



HTV



**Das Hochleistungszentrum
für elektronische Komponenten**

Langzeitkonservierung und -lagerung elektronischer Komponenten als Bestandteil einer vorausschauenden Obsoleszenzstrategie Risiken und Lösungen

Dipl.-Ing. Holger Krumme

Inhalt

- Kurzvorstellung HTV
- Obsoleszenz & Abkündigungssituation
- Alterungsprozesse & Risikofaktoren
- Langzeitkonservierung TAB[®]
- 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 m² 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

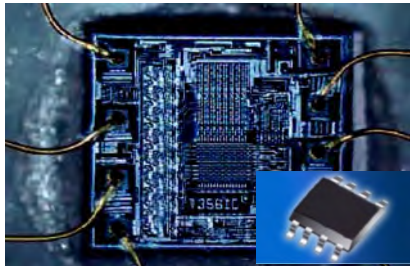


Firmenvorstellung HTV Firmengruppe Tochterfirmen

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

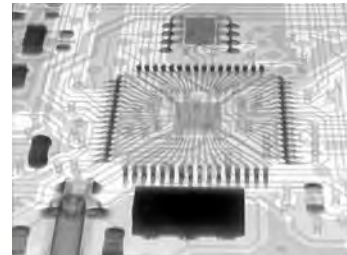
Analytik für elektronische Komponenten

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

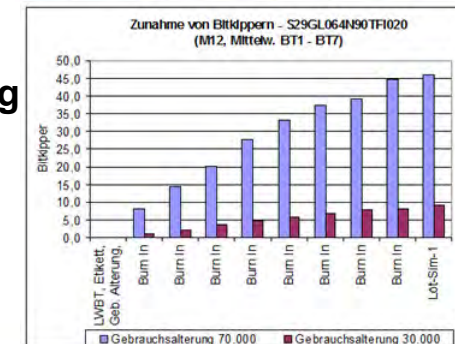
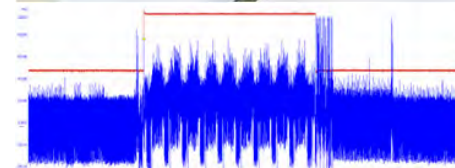
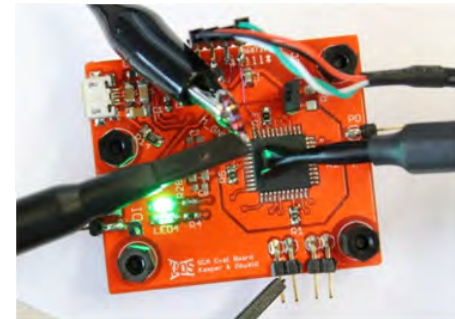
Entwicklung von DPA-Demonstratoren (IT-Security)

(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

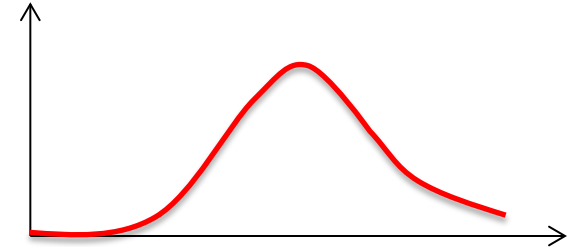
Obsoleszenz & Abkündigungssituation

Was ist Obsoleszenz?

obsolet = veraltet

Obsoleszenz:

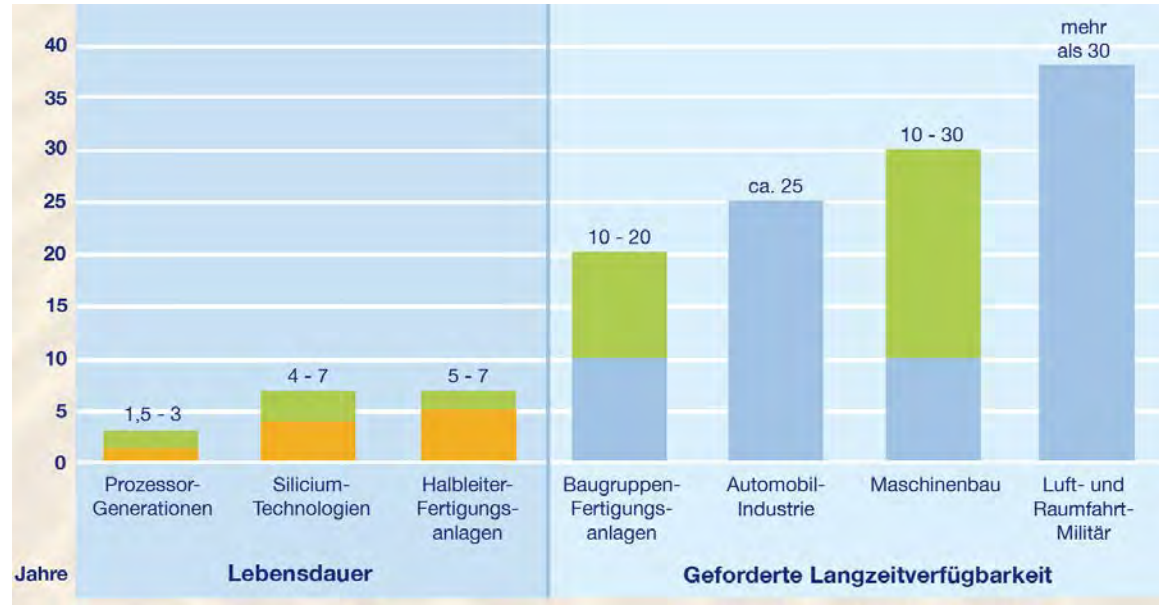
- Zustand eines Produktes am Ende seines Lebenszyklus
- Das Produkt ist vom Originalhersteller nicht mehr verfügbar.



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:	Proaktives OM:	Strategisches OM:
Handlung, nachdem eine EOL*-Meldung eingegangen ist → erhöhtes Risiko	Handlung, bevor eine EOL*-Meldung eintrifft → frühzeitige Warnung → langer Handlungszeitraum	Langzeitstrategie: regelmäßiger Forecast und Kostenanalyse über den kompletten Lebenszyklus, bereits in der Entwicklungsphase → vorausschauende Handlung
Maßnahmen:	Maßnahmen:	Maßnahmen:
<ul style="list-style-type: none">• Last-Time-Buy• Langzeitlagerung• After-Market-Supply• Redesign• ...	<ul style="list-style-type: none">• 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	<ul style="list-style-type: none">• Second-Source-Strategie• Management der Lagerbestände• Entwicklung eines nachhaltigen Designs• Frühzeitige Entwicklung eines Alternativdesigns• ... + Reaktives OM + Proaktives OM

aus ZVEI: Obsoleszenz-Management

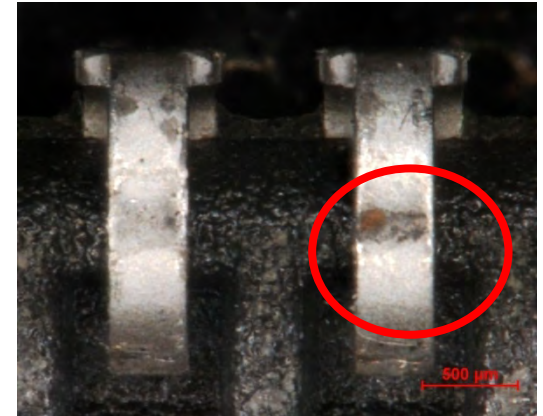
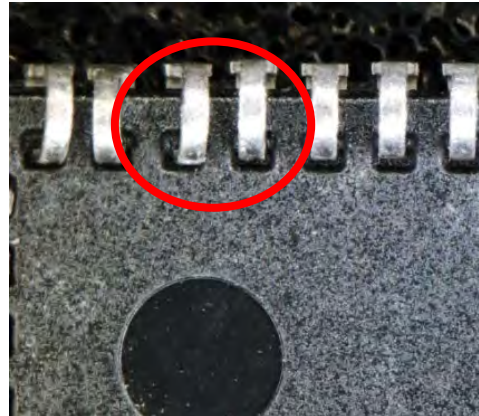
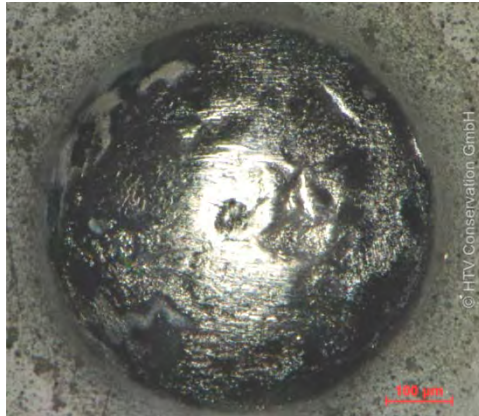
Alterungsprozesse & Risikofaktoren

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



Alterungsprozesse & Risikofaktoren

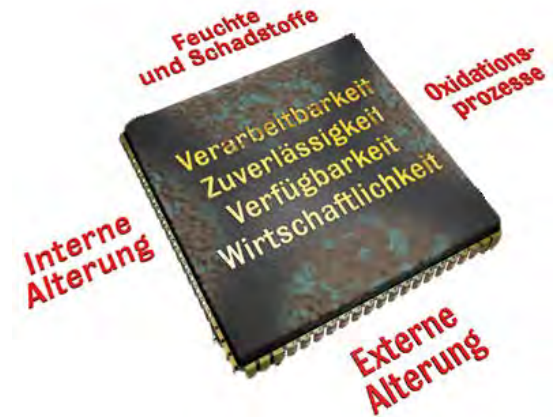
Risiken:

- 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
reduzieren



Alterungsprozesse & Risikofaktoren Wie kann Alterung analysiert werden?

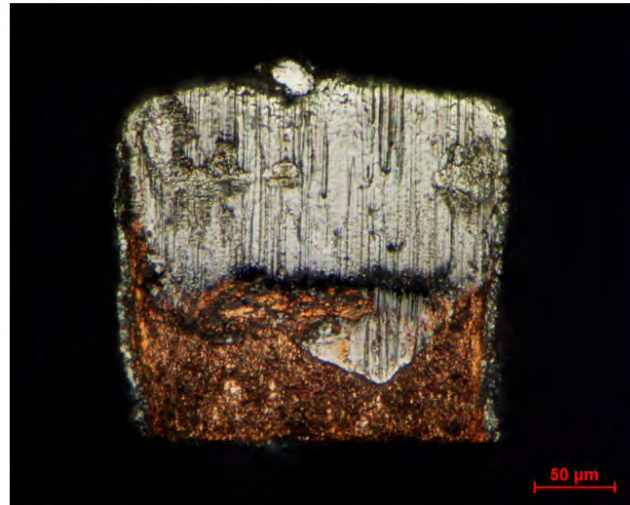
- Lichtmikroskopie
- Mikroschliffe
- Rasterelektronenstrahlmikroskopie
- Materialbestimmung mittels Röntgenspektroskopie
- Schichtdickenmessungen
- Nanoindentation (Eindringprüfung)
- Lötbarkeitstests
- Röntgeninspektion
- Elektrische Tests
- Schertests
- ...



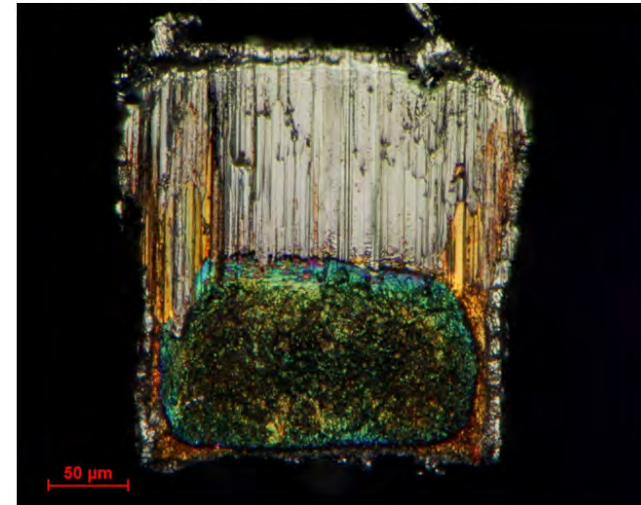
Alterungsprozesse & Risikofaktoren Alterung durch Oxidation/Korrosion

Ausgangszustand der Ware vor der Lagerung:

Frische Stanzkante, keine
Oxidation/Korrosion



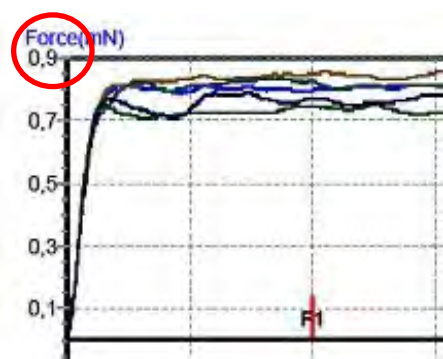
Korrodierte Stanzkante, deutliche
Verfärbung der Oberfläche



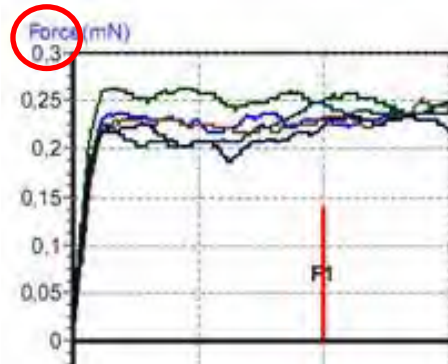
Oxidation
verhindern

Alterungsprozesse & Risikofaktoren Auswirkung von Oxidationsprozessen

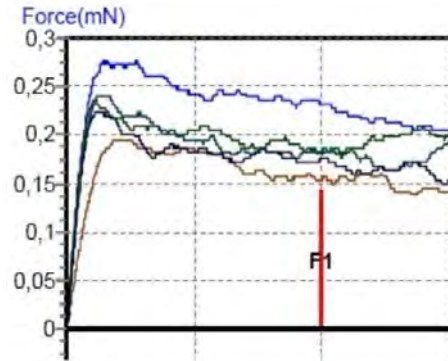
Beispiel: Benetzungstest an QFP100 Bauteilen über 3 Jahre Standard-Drypack-Lagerung



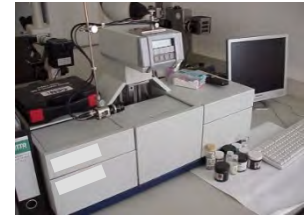
Start



1,5 Jahre



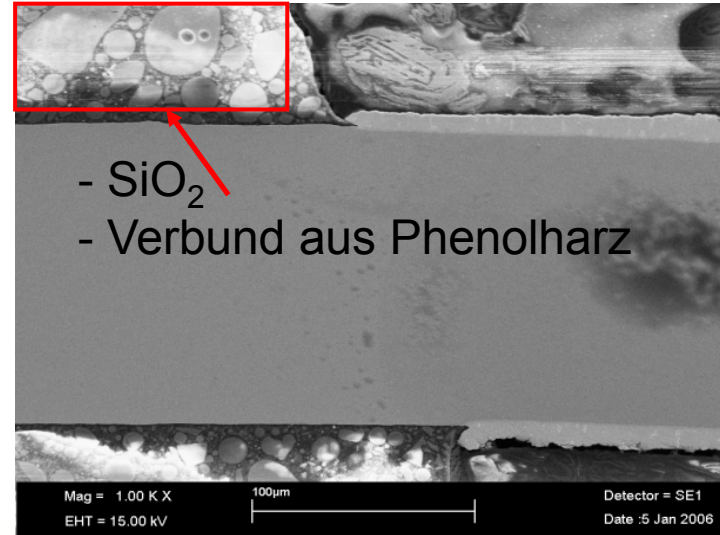
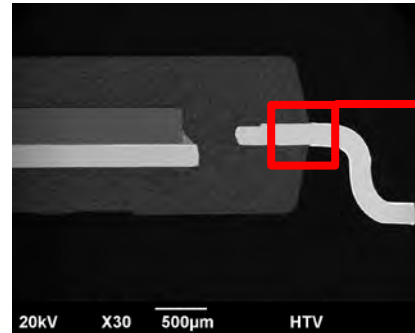
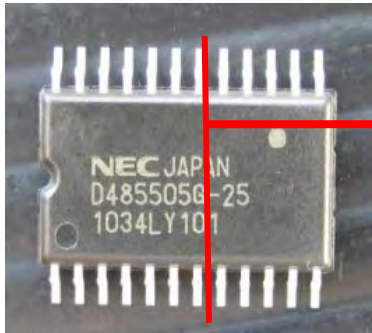
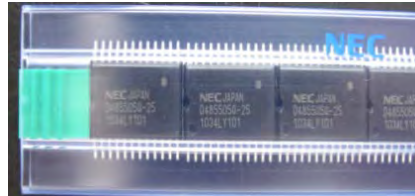
3 Jahre



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

Alterungsprozesse & Risikofaktoren Auswirkung von Ausgasungen

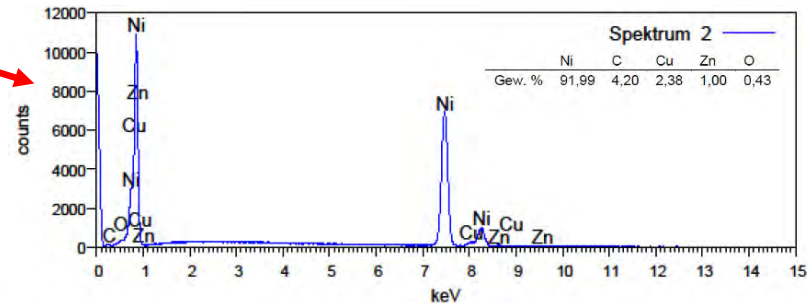
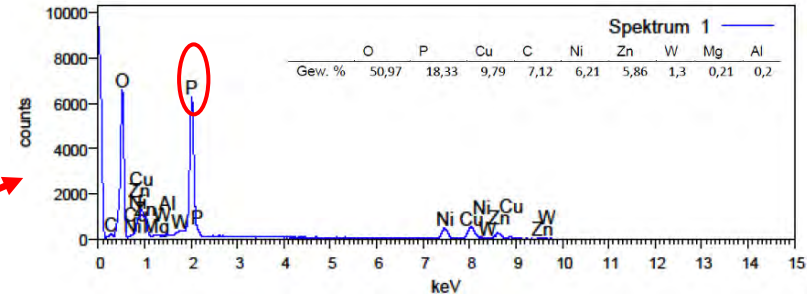
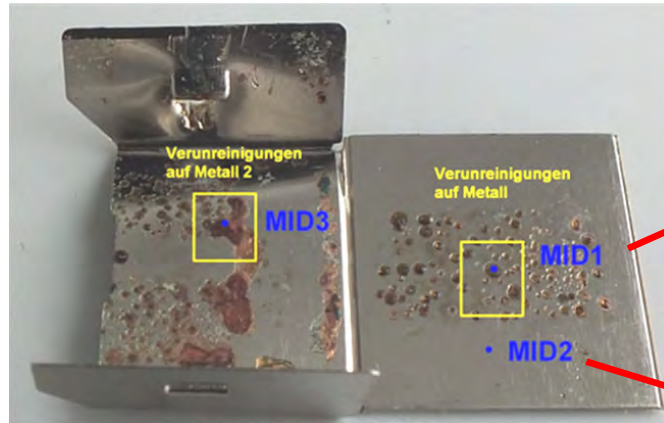
- Weichmacher, Flammschutzmittel und Lösungsmittel gasen aus!
- Folge: Korrosionseffekte



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

Analyse der Belastung von HTV-Absorptionsmaterial (mittels GC-MS) :

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

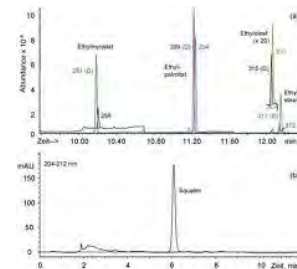
→ **sehr geringe Belastung** des HTV-Absorbermaterials

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

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

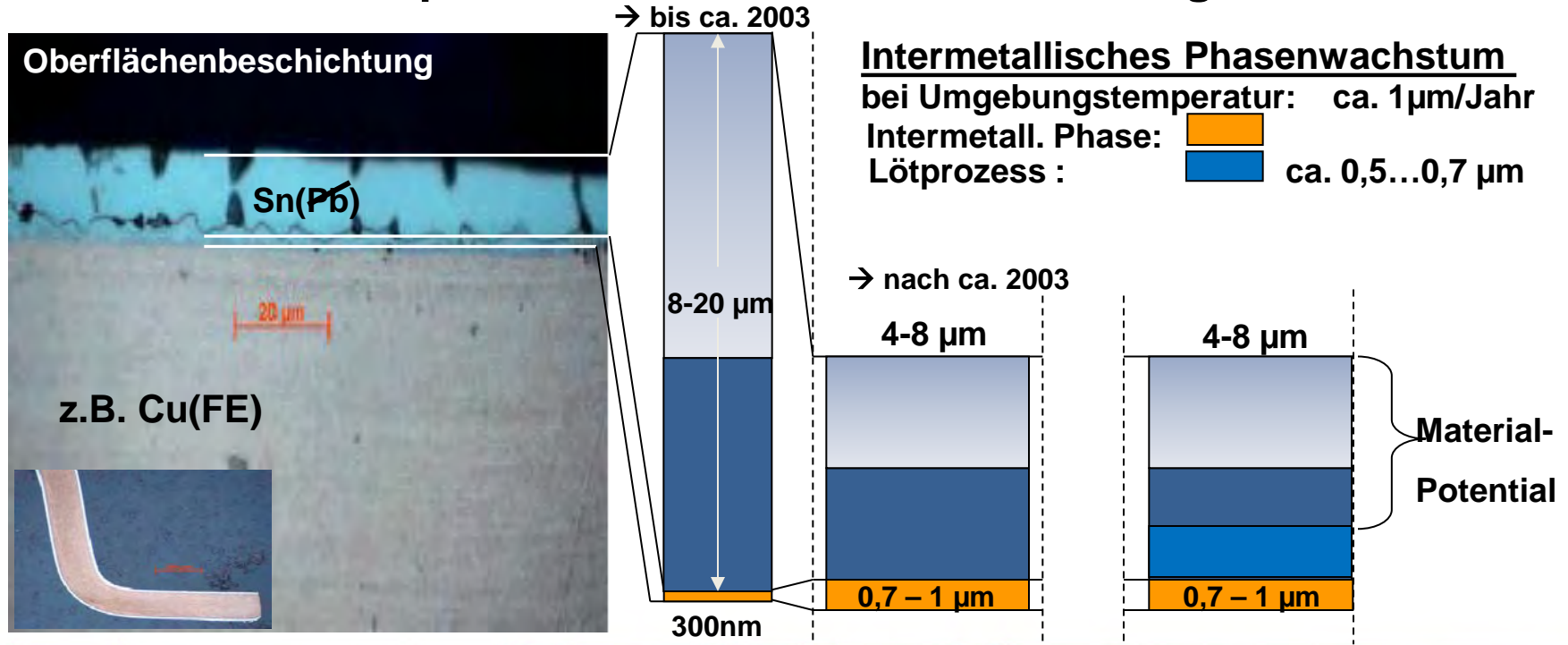
Probe 3: Standard-Folienbeutel mit **BGA-Bauteilen** (750Stk (Tray)) nach **3 Jahren**:

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

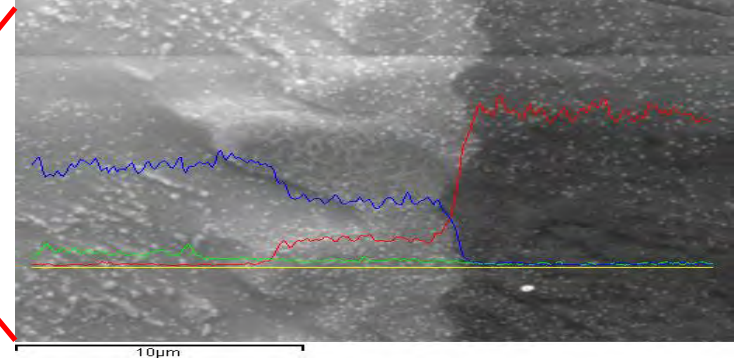
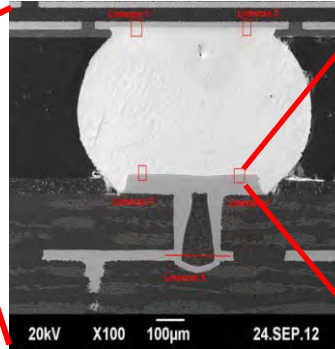
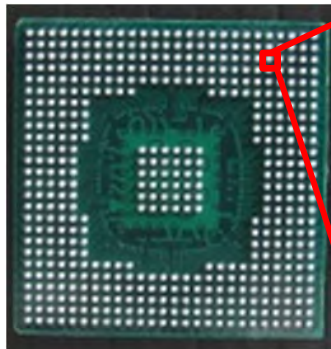


Alterungsprozesse & Risikofaktoren

Äußere Diffusionsprozesse als Indikator der Alterung



Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse

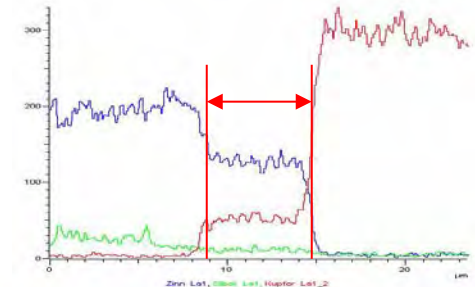


Analyse:

- Linescan mit EDX

Indikator der Alterung:

- Ausbildung der intermetallischen Phase

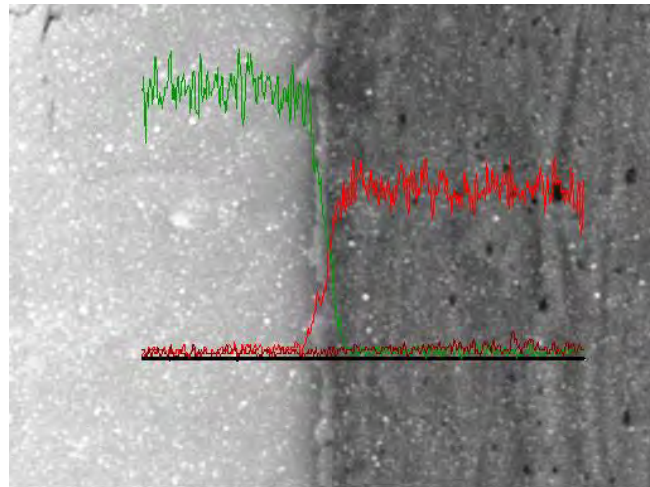


Alterungsprozesse & Risikofaktoren Äußere Diffusionsprozesse

- Wachstum der intermetallischen Phase – Indikator der Alterung

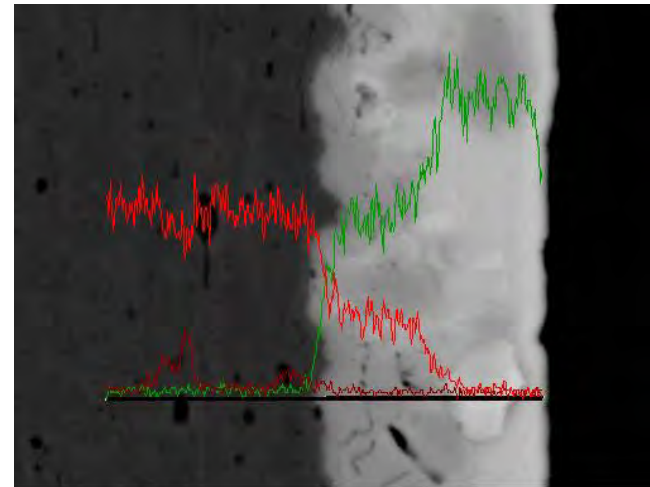
Diffusion
reduzieren

Positivbeispiel: Int.m. Phase: bis 1,10 μm



10 μm

Negativbeispiel: Int.m. Phase: >4,3 μm



9 μm

Kupfer
Eisen
Zinn

Alterungsprozesse & Risikofaktoren Innere Alterung auf Chipebene

Beinträchtigung der elektrischen Zuverlässigkeit:

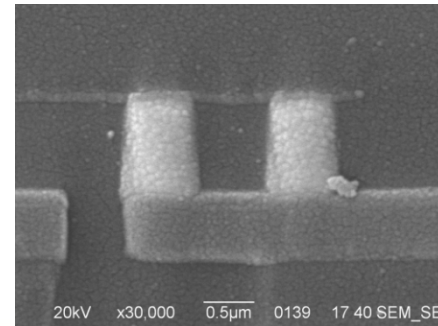
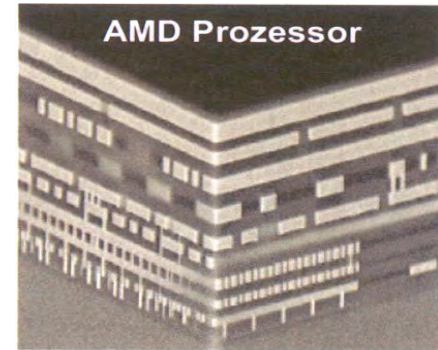
Verunreinigungen:

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

Ladungsträgerausgleich:

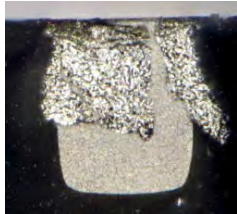
- Delokalisierung von Atomen durch zunehmende Potentialtiefe
- „Tunneln“ zwischen Potentialmulden,
- Potentialbarrieren durch Ladungsträgerausgleich
- Silizium reagiert mit AL-Kontaktmetallisierung

Miniaturisierung, Ausdehnungskoeffizienten



Alterungsprozesse & Risikofaktoren Kritische Nebeneffekte: Zinnpest

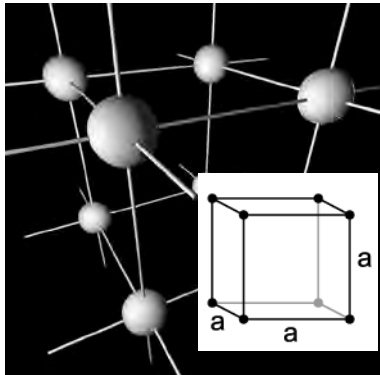
Zinnpest
verhindern



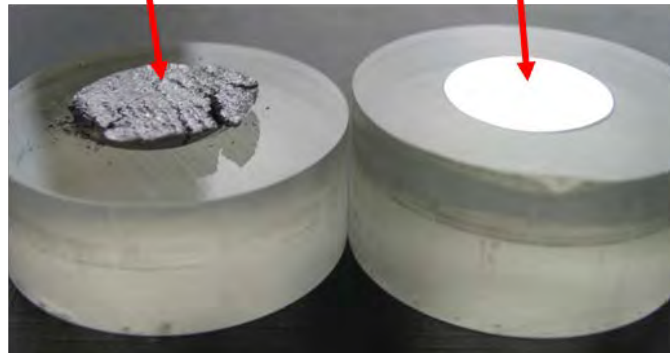
QFN
Bauteil

Zinnpest tritt bei bleifreien Loten unterhalb von 13°C auf.
 β -Zinn zerfällt in α -Zinn (graues Pulver)

Kubisches Kristallgitter

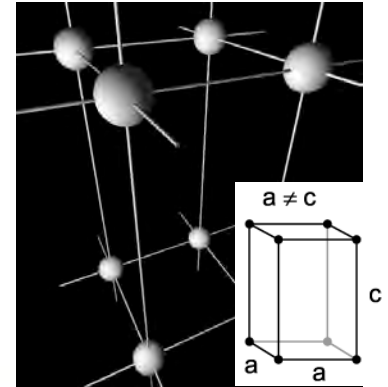


α -Zinn



β -Zinn

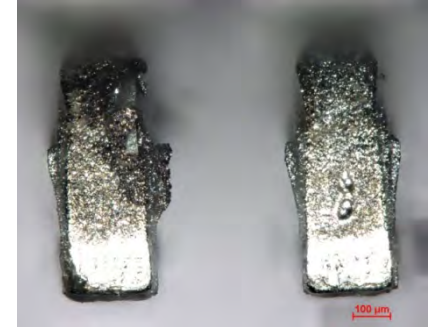
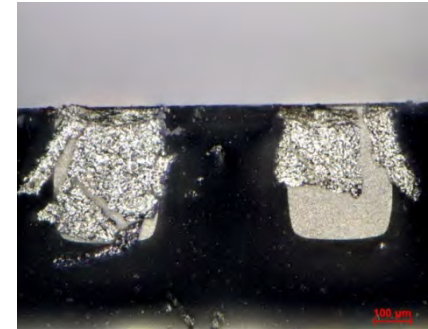
Tetragonales Kristallgitter



Risiko: Zinnpest an Bauteilen

Umwandlung der β -Sn in die α -Sn Phase

- QFN Bauteilen
- SO Bauteilen



Alterungsprozesse & Risikofaktoren Alterung von Kunststoffen

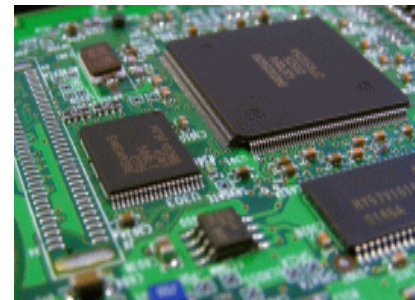
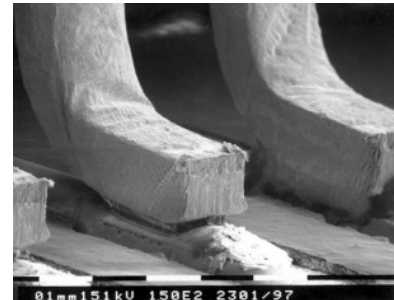
Änderung der makroskopischen Eigenschaften

- 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.

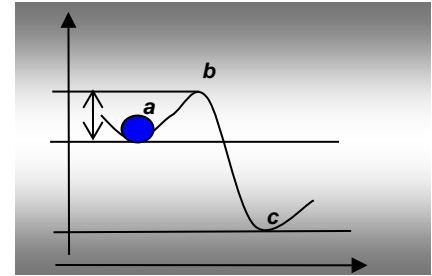
HTV-Langzeitkonservierung nach dem

TAB[®] - Verfahren **Thermisch absorptive Begasung**

**Langzeitverfügbarkeit durch drastische
Reduktion der Alterungsprozesse!**

TAB®-Langzeitkonservierung Verfahren

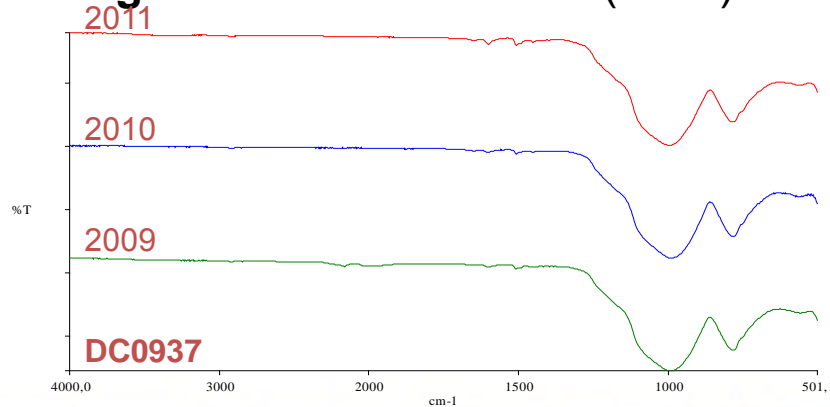
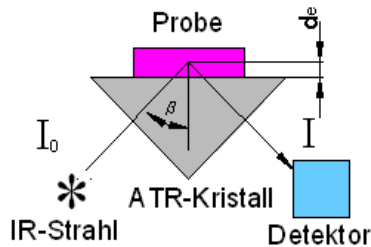
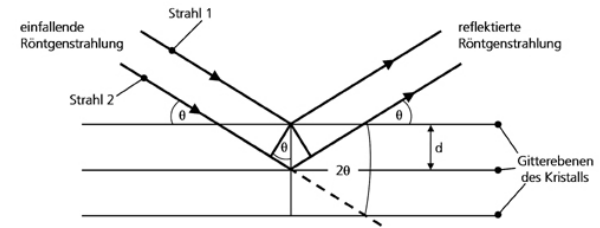
- Drastische **Minimierung der Aktivierungsenergie** durch **Temperaturreduktion**
- Drastische **Minimierung der Diffusionseffekte** auf dem Chip und den Bauteilanschlüssen
- **Absorption von Schadstoffen** die zu Korrosion führen
- Beherrschung kritischer Nebeneffekte (z. B. Zinnpest) bei der Lagerung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



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

TAB[®]-Langzeitkonservierung Überwachung der Materialien

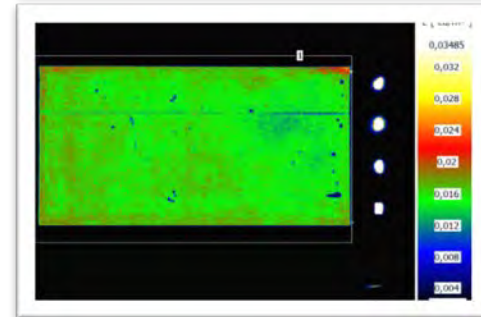
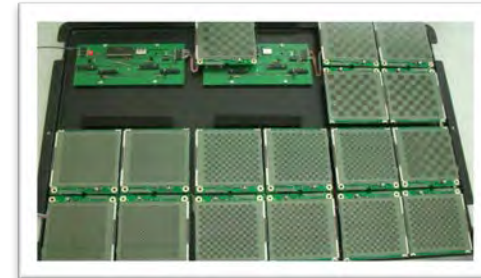
- Überwachung der **Zinnpest** mittels komplexer Analysemethoden der Kristallstruktur durch:
 - Röntgendiffraktometrie (XRD)
 - Electron backscatter diffraction (EBSD)
- Überwachung der **organischen Materialien** (FTIR)



TAB[®]-Langzeitkonservierung

Zyklische Überprüfung bei Baugruppen und Geräten

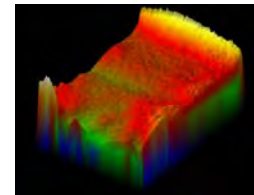
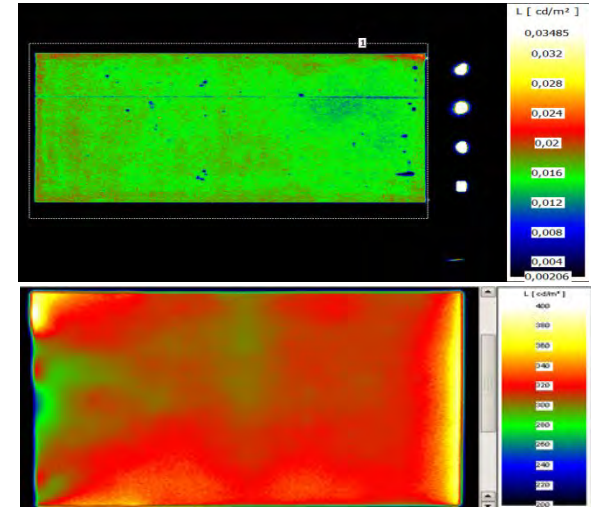
- Zuverlässigkeitsbetrachtung und Risikobewertung
- Mechanische Kontrollen (Spannungen, Risse, Whisker, ...)
- Simulationen und Abgleich (HW + SW)
- Re-Programmierung
- Bestromung und Regeneration
- Elektrischer Test:
 - Drift- und Funktionskontrollen
 - Kennlinien, Parameter (Datenblatt), Leckstrom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



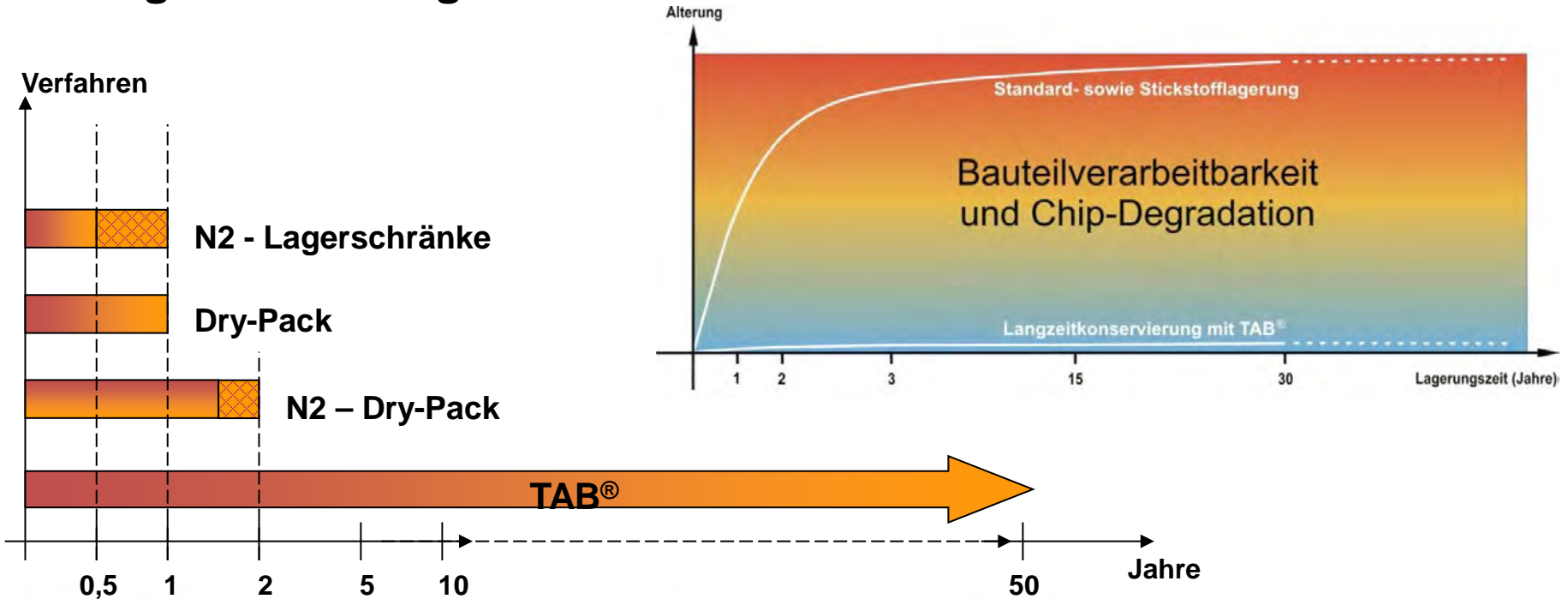
TAB[®] -Langzeitkonservierung

Charakterisierung von Displays:

- **Leuchtdichte**
 - Helligkeit einer Fläche
 - Angegeben in cd/m^2
 - Kann über Displayfläche variieren
- **Kontrast**
 - Verhältnis zwischen Hell und Dunkel
 - Einheitenlos z.B. 3000:1



TAB[®] -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**



Langzeitkonservierung und -lagerung

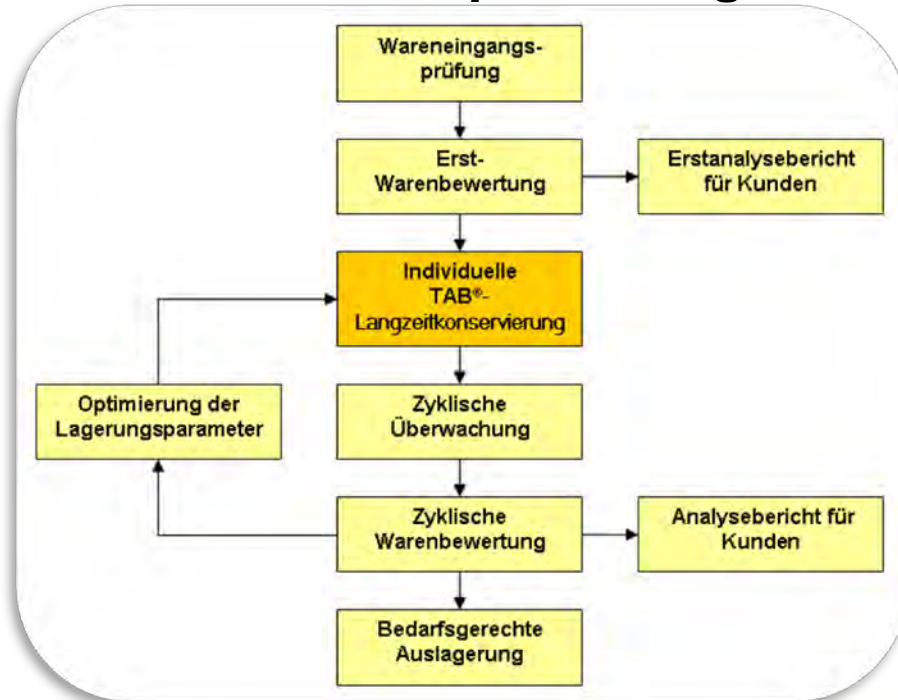


TAB® -Langzeitkonservierung - Vergleich von Lagerverfahren

Risiken	N2 Dry-Pack	Korrosionsschutz-Folie	TAB®
Feuchte	reduziert	vorhanden	spezifisch reduziert + kontrolliert
Sauerstoff	reduziert	vorhanden	frei + konservierende Atmosphäre
Korrosive Gase	vorhanden	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	Absorption
Schwefel-Wasserstoff	vorhanden	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	Absorption
Schwefeldioxid	vorhanden	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	Absorption
Chlorgase	vorhanden	Reaktion mit Folie; Abbauprodukte	Absorption
Lösemittel	vorhanden	vorhanden	Absorption
Additive	vorhanden	vorhanden	Absorption
Ammoniak	vorhanden	vorhanden	Absorption
Diffusion	vorhanden	vorhanden	drastisch reduziert; zykl. Überwachung
Zinnpest	nicht überwacht	nicht überwacht	erforscht + überwacht
Whisker	nicht überwacht	nicht überwacht	überwacht
Prozessüberwachung	nicht überwacht	nicht überwacht	überwacht
Sicherheit	undefiniert	undefiniert	Hochsicherheitslager
Geeignet für	Zwischenlagerung	Metallische Komponenten Transport + Zwischenlagerung	Langzeitlagerung elektronischer und mechanischer Komponenten für bis zu 50 Jahre

TAB[®] -Langzeitkonservierung

Ablauf der LZK / Optimierung der Lagerungsparameter





HTV



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