
Reuse von Elektronikkomponenten im Rahmen von MRO-Konzepten in Automobil, Bahn und Luftfahrt Industrie

Grundlegende Aspekte und praktische Erfahrungen

Olaf Bochow-Neß

Ergebnisse aus den Projekten

ReECar – Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Gebrauchtteilen in der Kfz-Elektronik

BMBF Programm FONA –
Forschung für Nachhaltigkeit

LangzEI – Langzeitverfügbarkeit von Elektronik



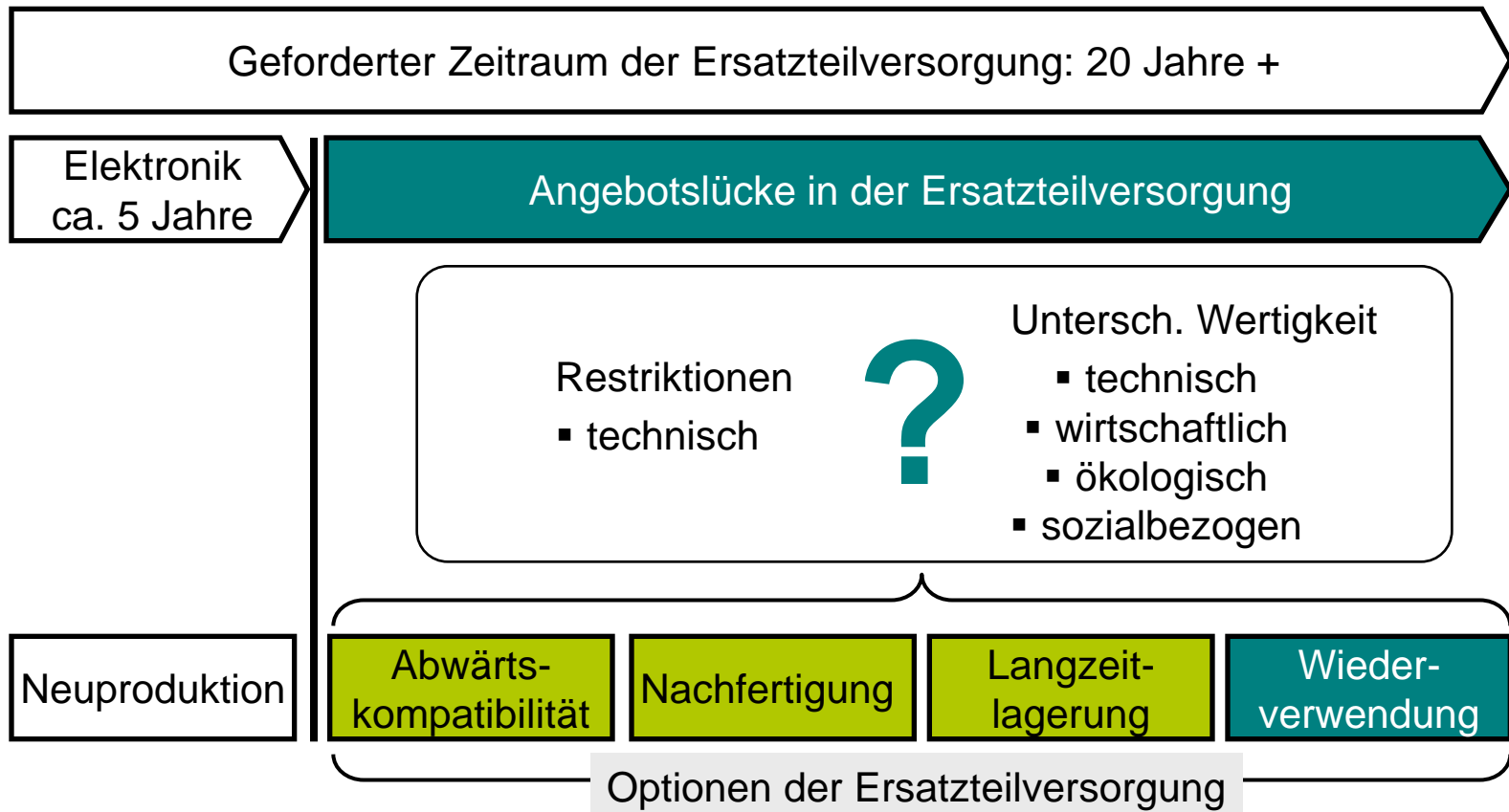
EUROPÄISCHE UNION



Fraunhofer-Innovationscluster MRO in Energie und Verkehr



Motivation Reuse Elektronik: Ersatzteilversorgung



11.04.2012

Kennzeichen der Ersatzteilversorgungsoptionen

Abwärtskompatibilität

Einsatz von Baugruppen in aktuellen und vergangenen Produkten

- technische Restriktionen durch schnelle Innovationszyklen
- erfordert zumeist zusätzliche Bauteile
- kritisches Element: Mehraufwand in der gesamten Serienproduktion

Langzeitlagerung

Fertigen Abschlusslos, Einlagern der Baugruppen, Demontage der Betriebsmittel

- hohe Kapitalbindung
- kritisches Element: Bedarfsprognose
 - zu viel: Entsorgung der Restbestände
 - zu wenig: Redesign (im Fall von Bauteilabkündigungen)

Nachfertigung

Kontinuierliches oder periodisches Fertigen von Baugruppe nach EOP

- erfordert Vorhalten von Betriebsmitteln
- erfordert Einlagern von Bauteilen (bei Abkündigungen)

Wiederverwendung

Nutzen gebrauchter Baugruppen (nach Prüfung oder nach Aufarbeitung)

- Potenzial: Abfedern von Fehl-Bedarfsprognosen
- Verfügbarkeit von Baugruppen schwer vorhersagbar
- entscheidendes Element: Qualitätssicherung

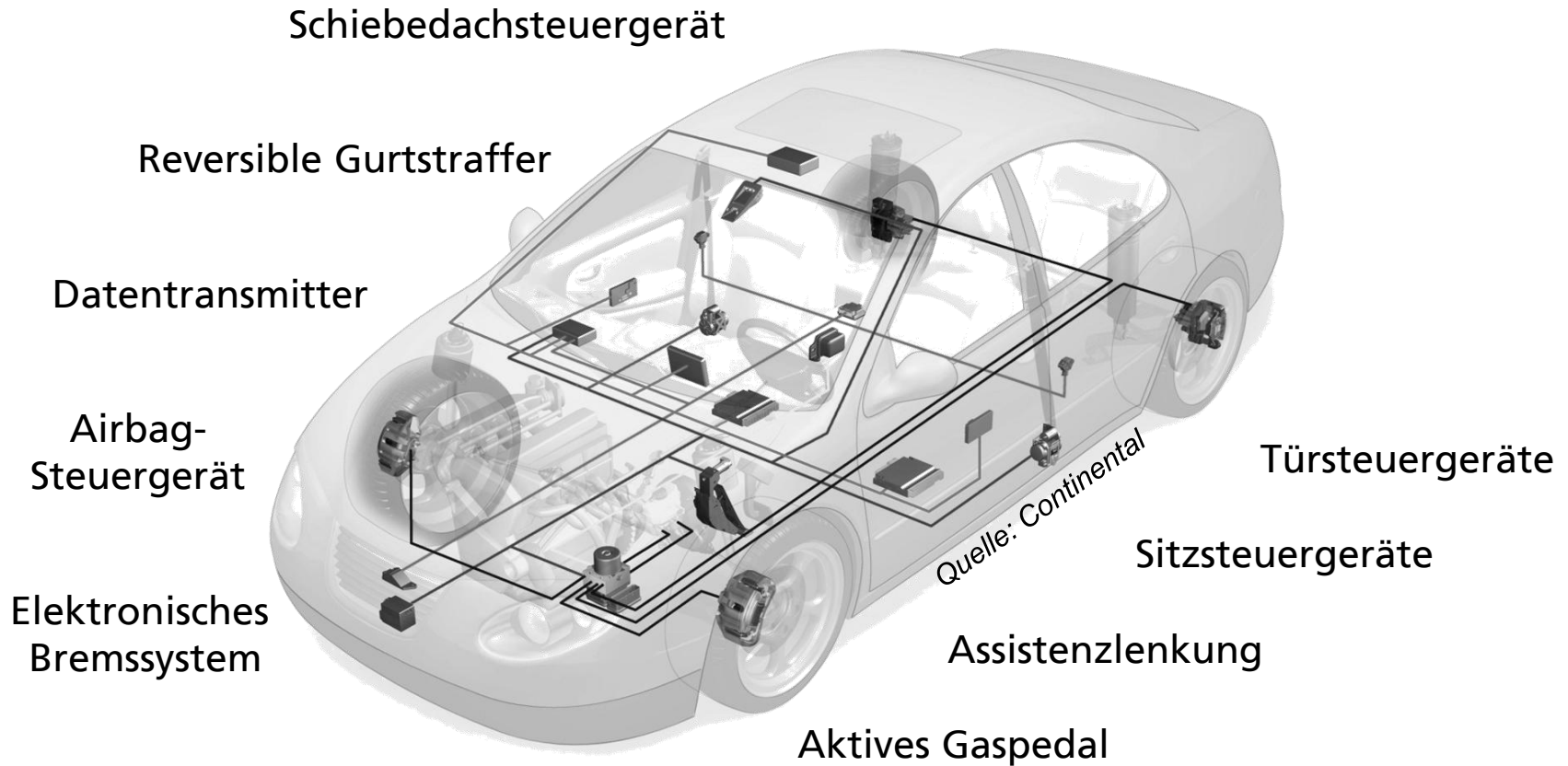
11.04.2012

MRO Werkzeuge gebrauchte Komponenten

- **Herstellersicht: Ersatzteilversorgung mit gebrauchten Komponenten – Projekt ReECar, Automotive**
 - Verfügbarkeit der gebrauchten Komponenten am Markt
 - Qualität gebrauchter Komponenten
 - Produktgestaltung für die Langzeitversorgung
 - Auswahl einer geeigneten Ersatzteilstrategie
- **MRO Sicht: Werkzeuge zur Reparatur von Komponenten – Projekt LangzeI, Bahn und Luftfahrt**
 - Zustandserkennung und Fehlerfindung (Thermografie)
 - Reverse Engineering
 - Qualität reparierter Lotverbindung
 - Ersatzteilstrategien für MRO

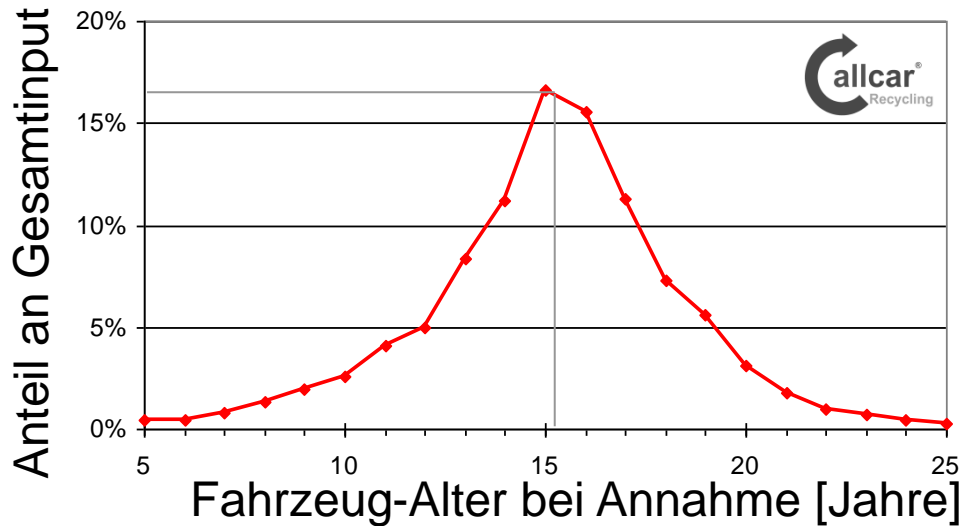
11.04.2012

Elektronische Baugruppen in modernen Automobilen



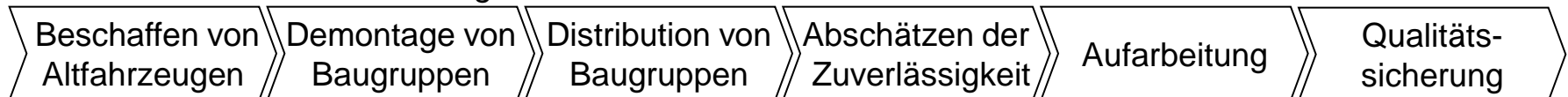
11.04.2012

Verfügbarkeit von Altteilen durch Demontage



- Nur 15% der Altfahrzeuge verbleiben in Deutschland.
- Demontagebetriebe sind über Datenbanken gut vernetzt.
- Nur geringe Stückzahlen verfügbar.
- ESD muss über die Demontagekette sichergestellt werden.

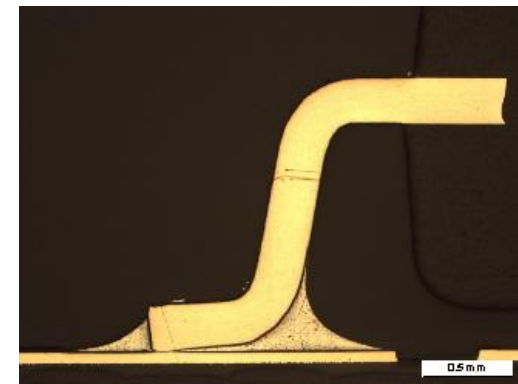
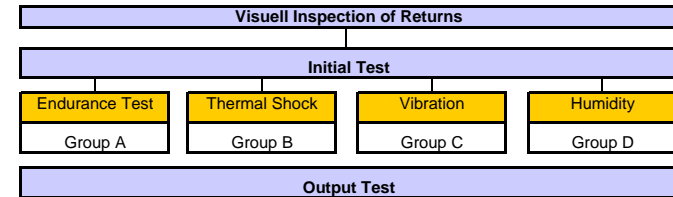
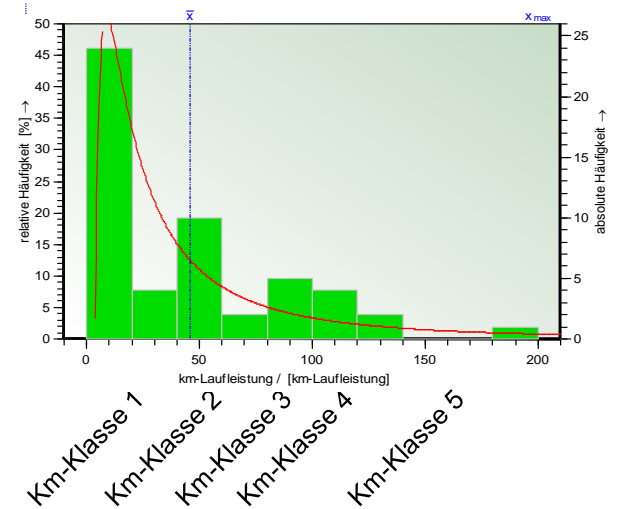
Prozesskette Wiederverwendung



11.04.2012

Qualität gebrauchter Komponenten

- Einfache Kriterien zur Einordnung gebrauchter Baugruppen
 - z.B. Laufleistung oder Baujahr
- Grundlagenuntersuchung Qualität
 - Umwelttests für Neuteile (Temperatur, Vibration und Feuchte)
 - Alle Teile bestehen elektrische Tests während und nach den Umwelttests
- Detaillierte Analyse
 - Keine Auffälligkeiten in der AVT, keine Korrelation zu Laufleistung
 - Bei Langzeitgelagerten Bauteilen wurde eine Degradation des Gehäusekunststoffs festgestellt
 - Umfangreicher Reinigungsprozess notwendig



11.04.2012

Auswahl einer geeigneten Ersatzteilstrategie

Relevante Kriterien zur Bewertung

Technische Kriterien

- Reaktionsvermögen auf langfristige Abweichungen von der Prognose
- Bevorratungsrisiko
- Verfügbarkeit (Termin)
- Verfügbarkeit (Menge)

Wirtschaftliche Kriterien

- Beschaffungskosten Material
- Fertigungs-/Aufarbeitungskosten
- Lagerhaltungskosten
- Entsorgungskosten

Ökologische Kriterien

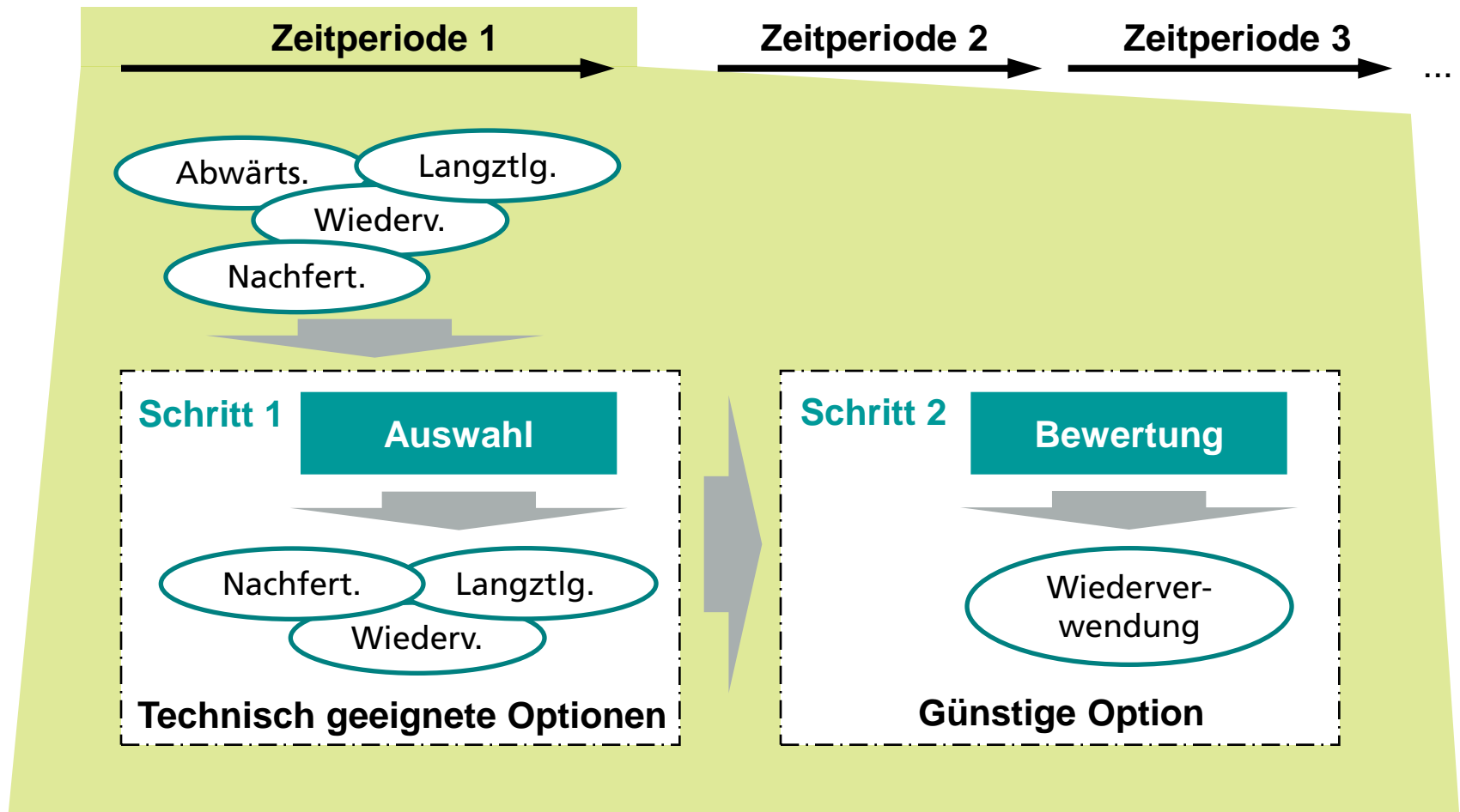
- Primärenergiebedarf
- Transportaufkommen
- Lagerungsaufwand

Soziale Kriterien

- Gefährdungspotenzial in der Produktion
- Gesundheitszustand
- Arbeitsbedingungen
- Beschäftigung
- Beitrag zur Zukunftssicherung













11.04.2012

Vorgehen zur Auswahl und Bewertung







11.04.2012

Schritt 2: Spezielle Werteskala zur Bewertung

Hauptkriterium	Gew. (Hauptkriterium)	Kriterium	Gew. (Kriterium/Indikator)	0	1	2	3	4
Tech Allge		Kriterium		Wert				
				0	1	2	3	4
Wirts (Betr		Reaktionsvermögen auf langfristige Bedarfsabweichungen		keine Reaktion möglich 	stark eingeschränkte Reaktion oder hoher Aufwand	Bereitstellung nach Zeitablauf möglich, Menge eingeschränkt 	Bereitstellung nach Zeitablauf möglich, Menge ausreichend 	uneingeschränkte Flexibilität hinsichtlich Menge/Termin 
		Bevorratungsrisiko		hohes Risiko: Bevorratung für Gesamtzeitraum erforderlich 		mittleres Risiko: Bevorratung für Teilzeiträume erforderlich  		kein Risiko: Keine Bevorratung erforderlich 
	
		Beschaffungskosten (Material/ gebr. BG)		sehr hohe Kosten: >200 % der Serienkosten	Hohe Kosten: Beschaffungskosten etwa 200 % der Serienkosten	Mittlere Kosten: etwa 150 % der Serienkosten 	Geringe Kosten: etwa 100 % der Kosten der Serie  	Kostenlose Lieferung gebrauchter Baugruppen durch OEM 

11.04.2012

-  - Wiederverwendung
-  - Langzeitlagerung
-  - Nachfertigung
-  - Abwärtskompatibilität

Produktgestaltung für die Langzeitversorgung

Beispiel Baugruppe

■ Demontagegerechtes Design

- zerstörungsfreie und einfache Demontage der Baugruppe aus dem Fahrzeug
 - ⇒ robuste Auslegung gegen Beschädigung, weniger Werkzeugwechsel
- zerstörungsfreies Öffnen der Baugruppe bzw. des Gehäuses
 - ⇒ sonst evtl. Sollbruchstellen vorsehen

■ Reparaturfreundlichkeit der Baugruppe

- zerstörungsfreies Öffnen der Baugruppe bzw. des Gehäuses
 - ⇒ sonst evtl. Sollbruchstellen vorsehen
- Lackierung und Verguss vermeiden
- lösbare Verbindungstechnologie (Kleben, Schweißen vermeiden)
- Heatsink / Wärmeleitpasten vermeiden
- austauschbare Dichtungen verwenden
- modularer Aufbau (funktionelle Gruppen)

11.04.2012

Produktgestaltung für die Langzeitversorgung - Zielkonflikt Serienfertigung und Langzeitversorgung

Serienentwicklung

- Kosten- / Ressourcenminimierung und kürzer werdende Entwicklungszyklen
 - Qualifizierung nach Lastenheft
 - Design to Cost
- Steigende Komplexität der Produkte und Technologien ➔ Innovation



Langzeitversorgung

- Zusatzaufwand für LZV-Anforderungen
 - Erhöhter Qualifizierungsumfang für Neuprodukte durch Zusatzanforderung
- Serienprodukt mit ggf. teureren Bauteilen (längere Verfügbarkeit, Lagerfähigkeit,...)
- Risikominimierung zur Sicherstellung der Ersatzteil-Lieferfähigkeit

- Keine allgemein gültige Handlungsempfehlung möglich
 - Produktspezifische LZV-Strategie
- Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus (doppelte Lebensdauer bei Wiederverwendung) schon in der Entwicklungsphase erforderlich
- Bewusstsein für Langzeitversorgung und gemeinsame Abstimmung zwischen Kunde und Lieferant während der Produktentwicklung notwendig

11.04.2012

Reparatur Elektronischer Baugruppen in Bahn und Luftfahrt

Ziel:

- Umfassende Unterstützung von MRO-Prozessen im Hinblick auf die Verbesserung der Langzeitverfügbarkeit elektronischer Systeme
- Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien

Projekt LangzEI – Projektabschluss 30.06.2012



EUROPÄISCHE UNION

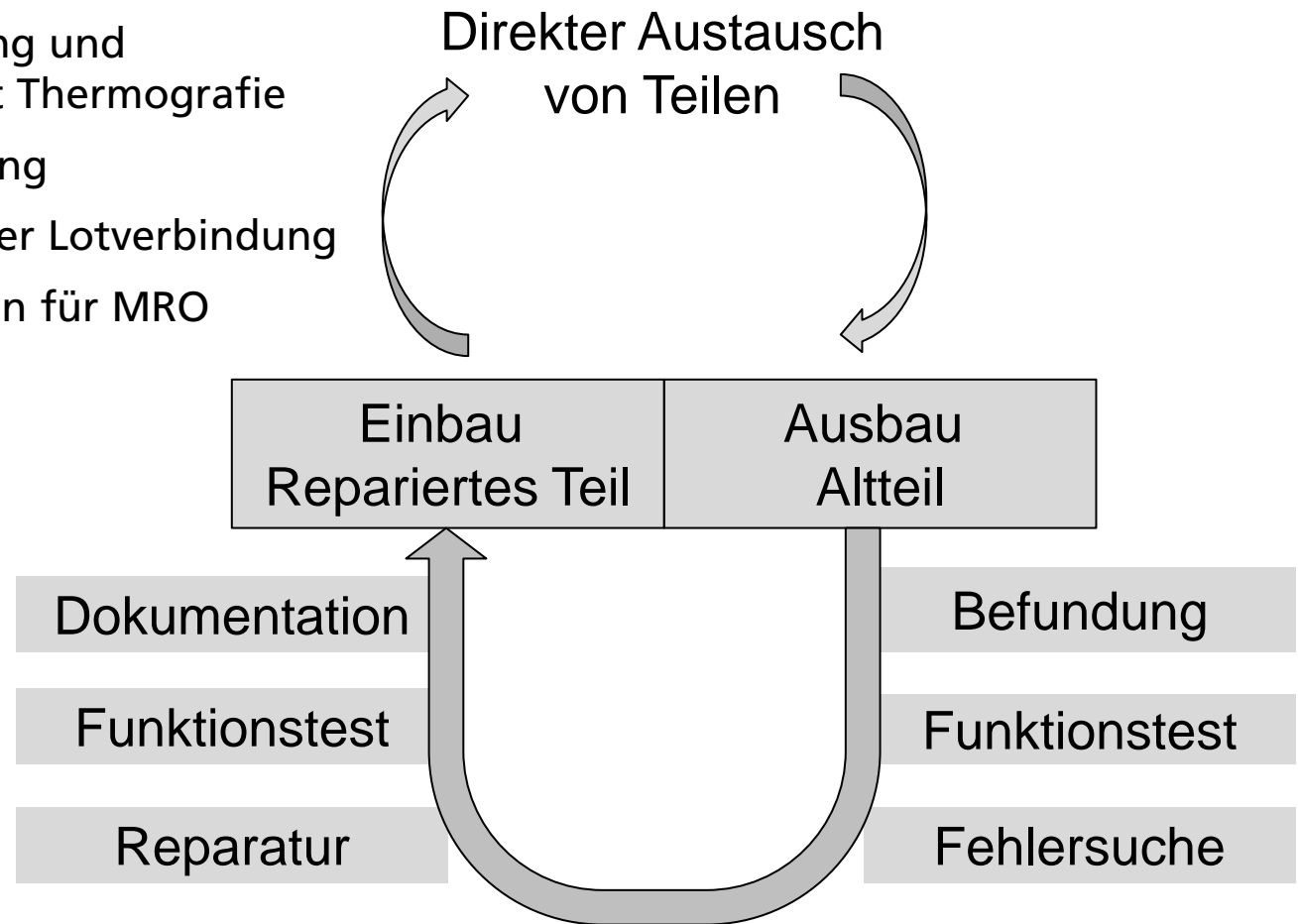


11.04.2012

Verfügbarkeit von Altteilen durch Reparatur Bahn und Luftfahrt

Werkzeuge

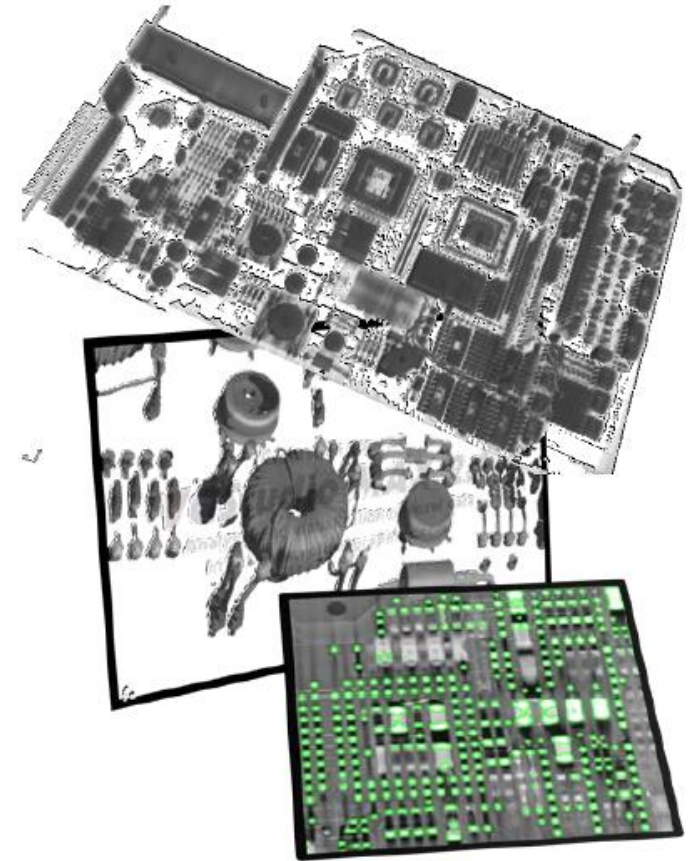
- Zustandserkennung und Fehlerfindung mit Thermografie
- Reverse Engineering
- Qualität reparierter Lotverbindung
- Ersatzteilstrategien für MRO



11.04.2012

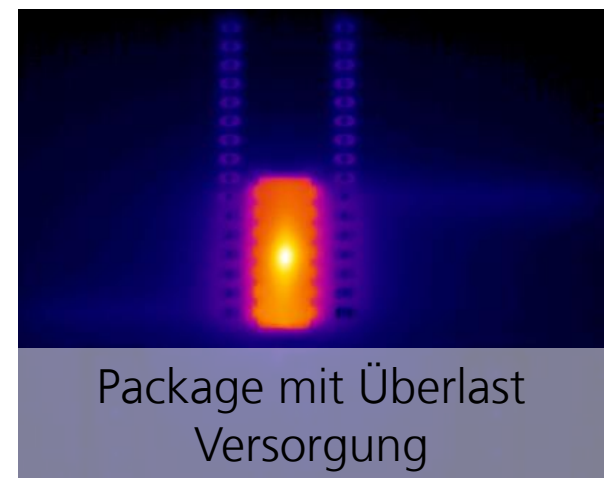
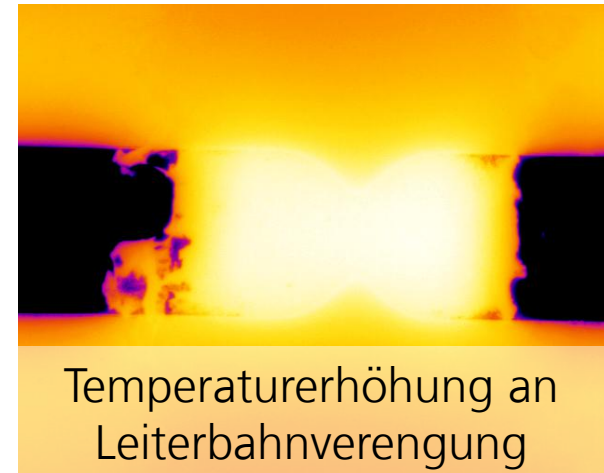
Generierung von Stromlaufplänen für die Leiterplattenreparatur

- Ausgangssituation
 - Nutzer von Leiterplatten betreiben hohen Aufwand zur Prüfplanerstellung
 - Funktionelle Zusammenhänge unklar
 - Stromlaufpläne sind nicht mehr (z. B. Insolvenz des Herstellers) oder nicht in ausreichender Qualität verfügbar
- Projektziele
 - Definition und Machbarkeitsuntersuchung einer integrierten Prozesskette zur Schaltplangenerierung (Vorlaufforschung)
 - Innovativer Einsatz optischer Verfahren
- Projektergebnis
 - Prozessdefinition
 - Algorithmen zur Pinidentifikation und Bauteilsegmentierung in CT-Daten



Fehlersuche mit Thermografie

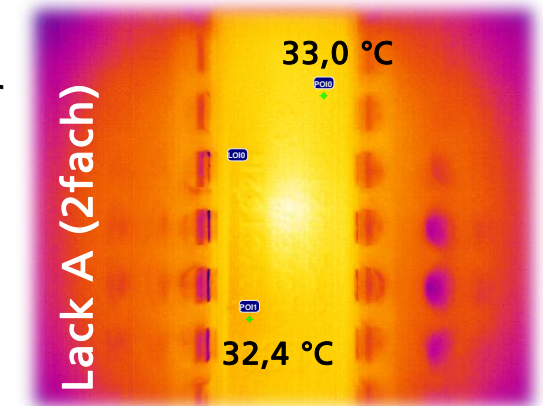
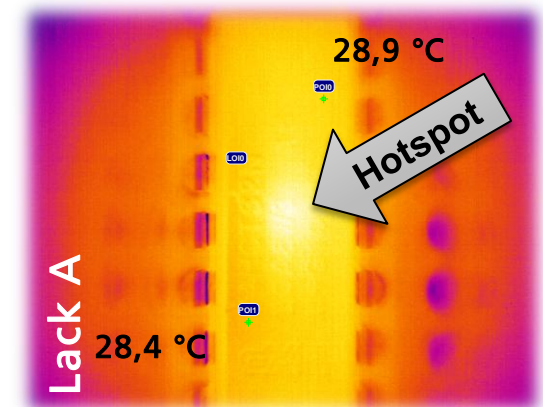
- Ausgangssituation
 - Fehlersuche ist wesentlicher Fertigungsschritt in der Reparatur
- Projektziel
 - Vorlaufforschung zum Einsatz der Thermografie zur schnelleren Fehlererkennung
 - *Bestimmung des Einflusses von Schutzlacken, Umgebungsbedingungen und Betriebsarten auf das Messergebnis*
- Ergebnisse
 - Leitfaden Thermografie zur Fehlererkennung in Elektronischen Baugruppen
 - Referenzmessungen an Testbaugruppen



11.04.2012

Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf IR Messung

- DIL-Bauteil im Betriebsmodus (5V/0,1A)
- Unterschiedliche, farblose Lackvarianten analysiert
- Temperatur steht in Abhängigkeit der Schichtdicke des Schutzlackes
- Lackvarianten für Infrarot-Strahlung teilweise durchlässig
- Reflektionsgrad unter der Lackschicht ist nicht vernachlässigbar
- Fehlererkennung muss individuelle Emissivität der Baugruppe berücksichtigen
- ⇒ Leitfaden: Thermografie zur Fehlererkennung in Elektronische Baugruppen



11.04.2012

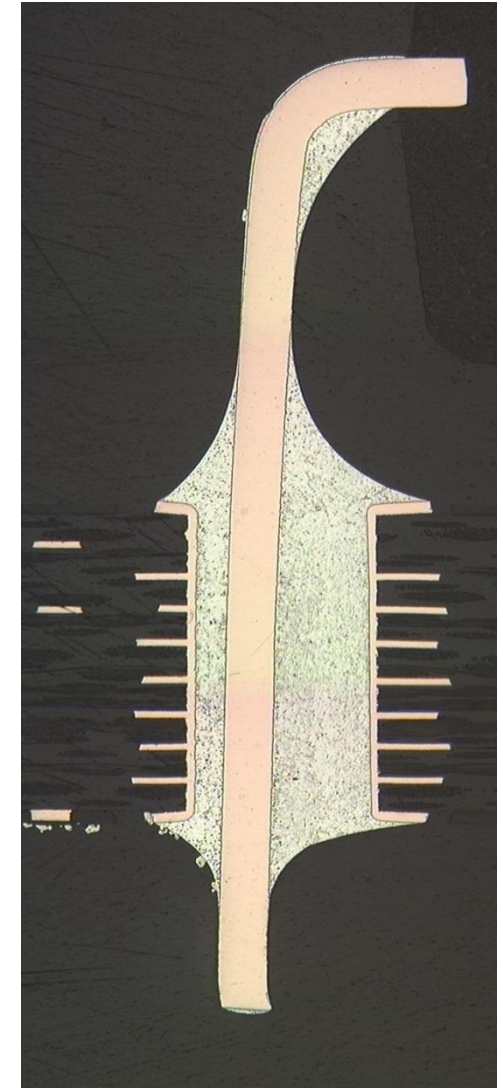
Qualität reparierter Lotverbindungen

Ausgangssituation

- Austausch von Bauteilen mit Lotverbindungen ist wesentlicher Reparaturschritt

Projektziel

- Vorlaufforschung zum Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen des Reparaturlötens:
 - Anzahl der zulässigen Reparaturvorgänge
 - Lötprozess
 - Zuverlässigkeit
- Ergebnisse
 - Optimierte Prozesse auf Grundlage von Referenzuntersuchungen and THT und SMT Baugruppen und vergleichende Lebensdauertests



11.04.2012

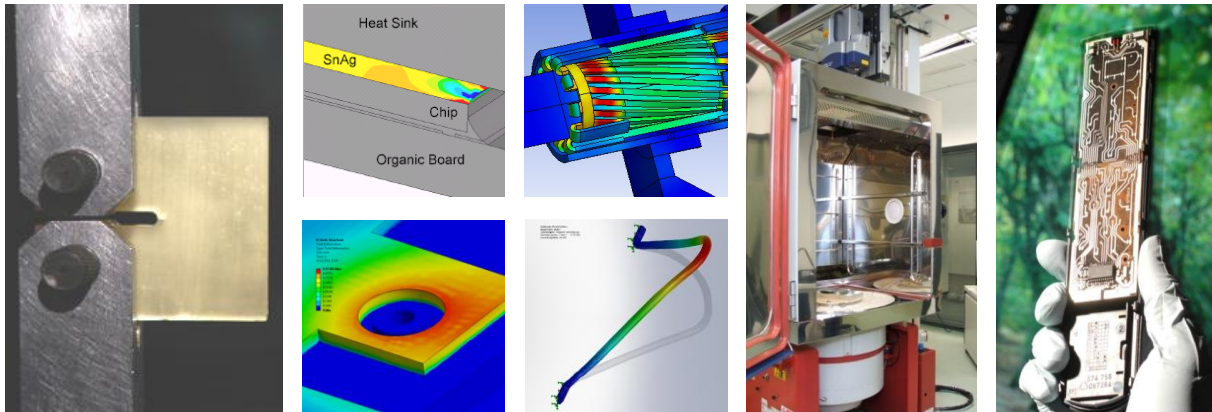
Zusammenfassung

- Ersatzteilstrategien Wiederverwendung unterscheiden sich deutlich aus Hersteller und MRO Sicht
 - Hersteller (z.B. Automotive): Direkte Wiederverwendung - Schwerpunkte Verfügbarkeit, Logistik und Qualitätssicherung
 - MRO (z.B. Bahn und Luftfahrt): Durch relativ konstanten Bestand im Feld mit langen Nutzungsdauern erfolgreiches Geschäftsmodell. Schwerpunkte schnellere und günstigere Reparaturprozesse.
- Wesentliche Ergebnisse
 - Automotive: Wiederverwendung ist aus Qualitätssicht möglich, jedoch wegen der eingeschränkte Verfügbarkeit nur als Ergänzung sinnvoll
 - MRO Bahn und Luftfahrt: Verbesserte Werkzeuge zur Reparatur, u.a. durch automatische Funktionstests und Thermografie zur Fehlererkennung.

11.04.2012

Kontakt

- Olaf Bochow-Neß
 - olaf.bochow-ness@izm.fraunhofer.de
 - 030 46403-218
- Abteilung Environmental and Reliability Engineering
 - Abteilungsleitung Dr. Nils Nissen und Dr. Olaf Wittler
 - nils.nissen@izm.fraunhofer.de und olaf.wittler@izm.fraunhofer.de
 - Sekretariat 030 46403-200



11.04.2012