



**HTV**



**Das Hochleistungszentrum  
für elektronische Komponenten**

# Langzeitlagerung elektronischer Komponenten als Bestandteil einer vorausschauenden Obsoleszenzstrategie – Risiken und Lösungen

20.03.2019, 13:45 - 14:30 Uhr

HTV GmbH / Dipl.-Ing. Holger Krumme



## Inhalt

- Kurzvorstellung HTV
- Obsoleszenz & Abkündigungssituation
- Alterungsprozesse & Risikofaktoren
- Langzeitkonservierung TAB<sup>®</sup>
- Vergleich der Lagerverfahren

## Firmenvorstellung HTV Firmengruppe

- **1986**  
Gründung der HTV als Testhaus durch Edbill Grote und Thilo Tröller
- **1989 - 2006**  
Vergrößerung der Nutzfläche auf ca. 6500 m<sup>2</sup> durch insgesamt vier Bauabschnitte
- **2009**  
Neues Hochsicherheits-Lagergebäude für die Langzeitkonservierung elektronischer Komponenten
- **2013**  
Erweiterung des Langzeit-Lagerungsgebäudes um 2 weitere Blöcke
- **2017**  
Ca. 170 Mitarbeiter



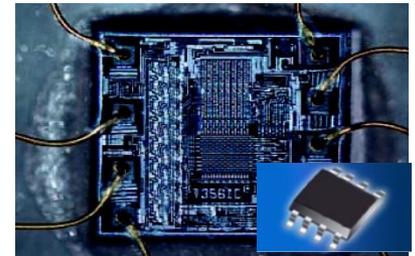
## Firmenvorstellung HTV Firmengruppe Tochterfirmen

### MAF / Frankfurt (Oder)

- Packaging / Häusen
- Wafer-Sägen
- Bonding von Dies

### Ertec / Erlangen

- In-Line Programmiersysteme
- Off-Line Programmiersysteme / Vollautomaten
- Huge Memory Flashing HMF®



## Firmenvorstellung HTV Dienstleistungen im Überblick

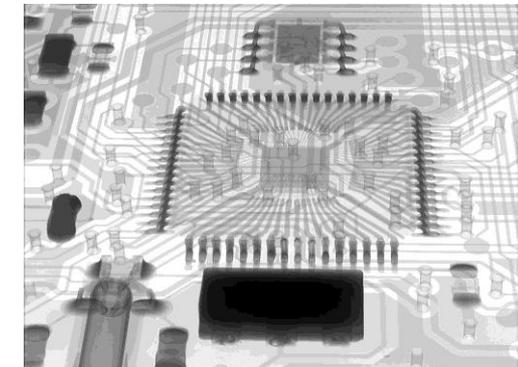
**Programmierung**  
**aller elektronischer Bauteile**  
(mehr als 750.000 Stück pro Tag)

**Testen**  
**elektronischer Bauteile**  
(Serientest, Qualifikationen, Datenblattprüfungen)

**Institut für Materialanalyse**  
**Analytik für elektronische Komponenten**  
z.B. Fehlerursachen-Analysen

**Langzeitkonservierung**  
**elektronischer Komponenten bis zu 50 Jahre!**

**HTV-Akademie**



## Firmenvorstellung HTV

### Studien & Forschungsarbeiten auf Kundenwunsch

Recherchen zur IT-Sicherheit elektronischer Bauteile:

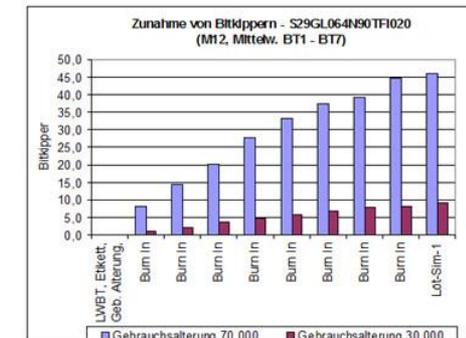
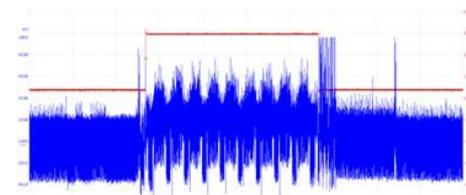
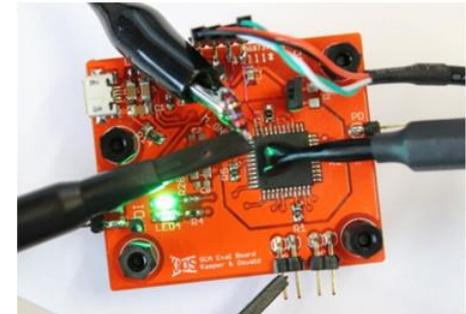
- Stand der Technik bei Mikrocontrollern / FPGAs

Entwicklung von DPA-Demonstratoren (IT-Security)  
(Differential power analysis):

- Mikrocontroller / FPGA:  
Entschlüsselung von AES128-Verschlüsselung  
mittels Auswertung des **Stromverbrauchs** und der  
**elektromagnetischen Abstrahlung**

Datensicherheit in Speichern:

- Analysen von Bitkippern während  
Alterungsversuchen





# Obsoleszenz & Abkündigungssituation

## Obsoleszenz & Abkündigungssituation Was ist Obsoleszenz?

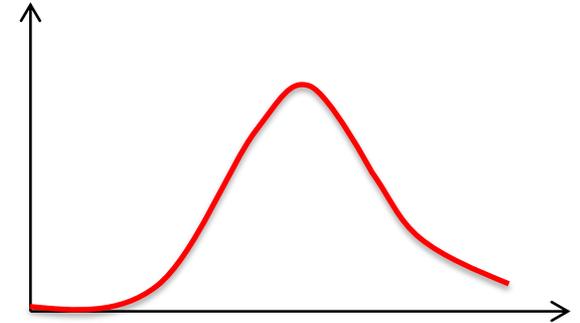
obsolet = veraltet

Obsoleszenz:

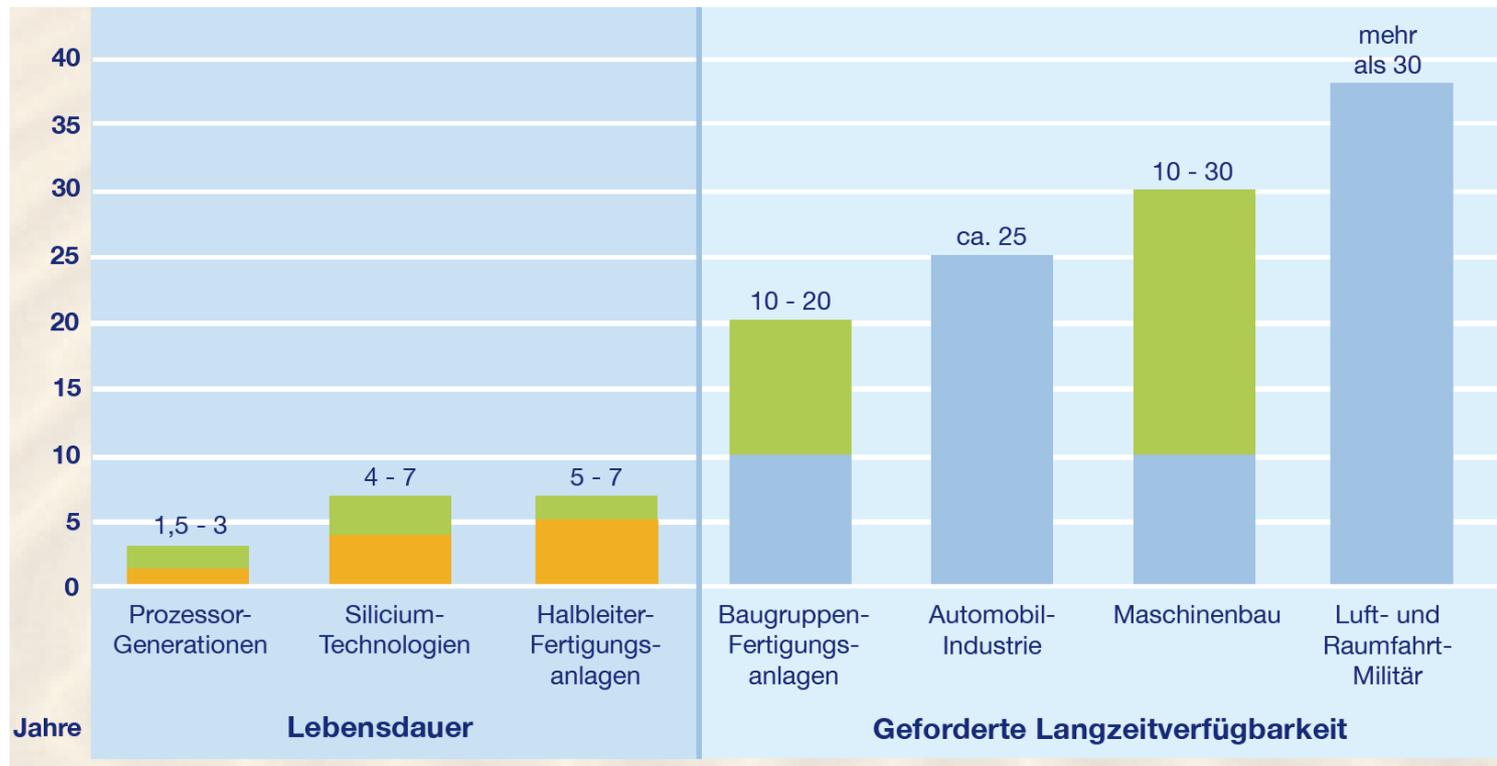
- Zustand eines Produktes am Ende seines Lebenszyklus
- Das Produkt ist vom Originalhersteller nicht mehr verfügbar.

Gründe für Obsoleszenz z.B.:

- Unwirtschaftlichkeit, mangelhafte Qualität
- Innovationen, Höhere Anforderungen an Hardware
- Gesetzliche Vorgaben (z.B. REACH oder RoHS)
- Marketingstrategie



## Obsoleszenz + Abkündigungssituation Langzeitverfügbarkeit: Situation und Brisanz



**Fazit: Abkündigung von Bauteilen vor Ende des Produktlebenszyklus!**

## Obsoleszenz + Abkündigungssituation Stufen des Obsoleszenz-Managements (OM)

**Fazit:**  
Die Langzeitlagerung ist wichtiger Bestandteil eines strategischen Obsoleszenz-managements!

### Reaktives OM:

Handlung, nachdem eine EOL\*-Meldung eingegangen ist

→ erhöhtes Risiko

### Maßnahmen:

- Last-Time-Buy
- **Langzeitlagerung**
- After-Market-Supply
- Redesign
- ...

### Proaktives OM:

Handlung, bevor eine EOL\*-Meldung eintrifft  
→ frühzeitige Warnung

→ langer Handlungszeitraum

### Maßnahmen:

- Risikobewertung der Bauteile
- Lifecycle-Analysen von Stücklisten bereits in der Entwicklungsphase
- Partnerschaften und Verträge mit Herstellern und Lieferanten
- Elektronische Überwachung von Schlüsselkomponenten
- Regelmäßige Abstimmung mit Kunden
- ...

**+ Reaktives OM**

### Strategisches OM:

Langzeitstrategie: regelmäßiger Forecast und Kostenanalyse über den kompletten Lebenszyklus, bereits in der Entwicklungsphase

→ vorausschauende Handlung

### Maßnahmen:

- Second-Source-Strategie
- Management der Lagerbestände
- Entwicklung eines nachhaltigen Designs
- Frühzeitige Entwicklung eines Alternativdesigns
- ...

**+ Reaktives OM**  
**+ Proaktives OM**

# Alterungsprozesse & Risikofaktoren

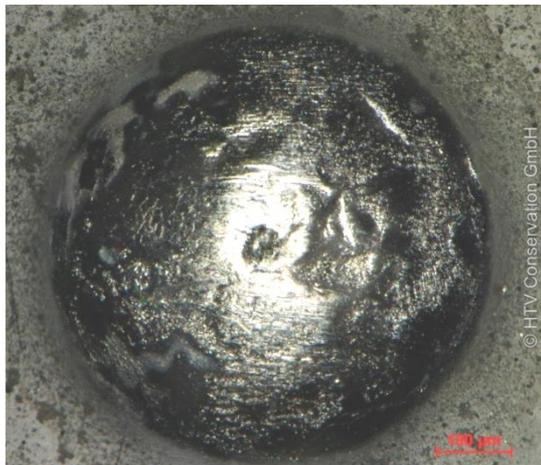
## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Warenzustand

Defekte Bauteile:

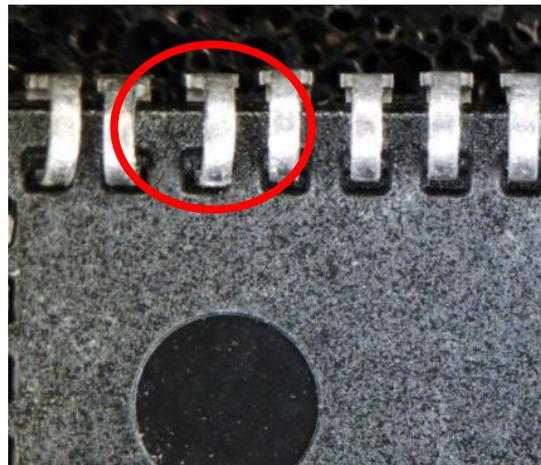
- **Pinfails**, fehlende oder deformierte BGA-Balls
- **Risse** oder sonstige **Beschädigungen** am Gehäuse
- **Elektrische Funktion** nicht oder nur eingeschränkt vorhanden

Warenzustand  
dokumentieren

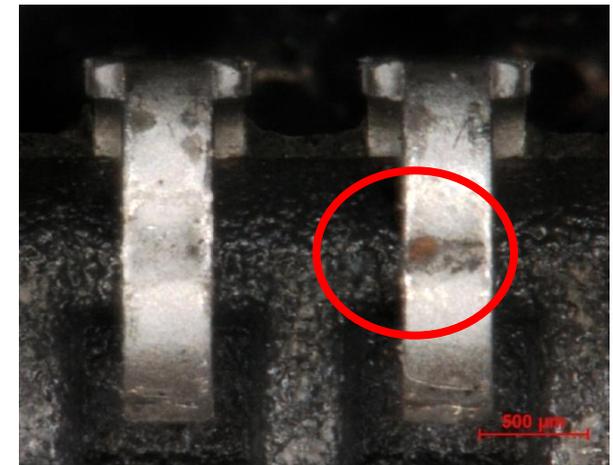
Inhomogene Oberfläche



Pinfails



Durchscheinen v. Kupfer



## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Langzeitlagerung - Risiken

### Risiken:

- Mangelhafte Dokumentation
- Falsche Lagerdimensionierung
- Bauteil defekt (mech.): Vibration, Schock (z. B. Transport)
- Bauteil defekt (elektr.): ESD/EOS-Schaden
- Bauteil manipuliert oder mangelhafte Qualität
- **Umgebungsbedingungen:**  
**Feuchtigkeit, Sauerstoff, und Temperatur,**  
Ausgasung von Schadstoffen, Licht, UV, Staub

### Alterungsprozesse (äußere und innere Alterung):

- Korrosion, Oxidation, intermetallische Phasen, Whisker, Zinnpest, innere Diffusion
- Alterung von Kunststoffen



## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Wie kann Alterung analysiert werden?

- Lichtmikroskopie
- Mikroschliffe
- Rasterelektronenstrahlmikroskopie
- Materialbestimmung mittels Röntgenspektroskopie
- Schichtdickenmessungen
- Nanoindentation (Eindringprüfung)
- Lötbarkeitstests
- Röntgeninspektion
- Elektrische Tests
- Schertests
- ...

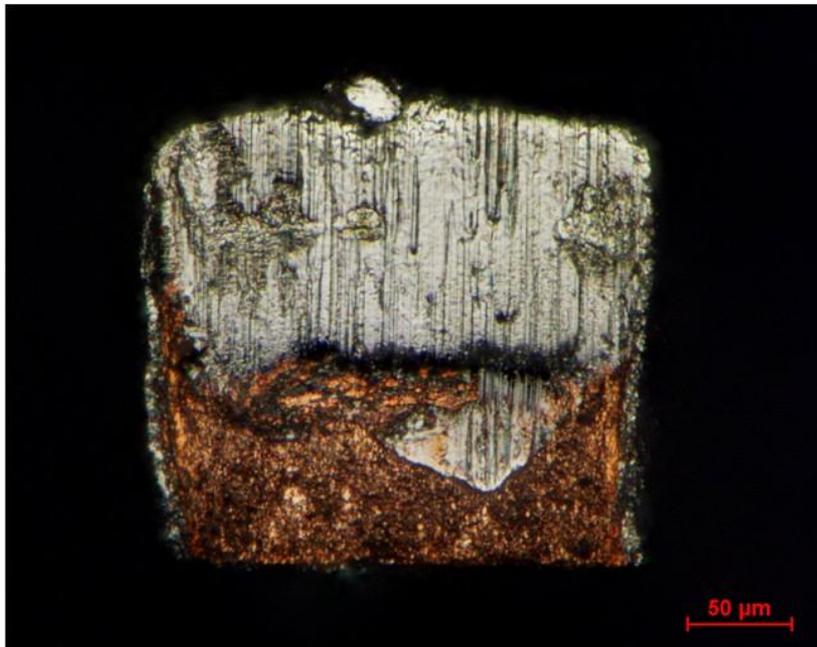


## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Alterung durch Oxidation/Korrosion

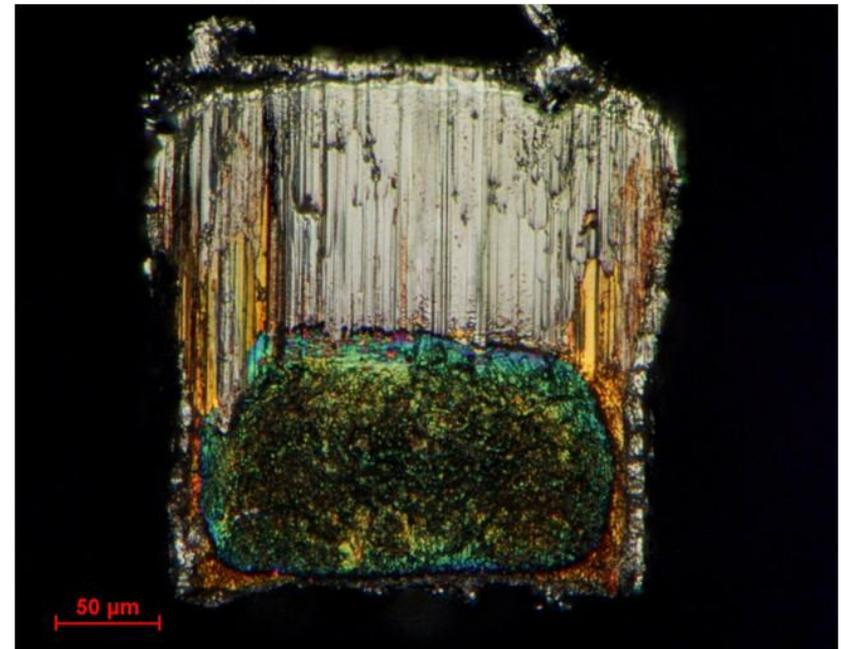
Ausgangszustand der Ware vor der Lagerung:



Frische Stanzkante, keine  
Oxidation/Korrosion



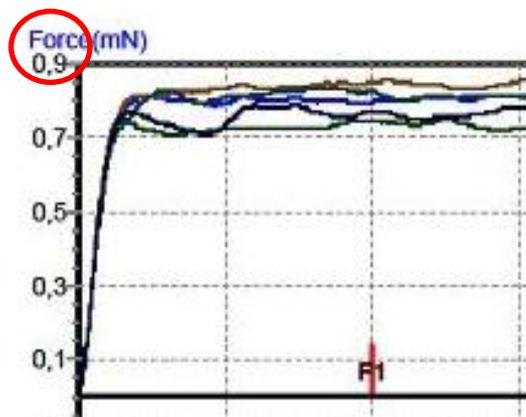
Korrodierte Stanzkante, deutliche  
Verfärbung der Oberfläche



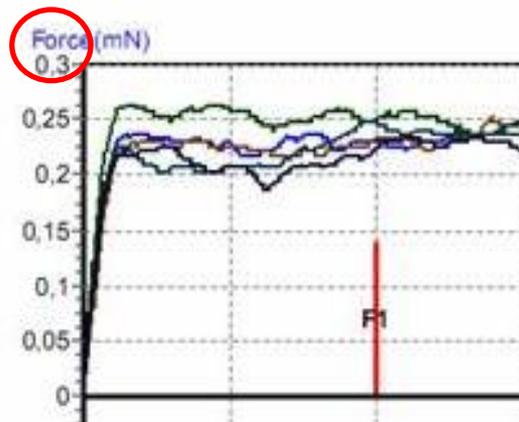
## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Auswirkung von Oxidationsprozessen

Beispiel: Benetzungstest an QFP100 Bauteilen über  
3 Jahre Standard-Drypack-Lagerung

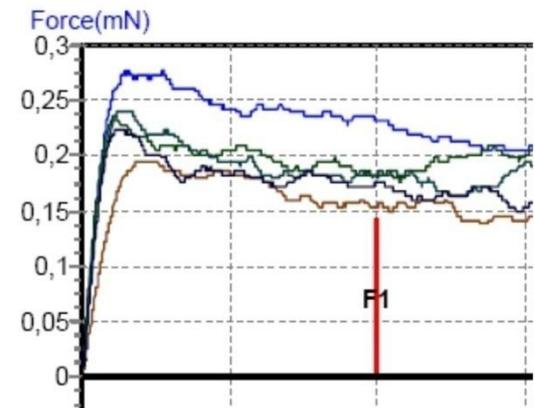
Oxidation  
verhindern



Start



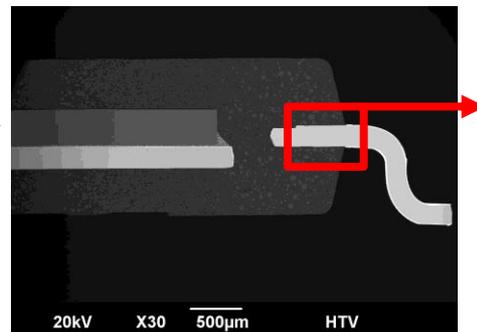
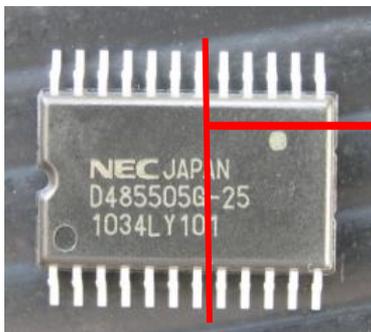
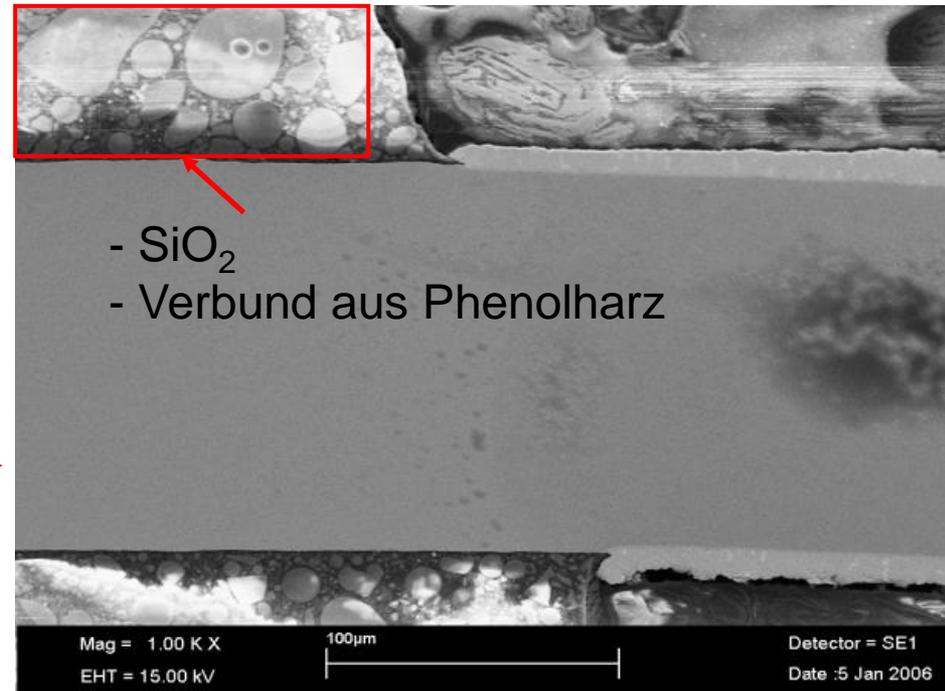
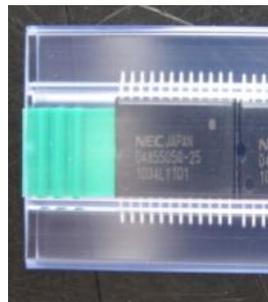
1,5 Jahre



3 Jahre

**Folge: Reduktion der Benetzbarkeit nach 3 Jahren um ca.  
75% aufgrund von Oxidation!**

## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Auswirkung von Ausgasungen

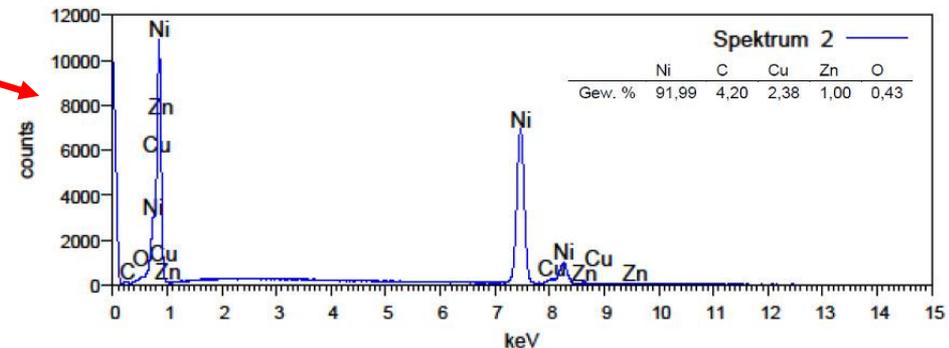
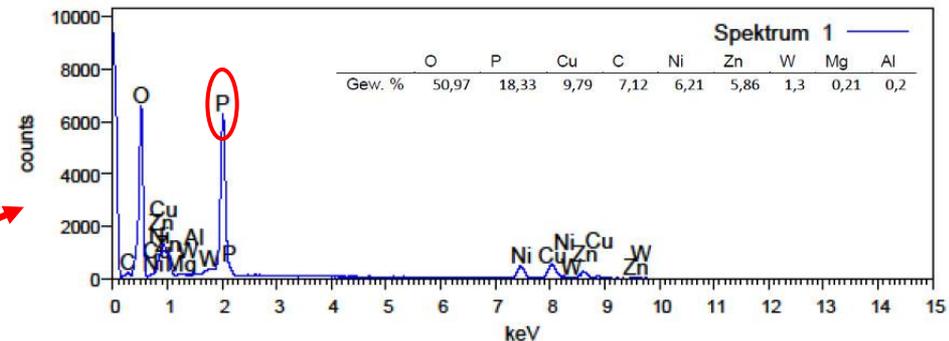
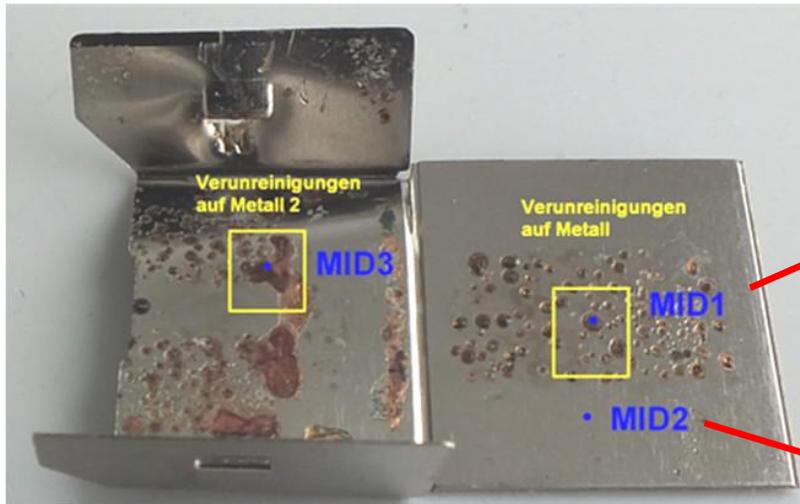


- Weichmacher, Flammschutzmittel und Lösungsmittel gasen aus!
- Folge: Korrosionseffekte

## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Auswirkung von Ausgasungen

Beispiel: Verunreinigungen in Steckverbinderbuchsen

Ausgasungen  
absorbieren



**Flammschutzmittel**, Weichmacher  
und Lösungsmittel gasen aus!

**Folgen:** Korrosionseffekte

## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Absorption von Schadstoff-Ausgasung

Probe 1: Standard-Folienbeutel **ohne Bauteile** nach **3 Jahren**:

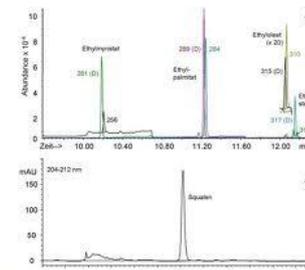
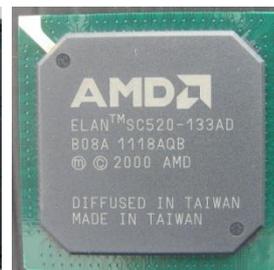
→ **sehr geringe Belastung** des HTV-Absorbermaterials

Probe 2: Standard-Folienbeutel mit **BGA-Bauteilen** (750Stk (Tray)) nach **2 Monaten**:

→ **geringe Belastung** des HTV-Absorbermaterials (Alkane; aromatische Kohlenwasserstoffe)

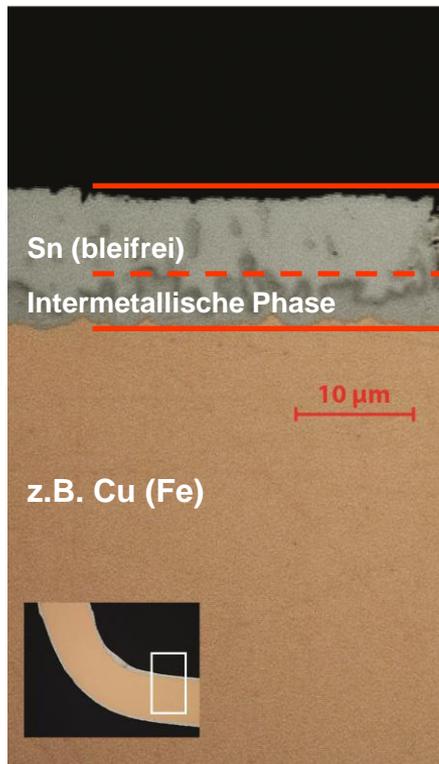
Probe 3: Standard-Folienbeutel mit **BGA-Bauteilen** (750Stk (Tray)) nach **3 Jahren**:

→ **hohe Belastung** des HTV-Absorbermaterials (aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Toluol, Ethylbenzol, Xylole, Styrol))

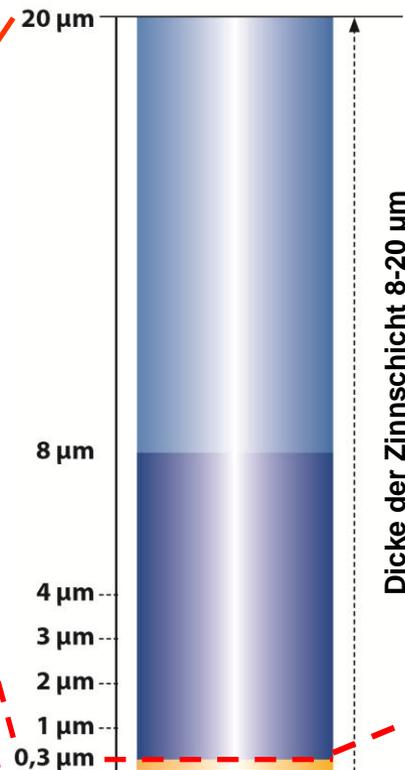


## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse als Indikator der Alterung

Beispiel:  
Zinnbeschichtung  
eines Bauteilpins



bis ca.  
2003



### INTERMETALLISCHES PHASENWACHSTUM

Bei Umgebungstemperatur: ca. 1 µm/Jahr

Phasenwachstum durch Alterung



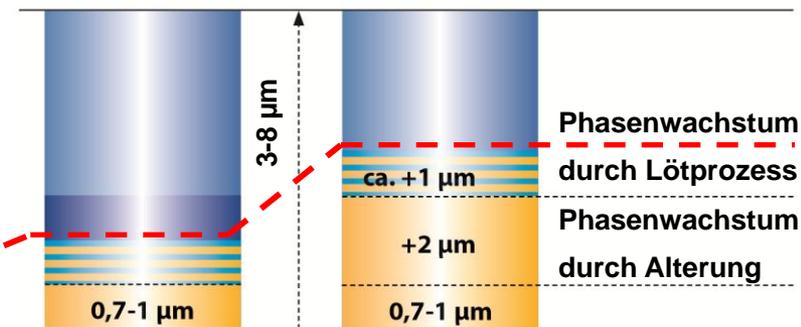
Phasenwachstum durch Lötprozess



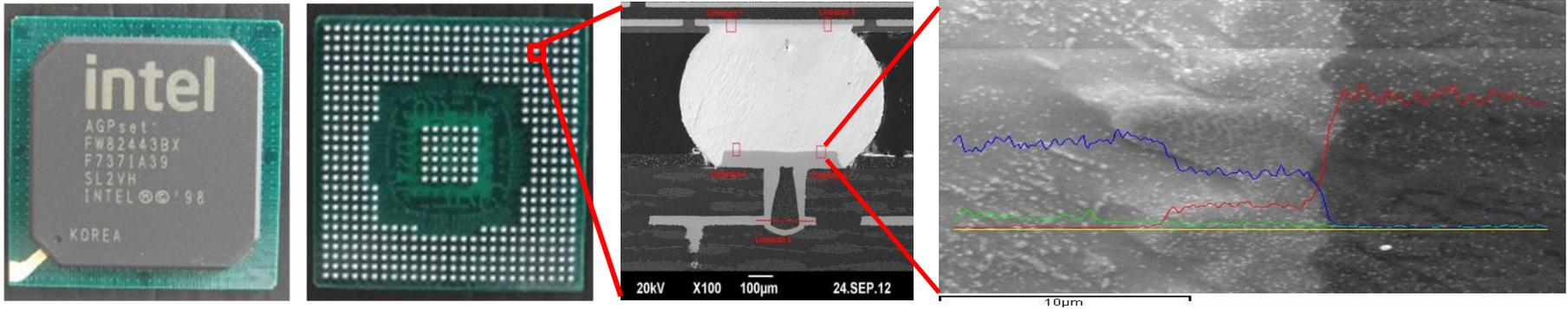
nach ca. 2003  
(Umstellung bleifrei/ROHs)

Auslieferungszustand

Nach 2 Jahren



## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse

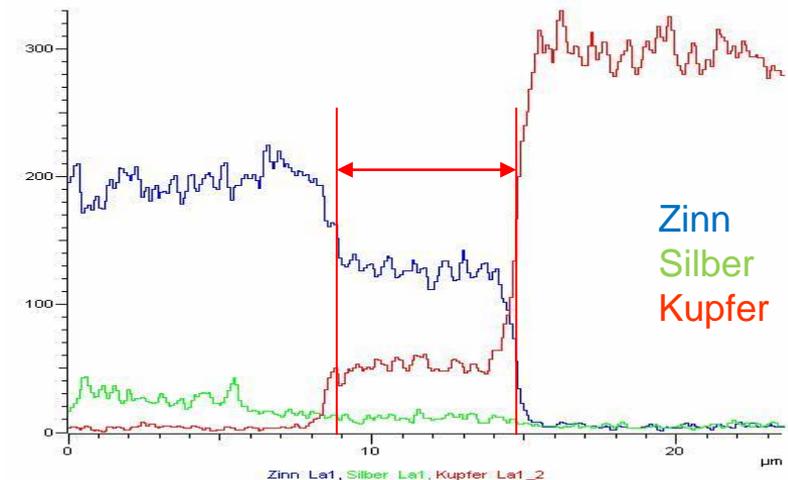


### Analyse:

- Linescan mit EDX

### Indikator der Alterung:

- Ausbildung der intermetallischen Phase

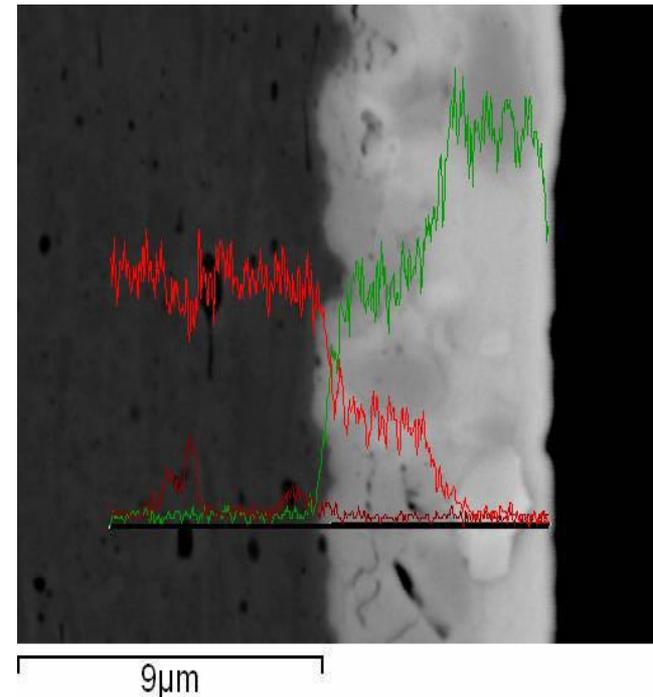
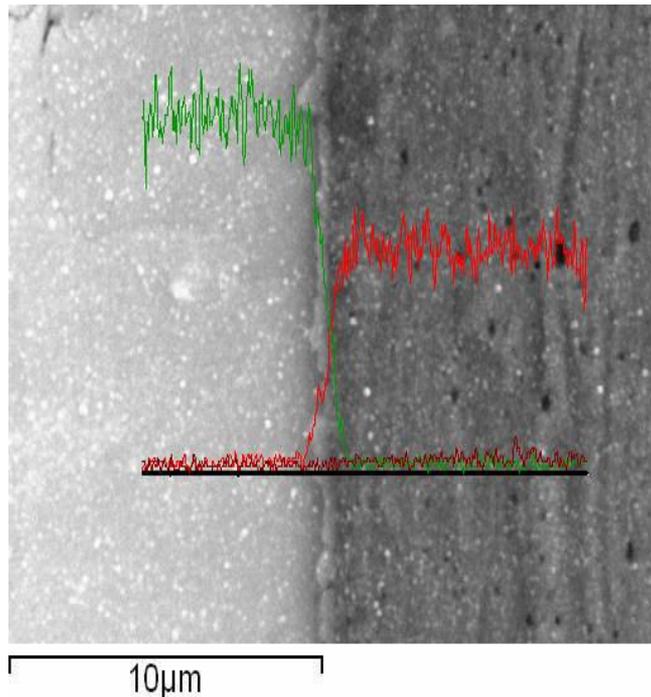


## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse

Diffusion  
reduzieren

- Wachstum der intermetallischen Phase – Indikator der Alterung

**Positivbeispiel:** Int.m. Phase: bis 1,10  $\mu\text{m}$     **Negativbeispiel:** Int.m. Phase: >4,3  $\mu\text{m}$



Kupfer  
Eisen  
Zinn

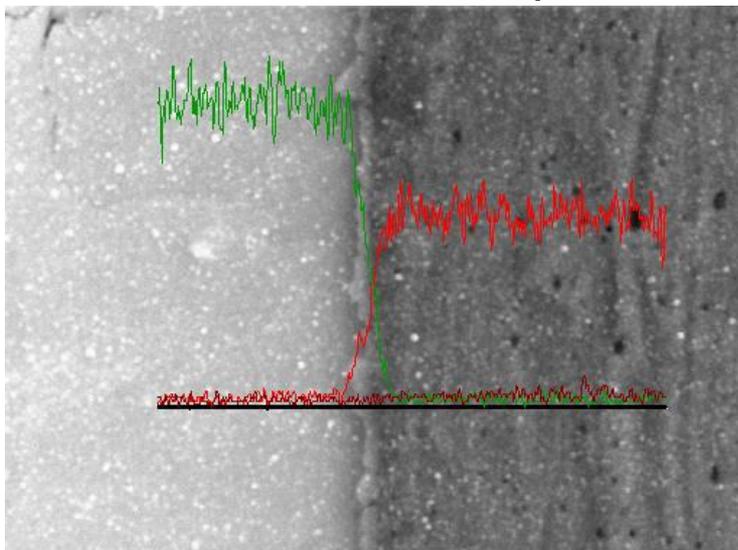
## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse

Diffusion  
reduzieren

- Wachstum der intermetallischen Phase – Indikator der Alterung

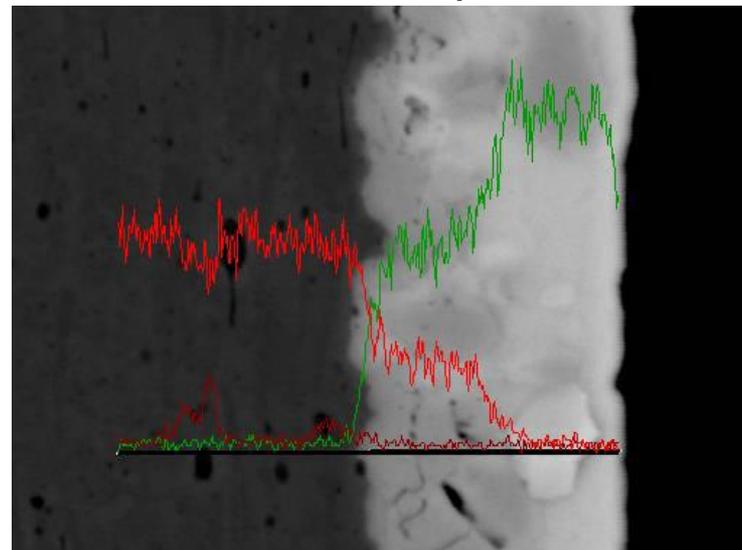
Positivbeispiel:

Int.m. Phase: bis 1,10  $\mu\text{m}$



Negativbeispiel:

Int.m. Phase:  $>4,3 \mu\text{m}$



– Kupfer  
– Eisen  
– Zinn

## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Innere Alterung auf Chipebene

Beinträchtigung der elektrischen Zuverlässigkeit:

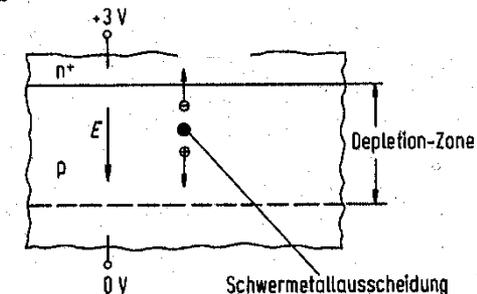
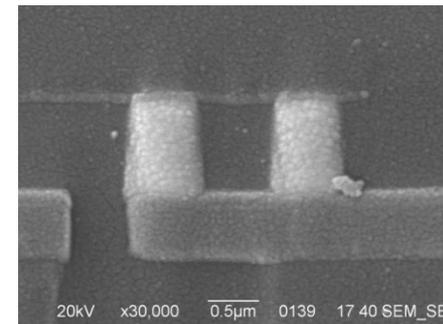
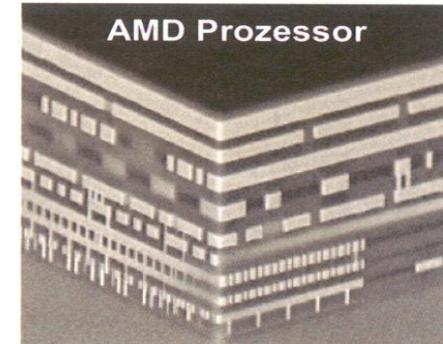
Verunreinigungen:

- Ionen - Umverteilungen bei Umgebungstemperatur
  - Verunreinigungen (z.B. Schwermetalle) generieren Ladungsträger
  - Reduzierte Spannungsfestigkeit von Gateoxiden
  - Diodenleckströme

Ladungsträgerausgleich:

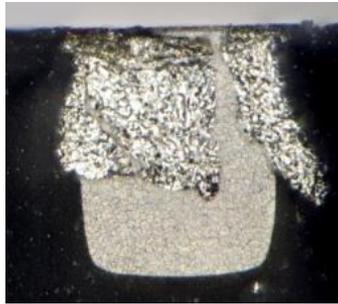
- Delokalisierung von Atomen durch zunehmende Potentialtiefe
- „Tunneln“ zwischen Potentialmulden,
- Potentialbarrieren durch Ladungsträgerausgleich
- Silizium reagiert mit AL-Kontaktmetallisierung

Miniaturisierung, Ausdehnungskoeffizienten



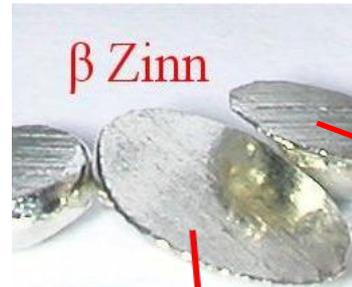
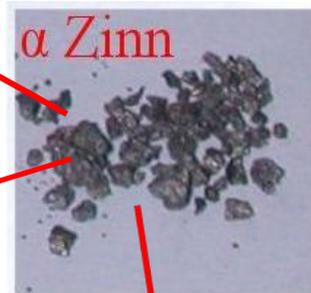
## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Kritische Nebeneffekte: Zinnpest

Zinnpest  
verhindern

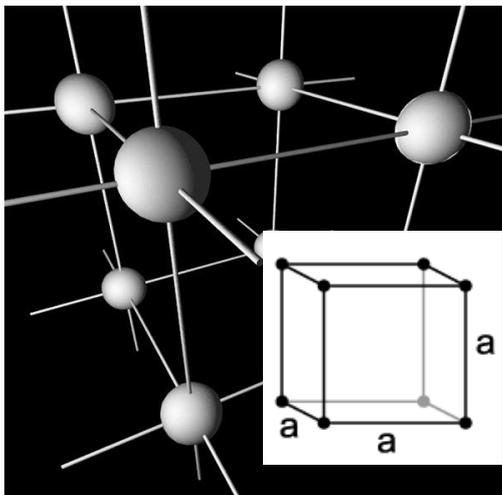


QFN  
Bauteil

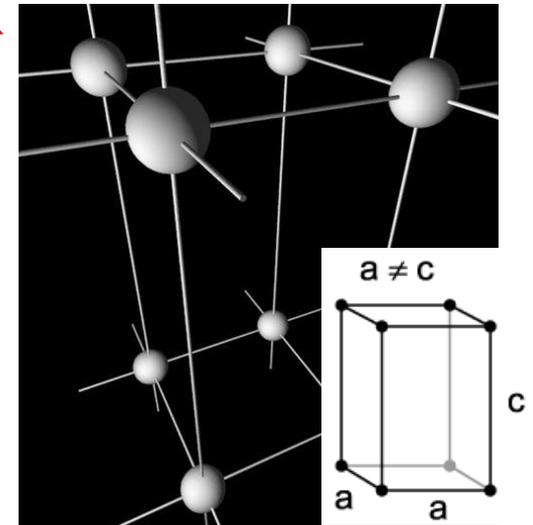
Zinnpest tritt bei bleifreien Loten unterhalb von  $13^{\circ}\text{C}$  auf.  
 $\beta$ -Zinn zerfällt in  $\alpha$ -Zinn (graues Pulver)



Kubisches Kristallgitter



Tetragonales Kristallgitter



## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Alterung von Kunststoffen

Änderung der makroskopischen Eigenschaften

- Glasübergangstemperatur ( $T_g$ )
- Dichte
- Mechanische Eigenschaften (Härte, ...)
- Elektrische Eigenschaften (Durchschlagsfestigkeit, Oberflächenwiderstand, ...)

Beeinflussung der Verarbeitbarkeit der Bauteile durch Adsorption der ausgasenden Stoffe auf den Kontaktflächen

## Alterungsprozesse & Risikofaktoren Risikofaktoren bei Baugruppen und Geräten

- Kapazitätsverluste von Kondensatoren
- Datenverluste von Speicherbausteinen
- Zuverlässigkeit von Lötverbindungen
- Oxidation von Steckverbindern
- Oxidation von Relaiskontakte
- Drift von Operationsverstärkern
- Alterung von Optokopplern
- Drift von Analog-/Digital-Wandlern
- ...





## Alterungsprozesse & Risikofaktoren

### Fazit

- Die Komplexität der verschiedenen Alterungsmechanismen und Technologien zeigt die **Notwendigkeit einer umfassenden Eingangsanalyse** aber auch der **Überwachung des Zustandes während des Lagerprozesses!**
- Die Aspekte und **Methoden** bei der Überwachung elektronischer Komponenten in der Langzeitlagerung sind **abhängig von der Komplexität** dieser Produkte.

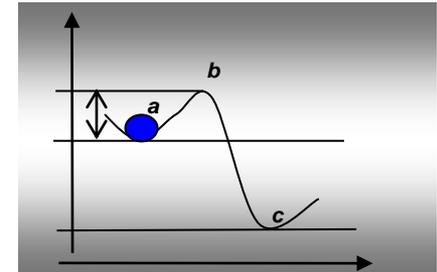
HTV-Langzeitkonservierung nach dem

## TAB<sup>®</sup> - Verfahren – Thermisch absorptive Begasung

**Langzeitverfügbarkeit durch drastische  
Reduktion der Alterungsprozesse!**

## TAB<sup>®</sup> -Langzeitkonservierung Verfahren

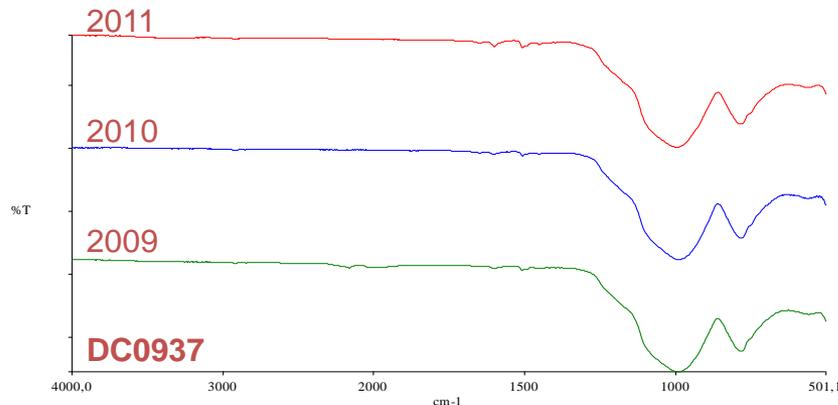
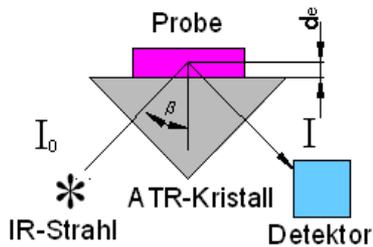
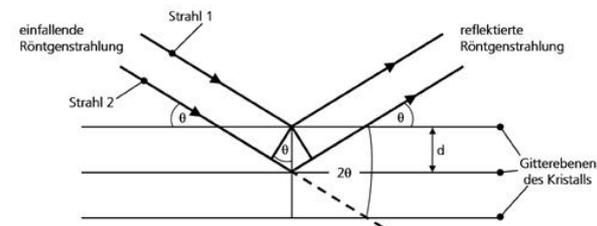
- Drastische **Minimierung der Aktivierungsenergie** durch **Temperaturreduktion**
- Drastische **Minimierung der Diffusionseffekte** auf dem Chip und den Bauteilanschlüssen
- **Absorption von Schadstoffen** die zu Korrosion führen
- Beherrschung kritischer Nebeneffekte (z. B. Zinnpest) bei der Lagerung durch jahrzehntelange Forschung und abgestimmte Verfahren.
- **Konservierende Atmosphäre**



**Lagerung z. Z. bis zu 50 Jahren möglich durch materialspezifische Kombinatorik unterschiedlicher Verfahren**

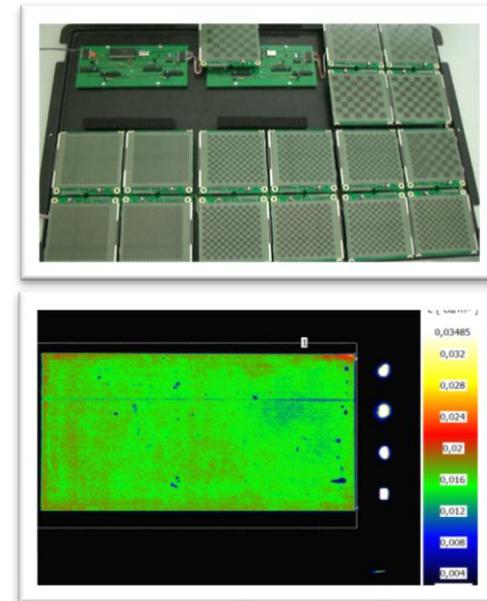
## TAB<sup>®</sup> -Langzeitkonservierung Überwachung der Materialien

- Überwachung der **Zinnpest** mittels komplexer Analysemethoden der Kristallstruktur durch:
  - Röntgendiffraktometrie (XRD)
  - Electron backscatter diffraction (EBSD)
- Überwachung der **organischen Materialien** (FTIR)



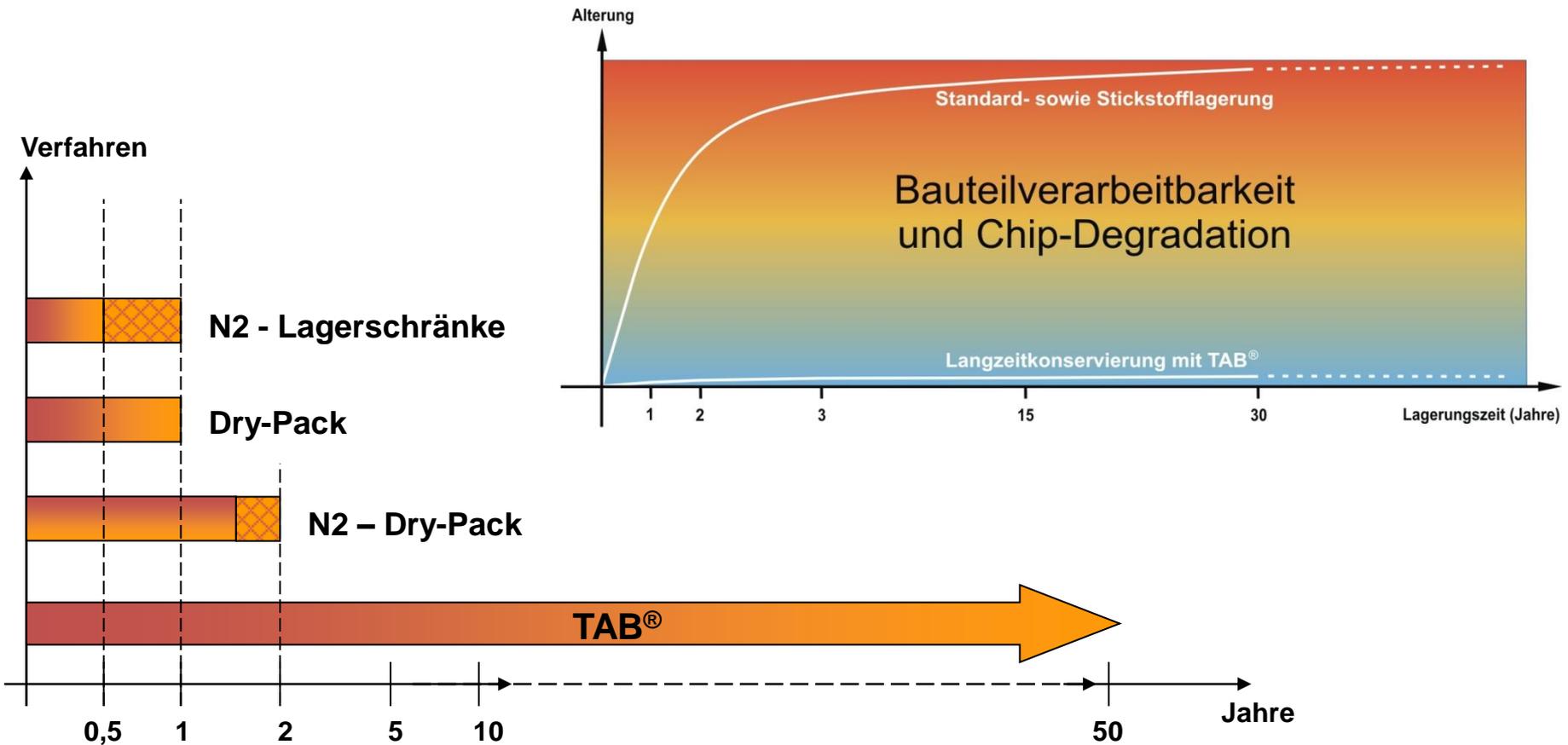
## TAB<sup>®</sup> -Langzeitkonservierung Zyklische Überprüfung bei Baugruppen und Geräten

- Zuverlässigkeitsbetrachtung und Risikobewertung
- Mechanische Kontrollen  
(Spannungen, Risse, Whisker, ...)
- Simulationen und Abgleich (HW + SW)
- Re-Programmierung
- Bestromung und Regeneration
- Elektrischer Test:
  - Drift- und Funktionskontrollen
  - Kennlinien, Parameter (Datenblatt), Leckstrom
- Überwachung optischer Parameter:
  - Wellenlänge, Farbort, Leuchtdichte, Kontrast, Reaktionszeit, Emissionsspektrum



# Langzeitkonservierung und -lagerung

## TAB<sup>®</sup> -Langzeitkonservierung Vergleich von Lagerverfahren



## TAB® -Langzeitkonservierung

### Hochsicherheitsgebäude

- Panzerverglasung aller Fenster inkl. äußerer Alarmscheibe
- Einbruchsgesicherte Zugänge
- Aufschaltung der Alarm- und Feuermeldung auf den Wachdienst
- Zeitgesteuerte Zugangsüberwachung außerhalb der Arbeitszeiten.
- Elektronische Zugangskontrollen während der Arbeitszeit
- Feuerwehr in 300m Entfernung
- **Spezielle brandverhindernde Atmosphäre**
- **Business Continuity Plan**



## Vergleich der Lagerungsverfahren

Risiken	N2 Dry-Pack		Korrosionsschutz-Folie		HTV-TAB®	
	Wirkung	Bewertung	Wirkung	Bewertung	Wirkung	Bewertung
<b>Diffusion (Alterung)</b>	unverändert	--	unverändert	--	drastisch reduziert & zyklisch überwacht	+
<b>Feuchte</b>	reduziert	-	unverändert	--	spezifisch reduziert & kontrolliert	+
<b>Sauerstoff</b>	reduziert	-	unverändert	--	sauerstofffreie & konservierende Atmosphäre	+
<b>Schadstoffe:</b>						
• Korrosive Gase	unverändert	--	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	-	absorbiert	+
• Schwefel-Wasserstoff	unverändert	--	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	-	absorbiert	+
• Schwefeldioxid	unverändert	--	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	-	absorbiert	+
• Chlorgase	unverändert	--	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	-	absorbiert	+
• Lösemittel	unverändert	--	unverändert	--	absorbiert	+
• Additive	unverändert	--	unverändert	--	absorbiert	+
• Ammoniak	unverändert	--	unverändert	--	absorbiert	+
<b>Zinnpest</b>	nicht überwacht	--	nicht überwacht	--	erforscht & überwacht	+
<b>Whisker</b>	nicht überwacht	--	nicht überwacht	--	überwacht	+

# Langzeitkonservierung und -lagerung

## TAB® -Langzeitkonservierung – Vergleich von Lagerverfahren

Risiken	N2 Dry-Pack		Korrosionsschutz-Folie		HTV-TAB®	
Prozesskontrolle	nicht überwacht	--	nicht überwacht	--	überwacht	+
Regelmäßige Warenanalyse	nicht vorhanden	--	nicht vorhanden	--	vorhanden	+
Sicherheit	undefiniert	-	undefiniert	-	Hochsicherheitslager	+



Geeignet für:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischenlagerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metallische Komponenten</li> <li>• Transport</li> <li>• Zwischenlagerung</li> </ul>
		<b>Langzeitlagerung elektronischer und mechanischer Komponenten für bis zu 50 Jahre</b>

## TAB<sup>®</sup> -Langzeitkonservierung

### Ablauf der LZK / Optimierung der Lagerungsparameter



Vielen Dank!

Fragen?



**Test**  
Test services

**Bauteilprogrammierung**  
Component programming

**Langzeitkonservierung**  
Long-Term Conservation

**Analytik**  
Analytics

**Bauteilbearbeitung**  
Component processing

**Weitere kreative Dienstleistungen**  
Further creative services



## Quellen

[1] Xilinx: Device Package User Guide - UG112 (v3.7) September 5, 2012