

Betrieblich-technische Innovationsansätze zur Bremsprobe nach einer Prozessänderung

Die Untersuchung einer Prozessänderung, wie die der Bremsprobe, liefert Erkenntnisse über die Veränderung der Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Eine tiefergehende Analyse der einzelnen Faktoren zeigt das Innovationspotenzial auf, welches durch technische und/oder betriebliche Lösungen realisiert werden kann.



1. Einleitung

Der angewandte Eisenbahnbetrieb befindet sich durch Regelwerksänderungen im stetigen Wandel. Durch Unregelmäßigkeiten, im schlimmsten Fall sogar Unfälle, sind diese Änderungen oft unabdingbar, um die auftretenden, nicht zu tolerierenden Risiken zu minimieren. Durch Anpassung der Technik oder von Regelwerken sollen die möglichen Risiken reduziert und somit die Sicherheit erhöht werden. Bei der Vorgehensweise der Einführung von Risikoreduktionsmaßnahmen im Rahmen von Prozessänderungen wird dabei aber die Betriebsverfügbarkeit zum Teil Einschränkungen ausgesetzt. Somit gilt es neben der Sicherheitsbetrachtung auch die Verfügbarkeitseinschränkungen zu untersuchen und zu analysieren. Dabei stellt sich die Frage: Wie sicher ist sicher genug, um dennoch eine adäquate Verfügbarkeit zu

gewährleisten? Um diese Frage zu beantworten gilt es, die Prozesse zu untersuchen und in Bezug auf Ihre Änderungen zu hinterfragen.

Eine dieser Prozessänderungen war das im Dezember 2016 eingeführte neue Regelwerk, die VDV-Schrift 757 Teil B bzw. die Richtlinie 915.01 in der Ausgabe 8 der DB AG. Bei der Änderung wurde die Vorgehensweise in Bezug auf die Durchführung der vereinfachten, wie auch der vollen Bremsprobe (BP) grundlegend überarbeitet. Um einen sicheren Eisenbahnbetrieb zu gewährleisten, ist es eine Notwendigkeit, das sichere Bedienen und Prüfen der Bremsen von Eisenbahnfahrzeugen zu gewährleisten. Die Neuerungen der VDV-Schrift müssen dabei dieser Prämisse entsprechen.

Der Betrachtungsschwerpunkt liegt somit auf der Untersuchung eines Sicherheitsgewinns und der daraus resultierenden Veränderung der Verfügbarkeit. Hierbei lässt sich eine Aussage über die Anpassungen des Prozesses sowie mögliche Alternativen zur Verbesserung des angewandten Eisenbahnbetriebes treffen.

2. Sicherheit der Bremsprobe

Um den Faktor Sicherheit einheitlich darzustellen, ist eine Quantifizierung der Unfälle, die auf das Thema zurückzuführen sind, notwendig. Hierbei bestimmen das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit ein gewisses Risiko. Der Grad der Akzeptanz dieses Risikos führt dann wiederum dazu, ob eine Änderung als dringend notwendig



B. Eng. Niklas Wingens

Masterstudent an der RWTH Aachen im Bereich Verkehrsingenieurwesen und Mobilität (Fachrichtung Bahnsystemingenieur)
niklas.wingens@rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Jörg May

Gutachter für Schienenfahrzeuge und ZZS bei der ERC.RAIL GmbH in Braunschweig
joerg.may@erc-gruppe.com



Prof. Dr. Raphael Pfaff

Studiengangsleiter des Lehrgebiets Schienenfahrzeugtechnik an der FH Aachen
pfaff@fh-aachen.de

Durch Untersuchung der Prozessänderung der vereinfachten Bremsprobe lassen sich Aussagen über die Faktoren Verfügbarkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der aktuell gültigen Richtlinie treffen.



eingestuft wird. Im Fall der Bremsprobenrichtlinie vor der Änderung sind einige Unfälle auf eine nicht ordnungsgemäß durchgeführte BP zurückzuführen. Beispielhafte Unfälle sind der am 09.09.2002 im Bahnhof Bad Münde geschehene Zusammenstoß zweier Güterzüge oder die Entgleisung eines Güterzuges im Bahnhof Osnabrück am 17.03.2004. [1, 2]

Das Schadensausmaß ist bei diesen Unfällen mit hohen Sach- und Personenschäden als unbestreitbar katastrophal anzusehen.

Trotz der vergleichsweise geringen Eintrittswahrscheinlichkeit führte das nicht hinzunehmende Schadensausmaß zu einem unakzeptablen Risiko. Somit war die Änderung der BP unumgänglich.

2.1. Änderungsbeschreibung und Rahmenbedingungen

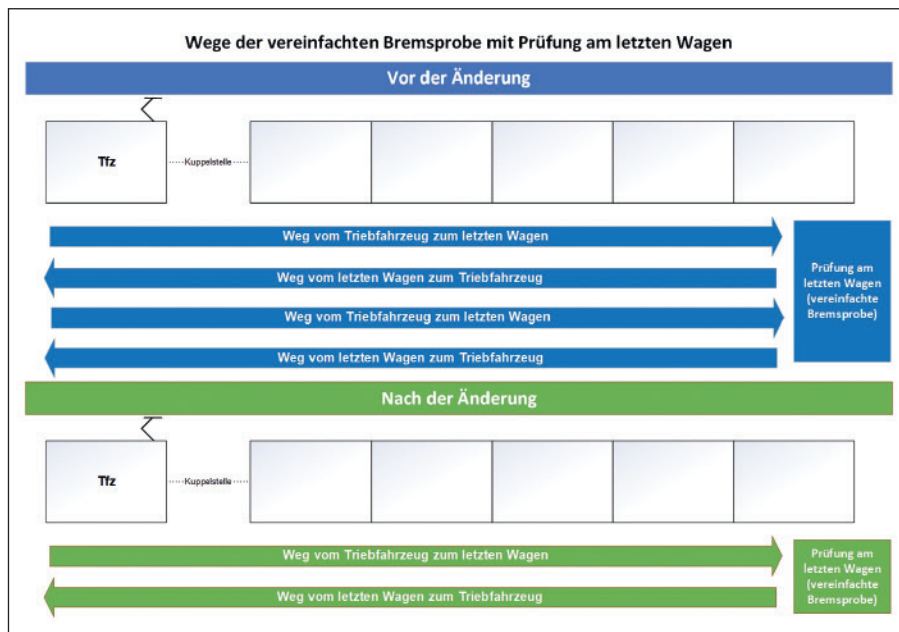
Um die vorangegangenen Unfallpotenziale zu minimieren oder vollständig zu vermeiden, wurde der Prüfschritt: Prüfen der Hauptluftleitung (HL) auf Durchgängigkeit am letzten Wagen, nach der Änderung als universell anzuwendender Prüfpunkt integriert. Dazu zählt auch, dass, wenn der Bremsproberechtigte (Bpb) die Tätigkeit des prüfenden und bedienenden Bpb vereint, der Prüfschritt alleine durchzuführen ist. Die Durchführung der Prüfung am ersten Wagen hinter der Kuppelstelle ist nur noch in Sonderfällen zulässig, da diese die Durchgängigkeit der HL nicht überprüfen kann. Des Weiteren wurden Prüfschritte neu verteilt, um den vielfachen Wegen am Zug entlang entgegenzuwirken und die Zeit für die BP zu minimieren. [3]

2.2 Die Verfügbarkeit der Bremsprobe

Der Vergleich der vereinfachten BP vor und nach der Änderung am letzten Wagen wird in Bild 1 dargestellt. Hierbei sind die Wege unter den oben genannten Rahmenbedingungen für die vereinfachte BP schematisch dargestellt. Aus zuvor insgesamt vier Wegen, sind durch die Umstellung der Prüfschritte nur noch zwei zu tätige Wege am Wagenzug notwendig.

Die benötigte Zeit eines Bpb für die Durchführung einer Prüfung hängt dabei von mehreren Faktoren ab. Hierzu zählen nicht nur allein die vorgeschriebenen, spezifischen Prüfschritte, die sich aus der Richtlinie ergeben. Die Zeit zur Durchführung kann, je nach Tages- und Jahreszeit und/oder körperlicher Verfassung des Bpb, stark schwanken. Eine Veränderung der Verfügbarkeit ist dennoch ersichtlich, da die reine Wegstrecke reduziert und somit die Zeit für die Durchführung der BP verringert wurde.

Da Güterzüge in der Regel bis zu 740 Meter lang sein können, wird die Zeiterparnis bei der vollen BP noch deutlicher ersichtlich, da die durchzuführenden Prüfungen umfänglicher und an mehreren oder allen Wagen auszuführen sind. Bei einer vollen BP ohne Zustandgang verdoppelt sich die zurückzulegende Wegstrecke und bei der vollen BP mit Zustandgang



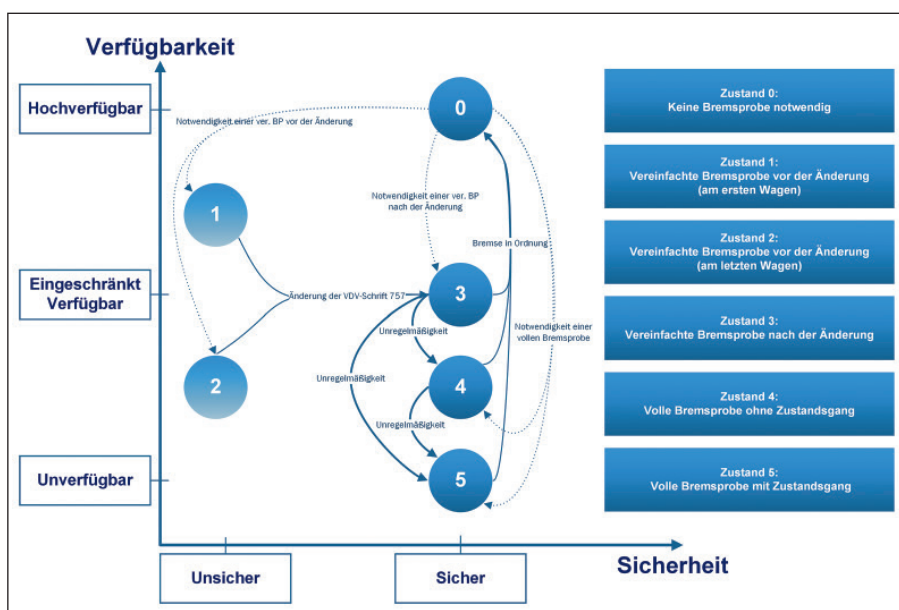
1: Wege der vereinfachten Bremsprobe am ersten und letzten Wagen [4]

verdreifacht sich diese. Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Verfügbarkeit beschränken sich somit nicht nur auf die vereinfachte BP.

2.3. Gegenüberstellung der Verfügbarkeit und Sicherheit

Die höchste Verfügbarkeit wird erreicht, sobald eine BP nicht durchgeführt werden muss. Dieser optimale Zustand sollte somit, nach Eintreten der Notwendigkeit einer BP, schnellstmöglich erreicht werden. Durch

die korrekt ausgeführte vereinfachte oder volle BP ohne Beanstandungen, kann die Bremse wieder in Ordnung gemeldet und der hochverfügbare Zustand, sprich der rollende Zug, erreicht werden. Die Zustände für die vereinfachte und teilweise auch für die volle BP nach der Änderung sind in Bild 2 skizziert. Die Zustände (Zustand 0 bis Zustand 5) zeigen dabei die Prüfungen und die dazugehörigen Einstufungen mit Bezug auf die Faktoren Verfügbarkeit und Sicherheit auf. Die Zusammenhänge und Bedingungen, unter denen sich die Zu-



2: Zustände und Bedingungen der Bremsproben vor und nach der Änderung [4]

stände ändern sind durch die Pfeilsymbole dargestellt.

2.4. Wirtschaftlichkeit der Bremsprobe

Neben der Untersuchung der Sicherheit und der Verfügbarkeit, muss die Änderung der vereinfachten BP natürlich auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden. Hierbei ist eine Einsparung der Zeit gegeben, die der Bpb benötigt, um die Prüfung durchzuführen und daraus resultierend auch eine Kostensenkung, bedingt durch die kürzere Standzeit. Durch die präventiven Maßnahmen wird in den Faktor Sicherheit investiert. Unfälle, die mit hohen Kosten verbunden sind, werden dadurch im Vorfeld vermieden.

Ohne weitere technische Unterstützung bei der Durchführung beschränken sich die direkt anfallenden Kosten somit auf die Arbeitszeit des Bpb sowie die Standzeit des Zuges.

2.5. Resultat

Als Resultat lässt sich die BP nach der Änderung nicht nur als sicherer einstufen, die Verfügbarkeit bzw. die Zeit zur Durchführung wurde ebenfalls verbessert und somit der Kostenfaktor Zeit verringert. Der Raum für Innovationen ist aber noch groß und weitestgehend unerschlossen.

Im Zeitalter des Einbaus von Sensorik in jegliche Fahrzeuge und der Kommunikationstechnik, um diese untereinander zu vernetzen, scheint es schon beinahe rückständig, diese technischen Möglichkeiten nicht

zu nutzen. Eine Bremse für Innovationen ist dabei häufig die fehlende Elektrifizierung des Güterwagens. Da aus Kostengründen aber eine elektrische Verbindung unrentabel und schwer „über Nacht“ in den Bahnbetrieb zu integrieren ist, muss umgedacht werden.

3. Ausblick auf technisch-betriebliche Innovationspotenziale

Eine Möglichkeit die BP neu zu denken, ist das Projekt der SBB-Cargo mit ihren diversen Partnern, in Form der automatischen BP im Projekt des „Ein-Personen-Betriebs“. Der Zugriff auf mehrere Güterwagen im Zugverband wird durch einen Hardware- und Software-Teil bewerkstelligt. Hierzu zählen Sensoren zum Messen des Luftdrucks in der HL, eine Antenne, die per Funk die Daten an ein Endgerät überträgt und die Softwareseite, in der per Applikation die verarbeiteten Daten dem Triebfahrzeugführer zur Verfügung gestellt werden. Seit Ende August 2017 entwickeln und forschen die SBB Cargo, PJ Messtechnik, die österreichische Rail Cargo Austria und seit Frühling 2018 auch die Mercitalia Rail an der zukunftsweisenden Technologie. [5, 6, 7]

3.1. Zugschlussüberwachungseinrichtung

Durch das „End-of-train-device (ETD)“ (Zugschlussvorrichtung) wird in Nordamerika schon seit einiger Zeit mit kilometerlangen Wagenreihungen gefahren.

Dieses übernimmt am Ende des Zuges die Überwachung der Druckluft durch ei-

nen Sensor. Der Sensor übermittelt die festgestellten Informationen mittels einer Funkverbindung an das Empfangsgerät des Triebfahrzeugführers. Dieses liest, dekodiert und zeigt die gesammelten Informationen, bspw. den Druck in der HL, an. Für die Überwachung ist die Anlage dazu an die HL des Zuges angeschlossen. Die Stromversorgung geschieht dabei über eine Fotovoltaikanlage an dem Gerät.

Eine ähnliche Lösung wäre auch für Züge in Europa denkbar. Eine solche „Zugschlussüberwachungseinrichtung“ (ZSÜE), dargestellt in Bild 3, wäre im Hinblick auf die Durchführung der BP, eine deutliche Zeitersparnis, da z.B. durch die Überprüfung der Druckluft am Zugende, auch vom Triebfahrzeug aus, die Wege zum Zugschluss eingespart werden können.

Das ZSÜE liest durch Sensoren den Druck in der HL aus, empfängt ein Kamerabild und sendet dieses per Datenverbindung an das Empfangsgerät des Bpb. Im Empfangsgerät werden dann die Informationen verarbeitet und dem Bpb in einer Bedienoberfläche sichtbar gemacht. Dieser eine Teil der Ausrüstung reicht für die technische Unterstützung der vereinfachten BP aus.

Durch das Hinzunehmen eines Aktors zum Öffnen und Schließen der HL, können weitere Aufgaben im Hinblick auf die volle BP behandelt werden.

Hierzu ist ein Sender nötig, der den Bedienbefehl vom Bpb, zum Öffnen oder Schließen der HL, an das ZSÜE sendet. Dieses greift lediglich in diesem Fall auf den Aktor zu. Der Zugriff ist somit an das Signal des Senders gekoppelt und darf nicht zu Fehlinterpretationen im Gerät selbst führen. [4]

Bei solch einer Integration in den Bahnbetrieb muss immer gewährleistet sein, dass mindestens die gleiche Sicherheit, wie vor der Einführung der Innovation gewährleistet ist. Unter diesem Gesichtspunkt muss beispielsweise die Funkverbindung eine sichere Kommunikation garantieren und den Bahnbedingungen entsprechend funktionieren. Nach umfangreicher Erprobung können zukünftige Möglichkeiten des ZSÜE nicht nur bei der BP liegen. Eine Zugintegritätsprüfung, wie sie beim Level 3 des European Train Control System (ETCS) verlangt wird, kann durch die Kommunikation zwischen Triebfahrzeug (Tfz) und letztem Wagen erreicht werden.



3: Schematische Kommunikationsstruktur des ZSÜE [4]

3.2. Perspektive Güterwagen 4.0

Das Konzept des Güterwagen 4.0 (GW40), wie in [8, 9 und 10] entwickelt und dargestellt, beinhaltet drei für die automatische BP wichtige Teilkonzepte, nämlich die Zugtaufe, die sichere Kommunikation im Zugverband sowie die Energieversorgung der einzelnen Wagen. Die für die Zugtaufe wichtige Zuordnung der Wagen zum Zugverband erfolgt dabei über eine Kurzstreckenfunkverbindung im Bereich der Zug- und Stoßeinrichtung, sodass eine Zuordnung von nicht zum Zugverband gehörigen Wagen ausgeschlossen ist. Aufbauend auf der Zugreihung entsteht unter den GW40 ein WLAN-Mesh-Netzwerk, das eine sichere Verbindung mit hoher Bandbreite ermöglicht. Die Reichweite ist hoch genug, um einzelne Wagen überbrücken zu können. Durch die Energiegewinnung und Speicherung ist es dann möglich, ohne

spezielle Verfahren zur Reduzierung des Energieverbrauchs den gesamten Prozess der BP zu vermessen und an das führende Fahrzeug oder eine Cloud-Lösung zu senden. Damit kann ohne weitere technische Geräte und Prozessschritte sowohl die vereinfachte wie auch die vollständige BP automatisiert werden.

3.3. Public Ledger und Smart Contracts

In Anbetracht der hohen Bedeutung der BP für Sicherheit und Verfügbarkeit des Eisenbahnsystems bietet es sich an, die diesbezüglichen Arbeitsschritte auf die Abbildung mittels Blockchain-Technologie und Smart Contracts zu prüfen. Die möglichen Vorteile sind eine lückenlose, nicht manipulierbare Speicherung der Vorgänge an Wagen und Zug sowie eine ebenfalls dezentrale, öffentliche Verwaltung von geprüften Gruppen. Dazu kommt ebenfalls

die Möglichkeit einer gerechten, aufwandsbezogenen Bezahlung der Gebühren durch die Eisenbahnverkehrsunternehmen über Token einer geeigneten Kryptowährung.

Die Technologie des Public Ledgers (auch Blockchain genannt) ermöglicht eine Sicherheit vor Veränderungen durch Einbindung eines kryptografisch sicheren Hashwertes des Vorgängerblocks in jeden neu erstellten Block. Smart Contracts ist eine Form der verteilten Software, die Aktionen bei Vorliegen gewisser Transaktionen ausführt.

Die durchzuführenden Prozessschritte für eine vereinfachte BP können wie folgt mittels Public Ledger (PL) und Smart Contracts (SC) abgebildet werden:

1. Sicherstellung der Zusammengehörigkeit Tzf und letzter Wagen:
Durch Abbildung der Zugzusammensetzung und -reihung im PL wird der



INTELLIGENT TRACKING SOLUTIONS

► 5-7 June 2019 | VIENNA

► Radisson Blu Park Royal Palace Hotel

REGISTER
NOW!
#wdfvienna



Homepage veröffentlicht und unbefristet genehmigt für FH Aachen /
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
genehmigt von DW Media Group, 2019



WEDNESDAY
5 JUNE

KEYNOTE SPEAKERS:
FUTURE OF
MOBILITY



THURSDAY
6 JUNE

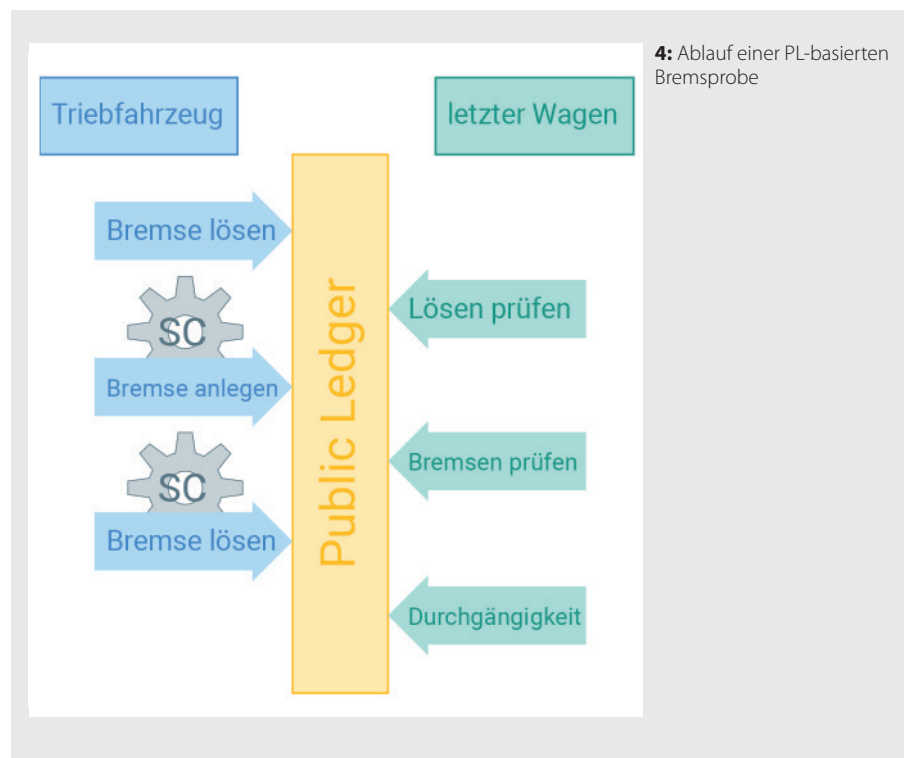
TRENDS IN TRAIN
LOCALISATION AND
TRAFFIC MANAGEMENT



FRIDAY
7 JUNE

BEST PRACTICES IN
TRAIN TRACKING & TRACK
VACANCY DETECTION





Fahrtrichtungswechsel oder der Wechsel des Triebfahrzeugs eine Transaktion im PL, vergleichbar mit der Vermeidung einer doppelten Nutzung des Tokens (Double Spending).

2. Lösen, Lösezustand prüfen:

Das Tfz löst die zugweite Bremse und führt eine entsprechende Transaktion im PL durch. Das Lösen der Bremse im letzten Wagen wird vom Bpb ebenfalls im Rahmen einer Transaktion bestätigt.

3. Bremsen, Bremszustand prüfen:

Das Bestätigen des Lösezustands triggert einen SC, der das Tfz ohne menschlichen Eingriff dazu bringt, die HL auf 4,2 bar abzusinken und führt zu einer Transaktion im PL. Der Bpb bestätigt ebenfalls durch eine Transaktion.

4. Durchgängigkeit prüfen:

Der Beginn der Durchgängigkeitsprüfung wird als Transaktion gespeichert, das Öffnen des HL-Hahns am letzten Wagen erfolgt durch den Bpb. Das Absinken der HL im Tfz wird ebenfalls als Transaktion im PL hinterlegt.

Der Ablauf der PL-basierten BP ist in Bild 4 dargestellt. Im Anschluss an die BP kann ein SC beispielsweise die Bremsberechnung auf Grundlage der im PL hinterlegten Wagen- und Bremsgewichte anstoßen.

4. Fazit

Im Hinblick auf noch längere Güterzüge, über die 740 Meter Grenze hinaus, muss der Bahnbetrieb überdacht werden und resultierend durch technische Unterstützung eine sichere Betriebsgrundlage bieten. Da es hierbei zu einer niedrigeren Verfügbarkeit bei den Bremsproben kommen kann, bedingt durch die längeren Wege, sollten sichere technische Unterstützungen untersucht und in Betracht gezogen werden.

Die Betrachtungen haben gezeigt, dass die vereinfachte BP mit nur einem Bpb in

Summary

Operational-technological innovation approaches for brake tests after process change

Testing the process change of a simplified brake test, some statements on availability, security and economic efficiency of the current directive version can be made. Some more-in-depth analysis show how providing technical assistance for the brake test can strengthen the innovation potential and further improve the individual factors.

der aktuellen Fassung einen sicheren Bahnbetrieb in Bezug auf die Überprüfung der Bremse bietet. Um dennoch eine erhöhte Verfügbarkeit zu erreichen, müssen technische Unterstützungen in die Durchführung der vereinfachten und vollen BP miteinbezogen werden. Diese müssen in den Bahnbetrieb integrierbar sein und mindestens die gleiche Sicherheit bieten können, um die vereinfachte und möglicherweise auch die volle BP in der aktuellen Fassung nur noch als Rückfallebene zu verwenden. •

Literatur

- [1] Eisenbahn-Bundesamt, Untersuchungsbericht: Zusammenstoß der Güterzüge IRC 51219 und KC 62848 im Bahnhof Bad Münster am 09.09.2002 um 20:44 Uhr. Hannover Internet 2018-08-24 (https://www.eisenbahnunfalluntersuchung.de/SharedDocs/Downloads/EUB/Untersuchungsberichte/aelter/001_Bad_Muender.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
- [2] Eisenbahn-Bundesamt, Untersuchungsbericht: Entgleisung des Güterzuges 50002 im Bahnhof Osnabrück Hauptbahnhof am 17.03.2004 um 23:31 Uhr. Hannover Internet 2018-08-24 (https://www.eisenbahnunfalluntersuchung.de/SharedDocs/Downloads/EUB/Untersuchungsberichte/aelter/006_Osnabrueck.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
- [3] VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (Hrsg.): VDV-Schrift 757: Richtlinie 915.01. Bremsen im Betrieb bedienen und prüfen. Karlsruhe: DB Kommunikationstechnik GmbH, 2016.
- [4] Wingens, Niklas, Betrieblich-technische Lösungsansätze zum Ausgleich des Mehraufwands durch Änderung der Bremsprobe, Bachelorarbeit, 2018.
- [5] Patrick Dober, SBB Cargo – auch dank technischer Innovationen in eine kombinierte Zukunft. In: ETR SWISS (April 2015), Nr. 4, S. 67 – 68.
- [6] Tamara Ritter: Die automatische Bremsprobe macht das Trio komplett. Internet 2018-08-24 (<https://blog.sbbcargo.com/31156/serieautomatische-bremsprobe/>).
- [7] SBB Cargo: Kommunikation im Güterzug – Mercitalia Rail als neue Partnerin gewonnen. Internet 2018-08-24 (<https://blog.sbbcargo.com/33173/kommunikation-im-gueterzug/>).
- [8] Enning, Manfred und Pfaff, Raphael, Güterwagen 4.0 – Der Güterwagen für das Internet der Dinge. Teil 1: Gesamtsystembetrachtung und grundlegendes Konzept, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 2017, 66(1/2) S. 12 – 16.
- [9] Pfaff, Raphael und Enning, Manfred Güterwagen 4.0 – Der Güterwagen für das Internet der Dinge. Teil 2: Ausgewählte technische Aspekte und Prozesse, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 2017, 66 (5), S. 74 – 77
- [10] Schmidt, Bernd D. und Enning, Manfred und Pfaff, Raphael, Güterwagen 4.0 – Der Güterwagen für das Internet der Dinge. Teil 3: Einführungsszenarien für aktive, kommunikative Güterwagen, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 2018, 67 (5), S. 60 – 64.