



Sandungsanlagen

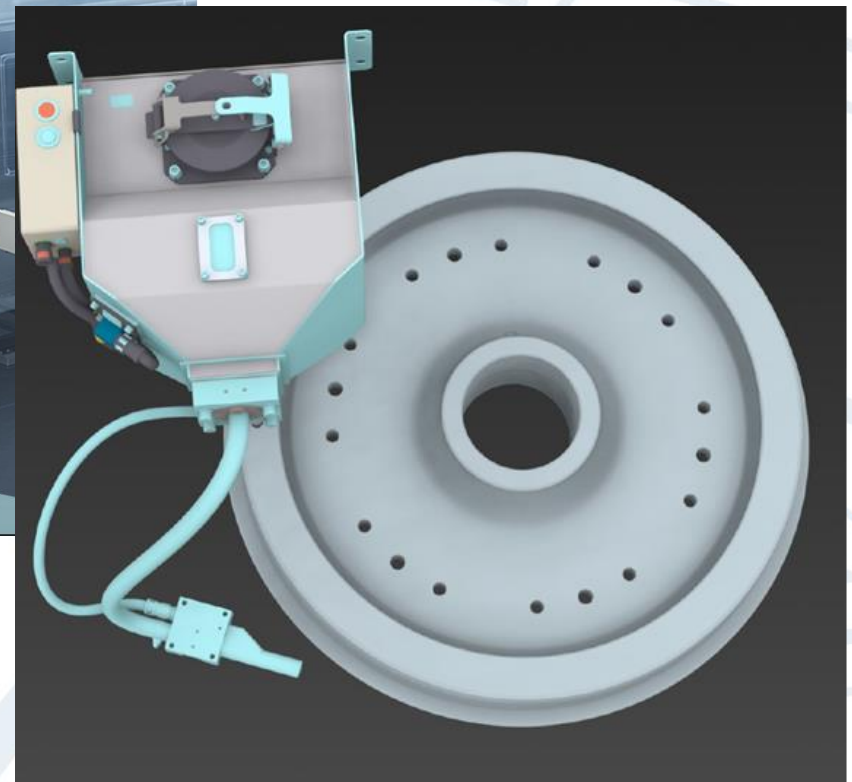
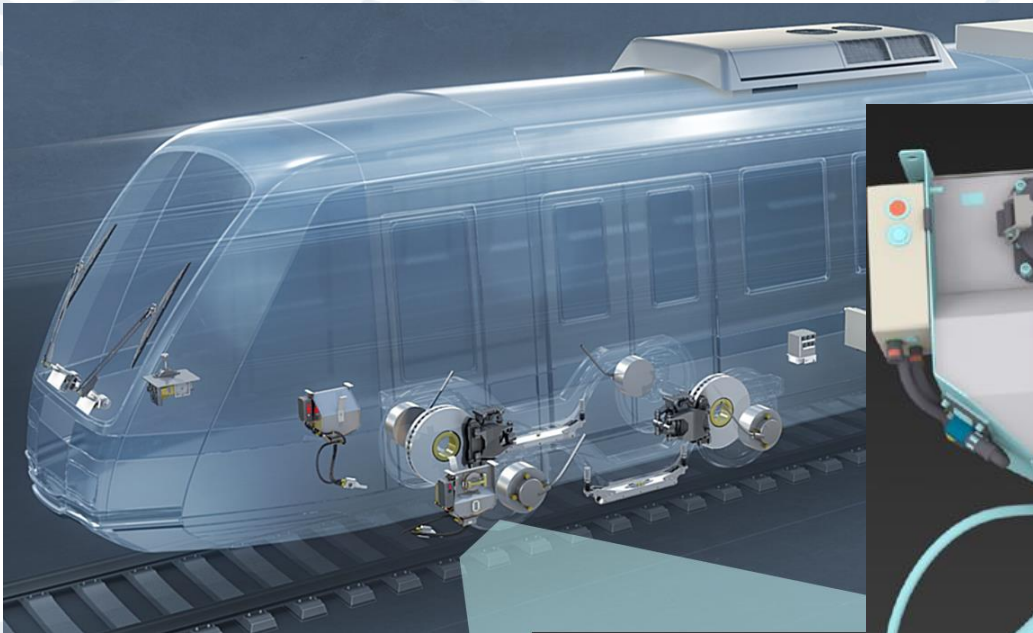
Sicherstellen des Bremswegs zu allen Jahreszeiten

P. Krieg, R. Rau
Knorr-Bremse SfS GmbH

G. Lueger, G. Schabl
SCHIG mbH

Zweck von Sandungsanlagen

- Sandungsanlagen dienen der Verbesserung des Kraftschlusses zwischen Rad und Schiene



Niedrige Kraftschlusswerte

- Notwendige Kraftschlusswerte
 - für Betriebsbremsung ca. 0,09
 - für Schnellbremsungen bis 200 km/h 0,13 bis 0,17 (EN15734-1, abhängig von Zug- bzw. Fahrzeugkonfiguration)
 - über 200 km/h 0,08 bis 0,12
- Verminderte Reibwerte laut UIC 541-05
 - Anfangshaftwert von 0,05 bis 0,08
 - extrem niedriger Haftwert unter 0,03

Niedrige Kraftschlusswerte

- Ursachen für verminderte Kraftschlusswerte
 - beginnender Regen nach langer Trockenheit
 - Tau, Nebel, Raureif, Eis, Schnee
 - Herbstlaub
 - Feuchtigkeit, Rost und Staub
 - Treib- und Schmierstoffe (z. B. von Spurkranzschmierungen)
 - Chemikalien aus der Industrie und der Landwirtschaft
 - Kerosin in der Nähe von Flughäfen

- Insbesondere Laubrückstände können im Herbst zu extrem niedrigen Kraftschlusswerten führen.
- Aber auch Feuchtigkeit, Rost und Staub bilden kraftschlussmindernde Mikroschichten.
- Diese überstehen viele Überrollungen von Schienenfahrzeugen.

Was bringt der Sand?

- Eine Haftwerterhöhung an der besandeten Achse von $\geq 0,15$ möglich.
- Eine Verbesserung des Haftwertes für einen Zug von $\geq 0,03$ ist bei extrem niedrigen Haftwertbedingungen möglich.
- Am effektivsten (Verkürzung des Bremsweges) ist die Wirkung von Sand bei extrem niedrigen Haftwertbedingungen.

Unterschiede zu sonstigen Bremssystemen

- Sandungsanlagen wirkt direkt auf den Rad-Schiene-Kontakt
- Ist auch beim Anfahren von Nutzen und kann bei übermäßigem Antriebsschlupf eingesetzt werden.

- Die Magnetschienenbremse ist vom Rad-Schiene-Kontakt unabhängig.
- Sie wird derzeit ausschließlich für Notbremse eingesetzt, sie ist dabei verschleißbehaftet.

- Die Wirbelstrombremse ist ebenfalls vom Rad-Schiene-Kontakt unabhängig.
- Sie ist verschleißfrei.

Anforderungen an Sandungsanlagen

- Die Obergrenze für den Einsatz liegt wegen der Leistungsgrenzen der Sanddosieranlagen und der Größenbeschränkung der Sandbehälter bei etwa 160 km/h.
- Die Untergrenze liegt bei etwa 15 km/h und resultiert aus Risiken im Zusammenhang mit der Beeinflussung der Gleisfreimeldeanlagen.
- Wegen der isolierenden Wirkung von Sand könnte es zum „Verschwinden“ des Zugs von der Gleisfreimeldung kommen.
- Die zulässigen Sandraten sind EU-weit harmonisiert.
- Für die Beeinflussung der Gleisfreimeldeanlagen gibt es eine Reihe von Ausnahmen von der TSI sowie notifizierte nationale Vorschriften.

Auswirkungen von zu viel Sand

- Die Brisanz der Beeinflussung von Gleisfreimeldeanlagen lässt sich anhand eines Unfalls in Recklinghausen/Deutschland am 25.11.2008 darstellen.
- Laut Bericht der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes verschwand eine Lokomotive wegen zu viel Sand zwischen Rädern und Schiene.
- Ein Güterzug kollidierte mit der Lok.
- Beide Triebfahrzeugführer wurden schwer verletzt.



Sicherheitsanforderungen

- Keine Beeinflussung der Gleisfreimeldeanlage
- Einhaltung von Bremswegen bzw. Bremskurven
- Minimierung des Bremswegs beim Fahren auf Sicht
- Die Einhaltung von Regelhaltepunkten ist keine Sicherheitsanforderung.
- Das Überfahren von Haltestellen ist eine Betriebsbeeinträchtigung.
- Verspätungen und Entschädigungsleistungen an Passagiere sind möglich.

Sicherheitsanforderungen

- Normalerweise ist es Aufgabe des Betreibers, eine Risikoanalyse durchzuführen.
- Das Ergebnis erhält der Fahrzeug- bzw. Systemlieferant, der die Anforderungen für die Zulieferer herunterbricht.
- Dies funktioniert nicht bei der Entwicklung von Produktplattformen, unabhängig von Projekten.
- Die Betreiber stellen häufig keine Detailanforderungen oder möchten ein zugelassenes Serien-Fahrzeug kaufen.
- Hersteller der Sub-Systeme erstellen selbst Analysen um die Risiken bewerten zu können.

Risikoanalyse und Risikoakzeptanzkriterium

- Es gibt eine Vielzahl an Methoden:
 - Sicherheitsrichtlinie Fahrzeug des Eisenbahn-Bundesamts (D)
 - EN 50126-1: Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)
 - EN 62502: Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit – Ereignisbaumanalyse (ETA)
 - Gemeinsame Sicherheitsmethode nach Verordnung (EG) 352/2009

- Nur die CSM-Verordnung bietet ein harmonisiertes Risikoakzeptanzkriterium, das EU-weit direkte Rechtsgültigkeit besitzt.

- „Bei technischen Systemen, bei denen im Falle eines funktionellen Ausfalls von unmittelbaren katastrophalen Folgen auszugehen ist, muss das damit verbundene Risiko nicht weiter eingedämmt werden, wenn die Ausfallrate pro Betriebsstunde kleiner oder gleich 10^{-9} ist.“

Risikoanalyse und Risikoakzeptanzkriterium

- Im Fall eines funktionellen Ausfalls ohne unmittelbare katastrophale Folgen kann die Gefährdungsrate reduziert werden.
- Die ERA stellt auf ihrer Homepage eine Beispielsammlung zur Verfügung.
- Demnach kann die Gefährdungsrate um die Eintrittswahrscheinlichkeit der katastrophalen Folge reduziert werden.
- Vorteil: die Sicherheitsanforderungsstufe (SIL) nach EN 50129 ergibt sich ohne weitere Umrechnung.
- Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist zu ermitteln.

Auswirkung eines Ausfalls

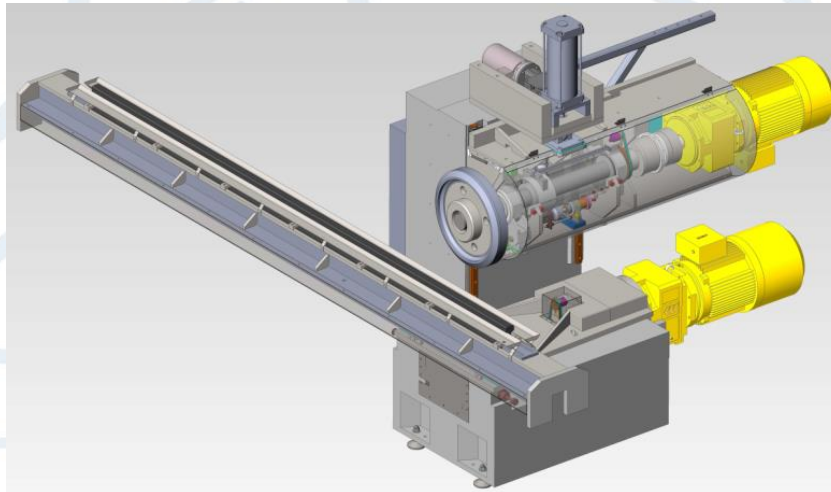
- Voraussetzung ist die Notwendigkeit, zu bremsen.
- Dazu ist das Auftreten eines verminderten Kraftschlusswerts erforderlich.
- Weiters muss ein markanter Geschwindigkeitsbruch oder ein Gefahrenpunkt hinzu kommen.
- In Bremskurven und Vorsignalabständen sind Reserven enthalten.
- Hinter Hauptsignalen sind häufig Durchrutschwege vorgesehen.
- Nach Ende des Durchrutschwegs muss sich ein Kollisionsgegner befinden.
- Nach Geschwindigkeitsbrüchen kann es zu Entgleisungen kommen.

Datengrundlagen

- Zusammenhang von niedrigen Reibwerten und Bremsweglänge
- Ausmaß und Häufigkeit von niedrigen Reibwerten
- Reserven in der Infrastruktur für Bremswegverlängerungen
- Betriebliche Randbedingungen für das Auftreten von Kollisionsgegnern
- Restgeschwindigkeiten bei Kollisionen, Entgleisungsgefahr bei zu hoher Geschwindigkeit
- Folgen einer Kollision für Leib und Leben

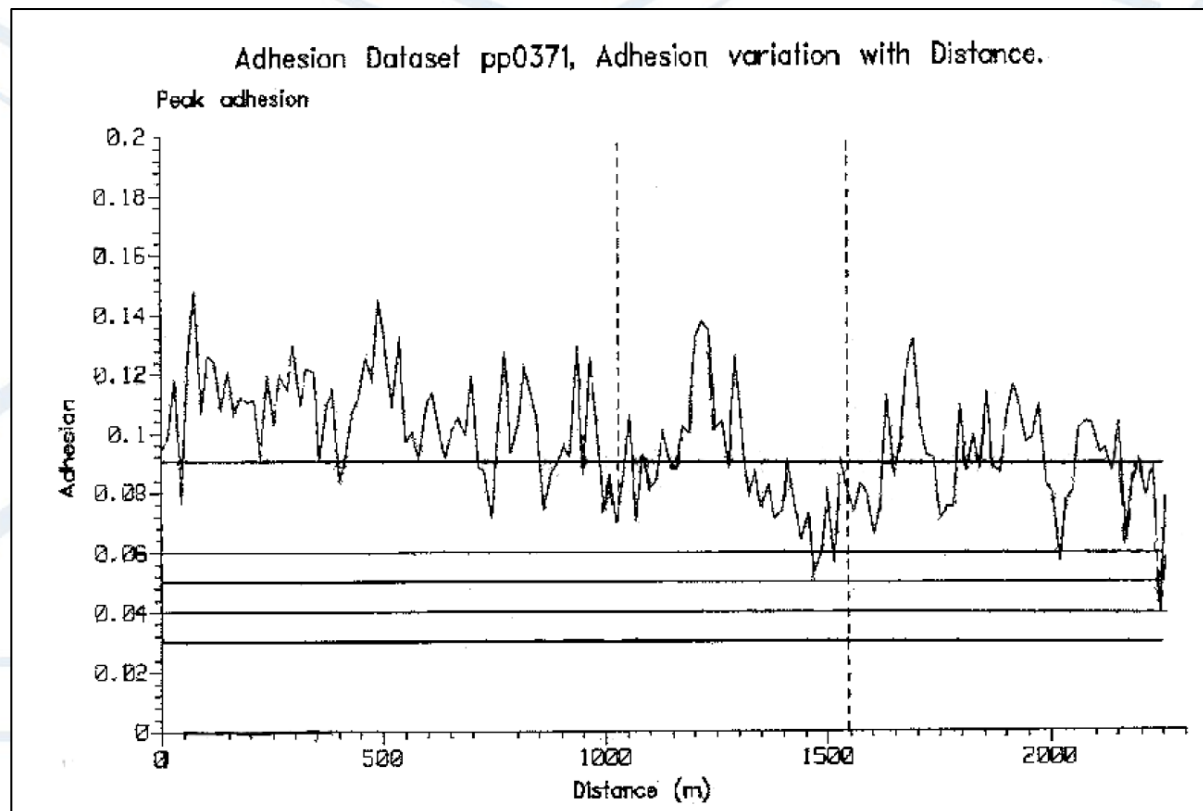
Prüfstand Knorr-Bremse

- Knorr-Bremse betreibt einen eigenen Prüfstand für Reibwerte.
- Die Versuche dienen der Erforschung des Zusammenhangs von niedrigen Kraftschlusswerten und Bremsvermögen.
- Gleichzeitig mit dem Kraftschlusswert wird der ohmsche Übergangswiderstand zwischen Rad/Schiene gemessen.



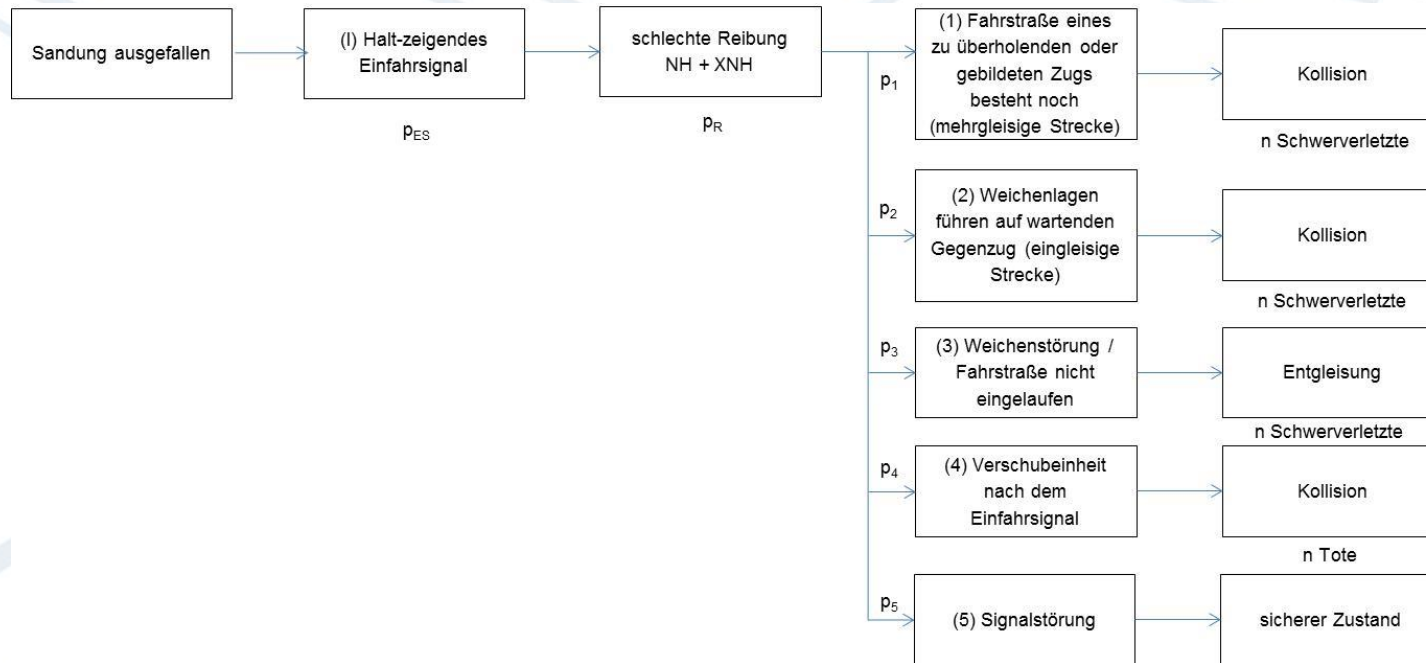
Häufigkeit und Ausmaß niedriger Reibung

- Das britische Rail Safety & Standards Board hat mehrere Untersuchungen im Zusammenhang mit niedrigen Reibwerten veröffentlicht.
- U.a. sind Daten aus Messkampagnen veröffentlicht.



Ereignisbaum

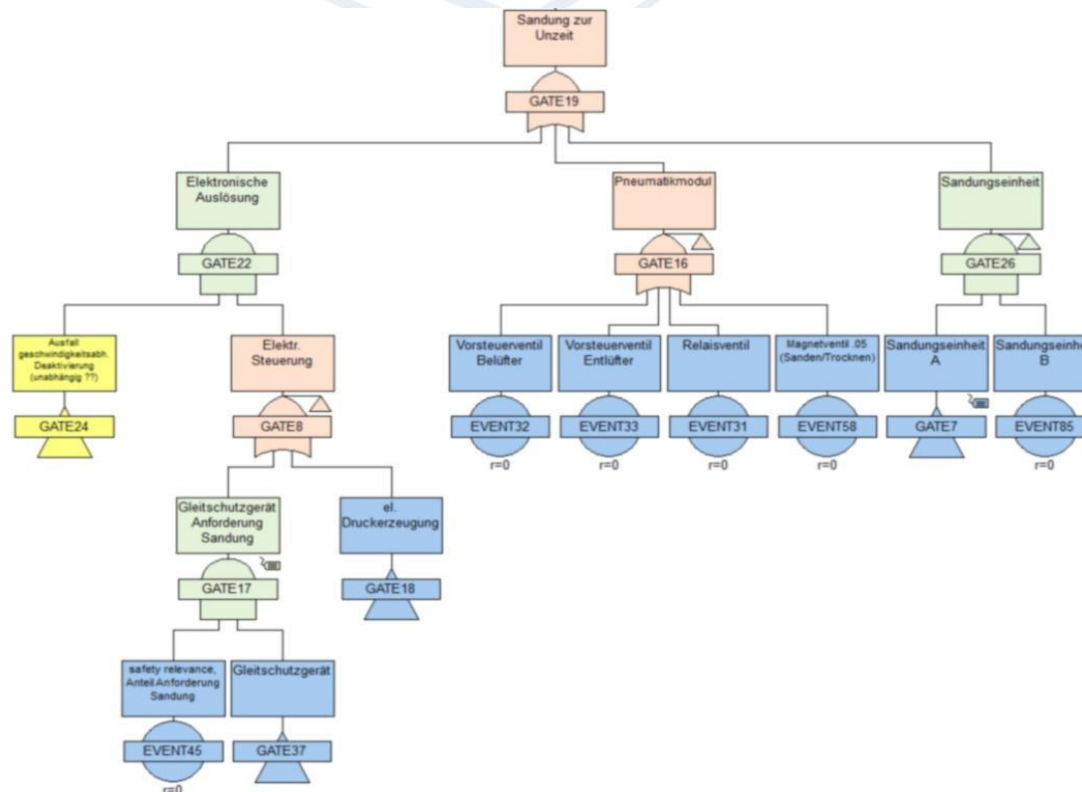
- Aufgrund der verschiedenen betrieblichen Abläufe wird ein Ereignisbaum erstellt. Dazu müssen aufgrund der Datenlage Wahrscheinlichkeiten bestimmt werden, die für das beabsichtigte Einsatzgebiet zutreffen.



- Mittels der Gesamtwahrscheinlichkeit wird die tolerable Gefährdungsrate ermittelt. $THR = 10^{-9} \text{ h}^{-1} / \text{Eintrittswahrscheinlichkeit}$

Erfüllung der Anforderungen

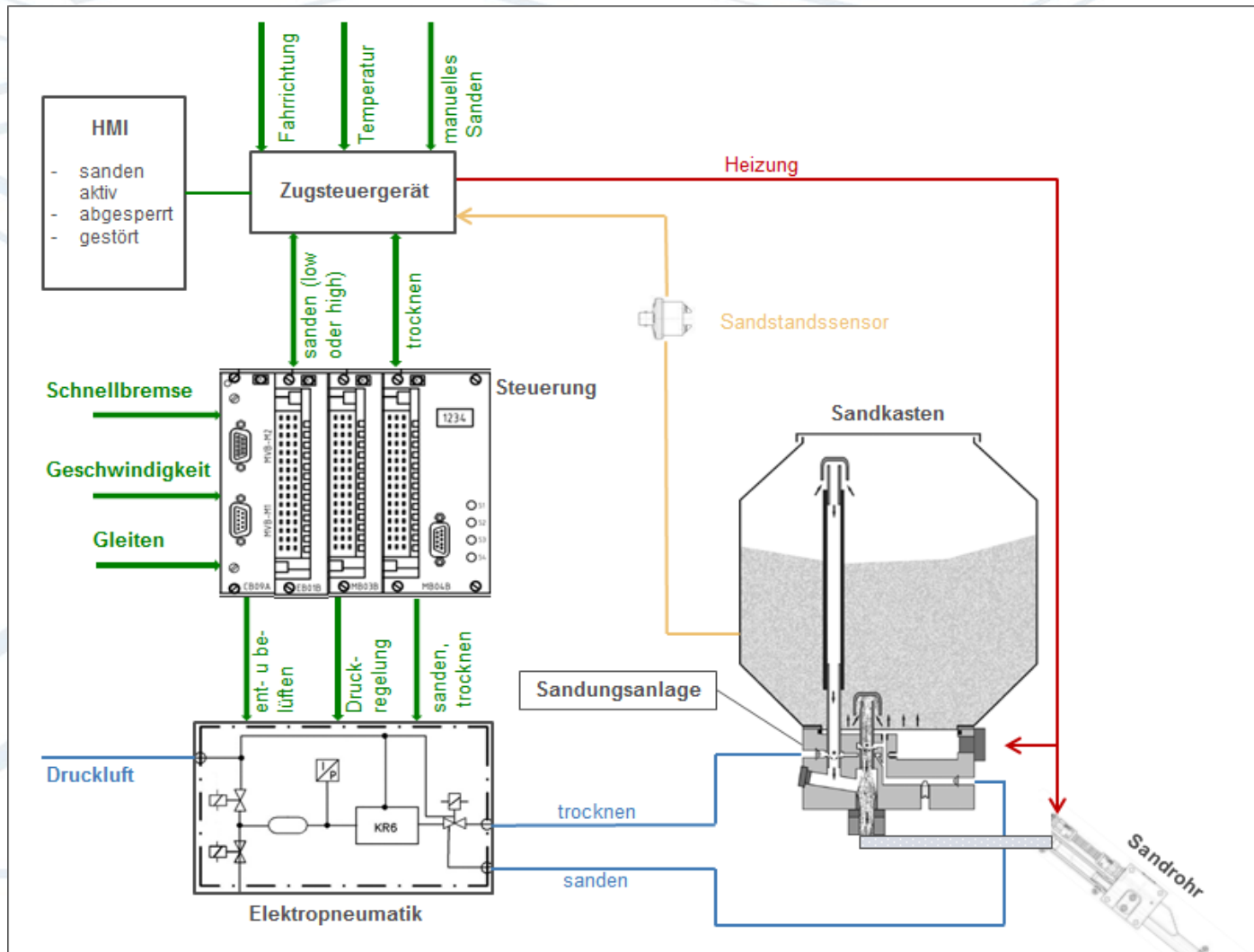
- Das technische System „Sandung“ kann mit Hilfe eines Fehlerbaumes hinsichtlich der Ausfallhäufigkeit analysiert werden. Die ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeit muss unter der Sicherheitsanforderung liegen.



Besondere Betriebsanforderungen

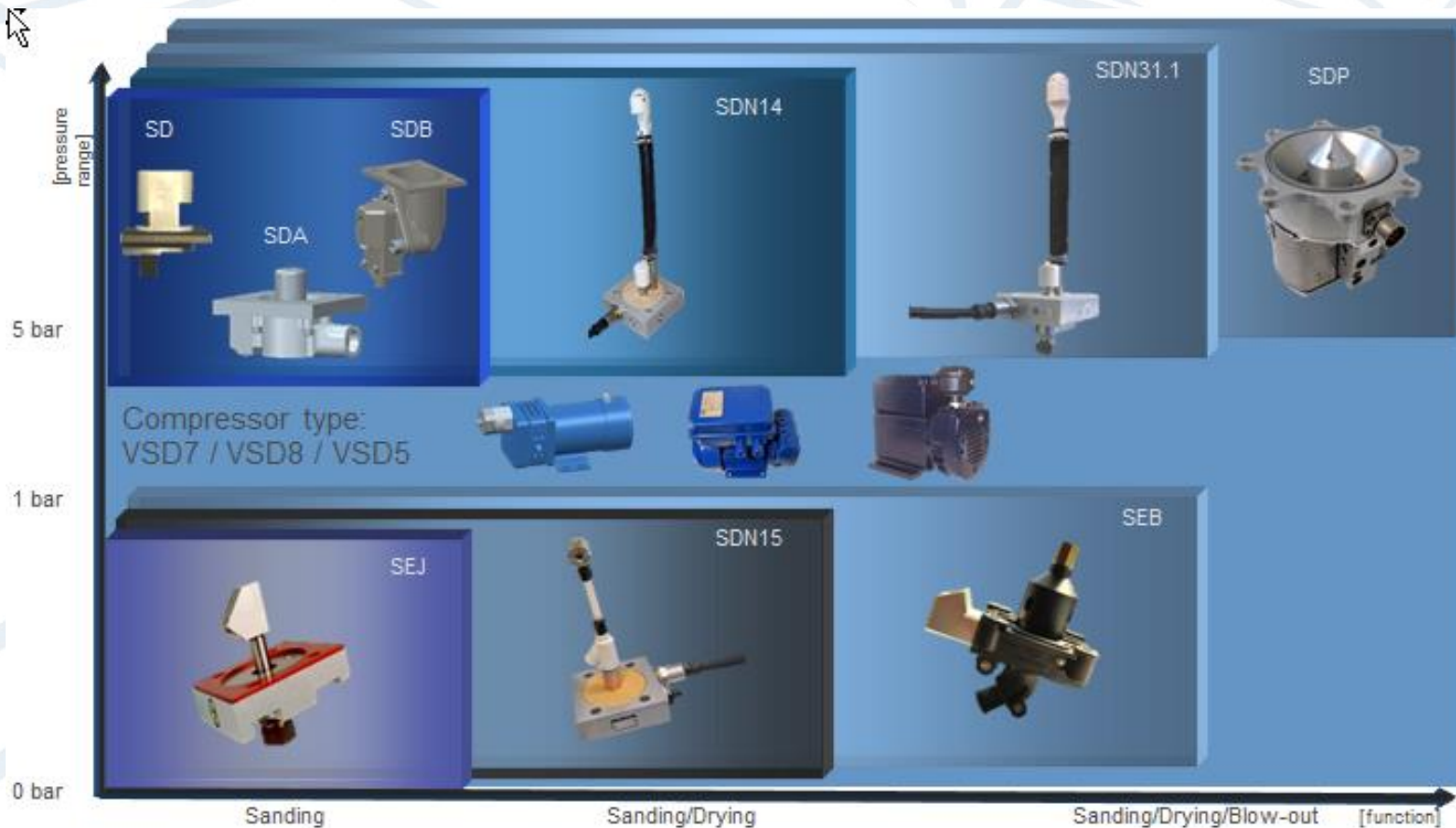
- Der Ausfall der Sandung ist nicht auf die internen Bestandteile des Sandungssystems begrenzt.
- Es müssen auch Inhomogenitäten des Betriebsmittels „Sand“ beherrscht werden.
- Der Betrieb muss auch unter widrigen Bedingungen sicher sein, wie bei
 - Feuchtigkeit im Sandrohr
 - Feuchtigkeit im Sand
 - Eisbildung
 - Verwendung von Sand mit hohem Staubanteil (z.B. infolge von Entmischung in Abfüllanlagen)

Aufbau der Sandungsanlagen



Aufbau der Sandungsanlagen

- Varianten für das Ausbringen und Trocknen von Sand



Aufbau der Sandungsanlagen

- Kontrollmodule, Sandstandsensoren, Sandrohrheizungen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Autoren:



**Mag. Dipl.-Ing. Dr.
Peter Krieg**
Knorr-Bremse GmbH
peter.krieg@knorr-bremse.com



**Dipl.-Ing. Gerald
Schabl**
SCHIG mbH
g.schabl@schig.com



Dipl.-Ing. Rainer Rau
Knorr-Bremse GmbH
rainer.rau@knorr-bremse.com



**Dipl.-Ing. Gerhard
Lueger**
SCHIG mbH
g.lueger@schig.com