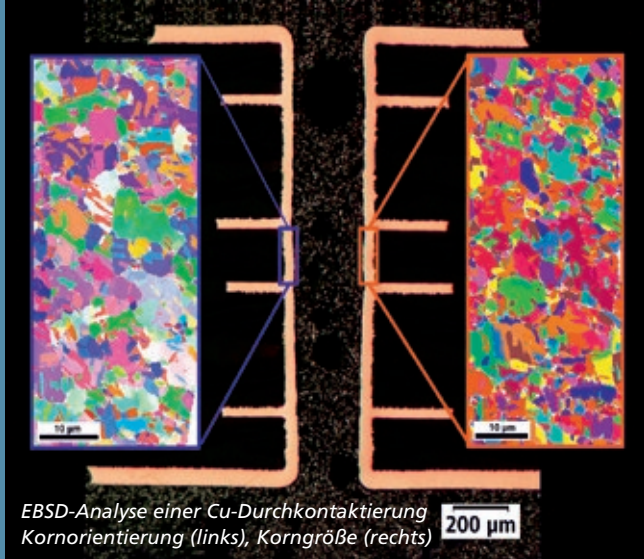
## ABTEILUNG ENVIRONMENTAL AND RELIABILITY ENGINEERING

Neue Produkte und Technologien müssen immer vielfältigere und härtere Anforderungen erfüllen und sollen gleichzeitig kosteneffizient und umweltschonend sein. Die Abteilung Environmental and Reliability Engineering unterstützt technische Entwicklungen auf dem Weg zur Marktreife durch Umwelt- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen von der Nanocharakterisierung bis zur Bewertung und Optimierung auf Systemebene. Unter der gemeinsamen Leitung von Dr. Nils F. Nissen und Dr. Olaf Wittler sind hier die etablierten Querschnittskompetenzen Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit in bisher einmaliger Weise zusammengeführt.

Vor dem Hintergrund von weltweitem Wachstum und begrenzten Ressourcen muss jede neue Technologie- und Produktgeneration aus weniger Ressourcenverbrauch mehr Funktionalität und eine abgesicherte Zuverlässigkeit generieren. Ohne adäquate Zuverlässigkeit ist der wirtschaftliche Erfolg einer Anwendung ohnehin gefährdet, und gleichzeitig wird bei den typischerweise herstellungsintensiven Produkten der Mikroelektronik die Umweltbilanz durch vorzeitigen Ausfall oder Ersatz massiv verschlechtert. Nachhaltige Elektroniktechnologien müssen daher umweltgerecht und zuverlässig sein.

Unser Leistungsangebot im Überblick:

- Werkstoffcharakterisierung
- Deformations- und Strukturanalyse
- Thermische Charakterisierung
- Zuverlässigkeitsbewertung und -optimierung
- Vibrationsmessungen und -tests
- Umweltbewertung elektronischer Produkte und EcoDesign
- Beratung zu Status und Trends der Umweltgesetzgebung



## WERKSTOFF- CHARAKTERISIERUNG UND -MODELLIERUNG

Mikroelektronische Systeme sind während ihres Betriebes zahlreichen Umwelteinflüssen ausgesetzt; mechanische Belastungen, Temperaturen und Feuchtigkeit können die Zuverlässigkeit wesentlich beeinflussen. Umfassende Werkstoffkenntnisse bezüglich des Versagensverhaltens und zur Schadensentwicklung sind eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Optimierung der Zuverlässigkeit von komplexen Systemen im Mikro-Nano-Bereich. Um das Verformungs-, Schädigungs- und Bruchverhalten von Werkstoffen und deren Verbänden reproduzierbar und exakt beschreiben zu können, müssen die Belastungen unter den entsprechenden Einsatzbedingungen untersucht werden. Thermo-mechanische Simulationsmethoden bieten geeignete Versagenskriterien zur Zuverlässigkeitsbewertung von realen Baugruppen, was Rückschlüsse auf Verbesserungen ermöglicht.

Wir unterstützen Sie in den folgenden Bereichen:

- Werkstoffcharakterisierung und -modellierung
- Entwicklung und Anwendung neuer Methoden zur Charakterisierung im Mikro-Nano-Übergangsbereich
- Simulation des Werkstoffverhaltens (Multi-Skalen-Simulation, Molecular Dynamics)
- Kopplung von Messmethoden
- Strukturanalysen zum Verständnis des Werkstoffverhaltens
- Einpflegen der Daten in Werkstoffdatenbanken

Ein wichtiger Eckpfeiler sind die experimentellen Ergebnisse bzw. die Kopplung der einzelnen Methoden zur Validierung der Simulationsergebnisse in realen Aufbauten.

### Kontakt

Dr.-Ing. Hans Walter  
E-Mail: [hans.walter@izm.fraunhofer.de](mailto:hans.walter@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 184

## ZUVERLÄSSIGKEITS- BEWERTUNG, TEST UND OPTIMIERUNG

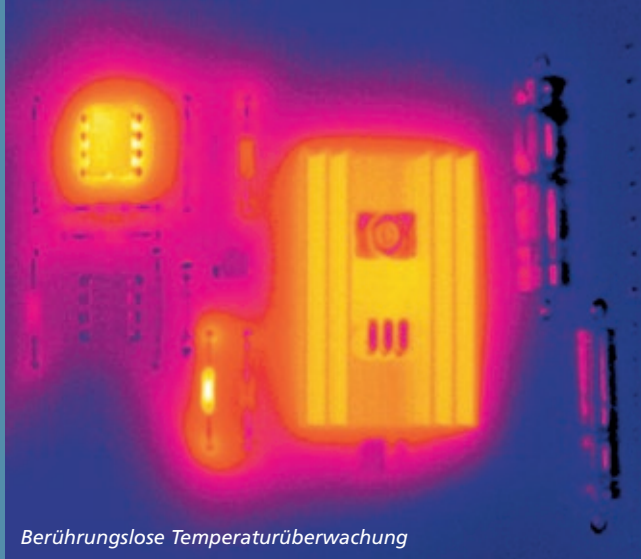
Um ein ganzheitliches „Design for Reliability“ bis zur Systemebene unter Berücksichtigung kundenspezifischer Anforderungen umzusetzen, werden numerische und experimentelle Methoden angewandt und weiterentwickelt. Applikationsspezifische globale und lokale Belastungsprofile werden ermittelt, relevante Ausfallmechanismen identifiziert und die Zuverlässigkeit wird mittels Lebensdauermodellen bewertet. In beschleunigten, kombinierten Lebensdauertests werden die realen Einsatzbedingungen nachgebildet, um Zuverlässigkeitskenngrößen, Modellparameter und Schwachstellen des Systems zu bestimmen. Die aus diesen Untersuchungen abgeleiteten Designregeln ermöglichen die Optimierung bestehender Produkte und die Entwicklung von neuen Produkten mit einer abgesicherten Zuverlässigkeit.

Wir unterstützen Sie bei:

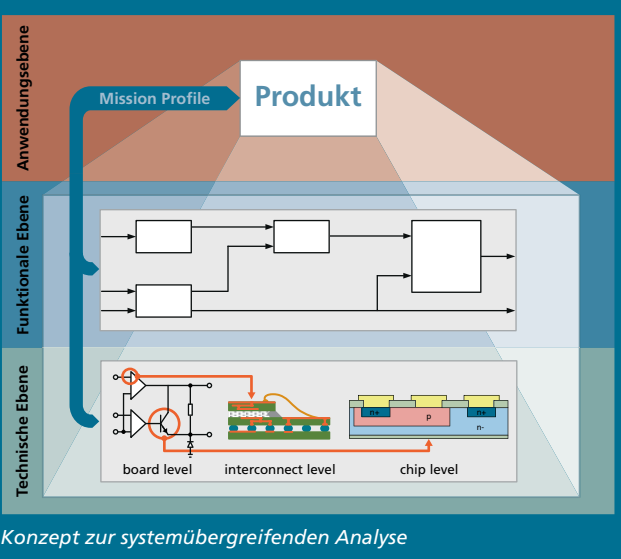
- Multiphysik-Simulation von Ausfallmechanismen auf Technologie-, Komponenten- und Systemebene  
... (Thermo-)mechanische Ermüdung  
... Alterung und Überbeanspruchung durch mechanische, thermische, chemische, elektrische Belastung  
... Bruchprozesse und Delamination
- Applikationsspezifische Testplanentwicklung
- Kombinierte und beschleunigte Belastungstests (Temperatur, Feuchte, Vibration, Strom/Spannung)
- Aktive Lastwechseltests (Power Cycling)
- Messtechnik zur Online-Zustandsüberwachung
- Alterungs- und Ausfallanalysen

### Kontakt

Dr.-Ing. Johannes Jaeschke  
E-Mail: [johannes.jaeschke@izm.fraunhofer.de](mailto:johannes.jaeschke@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 223



Berührungslose Temperaturüberwachung



Konzept zur systemübergreifenden Analyse

## THERMISCHES MANAGEMENT

Die erhöhten Verlustleistungen und Leistungsdichten von mikroelektronischen Bauteilen, beispielsweise Leistungsmodulen und Beleuchtungssystemen, stellen eine der wichtigsten Herausforderungen für das Design dar. Die entstehende Wärme muss effektiv verteilt und abgeführt werden, damit die Systeme zuverlässig funktionieren. Thermisches Management steht für die Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Lösung dieser Probleme.

Wir unterstützen Sie in den folgenden Bereichen:

- Thermische Optimierungssimulation (statisch, transient, Strömungsberechnungen)
- Charakterisierung von thermischen Interface-Materialien (TIM) und Verkapselungsmaterialien für elektronische Leistungsprodukte
- Bauteil- und Systemanalyse zur Evaluierung der Oberflächen-temperaturen (Infrarot-Thermographie) und thermischen Widerstände (Transient Tester)

Auf Basis der Anwendungsspezifikationen können elektronische Systeme durch thermisch numerische Berechnungen effizient und schnell dargestellt werden. Das erzielte Design kann am Institut technologisch umgesetzt und in Experimenten verifiziert werden. Diese Lösungen werden auch unter Berücksichtigung anderer Projektziele (z.B. Produktkosten, Zuverlässigkeit, elektromagnetische Verträglichkeit, Energieverbrauch und Umweltbelastung) in enger Kooperation mit dem Projektpartner hausintern entwickelt.

### Kontakt

Arian Grams  
E-Mail: [arian.grams@izm.fraunhofer.de](mailto:arian.grams@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 138

## APPLIKATIONS-SPEZIFISCHE SYSTEMBEWERTUNG

Qualitätsattribute wie Zuverlässigkeit, Robustheit und funktionale Sicherheit elektrischer, elektronischer und mechatronischer Systeme erfordern eine umfassende Betrachtung von Produktions- und Geschäftsprozessen entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Zur Optimierung und Qualifizierung müssen Belastungen aus Umwelt und Anwendung (Mission Profiles), aber auch funktionale Aspekte herangezogen werden.

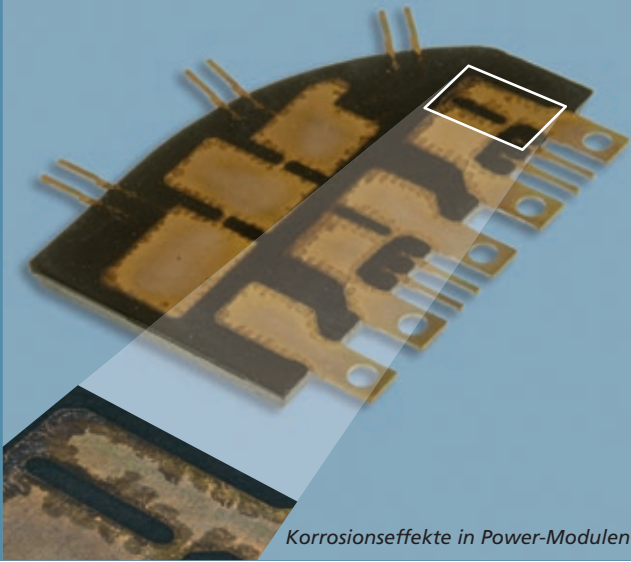
Wir unterstützen Sie bei:

- Systemebenen-übergreifenden Anforderungsanalysen
- Erstellung von Mission Profiles
- Identifikation dominanter Ausfallmechanismen und Untersuchung relevanter Einflüsse
- Identifikation von Schwachstellen und Ursachenforschung (Root-Cause Analysis)
- Systemanalyse durch Systemmodellierungen (u. a. Zustandsmodelle)
- Fehlervermeidungsprozessen und Auswirkungsanalysen (u. a. FMEA)
- Berechnung von Ausfallraten (u. a. MTTF)
- Obsoleszenzmanagement (u. a. EcoReliability, Bauteilabkündigung und Langzeitlagerung)

Ihr Produkt wird punktuell oder ganzheitlich bewertet. Unsere Arbeiten führen wir sowohl standardkonform aber auch Ihren individuellen Ansprüchen entsprechend durch. Mithilfe unserer labortechnischen Ausstattung werden die Ergebnisse der Systembewertung verifiziert.

### Kontakt

Daniel Hahn  
E-Mail: [daniel.hahn@izm.fraunhofer.de](mailto:daniel.hahn@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 7960



## KORROSION, ELEKTRO-CHEMISCHE MIGRATION UND FEUCHTEDIFFUSION

Elektronische Systeme werden immer stärker wechselnden klimatischen Umgebungseinflüssen ausgesetzt. Gleichzeitig führt die fortschreitende Miniaturisierung von elektronischen Produkten zu immer kleineren Strukturabmessungen und folglich kleineren Packages. Geringere Abmessungen in den Packages haben auch geringere Diffusionswege für äußere Belastungen durch Feuchte zur Folge. Hierdurch kann es verstärkt zu elektrochemischen Degradationsmechanismen kommen, die noch vor einiger Zeit kaum Beachtung fanden. Diese Form der Degradation führt im Normalfall zum Versagen der elektrischen Schaltung.

Deshalb ist es wichtig, die für die Verkapselung verwendeten Materialien rechtzeitig hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und eventuellen Eigenschaftsänderungen zu untersuchen. Gleichzeitig müssen die durch die Herstellungsprozesse zu erwartenden Einflüsse und Rückstände von Anfang an in Betracht gezogen werden.

Wir unterstützen Sie bei:

- Feststellung von Triebkräften und Einflussparametern von Ausfallmechanismen im Zusammenhang mit Korrosions- und Migrationserscheinungen
- Verbesserung des Designs hinsichtlich Auslegung unter harschen Bedingungen
- Auswahl und Qualifizierung geeigneter Materialien
- Simulation für kostengünstige Bewertung von Designänderungen und deren Erfolgspotenzial im Vergleich zu existierenden Geometrien

### Kontakt

Dr.-Ing. Stefan Wagner  
E-Mail: stefan.wagner@izm.fraunhofer.de  
Tel.: +49 30 46403 609

## ZUSTANDSÜBERWACHUNG ELEKTRONISCHER SYSTEME

Die Ausprägung von Einsatz- und Nutzungsprofilen elektronischer Systeme im Feld kann je nach individuellem Anwendungsfall erheblich variieren. Dadurch ergibt sich eine verbleibende Restlebensdauer in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen und Betriebszuständen sowie der Sensitivität der systemspezifischen Alterungsmechanismen gegenüber der Historie dieser Randbedingungen.

Verfahren zur Zustandsüberwachung elektronischer Systeme basieren auf der regelmäßigen Erfassung und Bewertung physikalischer Größen, die einen Rückschluss auf den Fortschritt der für die Systemzuverlässigkeit relevanten Fehlermechanismen erlauben. Die Einbindung in zustandsbasierte, prädiktive Wartungskonzepte eröffnet neue Ansätze zur Erhöhung der Verfügbarkeit sowie der effizienten Nutzung des Lebenszyklus elektronischer Systeme.

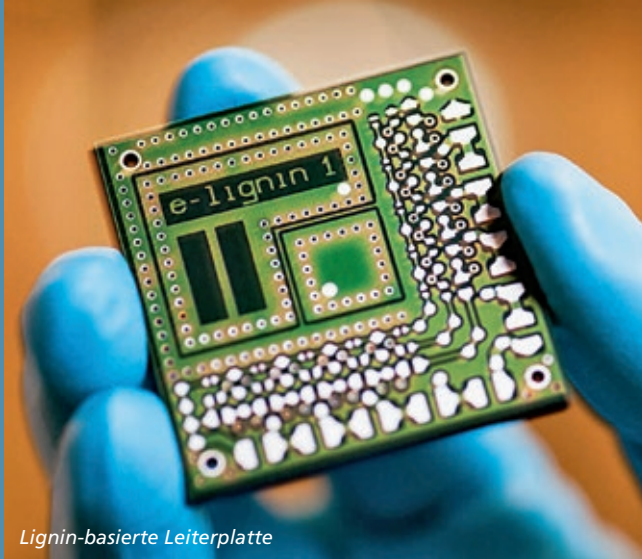
Entwicklungen drahtloser Sensorik mit autarker Energieversorgung („Energy Harvesting“) bieten die technologische Plattform zur Implementierung der Konzepte.

Wir unterstützen Sie bei:

- Entwicklung von Algorithmen und Modellen zur Ermittlung des Systemzustandes
- Messtechnischer Umsetzung der erforderlichen Konzepte
- Transfer der Verfahren auf Cyber-Physikalische Systeme (CPS)

### Kontakt

Kathleen Jerchel  
E-Mail: kathleen.jerchel@izm.fraunhofer.de  
Tel.: +49 30 46403 7936



Lignin-basierte Leiterplatte



Vergleich der Recycling-Eignung von Tablet PCs

## TECHNOLOGIEN FÜR RESSOURCENEFFIZIENTE ELEKTRONIKSYSTEME

An die Umweltverträglichkeit von Elektroniksystemen werden zunehmend komplexere Anforderungen gestellt. In der Vergangenheit waren Energieeinsparungen, einzelne Schwermetalle der Aufbau- und Verbindungstechnik sowie bestimmte Flammschutzmittel Hauptthemen, heute stehen kritische Ressourcen (z. B. Seltenerdmetalle) aufgrund absehbarer Lieferengpässe und der Umweltauswirkungen bei der Förderung im Mittelpunkt der Diskussion sowie weiterhin der Einsatz halogener Substanzen. Die Forderung nach hoher Ressourceneffizienz stellt in Zeiten knapper und teurer Rohstoffe die Technologieentwicklung vor besondere Herausforderungen.

Die Forschung zielt auf eine effizientere Nutzung von Energierohstoffen, Metallen und weiteren Ressourcen durch Innovation in den Herstellungsprozessen, der Nutzung bzw. am Lebensende inklusive Recycling. Bei der Technologieentwicklung kann auf mehreren Ebenen angesetzt werden: Elektronische Komponenten, Bauteile, Geräte oder Gerätegruppen wie LED-Produkte.

Unser Angebot umfasst folgende Schwerpunkte:

- Entwicklung von Lösungen für eine effiziente Nutzung von Ressourcen durch Substitution, höhere Zuverlässigkeit, längere Lebensdauer und recyclinggerechtes Design
- Bewertung und Vergleich von Technologien und Materialien hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz
- Optimierung der Umweltverträglichkeit von Verfahren der Aufbau- und Verbindungstechnik
- Abschätzung der Umweltauswirkungen einer späteren Serienfertigung („Lab to Fab“)

### Kontakt

Dr. Lutz Stobbe  
E-Mail: lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de  
Tel.: +49 30 46403 139

## UMWELTBEWERTUNG UND ECODESIGN

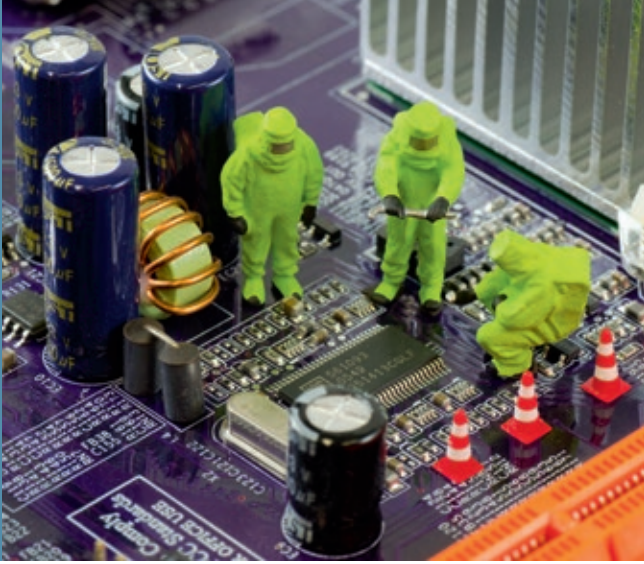
Zur Bewertung der Umweltperformance von Produkten ist eine detaillierte Kenntnis des Aufbaus, der Herstellung und der Nutzung des zu bewertenden Produktes erforderlich. Nur so kann sichergestellt werden, dass bei der Bewertung die entscheidenden Faktoren Berücksichtigung finden. Mit Lebenszyklusmodellierungen wie Ökobilanzen oder Carbon Footprint-Analysen werden die dominierenden Lebensphasen sowie die entscheidenden Einflussparameter hinsichtlich der Umweltrelevanz identifiziert. Um Umweltbelastungen von vornherein zu minimieren, ist es wichtig, bereits beim Design neuer Produkte anzusetzen. Durch die Integration von Umweltfragen in die Entwicklung, basierend auf den Methoden der Umweltbewertung und Produktanalysen, ist es bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung möglich, das Design hinsichtlich der Umweltaspekte zu optimieren.

Wir unterstützen Sie bei:

- Ökodesign: Methoden und Produktanalysen
  - Umweltoptimierung von Produkten
  - Integration von Umweltfragen in die Entwicklung
- Lebenszyklusmodellierung
  - Umweltanalysen von Prozessen
  - Ökobilanzierung und Critical Review
  - Screeningverfahren, Parametrisierung bei Ökobilanzen
- Carbon Footprinting
  - Ermittlung von Product Carbon Footprints und Critical Review
  - Product Category Rules für die Elektronik
- Eco Reliability-Optimierung

### Kontakt

Karsten Schischke  
E-Mail: karsten.schischke@izm.fraunhofer.de  
Tel.: +49 30 46403 156



## UMWELTGESETZGEBUNG (ROHS, WEEE, EUP/ERP ...)

Produktbezogenes Umweltrecht betrifft in zunehmendem Maße Elektronikprodukte: In den vergangenen Jahren hat die Europäische Kommission mit den Richtlinien RoHS, WEEE und EuP/ErP nicht nur eine Reihe von Inhaltsstoffen (z. B. Blei, Cadmium, PBDE) erheblichen Beschränkungen unterworfen und Regeln für das Recycling von Elektroschrott implementiert, sondern mit der Ökodesign-Richtlinie auch einen umfassenden Prozess zur lebenszyklusbezogenen Produktoptimierung angestoßen. Die ErP-Richtlinie ist zudem mittlerweile eng verzahnt mit der Energieeffizienzkennzeichnung und dem EU Produkt-Umweltlabel.

Wir begleiten den gesetzgeberischen Prozess mit den erforderlichen technisch-ökonomischen Analysen und unterstützen Unternehmen bei der Entwicklung einer geeigneten Compliance-Strategie durch:

- Vorbereitungsstudien zum Ökodesign ausgewählter Produktgruppen für die Europäische Kommission
- Entwicklung von Konzepten zur recyclinggerechten Konstruktion und zur Bestimmung realer Recyclingraten
- Begutachtung von RoHS-Ausnahmeanträgen für die Europäische Kommission
- Schadstoffsubstitution in der Elektronik
- Identifizierung weltweiter Auswirkungen und Trends des produktbezogenen Umweltrechts
- Beratung von Unternehmen und Behörden im Bereich Konformität mit RoHS, WEEE und EuP/ErP
- Ökologische Produktoptimierung über die Anforderungen der Gesetzgebung hinaus

### Kontakt

Dr.-Ing. Otmar Deubzer  
E-Mail: [otmar.deubzer@izm.fraunhofer.de](mailto:otmar.deubzer@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 157

## ARBEITSGRUPPEN



Karsten Schischke

### Product Ecodesign and Circular Materials

E-Mail: [karsten.schischke@izm.fraunhofer.de](mailto:karsten.schischke@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 156



Dr. Lutz Stobbe

### Sustainable Networks and Computing

E-Mail: [lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de](mailto:lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 139



Dr.-Ing. Stefan Wagner

### Failure Mechanism and Technology Analysis

E-Mail: [stefan.wagner@izm.fraunhofer.de](mailto:stefan.wagner@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 609

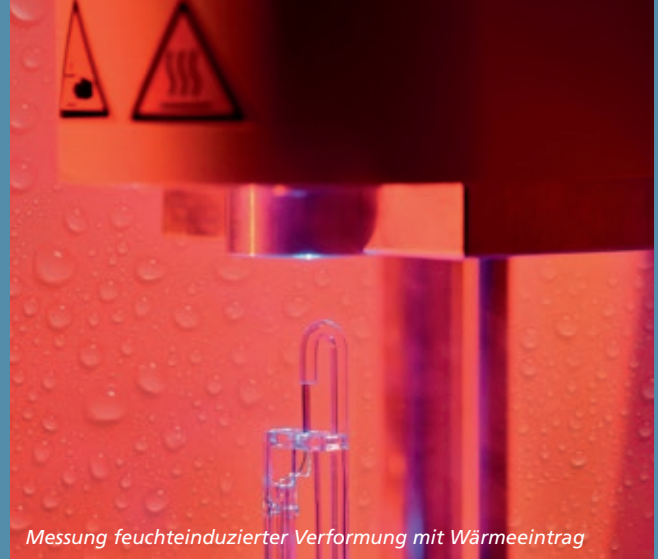


Dr.-Ing. Johannes Jaeschke

### System Analysis and Testing

E-Mail: [johannes.jaeschke@izm.fraunhofer.de](mailto:johannes.jaeschke@izm.fraunhofer.de)  
Tel.: +49 30 46403 223

# SERVICE & KONTAKT



Messung feuchteinduzierter Verformung mit Wärmeeintrag

## ELECTRONICS CONDITION MONITORING LAB

- Schwingungstests an elektronischen Baugruppen durch Anregung (Sinus, Rauschen, Schock) und in Kombination mit Feuchte und Temperaturbeanspruchung
- Berührungslose Schwingungsmessung für Designoptimierung, Schwachstellenanalyse und Fehlersuche
- Bestimmung der Funktionsgrenzen für Temperatur, Temperaturänderung und Vibration mittels HALT-Verfahren
- Schockprüfung und kontinuierliche Messung von Spitzenbeschleunigung, Impulsdauer und -form am Level Drop Tester

## THERMAL AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS LAB

- Wärmeflussoptimierung von Kühlkörpern und Wärmeverteilern im Windkanal und Evaluierung mittels dynamischer Fluidsimulation
- Bauteil- und Systemanalyse zur Bestimmung der Oberflächentemperaturen (Infrarot-Thermographie) und thermischen Widerstände (Transient Tester)
- Ermittlung des thermischen Widerstands und der Wärmeleitfähigkeit von Thermischen Interface-Materialien (Folien, Pasten, Kleber, Phase Change)
- Röntgenfluoreszenzanalyse für seltene Erden und weitere Metalle in mikroelektronischen Bauteilen
- Analyse der Demontagefähigkeit und Reparierbarkeit von elektronischen Produkten

## MICRO MATERIALS CHARACTERIZATION LAB

- Statische und dynamische Werkstoffprüfung über Zug, Druck, Biegung, Torsion
- DMA, mDMA, Nanoindentation
- Thermoanalytische Methoden (m) TMA
- Strukturanalysen (REM, FIB, EBSD; EDX)
- Durchbiegungsmessungen von Bauteilen (3D), 3D-Topografieanalysen AFM
- Bruchmechanische Untersuchungen, Werkstoffmodellierung (Molecular Dynamics)

## MOISTURE LAB

- Dilatometrische Quellungsanalyse
- Sorptionsanalyse
- Feuchte AFM, Moisture (m)DMA, mZug

## POWERLAB FÜR LEISTUNGSELEKTRONIK

- Aktive und passive Lastwechseltests für Leistungshalbleiter unterschiedlichster Bauformen und Technologien
- Kalibrierung der Sperrschichttemperatur und Parameterüberwachung für jede einzelne Probe
- Thermografische Überwachung während des laufenden Tests



### Fraunhofer IZM

Leitung: Prof. Klaus-Dieter Lang

Gustav-Meyer-Allee 25

13355 Berlin

Tel.: +49 30 46403 153

Fax: +49 30 46403 123

E-Mail: [info@izm.fraunhofer.de](mailto:info@izm.fraunhofer.de)

URL: <http://www.izm.fraunhofer.de>

### Abteilungsleitung

#### Environmental and Reliability Engineering



#### Dr.-Ing. Nils F. Nissen

Tel.: +49 30 46403 132

Fax: +49 30 46403 211

E-Mail: [nils.nissen@izm.fraunhofer.de](mailto:nils.nissen@izm.fraunhofer.de)



#### Dr.-Ing. Olaf Wittler

Tel.: +49 30 46403 240

Fax: +49 30 46403 211

E-Mail: [olaf.wittler@izm.fraunhofer.de](mailto:olaf.wittler@izm.fraunhofer.de)