

## Was ist RAMS ?

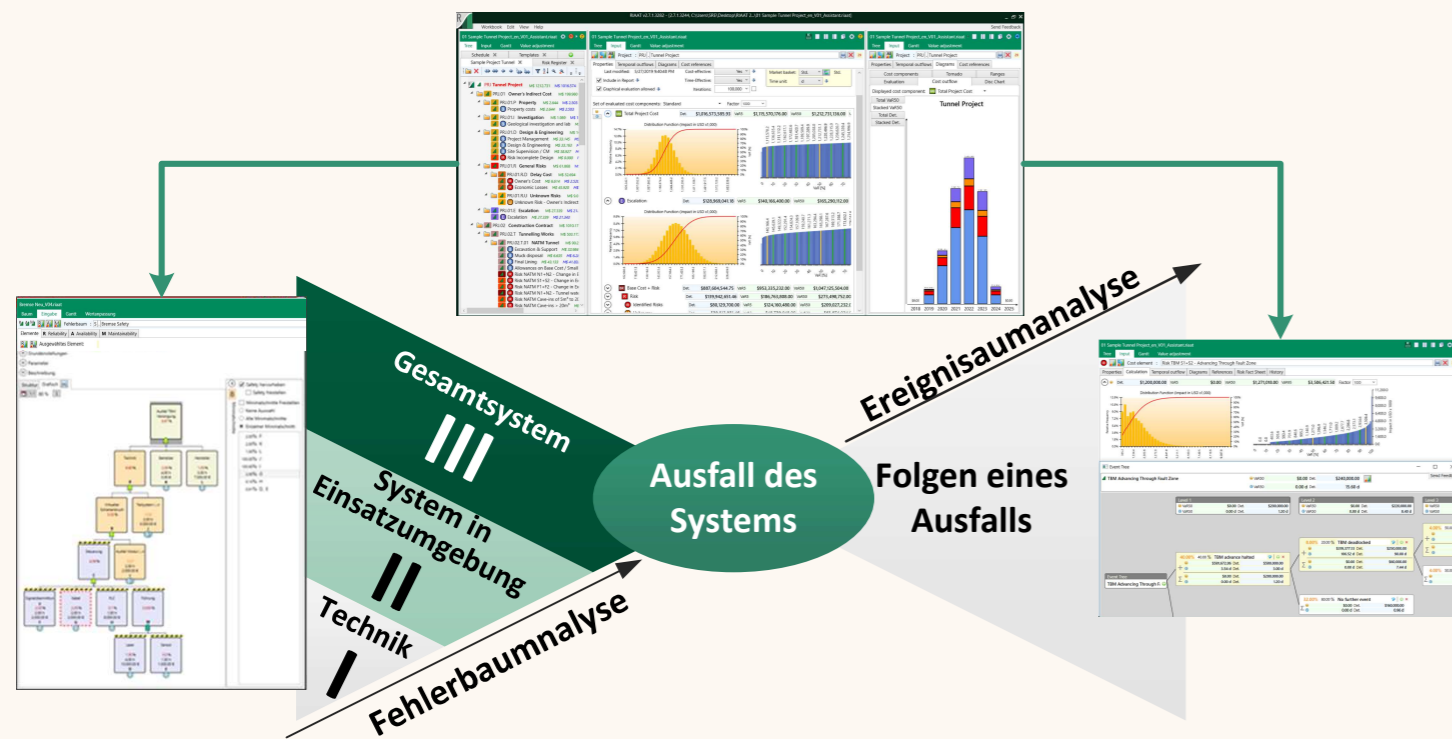
**RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)** ist ein Prozess, mit welchem Fehler schon in der Planungsphase von Projekten verhindert werden sollen. Das RAMS Management stellt sicher, dass Systeme definiert, Risikoanalysen durchgeführt, Gefährdungen ermittelt und detaillierte Prüfungen sowie Sicherheitsnachweise erstellt werden. Ein Ziel ist die Nachweiserbringung zur Erlangung der Betriebsbewilligung.

Die **Fehlerbaumanalyse** ist das Herzstück von RAMS und dient zur Abbildung des Funktionssystems und zur Quantifizierung der maßgebenden Größen für die Bewertung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und der Sicherheit des Systems. Hierfür werden alle Komponenten eines Systems bewertet und systematisch auf ihr Wirken im Gesamtsystem analysiert.

**RIAAT ermöglicht eine umfassende Systemanalyse:**

- Evaluierung der Systemzuverlässigkeit: **Reliability, Availability and Maintainability (RAM)**.
- Prüfung des Systems, ob alle Sicherheitsanforderungen (**Safety**) erfüllt werden (**RAMS**).
- Modellierung komplexer Szenarien führt zu einem besseren Verstehen der Zusammenhänge, Ursachen und Auswirkungen (Schadensbilder).
- Starke Visualisierung zur Erstellung von transparenten System-Modellen.
- Evaluierung von kritischen Ausfallkombinationen (Minimalschnitte).
- Darstellung des Optimierungspotenzials durch umfassende Auswertungsmöglichkeiten.
- Unterstützung probabilistischer Methoden zur Abbildung von Unsicherheiten.
- Intuitive Bedienung der Software.
- Berücksichtigung relevanter Normen und Richtlinien.

## RAMS Prozess



### Phase I: Technik

Ermittlung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit eines Systems in einer geschlossenen Umgebung (Reinraum) unter Berücksichtigung von Common Cause Faktoren innerhalb des zu analysierenden Systems.

### Phase II: System in Einsatzumgebung

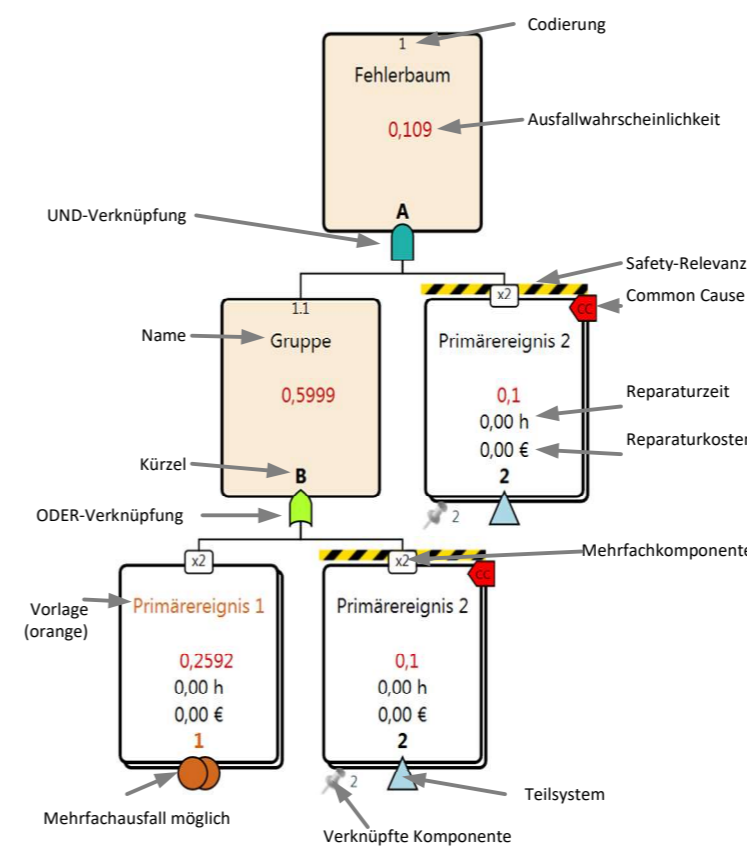
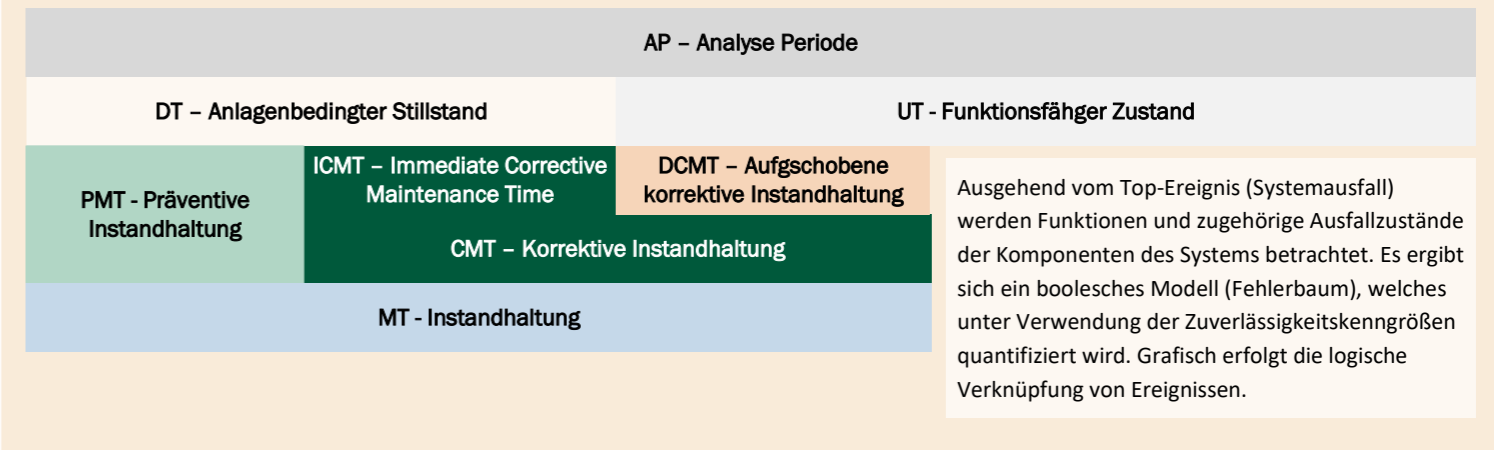
Ermittlung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit eines Systems in der voraussichtlichen Einsatzumgebung unter Berücksichtigung externer Einflüsse und Common Cause Faktoren mit Ursprung außerhalb des Systems.

### Phase III: Gesamtsystem

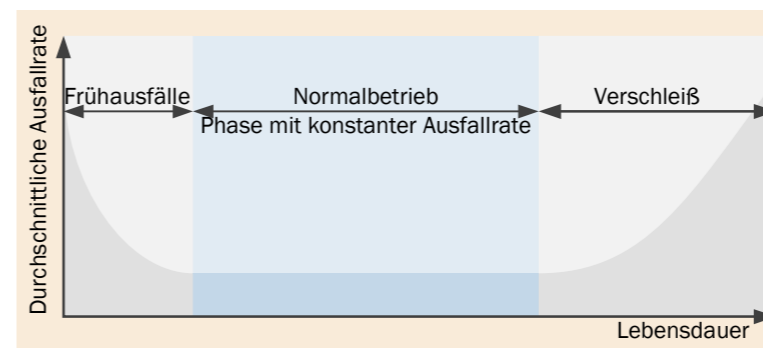
Ermittlung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit eines Systems im Zusammenspiel mit übergeordneten und parallel laufenden Systemen.

## Begriffe

1/3



- ODER-Gatter:** Das übergeordnete Ereignis tritt ein, wenn mindestens eines der untergeordneten Ereignisse eingetreten ist.
- UND-Gatter:** Das übergeordnete Ereignis tritt ein, wenn alle untergeordneten Ereignisse eingetreten sind.
- K-Gatter:** Das übergeordnete Ereignis tritt ein, wenn mindestens **K** untergeordnete Ereignisse eingetreten sind.
- Einzelausfall einer Komponente:** Modellierung maximal eines Ausfalls innerhalb der gewählten Analyseperiode.
- Mehrfachausfall einer Komponente:** Modellierung mehrerer möglicher Ausfälle innerhalb der gewählten Analyseperiode (LCA).
- Safety-Relevanz:** Komponenten mit dieser Markierung werden auch in einem separaten Fehlerbaum für Safety übernommen.
- Vorlage:** Reduziert den Bearbeitungsaufwand bei Verwendung mehrerer gleichartiger Komponenten.
- Teilsystem:** Platzhalter für ein (noch) nicht weiter detailliertes, untergeordnetes System.
- Verknüpfte Komponente:** Ein und dasselbe Element wurde an mehreren Stellen im Baum eingefügt.
- Mehrfachkomponente:** Kompakte Darstellung für mehrfach vorhandene Komponenten.
- Common Cause:** Fehler als Folge gemeinsamer Ursache.

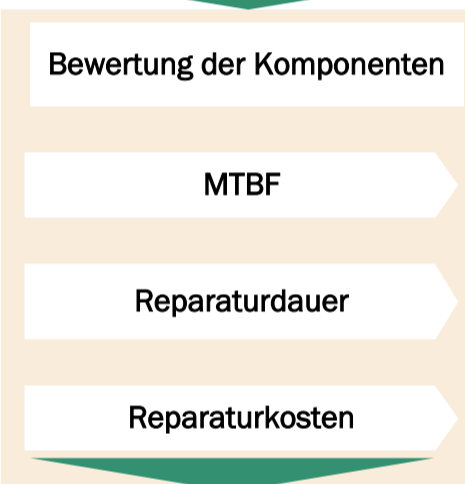
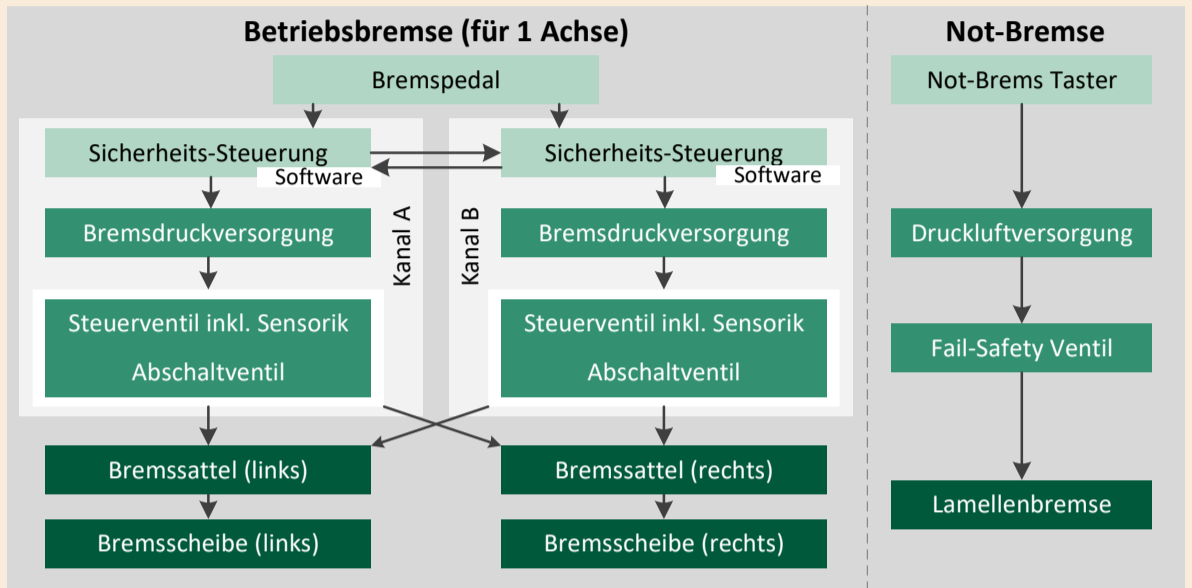
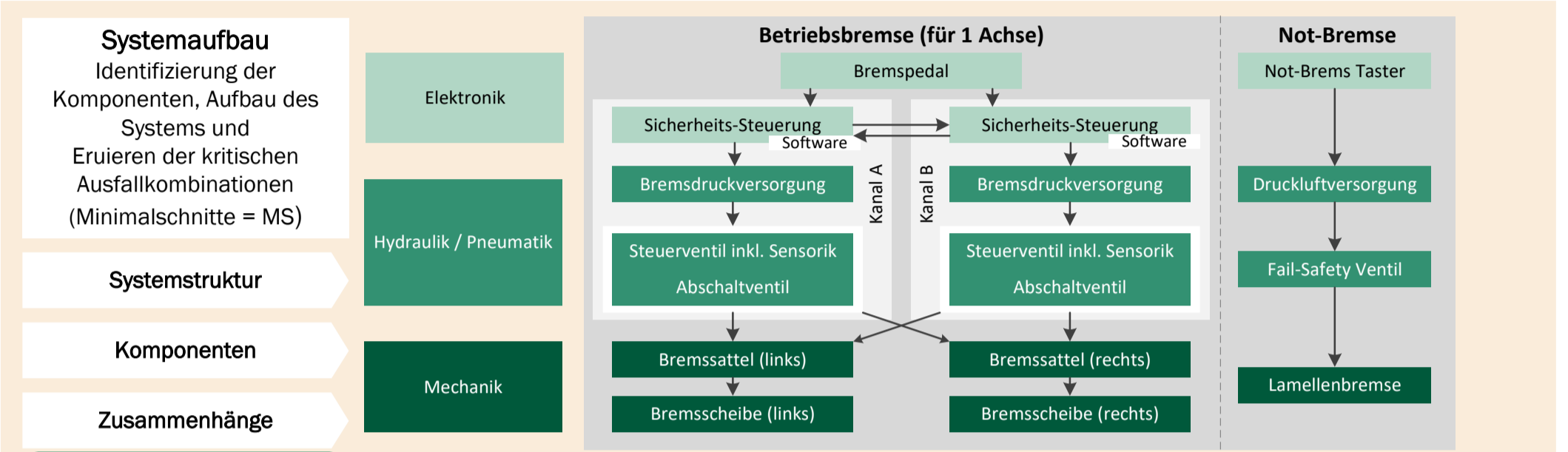


**MTBF (Mean Time Between Failure)**  
Die MTBF ist ein Maß für die Zuverlässigkeit einer Komponente und stellt den Kehrwert der Ausfallrate dar. Dabei wird vorausgesetzt, dass Komponenten nur in einer Phase mit konstanter Ausfallrate eingesetzt werden, Ausfälle bedingt durch Materialfehler, Verschleiß- und Ermüdungserscheinungen also durch Qualitätskontrollen und Wartung ausgeschlossen werden können.

## Beispiel: Fehlerbaumanalyse Bremssystem als Bestandteil eines TBM-Versorgungszugs

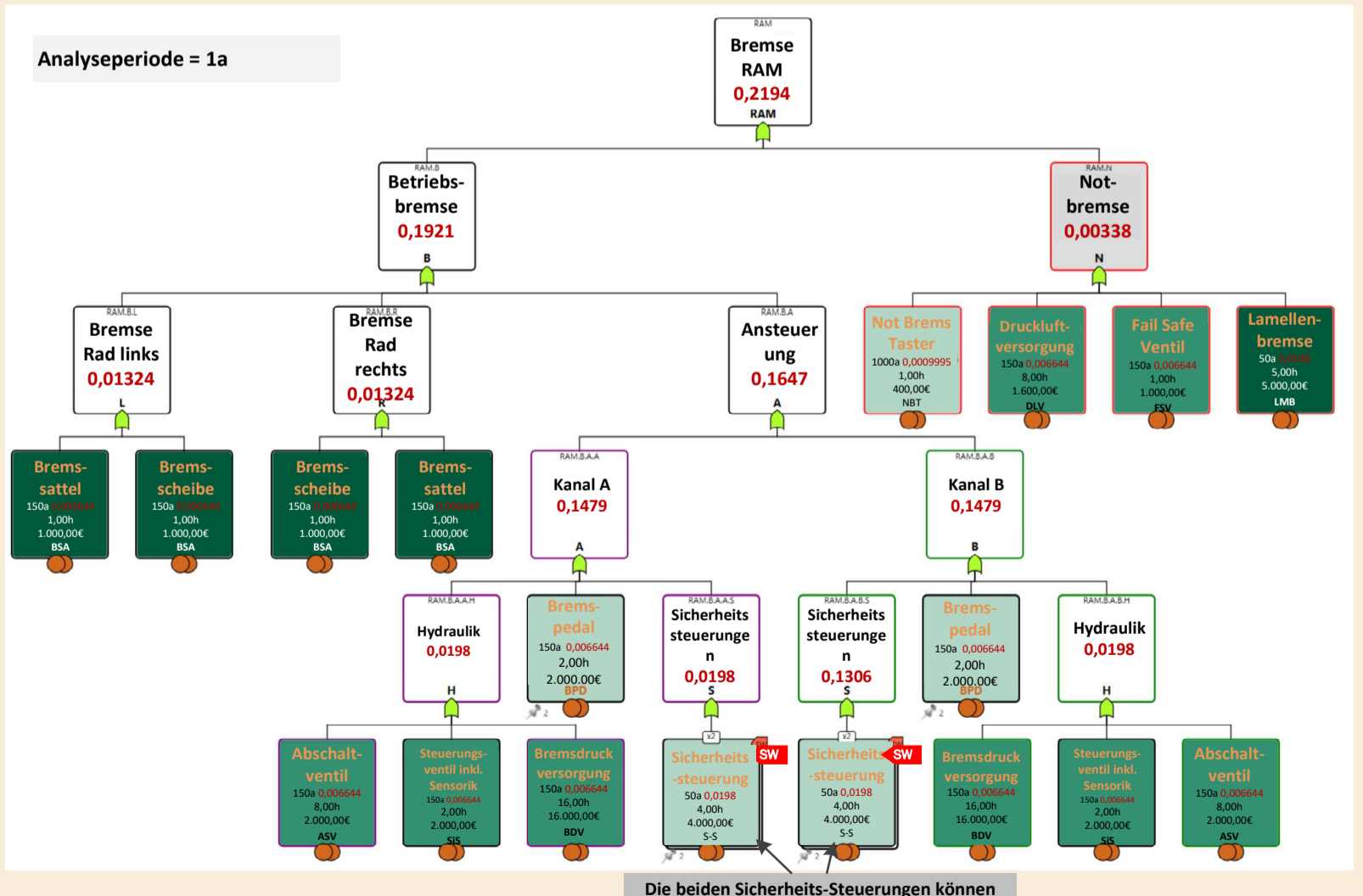


- Analysetiefe (Granularität) kann je nach System individuell gewählt werden
- Zwei parallele Subsysteme: Betriebsbremse und Not-Bremse, völlig unabhängig voneinander aktivierbar
- Redundante Sicherheitssteuerung durch die selbe Software gesteuert → Fehler = Common Cause
- Steuerung der Bremse durch zwei redundante Kanäle
- Druckluftversorgung nicht Sicherheitsrelevant, da Absicherung durch Fail-Safety Ventil



Komponenten	MTBF [a]	Reparaturdauer [h]			Reparaturkosten [€]		
		min.	erw.	max.	min.	erw.	max.
Abschaltventil	150	1	2	4	1000	2000	4000
Bremsdruckversorgung	150	10	16	24	10000	16000	24000
Bremspedal	150	1	2	3	1000	2000	3000
Bremssattel	150	0,5	1	2	500	2000	3000
Bremsscheibe	150	0,5	1	2	500	2000	3000
...	...	...	...	...	...	...	...
Common Cause	MTBF [a]						
Softwarefehler	10						

- Auflistung der Komponenten in einem Hazard Log
- Probabilistische Bewertung der Komponenten (Ausfallhäufigkeit, Reparaturdauer und Kosten) mittels Dreipunktschätzung
- Festlegung der Wartungsintervalle und des Wartungsumfangs
- Festlegung einer sinnvollen Analyseperiode, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten
- Übernahme der Werte in RIAAT
- Simulation



Die beiden Sicherheits-Steuerungen können jeweils beide Kanäle ansteuern.

- Das RAM-System enthält nur ODER-Verknüpfungen: Beim Ausfall einer Komponente muss diese sofort ausgetauscht werden. Daher ist jeder Ausfall einer Komponente mit einem Ausfall des Gesamtsystems gleich zu setzen.
- Der komplette Kanal A steuert gleichzeitig sowohl den Bremssattel auf der linken als auch den auf der rechten Seite an. Das Gleiche gilt für Kanal B.

**Ergebnisse**  
Auswertung der Ergebnisse  
Systemoptimierungen

**Analyseperiode**

**Wartungsintervalle**

**Wartungsumfang**

### R Zuverlässigkeit

Analysis Period (AP) 1 a

Failure Probability **0.2194**

Reliability **0.7806**

Bremssystem für eine Achse wird während der Analyseperiode (1a) mit einer Wahrscheinlichkeit von **22%** mindestens ein mal auf Grund eines Fehlers Reparaturzeit und Reparaturkosten verursachen.

### A Verfügbarkeit

Immediate Corrective Maintenance Time

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% (Var95) wird die Ausfalldauer innerhalb eines Jahres unter 6,4h liegen.

### M Wartbarkeit

Corrective Maintenance Time

Im Beispiel nur ODER Verknüpfungen: Jeder Ausfall einer Komponente entspricht einem kritischen Fehler  
→ Maintenance Time (MT) = Down Time (DT).

Corrective Maintenance Cost

Zu 78% keinerlei Wartungskosten durch Bremse verursacht. 6.200€ werden zu 95% (Var95) unterschritten.

## Safety

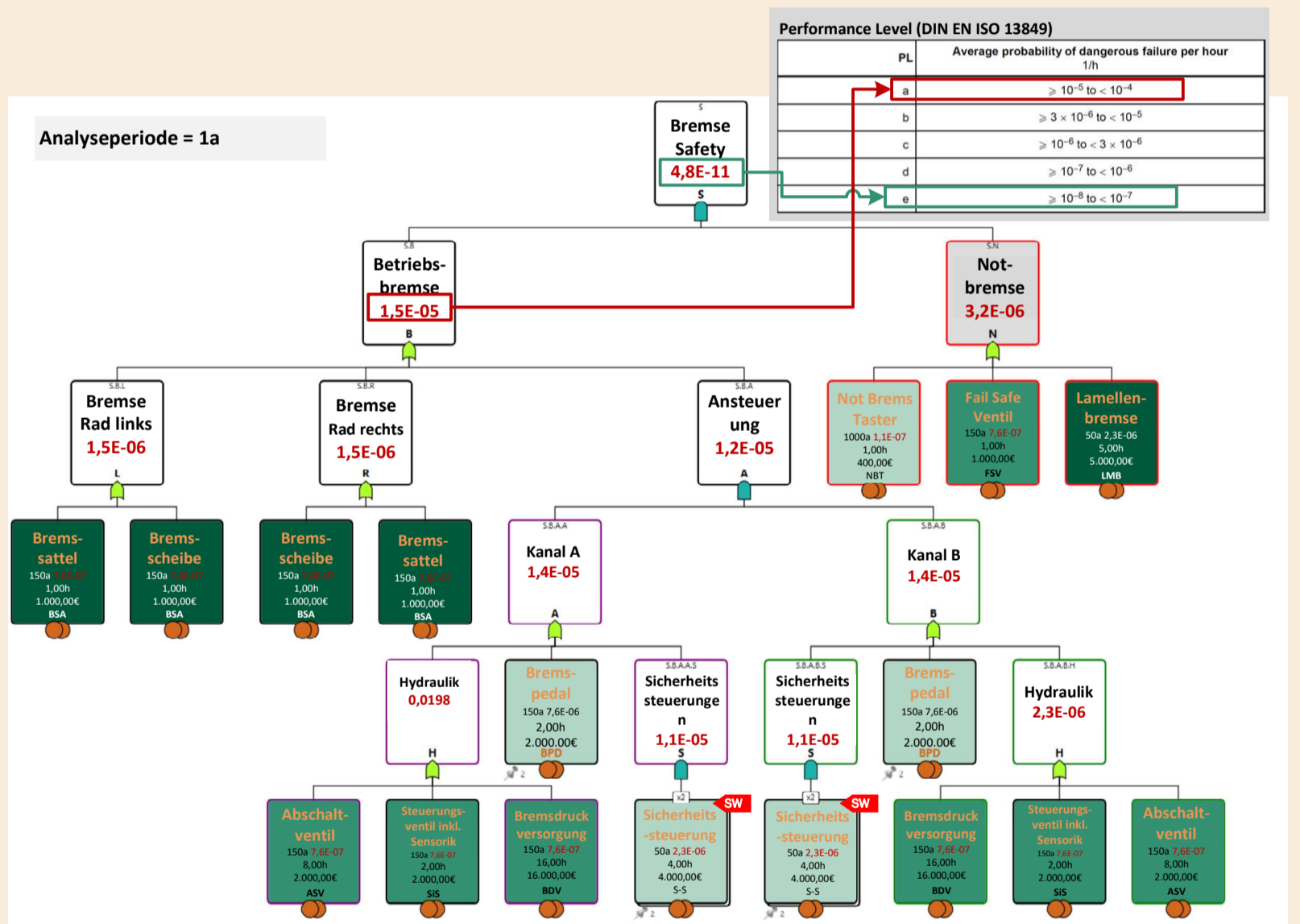
**Systemanalyse**  
Identifizierung von Common Cause Faktoren mit Ursprung innerhalb des Systems und Einbindung in den Fehlerbaum

**Werte Hazard Log → RIAAT**

**Common Cause Technik**

**Minimalschnitte/  
Schwachstellen**

**Systemoptimierung**



**Setzen von Maßnahmen zur Optimierung**

Anhand der Ergebnisse der RAMS-Analyse können Maßnahmen zur Optimierung des Systems getroffen werden:

- Optimieren des Systemaufbaus.
- Schaffen von zusätzlichen Redundanzen.
- Austauschen besonders anfälliger Komponenten gegen robustere Bauteile.
- Einbau von Überwachungssystemen  
→ Fehler rechtzeitig erkennen
- Wartungsintervalle und -umfang anpassen
- Vermeiden von Common Cause Failures

