

	Bahnanwendungen Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) Deutsche Fassung EN 50126:1999	DIN EN 50126
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0115 Teil 103
ICS 29.280; 45.020 Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS); German version EN 50126:1999 Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS); Version allemande EN 50126:1999 Die Europäische Norm EN 50126:1999 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 50126 wurde am 1. Oktober 1998 angenommen. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 50126 (VDE 0115 Teil 103):1996-06. Fortsetzung Seite 2 und 60 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium AK 351.0.2 „Systeme und Querschnittsfragen“ im K 351 „Elektrische Ausrüstungen für Bahnen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50128*)	–	–	–
ENV 50129:1998	–	DIN V ENV 50129 (VDE V 0831 Teil 129):1999-07	VDE V 0831 Teil 129
–	IEC 60050-191:1990	IEV Kapitel 191:1995	–
–	Publikationen der Reihe IEC 61508	–	–
EN ISO 9001:1994	ISO 9001:1994	DIN EN ISO 9001:1994-08	–
EN ISO 9002:1994	ISO 9002:1994	DIN EN ISO 9002:1994-08	–
EN ISO 9003:1994	ISO 9003:1994	DIN EN ISO 9003:1994-08	–
*) In Vorbereitung			

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN V ENV 50129 (VDE V 0831 Teil 129)	Bahnanwendungen – Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik; Deutsche Fassung ENV 50129:1998
IEV Kapitel 191	Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 191: Zuverlässigkeit und Dienstgüte; Identisch mit IEC 60050-191:1990
DIN EN ISO 9001	Qualitätsmanagement-Systeme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design/Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung (ISO 9001:1994); Dreisprachige Fassung EN ISO 9001:1994
DIN EN ISO 9002	Qualitätsmanagement-Systeme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Produktion, Montage und Wartung (ISO 9002:1994); Dreisprachige Fassung EN ISO 9002:1994
DIN EN ISO 9003	Qualitätsmanagement-Systeme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung bei der Endprüfung (ISO 9003:1994); Dreisprachige Fassung EN ISO 9003:1994
DIN EN ISO 9004-1	Qualitätsmanagement und Elemente eines Qualitätsmanagement-Systems – Teil 1: Leitfaden (ISO 9004-1:1994); Dreisprachige Fassung EN ISO 9004-1:1994

Deutsche Fassung

Bahnanwendungen

Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)

Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1. Oktober 1998 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CENELEC TC 9X „Elektrische und elektronische Bahnanwendungen“ erstellt.

Der Text des Entwurfs wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1. Oktober 1998 als EN 50126 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen

(dop): 2000-04-01

(dow): 2000-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A bis E informativ.

Siehe Berichtigung 1 DIN EN 50126 (VDE 0115-103 Ber 1):2006-09

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Definitionen	7
4 RAMS für Bahnanlagen	9
4.1 Einleitung	9
4.2 RAMS für Bahnanlagen und Qualität der Betriebs- und Dienstleistung	10
4.3 RAMS-Elemente für Bahnen	10
4.4 RAMS beeinflussende Faktoren für Bahnen	12
4.4.1 Allgemeines	12
4.4.2 Kategorien der Faktoren	12
4.4.3 Management der Faktoren	16
4.5 Maßnahmen zur Erfüllung der RAMS-Anforderungen für Bahnen	16
4.5.1 Grundsätzliches	16
4.5.2 RAMS-Spezifikation	16
4.6 Risiko	17
4.6.1 Risikokonzept	17
4.6.2 Risikoanalyse	17
4.6.3 Bewertung und Akzeptanz von Risiken	18
4.7 Safety Integrity	19
4.8 Fail-safe-Konzept	21
5 RAMS-Management für Bahnen	21
5.1 Allgemeines	21
5.2 Lebenszyklus des Systems	21
5.3 Anwendung dieser Norm	28
6 RAMS-Lebenszyklus	30
6.1 Phase 1: Konzept	30
6.1.1 Zielsetzungen	30
6.1.2 Eingangsgrößen (Inputs)	30
6.1.3 Anforderungen	30
6.1.4 Ergebnisse	30
6.1.5 Verifikation	30
6.2 Phase 2: Systemdefinition und Anwendungsvoraussetzungen/-bedingungen	31
6.2.1 Zielsetzungen	31
6.2.2 Eingangsgrößen (Inputs)	31
6.2.3 Anforderungen	31
6.2.4 Ergebnisse	32
6.2.5 Verifikation	33
6.3 Phase 3: Risikoanalyse	33
6.3.1 Zielsetzungen	33
6.3.2 Eingangsgrößen (Inputs)	33
6.3.3 Anforderungen	33
6.3.4 Ergebnisse	34
6.3.5 Verifikation	34

	Seite
6.4 Phase 4: Systemanforderungen	34
6.4.1 Zielsetzungen	34
6.4.2 Eingangsgrößen (Inputs)	35
6.4.3 Anforderungen	35
6.4.4 Ergebnisse	37
6.4.5 Verifikation	37
6.5 Phase 5: Zuteilung der Systemanforderungen	37
6.5.1 Zielsetzungen	37
6.5.2 Eingangsgrößen (Inputs)	37
6.5.3 Anforderungen	38
6.5.4 Ergebnisse	38
6.5.5 Verifikation	38
6.6 Phase 6: Entwicklung/Konstruktion und Implementierung	38
6.6.1 Zielsetzungen	38
6.6.2 Eingangsgrößen (Inputs)	39
6.6.3 Anforderungen	39
6.6.4 Ergebnisse	39
6.6.5 Verifikation	40
6.7 Phase 7: Fertigung	40
6.7.1 Zielsetzungen	40
6.7.2 Eingangsgrößen (Inputs)	40
6.7.3 Anforderungen	40
6.7.4 Ergebnisse	41
6.7.5 Verifikation	41
6.8 Phase 8: Installation/Montage	41
6.8.1 Zielsetzungen	41
6.8.2 Eingangsgrößen	41
6.8.3 Anforderungen	41
6.8.4 Ergebnisse	42
6.8.5 Verifikation	42
6.9 Phase 9: System-Validierung (einschließlich Sicherheitsabnahme und Inbetriebsetzung)	42
6.9.1 Zielsetzungen	42
6.9.2 Eingangsgrößen	42
6.9.3 Anforderungen	42
6.9.4 Ergebnisse	43
6.9.5 Verifikation	43
6.10 Phase 10: Systemabnahme	44
6.10.1 Zielsetzungen	44
6.10.2 Eingangsgrößen	44
6.10.3 Anforderungen	44
6.10.4 Ergebnisse	44
6.10.5 Verifikation	44
6.11 Phase 11: Betrieb und Instandhaltung	44
6.11.1 Zielsetzungen	44
6.11.2 Eingangsgrößen (Inputs)	44
6.11.3 Anforderungen	45
6.11.4 Ergebnisse	45
6.11.5 Verifikation	45

	Seite
6.12 Phase 12: Erfassung der Leistungsfähigkeit	45
6.12.1 Zielsetzungen	45
6.12.2 Eingangsgrößen (Inputs)	45
6.12.3 Anforderungen	45
6.12.4 Ergebnisse	45
6.12.5 Verifikation	46
6.13 Phase 13: Änderungen und Nachrüstung.	46
6.13.1 Zielsetzungen	46
6.13.2 Eingangsgrößen (Inputs)	46
6.13.3 Anforderungen	46
6.13.4 Ergebnisse	46
6.13.5 Verifikation	46
6.14 Phase 14: Stilllegung und Entsorgung	47
6.14.1 Zielsetzungen	47
6.14.2 Eingangsgrößen (Inputs)	47
6.14.3 Anforderungen	47
6.14.4 Ergebnisse	47
6.14.5 Verifikation	47
Anhang A (informativ) Muster einer RAMS-Spezifikation (Beispiel)	48
Anhang B (informativ) RAMS-Programm	52
Anhang C (informativ) Beispiele von Parametern bei Bahnen	55
Anhang D (informativ) Beispiele für Grundsätze der Risikoakzeptanz	57
Anhang E (informativ) Verantwortlichkeiten im RAMS-Prozeß während des Lebenszyklusses.	60

Einleitung

Mit dieser Europäischen Norm wird den Bahnunternehmen und der Bahnindustrie sowie ihren Zulieferern in der Europäischen Gemeinschaft ein Verfahren zur konsequenten Anwendung eines Managements für Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit, abgekürzt als „RAMS“, zur Verfügung gestellt. Die Prozesse für die Spezifikation und den Nachweis der Erfüllung der RAMS-Anforderungen sind der Eckstein dieser Norm. Ziel dieser EN ist es, ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Vorgehensweise für das RAMS-Management zu fördern.

Diese EN kann von den Bahnunternehmen und der Bahn-Zulieferindustrie systematisch während aller Phasen des Lebenszyklusses angewendet werden, um bahnspezifische RAMS-Anforderungen zu entwickeln und um die Übereinstimmung dieser Anforderungen zu erzielen. Die von dieser EN festgelegte systembezogene Vorgehensweise fördert die Betrachtung des Zusammenwirkens von RAMS-Verfahren zwischen den Elementen von komplexen Bahnanwendungen.

Diese EN fördert die Zusammenarbeit zwischen den Bahnunternehmen und der Bahn-Zulieferindustrie innerhalb unterschiedlicher Beschaffungsstrategien zur Erzielung einer optimalen Kombination von RAMS und Kosten für Bahnanwendungen. Die Einhaltung dieser Norm unterstützt die Grundsätze des Europäischen Binnenmarkts und erleichtert die Interoperabilität der Europäischen Bahnen.

Der von dieser EN festgelegte Prozeß geht davon aus, daß die Bahnunternehmen und die Bahn-Zulieferindustrie Unternehmensstrategien bezüglich Qualität, Leistungsfähigkeit und Sicherheit verfolgen. Die in dieser Norm festgelegte Vorgehensweise ist verträglich mit den Anforderungen hinsichtlich der Qualitätssicherung, die in der Reihe der Internationalen Normen ISO 9000 genannt sind.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm:

- definiert RAMS durch die Begriffe Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit und ihre Wechselwirkungen;
- definiert einen Prozeß auf der Grundlage des System-Lebenszyklusses und dessen Aktivitäten zwecks RAMS-Management;
- erlaubt es, Konflikte zwischen RAMS-Elementen effektiv zu regeln und zu steuern;
- definiert einen systematischen Prozeß für die Spezifikation von RAMS-Anforderungen und für den Nachweis, daß diese Anforderungen erfüllt sind;
- spricht die Besonderheiten des Bahnbetriebes an;
- trifft keine Festlegungen von RAMS-Zielen, quantitativen Größen, Anforderungen oder Lösungen für spezifische Bahnanwendungen;
- spezifiziert keine Anforderungen für die Sicherstellung der Sicherheit im Sinne des Wachschutzes (Security);
- trifft keine Festlegungen hinsichtlich der Regeln oder Verfahren zur Zertifizierung von Bahnkomponenten, welche die Anforderungen dieser Norm betreffen;
- trifft keine Festlegung hinsichtlich des Genehmigungsvorgangs durch die für die Sicherheit zuständige Aufsichtsbehörde.

1.2 Diese Europäische Norm gilt:

- für die Spezifikation und den Nachweis von RAMS für alle Bahnanwendungen und für alle Systemebenen einer solchen Anwendung, für vollständige Bahnstrecken bis hin zu allen zu den Bahnstrecken gehörenden Großsystemen sowie für die einzelnen und kombinierten Subsysteme und Komponenten innerhalb dieser Großsysteme, einschließlich derjenigen, die Software beinhalten, besonders:
 - für neue Systeme;
 - für neue Systeme, die in existierende Systeme eingefügt werden, wobei diese Systeme schon vor der Erstellung dieser Norm in Betrieb waren (Erweiterungen), obwohl diese für andere Aspekte dieser Systeme nicht allgemein gilt;
 - für Änderungen an vorhandenen Systemen, die schon vor der Entstehung der Norm in Betrieb waren, obwohl diese für andere Aspekte dieser Systeme nicht allgemein gilt;
- für alle Phasen des Lebenszyklusses einer Anwendung;
- für eine Anwendung durch Bahnunternehmen und die Bahn-Zulieferindustrie.

ANMERKUNG: Die Anleitung für die Anwendbarkeit dieser Norm ist in den darin spezifizierten Anforderungen enthalten.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN ISO 9001	1994	Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design/Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung
EN ISO 9002	1994	Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Produktion, Montage und Wartung
EN ISO 9003	1994	Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung bei der Endprüfung
EN 50128 (*)		Bahnanwendungen – Software für Eisenbahnsteuerungs- und -Überwachungssysteme
ENV 50129	1998	Bahnanwendungen – Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik
IEC 60050(191)	1990	International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service
IEC 61508	Reihe	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

(*) in Vorbereitung

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen.

3.1 Aufteilung: Ein Verfahren, bei dem die RAMS-Elemente, die ein System bestimmen, auf die verschiedenen Komponenten, aus denen sich das System zusammensetzt, aufgeteilt werden, um individuelle Vorgaben für diese ermitteln zu können.

3.2 Bewertung: Der Vorgang einer Untersuchung mit dem Ziel, ein durch Beweise belegtes Urteil über die Eignung eines Produktes zu bilden.

3.3 Audit: Eine systematische und unabhängige Prüfung, ob in Abhängigkeit der an ein Produkt zu stellenden Anforderungen die angewandten Verfahren mit den geplanten Abläufen übereinstimmen, wirkungsvoll eingesetzt und geeignet sind, die festgelegten Ziele zu erreichen.

3.4 Verfügbarkeit: Die Fähigkeit eines Produkts, in einem Zustand zu sein, in dem es unter vorgegebenen Bedingungen zu einem vorgegebenen Zeitpunkt oder während einer vorgegebenen Zeitspanne eine geforderte Funktion erfüllen kann unter der Voraussetzung, daß die geforderten äußeren Hilfsmittel bereitstehen.

3.5 Inbetriebsetzung: Ein Sammelbegriff für alle Aktivitäten, die unternommen werden, um ein System oder Produkt so vorzubereiten, daß der Nachweis der Einhaltung der festgelegten Anforderungen durchgeführt werden kann.

3.6 Ausfall durch eine gemeinsame Ursache: Ein Ausfall als Folge eines Ereignisses/von Ereignissen, das/die ein Zusammentreffen von Fehlerzuständen von zwei oder mehreren Bauteilen bewirkt/bewirken, was dazu führt, daß ein System seine geforderte Funktion nicht mehr ausüben kann.

3.7 Erfüllung: Der Nachweis, daß ein Merkmal oder eine Eigenschaft eines Produkts die festgelegten Anforderungen erfüllt.

3.8 Konfigurationsmanagement: Ein Verfahren der technischen Steuerung und Überwachung zur Identifizierung und Dokumentation der funktionalen und physikalischen Merkmale einer Komponente einer Konfiguration, zur Überwachung von Veränderungen dieser Merkmale, zur Aufzeichnung und zur Offenlegung von Veränderungen der Prozesse und der Ausführungszustände sowie zur Überprüfung der Erfüllung der festgelegten Anforderungen.

3.9 korrektive Instandhaltung: Die nach der Erkennung eines Fehlzustandes ausgeführte Instandhaltung, um ein Produkt in einen Zustand zu versetzen, in dem es eine geforderte Funktion erfüllen kann.

3.10 bedingter/abhängiger Ausfall: Der Ausfall als Folge mehrerer Ereignisse, dessen Wahrscheinlichkeit nicht als das einfache Produkt der absoluten Wahrscheinlichkeiten der Einzelereignisse ausgedrückt werden kann.

3.11 Ausfallzeit: Die Zeitspanne, während der sich das Produkt in einem Unklarzustand befindet. [IEC 60050(191)]

3.12 Ausfallursache: Die Umstände, die bei der Konstruktion, bei der Herstellung oder im Einsatz zu einem Ausfall geführt haben. [IEC 60050(191)]

3.13 Ausfallart: Die vorhergesagten oder beobachteten Ergebnisse einer Ausfallursache an einem gegebenen Objekt in bezug auf die Einsatzbedingungen zum Zeitpunkt des Ausfalls.

3.14 Ausfallrate: Der Grenzwert, falls ein solcher existiert, der Verhältniszahl von der bedingten Wahrscheinlichkeit, daß der Zeitpunkt T des Ausfalls eines Produktes in ein gegebenes Zeitintervall $(t, t + \Delta t)$ fällt, und der Länge dieses Intervalls Δt , wenn Δt gegen 0 geht, vorausgesetzt, das Objekt ist zu Beginn des Zeitintervalls in einem einwandfreien Zustand.

3.15 Fehlerart: Einer der möglichen Zustände eines fehlerhaften Produkts für eine gegebene geforderte Funktion. [IEC 60050(191)]

3.16 Fehlerbaumanalyse: Ein analytisches Verfahren zur Feststellung, welche Fehlerarten des Produktes, des Teilproduktes oder äußere Ereignisse, oder von Kombinationen daraus, zu einer vereinbarten Fehlerart des Produktes führen können, wobei die Analyse in Form eines Fehlerbaums dargestellt wird.

3.17 Gefahr: Eine physikalische Situation, die potentiell einen Schaden für den Menschen beinhaltet.

3.18 Gefahrenprotokoll: Das Dokument, in dem alle mit der Sicherheit zusammenhängenden Maßnahmen, die ermittelten Gefahren, die getroffenen Entscheidungen und die gewählten Lösungen aufgezeichnet oder als Verweisung enthalten sind. Es wird auch als „Sicherheitsprotokoll“ bezeichnet. [ENV 50129]

3.19 Logistikhilfsmittel: Die Summe aller Hilfsmittel, die geplant und zur Verfügung gestellt werden, um den Betrieb und die Instandhaltung eines Systems unter Einhaltung der festgelegten Lebensdauerkosten sicherzustellen.

3.20 Instandhaltbarkeit: Die Wahrscheinlichkeit, daß für eine Komponente unter gegebenen Einsatzbedingungen eine bestimmte Instandhaltungsmaßnahme innerhalb einer festgelegten Zeitspanne ausgeführt werden kann, wenn die Instandhaltung unter festgelegten Bedingungen erfolgt und festgelegte Verfahren und Hilfsmittel eingesetzt werden. [IEC 60050(191)]

3.21 Instandhaltung: Die Kombination aller technischen und administrativen Tätigkeiten einschließlich Aufsichtsmaßnahmen, um ein Produkt in einem Zustand zu halten oder wieder in einen Zustand zu versetzen, in dem es eine geforderte Funktion erfüllen kann. [IEC 60050(191)]

3.22 Instandhaltungspolitik: Eine Beschreibung der Beziehung zwischen den Instandhaltungsstufen, den vertraglichen Festlegungen und den Instandhaltungsebenen, die für die Instandhaltung einer Komponente anzuwenden sind. [IEC 60050(191)]

3.23 Betriebsaufgabe: Eine objektive Beschreibung der grundsätzlichen Aufgabe, die von einem System zu erfüllen ist.

3.24 Profil der Betriebsaufgabe: Der Umfang des erwarteten Bereiches und der Veränderungen der Betriebsaufgaben mit Rücksicht auf die Parameter wie z. B. Zeit, Belastung, Geschwindigkeit, Weg, Haltestellen, Tunnel usw. in der Nutzungsphase des Lebenszyklusses.

3.25 präventive Instandhaltung: Die Instandhaltung in vorgegebenen Zeitabständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien, die zur Verringerung der Ausfallwahrscheinlichkeit oder der Verschlechterung der Funktion einer Einheit vorgesehen ist. [IEC 60050(191)]

3.26 Bahnunternehmen: Die Gesellschaft mit der Gesamtverantwortung für den Betrieb eines Bahnsystems gegenüber einer Aufsichtsbehörde.

ANMERKUNG: Die Verantwortung eines Bahnunternehmens für das Gesamtsystem oder seine Komponenten bzw. Lebensdauermaßnahmen ist manchmal aufgeteilt unter mehreren Unternehmen oder Einheiten, z. B.:

- den Eigentümern eines oder mehrerer Teile des Betriebsvermögens und ihrer Beschaffungsabteilungen;
- den Betreibern des Bahnsystems;
- der Instandhaltungsabteilung(en) eines oder mehrerer Teile des Bahnsystems;
- usw.

Die Grundlage solcher Aufteilungen sind entweder gesetzliche Regelungen oder vertragliche Vereinbarungen. Die Verantwortlichkeiten sollten deshalb zum frühestmöglichen Zeitpunkt eines System-Lebenszyklusses klar festgelegt werden.

3.27 Bahn-Zulieferindustrie: Ein Grundbegriff, der den (die) Lieferanten von kompletten Bahnsystemen, ihrer Subsysteme oder ihrer Bestandteile bezeichnet.

3.28 RAM-Programm: Eine dokumentierte Aufstellung von zeitlich festgelegten Aktivitäten, Hilfsmitteln und Ereignissen zur Einrichtung einer organisatorischen Struktur, von Verantwortlichkeiten, Verfahren, Tätigkeiten, Befähigungen und Ressourcen, durch die insgesamt sichergestellt wird, daß eine Einheit den gegebenen, für einen bestimmten Vertrag oder ein bestimmtes Projekt relevanten RAM-Anforderungen genügt. [IEC 60050(191)]

3.29 RAMS: Eine Abkürzung, die eine Kombination aus Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit bezeichnet.

3.30 Zuverlässigkeit: Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine Einheit ihre geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen für eine gegebene Zeitspanne (t_1, t_2) erfüllen kann. [IEC 60050(191)]

3.31 Zuverlässigkeitswachstum: Die fortschreitende Verbesserung des Zuverlässigkeitsmaßes einer Einheit über eine Zeitspanne. [IEC 60050(191)]

3.32 Reparatur: Der Teil der korrektiven Instandhaltung, bei der handwerkliche Handlungen an einer Einheit ausgeführt werden. [IEC 60050(191)]

3.33 Instandsetzung: Der Vorgang, wenn eine Einheit nach einem Fehler ihre geforderte Wiedereinsatzfähigkeit erlangt. [IEC 60050(191)]

3.34 Risiko: Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Gefahr, die einen Schaden verursacht, sowie der Schweregrad eines Schadens.

3.35 Sicherheit: Das Nichtvorhandensein eines unzulässigen Schadensrisikos.

3.36 Sicherheitsnachweis: Der dokumentierte Nachweis, daß das Produkt die spezifizierten Sicherheitsanforderungen erfüllt.

3.37 Safety Integrity: Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein System die festgelegten Sicherheitsanforderungen unter allen festgelegten Bedingungen innerhalb einer bestimmten Zeitspanne erfüllt.

3.38 Safety Integrity Level (SIL): Eine von einer festgelegten Anzahl diskreter Stufen für die Spezifizierung der ausreichenden Sicherheit von Sicherheitsfunktionen, die sicherheitsrelevanten Systemen zugeordnet sind. Der Safety Integrity Level mit der höchsten Ordnungsziffer hat den höchsten Level der ausreichenden Sicherheit.

3.39 Sicherheitsplan: Eine dokumentierte Zusammenstellung zeitlich festgelegter Maßnahmen, Hilfsmittel und Ereignisse, die der Einführung einer Organisationsstruktur, von Verantwortlichkeiten, Verfahren, Maßnahmen, Fähigkeiten und Hilfsmitteln dient. Insgesamt ist damit gewährleistet, daß ein Objekt die für einen gegebenen Vertrag oder ein Projekt vorgegebenen Sicherheitsanforderungen erfüllt.

3.40 Aufsichtsbehörde: Häufig eine von der Regierung eingesetzte Institution, die die Sicherheitsanforderungen für ein Bahnsystem festlegt oder vereinbart und sicherstellt, daß diese Anforderungen eingehalten werden.

3.41 Systemlebenszyklus: Die Aktivitäten während einer Zeitspanne, die mit der Konzipierung eines Systems beginnt und mit seiner Stilllegung, wenn das System nicht länger für den Gebrauch verfügbar ist, endet.

3.42 systematischer Ausfall: Ausfall infolge von Fehlern (auch Irrtümern) bei einer beliebigen sicherheitsrelevanten Aktivität während einer beliebigen Phase des Lebenszyklusses, die bewirken, daß diese bei einer bestimmten Kombination von Einwirkungen oder unter bestimmten besonderen Umweltbedingungen ausfällt.

3.43 vertretbares Risiko: Der maximale Grad an Risiko durch ein Produkt, der für ein Bahnunternehmen toleriert werden kann.

3.44 Validierung: Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, daß die besonderen Anforderungen für einen spezifischen, bestimmungsgemäßen Gebrauch erfüllt wurden.

3.45 Verifikation: Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, daß die festgelegten Anforderungen erfüllt wurden.

ANMERKUNG: Zur Klarstellung der Begriffe „Verifikation“ und „Validierung“ siehe auch [Bild 11](#) und [5.2.9](#).

4 RAMS für Bahnanlagen

4.1 Einleitung

4.1.1 Der Abschnitt 4 dieser Norm gibt grundlegende Informationen zum Thema RAMS und RAMS-Engineering. Der Zweck dieses Abschnittes ist es, den Leser mit ausreichenden Hintergrundinformationen zu versorgen, um eine effektive Anwendung dieser Norm für Bahnsysteme zu ermöglichen.

4.1.2 RAMS in Bahnanlagen trägt in erheblichem Maß zur Qualität der Betriebs- und Dienstleistungen eines Bahnunternehmens bei. RAMS für Bahnanlagen wird von verschiedenen Elementen mitbestimmt; der vorliegende Abschnitt dieser EN ist daher folgendermaßen gegliedert:

- a) [4.2](#) behandelt den Zusammenhang zwischen RAMS für Bahnanlagen und der Qualität der Dienstleistungen.
- b) [4.3 bis 4.8](#) behandeln Aspekte von RAMS für Bahnanlagen, insbesondere:
 - die Elemente von RAMS;
 - die Faktoren, die RAMS beeinflussen, und Mittel, um RAMS zu erreichen;
 - Risiken und Safety Integrity.

4.1.3 In diesem Abschnitt werden nach Möglichkeit international definierte Begriffe verwendet. Sind jedoch neue Begriffe erforderlich oder haben anerkannte Begriffe eine eigene bahnspezifische Bedeutung erlangt, so sind sie in [Abschnitt 3](#) dieser Norm definiert.

4.1.4 In dieser EN wird die Folge „System, Subsystem, Komponente“ bei der Gliederung der vollständigen Anwendungen in ihre Bestandteile verwendet. Die genaue Abgrenzung des jeweiligen Begriffs (System, Subsystem, Komponente) hängt von der entsprechenden Anwendung ab.

4.1.5 Ein System kann als Komposition von Subsystemen und Komponenten definiert werden, die zur Gewährleistung der geforderten Funktionalität in geregelter Form miteinander verbunden sind. Die Funktionalität wird den Subsystemen und Komponenten eines Systems zugeschrieben; Verhalten und Zustand des Systems ändern sich mit einer Änderung der Funktionalität eines Subsystems oder einer Komponente. Systeme reagieren im Zusammenwirken mit ihrer Umgebung durch festgelegte Ausgaben (Outputs) auf die erfolgten Eingaben (Inputs).

4.2 RAMS für Bahnanlagen und Qualität der Betriebs- und Dienstleistung

4.2.1 Dieser Abschnitt stellt den Zusammenhang zwischen RAMS und der Qualität der Betriebs- und Dienstleistungen für ein Unternehmen her.

4.2.2 Der Begriff RAMS ist eine Charakteristik für das Langzeitbetriebsverhalten eines Systems und wird durch die Anwendung anerkannter technischer Konzepte, Verfahren, Werkzeuge und Techniken während des gesamten Lebenszyklusses des Systems erreicht. RAMS für ein System läßt sich beschreiben als qualitative und quantitative Angabe des Grades, bis zu welchem man sich darauf verlassen kann, daß das System, das Subsystem oder die Komponenten, aus denen das System besteht, spezifikationsgemäß funktionieren und ebenso verfügbar und sicher sind. Unter RAMS wird im Rahmen dieser Norm eine Kombination aus Zuverlässigkeit (R), Verfügbarkeit (A), Instandhaltbarkeit (M) und Sicherheit (S) verstanden.

4.2.3 Ziel eines Bahnsystems ist die Bereitstellung einer bestimmten Stufe der Ausprägung des Schienenverkehrs, der fahrplangemäß und sicher ist. RAMS im Eisenbahnwesen beschreibt die Vertrauenswürdigkeit, mit der das System das Erreichen dieses Ziels garantieren kann. RAMS im Eisenbahnwesen hat einen offensichtlichen Einfluß auf die Qualität, mit der die Betriebs- und Dienstleistung für den Kunden erbracht wird. Die Qualität der Betriebs- und Dienstleistung wird noch durch weitere Merkmale im Zusammenhang mit der Funktions- und Leistungsfähigkeit beeinflusst, beispielsweise durch die Häufigkeit, mit der die Betriebs- und Dienstleistung erbracht wird, ihre Regelmäßigkeit und die Tarifstruktur. Der Zusammenhang ist in Bild 1 dargestellt.

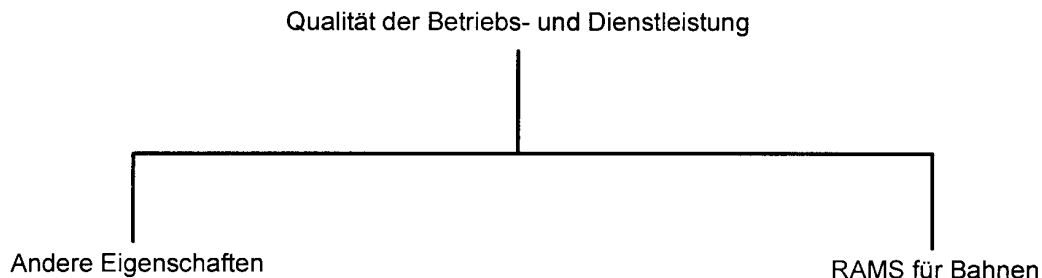


Bild 1: Qualität der Betriebs- und Dienstleistung und RAMS für Bahnen

4.3 RAMS-Elemente für Bahnen

4.3.1 Dieser Abschnitt behandelt die Wechselwirkung zwischen den RAMS-Elementen Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit im Rahmen von Bahnsystemen.

Sicherheit und Verfügbarkeit sind in dem Sinne miteinander verknüpft, daß ein Konflikt, gegeben durch eine Schwachstelle und/oder ein Mißmanagement zwischen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen, das Erreichen der Verlässlichkeit eines Systems verhindern kann. Die Verknüpfung der RAMS-Elemente Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit für Bahnen ist in Bild 2 gezeigt.

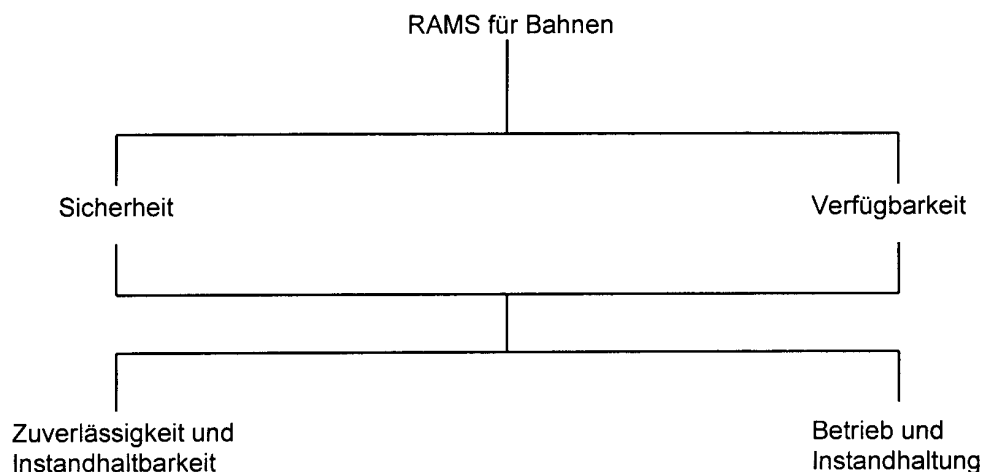


Bild 2: Zusammenhang der RAMS-Elemente für Bahnen

4.3.2 Die Ziele der Sicherheit und Verfügbarkeit im Dienst lassen sich nur dann verwirklichen, wenn die Zuverlässigkeits- und Instandhaltbarkeitsanforderungen ständig erfüllt werden und die laufenden langfristigen Instandhaltungsarbeiten sowie das betriebliche Umfeld überwacht werden.

4.3.3 Security (Sicherheit im Sinne des Wachschatzes) als Element, das die Resistenz eines Bahnsystems gegenüber Vandalismus und unvernünftigem menschlichen Verhalten kennzeichnet, kann als weitere Komponente von RAMS angesehen werden. Eine derartige Sicherheitsbetrachtung geht jedoch über den Rahmen dieser Norm hinaus.

4.3.4 Technische Konzepte für die Verfügbarkeit beruhen auf der Kenntnis der:

- a) Zuverlässigkeit basierend auf:
 - allen möglichen Systemausfallarten der spezifizierten Anwendung und Umgebung;
 - der Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ausfalls oder alternativ die Häufigkeit des Eintretens eines Ausfalls;
 - der Wirkung eines Ausfalls auf die Funktionalität des Systems.
- b) Instandhaltbarkeit basierend auf der:
 - Zeit für die Durchführung der geplanten Instandhaltung;
 - Zeit für die Suche, Erkennung und Ortung eines Fehlers;
 - Zeit für die Wiederherstellung der Funktionsbereitschaft des ausgefallenen Systems (ungeplante Instandhaltung).
- c) Betriebsführung und Instandhaltung basierend auf:
 - allen möglichen Betriebsarten und der geforderten Instandhaltung, betrachtet über den gesamten Lebenszyklus des Systems;
 - den Einflüssen durch den Menschen (Human factors).

4.3.5 Technische Konzepte für die Sicherheit beruhen auf der Kenntnis:

- a) aller möglichen Gefahrenzustände im System, bei allen Betriebsarten, Instandhaltungs- und Umgebungszuständen;
- b) der Merkmale eines jeden Gefahrenzustandes ausgedrückt durch die Schwere ihrer Konsequenzen (Schadensfolge);
- c) der Sicherheit und sicherheitsrelevanten Ausfälle basierend auf:
 - allen Systemausfallarten, die zu einem Gefahrenzustand führen könnten (sicherheitsrelevante Ausfallarten). Es ist dies eine Teilmenge aller Ausfälle bezogen auf die Zuverlässigkeit (siehe 4.3.5a);
 - der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer sicherheitsrelevanten Ausfallart;
 - der Folge und/oder Gleichzeitigkeit von Ereignissen, Ausfällen, Betriebszuständen, Umweltbedingungen usw. der Anwendung, die zu einem Unfall führen können (z. B. ein Gefahrenzustand, der zu einem Unfall führt);
 - der Wahrscheinlichkeit, mit der jedes dieser Ereignisse, Ausfälle, Betriebszustände, Umweltbedingungen usw. der Anwendung auftritt.
- d) der Instandhaltbarkeit von sicherheitsrelevanten Teilen des Systems basierend auf:
 - der Leichtigkeit, mit der die Instandhaltung durchgeführt werden kann im Hinblick auf Teile des Systems oder seiner Komponenten, die mit einem Gefahrenzustand oder einer sicherheitsrelevanten Ausfallart in Zusammenhang stehen;
 - der Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen während der Instandhaltung an diesen sicherheitsrelevanten Teilen des Systems;
 - der Zeit, die zur Wiederherstellung des sicheren Zustandes benötigt wird.
- e) der Betriebsführung eines Systems und Instandhaltung von sicherheitsrelevanten Teilen des Systems basierend auf:
 - dem Einfluß menschlicher Faktoren auf eine wirksame Instandhaltung an allen sicherheitsrelevanten Teilen des Systems und für den sicheren Betrieb des Systems;
 - den Werkzeugen, Einrichtungen und Verfahren für eine wirksame Instandhaltung an den sicherheitsrelevanten Teilen des Systems und für den sicheren Betrieb;
 - wirksamen Kontrollen und Maßnahmen für den Umgang mit Gefahrenzuständen und die Verminderung ihrer Konsequenzen.

4.3.6 Ausfälle in einem System, das im Rahmen der Anwendung und Umgebungsbedingungen betrieben wird, werden Auswirkungen auf das Verhalten des Systems haben. Alle Ausfälle wirken sich nachteilig auf die Zuverlässigkeit des Systems aus, wohingegen nur einige spezifische Ausfälle einen negativen Effekt auf die Sicherheit innerhalb der betreffenden Anwendung haben werden. Die Umgebung kann ebenso die Funktionsfähigkeit des Systems wie auch die Sicherheit der Bahnanwendung beeinflussen. Diese Verknüpfungen sind in [Bild 3](#) dargestellt.

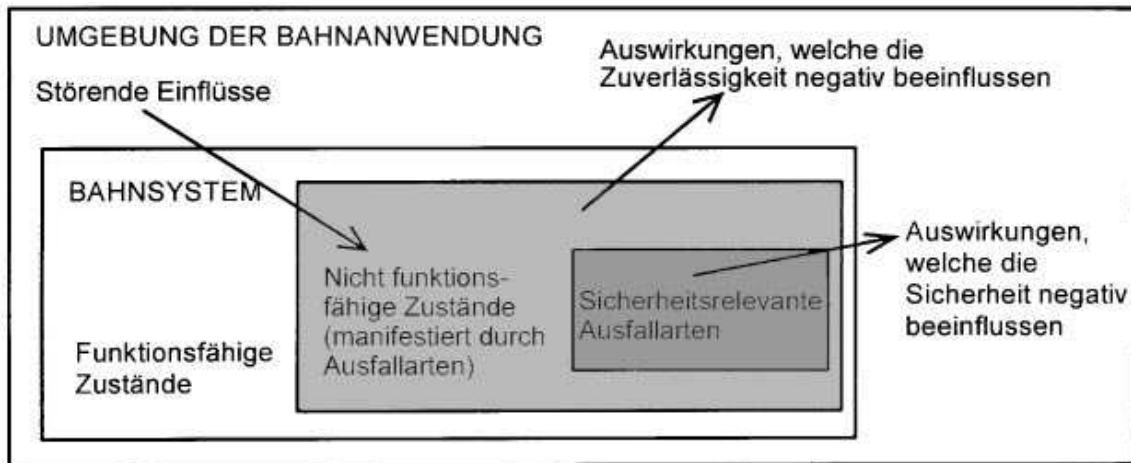


Bild 3: Auswirkungen von Ausfällen innerhalb eines System

4.3.7 Ein verlässliches Bahnsystem kann nur realisiert werden durch Betrachtung des Zusammenwirkens der RAMS-Elemente innerhalb des Systems und durch Spezifikation und Umsetzung der optimalen Kombination der RAMS-Elemente für das System.

4.4 RAMS beeinflussende Faktoren für Bahnen

4.4.1 Allgemeines

4.4.1.1 Dieser Abschnitt behandelt und definiert einen Prozeß für die Ermittlung von Faktoren, welche die RAMS-Eigenschaften von Bahnsystemen beeinflussen. Besondere Beachtung gilt den menschlichen Einflußgrößen. Diese Faktoren sowie ihre Auswirkungen gehen in die Spezifikation der RAMS-Systemanforderungen ein.

4.4.1.2 Die RAMS-Eigenschaften eines Bahnsystems werden auf dreierlei Art beeinflusst, und zwar durch Fehlerquellen und Ausfälle, die sich innerhalb des Systems in jeder beliebigen Phase der Systemlebensdauer bemerkbar machen (Systembedingungen); durch Störeinflüsse, denen das System während des Betriebes ausgesetzt ist (Betriebsbedingungen); durch Fehlerquellen, denen das System während der Instandhaltungsarbeiten ausgesetzt ist (Instandhaltungsbedingungen). Diese Fehlerquellen, Ausfälle und Störeinflüsse können auch in Wechselwirkung zueinander stehen. Diese Beziehungen sind in Bild 4 und detaillierter in Bild 5 gezeigt.

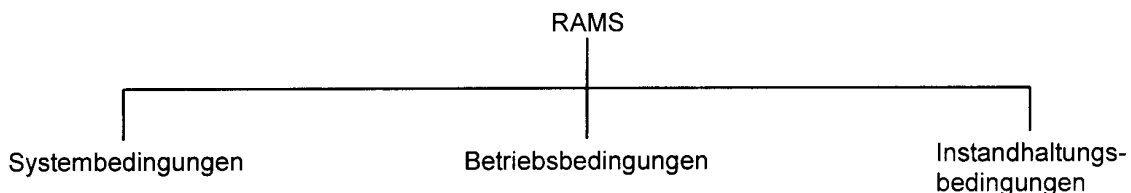


Bild 4: RAMS beeinflussende Faktoren

4.4.1.3 Um verlässliche Systeme zu realisieren, müssen die Faktoren, die die RAMS-Eigenschaften des Systems beeinflussen, identifiziert werden, ihre Wirkung bewertet und die Ursache dieser Auswirkungen während der gesamten Lebensdauer des Systems auf geeignete Weise unter Kontrolle gehalten werden, um die Leistungsfähigkeit des Systems zu optimieren.

4.4.2 Kategorien der Faktoren

4.4.2.1 Dieser Abschnitt gibt genauere Angaben für die Festlegung jener Faktoren, die das erfolgreiche Erstellen eines Systems ermöglichen, welches den spezifizierten RAMS-Anforderungen entspricht.

4.4.2.2 Auf übergeordneter Systemebene sind die RAMS beeinflussenden Faktoren generischer Art und treffen für alle individuellen Anwendungen zu. Bild 5 beinhaltet einige generische Faktoren, welche RAMS für Verkehrssysteme beeinflussen. Dieses Bild zeigt auch die Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren. Will man die Beeinflussungsfaktoren der RAMS-Eigenschaften im Detail aufzeigen, so sind alle grundsätzlichen Beeinflussungsfaktoren im Rahmen des spezifischen Systems zu betrachten.

4.4.2.3 Eine Analyse von menschlichen Einflußfaktoren im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die RAMS-Eigenschaften eines Systems ist Bestandteil des „Systems Approach“, der von dieser Norm gefordert wird.

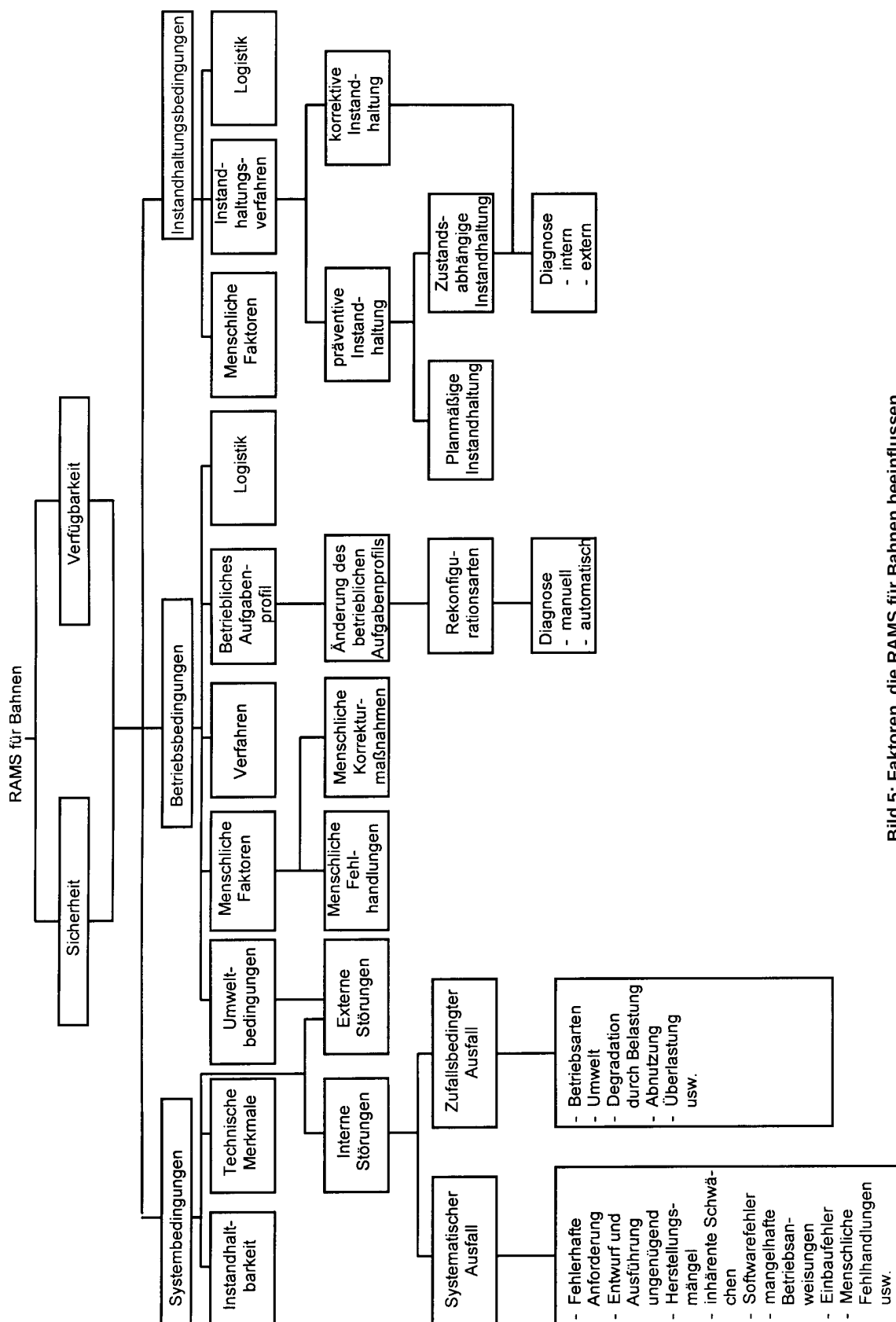


Bild 5: Faktoren, die RAMS für Bahnen beeinflussen

4.4.2.4 Menschliche Faktoren können als Auswirkung menschlicher Eigenschaften, Erwartungen sowie menschlichen Verhaltens auf ein System definiert werden. Diese Faktoren beinhalten anatomische, physiologische sowie psychologische menschliche Gesichtspunkte. Konzepte für menschliche Faktoren werden verwendet, um Menschen zu befähigen, Arbeiten tauglich und wirksam unter angemessener Berücksichtigung menschlicher Belange in Bereichen wie Gesundheit, Sicherheit und Zufriedenheit am Arbeitsplatz auszuführen.

4.4.2.5 Bahnanwendungen betreffen typischerweise einen großen Bereich von Personengruppen, von Fahrgästen, Betriebspersonal, mit der Systemimplementierung befaßten Personen bis hin zu anderen vom Bahnbetrieb betroffenen Personen, beispielsweise Autofahrern an Bahnübergängen. Jeder kann unterschiedlich auf Situationen reagieren. Der Mensch hat also potentiell einen großen Einfluß auf die RAMS-Eigenschaften eines Bahnsystems. Im Eisenbahnwesen erfordert die Verwirklichung der RAMS-Eigenschaften daher während des gesamten Lebenszyklusses des Systems eine strengere Kontrolle der menschlichen Faktoren als dies bei zahlreichen anderen industriellen Anwendungen der Fall ist.

4.4.2.6 Es sollte davon ausgegangen werden, daß der Mensch über die Fähigkeit verfügt, positiv zu RAMS eines Eisenbahnsystems beizutragen. Zur Verwirklichung dieses Ziels muß die Art und Weise, in der der menschliche Faktor die RAMS-Eigenschaften von Bahnen beeinflussen kann, aufgezeigt werden, ebenso wie die Ursachen dieser Einflüsse während des gesamten Lebenszyklusses zu berücksichtigen sind. Diese Analyse sollte den potentiellen Einfluß menschlicher Faktoren auf RAMS für Bahnen in der Planungs- und Entwicklungsphase des Systems beinhalten.

4.4.2.7 Die Notwendigkeit, menschliche Faktoren im Lebenszyklus zu berücksichtigen, ist von generischer Bedeutung, während der genaue Einfluß menschlicher Faktoren auf RAMS spezifisch für die jeweils betrachtete Anwendung ist.

4.4.2.8 Generische Faktoren, einschließlich der in [Bild 5](#) gezeigten, sollten im Zusammenhang mit dem zu betrachtenden Bahnsystem untersucht werden. Das Bahnunternehmen darf keine unzutreffenden Faktoren in seiner Ausschreibung spezifizieren. Alle zutreffenden generischen Faktoren müssen festgelegt und detailliert beschrieben sein, Beeinflussungsfaktoren für den besonderen Anwendungsfall müssen systematisch abgeleitet sein. Der Einfluß menschlicher Faktoren, eine Kernaussage eines umfassenden RAMS-Managements, muß innerhalb dieser Festlegungen angesprochen werden.

4.4.2.9 Die Ableitung detaillierter Beeinflussungsfaktoren muß durch Anwendung von den zwei Checklisten unterstützt werden, welche die bahnspezifischen Faktoren (siehe 4.4.2.10) und die menschlichen Faktoren (siehe 4.4.2.11) beinhalten. Als alternative Darstellung kann auch [Bild 5](#) dienen.

4.4.2.10 Die Ableitung detaillierter bahnspezifischer Einflußfaktoren sollte wenigstens eine Betrachtung der nachfolgend aufgeführten bahnspezifischen Faktoren beinhalten. Es sei darauf hingewiesen, daß die folgende Checkliste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt und dem Anwendungsbereich und dem Zweck der jeweiligen Anwendung angepaßt werden sollte.

- a) Systembetrieb:
 - Aufgaben, die das System zu erfüllen hat, sowie die Randbedingungen, unter denen diese Aufgaben zu erfüllen sind;
 - Koexistenz von Fahrgästen, Gütern, Personal und Systemen innerhalb des betrieblichen Umfeldes;
 - Anforderungen an die Systemlebensdauer, einschließlich der Lebenserwartung des Systems, der Intensität der Dienstleistung und der Anforderungen bezüglich der Lebenszykluskosten.
- b) Umgebung:
 - physikalisches Umfeld;
 - hoher Einbindungsgrad von Bahnsystemen in die Umgebung;
 - begrenzte Möglichkeiten der Erprobung vollständiger Systeme in der Bahnumgebung.
- c) Einsatzbedingungen:
 - Zwänge, denen neue Systeme aufgrund der bestehenden Infrastruktur und der bestehenden Systeme unterliegen;
 - Notwendigkeit, den Eisenbahnbetrieb während zu definierender Lebenszyklusaufgaben aufrechtzuerhalten.
- d) Betriebsbedingungen:
 - Bedingungen bezüglich der Streckeneinrichtungen;
 - Voraussetzungen bezüglich der Streckeninstandhaltung;
 - Integration bestehender und neuer Systeme bei der Inbetriebnahme und im Betrieb.
- e) Ausfallkategorien:
 - Auswirkungen von Ausfällen auf das Schienenverkehrsnetz.

4.4.2.11 Die Ableitung detaillierter menschlicher Beeinflussungsfaktoren sollte wenigstens eine Betrachtung der nachfolgend aufgeführten menschlichen Faktoren beinhalten. Es sei darauf hingewiesen, daß die folgende Checkliste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt und dem Anwendungsbereich und dem Zweck der jeweiligen Anwendung angepaßt werden sollte.

- a) Zuweisung von Systemfunktionen auf Mensch und Maschine.

- b) Auswirkungen nachstehender Punkte auf die Leistungsfähigkeit des Menschen im System:
- Schnittstelle zwischen dem Menschen und dem System (nicht MMS);
 - Umgebung, einschließlich der physikalischen Umgebung und der Ergonomieanforderungen;
 - Verhaltensmuster des Menschen;
 - Fähigkeiten des Menschen;
 - Ausgestaltung der vom Menschen zu leistenden Aufgaben;
 - menschliche Zusammenarbeit;
 - menschlicher Feedback-Prozeß;
 - Struktur der Bahnorganisation;
 - Eisenbahnkultur;
 - Eisenbahnfachbegriffe;
 - Probleme, die sich aus der Einführung neuer Technologien ergeben.
- c) Sich aus nachstehenden Punkten ergebende Anforderungen an das System:
- Fähigkeiten des Menschen;
 - Motivation des Menschen und Unterstützung seiner Ziele;
 - Minderung der Auswirkungen menschlicher Verhaltensänderungen;
 - betriebliche Schutzmaßnahmen;
 - Reaktionszeit und -raum des Menschen.
- d) Anforderungen an das System, die sich aus den Möglichkeiten der Informationsverarbeitung durch den Menschen ergeben, einschließlich:
- Mensch-Maschine-Verbindungen;
 - Informationsübertragungsdichte;
 - Informationsübertragungsrage;
 - Qualität der Information;
 - Reaktion des Menschen auf abnormale Situationen;
 - Schulung des Menschen;
 - Förderung des Entscheidungsfindungsprozesses des Menschen;
 - weitere Faktoren, die zur Belastung des Menschen beitragen.
- e) Auswirkungen von Faktoren der Mensch-System-Schnittstelle auf das System, einschließlich:
- Beschaffenheit und Funktionsweise der Mensch-System-Schnittstelle;
 - Auswirkungen menschlichen Versagens;
 - Auswirkungen eines bewußten Verstoßes gegen die Vorschriften durch den Menschen;
 - Beteiligung des Menschen am und Eingriff des Menschen ins System;
 - Systemüberwachung und Überspielen des Systems durch den Menschen;
 - Risikoeinschätzung durch den Menschen;
 - Beteiligung des Menschen in kritischen Systembereichen;
 - Fähigkeit des Menschen, Probleme des Systems vorauszusehen und damit umzugehen.
- f) Menschliche Faktoren bei der Systemplanung und -entwicklung, einschließlich:
- Fähigkeiten des Menschen;
 - Unabhängigkeit des Menschen in der Planungsphase;
 - Beteiligung des Menschen an Verifikation und Validierung;
 - Schnittstelle zwischen Mensch und automatisierten Werkzeugen;
 - Verfahren zur systematischen Verhinderung von Ausfällen.

4.4.2.12 Es wird empfohlen, bei der Ableitung von detaillierten Faktoren auf Diagramme zurückzugreifen, z. B. auf Ursache/Wirkung-Diagramme. Ein Beispiel eines stark vereinfachten Ursache/Wirkung-Diagramms ist in Bild 6 dargestellt.

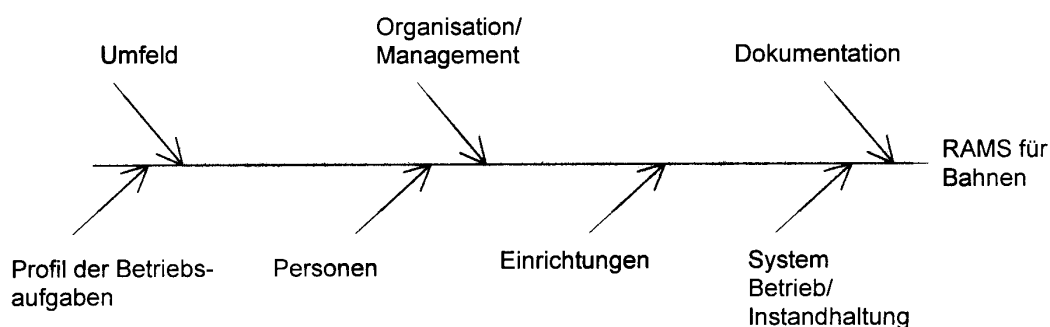


Bild 6: Beispiel eines Ursache/Wirkung-Diagramms

4.4.3 Management der Faktoren

Die potentiellen Auswirkungen aller Einflußfaktoren auf RAMS des Bahnsystems müssen in einer für das betrachtete Bahnsystem angemessenen Tiefe untersucht werden. Diese Beurteilung muß eine Betrachtung der Auswirkung aller Faktoren in jeder Phase des Lebenszyklusses umfassen und muß auf einem für das jeweilige System geeigneten Niveau erfolgen. Die Beurteilung muß sich außerdem auf die Wechselwirkung mit damit verbundenen Beeinflussungsfaktoren erstrecken. Im Hinblick auf die menschlichen Faktoren muß die Beurteilung auch die Auswirkung eines jeden Faktors auf die jeweils anderen betrachtet werden.

4.5 Maßnahmen zur Erfüllung der RAMS-Anforderungen für Bahnen

4.5.1 Grundsätzliches

4.5.1.1 Die Maßnahmen zur Erfüllung der RAMS-Anforderungen für Bahnen beziehen sich auf die Beherrschung der Faktoren, die RAMS während der gesamten Lebensdauer des Systems beeinflussen. Die Beherrschung der Faktoren erfordert die Einrichtung von Mechanismen und Verfahren zur Vermeidung potentieller Fehlerquellen, die während der Realisierung und des Aufbaus des Systems eingebracht werden können. Derartige Schutzmaßnahmen müssen sowohl Zufalls- als auch systematische Fehler berücksichtigen.

4.5.1.2 Die Maßnahmen, die zur Erfüllung der RAMS-Anforderungen eingesetzt werden, beruhen auf dem Konzept, Vorsichtsmaßregeln zu treffen, um die Möglichkeit einer Beeinträchtigung als Folge eines Fehlers in der Realisierungsphase möglichst gering zu halten. Unter Vorsichtsmaßregeln versteht man die Verbindung von:

- a) Vorbeugemaßnahmen: zur Minderung der Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung;
- b) Schutzmaßnahmen: zur Minderung des Ausmaßes der Folgen dieser Beeinträchtigung.

4.5.1.3 Diese Vorgehensweise zur Verwirklichung der RAMS-Anforderungen des Systems, einschließlich der Verwendung von Vorbeuge- und/oder Schutzmaßnahmen, muß nachgewiesen werden.

4.5.2 RAMS-Spezifikation

4.5.2.1 Die Spezifikation der RAMS-Anforderungen ist ein vielschichtiger Vorgang. [Anhang A](#) dieser Norm gibt ein Musterbeispiel eines RAMS-Lastenheftes, das auf dem Prozeß basiert, der in diesem Dokument beschrieben ist. [Anhang B](#) dieser Norm gibt anhand eines Musterbeispiels ein Verfahren zur Definition eines RAMS-Programms vor, das die Anforderungen dieser Norm zur Grundlage hat. Die beiden informativen Anhänge sind als Leitfaden gedacht und wurden am Beispiel von Bahnfahrzeugen erarbeitet.

Der [Anhang B](#) enthält auch eine Liste geeigneter Werkzeuge (Tools) für RAMS-Analysen. Die Auswahl eines passenden Werkzeugs wird jedoch vom zu betrachtenden System abhängen sowie von Faktoren wie dem Grad der Kritikalität, der Innovation, der Komplexität usw. des Systems.

4.5.2.2 Tabelle 1 definiert RAM-Ausfallkategorien, die für Bahnanwendungen geeignet sind.

Tabelle 1: RAM-Ausfallkategorien

Ausfallkategorie	Definition
Signifikant (Ausfall verursacht Betriebsstillstand)	Ein Ausfall, der: – eine Zugfahrt verhindert oder eine Verspätung verursacht, die größer ist als eine festgelegte Zeit und/oder Kosten verursacht, die einen festgelegten Betrag übersteigen.
Kritisch (Betriebsrelevanter Ausfall)	Ein Ausfall, der: – behoben werden muß, damit das System seine vorgesehene Leistung erbringen kann, und – keine Verspätung oder Kosten verursacht, die einen für den bedeutenden Ausfall festgelegten Grenzwert nicht übersteigen.
Unkritisch	Ein Ausfall, der: – ein System nicht an der Erbringung der vorgesehenen Leistung hindert, und – nicht die Kriterien für den bedeutenden und den wichtigen Ausfall erfüllt.

4.5.2.3 Geeignete Parameter zur Beschreibung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, logistische Unterstützung und Sicherheitsanforderungen eines Bahnsystems sind im [Anhang C](#) (informativ) angegeben. Spezifische Parameter hängen vom jeweils betrachteten System ab. Alle verwendeten RAMS-Parameter sollten zwischen dem Bahnunternehmen und der Bahn-Zulieferindustrie vereinbart werden. Wenn Parameter mit anderslautenden Größenangaben ausgedrückt werden, sollten Umrechnungsfaktoren angegeben werden.

4.6 Risiko

4.6.1 Risikokonzept

Das Risikokonzept ist die Kombination von zwei Elementen:

- die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis oder die Kombination von Ereignissen eintritt, die zu einem Gefahrenfall führen bzw. die Häufigkeit solcher Ereignisse;
- die Folgen/Konsequenzen eines Gefahrenfalls.

4.6.2 Risikoanalyse

4.6.2.1 Eine Risikoanalyse muß in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklusses des Systems durch die in dieser Phase verantwortlichen Stellen durchgeführt und dokumentiert werden. Die Dokumentation muß mindestens enthalten:

- a) das Verfahren der Analyse;
- b) die Annahmen, Grenzen und Rechtfertigung des Verfahrens;
- c) die Ergebnisse der Identifikation von Gefahren;
- d) das Ergebnis der Risikoabschätzung und deren Vertrauenswürdigkeit;
- e) die Ergebnisse von Vergleichsstudien;
- f) Daten und ihre Quellen sowie deren Vertrauenswürdigkeit;
- g) Referenzen.

4.6.2.2 Tabelle 2 enthält, in Form von qualitativen Begriffen, typische Kategorien der Wahrscheinlichkeiten oder Häufigkeiten von Gefahrenfällen und eine Beschreibung dieser Kategorien für ein Bahnsystem. Die Kategorien, ihre Anzahl und die numerische Reihenfolge, die anzuwenden ist, muß vom Bahnunternehmen festgelegt werden, passend zur jeweiligen Anwendung.

Tabelle 2: Häufigkeit von Gefahrenfällen

Kategorie	Definition
häufig	Wird häufig auftreten. Die Gefahr ist ständig gegenwärtig.
wahrscheinlich	Wird mehrmals auftreten. Es ist zu erwarten, daß die Gefahr oft eintritt.
gelegentlich	Kann mehrmals auftreten. Es ist zu erwarten, daß die Gefahr mehrmals eintritt.
selten	Kann manchmal während des Lebenszyklusses auftreten. Es ist sinnvoll, mit dem Eintreten der Gefahr zu rechnen.
unwahrscheinlich	Das Auftreten ist unwahrscheinlich, aber möglich. Es darf angenommen werden, daß diese Gefahr nur in Ausnahmefällen eintritt.
unvorstellbar	Das Auftreten ist extrem unwahrscheinlich. Es darf angenommen werden, daß diese Gefahr nicht eintritt.

4.6.2.3 Die Konsequenzen-Analyse muß eingesetzt werden, um die möglichen Auswirkungen abschätzen zu können. Tabelle 3 beschreibt typische Gefahrenstufen und die zugehörigen Konsequenzen für jede Gefahrenstufe für alle Bahnsysteme. Die Anzahl der Gefahrenstufen und die Konsequenzen für jede der anzuwendenden Stufen muß durch das Bahnunternehmen, passend zur jeweiligen Anwendung, festgelegt werden.

Tabelle 3: Gefahrenstufen

Gefahrenstufe	Konsequenzen für Personen oder Umwelt	Konsequenzen für die Betriebs- und Dienstleistung
katastrophal	Unfalltote und/oder zahlreiche Schwerverletzte und/oder schwere Umweltschäden	
kritisch	einzelner Unfalltoter und/oder Schwerverletzter und/oder nennenswerte Umweltschäden	Verlust eines wichtigen Systems
marginal	kleinere Verletzung und/oder nennenswerte Bedrohung der Umwelt	schwere Beschädigung des/der Systems/e
unbedeutend	mögliche, geringfügige Verletzung	geringfügige Beschädigung des Systems