Zertifizierung

Echtzeitsysteme 2 - Vorlesung/Übung

Peter Ulbrich
Fabian Scheler
Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

http://www4.cs.fau.de/~{scheler,ulbrich,wosch}
{ulbrich,scheler,wosch}@cs.fau.de

Übersicht

- Allgemein
- Eine Zertifizierungsstelle: TÜV Nord
- Wichtige Normen
  - DO-178B & DO-248B, DO-254
  - IEC 61508

Definition: Zertifizierung

„Das Verfahren bzw. das Ergebnis des Verfahrens, bei dem einem Unternehmen bestätigt wird, dass es über ein Qualitätsmanagement-System verfügt, das den entsprechenden Normen entspricht. Als Zertifizierung bezeichnet man die Bestätigung der Abläufe auf Normenkonformität durch eine unabhängige akkreditierte Zertifizierungsgesellschaft.“

QM-Lexikon (http://www.quality.de)

Arten der Zertifizierung

- **prozessorientierte** Zertifizierung
  - Beurteilung des Softwareentwicklungsprozesses
  - keine Überprüfung von Produkten
  - Annahme: Einhaltung von Normen ↔ Software hoher Qualität
- **produktorientierte** Zertifizierung
  - überprüft gewisse Eigenschaften des Produkts
  - Rückschlüsse vom Softwareentwicklungsprozess möglich
- **projektbegleitende** Zertifizierung
  - Prüfung des Entwicklungsprozesses eines bestimmten Produkts

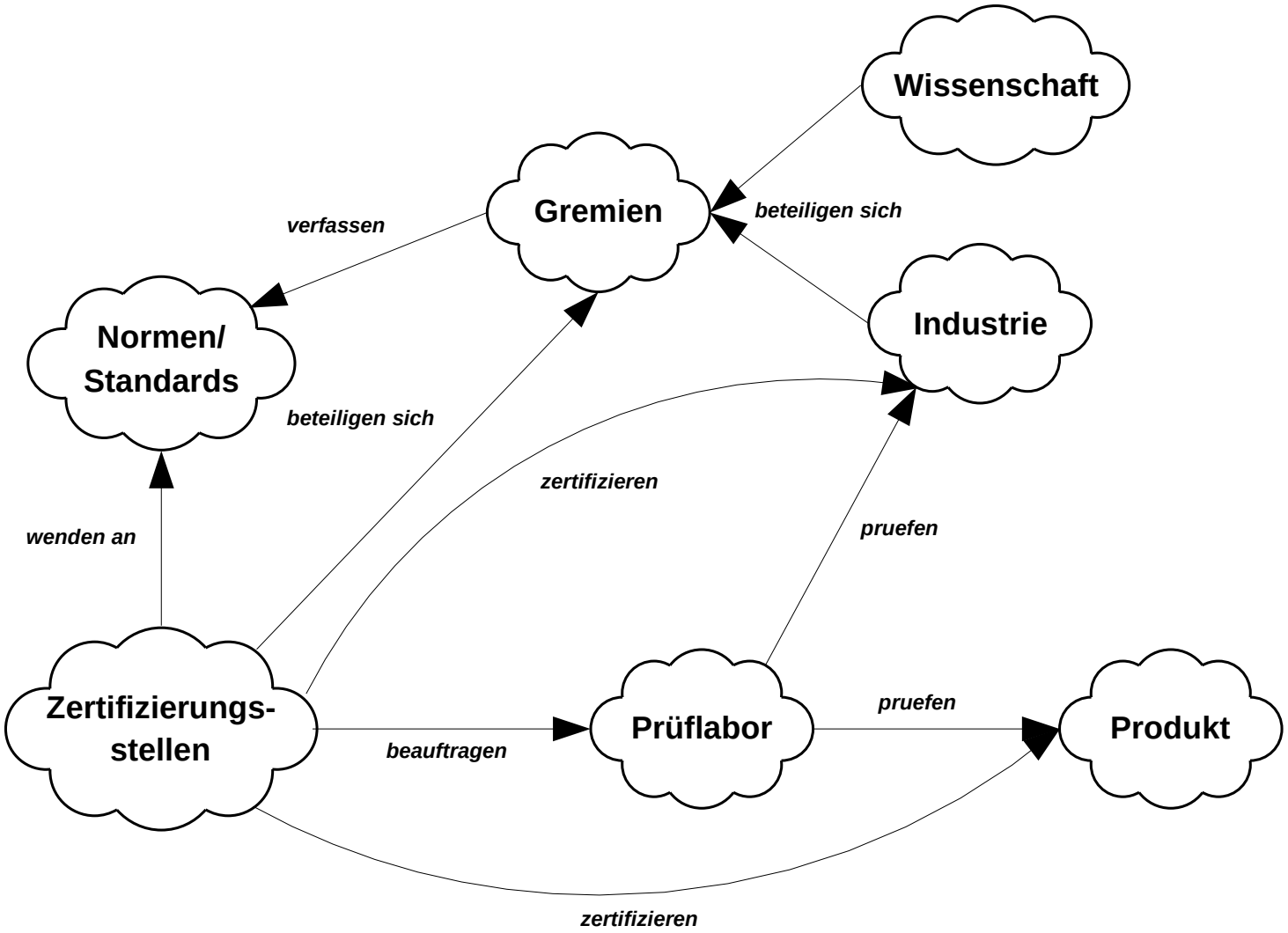
Arten der Zertifizierung: Beispiele

- ISO 9000-3
  - prozessorientiert
  - spezifiziert diverse Phasen des Softwareentwicklungsprozesses
    - Vertragsabschluss
    - Festlegung der Forderung des Auftraggebers
    - Planung von Entwicklung und Qualitätssicherung
    - Entwurf & Implementierung
    - Testen & Validierung
    - Abnahme & Vervielfältigung
    - Lieferung, Installation, Wartung
- RAL-GZ 901
  - Prospektprüfung
  - nur im Prospekt zugesicherten Eigenschaften werden geprüft

Wer vergibt Zertifikate

- Auftraggeber
  - Bewertung der Lieferanten
- anerkannte Zertifizierungsstellen
  - im Auftrag von Unternehmen
  - Unteraufträge an Prüflabors
- Wer entscheidet über die Anerkennung eines Zertifikats?
  - der Auftraggeber / Kunde

Überblick: Zertifizierung



TÜV Nord: Prüfstelle SEELAB

- Prüfstelle nach DIN EN ISO/IEC 17025
- Inspektionsstelle nach DIN EN ISO/IEC 17020

- Dienstleistungen in den Bereichen
  - Leittechnik
  - Automatisierungssysteme
  - Soft- und Hardware

- Aufgaben: Nachweis von
  - Qualität
  - Zuverlässigkeit
  - Sicherheit (safety & security)

  im Auftrag von Industrie und Behörden

TÜV Nord: Zertifizierungsstelle SEECERT

- Überprüfung von Rechnern und Software
- Prüfung hinsichtlich diverser Normen
  - IEC 61508
  - IEC 61513
  - Wortschatzkriterien für Wörterbücher
  - ...
- Referenzen
  - Alstom – IEC 61508
  - BMW – IEC 61508
  - CATERPILLAR – IEC 61508
  - Conti Temic – IEC 61508
  - ...

Wichtige Normen

- Luftfahrt
  - DO-178B & DO-248B (Software)
  - DO-254 (Hardware)
- Elektronische Systeme
  - IEC 61508

DO-178B & DO-254

DO-178B

Software *Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*

DO-254

Design Assurance Guidance for Airborne Electronic ***Hardware***

Inkl. FPGAs und Firmware!

- Komitee:
  - **RTCA** (***R****adio* ***T****echnical* ***C****ommission for* ***A****eronautics*)
  - **EUROCAE** (***E****uropean* ***O****rganisation for* ***C****ivil* ***A****viation* ***E****quipment*)
- Anwendung durch:
  - **FAA** (***F****ederal* ***A****viation* ***A****dministration*)
  - **EASA** (***E****uropean* ***A****viation* ***S****afety* ***A****gency*)
  - ...
- erlaubt nur die Zertifizierung **kompletter Systeme**

DO-178B & DO-254

- fünf mögliche Risikostufen

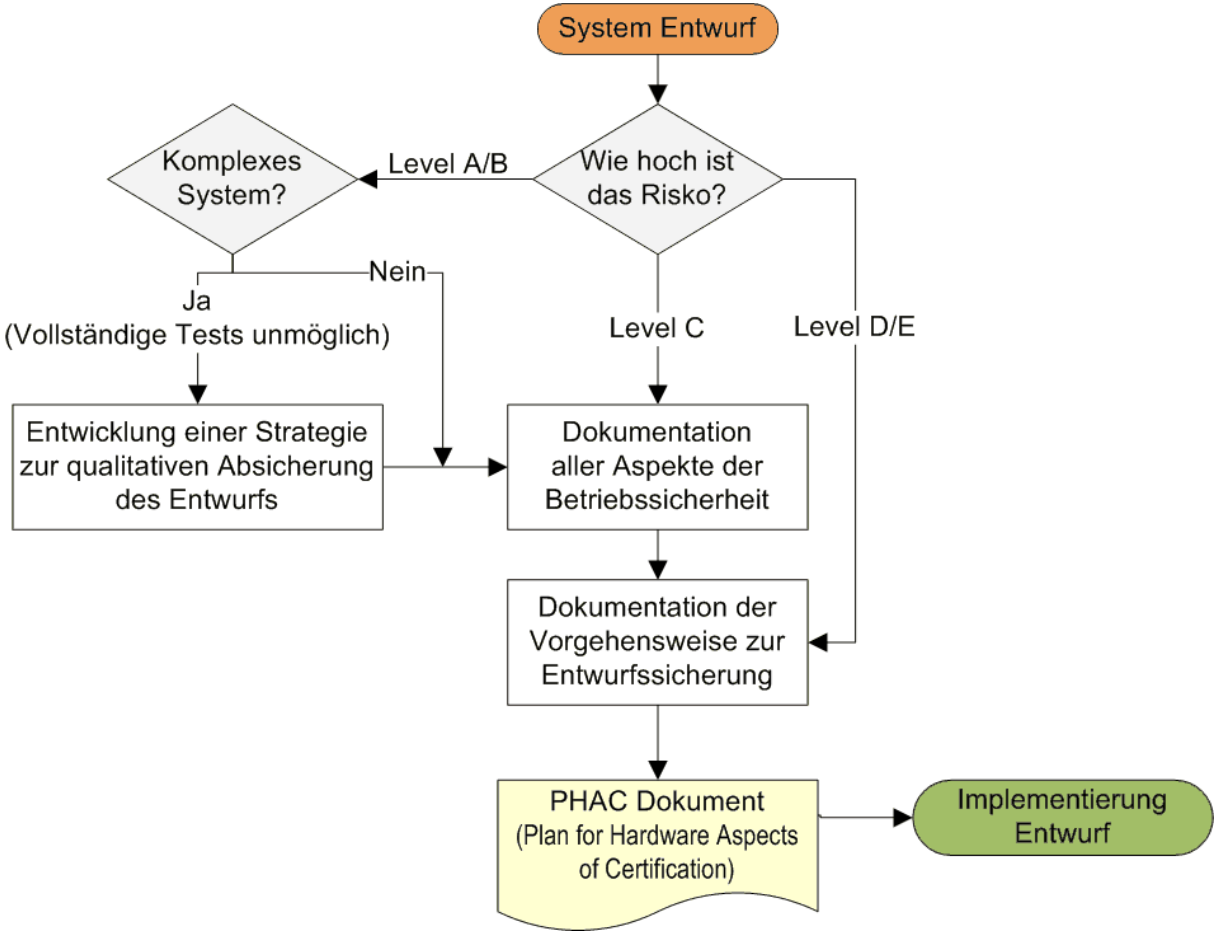
Risikostufe	Auswirkung
Catastrophic	Fehler führt zu Systemversagen und verhindert sicheren Flug und Landung, Todesopfer möglich.
Hazardous	Fehler ist schwerwiegend und schränkt die Flugsicherheit und Flugleistung signifikant ein, schwere Verletzungen und Sachschäden möglich.
Major	Fehler ist ernst und mindert die Flugsicherheit und schränkt die Flugleistung teilweise ein, leichte Verletzungen und Sachschäden möglich.
Minor	Fehler ist störend, mindert die Flugsicherheit aber nicht wesentlich und führt lediglich zu Unannehmlichkeiten für die Insassen.
No Effect	Fehler beeinträchtigt den Betrieb des Flugzeugs in keiner Weise.

- Resultierende ***D**esign **A**ssurence **L**evel* (DAL ≙ IEC65108 SIL)

DAL	Risikostufe	Fehlerwahrscheinlichkeit
A	Catastrophic	1x in 1 Milliarde Flüge
B	Hazardous	1x in 10 Millionen Flügen
C	Major	1x in 100.000 Flügen
D	Minor	1x in 100.000 Flügen
E	No Effect	Keine Auswirkungen

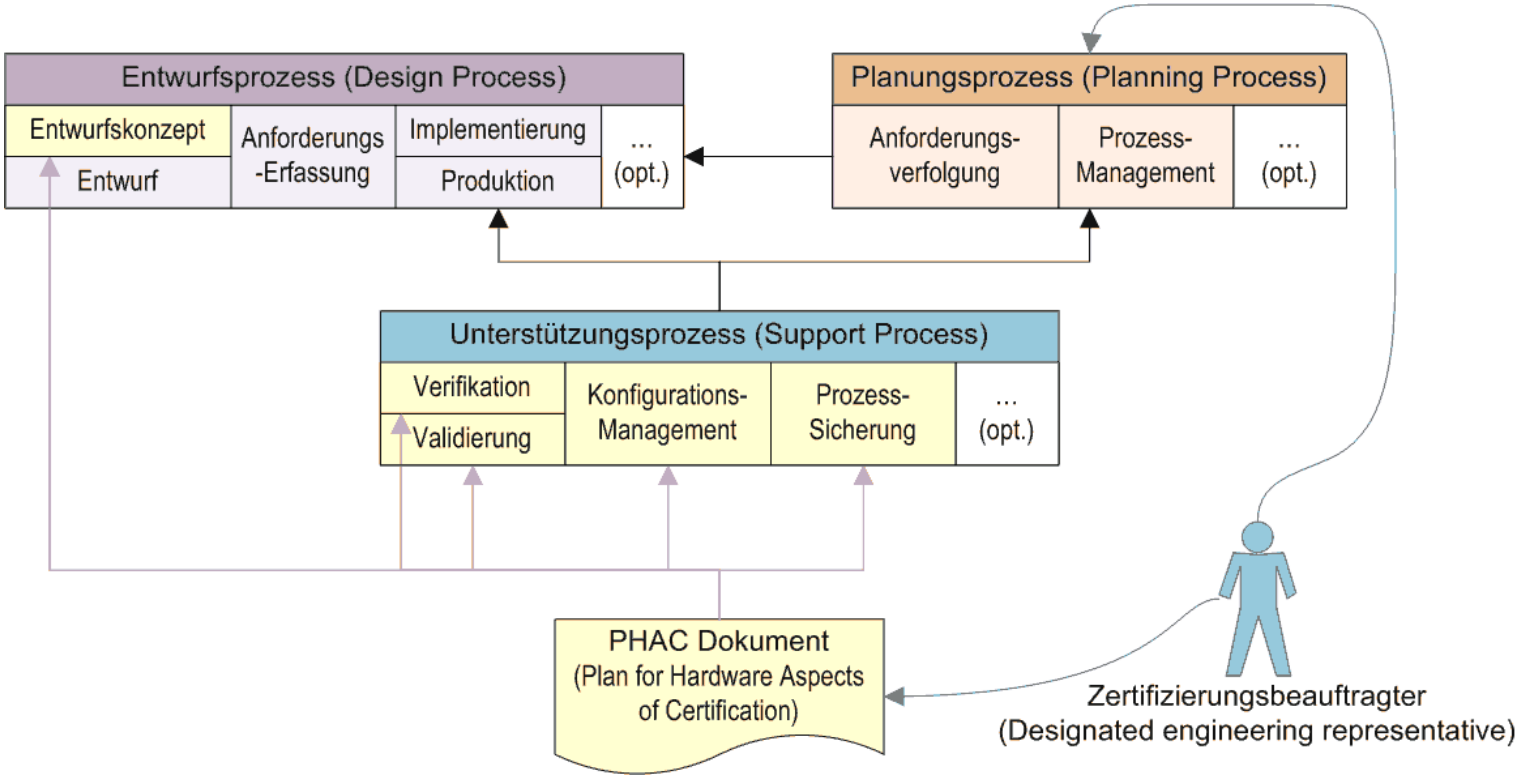
Zertifizierungsstrategie (DO-254)

- Vorgehen am Beispiel der DO-254:



Prozesse und Dokumente (DO-254)

- Implementierung des Entwurf mit Hilfe von Prozessen



- Dokumente für *Entwurf*, *Planung*, *Entwicklung*, *Konfiguration* und *Qualitätssicherung*

DO-178B & DO-254 Spezifikation

Umfang

- Spezifikation für die Zertifizierung (Konzeptionell)
- Keine Aussagen zur Umsetzung
- Überschaubar aber interpretierbar → Projektspezifisch
- Anforderungsanalyse und Verfolgung im Fokus

Entwurf

- Konzeptioneller Entwurf vorgeschrieben (ermöglicht Abgleich)
- Detaillierter Entwurf in zertifizierbarer Sprache (UML, HDL)

Test, Verifikation und Validierung

- Validierung hier: Anforderungen sind korrekt
- Vorgeschrieben → „Angemessene“ technische Umsetzung (Review, Test, Analyse)

DO-178B & DO-254 Spezifikation

- **Versions- und Konfigurationsmanagement**
  - Spezifikation verlangt lückenlose Aufzeichnung
  - Anleitung für Anforderungen sonst beliebige Umsetzung
- **Produkt Lebenszyklus**
  - Spezifikation berücksichtigt Produktlebenszyklus
  - Verlangt aber keine Umsetzung → Projektspezifisch
- **Produktion (DO-254) bzw. Integration (DO-178B)**
  - Außerhalb der Spezifikation → Weitere Standards
- **Schnittstelle zur Zertifizierung**
  - Anleitung für die Kommunikation Entwickler ↔ Zertifizierungsstelle

DO-248B

- DO-178B Standard hat Schwächen in den Bereichen
  - Anforderungsdefinition und -analyse
  - Partitionierung (z.B. welche Techniken sind wann adäquat?)
  - Verifikation
  - COTS Software
  - Einfluss von Software auf die Sicherheit des Gesamtsystems

- DO-248B
  - erläutert den DO-178B Standard (keine Erweiterung)
  - korrigiert 12 Fehler
  - enthält 76 FAQ
  - enthält 15 Diskussionspapiere

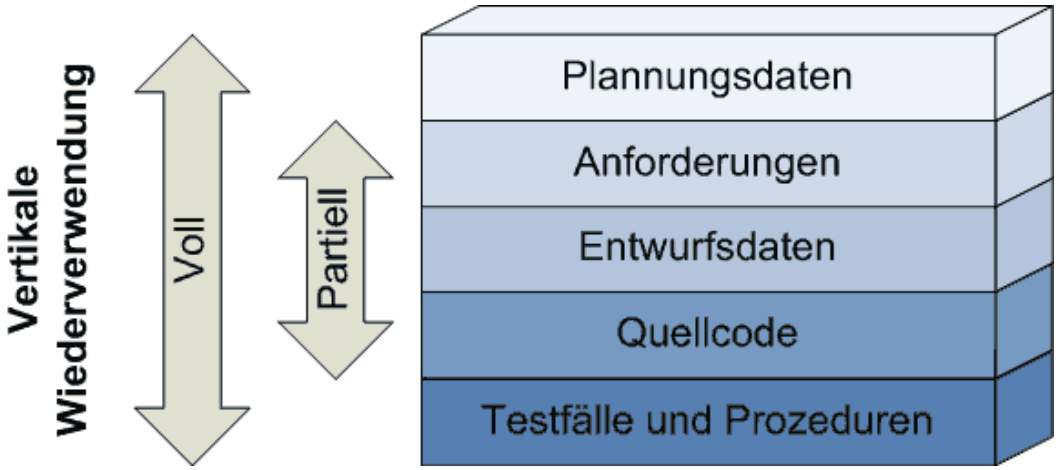
Wiederverwendung und DO-178B

- Bislang nur die Zertifizierung **kompletter Systeme**
- **Wunsch:** Wiederverwendung bestehender Software-Artefakte
  - Inklusive aller Teile des Zertifizierungsprozesses
  - Planungs-, Anforderungs-, Entwurfs- und Konfigurationsdaten, Quellcode

Faktoren Wiederverwendbarkeit

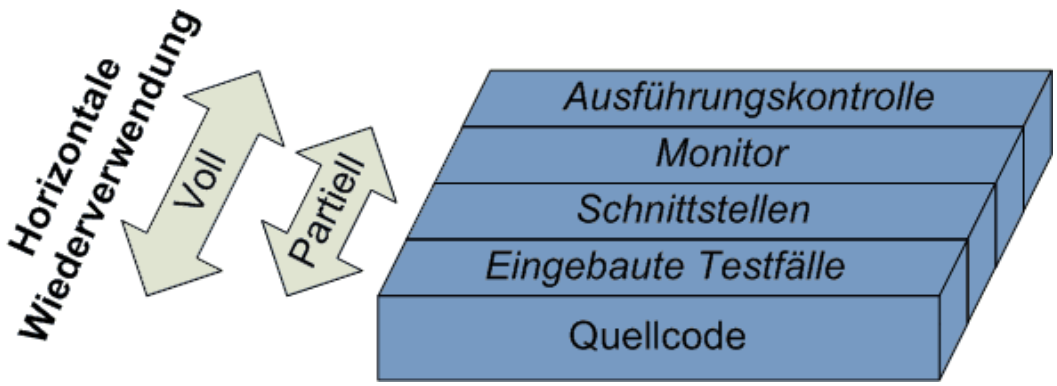
- **Funktionale Anpassung**
  - Ungenutzte Funktionalität (entfernen / verbergen)
- **Unbeständige Anforderungen**
  - Sich ändernde Anforderungen benötigen Rezertifizierung
- **Bestehende Zertifizierungsebene**
  - Ziel-Zertifizierungsebene ≤ Ausgangs-Zertifizierungsebene!
- **Ausgereiftheit**
  - Betriebsbewährtheit reduziert Zertifizierungsaufwand
- **Hardware Plattform**
  - Plattformabhängigkeiten schränken Wiederverwendung ein
  - Rezertifizierung bei Plattformwechsel

Wiederverwendungsstrategien (1)



- Vertikale Wiederverwendung
  - Vererbung der Zertifizierungseigenschaften (Anwendbarkeit?)
  - Volle vs. Partielle Wiederverwendung
  - Fokus auf minimale Interaktion → *Schnittstellenzertifizierung*

Wiederverwendungsstrategien (2)



- Horizontale Wiederverwendung
  - Bestehende Software Artefakte als Bibliothek
  - Vereinfachung/Funktionsreduktion → Partielle Wiederverwendung
  - *Schnittstellenzertifizierung*

Wiederverwendungsstrategien (3)

- **Entwurf für Wiederverwendbarkeit**
  - Artefakte speziell für Wiederverwendung entworfen
  - Unbeständigkeit von Funktionen → Explosion/Fragmentierung Artefakte
  - Komplex und wiederverwendbar ↔ Einfach und projektspezifisch
- **Artefakt Anpassungen**
  - Wiederverwendung ohne Anpassungen erstrebenswert (selten)
  - Oft Regressionsanalyse und -tests notwendig (minimale Änderungen)
  - Tiefgreifende Änderungen ruinieren die Kostenersparnis
- **Anwendungspartitionierung**
  - Aufteilung in beständige und unbeständige Anforderungen
  - Trennung unterschiedlicher Zertifizierungsebenen
  - Erleichtert Wiederverwendung

Wiederverwendungsszenarios (1)

- **Gemeinsame Funktionalität – Unterschiedliche Hardware**
  - Trennung in funktionale und hardwareabstraktions Ebene
  - Änderungen / Rezertifizierung beschränkt auf eine Ebene
- **Gemeinsame Funktionalität – Unterschiedliche Werkzeuge**
  - Durch Plattformwechsel (z.B. anderer Compiler)
  - Anderer Binärcode! → Rezertifizierung Werkzeugkette (Extrem teuer)
  - Wiederholung der Integrationstests
- **Gemeinsame Funktionalität – Unterschiedliche Standards**
  - Komplette Rezertifizierung nach neuem Standard
  - Ggf. Wiederverwendung einzelner Zertifizierungsdokumente möglich
- **Gemeinsame Funktionalität – Restrukturierung**
  - Aktualisierung des Softwareentwurfs und der Implementierung
  - Aufwendig und teuer → Nur in Ausnahmefällen (Strategisches Interesse)
  - „Never touch a running system!“

Wiederverwendungsszenarios (2)

- **Unterschiedliche Funktionalität – Gemeinsame Plattform**
  - Wiederverwendung der „Umgebung“
  - Räumliche Isolation der funktionalen Änderungen → Regessionstest
- **Unterschiedliche Funktionalität – Unterschiedliche Plattform**
  - Neue Produktfamilie
  - Horizontale und vertikale Trennung erleichtert Wiederverwendung
- **Bestehende Funktionalität – Neues Flugzeug**
  - Erneute Dokumentation aller Aspekte der Betriebssicherheit
  - DO-178B unterstützt dieses Szenario bereits
  - Rezertifizierung der Anforderungen auf höheren Ebene ausreichend
  - Zertifizierungslevel darf nicht steigen

Zusammenfassung

- Wiederverwendung kann Kosten senken und sogar die Sicherheit steigern

- **Industriebeispiel:** Honeywell Primus Epic
  - Integrierte Bordelektronik neuester Generation
  - Produktlinienansatz → Modularisierung
  - FAA Abnahme des zentralen Modularisierungsentwurfs
  - Horizontale und vertikale Partitionierung eingesetzt
  - Betriebssystem (Digital Engine Operation System) erlaubt Trennung unterschiedlicher Zertifizierungsebenen
  - Fliegt im Dassault Falcon Jet (EASy Cockpit)

IEC 61508

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

- Komitee:
  - **IEC** (***I**nternational **E**lectrotechnical **C**ommission*)
  - **CEN** (**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation)
- Anwendung durch
  - Industrie
  - Behörden
  - ...

IEC 61508: Allgemein

- generischer Sicherheitsstandard
  - dient als Basis für branchenspezifische Standards
  - z.B. IEC 61511 – Prozessindustrie
  - z.B. IEC 61513 – Kernkraftwerke
  - Standard für Automobilindustrie in Vorbereitung
- hauptsächlich für E/E/PES
- Entwicklung
  - 1984: TÜV Richtlinien, Safety-Klassen 1-9
  - 1989: DIN 19250/VDE 0801 Safety-Klassen 1-9
  - 1997: IEC 61508, SIL 1-4
- erlaubt die Zertifizierung **einzelner Komponenten**

IEC 61508: Ansatz

- Rangliste der Fehlerquellen
  1) Spezifikation
  2) Modifikationen nach Inbetriebnahme
  3) Betrieb & Wartung
  4) Entwurf & Implementierung
  5) Installation & Inbetriebnahme

- spezifische Eigenschaften von E/E/PES
  - hohe Komplexität
  - elektronische Interferenz
  - nur Hardwarefehler können quantifiziert werden
  - Software kann nicht ausreichend quantitativ bewertet werden
  - Zuverlässigkeit von Software kann nur optimiert, kaum garantiert werden
  - hohe Kompetenz im gesamten Lebenszyklus notwendig

➔ Standard umfasst den **kompletten Lebenszyklus** eine Systems

IEC 61508: Konzept

Safety Integrity Level (SIL)

- richtet sich nach der PFD (***P**robability of **F**ailure upon **D**emand*)

SIL	PDF
4	10^{-5} - 10^{-4}
3	10^{-4} - 10^{-3}
2	10^{-3} - 10^{-2}
1	10^{-2} - 10^{-1}

Risikofunktion

- Funktion aus Wahrscheinlichkeit und Schwere von Fehlern
- es bleibt **immer** ein Restrisiko
- notwendige Risikoreduktion = Risiko – tolerierbares Risiko
- muss ALARP (***A**s **L**ow **A**s **R**easonably **P**racticable*) reduziert werden

Sicherheitsfunktion

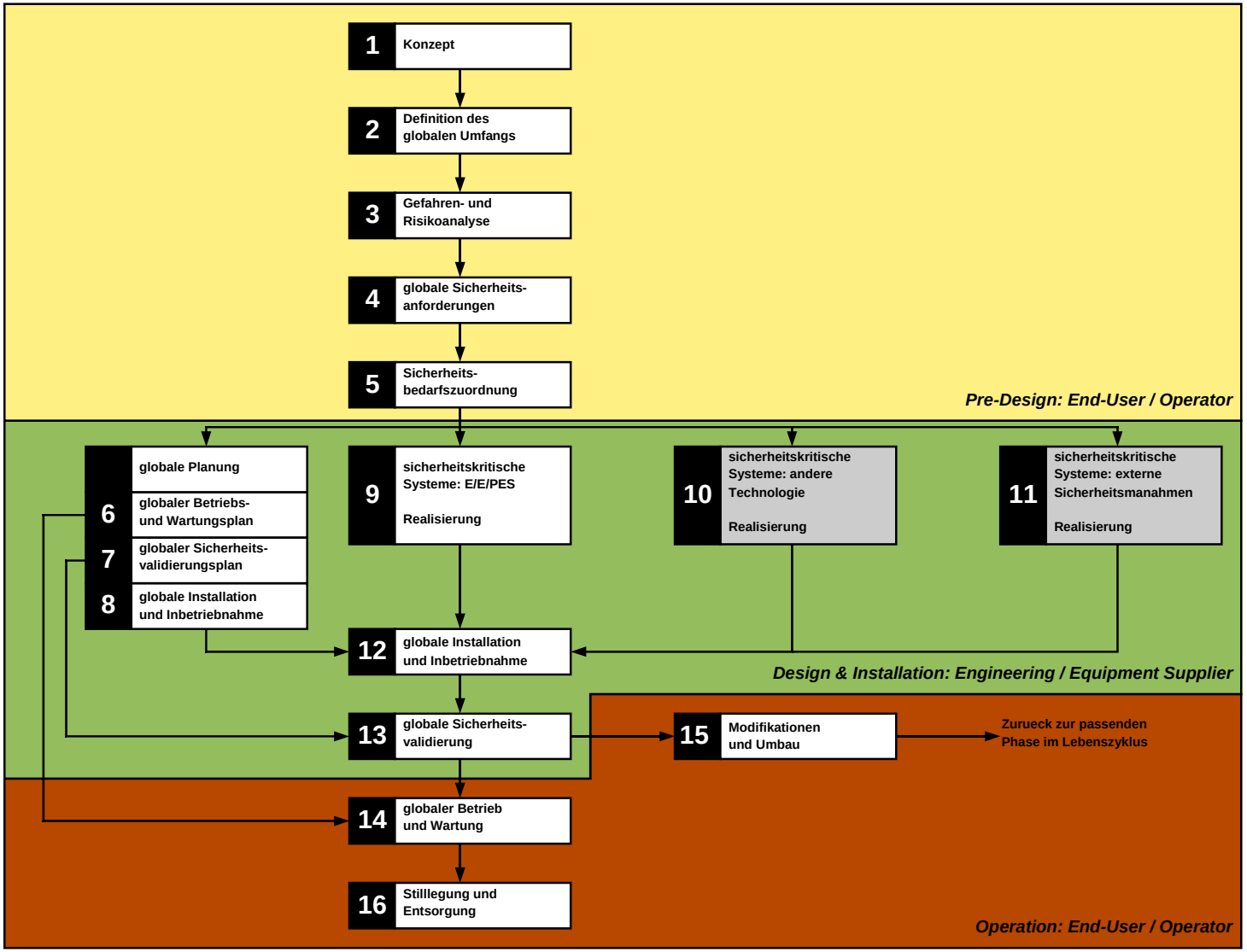
- Maßnahmen zur Reduktion des Risikos
- müssen von Anfang an bedacht werden

IEC 651508: Struktur

- Teil 1: General Requirements
- Teil 2: Requirements for electrical, electronic, programmable electronic systems
- Teil 3: Software requirements
- Teil 4: Definitions and abbreviations
- Teil 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels
- Teil 6: Guidelines on the application of Parts 2 & 3
- Teil 7: Overview of techniques and measures

- Teil 1-3: normativ, Teil 4-7: informativ

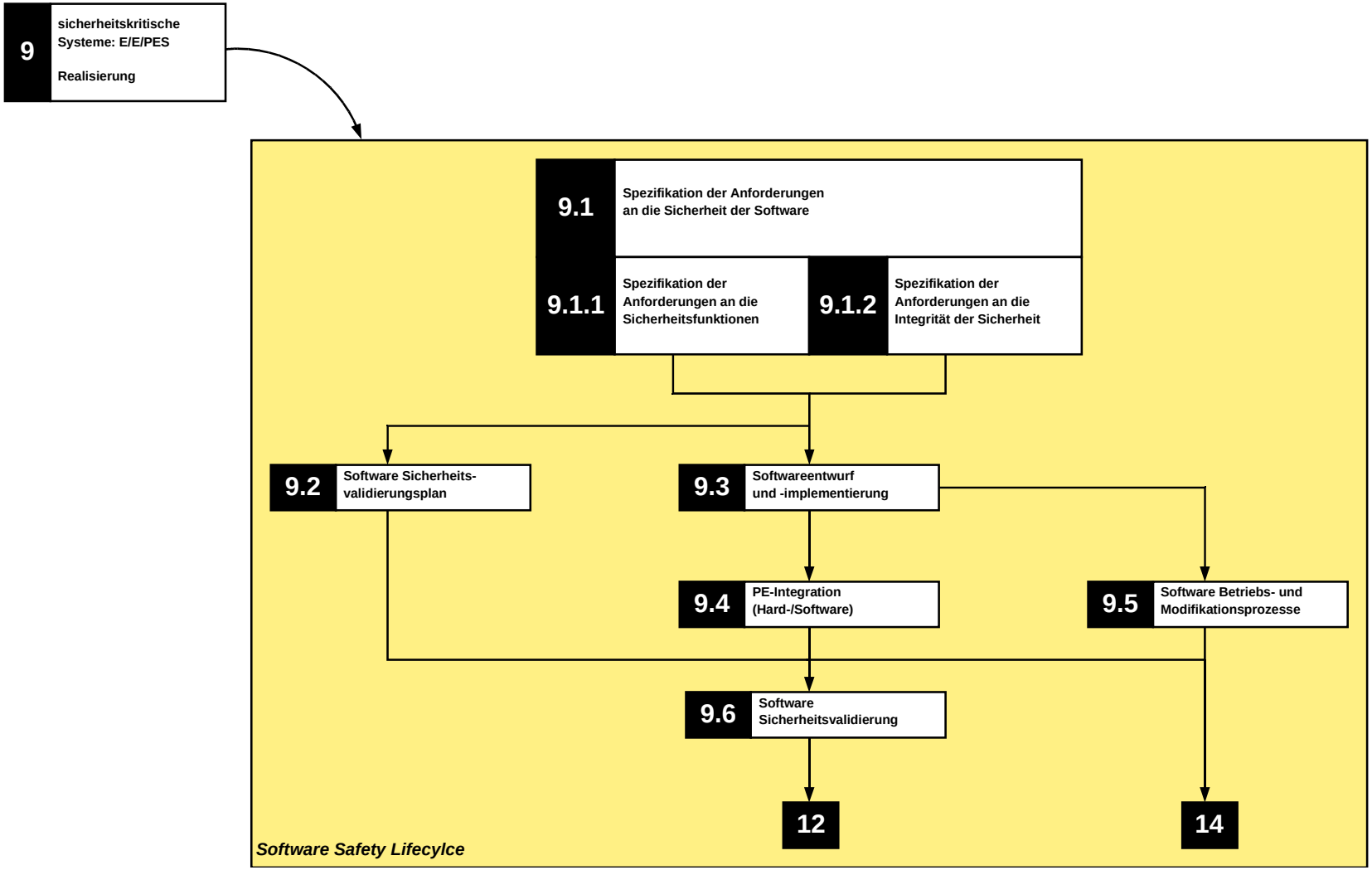
IEC 61508: Lebenszyklus



IEC 61508: Part 1

- definiert die **Aktivitäten des Lebenszyklus**
  - Entwicklung der Sicherheitsanforderungen
  - Zuordnung der Sicherheitsanforderungen zum System
  - Installation, Inbetriebnahme und Validierung des Systems
  - Betrieb, Wartung, Modifikation und Stilllegung das Systems
- Beschreibt die Anforderungen an die
  - Handhabung der funktionalen Sicherheit
  - Bewertung der funktionalen Sicherheit

IEC 61508: Part 3



IEC 61508: Part 3

Software Qualitätssicherung

- Konfigurationsmanagement
  - beinhaltet alles, was zum Erstellen der Software verwendet wird
  - Sicherung/Dokumentation der kompletten Entwicklungsumgebung
- Formale Dokumentation der Veröffentlichung relevanter SW
  - Sicherungskopien
  - lebenslange Betreuung

Entwurf & Implementierung

- Architektur
- Review und Evaluation
- geeignete Entwicklungswerkzeuge (je nach SIL)
- Verifikation der Anforderungen

IEC 61508: Part 3

- **PE Integration & Sicherheitsvalidierung**
  - Kompatibilität von Hardware und Software
  - Dokumentation der Umgebung, der Integration und der Validierung
    - Verfahren
    - Werkzeuge
  - Validierung des Systems
    - Testen
    - Modellierung
    - Simulation
    - ...
- **Modifikationen**
  - entsprechende Schritte müssen wiederholt werden

Zertifizierung von Softwarekomponenten

- Problemstellung und Lösungsansatz
- Usage-based Testing
- Zertifizierung
  - Prozess
  - Ergebnis
  - System
- Future Work

Problem und Lösungsansatz

- **Problem**
  - Zertifizierung kompletter Systeme: teuer & aufwendig
  - Zertifizierung von Komponenten: genaue Verwendung der Komponenten oft nicht absehbar

➔ **Lösungsansatz**:
  - Zertifizierung auf Basis wiederverwendbarer Softwarekomponenten
  - Zertifizierung im Hinblick auf Verwendungsprofile

- Hier:
  - Zertifizierung der Zuverlässigkeit
  - Usage-based testing
  - Objekt-orientierte Software

Zusammenfassung

- Allgemein
  - Arten der Zertifizierung
  - Wer? Wo? Was? Warum?
- TÜV Nord
  - SEELAB und SEECERT
- Normen
  - DO-178B, DO-248B, DO-254, IEC 61508