

# 86512 Herstellung und Vermarktung von Schienenfahrzeugen

Prof. Dr. Raphael Pfaff

Fachhochschule Aachen

30. Mai 2018

# Teil 1

## Einführung in die Veranstaltung

# Themenplan

Plan - Verschiebungen sind möglich!

Datum	Thema	Dozent
	Verkaufsgespräche richtig führen	Thomas
	Verkaufsgespräche richtig führen	Thomas
	Vertragsinhalte	Thomas
	Vertragsinhalte	Thomas
	Verkaufsgespräche/Vertragsinhalte	Thomas
	Kostenmanagement	Thomas
	Finanzierungsaspekte zur Vertriebsunterstützung	Thomas
30.5.	Einführung, Marktsegmente, Marktschranken	Pfaff
	Lebenszyklusmodelle, Projektmanagement	Pfaff
13.6.	Requirements Engineering, Aufwandsschätzung	Pfaff
20.6.	Projektplanung	Pfaff
27.6.	Schweißen	Pfaff
18.7.	Schrauben	Pfaff
	Korrosionsschutz, DB Güteprüfung, IBS	Pfaff
	Lessons learned Railway Challenge	Pfaff

# Teil 2

## Marketing

### Abschnitt 1

#### Marktsegmentierung

# Warum Marktsegmentierung?

Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black. - Henry Ford

- Marktidentifizierung
  - Abgrenzung des relevanten Gesamtmarktes
  - Bestimmung der relevanten Teilmärkte
  - Auffinden vernachlässigter Teilmärkte (Marktlücken, Marktnischen)
- Rechtzeitige Beurteilung von Neueinführungen der Konkurrenz und rechtzeitiges Ergreifen von Gegenmaßnahmen
- Beurteilung der eigenen Markenpositionierung im Vergleich zur Positionierung der Konkurrenzprodukte
- Richtige Positionierung von Neuprodukten
- Fundierte Prognose der (segmentspezifischen) Marktentwicklung
- Optimale Allokation des Budgets auf einzelne Segmente
- Erhöhung der Zielerreichungsgrade
- Preisfindung

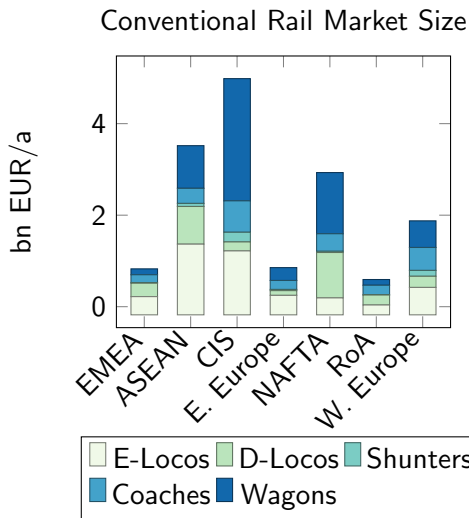
# 🔌 Segmentierungskriterien für Schienenfahrzeuge und ihre Komponenten

# Abschnitt 2

## Marktgrundlagen

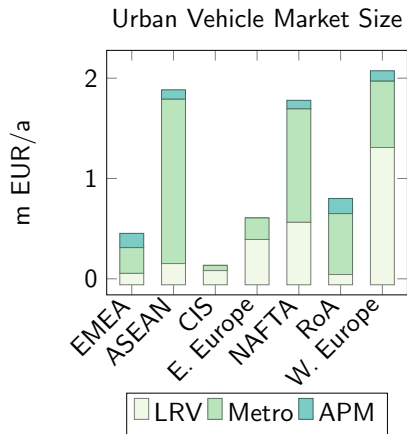
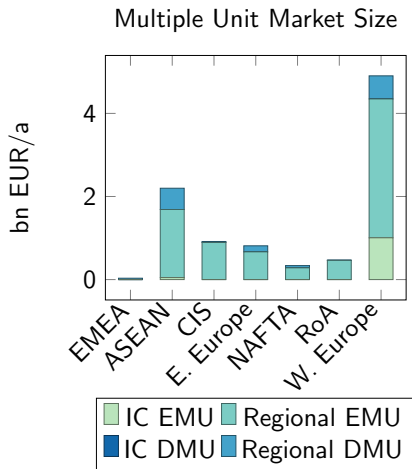
# Größe und Entwicklung des Marktes

- Gesamtmarkt  
Schienenfahrzeuge  
weltweit: 47 Mrd  
EUR (Stand 2012)
- Dominierende  
Teilmärkte:
  - Asien
  - Europa
- Relevante  
Fahrzeugsegmente  
variieren lokal stark

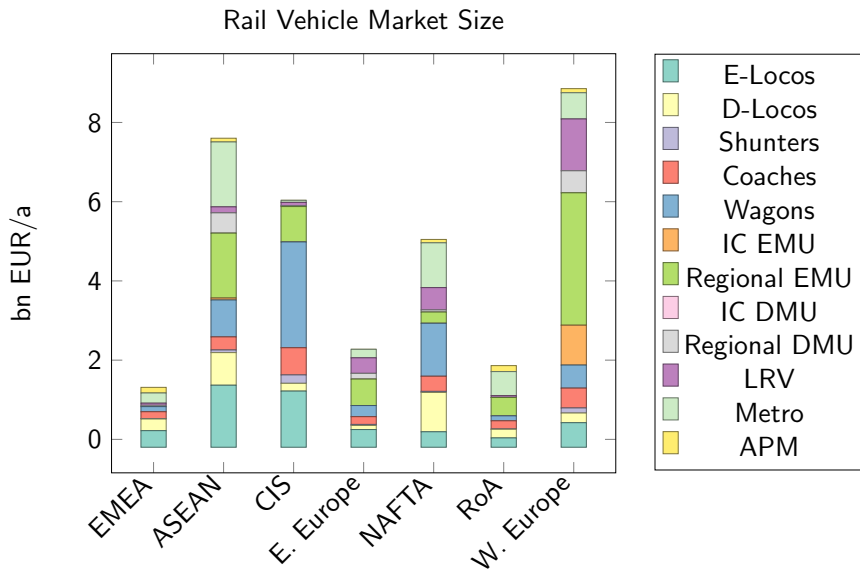




# Größe und Entwicklung des Marktes

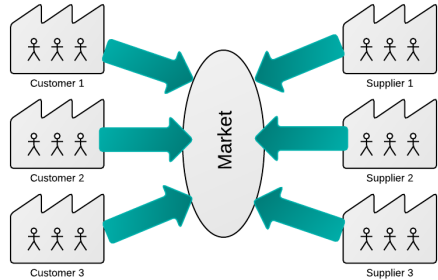


# Gesamtmarkt Schienenfahrzeuge



# Vertrieb und Beschaffung

- Typisch: B-to-B-Markt
- Eigenschaften:
  - Investition statt Konsum
  - Abgeleitete Nachfrage
  - Multipersonalität
  - Formalisierte Beschaffung
  - Individualisierung
  - Internationalität



## ■ Ziele:

- Kosten
- Qualität
- Risiko
- Flexibilität

## ■ Strategien:

### ■ Mutiple Sourcing

- + Wettbewerb, Risiken minimieren
- Aufwand z.B. bei Qualitätsunterschieden

### ■ Single Sourcing

- + enge Zusammenarbeit, Entwicklung
- Wettbewerb eingeschränkt

### ■ Dual Sourcing

- +/- Vereint Vor- und Nachteile

# Konzepte der Beschaffung

- Komplexität und Umfang
  - System / Module Sourcing
  - Component Sourcing
  - Parts Sourcing
- Ort der Beschaffung
  - Lokal oder global
  - Intern oder extern (Make or Buy)
- Bereitstellung
  - Stock Sourcing
  - Demand Tailored Sourcing
  - Just-In-Time-Sourcing

# Marktschranken

In der Bahnindustrie sind im Vergleich zu anderen Branchen die Marktschranken hoch.

- Markteintrittsschranke: erschwert den Eintritt neuer Marktteilnehmer
- In Bahnmärkten häufig:
  - Regulatorische Schranken
  - Normative Schranken
  - Käuferpräferenzen
- Marktaustrittsschranke: erschwert den Austritt der Marktteilnehmer
- Typisch für Märkte mit hohen Schranken: Hohe Margen, Oligopole

# Sammlung Marktschranken

# Marktrisiken

- Marktspezifische Risiken:
  - Implizite Anforderungen
  - Marktverdrängung durch Wettbewerber



# Teil 3

## Projektablauf, -kriterien und organisation

### Abschnitt 1

### Projektablauf

# 🔌 Tafelbild Projektablauf, Ausblick V-Modell, Phasen, Meilensteine

# Abschnitt 2

## Projektkriterien

# Fragen an die Projektorganisation

Eine gute Vorbereitung der Organisation und der Infrastruktur macht erfolgreiche Projektarbeit möglich.

- Was verstehen wir unter einem Projekt?
- Wie binden wir Projekte in unser Unternehmen ein?
- Welche standardisierten Vorgehensmodelle wenden wir an?
- Wie stellen wir sicher, dass alle Informationen zur richtigen Zeit verfügbar sind?
- Welche Dokumente/Dokumentenarten werden eingesetzt? Wie werden sie verwaltet?
- Gibt es Verhaltensregeln für das Projektteam?
- Wie sichern wir die Qualität der Projektbearbeitung?

# Projektmerkmale

Notwendige Projektmerkmale nach (Felkai and Beiderwieden, 2013)

- Zeitliche Befristung
- Eindeutige Zielsetzung
- Eindeutige Zuordnung der Verantwortungsbereiche
- Einmaliger (azyklischer) Ablauf/Einmaligkeit
- Vorgegebener finanzieller Rahmen und begrenzte Ressourcen
- Komplexität
- Interdisziplinärer Charakter der Aufgabenstellung
- Relative Neuartigkeit
- Projektspezifische Organisation
- Arbeitsteilung
- Unsicherheit und Risiko

# Abschnitt 3

## Projektorganisation

# Formen der Projektorganisation

# Teil 4

## Projektdokumentation



# Dokumentationssystem

Im Bereich Bahn bestehen zum Teil lange Aufbewahrungspflichten und noch längere Aufbewahrungsinteressen, z.B. für Ersatzteile, Prozesse, etc.

- Identifizieren erwarteter Dokumente
  - z.B. Vertragsdokumente, Kalkulationen, Berichte, Entwicklungs- und Testdokumentation
- Kennzeichnungssystem
  - Eindeutigkeit, Aktualität, Relevanz des Dokuments
- Anforderungen an Dokumente
  - Formale Anforderungen: Name und Status des Dokuments, Projekt, Ersteller, Prüfer, Freigeber, Verteiler, Integrität (z.B. durch Seitenzahlen)
  - Inhaltliche Anforderungen
- Verantwortlichkeiten
  - z.B. anhand einer Dokumentenmatrix
- Ablagestruktur
  - z.B. gemeinsamer Netzwerkordner
- Datensicherung

# Warum Projektdokumentation?

- Multipersonalität
- Langer Projektlebenszyklus
- Rechtliche Auswirkungen
  - Strafrechtlich (Sorgfaltspflicht!)
  - Zivilrechtlich
    - Nachforderungen
    - Nichterfüllung von Anforderungen
- Dokumentationspflichten
  - Kundenforderung
  - Normative Anforderungen (z.B. ISO 9001, IRIS)
- Wiederverwendbarkeit der Entwicklung
- Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen, Kalkulationen, etc.
- Zulassung

# Welche Arten von Dokumenten?

- Projektmanagement-Dokumente
- Technische Dokumente
- Betriebswirtschaftliche Dokumente
- Dokumente des Qualitätsmanagements
- Rechtliche Dokumente

# Welche Arten von Dokumenten?

- Projektmanagement-Dokumente
  - Projektauftrag, Aufgabenlisten, -zuordnungen, Terminpläne, Dokumentenmatrix, Statusberichte, Budget-Reporting, Lieferstaffeln, Gesprächsprotokolle, Re...
- Technische Dokumente
  - Anforderungs-Dokumente, Stücklisten, Zeichnungen, Nachweise (z.B. Berechnungen), Berichte, Abweichungs- und Änderungsmitteilungen, ...
- Betriebswirtschaftliche Dokumente
  - Kalkulationen, Preiseskalation, Angebote von Zulieferern und Dienstleistern, Verhandlungsprotokolle,
- Dokumente des Qualitätsmanagements
  - Prüfanweisungen, Ergebnisse, Zeugnisse, Lieferantenaudits
- Rechtliche Dokumente
  - Vertrag, Rahmenvertrag,

# Dokumentenlenkung

Lenkung von Informationen gemäß ISO 9001

- Erstellung und Aktualisierung
  - Angemessene Kennzeichnung und Beschreibung
    - z.B. Titel, Datum, Autor, Referenznummer
  - angemessenes Format und Medium
    - z.B. Sprache, Softwareversion, Grafiken
  - Angemessene Überprüfung und Genehmigung im Hinblick auf Eignung und Angemessenheit
- Lenkung der Informationen
  - Informationen sind verfügbar und geeignet
  - Informationen sind angemessen geschützt
- Besondere Aufgaben der Dokumentenlenkung
  - Verteilung, Zugriff, Auffindung und Verwendung
  - Ablage/Speicherung und Erhaltung (einschließlich Lesbarkeit)
  - Überwachung von Änderungen (z.B. Versionskontrolle)
  - Aufbewahrung und Verfügung über den weiteren Verbleib

# Teil 5

## Vertragsprüfung

# Aufgaben der Vertragsprüfung

- Angebotsphase
  - Prüfung auf Vollständigkeit
  - Prüfung auf Risiken
- Vertragsabschlussphase
  - Prüfung auf Vollständigkeit
  - Prüfung auf Unstimmigkeit
  - Prüfung auf Widersprüchlichkeit
- Abwicklungsphase
  - Verfolgen von Änderungen
  - Verfolgen von Abweichungen

# Vorgehen in der Angebotsphase

- Rechte und Pflichten der Vertragsparteien
    - Dokumentenhierarchie
    - Liefer- und Leistungsumfang
  - Mitwirkungspflichten
    - Auftraggeber
    - Auftragnehmer
  - Analyse der Regelungen u.a. zu
    - Vertragsstrafen (z.B. Gewichtspönale, Lieferverzug,...)
    - Abnahmen
    - Änderungen
    - Verzögerungen
  - Beurteilen besonderer vertraglicher Risiken
- 
- 1 Lesen der Dokumente
  - 2 Herausforderungen erkennen
  - 3 Maßnahmen erarbeiten und umsetzen



# Wichtige Aspekte bei der Vertragsprüfung I

- Anwendbares Recht, Gerichtsstand
- Regelung von Folgeschäden
- Verzeichnis der Vertragsdokumente (inkl. Ausgabestand)
- Liefer- und Leistungsumfang
- Preisstellung (DDP Oslo vs. EXW), Preiseskalation
- Umgang mit Abweichungen, technischem Fortschritt
- Technische Termine
- Optionen
- Teillieferungen
- Verspätung bei Lieferung, Dokumentation, IBS und Pönalen
- Nichteinhalten der vertraglichen Leistungswerte (Qualität, RAMS, LCC,...)
- Force-Majeur-Klausel
- Produktionsstandorte
- Logistik, Verpackung und Konservierung

# Wichtige Aspekte bei der Vertragsprüfung II

- Prüfungen und Tests
- Schulungen (Kunde und Betreiber)
- Zertifikate
- Gewährleistung

## Requirements Engineering

# Warum Requirements Engineering (RE)?

Requirements Engineering befasst sich mit dem systematischen Erfassen, Umsetzen und Prüfen von Anforderungen im Entwicklungsprozess.

- Qualität: Qualität ist das Maß der Erfüllung der Anforderungen an ein Produkt.
- Kosten- und Termintreue
- Einbindung der Stakeholder (Anspruchsteller)
- Systematisierung der Beschaffung und des Engineerings

# Key-Aspects of Requirements Engineering

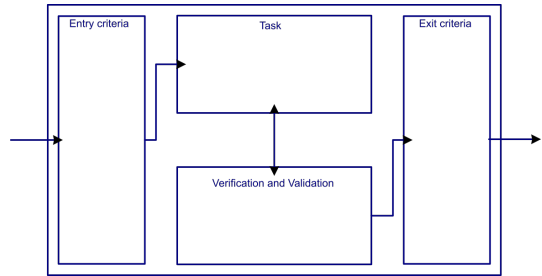
- Stakeholder Involvement
- Technical Reviews
- Traceability

# Generisches Phasenmodell

Modell einer beliebigen Phase eines Entwicklungsprozesses

## Für jede Phase festzulegen:

- Purpose
- Inputs
- Entry Criteria
- Roles
- Verification steps
- Outputs
- Exit criteria
- Resources
- Management review activities



# V-Modell für Requirements Engineering

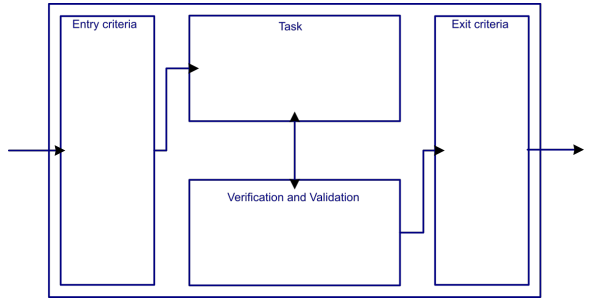
# Requirements Analysis

Ermitteln der System Level Requirements

## Leitfragen:

- What are the stakeholders?
- What is the system to do?
- How well it is to do it?
- Under what conditions?

**Typischer Meilenstein: Initial Design Review (IDR)**





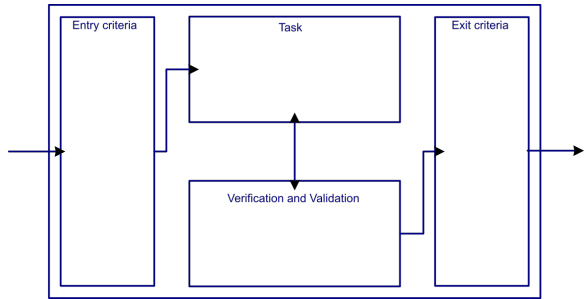
# System Specification

Top Level Design: Architektur, Lösungen, Subsysteme

## Leitfragen:

- Is the required system feasible?
- What are system and subsystem borders?
- What are associated costs/lead times/risks?
- How can the risk be reduced?
- Which system integration steps are necessary?

**Typischer Meilenstein:**  
**Preliminary Design Review (PDR)**



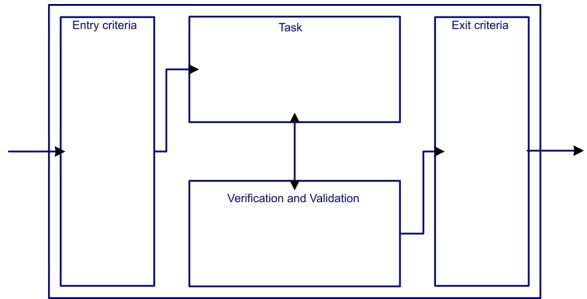
# Subsystem Design

Lower Level Design: Architektur, Lösungen, Module

## Leitfragen:

- What are the subsystem requirements?
- Make or Buy?
- Which deliverables (e.g. documentation) are requested?
- What is the suitable subsystem structure?

**Typischer Meilenstein: Critical Design Review (CDR)**

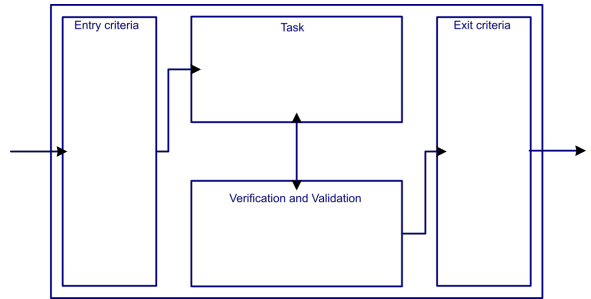


# Module Design

“Build to Specifications”: Zeichnungen, Schemata,...

## Leitfragen:

- How can the module be realised efficiently?
- What are critical characteristics of the module and its parts?
- Can service proven modules be used or adapted?



# Teil 7

## Kosten- und Aufwandsschätzung

# Warum Kosten- und Aufwandsschätzung?

Kosten- und Aufwandsschätzung ist die Grundlage für erfolgreiche Projektbearbeitung.

- Aufwandsschätzung (Größe: Zeit)
  - Identifikation von Arbeitspaketen
  - Input für Kostenschätzung
  - Ressourcenplanung und -allokation
  - Terminplanung (auch projektübergreifend)
- Kostenschätzung (Größe: Geld)
  - Bestimmung von:
    - Einmalkosten *non recurring cost (NRC)*
    - Stückkosten *recurring cost (RC)*
  - Identifikation von Investitionen
- Entscheidungshilfe im Entwicklungsprozess
- Bestimmung des Angebotspreises

# Herausforderungen Aufwands- und Kostenschätzung

- Informationen:
  - unvollständig
  - unsicher
  - fehlerbehaftet
  - Daher: Schätzung, d.h. wahrscheinlichste Vorhersage über den wahren Aufwand
- Projektdefinition:
  - Anforderungen nicht final ("to be defined during design stage")
  - Änderungen möglich
- Projektablauf:
  - Beginn durch Angebotsrunden verzögert
  - Projektverlauf durch externe Einflüsse (teil-)gesteuert
- Projektressourcen:
  - Durch andere Projekte Ressourcen blockiert oder eingeschränkt nutzbar

# Abschnitt 1

## Aufwandsschätzung

# Ansätze zur Aufwandsschätzung

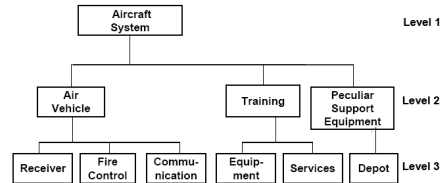
- Expertenschätzverfahren, z.B.:
  - Projektstrukturplan-basiert (*WBS-based*)
  - Gruppenschätzung
- Formale Schätzverfahren, z.B.:
  - Analogie-basiert (z.B. Bremszange wie ..., jedoch mit ...)
  - Parametrische Modelle (z.B. E-Kupplung Verkabelung: 100 h)
  - Größenbasiert: (z.B. Anpasskonstruktion: 500 h)
- Kombinierte Schätzverfahren, z.B.:
  - Zerlegung mit WBS, parametrische Schätzung der Pakete
- Auswahl des Verfahrens:
  - Abhängig von der Organisation
  - Formale Verfahren weniger "lernfähig"
  - Expertenschätzverfahren anfällig für "wishful thinking"
- Psychologische Herausforderungen (*Cognitive biases*):
  - *Planning fallacy, cognitive dissonance, anchoring, confirmation bias, wishful thinking*



# Projektstrukturplan

Work Breakdown Structure (WBS) für die Ermittlung von Arbeitspaketen

- Dekomposition eines Projekts
  - Hierarchisch
  - Inkrementell
- Baumstruktur
- Gliederung gemäß DIN 69900
  - Funktionsorientiert
  - **Objektorientiert**
  - Zeitorientiert
- Starke Abhängigkeit von Deliverables
- Erstellung üblicherweise Top-Down
- Nutzen: Vollständige Übersicht
- Hilfreich: "Tickler list"



# Aufbereitung WBS für Projektplanung

Die Identifikation der Arbeitspakete allein lässt keine Planung des Projekts zu.

- Schätzung des Aufwands
  - Besprechung: möglicher Bias
  - Alternative: Planning Poker
- Abhängigkeit (Reihenfolge) der Projektbearbeitung
- Externe Inputs oder Vorbedingungen für Arbeitspakete
- Vertraglich zugesicherte Termine
- Zuordnung zu:
  - Ressourcen
  - Phasen
- Zieldefinition (Definition of Done)

# Abschnitt 2

## Kostenschätzung

## NRC estimation

- Basierend auf Aufwandsschätzung
- Ergänzend:
  - Kundenbetreuung
  - Reisekosten
  - Externe Dienstleistungen (z.B. Tests, Abnahmen, ...)
  - Prototypen, Muster
  - Investitionen
- Zu beachten:
  - Stundensätze
  - Kostenentwicklung
- Nützlich: Checkliste

## RC estimation (Niazi et al. (2005); Pahl et al. (2013))

- Intuitive Verfahren:
  - Basierend auf Expertenschätzung
  - Unterstützt durch Regeln
- Analogiebasierte Schätzung
  - Ähnlichkeit
  - Komplexität
- Parametrische Schätzung:
  - z.B. Gewicht, Material oder kombiniert
- Analytische Verfahren, z.B.
  - Bearbeitungssimulation
  - Feature based cost estimation

# Teil 8

## Projektplanung

# Was bedeutet Projektplanung?

*[...] I have always found that plans are useless but planning is indispensable.*

Dwight D. Eisenhower

- Organisation verschiedener Projektaspekte:
  - Projektumfang
  - Arbeitspakete
  - Projektrisiken
  - Finanz- und Kostenplanung
  - Einsatzmittelplanung
  - Materialplanung
  - Berichten des Fortschritts
  - Verfolgen von Abweichungen
- Begleitung der Projektdurchführung
  - Ggf. Plananpassung, Krisenmanagement

NPR 7120.5D Project Plan - Control Plans	Pre-Phase A	Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E
	KDP A	KDP B	KDP C	KDP D	KDP E	KDP F
1. Technical, Schedule, and Cost Control Plan		Preliminary	Baseline			
2. Safety and Mission Assurance Plan		Preliminary	Baseline			
3. Risk Management Plan		Preliminary	Baseline			
4. Acquisition Plan		Preliminary	Baseline			
5. Technology Development Plan		Baseline				
6. Systems Engineering Management Plan		Baseline				
7. Software Management Plan		Preliminary	Baseline			
8. Review Plan		Preliminary	Baseline			
9. Missions Operations Plan			Preliminary	Baseline		
10. Environmental Management Plan		Baseline				
11. Logistics Plan		Preliminary		Baseline		
12. Science Data Management Plan			Preliminary	Baseline		
13. Information and Configuration Management Plan		Preliminary	Baseline			
14. Security Plan		Preliminary	Baseline			
15. Export Control Plan		Preliminary	Baseline			

NASA Project Planning Process

# Projekt: Mars Voyage

Zur Veranschaulichung der Projektplanungsmethodiken dient das recht engagierte Ziel, innerhalb von 10 Monaten Astronauten zum Mars zu senden.

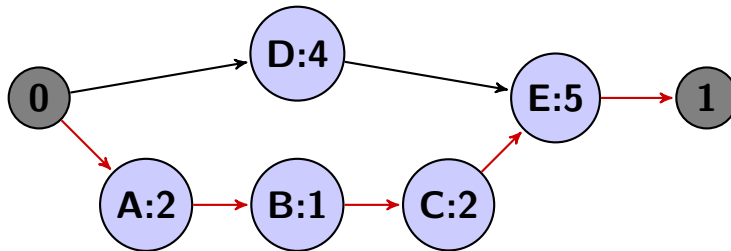
Step	Description	Estimated Effort	Predecessor
0	Kick Off	Milestone	-
A	Build spaceship	2	0
B	Equip spaceship	1	A
C	Test spaceship	2	B
D	Train astronauts	4	0
E	Flight to Mars	5	C, D
1	Mars Landing	Milestone	E

# Kritischer Pfad

Der kritische Pfad zeigt unter parallelen Aktivitäten die (derzeit) terminbestimmende Kombination an.

## ■ Voraussetzungen:

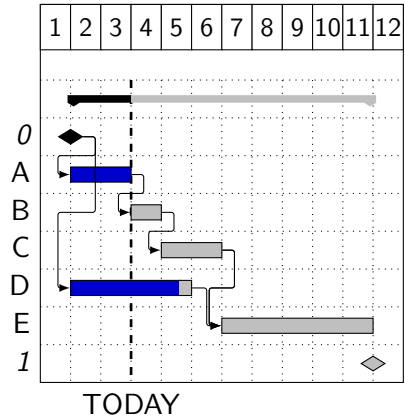
- Liste der Arbeitspakete (z.B. aus WBS)
- Dauer der Aufgaben
- Abhängigkeiten
- Zwischen-/Endpunkte, z.B. Meilensteine, Deliverables



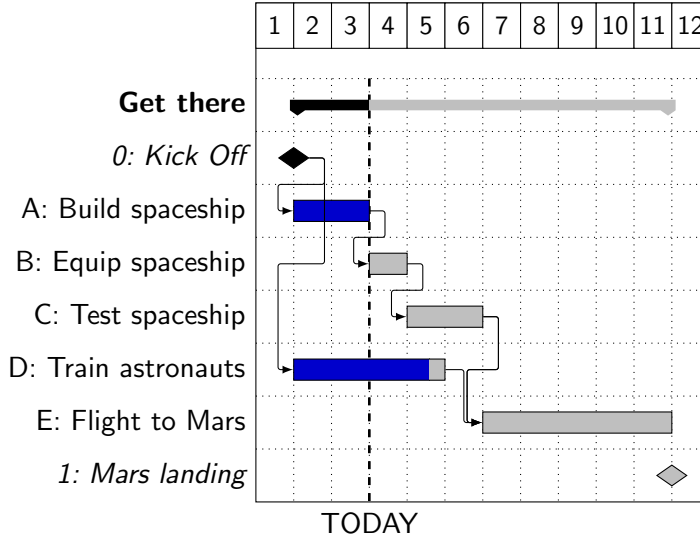


# Gantt-Diagramme

- Tabellenform:
  - Erste Zeile: Zeitachse
  - Erste Spalte: Aktivitäten
  - Aktivitäten als Balken
- Weitere Elemente:
  - Gruppen
  - Meilensteine
  - Abhängigkeiten
- Unübersichtlich für große Projekte
- Toolunterstützung:
  - MS Project
  - Project Libre



# Projektplanung im Gantt-Diagramm



# Teil 9

## Schweißen nach EN 15085

## Definition (Schweißen)

Schweißen bezeichnet das unlösbare Verbinden von Bauteilen unter Anwendung von Wärme oder Druck, mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoffe.

## Anwendung in der Schienenfahrzeugtechnik

- Verbindungen: z.B. Wagenkasten und Drehgestellfertigung
- Reparaturschweißungen im Stahlgussprozess
- Auftragsschweißungen, z.B. verschleißmindernde Schichten

## Herausforderungen in der Schienenfahrzeugtechnik

- Lange Produktlebensdauer, hohe Schwingenspielzahlen
- Hohes Sicherheitsbedürfnis
- Zertifizierungs und Prüfaufwand

# Prozessschritte Herstellung Schweißverbindungen

- 1 Wareneingangsprüfung (mind. Zeugnisse)
- 2 Schweißnahtvorbereitung
  - i.d.R. maschinelle Bearbeitung
  - verhältnismäßig eng toleriert
  - je nach Nahtform Badsicherung erforderlich
- 3 Aufnahme in Vorrichtung
- 4 Heften
- 5 Entnahme aus Vorrichtung
- 6 Schweißen
- 7 Prüfung durch Schweißer/Bediener
- 8 Ggf. Nachbearbeitung der Schweißnaht
- 9 Prüfung durch Prüfpersonal bzw. Werkerselbstprüfung
- 10 Ggf. Abnahme durch Kunden
- 11 Bearbeitung zur Erreichung von Schnittstellenmaßen

# Prozessschritte Konstruktion Schweißverbindungen

- 1 Technische Vertragsprüfung
- 2 Konstruktionsentwurf
  - Ermittlung Beanspruchungszustand
  - Ermittlung Sicherheitsbedürfnis
- 3 Freigabe durch verantwortliche Schweißaufsichtsperson (vSAP)
  - Für DB: Ggf. Schweißtechnische Bauweisenprüfung Teil 1 (STBP 1)
- 4 Festlegung benötigter Verfahrens- und Arbeitsproben
- 5 Durchführung und Analyse Verfahrens- und Arbeitsproben (evtl. iterativ)
- 6 Fertigung der Bauteile
  - Für DB: Ggf. Schweißtechnische Bauweisenprüfung Teil 2 (STBP 2)

# Europäische Normierung nach EN 15085

Bahnanwendungen - Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen

## Teile der EN 15085

- 1 Allgemeines, Begriffe
- 2 Qualitätsanforderungen und Zertifizierung von Schweißbetrieben
- 3 Konstruktionsvorgaben
- 4 Fertigungsanforderungen
- 5 Prüfung und Dokumentation

## Anwendungsbereich

- Schweißen metallischer Werkstoffe
  - Pflicht für Stahl und Aluminium, auch Gusslegierungen)
  - Fakultativ für andere Werkstoffe
- Herstellung und Instandsetzung
- Ausnahme: spezielle Regelwerke, z.B. Druckbehälter

# Begriffe I

In Anlehnung an EN 15085-1 (2007)

## Definition (Zertifizierungsstufe (CL))

Stufe zur Klassifizierung der geschweißten Schienenfahrzeuge und geschweißter Komponenten on Abhängigkeit von der Schweißnahtgüteklasse.

## Definition (Schweißnahtgüteklasse (CP))

Güteanforderungen an die Schweißverbindung in Abhängigkeit von Beanspruchungszustand und von Sicherheitsbedürfnis der einzelnen Schweißnaht.

## Definition (Schweißnahtprüfklasse (CT))

Durchzuführende Prüfung für die Schweißverbindung in Abhängigkeit von der Schweißnahtgüteklasse.



# Begriffe II

In Anlehnung an EN 15085-1 (2007)

## Definition (Hersteller)

Organisation, die

- eine schweißtechnische Fertigung zur Herstellung und Instandsetzung betreibt oder
- geschweißte Komponenten konstruiert, einkauft oder vertreibt.

## Definition (Statische Auslegung)

Dimensionierung von Schweißverbindungen, bei der die Kennwerte der statischen Festigkeit eingehalten werden.

## Definition (Dauerfestigkeitsauslegung)

Dimensionierung von Schweißverbindungen, bei der die Kennwerte der Ermüdungsfestigkeit eingehalten werden.

# Begriffe III

In Anlehnung an EN 15085-1 (2007)

## Definition (Ausnutzung der Beanspruchbarkeit)

Verhältnis zwischen berechneter Ermüdungsfestigkeit und der durch den entsprechenden Sicherheitsfaktor abgeglichenen zulässigen Ermüdungsfestigkeit.

## Definition (Zulässige Ermüdungsfestigkeit)

Maximale Spannung, die unter Berücksichtigung eines speziellen Faktors für die Schweißverbindung vom eingesetzten Werkstoff aufnehmbar ist.

## Definition (Sicherheitsbedürfnis)

Definiert die Auswirkungen eines Versagens einer einzelnen Schweißnaht im Hinblick auf die Folgen für Personen, Einrichtungen und die Umwelt.

# Begriffe IV

In Anlehnung an EN 15085-1 (2007)

## Definition (Arbeitsprobe)

Musterschweißverbindungen zum Nachweis der Handfertigkeit des Schweißers oder der bedingungsgemäßen Ausführung von Schweißverbindungen.

**FH AACHEN**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻

# Bestimmung der Ausnutzung der Beanspruchbarkeit

- Verhältnis  $S$  berechneter zu zulässiger Spannung der Verbindung
  - Bezogen auf Dauerfestigkeit
  - Festigkeitsanforderungen gemäß EN 12663, EN 13749 oder nationalen Normen
  - Bewertung der Festigkeit nach nationalen Regelwerken, z.B. DVS 1612
    - Abhängig von Nahtform und Grundwerkstoff
    - Betrachtung höherfester Werkstoffe konservativ
  - Alternativ Dauerversuch möglich
- Bei Berechnung nach Norm:
  - Beanspruchungszustand Hoch:  $S \geq 0,9$
  - Beanspruchungszustand Mittel:  $0,75 \leq S < 0,9$
  - Beanspruchungszustand Niedrig:  $S < 0,75$

# Sicherheitsbedürfnis der Schweißnaht

- Versagen einer einzelnen Schweißnaht führt:
  - zwangsläufig zu Ereignissen mit Personenschäden und Versagen der Gesamtfunktion → Hoch
  - möglicherweise zu Ereignissen mit Personenschäden und Beeinträchtigung der Gesamtfunktion → Mittel
  - zu unwahrscheinlichen Ereignissen mit Personenschäden und keiner direkten Beeinträchtigung der Gesamtfunktion → Niedrig
- Nur Betrachtung Einfachfehler

Beanspruchungszustand	Sicherheitsbedürfnis		
	Hoch	Mittel	Niedrig
Hoch	CP A	CP B	CP C2
Mittel	CP B	CP C2	CP C3
Niedrig	CP C1	CP C3	CP D

- CP A: Nur für voll durchgeschweißte und für Überprüfung während Fertigung und Instandhaltung zugängliche Schweißnähte
- CP B, Sicherheitsbedürfnis hoch: CP A: Nur für voll durchgeschweißte und für Überprüfung während Fertigung und Instandhaltung zugängliche Schweißnähte
- Weitere Ergänzungen zu eingeschränkt volumetrisch prüfbaren Schweißnähten siehe (EN 15085-3, 2007, Tabelle 2).

# Schweißnahtprüfklassen

Schweißnahtgüteklasse	Schweißnahtprüfklasse (Mindestanforderung)
CP A	CT 1
CP B	CT 2
CP C1	CT 2
CP C2	CT 3
CP C3	CT 4
CP D	CT 4



Schweißnahtprüfklasse	Volumetrisch RT oder UT	Oberfläche MT oder PT	Sichtprüfung VT
CT 1	100 %	100 %	100 %
CT 2	10 %	10 %	100 %
CT 3	n/a	n/a	100 %
CT 4	n/a	n/a	100 %

- Jeweils Mindestanforderungen
- CT 3: VT durch Prüfpersonal (damit CP 2 CT 3 ähnlich SGK 2.3 nach DIN 6700)
- CT 4: VT als Werker selbstprüfung, Dokumentation nicht erforderlich
- Falls volumetrische Prüfung nicht möglich: ersatzweise 100% Oberflächenprüfung und Arbeitsprobe

# Zertifizierung der Schweißbetriebe

- CL 1: Schweißen der Güteklassen CP A bis CP D, Handel und Konstruktion
- CL 2: Schweißen der Güteklassen CP C2 bis CP D, Handel und Konstruktion nach CL 2 und CL 3 ist eingeschlossen
- CL 3: Schweißen der Güteklasse CP D
- CL 4: Schweißkonstruktion von Teilen der CL 1 bis CL 3 sowie Handel mit solchen Teilen

## Abschnitt 2

# Schweißen an Schienenfahrzeugen - Aluminium und Stahl

- Vermeiden:
  - Scharfe Ecken
  - Querschnittsänderungen
  - Gemischte Verbindungsarten (z.B. Schweißen und Schrauben)
  - Anhäufungen von Schweißnähten
  - Quernähte zur Befestigung untergeordneter Teile bei Zugbeanspruchung
- Zugänglichkeit zum Schweißen und Prüfen gewährleisten
- Kaltverformte Bereiche (einschließlich Umgebung  $5t$ ):
  - Schweißen nur an Teilen der CL 3 zulässig
  - Für CL 1 und CL 2:
    - Normalglühen
    - Eingeschränkte Radien (EN 15085-3, 2007, Tabelle 9)

# Konstruktive Grundlagen II

- Stumpfnähte an Bauteilen unterschiedlicher Dicke
  - Übergang mit Neigung:
    - CP C3 und CP D: Neigung 1:1
    - CP A, CP B, CP C1 und CP C2: Neigung 1:4
- Abstand zwischen Schweißnähten: i.d.R. 50 mm
- Freischnitte sollen Umschweißbarkeit gewährleisten
- Randabstand Kehlnaht  $\geq 1,5a + t$
- Korrosionsschutz.
  - Umschweißen
  - Rückseite abdichten: Dichtschweißen, Acryl, ...

# Angaben auf Schweißzeichnungen

- Schweißnahtgüteklasse
  - falls einheitlich: in Zeichnung
  - falls unterschiedlich: nahe bei der Schweißnaht
- Zertifizierungsstufe
  - je Bauteil
- Schweißnahtform
- Schweißnahtdicke
- Schweißnahtlänge
- Schweißzusätze (in Zeichnungen, Stücklisten oder anderen Dokumenten)

# Teil 10

## Schraubenverbindungen

## Definition (Schraubenverbindungen)

Schraubverbindungen ermöglichen das lösbare Verbinden von Werkstücken mittels Verbindungselementen. Eine Schraubenverbindung umfasst sowohl die Verbindungselemente als auch die zu verbindenden Teile.

## Anwendung in der Schienenfahrzeugtechnik

- Bremszange an Drehgestellrahmen
- Radbremsscheibe an Rad
- Elektrische Kontakte (z.B. Erdung, Stromversorgung)

## Herausforderungen in der Schienenfahrzeugtechnik

- Lange Produktlebensdauer, hohe Schwingenspielzahlen
- Hohes Sicherheitsbedürfnis
- Zertifizierungs- und Prüfaufwand



# Grundlage: DIN 25201

## ■ Sieben Teile:

- 1 Einteilung, Kategorien der Schraubverbindungen
- 2 Konstruktion - maschinenbauliche Anwendungen
- 3 Konstruktion - elektrische Anwendungen
- 4 Sichern von Schraubenverbindungen
- 5 Korrosionsschutz
- 6 Anschlussmaße
- 7 Montage

# Risikoklassen der Schraubenverbindungen

- Risikoklasse H (hoch)
  - Das Versagen der Schraubenverbindung stellt eine direkte oder indirekte Gefahr für Leib und Leben dar.
- Risikoklasse M (mittel)
  - Das Versagen der Schraubenverbindung führt zu einer Funktionsstörung des Fahrzeugs.
- Risikoklasse G (gering)
  - Das Versagen der Schraubenverbindung führt maximal zu Komforteinbußen für die Fahrgäste oder das Bedienpersonal.

# Anforderungen DIN 25201

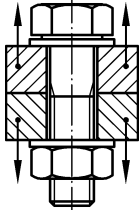
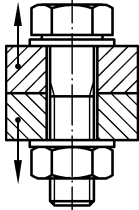
**Tabelle 1 — Maschinenbauliche Anwendungen**

Risikoklasse	Hoch	Mittel	Gering
Vordimensionierung	Vordimensionierung nach DIN 25201-2	Vordimensionierung nach DIN 25201-2	Vordimensionieren nach DIN 25201-2, VDI 2230 oder Erfahrung
Nachweis der Verbindung	nach VDI 2230		nicht erforderlich
Dokumentation des Nachweises	erforderlich	erforderlich	
$M_A$ -Vorgabe in der Zeichnung		erforderlich	
Montage protokolliert		nicht erforderlich	
$M_A$ Protokolliert			
Qualitätssicherung	DIN 25201-7	DIN 25201-7	DIN 25201-7
Sicherheitsphilosophie	DIN 25201-2	Ausfallredundanz nicht erforderlich	
Schraubensicherung	sind zu vermeiden <sup>a</sup>	DIN 25201-4	DIN 25201-4
Korrosionsschutz	DIN 25201-5		
Anschlussmaße	DIN 25201-6		
Montage	DIN 25201-7		
<sup>a</sup> Siehe DIN 25201-2 und DIN 25201-4.			

(DIN 25201-1, 2010, Tab. 1)

# Schraubfälle

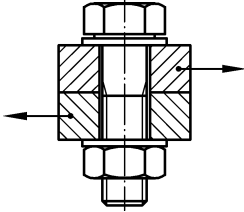
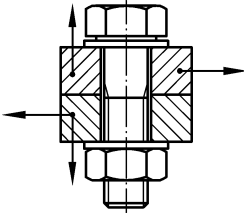
Verhindern von Klaffen oder Schlupf

Kräfte, die von außen auf die Verbindung einwirken	Art der Beanspruchung, die sich daraus für das einzelne Befestigungselement ergibt
	Reine Zugbeanspruchung (zentrische Axialkräfte)
	Zug- und Biegebeanspruchung (außermittige Axialkräfte)

(DIN 25201-2, 2010, Abb. 1)

# Schraubfälle

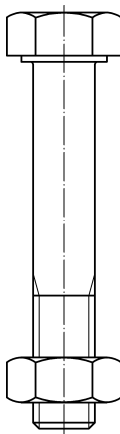
Verhindern von Klaffen oder Schlupf

	<p>Scher- und Biegebeanspruchung (Querkräfte)</p>
	<p>Zusammengesetzte Beanspruchung (Zug-, Biege- und Querkräfte)</p>

(DIN 25201-2, 2010, Abb. 1)

# Belastung und Versagen der Schrauben

Grundlage: Schraube als schwächstes Element

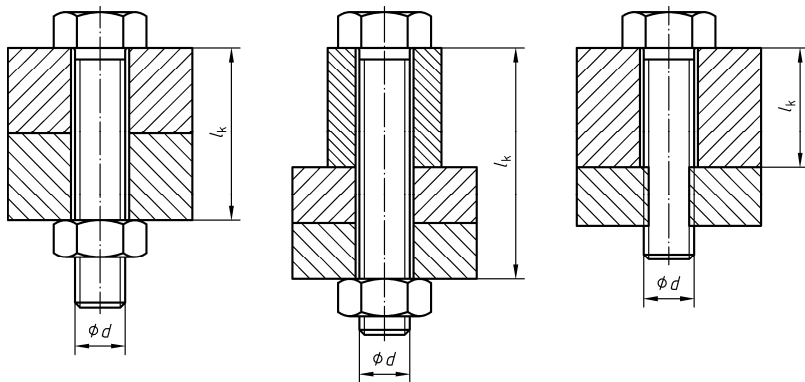


Schraubenabschnitt	Tragfähigkeit	Versagen durch:
Kopf	$F_{\max(\text{Kopf})}$	Abscheren des Schraubenkopfes Bruch im Übergang Kopf-Schaft
Schaft	$A_N R_m$	Bruch im ungekerbten Schaftbereich
Freies belastetes Gewinde	$F_{mS}$	Bruch im Gewindeauslauf <b><u>Bruch im freien belasteten Gewindeteil</u></b>
Im Eingriff befindliches Gewinde	$F_{mGM}$ $F_{mGS}$	Bruch im ersten tragenden Gewindegang Abstreifen des im Eingriff befindlichen Bolzen- und/oder Muttergewindes

(DIN 25201-2, 2010, Abb. 2)

# Klemmlänge $l_K$

Grundlage:  $l_K > 3,5d$ , damit elastische Verspannung erhalten bleibt



(DIN 25201-2, 2010, Abb. 3)

# Konstruktive Grundlagen der Verschraubung

	Risikoklasse		
	H (hoch)	M (mittel)	G (gering)
Sicherheitsphilosophie	Ausfallredundanz <sup>a</sup> muss bei betrieblichen Belastungen <sup>b</sup> vorhanden sein	Ausfallredundanz <sup>a</sup> kann bei betrieblichen Belastungen <sup>b</sup> vorgesehen werden	keine Ausfallredundanz erforderlich
Nachweis der Schraubenverbindung	nach anerkannten Regeln der Technik ist erforderlich, z. B.: Berechnung nach VDI 2230 Blatt 1		Auslegung auf Grundlage von Erfahrungswerten möglich
Dokumentation des Nachweises	erforderlich		nicht erforderlich
Angaben in technischen Dokumenten <sup>c</sup> (Zeichnungen)	Risikoklasse, Montagedrehmoment oder Drehwinkel/ Montagedrehmoment oder Vorspannkraft oder Längenänderung, Verschraubungsklasse, Schmier- und Trennmittel, Montagehinweise		Angaben nicht vorgeschrieben
<sup>a</sup> Ausfallredundanz: <ul style="list-style-type: none"><li>Schraubenanzahl größer als rechnerisch erforderlich</li><li>ein weiterer Lastpfad, der bei Versagen der Verbindung eine Sicherungsfunktion übernimmt (z. B. Fangseil, Fangvorrichtung)</li></ul> Wo keine Redundanz hergestellt werden kann, sind verkürzte Kontrollabstände im Betriebseinsatz erforderlich.			
<sup>b</sup> Definition der Belastungen nach z. B. DIN EN 12663, DIN EN 13749.			
<sup>c</sup> Bezeichnungsbeispiele siehe Anhang B.			

(DIN 25201-2, 2010, Tab. 1)



# Haftreibungszahlen in der Trennfuge

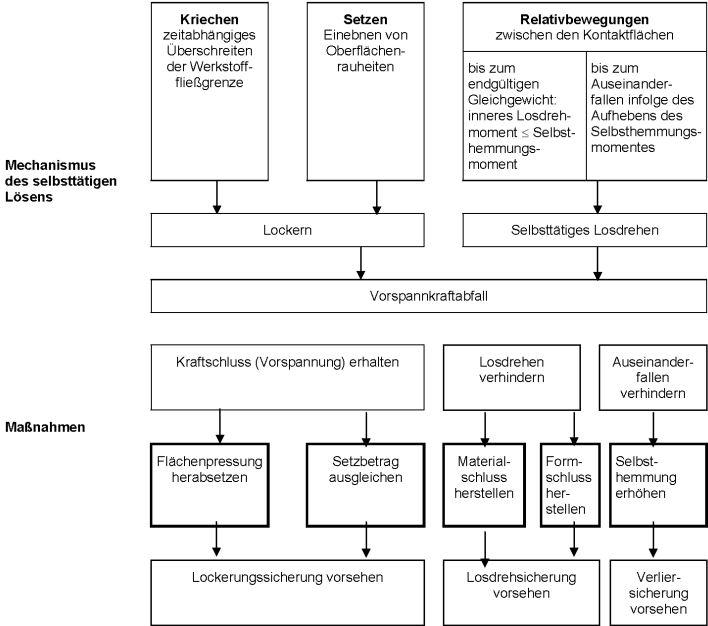
Stoffpaarung <sup>a</sup>	Haftreibungszahl $\mu_T$ im Zustand	
	trocken	geschmiert
Stahl – Stahl/Stahlguss	0,1 bis 0,23	0,07 bis 0,12
Stahl – GG	0,12 bis 0,24	0,06 bis 0,1
GG – GG	0,15 bis 0,3	0,2
Bronze – Stahl	0,12 bis 0,28	0,18
GG – Bronze	0,28	0,15 bis 0,2
Stahl – Kupferlegierung	0,07	
Stahl – Aluminiumlegierung	0,1 bis 0,28	0,05 bis 0,18
Aluminium – Aluminium	0,21	
<sup>a</sup> aus VDI 2230 Blatt 1, Tabelle A6		

(DIN 25201-2, 2010, Tab. 2)

# Anforderungen an die Verbindung

- Elastische Nachgiebigkeit: Hoch bei Schraube, gering bei verspannte Bauteilen
- Schrauben und Muttern gleicher Festigkeitsklassen
- Anzahl Unterlegeteile minimiert
- Montagewerkzeuge: Innen- bzw Außensechskant oder -sechsrund
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Schraubenwerkstoff:
  - Bevorzugte Festigkeitsklassen: 8.8, A2-70 und A4-80
  - Festigkeitsklasse 12.9 wird nicht betrachtet (vgl. DB Güteprüfung)
- Oberflächenbeschichtung
  - Korrosionsbeständigkeit
  - Bei hohen Festigkeiten: Wasserstoffversprödung vermeiden
  - Definiertes und enges Reibungszahlfenster

# Schraubensicherung - Lösen der Schraubenverbindung



(DIN 25201-4, 2010, Abb. 1)

# Schraubensicherung - Methoden

Maßnahme	Wirksam gegen	
	Setzen	Kriechen
Gestaltung von Verbindungen mit großen Nachgiebigkeitsverhältnis (harter Schraubfall )	ja	ja
Verringern der Flächenpressung durch Vergrößerung der Auflageflächen	–	ja
Verringerung der Anzahl der Trennfugen	ja	bedingt
Verwenden von Schrauben mit erhöhter Festigkeit zur Vergrößerung der Ausgangsspannung (Vorspannkraft)	ja	nein
Vergrößern der Klemmlänge	ja	nein
Verwenden von federnden Verbindungselementen, jedoch unter der Bedingung, dass <ul style="list-style-type: none"> <li>— die wirksame Federkraft dieser Elemente der erforderlichen Vorspannkraft der Schraubenverbindung angepasst ist</li> <li>— das eingefügte Teil nicht das Risiko einer zusätzlichen Setzung mit sich bringt</li> <li>— die Elastizität der Verbindungselemente während der gesamten Lebensdauer der Verbindung erhalten bleibt</li> </ul>	ja <sup>a</sup>	nein
Verringern der Rautiefen	ja	nein
Zweckmäßige Form- und Lagetoleranzen wählen	ja	ja
Vermeiden von dicken Beschichtungen	ja	nein
<sup>a</sup> nur zum Ausgleich von Oberflächenrauheiten		

(DIN 25201-4, 2010; Tab. 1)

# Schraubensicherung - Sicherungsmittel

Ursachen des Vorspannkraftabfalls	Sicherungsart	Funktionsart	Sicherungselement	Anwendungshinweise		
				Schrauben/ Muttern	Scheiben	
				Festigkeitsklasse	Härteklasse	
Lockern	Lockerungs- Sicherung				200 HV	300 HV
		mitverspannt Flächenpressung herabsetzend	Scheibe nach DIN EN ISO 7089 DIN EN ISO 7090 DIN 7349 DIN EN ISO 7092 DIN EN ISO 7093-1	8.8/ 8 10.9/ 10 A2-70/ A2-70	Ja Nein Ja	Ja Ja Nein
		mitverspannt federnd	Spannscheibe nach DIN 6796,	Zur Reduzierung von Setzbeträgen max. 20 µm Federkraft muss auf die Vorspannkraft abgestimmt sein.		
Selbsttätiges Losdrehen	Losdrehsicherung	klebend	sperrend, z. T. mitverspannt	Elemente mit Nachweis nach Anhang B, z. B.: Rippschraube, Rippmutter <sup>a</sup> Keilscheibenpaar <sup>a</sup>	Überall dort anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind und keine gehärteten Oberflächen vorhanden sind. Härte der Auflagefläche muss niedriger als die der Auflageflächen von Schraube und Mutter bzw. der mitverspannten Elemente sein. Diese Sicherungselemente sind nur wirksam, wenn sie direkt unter dem Schraubenkopf und der Mutter angeordnet sind	
				Mikroverkapselter Klebstoff entsprechend DIN 267-27	Überall dort anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind und gehärtete Oberflächen den Einsatz sperrender Verbindungselemente nicht erlauben. Temperaturabhängig. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht erlaubt. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.	
				Flüssigklebstoff Abschnitt 6 dieser Norm	Die Temperaturgrenzen für die zur Anwendung kommenden Klebstoffe sind unbedingt zu beachten. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht erlaubt. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.	

(DIN 25201-4, 2010, Tab. A.1)

Ursachen des Vorspannkraftabfalls	Sicherungsart	Funktionsart	Sicherungselement	Anwendungshinweise
	Verliersicherung	klemmend	Muttern mit Klemnteil nach DIN EN ISO 7040, DIN EN ISO 7042, Gewindeeinsätze Form B nach DIN 8140-1, Schrauben mit Kunststoff- Beschichtung im Gewinde nach DIN 267-28	Dort einzusetzen, wo es bei Schraubenverbindungen primär darum geht, eine restliche Vorspannkraft zu erhalten und die Verbindung gegen Auseinanderfallen zu sichern. Für Muttern und Schrauben mit Kunststoffeinsatz ist die Temperaturabhängigkeit zu beachten. Bei elektrischen Anwendungen darf es zu keiner Spannbildung durch Ganzmetallmuttern kommen.

<sup>a</sup> siehe Literaturhinweise

# Teil 11

## Materialien, Korrosionsschutz, DB Güteprüfung

# Abschnitt 1

## Materialien

# Anforderungen an Materialien für Schienenfahrzeuge

- Statische Festigkeit
- Dauerfestigkeit
- Gut zu fügen
- In Abmessungen und Mengen verfügbar
- Geringes Gewicht (gemessen an der Festigkeit)
- Beständig gegen Umwelteinflüsse
- Recyclingfähig
- Keine Freisetzung gefährlicher Substanzen
- Angemessene Kosten
- Reparierbarkeit
- Betriebserfahrung
- Günstiges Brandverhalten



# Materialien für Schienenfahrzeuge I

- Baustahl (S235, S355):
  - Blechstärke bis 12 mm
  - Zusätzlich: Tieftemperatureignung
- Feinkornbaustahl (S500, S690):
  - Gewichtsersparnis bei hochbelasteten Teilen
- Edelstähle
  - Korrosionsbeständige Stähle, z.B. X5CrNi18-10: Rohrleitungen
  - Verschleissbeständige Stähle, z.B. X120Mn12: Gleitelemente
- Aluminiumwerkstoffe
  - Strangpressprofile: AlMgSi
  - Bleche: AlMg

# Materialien für Schienenfahrzeuge II

- Gusswerkstoffe
  - Grauguss:
    - Gusseisen mit Lamellargraphit, z.B. EN-GJL-300: Gehäuse, Bremsenteile
    - Gusseisen mit Kugelgraphit, z.B. EN-GJS-500: Zugstangen, Bremszangen, Bremsscheiben
    - Bainitisches Gusseisen mit Kugelgraphit, z.B. EN-GJ-800/1000: Hochbelastete Bauteile, Bremshebel
  - Gussstahl, z.B. G18NiMoCr3-6: hochbelastete Teile, Bremsscheiben
  - Aluminiumguss
- Kunststoffe, z.B. PA, PE
- Elastomere, z.B. Silikon, Fluorelastomere (Viton)

# Abschnitt 2

## Korrosionsschutz

## ■ Aufgaben:

- Lebensdauer und Atmosphäre belasten Schienenfahrzeugkomponenten extrem
- (Extrem-)Beispiel: Kanaltunnelzüge, Metro Uijeongbu

## ■ Anforderungen:

- Hohe Feuchtigkeitseinträge
- Temperaturschwankungen
- Metalleinträge in Umgebung
- Korrosive Substanzen
- Schotterflug
- Wartbarkeit (Vandalismus)
- Reparierbarkeit
- Ästhetik

- Lack:
  - Prozess:
    - Rohbau bzw. Komponentenfertigung
    - Strahlen und Reinigen
    - Abkleben (für Flächen ohne Grundierung)
    - Grundierung (für DB gem. TL 918300:  $(30 \dots 80) \mu\text{m}$  2K-EP)
    - Ggf. Zwischenschicht
    - Ggf. Füller/Spachtel
    - Decklack (für DB gem. TL 918300:  $(200 \dots 300) \mu\text{m}$  2K-EP)
  - Üblich: Lacksystem der Betreiber, z.B.
    - DB: 2-Komponenten EP-Lack
    - SNCF: PU-Lack
- Verzinken
- Chromatieren
- GEOMET
- Pulverbeschichten
- Fett

# Abschnitt 3

## DB Güteprüfung

# Einleitung

DB Güteprüfung als Beispiel für bahnspezifische Qualitätsforderungen.

- Einkaufsvolumen DB AG 2014: 23,2 Mrd. EUR
  - Industrielle Produkte: 4,3 Mrd. EUR
- Langjährige Kenntnis qualitäts- und sicherheitsrelevanter Aspekte der Produkte
- Ähnlich bei vielen ehemals staatlichen Bahnen

## Definition (Qualität)

Qualität ist der Grad, zu welchem Anforderungen an Produkte, Systeme und Dienstleistungen von diesen erfüllt werden.

# Zweck der Güteprüfung

- Zweck:
  - Regelung des Umfangs der QS-Maßnahmen
  - Beschaffung für DB AG und verbundene Unternehmen
  - Gilt auch für Unterlieferanten
- Fokus auf Sicherheit (und Verfügbarkeit)
- Achtung: nur kostenneutral, wenn Bestellung durch die DB vorliegt

Die Bahn 		
Qualitätsmanagement-Handbuch	Liste der Güteprüfungspflichtigen Produkte - Schienenfahrzeuge	VQB Qualitätssicherung Beschaffung Bahnsysteme

**Güteprüfungspflichtige Produkte**

**Schienenfahrzeuge**

Ersatz für die Ausgabe vom 01.10.1998

***Ausgabe November 2005***



# Prüfstufen - Lieferanteneinstufung

- Prüfstufe 1:
  - Hochsicherheitsrelevante Teile, z.B.
    - Fahrzeuge
    - Bremsscheiben, Bremszylinder
- Prüfstufe 2:
  - Sicherheitsrelevante Teile, z.B.
    - Herzstück Kupplung
    - Notausstiege
- Ermittelt im Rahmen der Herstellerbezogenen Produktqualifikation "HPQ":
  - Q1: Stichprobenprüfung für P1, Herstellerabnahme für P2
  - Q2: 100%-Prüfung für P1, Stichprobenprüfung für P2
  - Q3: 100%-Prüfung für alle Lieferungen, Sperrung möglich
- Für bestimmte Produkte, darunter Guss- und Schmiedeteile im sicherheitsrelevanten Bereich

# Qualifikationspflichtige Produkte und Fertigungsverfahren

## ■ Produkte

- Radsätze und Radsatzteile
- Gesenkschmiedeteile aus dem Bereich Zug- und Stoßeinrichtung
- Zughaken, Schraubenkupplung
- Puffer
- Bremsklotzsohlen gegossen
- Bremsscheiben
- Radsatzlager
- Kunststoffkäfige für Rollenlager
- Sicherheitsglas für Schienenfahrzeuge
- Molybdänbeschichtete Radsatzwellen
- Guss- und Schmiedeteile im sicherheitsrelevanten Bereich

## ■ Fertigungsverfahren

- Gießen
- Schmieden
- Pulverbeschichten
- Thermisches Spritzen

- Am ersten unter Serienbedingungen hergestellten Teil
- Nachweis der Erfüllung der (Qualitäts-)Anforderungen
- Erstmusterprüfung durchzuführen bei:
  - Erstproduktionen
  - Produktänderungen
  - Produktionsverlagerung
  - Änderung von Produktionsverfahren
  - Änderung der Produktions- oder Prozessabläufe
  - Aussetzen der Produktion mehr als 12 Monate
  - Neuen Lieferanten
- Vorab durchzuführen:
- Ergebnisse:
  - Freigabe für Serienfertigung
  - Freigabe für Serienfertigung mit Auflagen
  - Gesperrt für Serienfertigung

# Typprüfungen

- Umfang der Typprüfungen in Normen, Spezifikationen oder behördlich geregelt
- Nachweis der Konformität mit o.g. Anforderungen
- Durchführung vor Erstbemesterung bzw. Serienfertigung
- Prüfplan i. d. R. abzustimmen
- Typnachweis bzw. Typprüfbericht, evtl. mit Bewertung durch Sachverständige

# Prüfpunkte

## ■ A-Punkt:

- Abstimmungspflichtiger Prüfpunkt
- Schriftliche Meldung an zuständigen Prüfenieur
- Anwesenheit Prüfenieur verpflichtend

## ■ F-Punkt:

- Meldepunkt
- Schriftliche Meldung an zuständigen Prüfenieur
- Anwesenheit Prüfenieur optional (Entscheidung Prüfenieur)
- Prüfung am nächstmöglichen Prüfpunkt in Anwesenheit des Prüfenieurs nachholen

## ■ S-Punkt:

- Stichprobenprüfung
- Schriftliche Meldung an zuständigen Prüfenieur
- Anwesenheit Prüfenieur optional (Entscheidung Prüfenieur)
- Prüfung muss nicht vom Prüfenieur überwacht werden

Pos.	1	2	3	4	5	Bezeichnung	P 1	P 2	A	F	S	Dok	EMP	HPQ
167					1.4.1.1.17	Schale für EFG (Elastomer-Feder-Gelenk)		X				X		
168					1.4.1.1.18	Schale für EFG – Lagerbock		X				X		
169					1.4.1.1.19	Zapfen für EFG – Lagerbock		X				X		
170					1.4.1.1.20	Mittenstück für EFG		X				X		
171					1.4.1.1.21	Schalenmuffen		X				X		
172					1.4.1.1.22	Bremsschläuche								
173				1.4.1.2		Kurz- und Übergangskupplung	X					X	EMP	HPQ
174				1.4.1.3		Teleskopeinrichtung Kupplung		X				X		
175			1.4.2			Elektrische Kupplung		X				X	EMP	
176			1.4.3			Kupplung Datenübertragung		X				X		
177			1.4.4			Pneumatische / hydraulische Kupplung		X				X		
178			1.4.5			Stoßeinrichtung, Stoßverzehrelement	X					X	EMP	HPQ
179				1.4.5.1		Seitenpuffer / Hülsenpuffer komplett	X			X		X	EMP	HPQ
180					1.4.5.1.1	Bauelemente, wie Hülse, Stößel, Pufferteller		X				X		HPQ
181				1.4.5.2		Stoßverzehrelement MPK		X				X	EMP	HPQ

Quelle: (Deutsche Bahn AG, S. 19)

# DB Richtlinie 951

DB Richtlinie 951 klassifiziert Schweißnähte stenger als EN 15085.

- DB-Gruppe 1:
  - z.B. Drehgestellrahmen, Untergestell, Zug- und Stoßeinrichtung, Schwingungs- und Stoßdämpfer
  - Schweißtechnische Bauweiseprüfung Teil 1 und 2 erforderlich, CL 1 nach EN 15085
- DB-Gruppe 2:
  - z.B. Einstiegstüren, Drehgestellanbauten, Kabelkupplungen an automatischen Kupplungen
  - Schweißtechnische Bauweisenprüfung Teil 1 erforderlich, CL 1 nach EN 15085
- DB-Gruppe 3:
  - z.B. Innenausbau, Tragrahmen innen, WC-Bauteile und Wasserbehälter
  - Schweißtechnische Bauweisenprüfung nicht erforderlich, CL 2 nach EN 15085
- DB-Gruppe 4:
  - z.B. Halter für Schilder, Tritte, Griffe, Geländer innen
  - Schweißtechnische Bauweiseprüfung nicht erforderlich, CL 3 nach EN 15085

# Zeugnistypen gemäß EN 10204

Die EN 10204 wird häufig zur Spezifikation der Zeugnistypen ("Prüfbescheinigung") herangezogen.

Art	Bezeichnung	Inhalt	Erstellt durch
2.1	Werksbescheinigung	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung	Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung	Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	Unabhängige Stelle des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	Unabhängige Stelle des Herstellers und Abnehmer des Kunden o.ä.



# Teil 12

## Inbetriebsetzung

# Abschnitt 1

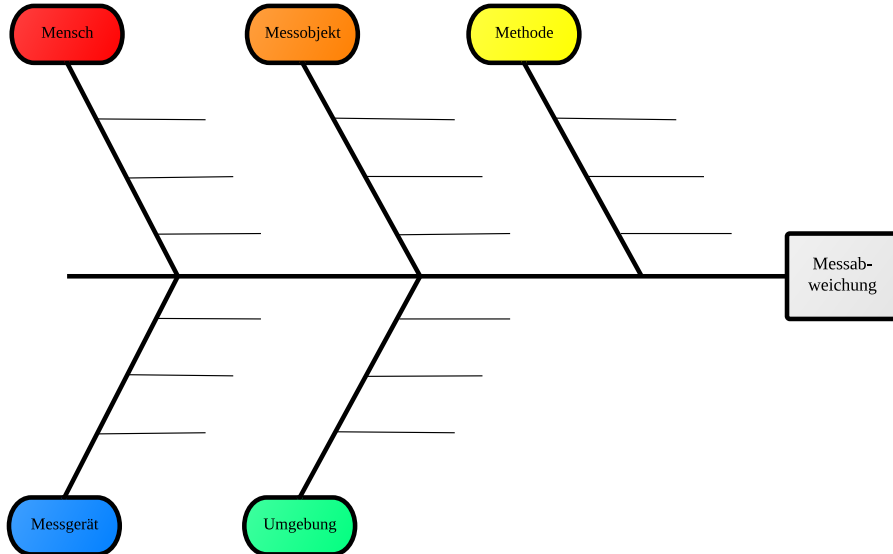
## Root-Cause-Analysis

# Aufgaben der Root-Cause-Analysis

- Im Verlauf der IBS häufig:
  - Systematische Abweichungen
  - Ausfälle
  - Kundenbeschwerden
- Typisch: nur Symptome werden geschildert
  - Auftreten sporadisch
  - Zugang zum Fahrzeug eingeschränkt
  - Nicht reproduzierbar
  - Keine Referenzsystem vorhanden
- Problem: vorgefertigte Meinungen zur Ursache
- Möglichkeiten:
  - Ishikawa-Diagramm
  - 5-Why

# Ishikawa-Diagramm

Hauptkategorien im Ishikawa-Diagramm variieren nach Anwendungskontext



# 5-Why

- Einfaches, direktes Fragen nach der Ursache führt häufig nicht zur Root-Cause
- Wiederholtes Fragen kommt “tiefer”
- Generell akzeptiert sind 5 Why

*DVS 1612: Gestaltung und Dauerfestigkeitsbewertung von Schweißverbindungen mit Stählen im Schienenfahrzeugbau.* Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V., 2009.

Deutsche Bahn AG. Liste güteprüfpflichtiger Produkte,  
<http://www.deutschebahn.com/file/de/2128678/JwePIH-gLPohxM4LWXm2xVI2u0I/2462592/data/produktlistesfz.pdf>.

DIN 25201-1. *E DIN 25201-1: Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten - Schraubenverbindungen - Teil 1: Einteilung, Kategorien der Schraubenverbindungen.* Beuth-Verlag, 2010.

DIN 25201-2. *E DIN 25201-2: Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen – Teil 2: Konstruktion – Maschinenbauliche Anwendungen.* Beuth-Verlag, 2010.

DIN 25201-4. *E DIN 25201-4: Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten - Schraubenverbindungen - Teil 4: Sichern von Schraubenverbindungen.* Beuth-Verlag, 2010.

- EN 15085-1. *EN 15085-1: Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen; Teil 1: Allgemeines*. Beuth-Verlag, 2007.
- EN 15085-3. *EN 15085-3: Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen; Teil 3: Konstruktionsvorgaben*. Beuth-Verlag, 2007.
- EN 15085-4. *EN 15085-4: Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen; Teil 4: Fertigungsanforderungen*. Beuth-Verlag, 2007.
- EN 15085-5. *EN 15085-5: Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen; Teil 5: Prüfung und Dokumentation*. Beuth-Verlag, 2007.
- Roland Felkai and Arndt Beiderwieden. *Projektmanagement für technische Projekte*. Springer Vieweg, 2013.
- Joint Quality Initiative. Shared 'Dublin' descriptors for short cycle, first cycle, second cycle and third cycle awards. In *Draft 1, Working Document on JQI Meeting in Dublin*, 2004.
- Norbert Kanitzky. *Ungeschickt verhandelt*. Frankfurt Allgemeine Zeitung Buch, 2010.
- Michael Kleinaltenkamp and Samy Saab. *Technischer Vertrieb*. Springer-Verlag, 2009.

# Literatur III

- Adnan Niazi, Jian S. Dai, Staroula Balabani, and Lakmal Seneviratne. Product cost estimation: Technique classification and methodology review. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 128(2):563 – 575, 2005.
- Gerhard Pahl, Wolfgang Beitz, Jörg Feldhusen, and Karl-Heinrich Grote. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen Erfolgreicher Produktentwicklung*. Springer-Verlag, 2013.