


Sicherung der Langzeitverfügbarkeit von Bauteilen:

Lagerung – Alterung - Verfügbarkeit

**Vortrag bei der 15. FED-Konferenz
von**

Klaus Dittmann, microtec GmbH

Bremen, 14. September 2007



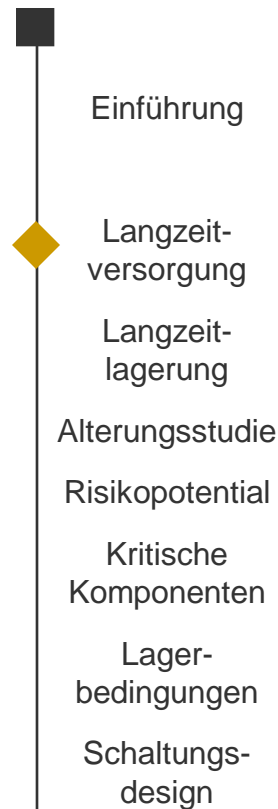
testlab for opto +
microelectronics

**micro
tec**
GmbH

testlab for opto+
microelectronics

Gliederung des Vortrags

- **Thematik Langzeitversorgung**
- Langzeitlagerung von Baugruppen
- Übersicht „Alterungsstudie“
- Risikopotential bei Langzeitlagerung
- Betrachtung kritischer Komponenten
- Empfehlung Lagerbedingungen
- Auswirkung auf Schaltungsdesign



Definitionen:

- Bauteil = Bauelement (BE) z.B. IC, Widerstand
- Baugruppe (BG) = Steuergerät (Serien- und Ersatzteil)

Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

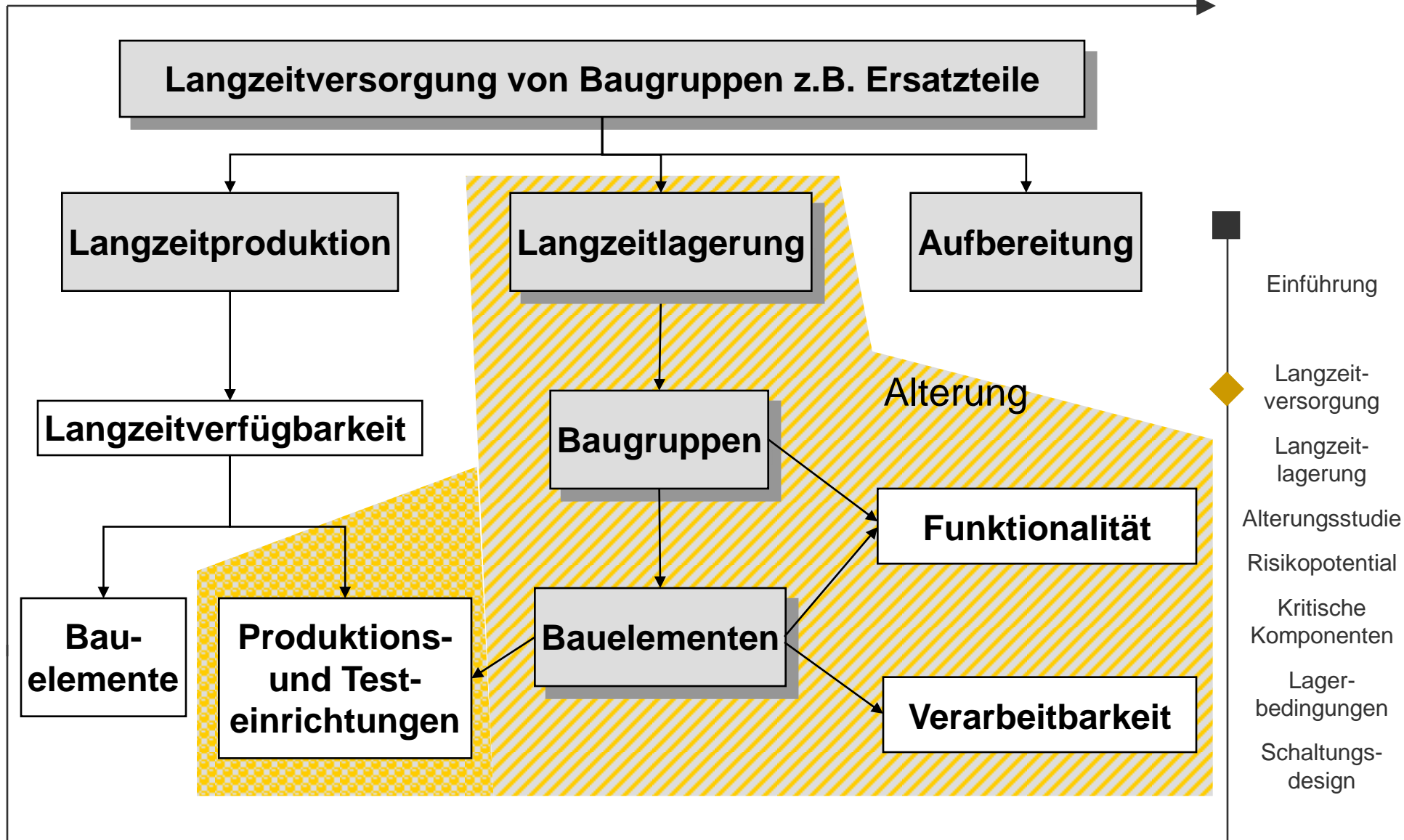
Risikopotential

Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Langzeitversorgung von Baugruppen



Langzeitlagerung von Baugruppen




Alterung von Baugruppen resultiert maßgeblich aus der Alterung der eingesetzten Bauelemente

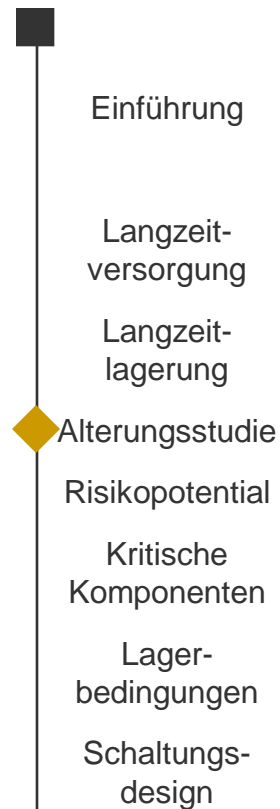
Betrachtung der Einzelbauelemente notwendig:

$$\begin{aligned} & \textbf{Alterung} \text{ von Bauelementen} \\ & = \\ & \textbf{Verarbeitbarkeit} \text{ (Löten) der BE nach Lagerung} \\ & + \\ & \textbf{Funktionalitätsänderung} \text{ während Lagerung} \end{aligned}$$



Vorgehensweise und Bewertung

- Zusammenstellung Alterungs- und Ausfallmechanismen je Bauelementtyp
- Bewertung der Bauelemente nach Risikopotential
 - Langzeitverfügbarkeit,
 - Funktionalität nach Lagerung
 - ◆ < 5 Jahre
 - ◆ ca. 15 Jahre
 - Verarbeitbarkeit nach Lagerung (Minimalzeit)
- Definition von Risikoklassen für Funktionalität nach Lagerung:
 - (A) hoch unmittelbarer Handlungsbedarf 
 - (B) mittel applikationsspezifisch prüfen 
 - (C) gering keine besonderen Maßnahmen 



Verarbeitbarkeit der BE nach Lagerung

Langzeiterfahrung mit „verbleiten“ Bauelementen vorhanden

Methoden und Verfahren zur Langzeitlagerung teilweise seit Jahren etabliert

-> DryPack, Stickstofflagerung, „Konservierung“

Langzeiterfahrung mit RoHS konformen Bauteilen schon ausreichend? Ausfallmechanismen bekannt?

UND: Sind die Produktions-/Testeinrichtungen noch funktionsfähig?

Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

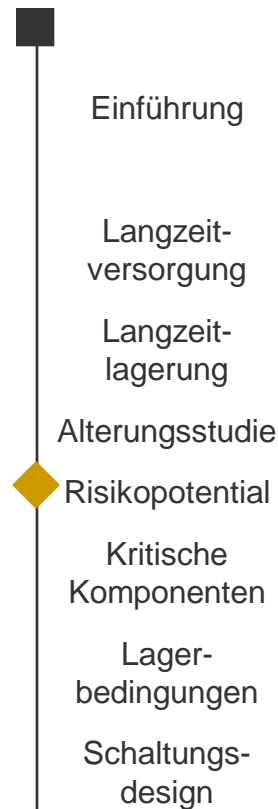
Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Gliederung des Vortrags

- Thematik Langzeitversorgung
- Langzeitlagerung von Baugruppen
- Übersicht „Alterungsstudie“
- **Risikopotential bei Langzeitlagerung**
- Betrachtung kritischer Komponenten
- Empfehlung Lagerbedingungen
- Auswirkung auf Schaltungsdesign



Bewertung des Risikopotential

Bauelemente einzeln und in Baugruppe verbaut

Bauelement	Langzeitversorgung / Verfügbarkeit	Bauelement einzeln Funktionalität		Verarbeitbarkeit nach Lagerung (minimale Lagerfähigkeit)
		Funktion nach Lagerung (<5 Jahre)	Funktion nach Lagerung (15 Jahre)	
Widerstände, NTC, PTC	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Keramikkondensatoren	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Al-Eiko (Standard)	(C)	(B)	(A)	3 Jahre
Al-Eiko (HI Performance)	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Folienkondensator	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Resistoren	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Halbleiter	Standardkl. (B)-(C) ASICs: (B) Prozessoren: (A)	(C)	(C)	3 Jahre
Speicherelemente	(C)	(C)	RAM: (C) EEPROM/Flash (C)-(B)	Wie Halbleiter
Lichtempfindliche BE	(C)	(C)	(B)	3 Jahre
Lichtempfindende BE	(C)	(C)	(B)	3 Jahre
Widerstände	(C)	(C)	(C)	Al-Metall: bis 10 Jahre Cu-Metall: k.A.
LCD (Passive)	(C)	(C)	(B)	4 bis 10 Jahre
LCD (TFT)	(C)	(C)	(B)	4 bis 10 Jahre X
CCD / CMOS Sensoren	(B)	(C)	(C) bei BE (B) bei BG	Wie Halbleiter
Drucksensoren, Mikromechanische Sensoren	(A)-(B)	(C)	(B)	Wie Halbleiter
Unbestückte LP (Standard-Material)	(C)	(C)	(C)	2-3 Jahre abhängig vom Überzug
Stecker	(B)-(C)	(C)	(C)	Löttechnik: 3 Jahre Einpresstechnik: unkritisch
Flex-Folie	(C)	(C)	(C)	4 bis 5 Jahre
Heat-Seal	(B)	Lagerung unverbaut nicht möglich	Lagerung unverbaut nicht möglich	< 6 Monate
Relais	(C)	(C)	(C)	3 Jahre
Lötstelle	(C)	(C)	(C)	3 Jahre

Bauelementtypen

Langzeitverfügbarkeit

Verarbeitbarkeit

Bauelement auf Baugruppe	
Funktion nach Lagerung (< 5 Jahre)	Funktion nach Lagerung (15 Jahre)
(C)	(C)
(C)	(C)
(B)	(A)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	(C)
(C)	RAM: (C) EEPROM/Flash: (A)
(C)	(B)
(C)	(B)
entfällt	
(C)	(B)
(C)	(B)
(C)	(B)
(C)	(B)
entfällt	
(C)	(C)
(C)	(C)
(B)	(A)
(C)	(C)
(C)	(C)



Allgemeines Ergebnis

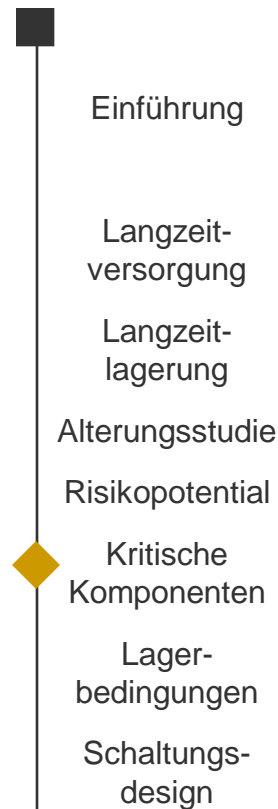
- Alle betrachteten Bauelemente sind nach einer Langzeitlagerung bzgl. *Verarbeitbarkeit* kritisch (d.h. zusätzliche Maßnahmen erforderlich)

- Nur wenige Bauelementtypen sind nach einer Langzeitlagerung bzgl. *funktionaler Veränderung* kritisch
 - Ausfall eines Bauelement hat i. A. auch Ausfall der Baugruppe zur Folge
 - Funktionale Änderungen der BE während der Langzeitlagerung bereits bei der
 - **Entwicklung** und
 - Entscheidung zur **Einlagerung** berücksichtigen



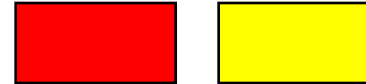
Gliederung des Vortrags

- Kurzübersicht microtec GmbH
- Thematik Langzeitversorgung
- Langzeitlagerung von Baugruppen
- Übersicht „Alterungsstudie“
- Risikopotential bei Langzeitlagerung
- **Betrachtung kritischer Komponenten**
- Empfehlung Lagerbedingungen
- Auswirkung auf Schaltungsdesign



Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Elektrolytkondensatoren:



Keine pauschale Aussage für Elkos möglich, sehr abhängig vom internen Aufbau, Hersteller, Typ

Ausfallmechanismen:

Austrocknen oder Auslaufen des Elektrolyts

Abbau der Eloxalschicht (→ Erhöhung Leckströme)

Erwärmung durch Leckströme und Innenwiderstand

Folge:

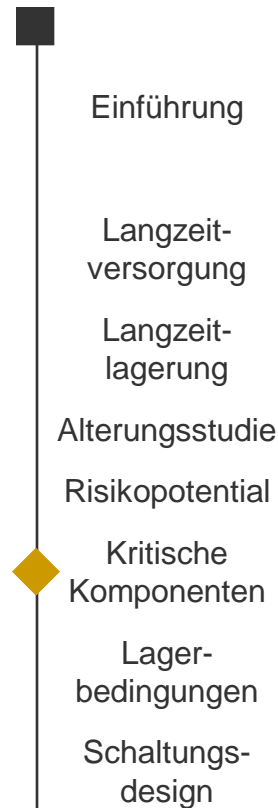
Kapazitätsverlust

Erhöhung des ESR

Kurzschluss, Zerstörung

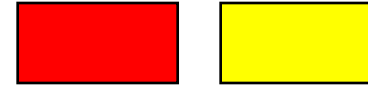
Auswirkung auf Baugruppe:

vom Einsatz im Design abhängig (von temporärer Ruhestromerhöhung bis Totalausfall)



Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Elektrolytkondensatoren:



Lagerfähigkeit auch abhängig von Temperaturklasse

z.B. [Angaben eines Herstellers]

3 Jahre für Feucht-Elektrolyt 85 °C Typen

4 Jahre für Feucht-Elektrolyt 105 °C Typen

10 Jahre für Feucht-Elektrolyt 125 °C Typen

20 Jahre für Fest-Elektrolyt Typen.



Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Keramikkondensatoren:



Ausfallmechanismus:

Neuausrichtung der Kristallstruktur

Folge:

Kapazitätsabnahme abhängig vom Dielektrikum:

NP0/C0G: keine

X7R, weitere: logarithmisch degressiv
vorhersagbar, teilweise reversibel

Auswirkung auf Baugruppe:

Abhängig von Funktion im Design

-> keine bis Totalausfall und Zerstörung



Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential



Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Quarze:



Ausfallmechanismus:

Massentransfer durch Verunreinigung

Eigenspannungsabbau bei Quarzscheibenthalterung

Folge:

Frequenzdrift abhängig von Präzisionsklasse;
vorhersagbar, irreversibel

Auswirkung auf Baugruppe:

Meist unkritisch, in Toleranzbetrachtung berücksichtigt



Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential



Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Speicherbausteine:



Kritisch bei semi-permanente Speicherzellen (EEPROM / Flash)
ist die „Data Retention Time“

Ausfallmechanismus:

Wanderung von Ladungsträger

Folge:

Datenverlust

Auswirkung auf Baugruppe:

Partielle Fehlfunktionen bis Totalausfall

(Aktiver Betrieb: Anzahl Lösch-/Schreibzyklen berücksichtigen)

Gelten bei korrekter Programmierung jedoch auch als unkritisch.

Aber: Programmierertools verfügbar halten.



Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Opto-elektronische Bauelemente:



„Empfänger“ (Fotodiode/-Transistor)

Ausfallmechanismus:

Materialveränderung bei Kunststoffen z.B. durch UV-Licht
Verschmutzung

Folge:

Reduzierung der Lichtempfindlichkeit
Optokoppler: Abnahme des Koppelfaktors

Auswirkung auf Baugruppe:

Fehlerkennung / Fehlfunktion



Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

 Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Betrachtung kritischer Einzelbauelemente

Opto-elektronische Bauelemente:



„Sender“ (LED)

Ausfallmechanismus:

Materialveränderung z.B. durch UV-Licht

Kristallveränderung

Folge:

Reduzierung der Transmission

Reduzierung der Lichtstärke

Auswirkung auf Baugruppe:

Reduzierung der Leuchtdichte,

Verschlechterung der Ablesbarkeit



Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

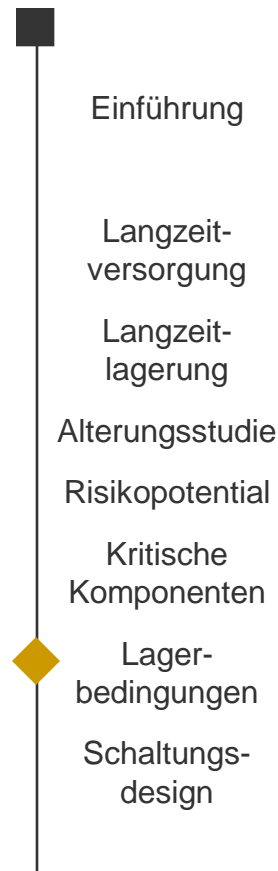
 Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design

Gliederung des Vortrags

- Thematik Langzeitversorgung
- Langzeitlagerung von Baugruppen
- Übersicht „Alterungsstudie“
- Risikopotential bei Langzeitlagerung
- Betrachtung kritischer Komponenten
- **Empfehlung Lagerbedingungen**
- Auswirkung auf Schaltungsdesign

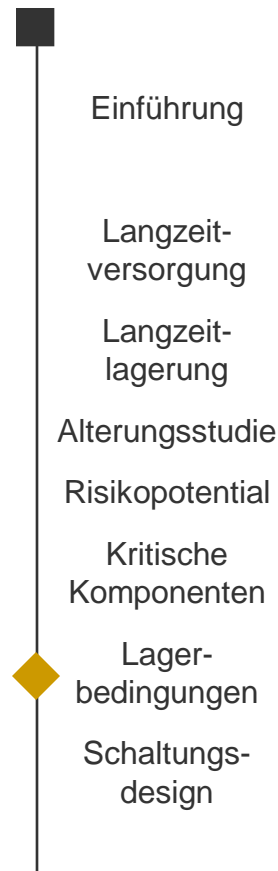


Empfohlene Voraussetzungen für Einlagerung

- Bauelemente, Module und Baugruppen sind grundsätzlich i. O. getestet einzulagern

Für Bauelemente:

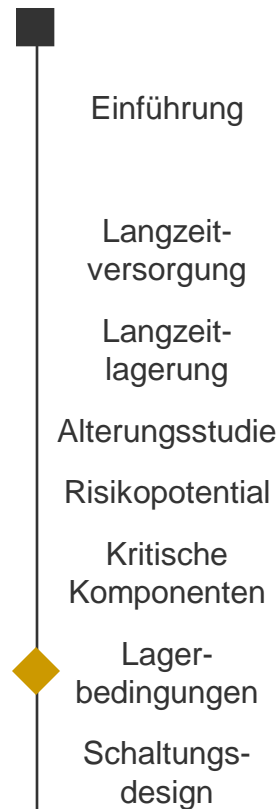
- Aufbau der Lötanschlüsse an Bauelementen sollte vor Einlagerung überprüft werden (Stichprobe)
- Losgröße für Weiterverarbeitung festlegen
- Verpackungseinheit entsprechend definieren (Risikoerhöhung durch Teilentnahme und Umverpackung vermeiden)
- Lötbarkeitsprüfung an Stichprobe vor Verarbeitung



Empfohlene Lagerumgebungsbedingungen

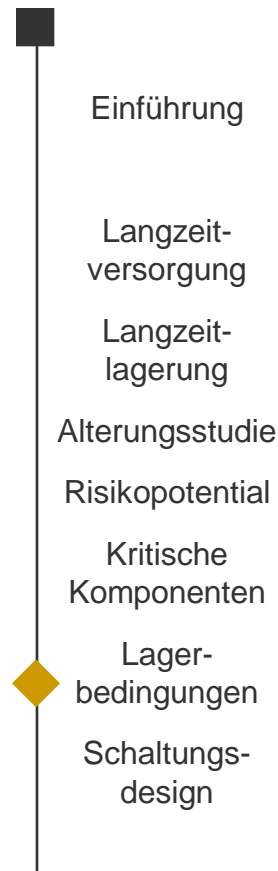
Bauelemente und Baugruppen:

- Korrekte BE-Verpackung (z.B. Dry Pack, eingeschweißt)
- Anlieferverpackung = Einlagerungsverpackung
- Baugruppe sollten für Langzeitlager eingeschweißt sein
- ESD-geschützte Verpackung
- $15^{\circ}\text{C} \leq \text{Temperatur} \leq 30^{\circ}\text{C}$
- $40\% \text{ rH} \leq \text{Feuchte} \leq 60\% \text{ rH}$
- Schadgasfrei
- Teilweise: Schutz vor UV-Licht; Schutz vor Staub
- kein mechanischer Stress (Schock, Vibration)
- Reprogrammierungsintervalle bei semi-permanenten Speicher beachten
- Vermeidung von unnötigem Handling



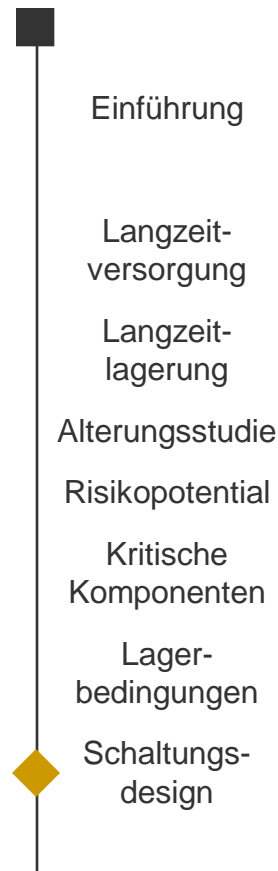
Weitere Aspekte zur Langzeitversorgung

- Speziell für die Wiederbeschaffbarkeit von Bauelementen (z.B. Leiterplatte) ist auch die Archivierung der Spezifikation und Herstelldaten erforderlich
- **Bauelementen und Wafer:** auch Produktions- und Testeinrichtungen für nachfolgende Herstellschritte verfügbar halten
- **Baugruppen:** Programmier-Daten und -Tools („Flashen“) lagern und verfügbar halten



Gliederung des Vortrags

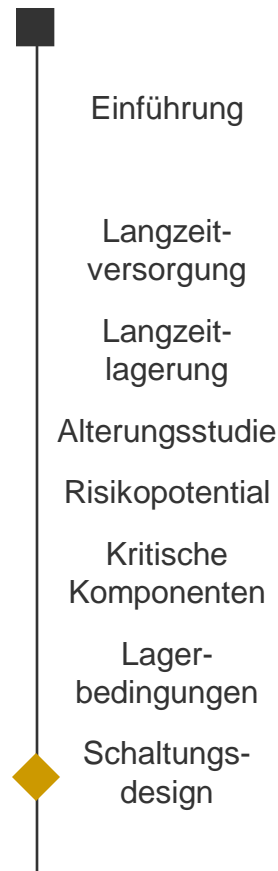
- Thematik Langzeitversorgung
- Langzeitlagerung von Baugruppen
- Übersicht „Alterungsstudie“
- Risikopotential bei Langzeitlagerung
- Betrachtung kritischer Komponenten
- Empfehlung Lagerbedingungen
- **Auswirkung auf Schaltungsdesign**



Empfehlungen für Entwicklung, Schaltungsdesign

Zu Entwicklungsbeginn bei der Bauelementeauswahl beim Hersteller abzufragen:

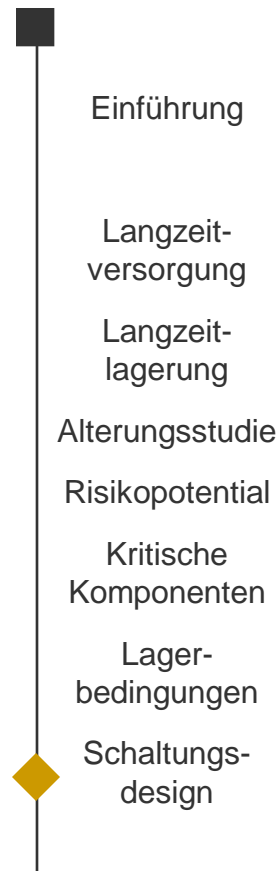
- Langzeitverfügbarkeit (erwartete Restlaufzeit der Familie)
- Informationen zur
 - Lagerfähigkeit (kurz und langfristig) bzgl.
 - Verarbeitbarkeit
 - Funktionale Veränderungen
 - (Langzeit-) Lagerbedingungen



Empfehlungen für Entwicklung, Schaltungsdesign

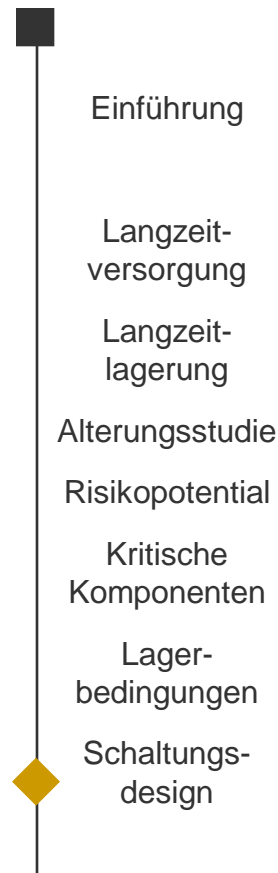
Funktionale Eigenschaftsänderungen über Zeit

- bei Bauteilauswahl hinterfragen
- in FMEA bewerten
- in Toleranzberechnung und Schaltungs-Simulation berücksichtigen
- im Schaltungs-Design entsprechend umsetzen
- beim Leiterplatten-Layout beachten



Zusätzliche Empfehlungen für Entwicklungsphase

- Soweit möglich, auf Standardbauelemente zurückgreifen.
- Dokumentation / Archivierung auch speziell unter dem Gesichtspunkt der Langzeitversorgung von wiederbeschaffbaren Bauelementen die zur
 - Nachproduktion
 - Nachentwicklung
 - Wiederaufbereitungder Baugruppen erforderlich sind.
- Qualifikation von Second Source
- Wiederaufbereitungsgerechtes Design / Konstruktion



Zusammenfassung

Lagerung von Bauelementen und Baugruppen ist ein gangbarer Weg

→ funktionale Änderungen berücksichtigen

Bei Lagerung von Bauelementen zusätzlich

→ Verarbeitbarkeit beachten

→ an Produktions- und Testeinrichtungen denken

Bereits beim Produktdesign, spätestens zu Beginn der Entwicklung die Langzeitverfügbarkeit gemäß dem Produktlebenszyklus berücksichtigen

Einführung

Langzeitversorgung

Langzeitlagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

Kritische Komponenten

Lagerbedingungen

Schaltungsdesign

Vielen Dank für Ihr Interesse



microtec GmbH –
testlab for Opto- and Microelectronics.

Kontakt: klaus.dittmann@microtec.de

Einführung

Langzeit-
versorgung

Langzeit-
lagerung

Alterungsstudie

Risikopotential

Kritische
Komponenten

Lager-
bedingungen

Schaltungs-
design