



Auslegung und Instandhaltung von Radsätzen und Fahrwerkskomponenten aus Sicht der Zulassungsbehörden

**DMG Seminar „Radsätze“
RWTH Aachen, 08.12.2009**

- **Sicherheitsverantwortung**
- **Rechtsnorm und technische Norm**
- **Rechtsrahmen der europäischen Harmonisierung**
- **europäisches Zulassungskonzept**
- **Betriebsfestigkeit Radsatzwellen – Eisenbahnbetriebsbedingungen**
- **Bruchmechanik, Schadenstoleranzkonzepte**



Dr.-Ing. Andreas Thomasch
Abteilungsleiter Fahrzeuge und Betrieb
Eisenbahn-Bundesamt Bonn



- ➔ Sicherheitsverantwortung
- ➔ Sicherheitsregelwerk
 - Aufgaben
 - Struktur
- ➔ Eisenbahn-Sicherheitsbehörden
 - national
 - europäisch



Sicherheitsverantwortung

SICHERHEITSVERANTWORTUNG



Bahnindustrie

Verkehrsunternehmen; Halter

Sicherheitsbehörde



Sicherheitsverantwortung

SICHERHEITSVERANTWORTUNG



Bahnindustrie

Produkthaftung:

- ProdHaftG
verschuldensunabhängig
schadenersatzpflichtig
(nicht öffentlich-rechtlich)
↳ Produkthaftungs-RL
- ggf. deliktsrechtliche
Produzentenhaftung beim
Nachweis des Verschuldens
(§§ 823 ff. BGB)



Verkehrsunternehmen/Halter

Betreiberverantwortung :

öffentlich-rechtliche Verpflichtung:

- § 4 (1) AEG (Eisenbahnen)
- §§ 31, 32 AEG (Halter)
... Fahrzeuge sicher
- zu bauen
- und in betriebssicherem
Zustand zu halten

- RL 2004/49/EG Art. 9:
Sicherheitsmanagementsysteme
- RL 2008/110/EG:
Halterverantwortung



Sicherheitsbehörde

Sicherheitsverantwortung:

- § 3 (2) BEVerkVwG
- § 32 (1) EBO: Abnahme
↳ öffentlich-rechtliche Voraussetzung für Inbetriebnahme:
Prüfung und Überwachung
der Sicherheitsverantwortung
der EVU und Halter
- RL 2004/50/EG; §§ 6 ff. TEIV
Inbetriebnahmegenehmigung:
- Systemsicherheit
- Kohärenz
- RL 2004/49/EG;
Eisenbahn-Sicherheits Verordnung
Sicherheitsgenehmigung:
- Sicherheitsmanagementsystem
- sichere Auslegung, Instandhaltung
und sicherer Betrieb

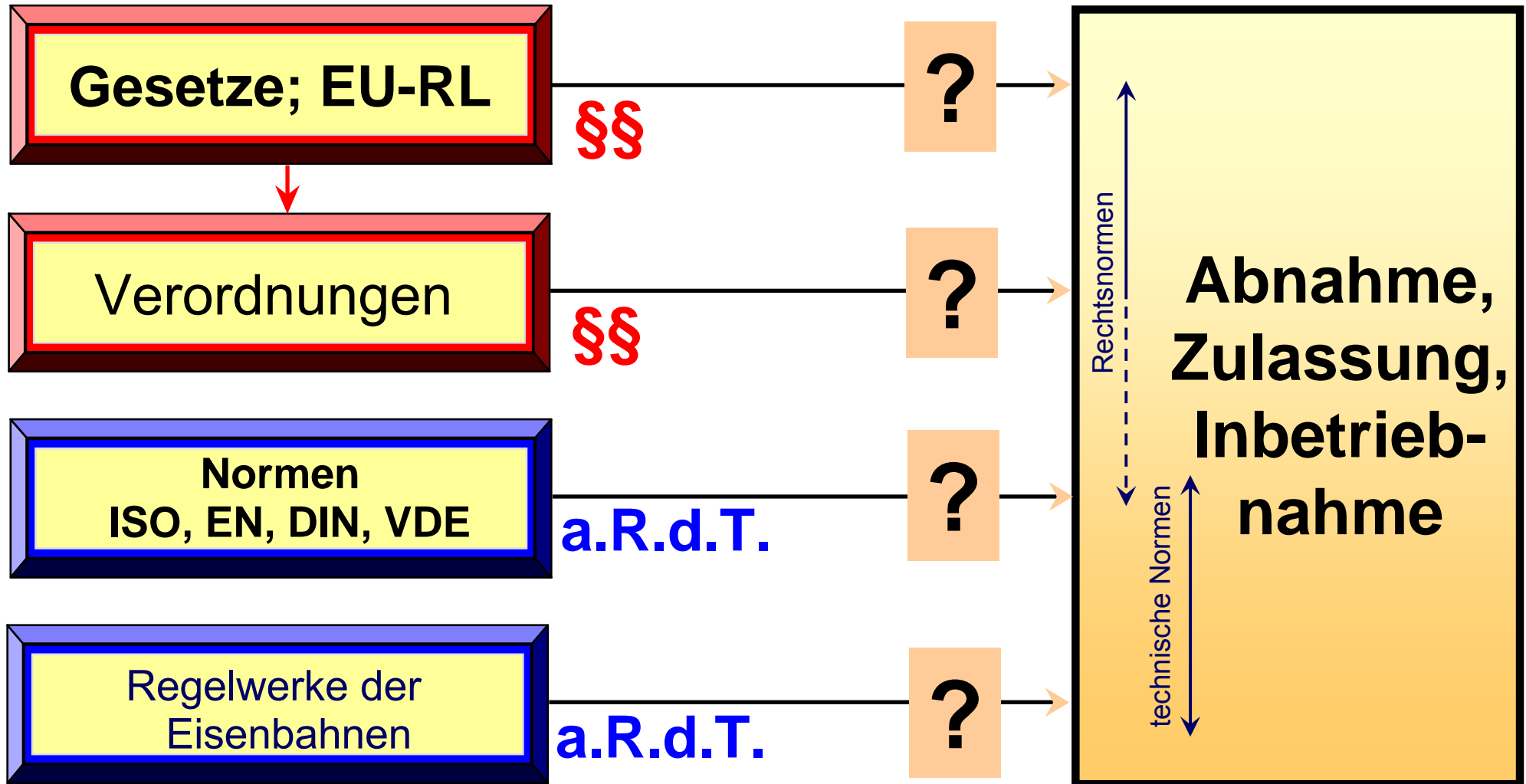




- ➔ Rechtsnormen
- ➔ technische Normen
- ➔ anerkannte Regeln der Technik



Regelwerke für Bahntechnik als Prüf- und Zulassungsgrundlage





Rechtsnorm vs. technische Norm

Rechtsnormen

→ verbindlich

Gesetze, RL der EU, VO

technische Normen

→ grundsätzlich nicht verbindlich
(verbindlich nur, wenn Bestandteil
von Rechtsnormen)

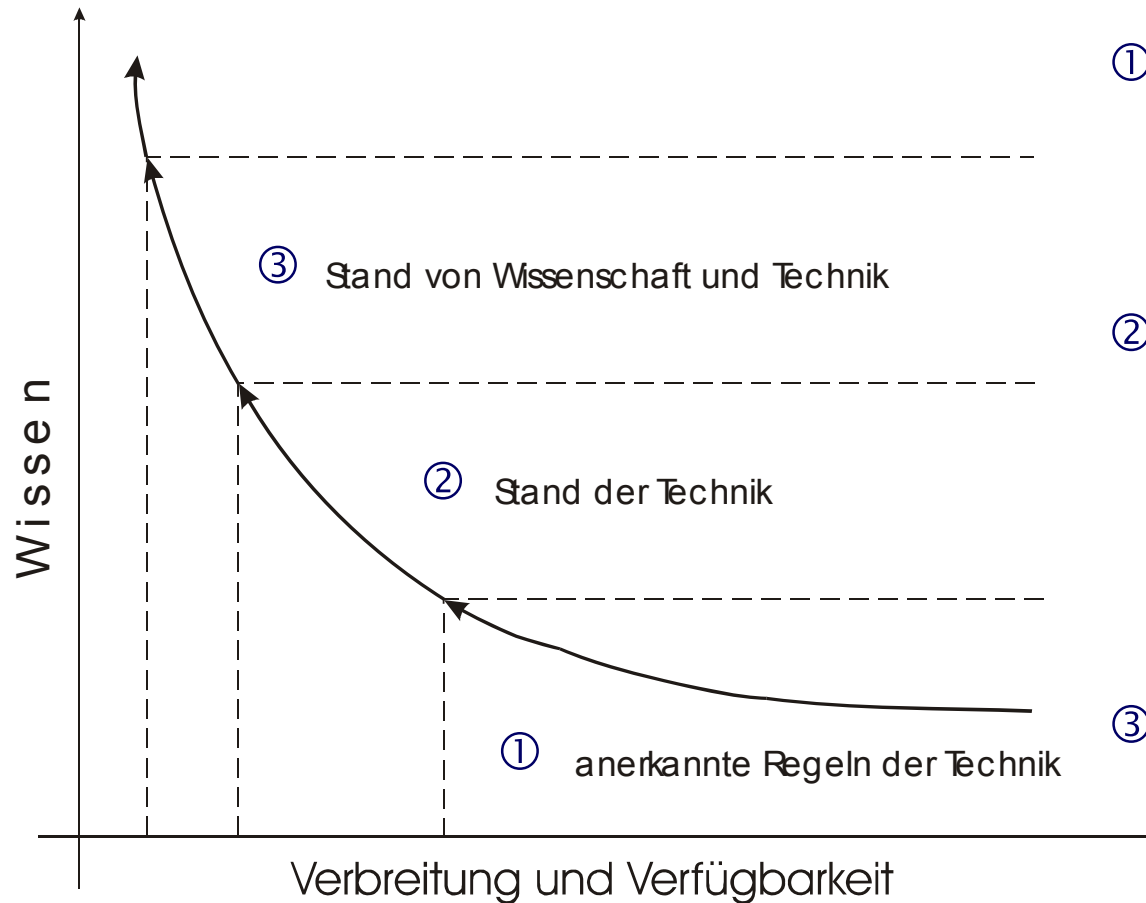


ISO/IEC, EN, DIN, VDE, UIC

- **anerkannte Regeln der Technik**
- Stand der Technik
- Stand von Wissenschaft und Technik



Rechtsnormen + technische Normen



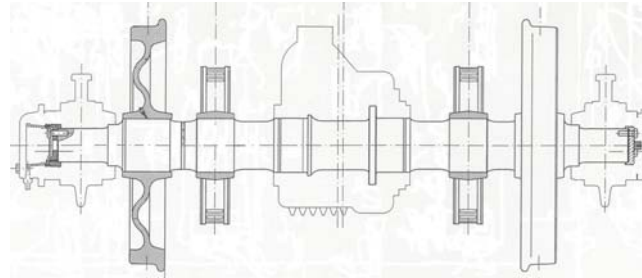
① **anerkannte Regeln der Technik**
→ Technische Festlegung, die von der Mehrheit repräsentativer Fachleute als Wiedergabe des Standes der Technik angesehen wird.
[DIN EN 45020; 1993 Nr. 1.5]

② **Stand der Technik**
→ Entwickeltes Stadium der technischen Möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt, soweit Erzeugnisse, Verfahren und Dienstleistungen betroffen sind, basierend auf den diesbezüglichen gesicherten Erkenntnissen von Wissenschaft, Technik und Erfahrung.
[DIN EN 45020; 1993 Nr. 1.4]

③ **Stand von Wissenschaft und Technik**
→ Übereinstimmung zwischen wissenschaftlicher und technischer Entwicklung auf der Basis der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse.



Technische Normen



BN 421 022
(Radsatzwellen, angetrieben - Lastfälle)

UIC 515-3
(Berechnung von Radsatzwellen)

EN 13103
(Konstruktionsverfahren Laufradsatzwellen)

EN 13104
(Konstruktionsverfahren Treibradsatzwellen)

Bestandsschutz

Ausnahme: ➤ Schaden
➤ Unfall

↳ konkrete Gefahr



a. R. d. T.

- neue Fahrzeuge
- neue Komponenten
- Umrüstung, Erneuerung
- a. R. d. T. am Zulassungsdatum



Europa !

- ➔ europäischer Harmonisierungsprozess
- ➔ europäisches Sicherheitsregelwerk
- ➔ europäisches Inbetriebnahmekonzept



Überblick Rechtsetzungsakte

Liberalisierung

- **RL 91/440/EWG**
(Marktöffnung),
- **RL 95/18/EG** (Lizenzierung von Eisenbahnunternehmen),
- **(RL 95/19/EG) „Netzzugang“**
„1. Eisenbahnpaket“
(Änderung RL 91/440/EWG, 95/18/EG, Ersatz 95/19/EG)

Harmonisierung

- **RL 96/48/EG, RL 2001/16/EG**
- **RL 2008/57/EG**
„Interoperabilität HGV und konventioneller Verkehr“

• **„2. Eisenbahnpaket“**

• **„3. Eisenbahnpaket“**

• **„Änderung des technischen Teils des Rechtsrahmens“**

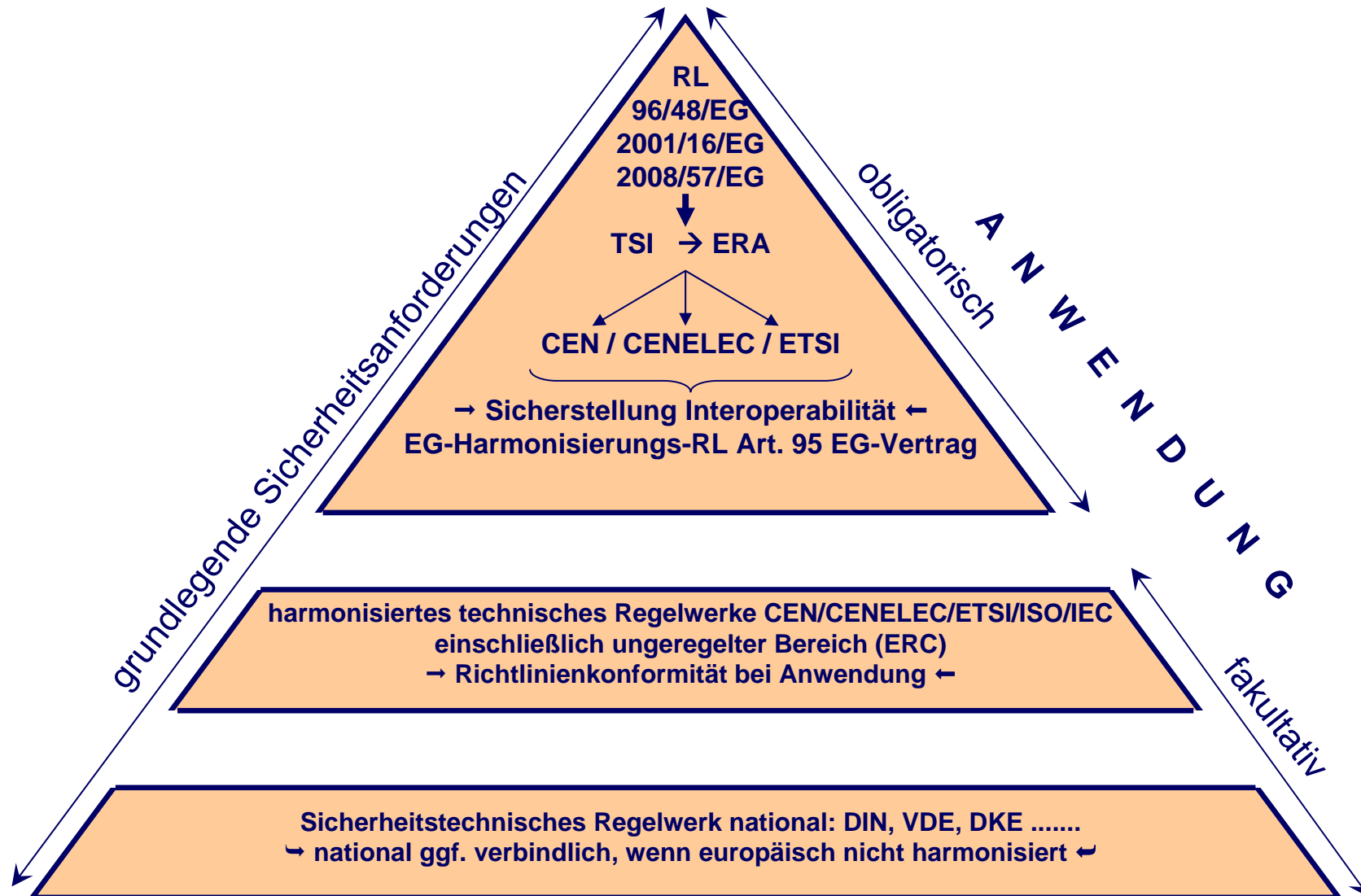


Eisenbahnpakete der EU

1. Eisenbahnpaket (2001) <ul style="list-style-type: none">• Netzöffnung im Güterverkehr,• Einrichtung einer Regulierungsbehörde	2. Eisenbahnpaket (2004) <ul style="list-style-type: none">• weitere Netzöffnung im Güterverkehr• Richtlinie zur Eisenbahnsicherheit• Überarbeitung der „Interoperabilitätsrichtlinien“• Einrichtung einer Europäischen Eisenbahnagentur	3. Eisenbahnpaket (2007) <ul style="list-style-type: none">• Netzöffnung nur im grenzüberschreitenden Personenverkehr• Europäischer Triebfahrzeugführerschein• Fahrgastrechte	„Änderung des technischen Teils des europäischen Rechtsrahmens“ (2008)  <ul style="list-style-type: none">• Schwerpunkte: Cross Acceptance, Halterzertifizierung
in Deutschland umgesetzt	in Deutschland umgesetzt	Zur Zeit in nationaler Umsetzung (Fahrgastrechte-VO gilt unmittelbar)	In Kraft, Umsetzung steht an

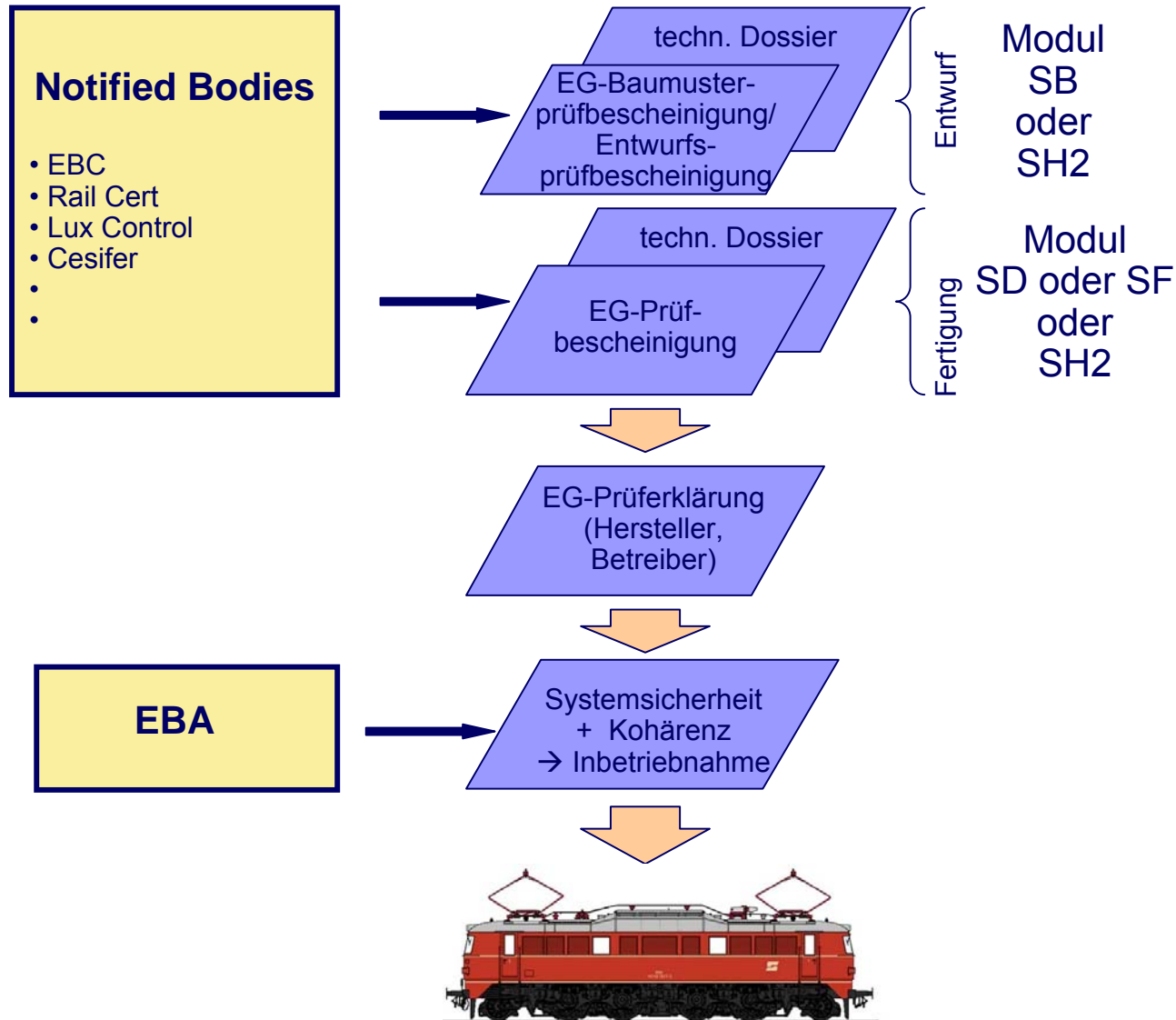


Struktur des Regelwerkes: „new approach“



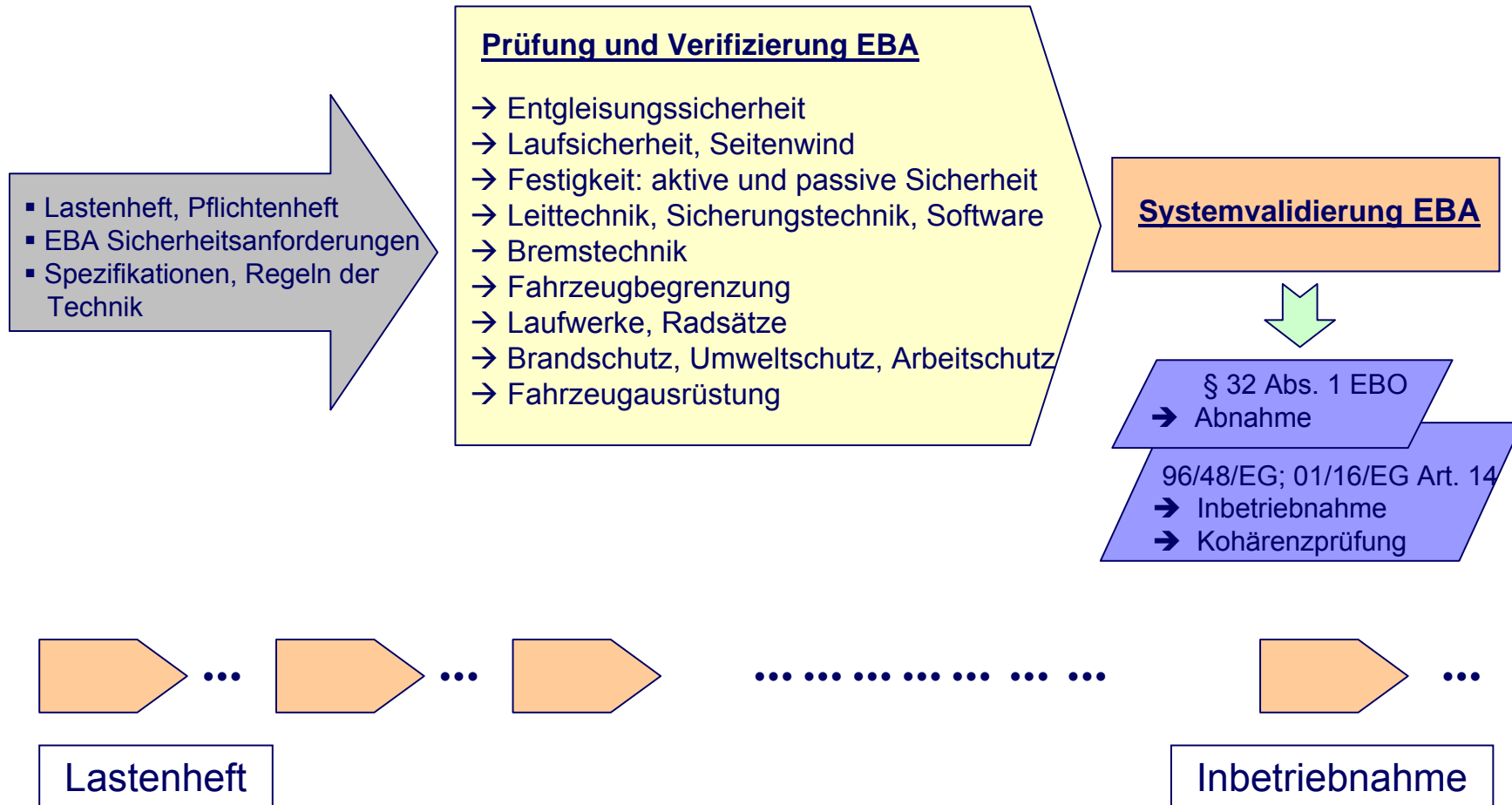


Zertifizierung Teilsysteme





Prozesssicherheit im Zulassungsverfahren Fahrzeuge



SICHERHEITSBEGLEITUNG DURCH EBA



Kohärenznachweis Fahrzeug





Radsätze: Entwicklung, Herstellung, Betrieb

Belastungskollektive

Konstruktive Auslegung

- Geometrie
- Kerbwirkung
- Formzahl
- Stützziffer
-
-

Umgebungsmedien

- Schwingungsrissskorrosion
- Korrosion
- Steinschlag
-
-



Wartung, Inspektion

- Prüfbarkeit
- Prüfverfahren
- QM-System
-
-

Werkstoff

- Zugfestigkeit
- Bruchzähigkeit
-
-

Herstellung

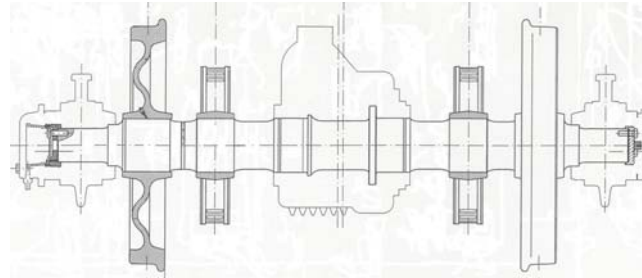
- Vergütungsprozess
- Walz-, Schmiedeprozess
- QM-System
- Oberflächenrauigkeit
- Eigenspannungen
-
-

Fügeverbindungen

- Reibkorrosion
- Reibmartensit
-
-



Entwicklung, Auslegung: → Dauerfestigkeit



BN 421 022
(Radsatzwellen, angetrieben - Lastfälle)

UIC 515-3
(Berechnung von Radsatzwellen)

EN 13103
(Konstruktionsverfahren Laufradsatzwellen)

EN 13104
(Konstruktionsverfahren Treibradsatzwellen)

Bestandsschutz

Ausnahme: ➤ Schaden
➤ Unfall

↳ konkrete Gefahr



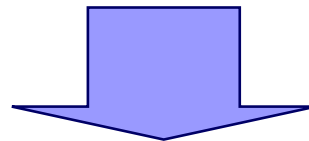
a. R. d. T.

- neue Fahrzeuge
- neue Komponenten
- Umrüstung, Erneuerung
- a. R. d. T. am Zulassungsdatum



Ereignisse: Brüche, Schäden

Radsatzwellenbrüche	1996 2009 :	25 *
Radbrüche	1996 2009 :	6 *
Radreifen (lose bzw. Bruch)	1996 2009 :	30 *
Risse	:	???



? DAUERFESTIGKEIT ?



hochzyklische Ermüdung
mit Brüchen bei $N > N_G$



Sicherheitsbehörde EBA

Sicherheit





Sicherheitsbehörde EBA

Sicherheit





Sicherheitsbehörde EBA

Sicherheit





Bemessung

reale Betriebsbelastungskollektive



Bemessung

Dauerfestigkeit

Kollektivhöchstwert < Dauerfestigkeit

↪ ertragbare Schwingenspielzahl ∞

Betriebsfestigkeit

Kollektivhöchstwert > Dauerfestigkeit

↪ ertragbare Schwingenspielzahl > Nutzungsdauer

Verifizierung Dauerschwingversuche



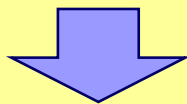
Verifizierung Betriebsversuche
(instrumentierte Wellen)



Probleme des Betriebsfestigkeitsnachweises

Betriebsbeanspruchungen

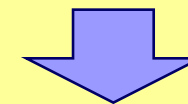
- Rad-Schiene Kräfte
- Kollektive
- Neigetechnik
- Verschleißzustand
 - Strecke
 - Rad (Unrundheit)



? Regelwerk ?

betriebsfeste Bemessung

- Beanspruchbarkeit (veränderliche Amplitude – Gassner)
 - Zugfestigkeit
 - Mittelspannung, Spannungsverhältnis
 - Kerbwirkung
 - Mehrachsigkeit (proportionale, nichtproportionale Beanspruchung)
 - Oberflächenrauigkeit
 - Eigenspannungen
 - Schwingungsrisskorrosion
- Fertigung
- Welle-Nabe Pressverband
- Oberflächenbehandlung



? Regelwerk ?



damage tolerance

Vermeidung Bauteilbruch → Anrisse vorhanden

safe life

Vermeidung techn. Anrisse

- gigacycle fatigue
- Brüche bei $N > N_G$
- Akzeptanz einer real existierenden Ausfallwahrscheinlichkeit
- zeitliche Veränderung von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit

→ Versagen während der Nutzungsdauer unwahrscheinlich

+

→ Versagen vorhersehbar

+

→ krit. Rissgröße sicher detektierbar

+

Bruchmechanik

- damage tolerance
- Rissdetektion wiederkehrend vor Erreichen zul. Größe
- bei Rissdetektion:
→ Betriebsstop + Komponententausch
- Vergleich:
Risspitzenbeanspruchung ↔ Risswiderstand (KC; CTOD; J-Integral))
- Rissfortschrittsrate (da/dN - zykl. Spannungsintensität ΔK)
- zul. Rissgröße < krit. Rissgröße
- Festlegung zerstörungsfreies Prüfverfahren
 - ↳ Nachweisgrenze unter Praxisbedingungen
 - ↳ Festlegung Prüfindervalle



Zulassung von Radsatzwellen

① Nachweis der Dauerfestigkeit, Betriebsfestigkeit nach den geltenden a.R.d.T.

(DIN EN 13103, 13104)

→ reale Belastungskollektive

→ rechnerischer Nachweis

→ Dauerschwingversuche

→ Betriebsversuche

} neue Werkstoffe, veränderte Betriebsbedingungen

Hinweis:

⇒ Orientierung an den tatsächlichen Eisenbahnbetriebsbedingungen ⇐

② Bruchmechanikkonzepte

→ Schadenstoleranzkonzepte

→ zerstörungsfreie Prüfverfahren

→ Prüfintervalle zur zuverlässigen

Detektion von Rissgrößen $a_{zul.} < a_{krit.}$

→ Inspektionsplan unter

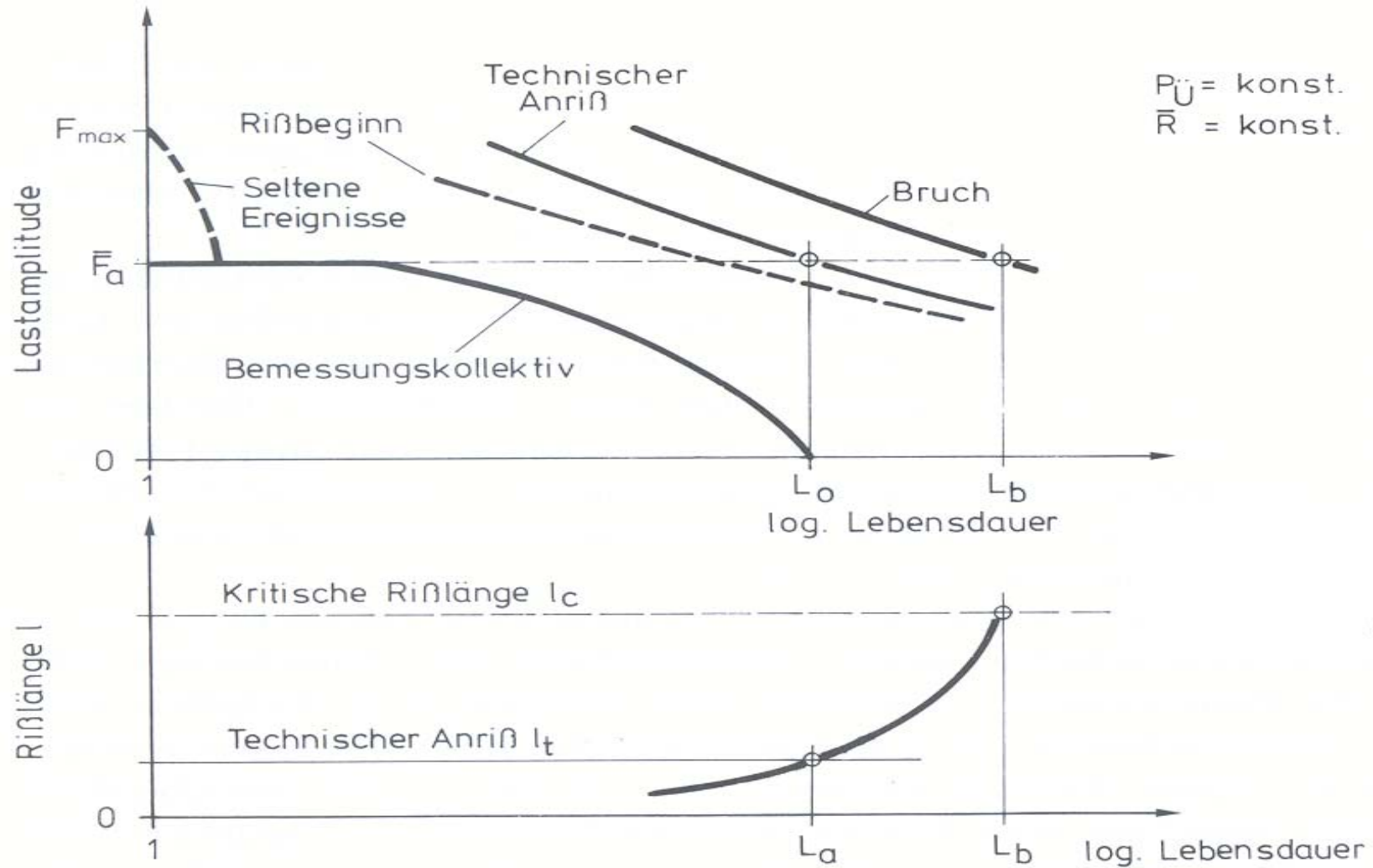
Eisenbahnpraxisbedingungen

Komplementär !

⇒ wichtig für Betreiber zur Wahrnehmung des § 4 (1) AEG

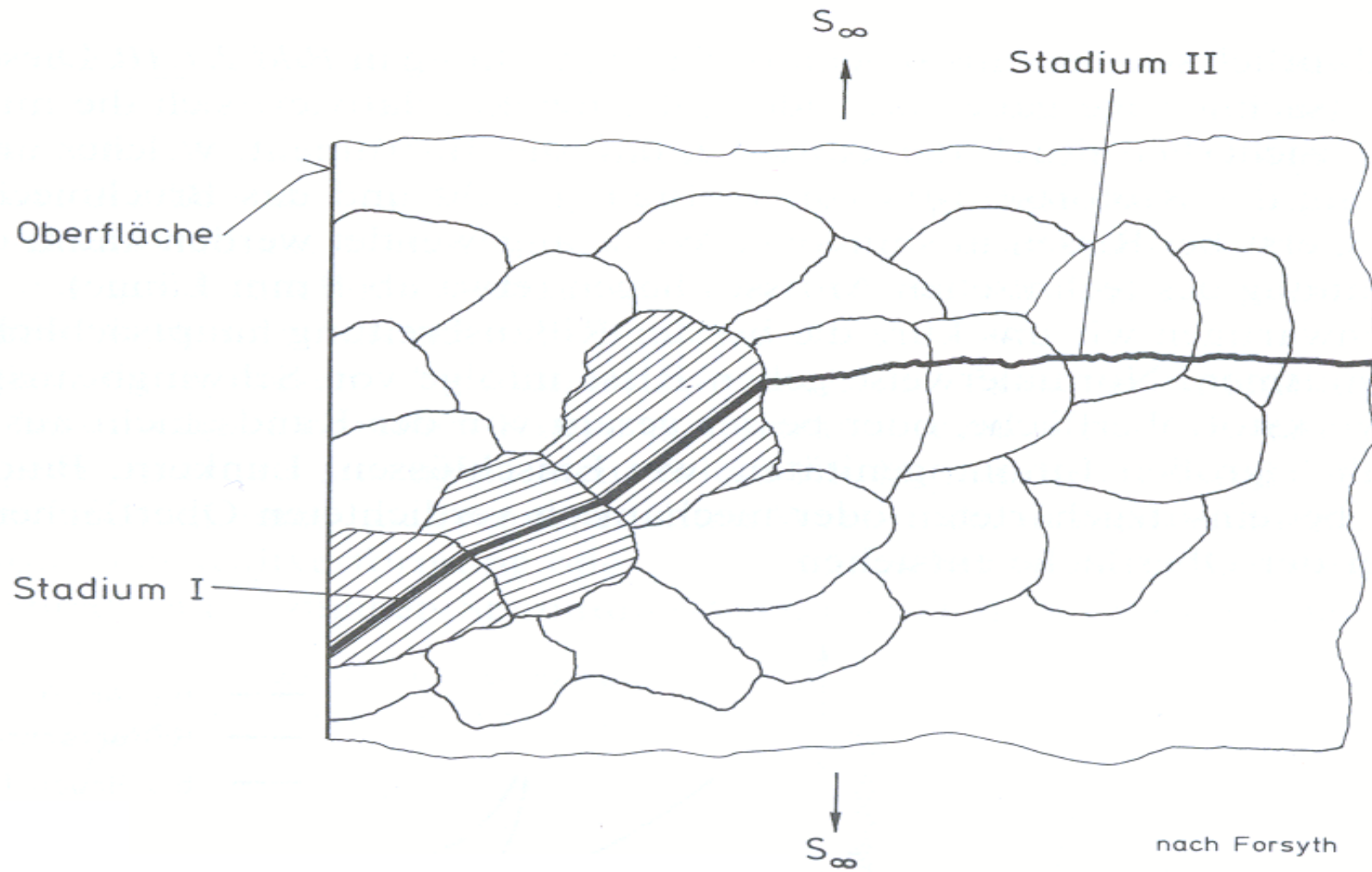


Versagenskriterium und Lebensdauer



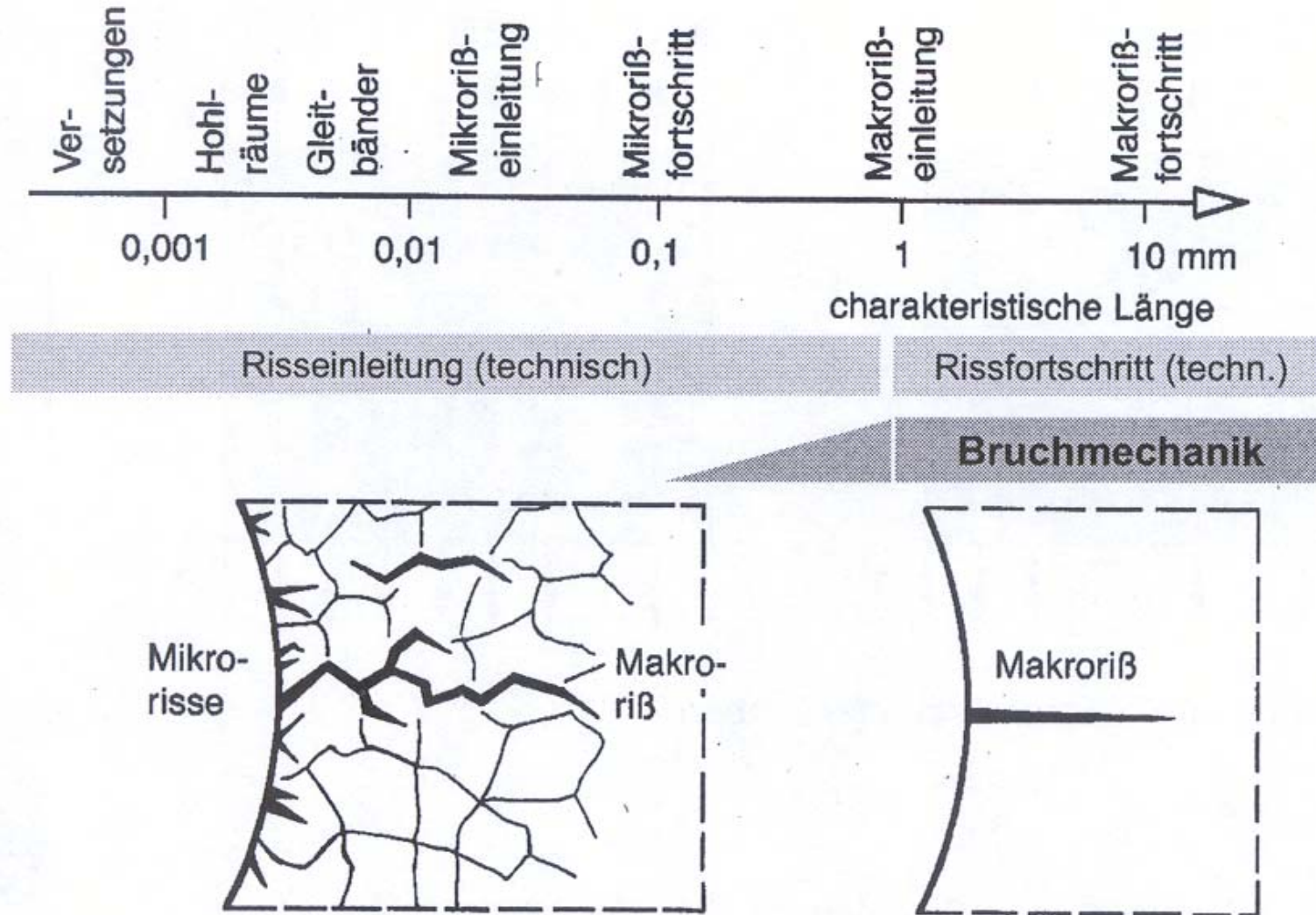


Stadien der Rissausbreitung



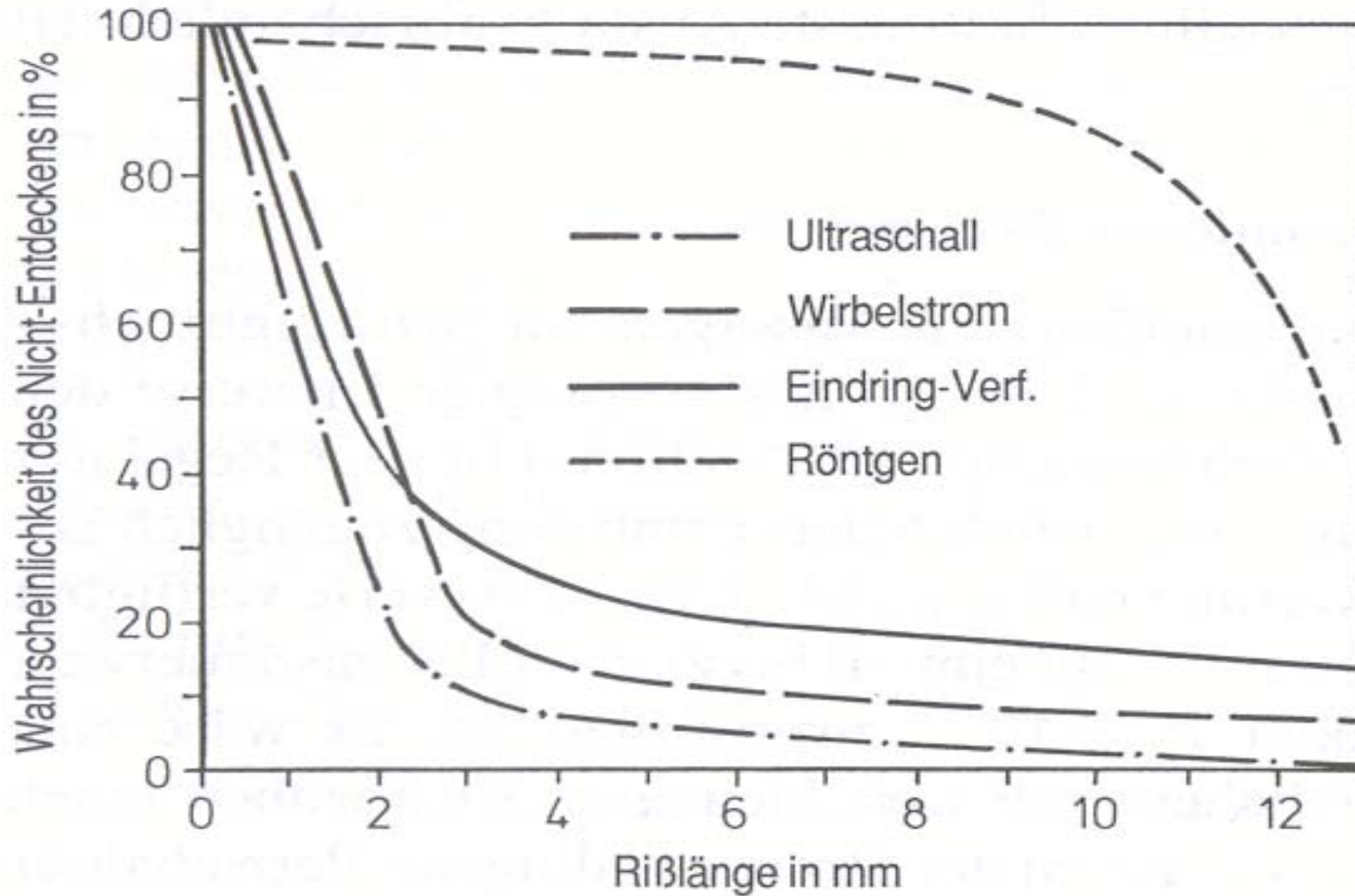


Gesamtlebensdauer \Rightarrow Rissinitiierung + Rissfortschritt



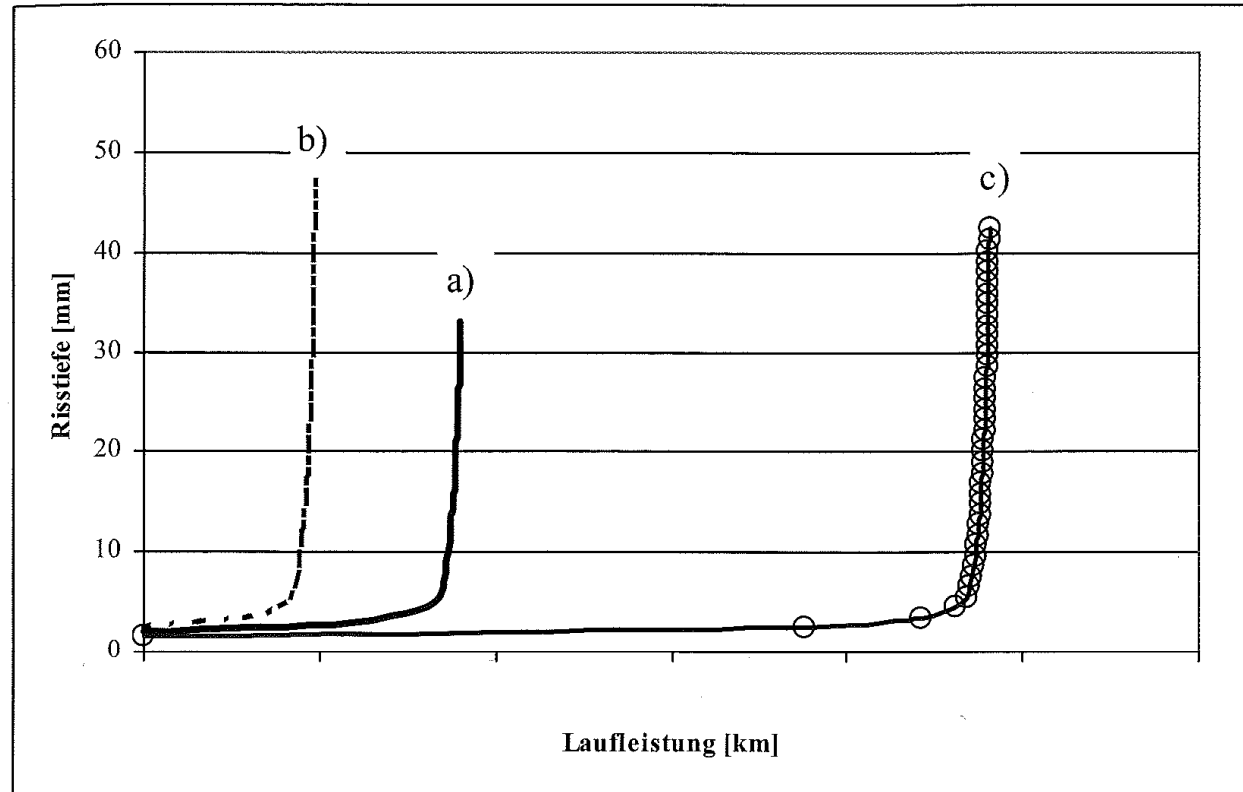


Detektionsempfindlichkeit rissähnlicher Defekte bei Anwendung von ZfP





Anfangsrisstiefe - Laufleistung



Einfluss der Anfangsrisstiefe auf die Laufleistung einer Radsatzwelle

- a) Anfangsrisstiefe $a = 2,0$ mm
- b) Anfangsrisstiefe $a = 2,5$ mm
- c) Anfangsrisstiefe $a = 1,5$ mm



Güterwagen

Erkenntnisse EBA

Unfallursache

Ausgehend von Schäden an der Wellenoberfläche sind Risse entstanden, die sich aufgrund der Biegewechselbeanspruchung bis zum Bruch fortentwickelt haben.

Ausgangspunkt:

- Korrosion (z.T. großflächig und weit fortgeschritten)
- Oberflächenschäden
 - durch unsachgemäße Lagerung
 - durch unsachgemäßen Transport
 - durch unsachgemäßen Umschlag
 - aus Betrieb (Steinschlag, schleifende Bauteile,...)

→ Darauf muss mit geeigneten Maßnahmen in der Logistik / Instandhaltung reagiert werden.



Aussagen der EN 13103 bzw. UIC 515-3

Festigkeitsnachweis setzt folgendes voraus:

- „Nachweis ist nur dann gültig, wenn die Instandhaltungspolitik einen wirksamen Schutz gegen Korrosion während der Lebensdauer der Welle sicherstellt.“ Alternative angepasster Dauerfestigkeitswerte wurde nicht verfolgt.

[EN13103, Kap 7.2]

- ⇒ Die Oberflächenbeschaffenheit der Radsatzwelle muss über die Lebensdauer in einem Zustand sein, der weitgehend dem Neuzustand entspricht.
- ⇒ Der geforderte Sicherheitsbeiwert „S“ gemäß EN13103 muss eingehalten werden ($S=1,2$ bei A1N). Geringe temporäre Beschädigungen an Korrosionsschutz und Oberfläche zwischen Instandhaltungsmaßnahmen werden dadurch berücksichtigt.



Aussagen der E DIN 27204-1 (früher TRF Module 0210 und 0211)

Der zulässige Zustand der Radsatzwellen ist in Kap 4.2.4 zusammengefasst:

- Rillen unzulässig
- Mulden unzulässig, wenn im Betrieb entstanden
- Kerben unzulässig oder Fehlertoleranzkonzept
- Korrosion unzulässig oder Fehlertoleranzkonzept
- **bisher kein Fehlertoleranzkonzept**
- laufendes UIC-Projekt zur Erstellung eines Fehlertoleranzkonzepts
- Task Force on Freight Wagon Maintenance



Inhalt der Allgemeinverfügung 10.07.2007

- Instandhaltungsprogramme sind vorzuhalten, weiter zu entwickeln und anzuwenden.
 - Maßnahmen und Intervalle müssen Betriebsgrenzmaße so berücksichtigen, dass ein sicherer Betrieb sichergestellt ist.
 - Basis für Betriebsgrenzkriterien ist E DIN 27204-1, ggf. weiter einschränken.
 - Beachtung von Randbedingungen für Oberfläche und Korrosionsschutz, die der Festigkeitsauslegung zugrunde liegen.
- Dabei sind u.a. planmäßig wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen einzusetzen.
- Die Prüfverfahren und Fristen sind festzulegen und wiederkehrend zu verifizieren.
- Das Vorgehen ist vollumfänglich zu dokumentieren.



Zusammenfassung

- Der Zustand der Oberfläche einer Vielzahl von Radsatzwellen der Typen A und B entspricht nicht den Anforderungen der EN 13103 und E DIN 27204-1.



probabilistischer Ansatz

- in der Entwicklung,
- für Inbetriebnahme neuer struktureller Teilsysteme

→ *bisher nicht für Risikobewertungen im Betrieb vorgesehen ?*



Realisierung des von der EG-Kommission angestrebten Sicherheitsniveaus:

Produktharmonisierung

Festsetzung von Normen, die für jede Komponente des Eisenbahnsystems einzuhalten sind

Prozessharmonisierung

**Festsetzung von Aufgaben, Zuständigkeiten der „Player“ im Eisenbahnsektor
(Betreiber, Eisenbahnunternehmen, nationale und Gemeinschaftsbehörden)**

Richtlinien zur Interoperabilität

Richtlinie Eisenbahnsicherheit

Schaffung einer gemeinschaftlichen Einrichtung für die Sicherheit und Interoperabilität im Schienenverkehr → ERA



europäische Vorgaben

Schwerpunkte der Sicherheitsrichtlinie:

1. Harmonisierung des gesetzlichen Rahmens im Bereich Sicherheit sowie des Inhalts von Sicherheitsvorschriften
2. Verringerung der Hindernisse im Hinblick auf Öffnung des Eisenbahnverkehrsmarktes (=> Sicherheitsbescheinigung und -genehmigung!)
3. Verbesserung der Transparenz und des Informationsflusses im Sicherheitsbereich
4. Untersuchung von schweren Unfällen und Unregelmäßigkeiten



Überblick

Einordnung in das System der CSM gemäß Art. 6 der Sicherheitsrichtlinie

Methoden für:

Evaluierung und Bewertung von Risiken

EU – VO NR. 352/2009 vom 24.04.2009

(Abl. L 108 vom 29.04.2009, S. 4ff)

Erteilung Sicherheitsbescheinigungen, -genehmigungen

- Kriterien für Teil A, B
- Generelle Anforderungen an die Aufsicht

Verabschiedung vsl. Frühjahr 2010 als EU - VO

Überprüfung, ob strukturelle Teilsysteme* entsprechend den grundlegenden Anforderungen (*Fokus: Sicherheit!*) betrieben und instand gehalten werden.

ERA AGr. hat ihre Arbeit aufgenommen
(1. Entwurf nicht vor 02/10)

* = Fz., Infra, ZZS, Energie

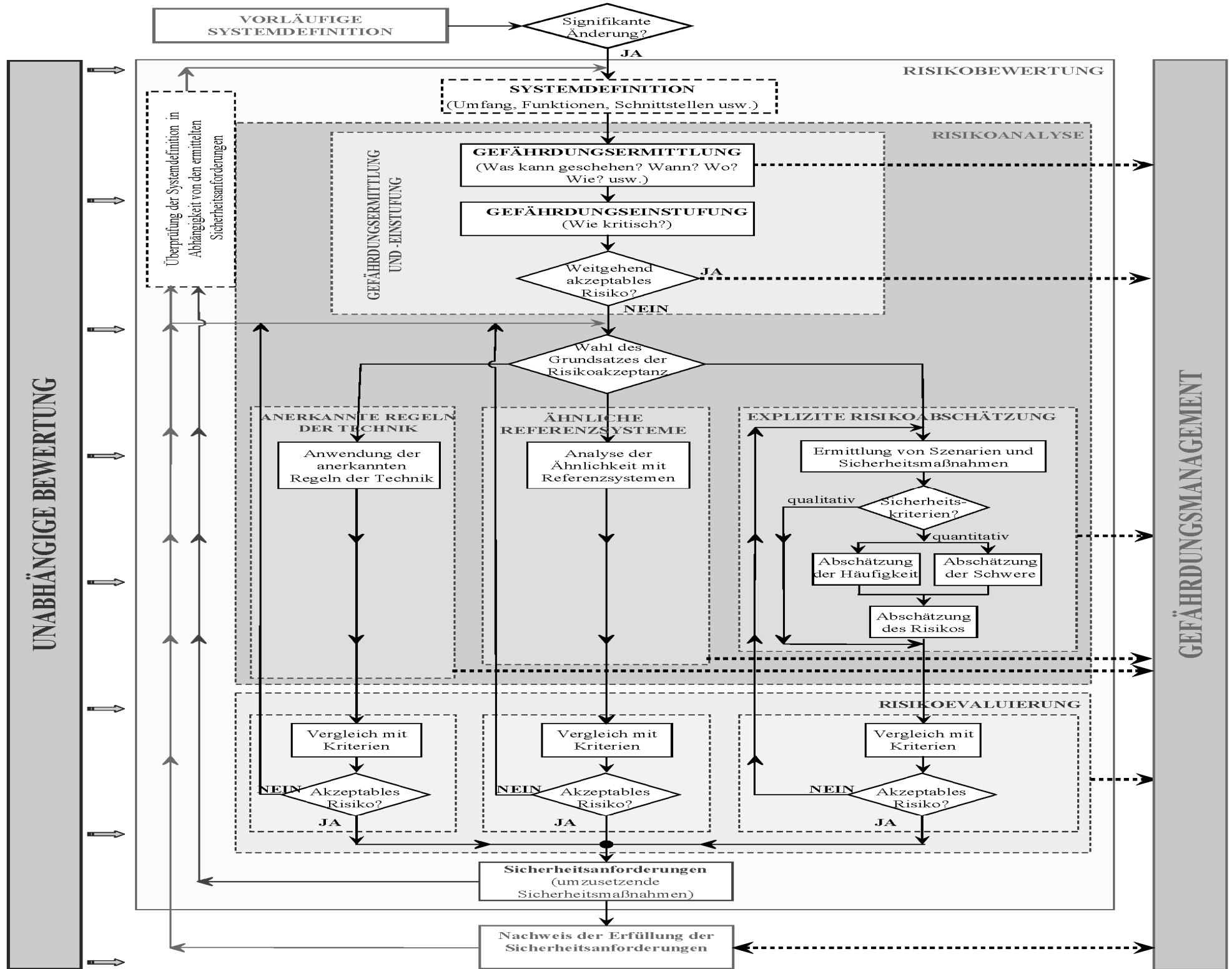


Anwendung u. Hinweise

Bei „signifikanten“ Änderungen

- *bei Änderungen des Eisenbahnsystems (Art. 2 Abs. 1 EG-VO 352/2009)*
- *bei strukturellen Teilsystemen (Art. 2 Abs. 1 EG-VO 352/2009)*
- *wenn TSI dies vorgeben*
- *bei Inbetriebnahme struktureller Teilsysteme zur Gewährleistung der sicheren Integration eines strukturellen Teilsystems in ein bestehendes System (Art. 15 Abs. 1 RL 2008/57/EG)*

- d.h. anzuwenden bei neuen, innovativen Fahrzeugen,
- möglichst TSI beachten (Ausnahmen vermeiden),
- neue Lösungen möglichst in die Revision der TSI einbringen





Ziel der CSM zur Risikobewertung, -evaluierung

Erleichterung des Zugangs zum Eisenbahnverkehrsmarkt durch Harmonisierung:

- der **Risikomanagementverfahren**,
- **barrierefreier Austausch sicherheitsrelevanter Informationen** zwischen den an einer wesentlichen Änderung beteiligten Akteure (Hersteller, Betreiber, Sicherheitsbehörde),
- der **Ergebnisse** (gegenseitige Anerkennung)

Voraussetzungen für gegenseitige Anerkennung:

- **gleiche funktionale/betriebliche Bedingungen**,
- Anwendung **gleichwertiger Risikoakzeptanzkriterien** zur Kontrolle der ermittelten Gefährdungen



Besonderheiten, Vereinfachungen

- **Explizite Risikoabschätzung/ -evaluierung:**

- *Gegenseitige Anerkennung bei „Ausfallrate pro Betriebsstunde $\leq 10^{-9}$ “!*
- **ABER:**
 - ❖ *strengere Anforderungen zulässig auf der Grundlage notifizierter nationaler Sicherheitsvorschriften („Weichenantrieb“);*
 - ❖ *Ausfallrate $> 10^{-9}$ zulässig, wenn nationales Sicherheitsniveau eingehalten („Faktor Mensch“)*



Weitere Arbeiten der ERA, Leitfäden

Task Forces zu:

- **Risikoakzeptanzkriterien;**
- **Bewertungsstellen (Vorschlag Anerkennungsverfahren bis 2011)**

Bis 31.12.2011 Bericht über die Erfahrungen mit den CSM



Inkraftsetzung

2 Stufen:

19. Juli 2010* für alle signifikanten Änderungen

- an **Fahrzeugen**,
- an **strukturellen Teilsystemen** (damit auch Infrastruktur!), wenn dies:
 - für die Prüfung der sicheren Integration in das bestehende Eisenbahnsystem erforderlich ist oder
 - eine TSI dies vorschreibt

19. Juli 2012 für **alle** signifikanten Änderungen

(technisch, betrieblich, organisatorisch; z. B. auch für Änderung Betriebsverfahren...)

ABER:

Keine Anwendung, wenn Systeme/Änderungen zum Zeitpunkt **Inkrafttreten** (19.05.09) in **fortgeschrittenem Entwicklungsstadium** (Anwendung „nicht akzeptabel“)

Als EU – VO
keine nationale
Umsetzung
erforderlich!

* = 19. Juli 2010 auch Frist für Umsetzung neue „Interop – RL“



Task Force on Freight Wagon Maintenance

ERA; NSA`s, CER

➤ **Ziel:**

europäisch abgestimmte Lösung !



Task Force on Freight Wagon Maintenance

ERA; NSA`s, CER

- europaweite Bestandsaufnahme (Unfallberichte, ...) → 2009
- Instandhaltungskriterien → 2010
- Zertifizierung von Werkstätten (ECM) → zunächst freiwillig



Task Force on Freight Wagon Maintenance

ERA; NSA`s, CER

- Zertifizierung von Werkstätten (ECM)
 - Architektur (fertig)
 - Anforderungen (in Arbeit)
 - Verfahren (in Arbeit)
- Standards Design (EN 13103, EN 13104)
- Standards Herstellung (EN 13260, EN 13261)
- Standards Instandhaltung (pr EN 15313 (demnächst fertig))



Task Force on Freight Wagon Maintenance

ERA; NSA`s, CER

Probleme:

- - Management Radsatztausch
- Rückverfolgbarkeit der Radsätze
- Historie der Instandhaltung
- Dokumentation

- Identifizierung
- zulassungskonformer Einsatz



Task Force on Freight Wagon Maintenance

ERA; NSA`s, CER

Lösungsstrategie:

- Vorschlag CER:
 - Sichtprüfung (Klassifizierung des Schadensbildes),
 - UT Prüfung für visuell ausgesonderte Wellen

- EBA (NSA) Standpunkt:
 - CER Vorschlag ist Beitrag für Sicherheitsverbesserung,
 - CER Vorschlag ist nicht ausreichend !
 - Einführung wiederkehrender ZfP erforderlich !



Sicherheitsverantwortung

SICHERHEITSVERANTWORTUNG



Bahnindustrie

Produkthaftung:

- ProdHaftG
verschuldensunabhängig
schadenersatzpflichtig
(nicht öffentlich-rechtlich)
↳ Produkthaftungs-RL
- ggf. deliktsrechtliche
Produzentenhaftung beim
Nachweis des Verschuldens
(§§ 823 ff. BGB)

Verkehrsunternehmen/Halter

Betreiberverantwortung :

öffentlich-rechtliche Verpflichtung:

- § 4 (1) AEG (Eisenbahnen)
- §§ 31, 32 AEG (Halter)
... Fahrzeuge sicher
- zu bauen
- und in betriebssicherem
Zustand zu halten

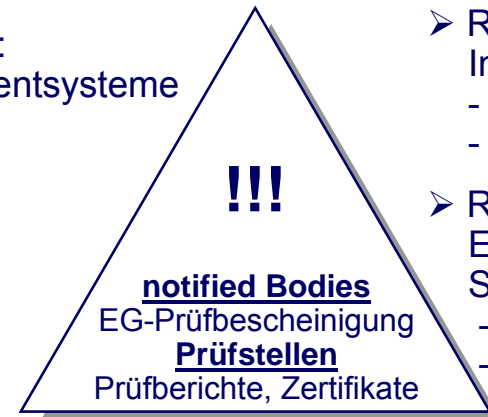


- RL 2004/49/EG Art. 9:
Sicherheitsmanagementsysteme
- RL 2008/110/EG:
Halterverantwortung

Sicherheitsbehörde

Sicherheitsverantwortung:

- § 3 (2) BEVerkVwG
- § 32 (1) EBO: Abnahme
↳ öffentlich-rechtliche Voraussetzung
für Inbetriebnahme:
Prüfung und Überwachung
der Sicherheitsverantwortung
der EVU und Halter
- RL 2004/50/EG; §§ 6 ff. TEIV
Inbetriebnahmegenehmigung:
- Systemsicherheit
- Kohärenz
- RL 2004/49/EG;
Eisenbahn-Sicherheits Verordnung
Sicherheitsgenehmigung:
- Sicherheitsmanagementsystem
- sichere Auslegung, Instandhaltung
und sicherer Betrieb





Danke !

*Eisenbahn-Bundesamt
Dr.-Ing. Andreas Thomasch
Abteilungsleiter Fahrzeuge und Betrieb
Heinemannstr. 6
53175 Bonn
Tel.: 0228 / 9826 – 301
Fax.: 0228 / 9826 – 399
e-mail: ThomaschA@eba.bund.de*