



informer

JULI 2017 – DAS KUNDENMAGAZIN
DER KNORR-BREMSE GRUPPE
HEFT
45
SYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

NEWS

Kiepe Electric GmbH

Portfolioerweiterung um elektrische Antriebsausrüstungen

KUNDEN + PARTNER

Training Academy

Lernen vom Marktführer

PRODUKTE + SERVICES

Neue Generation

Ölfreie Kompressoren
VV-T 2.0

KNORR-BREMSE



inhalt



editorial

- 03** Dr. Peter Radina
Mitglied der Geschäftsführung,
Knorr-Bremse Systeme für
Schienenfahrzeuge GmbH

news

- 04** Aktuelle Meldungen

spotlight

- 08** Neues Entwicklungszentrum von
Knorr-Bremse

kunden + partner

- 10** Knorr-Bremse RailServices Training Academy
12 IFE-Türsysteme: Einbaubeispiele bei DB Regio AG,
Metro Moskau und Citadis Straßenbahnen
14 iCOM Monitor: „App-Plattform“ für
die Bahnbranche

- 16** Neue Siemens VELARO TR Hochgeschwindigkeits-
züge für die Türkei
18 Zugsteuerungssysteme von Selectron für den
russischen GOST-Markt
20 Knorr-Bremse als Teil der europäischen
Technologieinitiative „Shift2Rail“

produkte + services

- 22** Lauftechniküberwachung: Erweiterung der
Entgleisungsdetektion für Anwendungen auf
festen Fahrbahnen
24 UIC-Zulassung für Kleinsteuventil KKLII
26 Drahtlose Zugsteuerungstechnik von Selectron
28 Ölfreie Kompressoren der neuen Generation
30 Moderne Lackieranlage im IFE-Produktionswerk
Brünn
32 Systemhaus und Friction-Vollsortimenter:
Optimale Reibpaarung mit Knorr-Bremse
34 Verbesserte Türantriebe von Technologies Lanka

Liebe Leserin, lieber Leser,

auf 2,6 Prozent beziffert die UNIFE, der Dachverband der europäischen Eisenbahnindustrie, das jährliche Wachstum des weltweiten Schienenverkehrsmarkts bis zum Jahr 2021. Für Westeuropa rechnet sie sogar mit 3,1 Prozent. Keine der großen Weltregionen wächst schneller. Die Zunahme gelingt, weil sich die Hersteller und Zulieferer der Branche mit dem Status quo nicht zufriedengeben. Weil sie Grenzen des vormals technologisch Möglichen immer ein Stückchen weiter hinausschieben und damit das Fundament für solch solides Wachstum legen.

Dies ist auch die Maxime hinter der europäischen Technologieinitiative „Shift2Rail“. Im September startet ihr nächstes Arbeitsprogramm, „PIVOT“. Fahrzeugbauer und Systemlieferanten, aber auch Unternehmen aus der Schienenverkehrsinfrastruktur sowie Kompetenzzentren bündeln darin ihr spezifisches Know-how. Knorr-Bremse ist stolz darauf, einmal mehr Teil dieser hochkarätigen Mannschaft zu sein. Das Unternehmen leitet den „Technology Demonstrator Brakes“. Was die Ingenieure und Entwickler konkret im Blick haben, ist Teil dieser Informer-Ausgabe.

Dass Knorr-Bremse sich an der Initiative derart exponiert beteiligen kann, liegt auch an umfangreichen Investitionen in seine Entwicklungsinfrastruktur. Aktuellstes Leuchtturmprojekt: das neue Entwicklungszentrum in München. Vor etwa einem Jahr nahm Knorr-Bremse es in Betrieb. Die Tätigkeiten reichen von der Grundlagenentwicklung bis zur schlussendlichen Erprobung und Homologation konkreter Entwicklungen – aber lesen Sie selbst.

Leuchtturmcharakter haben auch weitere Projekte dieser Ausgabe. Zum Beispiel das System iCOM. Es monitort die Zustände von Schienenfahrzeugen und unterstützt Betreiber so bei einer möglichst vorausschauenden und damit kostengünstigen Instandhaltung. Während diese „App“-Plattform für die Bahnbranche bereits in mehreren europäischen Anwendungen erfolgreich unterwegs ist, macht Knorr-Bremse nun den nächsten Schritt: Es nimmt zusätzliche Subsystemlieferanten von Schienenfahrzeugen mit an Bord, um den Nutzen für Betreiber nochmals zu vergrößern.

Ganz im Sinne der Sicherheit ist der Entgleisungsdetektor E-EDT3. Er befindet sich bei Knorr-Bremse derzeit in der Validierung. Hintergrund sind die zunehmend verbauten festen Fahrbahnen mit keinen oder nur begrenzt ausgeprägten Schwellen. Bisherige Detektoren sind hierfür nur bedingt geeignet – deshalb schafft Knorr-Bremse mit einem ergänzenden Algorithmus Abhilfe.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Zeit mit dieser Ausgabe.

Ihr


Dr. Peter Radina

Dr. Peter Radina,
Geschäftsführung Knorr-Bremse
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

EINE INFORMATION
FÜR KUNDEN UND PARTNER
VON KNORR-BREMSE

IMPRESSUM

Herausgeber: Knorr-Bremse
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
Marketing: Katharina Bachem
Moosacher Straße 80
80809 München
Deutschland
Tel. +49 89 3547-0
Fax +49 89 3547-2767
www.knorr-bremse.com

Realisation: KB Media GmbH, Carina Smid
Layout, Grafik: KB Media GmbH, Sylvie Bohnet
Text: Thorsten Rienth
Druck: Pera Druck GmbH

 **KNORR-BREMSE**

 **IFE**
Innovations
for
Transport Systems

 **merak**

 **Meredith Scientific**

 **POWERTECH**

 **Selectron**

 **KIEPEELECTRIC**

 **NEW YORK AIR BRAKE**

 **WESTINGHOUSE**
platform screen doors

ZELISKO

 **RAILSERVICES**
Rail Services

E-MZ-0001-DE

Alle Angaben erfolgen unter Vorbehalt der Änderung. Eine gedruckte Fassung dieses Dokuments entspricht daher möglicherweise nicht dem aktuellen Stand. Um die jeweils aktuelle Fassung zu erhalten, kontaktieren Sie bitte eine Knorr-Bremse Vertretung in Ihrer Nähe oder besuchen Sie unsere Website www.knorr-bremse.com. Die Bildmarke „K“ und die Marken KNORR und KNORR-BREMSE sind eingetragene Rechte der Knorr-Bremse AG. Copyright 2017 © Knorr-Bremse AG – alle Rechte vorbehalten einschließlich angemeldeter gewerblicher Schutzrechte. Knorr-Bremse AG behält sich jegliche Verfügungsgewalt über Vervielfältigungen und Übertragungen vor.



In die Kurven gelegt

Avelia Liberty@Alstom.

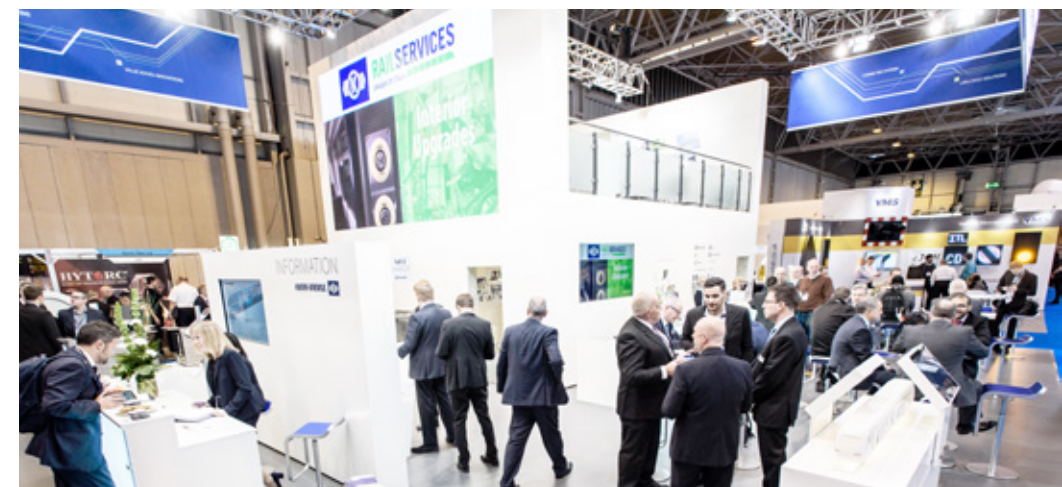
Knorr-Bremse entwickelt die Bremssysteme für das erste High-Speed-Projekt von Alstom in den USA. Mit den 28 Elfteilern aus der Avelia Liberty Plattform ersetzt der Bahnbetreiber Amtrak seine aktuellen Hoch-geschwindigkeitsfahrzeuge auf dem Northeast Corridor (NEC) zwischen Washington D.C. und Boston.

An der Auslegung der neuen Bremssysteme sind Knorr-Bremse Teams auf beiden Seiten des Atlantiks beteiligt. Die Festlegung der finalen Designspezifikationen – der Design Freeze – steht kurz bevor. Parallel beschafft die Knorr Brake Company in Westminster im US-Bundesstaat Maryland die Fertigungsausrüstung. Auf den Prototypen im Jahr 2018 folgt dann ein extrem schneller Ramp-up der Serienauslieferungen: Im Jahr 2020 sollen sie beginnen und schon im Folgejahr abgeschlossen sein. Hergestellt in Westminster liefert Knorr-Bremse seine Systeme direkt ins rund 300 Kilometer entfernte Hornell, New York, zum Alstom-Fertigungsstandort. Weitere Bestandteile des Vertrags sind die Service-Vereinbarung über die Bremssysteme mit einer Laufzeit von mindestens 15 Jahren sowie die Lieferung von Ersatzteilen und Spezialwerkzeugen.

Zunächst ist für die Züge eine Höchstgeschwindigkeit von 257 km/h (160 mph) vorgesehen, 17 km/h mehr als bei den Vorgängern – ausgelegt sind sie jedoch aktuell auf eine Spitzengeschwindigkeit von 320 km/h (200 mph). Ein zusätzlicher Effekt für kürzere Reisezeiten kommt von der neuen Neigetechnik. Mit einem Winkel von bis zu sieben Grad können sich die neuen Züge in die Kurven legen – und müssen dadurch vorher weniger stark abbremsen.

Erfolgsgeschichte „Acela Express“

Als der „Acela Express“ im Jahr 2002 den Betrieb aufnahm, waren mit ihm im Jahresverlauf rund 2,5 Millionen Passagiere unterwegs. Im Jahr 2015 stiegen bereits 3,5 Millionen Gäste ein. Amtrak zufolge liegen ein Drittel der Arbeitsplätze in der Region innerhalb von acht Kilometern (fünf Meilen) eines „NEC“-Bahnhofs. Von dort aus bestehen zahlreiche Anschlüsse an den Regional- und Nahverkehr. Aus dem Ostküsten-Verkehrsmix ist der „Acela Express“ daher nicht mehr wegzudenken.



Eindrücke von der „Railtex“.

Erfolgreiches Messehalbjahr

Die „Railtex“ gilt als führende britische Messe für Ausrüstung, Produkte und Services im Schienenverkehr. Im zweijährigen Turnus bringt sie in Birmingham Entscheider, Ingenieure und Einkäufer aus der Branche zusammen. Auf der diesjährigen Leistungsschau (9. bis 11. Mai) gehörte Knorr-Bremse zu den größten Ausstellern. Schwerpunkt des Messeauftritts stellte das Thema „Connected Systems“ und das Knorr-Bremse Portfolio dar, die Vernetzung von

Subsystemen sowie die sich daraus ergebenden Kundenvorteile. Wesentliche Vorteile sind hierbei kompromisslose Sicherheit, höchste Zuverlässigkeit und niedrige Lebenszykluskosten. „Virtual Reality“-Elemente erläuterten zudem die Potenziale von Fahrzeugmodernisierungen. Weitere wichtige Messestationen von Knorr-Bremse im ersten Halbjahr: die Eurasia Rail Anfang März in Istanbul sowie im Mai die Eurobrake in Dresden und das UITP Summit in Montreal.



RZD-Auszeichnung für hervorragende Zusammenarbeit für Vladimir V. Rutkas.

Drei RZD-Awards aus Russland

Zuerst erhielt das KAB60-Steuerventil der russischen Tochtergesellschaft „Knorr-Bremse 1520“ die Auszeichnung „Best in Quality, Components for Rolling Stock and Infrastructure“ der JSC Russian Railways. Anlass war die Leistungsfähigkeit des speziell auf die Anforderungen des GOST-Standards hin ausgelegten Ventils sowie sein Beitrag zur Senkung der Lebenszykluskosten. Es folgte der „Red Star Award“ für die exzellente Qualität der vom St. Petersburger Standort durchgeführten Tätigkeiten und gelieferten Produkte. Schließlich erhielt Vladimir V. Rutkas, Präsident der Knorr-Bremse CIS Holding, die RZD-Auszeichnung für hervorragende Zusammenarbeit.



Modernisierung: RailServices peilt erstmals Fahrzeugzulassung nach TEIV an

Knorr-Bremse RailServices stattet gerade ein Desiro Classic Fahrzeug der DB Regio mit einem neuen Bremssystem aus. So weit, so normal – erstmals aber strebt RailServices eine Zulassung auf Fahrzeugebene gemäß der Transeuropäischen-Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung (TEIV) an.

RailServices Engineering in München und Krakau übernimmt bei dem Projekt neben Modernisierungskonzept, Auslegung und Umbau auch das komplette Zulassungsmanagement mit dem Ziel der schlussendlichen Inbetriebnahmegenehmigung des modernisierten Fahrzeugs. DB Regio erhält folglich das gesamte Modernisierungspaket aus einer Hand. Aktuell laufen die Test- und Zulassungsfahrten, anschließend folgt die konkrete Nachweiserstellung. Die Ausstellung der Inbetriebnahmegenehmigung ist für das vierte Quartal 2017 vorgesehen.



Benjamin Kumpfe und Dr. Matthias Stein von RailServices vor dem Eisenbahn-Bundesamt.



Abruf Stuttgarter Netze.

Systeme für neue Talent 3-Züge

Wenn ab dem Jahr 2019/2020 Fahrgäste im Neckartal zwischen Stuttgart und Mannheim sowie Heilbronn unterwegs sein werden, ist an den neuen Talent 3-Regionaltriebzügen von Bombardier auch Knorr-Bremse mit an Bord. Im Februar unterschrieben die Unternehmen die Rahmenvereinbarung zur Lieferung von Bremssteuerung, Drehgestellausrüstung inklusive Magnetschienenbremsen, Sandungssystemen sowie Luftversorgungsanlagen mit ölfreiem VV120-T-Kompressor für die neue Fahrzeuggeneration. Für jederzeit klare Sicht nach vorne setzt Bombardier zusätzlich auf innovative Scheibenwisch- und -waschsysteme aus dem Hause Knorr-Bremse.

Ein erster Abrufauftrag über 43 Züge in 3-teiliger und 5-teiliger Konfiguration für das Stuttgarter Netz mit dem Betreiber Abellio liegt bereits vor. Einen weiteren Abruf aus der Plattform sicherte sich Bombardier vom Betreiber vlexx für das E-Netz SAAR, bei dem die neuste Generation des VV120-T 2.0 zum Einsatz kommen wird.



Abruf E Netz Saar.



Straßenbahn in Chemnitz.



Neuerscheinung „Schienenbremsen – Track Brakes“.

Neuerscheinung: „Schienenbremsen – Track Brakes“

Die Knorr-Bremse Publikation „Schienenbremsen – Track Brakes“ ist in der zweiten Auflage erschienen. Das unverzichtbare Nachschlagewerk aus dem Jahr 2004 wurde detailliert überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht. Das Buch ist in deutscher und englischer Sprache verfasst und ab sofort über die Fachbibliothek von Knorr-Bremse (http://www.knorr-bremse.de/de/railvehicles/downloads/libraries/library_railvehicles.jsp) bestellbar.

Portfolioerweiterung um elektrische Antriebsausrüstungen

Kiepe Electric GmbH ist ein weltweit tätiger Anbieter elektrischer Systeme für die führenden Schienenfahrzeug- und Bushersteller – und seit Ende Januar Teil des Knorr-Bremse Konzerns. „Wir gehen mit der Übernahme den nächsten konsequenten Schritt in der erfolgreichen Entwicklung unseres Geschäfts“, sagte Klaus Deller, Vorstandsvorsitzender von Knorr-Bremse und zustän-



Gleitschutz für ältere Schienenfahrzeuge

Auf Schienen liegendes Laub ist besonders bei älteren Fahrzeugen ein ernsthaftes Problem, so auch bei den Class 156-, 150/2-, 155- und 153-Einheiten des Flotteneigentümers Porterbrook. Sie stammen aus den 1980er sowie 1990er Jahren und sind daher noch nicht mit Gleitschutzsystemen (WSP) ausgestattet. Beim Bremsen auf Herbstlaub waren oft Flachstellen die Folge, die aufwendig beseitigt werden mussten. Im vergangenen Herbst rüstete Knorr-Bremse das Gleitschutzsystem am ersten Class 156-Fahrzeug nach. Die Ausstattung der verbleibenden Flotte soll noch vor Beginn der Laubsaison 2017 abgeschlossen sein.

Schienen mit Herbstlaub.



Geschäftsleitung Kiepe Electric GmbH (v. l.): Ulrich Laue, Dr. Rainer Besold und Jürgen Völkner.

dig für die Division Systeme für Schienenfahrzeuge. „Für unsere Kunden stehen vor allem die technologischen Vorteile durch die Vernetzung der Subsysteme im Vordergrund.“ Neben der umweltfreundlichen Antriebstechnik für Straßenbahnen, U-Bahnen und Regionalbahnen ist Kiepe Electric auf die Modernisierung von Schienenfahrzeugen spezialisiert.

Mit der Übernahme erweitert Knorr-Bremse aber auch sein Angebot im Bereich Systeme für Nutzfahrzeuge: Für umweltfreundliche Antriebstechnik steht Kiepe Electric auch im Bereich der Batterie-, Hybrid-, Wasserstoff-, Trolley- und In-Motion-Charging-(IMC-) Busse. Dank effizienter Lösungen und ökologisch nachhaltiger Konzepte für einen emissionsreduzierten öffentlichen Verkehr erschloss sich Kiepe einen internationalen Kundenkreis.

spotlight

Zukunft technologisch gestalten

Das vor einem Jahr in Betrieb genommene Entwicklungszentrum des Knorr-Bremse Konzerns in München ist die größte Einzelinvestition der Unternehmensgeschichte. Profiteure sind die Kunden.

Fünf Etagen ist es hoch, fast 17.000 Quadratmeter misst seine Fläche, 350 Arbeitsplätze für Ingenieure und Techniker sind darin beherbergt. Zur „Skyline“ von Knorr-Bremse in München gehört das neue Entwicklungszentrum mittlerweile ebenso dazu wie das geschichtsträchtige Hauptgebäude der Knorr-Bremse AG. Bauabschnitt für Bauabschnitt war die interdisziplinäre Ideenschmiede und Plattform der Knorr-Bremse Systemkompetenz nach der Grundsteinlegung im April 2014 gewachsen. Hier arbeiten Ingenieure und Techniker aus beiden Divisionen – Systeme für Schienenfahrzeuge und Systeme für Nutzfahrzeuge – zusammen. Mit dieser Bündelung von Know-how rund um die Bremssysteme nutzen wir Synergien und schaffen Mehrwert für unsere Kunden. Insgesamt 90 Mio. Euro hat Knorr-Bremse in das Entwicklungszentrum investiert, das Bayerns Ministerpräsident Seehofer bei seiner feierlichen Eröffnung vor knapp einem Jahr als „Ankerinvestition für den Standort Bayern“ bezeichnete.

Bewertungen wie diese liegen allen voran an den 100 hochmodernen Prüfständen und Testeinrichtungen, die Knorr-Bremse dort für Erprobung und Qualitätssicherung zusammenführt. Die Bandbreite ist dabei riesig. Sie reicht von der Grundlagenforschung bis zur schlussendlichen Erprobung und Homologation konkreter Entwicklungen. Kurz: Knorr-Bremse schafft damit die langfristige Basis, seine Kunden in puncto Produkt- und Betriebssicherheit sowie bei der Einhaltung strenger gesetzlicher Vorgaben zu unterstützen.

Testen, entwickeln, validieren, zulassen

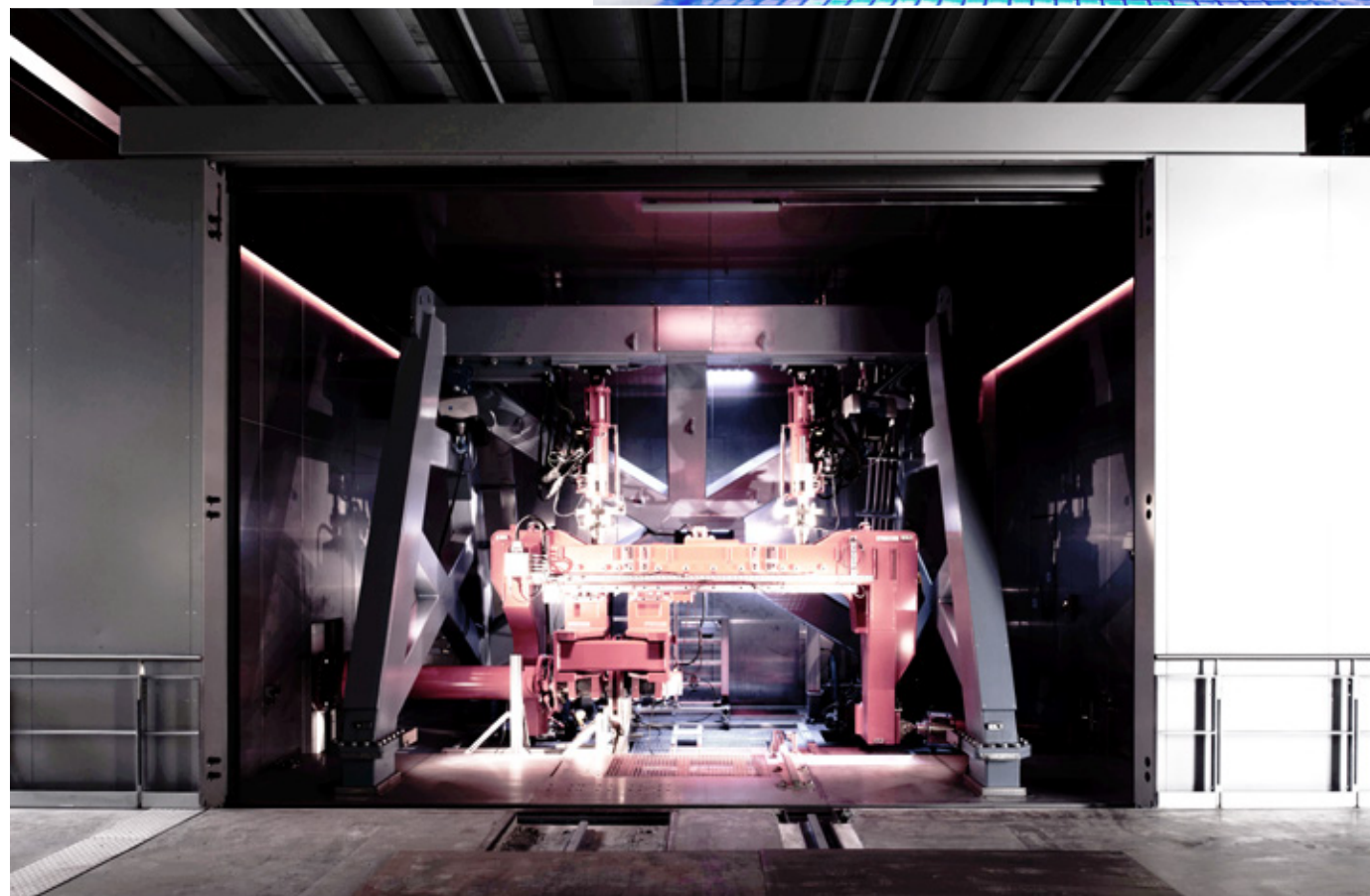
Technischer Leuchtturm ist der 15 Meter hohe und 760 Tonnen schwere ATLAS-Prüfstand (Advanced Test Laboratory for Adhesion

based Systems). Er simuliert die Fahrt auf Schienen für Laufräder, Radsätze oder Drehgestelle bei Geschwindigkeiten von bis zu 350 Stundenkilometern. Dabei deckt er alle Spurweiten und Standards ab sowie verschiedenste Umgebungsbedingungen wie Regen und Fahrtwind. Nicht weniger anspruchsvoll ist der Universelle Zugprüfstand (UZP). Er simuliert das Bremsverhalten von kompletten Personen- und Güterzügen mit bis zu 208 Wagen und mehr als drei Kilometer Länge. Wie zu einer großen Spirale ist die Hauptluftleitung des Zuges dazu „aufgewickelt“. Das modulare elektrohydraulische Prüffeld (MeP) simuliert die mehrdimensionale Belastung von Bauteilen zur Absicherung gegen Rissbildung und Bruch. Klimakammern ermöglichen zudem Temperaturtests von -70° bis +90° Celsius.

Selbst ausgefeilte Konzepte lassen sich dank dieser Infrastruktur besonders rasch validieren. Versuche am Prüfstand verringern zudem

den Aufwand für Tests an ganzen Fahrzeugen. Beides hilft enorm dabei, auf vielfältigste Weise die Total Cost of Ownership von Fahrzeugen zu senken sowie immer kürzere Time-to-Market auf immer höheren technologischen Leveln zu realisieren. Beispielsweise beim punktgenauen Abbremsen von Zügen unabhängig von Beladungszuständen oder Witterungseinflüssen: So entsteht Mehrwert hinsichtlich kürzerer Taktzeiten und einer verbesserten Pünktlichkeit. Oder beim Thema Reibmaterialien: Sie will Knorr-Bremse weiter optimieren – für noch weniger Verschleiß und Lärmemissionen im Betrieb. Damit wird das Entwicklungszentrum auch eine ganz direkte und nachhaltige Investition für Fahrzeugbauer, Betreiber, Passagiere und Anwohner von Bahnstrecken.

Nachhaltig ist im Übrigen auch das Energiekonzept des Gebäudes: Es nutzt die Abwärme der Prüfstände auch gleich für die Klimatisierung.



Prüfstand ATLAS (Advanced Test Laboratory for Adhesion based Systems).

Der Universelle Zugprüfstand (UZP).



Begegnung, Kommunikation, Austausch.

Am Universellen Zugprüfstand kann das Bremsverhalten von kompletten Personen- und Güterzügen simuliert werden.



kunden + partner

Lernen
vom
Marktführer

Krakau, Polen.



Schulungsmaßnahme bei Knorr-Bremse (Bild oben). | Trainingsmodul bei IFE (Bild unten).



Technische Kundens Schulung bei Knorr-Bremse.

Weil sich aber die Eisenbahnbranche in stetigem Wandel befindet, entwickelt Knorr-Bremse auch sein Trainingsprogramm kontinuierlich weiter.

Flexibilität und Nachhaltigkeit der Qualifizierungsmaßnahmen zählen aktuell zu den wichtigsten Bedürfnissen von Betreibern. Dies ergab eine umfangreiche Kundenbefragung, die in Zusammenarbeit mit der weltweiten Vertriebsorganisation durchgeführt wurde.

Kundentrainings müssen sich an den individuellen Kundenbedürfnissen ausrichten. Weil diese sich im Laufe der Zeit ändern, hat Knorr-Bremse sein Qualifizierungskonzept neu ausgerichtet. Im polnischen Krakau ist nun die erste lokale Initiative daraus an den Start gegangen: die „Knorr-Bremse RailServices Training Academy“.

Trainings von Knorr-Bremse bedeuten den Übertrag der erstklassigen Qualität und Flexibilität seiner Produkte auch auf die Qualifizierung der Kunden. Einheitliche Trainings-Standards und -Prozesse werden bei Knorr-Bremse Rail zentral durch den Bereich Supply Chain & Service Operations konzipiert und implementiert, um den hohen Knorr-Bremse Qualitätsanspruch weltweit zu erfüllen. Hochqualifizierte Trainer mit internationaler Erfahrung und lokaler Kompetenz garantieren Knorr-Bremse Produkt- und Systemtrainings auf dem neuesten Stand der Technik direkt durch den Hersteller. Der modulare Aufbau ermöglicht die individuelle Anpassung an die Bedürfnisse von Betreibern und Herstellern. Die ausgewogene und aufgabenorientierte Mischung aus modernem E-Learning und klassischem Training, inklusive praktischer Übungen an Originalsystemen und -Fahrzeugen, sichert ein Höchstmaß an nachhaltiger Wissensvermittlung.

Flexible Trainings mit echtem Mehrwert

Am Grundsatz, mit erweitertem Produkt- und Systemverständnis Servicestandards zu erhöhen und so die Verfügbarkeit der Fahrzeuge zu verbessern, wird sich auch in Zukunft nichts ändern.

Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, treibt Knorr-Bremse die Differenzierung und Modularisierung des Trainingsangebots voran. Gleichzeitig sollen neue Trainingslösungen mit „Virtual Reality“-Elementen, Simulationen, E-Learning-Modulen und Erklärvideos die methodische Bandbreite erweitern. Daraus ergibt sich eine realitätsnahe und jederzeit abrufbare Wissensvermittlung für die Teilnehmer, beispielsweise mit der neuen Generation der Bremstechnologie-Trainings.

Knorr-Bremse setzt dabei im Sinne des höchstmöglichen Kundennutzens zudem auf die Vernetzung mit anderen Trainingsanbietern. „Wir sehen in unserem Trainingsprogramm auch eine Qualifizierungsplattform, die dem effektiven Know-how-Transfer zwischen den verschiedenen Akteuren im Eisenbahngeschäft dient und dabei echten Mehrwert für die Betreiber generiert“, erklärt Projektleiter Tobias Zorn. „Wir zielen ganz klar darauf ab, RailServices auch bei den Kundentrainings als ‚Partner of Choice‘ zu etablieren.“

„Training Academy“-Start in Krakau

Eine erste lokale Initiative dieser Neuausrichtung ist die Eröffnung der „Knorr-Bremse RailServices Training Academy“ im polnischen Krakau, die ein Programm von offenen Qualifizierungsmaßnahmen etabliert. Hier werden aktuell vier speziell konzeptionierte Kompakttrainings aus dem Themenbereich Schienenfahrzeugbremssysteme angeboten: pneumatische Bremse, elektropneumatische Bremse, Luftversorgungseinheit und Bremssteuerungseinheit. In Vorbereitung befinden sich bereits weitere Module, zum Beispiel zur Bremsleitungssteuerung, zur Drehgestellausrüstung sowie zu hydraulischen Bremsen, mit denen das Portfolio zeitnah ausgebaut wird.



DB Regio Doppelstockwagen.



Einbau iCOM in einen DB Regio Doppelstockwagen.

Instandsetzungen voranmelden

Die Applikation iCOM Monitor überwacht den Zustand von 24 elektrischen E3-Schwenkschiebetüren in Doppelstockwagen der DB Regio AG. Die gesammelten Daten des Probeinbaus sind Grundlage der Algorithmen hinter künftigen Prognosen zur kosteneffizienten Instandhaltung.

Manche Systeme werden im Betrieb so stark beansprucht, dass sie vergleichsweise früh auszufallen drohen. Andere lassen Betreiber dagegen sicherheitshalber austauschen, obwohl noch nutzbare Restlebensdauer vorhanden wäre. Die tatsächlichen Zustände zuverlässig zu detektieren, ist Ziel des aktuellen Entwicklungsprojektes von Knorr-Bremse, IFE und der DB Regio AG.

Da sich eine Ableitung der Algorithmen lediglich aus den Öffnungs- und Schließzeiten der Türen bereits in der Vergangenheit als nicht ausreichend herausgestellt hatte, wurden eine Reihe an Parametern hinzugefügt.

Für die Algorithmen hinter künftigen Instandhaltungsprognosen bündeln die Projektpartner nun ihr Know-how. Knorr-Bremse und IFE steuern ihr detailliertes Produkt- und Systemwissen bei, die DB Regio AG ihre umfangreiche Betriebskenntnis. Beides ist nötig, um die Kausalität von aufgezeichneten Datenmustern und definierten Komponenten- sowie Systemzuständen sicherzustellen. Genau dies ist der zentrale Zweck von iCOM Monitor: Der Zustand des Systems wird überwacht und Wartungsbedarfe vorgemeldet. Der Betreiber kann dann alle nötigen Schritte proaktiv einleiten.



Citadis der Generation X04 in Toulouse (Frankreich).



Palastarchitektur einer Metro-Moskau-Station (oben).

Innenansicht Metro Moskau mit IFE Einstiegssystem (unten).

Meilensteine für Einstiegssysteme

Bei der Moskauer Metro knackte IFE jüngst die Marke von 10.000 gelieferten Türsystemen. Für 2000 Citadis Straßenbahnen wurden in den vergangenen rund 15 Jahren mehr als 25.000 Türsysteme verkauft.

Ihre älteren Stationen im Stadtzentrum sind geschmückt wie irdische Kathedralen. Zusammenaddiert summieren sich die Linien der Moskauer Metro auf inzwischen etwa 350 Kilometer. Auf einigen von ihnen sind die Züge in der Rushhour im 90-Sekunden-Takt unterwegs – höchste Zuverlässigkeit ist also angesagt, wenn es um die Anforderungen an die Einstiegssysteme geht. Mit den gelieferten IFE-Systemen erfüllt Knorr-Bremse diese höchsten Anforderungen, denn regelmäßig verlangen Fahrzeugbauer und Betreiber bei den neuen Fahrzeugabrufen nach ihnen. So konnte nun das 10.000ste Türsystem geliefert werden.

Die Produktion für den Waggonbauer aus dem Transmashholding Konzern Metrowagonmash ist teilweise lokalisiert. Die Rohflügel liefert IFE an die Partnerfirma PTS/CIT nach Mytischti im Moskauer Nordosten. Dort erfolgen Lackierung, Verglasung, Montage und seit kurzem auch die Lieferlogistik der Gesamtsysteme. In diesem

Jahr startet zudem die Auslieferung der Türsysteme für die neue Metro-Serie 765. Sie sind nun mit dem elektrischen RLS-Antrieb und einer optischen Statusanzeige mittels LED-Leiste im Türflügel ausgestattet.

Vier Fahrzeuggenerationen, über 70 Projekte

Eine vergleichbare Erfolgsgeschichte ist die der Türsysteme für die Alstom-Straßenbahnen vom Typ Citadis. Mit einem Auftrag aus dem Januar ist IFE mittlerweile in vier Citadis-Fahrzeuggenerationen und über 70 Projekten vertreten. In Summe sind dies – inklusive offener Aufträge – Türsysteme für 2.000 Straßenbahnen.

IFE belieferte die Citadis-Familie von Beginn an mit seinem meistverkauften Türsystem, der RLS-Familie, in den Entwicklungsschritten von Klassik bis RL2 sowie den relevanten Steuerungsgenerationen von PMC über MDC bis zukünftig FLEX-Steuerungen.

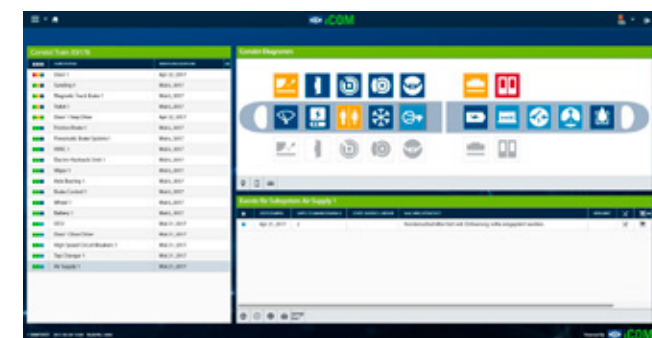
„App“-Plattform für die Bahnbranche



Nutzung des iCOM Monitors vor Ort.



Im Dashboard alle wichtigen Informationen auf einen Blick.



Subsystemübersicht im Back Office.

Je mehr Subsystemzustände iCOM monitort, desto umfangreicher wird der Mehrwert des Systems für Betreiber. Knorr-Bremse nimmt deshalb gerade weitere Subsystemlieferanten von Schienenfahrzeugen mit an Bord.

Der niederländische Betreiber NedTrain überwacht mit der iCOM Applikation iCOM Monitor die Zustände von Kompressoren. Die DB Regio AG behält mit ihr die elektrischen E3-Schwenschiebetüren von Doppelstockwagen im Auge. Eine Pilotinstallation zur Überwachung hydraulischer Bremssysteme ist in einer Straßenbahn der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) unterwegs. Bei diesen Beispielen handelt es sich um drei von mehreren derzeit laufenden iCOM-Einsätzen im europäischen Schienenverkehr.

„Unser Ziel ist allerdings, iCOM über solche inzwischen bekannte Einsatzgebiete hinaus zu erweitern“, erklärt Dirk Seckler, Vertriebsleiter bei Knorr-Bremse RailServices. „Im Sinne eines wirklich ganzheitlichen Condition-Based-Maintenance-Ansatzes wollen wir weitere Subsystemlieferanten an das System andocken.“ iCOM geht damit den nächsten Schritt zur „App“-Plattform der Bahnbranche.

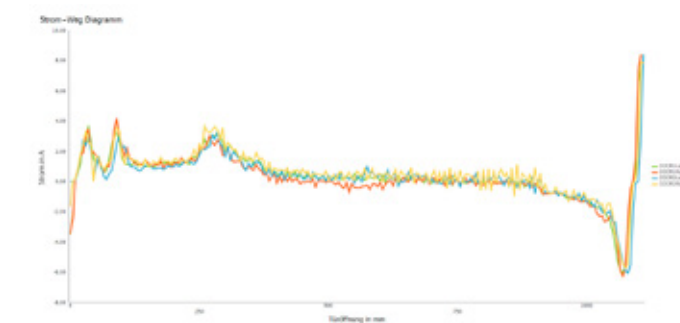
Neue strategische Entwicklungspartnerschaften

Die wichtigste Voraussetzung hierfür ist bereits mit der Architektur von iCOM gegeben: Als erstes derartiges System im Eisenbahnsektor verwendet es einen offenen Standard. So lässt es sich nicht nur mit Funktionalitäten in Form von Applikationen auf spezifische Kundenanforderungen erweitern, sondern macht eben auch Subsysteme jenseits der ureigenen Knorr-Bremse Systeme integrierbar. „Wir gehen dazu aktiv auf aus unserer Sicht interessante Hersteller zu“, berichtet Seckler. „Gleichzeitig sind wir offen für Subsystemlieferanten, die in Knorr-Bremse einen attraktiven Partner bei der Industrialisierung der Zustandsüberwachung ihrer Produkte sehen.“

Vor diesem Hintergrund sind bei Knorr-Bremse unlängst mehrere strategische Entwicklungspartnerschaften gestartet: Mit führenden Herstellern aus den Bereichen Brandschutz-, Kupplungs-, Kugellagersystemen wurden bereits strategische Partnerschaften geschlossen oder sind in Vorbereitung. Der Vorteil aus Betreiber-sicht: Je mehr Subsysteme er mit einem einheitlichen System überwachen kann, desto größer ist sein Benefit.

Erzeugte Daten gewinnbringend einsetzen

Wo immer produkt- und betriebsbezogene Daten erzeugt werden, bestehen bei Herstellern Bedenken über die Eigentümerschaft. „Unser Ziel ist es, diese Daten gemeinsam zu nutzen, um den größtmöglichen Kundennutzen zu erzielen“, so Dirk Seckler.



Motorstrom-Kennlinie von einer durchschnittlichen Türöffnung.



Mit Tempo durch die Berge

Im Januar nahm die staatliche türkische Eisenbahngesellschaft TCDD den Betrieb mit ihren neuen VELARO TR-Hochgeschwindigkeitszügen auf. Wenn es – wie in diesem Fall – schnell gehen muss, spielen Plattformprojekte einfach ihre Vorteile aus.

Sieben achteilige VELARO-Hochgeschwindigkeitszüge orderte die staatliche türkische Eisenbahngesellschaft TCDD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları) bei Siemens. Die Bestellung ist der dritte europäische Abruf aus der VELARO-Plattform und wird in der Türkei unter den Baureihen HT 80000 und HT 80100 geführt. Seit Anfang des Jahres sind die VELARO TR-Züge nun auf den Strecken Ankara-Konya und Ankara-Eskişehir im Einsatz. Knorr-Bremse lieferte die kompletten Bremssysteme inklusive Steuerung, Luftbeschaffung und Drehgestellrüstung. Hinzu kommen die Einstiegssysteme der Knorr-Bremse Tochtergesellschaft IFE sowie die dachintegrierten Überspannungsbegrenzer (MUB) von Microelettrica.

Eingespielte Abläufe mit erprobten Technologien

„Wenn es, wie bei diesem Projekt, vom Auftrag bis zur Betriebsaufnahme richtig schnell gehen muss, spielen Plattformprojekte

einfach ihre Vorteile aus“, erklärt Michail Gecht, Senior-Projektmanager High Speed Trains bei Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge. „Strukturen sind bei solchen Projekten bereits geschaffen, vertragliche Modalitäten längst geklärt.“ Prozessmeilensteine gestalten sich einfach, Designfreigaben liegen weitestgehend vor und die Schnittstellen sind abgestimmt. „Vereinfacht gesagt kann der Fahrzeugbauer auf Basis der bestehenden Lieferkette ordern und seine gesamte Zugfertigung perfekt takten.“

Insbesondere gilt dies für Projekte wie jenes in der Türkei. Die gemeinsamen Abläufe sind auf Basis der ersten VELARO-Projekte sehr gut eingespielt. Zudem wurde im Jahr 2015 ein erster Zug aus der VELARO-Plattform in die Türkei geliefert, der mit Testfahrten, Referenz und Einsatz (über eine Million Kilometern) das



Siemens VELARO TR-Hochgeschwindigkeitszüge, Türkei.

Interesse und besonders die Akzeptanz an der neuen Technologie weckte. Für Siemens wie für Knorr-Bremse gilt: Dank langer VELARO-Erfahrung können sie auf einen umfangreichen Lösungsvorrat zurückgreifen und einen hohen Anteil an erprobter und erfolgreicher Technologie einsetzen.

Drehscheibe der Zukunft – Ankara

Die Züge verfügen über jeweils 16 Fahrmotoren mit einer Traktionsleistung von insgesamt 8.000 kW, genug für betriebliche Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 300 km/h. Damit besteht sogar noch etwas Luft nach oben. Bislang sind die Züge mit 250 km/h unterwegs. Was alleine diese Geschwindigkeit schon für die Reisezeiten bedeutet, zeigt etwa der Blick auf die Verbindung von Ankara und Istanbul: Standen zuvor noch über sechs Stunden im Fahrplan, werden die gut 500 Kilometer zwischen

den beiden wirtschaftlichen und politischen Zentren des Landes mit dem VELARO TR nun in dreieinhalb Stunden zu schaffen sein.

Als zukünftigen Dreh- und Angelpunkt sehen die türkischen Planungen den neuen Bahnhof für Hochgeschwindigkeitszüge in der Hauptstadt Ankara vor. Er soll laut TCDD bereits in der ersten Ausbaustufe 20.000 Passagiere am Tag bedienen können, später sind sogar einmal bis zu 50.000 geplant. Das wiederum unterstreicht den Ausblick, dass die türkischen Planungen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr auch mit der Anbindung Istanbuls noch nicht zu Ende sind. Als Nächstes steht die Eröffnung der Verbindungen von Ankara nach Sivas und Izmir an, und die TCDD kündigte bereits die Ausschreibung von bis zu 80 weiteren Hochgeschwindigkeitszügen für die Türkei an.

„Nervensysteme“ für den GOST-Markt

Seit gut zwei Jahren ist Selectron Teil des Knorr-Bremse Konzerns. Auch im russischen GOST-Markt zeigt sich, wie Kunden von dem Zusammenschluss profitieren: mit flexiblen Einsatzmöglichkeiten, optimal aufeinander abgestimmten und einfach integrierbaren Komponenten.

Bei gerade einmal rund zwei Prozent liegt der Anteil eines TCMS (Train Control and Monitoring System) an den Schienenfahrzeug-gesamtkosten. Doch der Einfluss auf die Fahrzeugverfügbarkeit ist ungleich höher: Das System integriert – per Netzwerktechnologie und Anwendersoftware sinnvoll aufeinander abgestimmt – Subsysteme wie Antriebe, Bremsen, Türen, HVAC, Beleuchtung, Nasszellen und weitere in die übergeordnete Zugsteuerung. Kommt es hierbei zu Störungen, steht schnell der gesamte Zug still. Dabei übernimmt das TCMS im Schienenfahrzeug eine ähnliche Rolle wie das Nervensystem beim Menschen. Intelligently aufeinander abgestimmt verbindet es die Einzelelemente zu einem sinnvollen Ganzen.

Hitzebest und kältetauglich

Dass Knorr-Bremse in der jüngeren Vergangenheit eine ganze Reihe an Vertriebsserfolgen aus dem GOST-Markt verbuchen konnte, liegt auch an zügig umgesetzten GOST-Anforderungen. Ein TCMS muss auch unter extremen Umweltbedingungen wie starken Temperaturschwankungen, starkem und langanhaltendem Schütteln oder Schockbelastungen einwandfrei funktionieren. In kurzer Zeit qualifizierten unsere Ingenieure die bis dahin noch nicht implementierten Vorschriften zu allen relevanten TCMS-Baugruppen. Der Nachweis für die Tauglichkeit an die extrem kalten klimatischen Bedingungen wurde erbracht. Hier folgte das TCMS den technischen Erfahrungen aus den Stadler-FLIRTs, die vor einigen Jahren nach Finnland, Norwegen und Estland gegangen waren.

Wo verlangt, ging Knorr-Bremse auch ans andere Ende der Temperaturskala. Im Maschinenraum verbaute Komponenten halten der geforderten Hitze von +70 °C nachweislich problemlos stand. Den ersten Schritt auf dem russischen Markt ging Selectron vor einigen Jahren mit der Ausstattung des Moskauer Aeroexpress. Er verbindet die drei Flughäfen der Stadt im Expressverkehr mit dem Zentrum. Die hohe Zuverlässigkeit selbst in rauer Umgebung wurde auch in Russland bald zur Referenz. Dank flexibler Einsatzmöglichkeiten, einfacher Integration und ihrer optimal



EMU „ESCH2“ von Stadler für den Betreiber „Aeroexpress“.

aufeinander abgestimmten Komponenten wird das Selectron-TCMS auch im GOST-Markt zusehends zum Maß der Dinge.

Systeme für Moskau, Kaliningrad und St. Petersburg

Im Metrosegment erhielt Selectron unlängst den Zuschlag für die Zugsteuerungssysteme bei den Neufahrzeugen (Baureihe 81-765/766/767) der Moskauer Metro. Die Order umfasst 768 Fahrzeuge, die bis zum Jahr 2020 ausgeliefert werden. Verbaut wird darin unter anderem die neueste Ethernet-Switch-Technologie. Bei einem aktuellen Modernisierungsprojekt des russischen Herstellers Metrowagonmash liefert Selectron den flexibel konfigurierbaren Gleitschutz. Bei der dieselektrischen DP3, die der polnische Fahrzeughersteller PESA nach Weißrussland exportiert, fiel die Wahl des TCMS-Lieferanten auf Selectron. Gleiches gilt für die PESA-Aufträge der Tram-Baureihen Swing (Kaliningrad) und Foxtrot (Moskau). In den Trams der Serie 71-623-03, die der Hersteller Ust-Kataw Wagon Fabrik für St. Petersburg fertigt, kommt die TCMS-Lösung einschließlich der CANpowerline Netzwerktechnologie zur Mehrfachtraktion der Fahrzeuge zum Einsatz.



EMU von „Stadler“ für die weißrussische Eisenbahn.

Starker Zusammenschluss

Die europäische Technologieinitiative „Shift2Rail“ ist Teil des Forschungsprogramms „Horizon2020“ und soll Innovationsschübe für die Bahnindustrie entwickeln. Knorr-Bremse leitet den „Technology Demonstrator Brakes“ des im September startenden Arbeitsprogramms „PIVOT“.

Die Technologieinitiative „Shift2Rail“ soll die Lebenszykluskosten im europäischen Schienenverkehr massiv senken, und zwar bei Fahrzeugen und Infrastruktur gleichermaßen. Außerdem soll sie Kapazitäten auf der Schiene erhöhen sowie Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit verbessern. Hinzu kommt die gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit. Aber auch ökologische und soziale Aspekte wie Energieverbrauch und Lärm spielen eine zentrale Rolle.

Die Bereiche, an denen die zahlreichen in der Technologieinitiative gebündelten Forschungs- und Entwicklungsprojekte ansetzen, sind bei den Personenverkehrsfahrzeugen (IP1, Innovation Programme) Antrieb, Fahrzeugsteuerung, Karosserie, Fahrwerk, Bremsen, Einstiegssysteme und Inneneinrichtung. 16 Teilnehmer, darunter Big Player auf Fahrzeugherstellerebene, Systemlieferanten wie Knorr-Bremse, aber auch Unternehmen aus der Schienenverkehrsinfrastruktur sowie Kompetenzzentren, bündeln dabei ihr spezifisches Know-how als sogenannte „Member“ des Joint Undertaking „Shift2Rail“. Dazu kommen etwa 400 kleinere Firmen und Organisationen, die sich um sogenannte „Open Calls“ bewerben. Zusätzlich zum IP1 beinhaltet „Shift2Rail“ vier weitere IPs zu den Bereichen Infrastruktur und Güterverkehrssysteme. Die Kosten tragen europäische Bahnindustrie (ca. 390 Millionen Euro) und Europäische Union (ca. 610 Millionen Euro) gemeinsam.

„Shift2Rail“ ist ein Paradebeispiel, wie mit gemeinsamer Anstrengung echte europäische Lösungen auf den Weg gebracht werden können“, sagt Dr. Gert Fregien, Head of Support Operators and Technology bei Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge. Er koordiniert innerhalb von „Shift2Rail“ den Technology Demonstrator Brakes, den „TD Brakes“. Der Demonstrator ist nicht weniger als die Basis für die nächste Generation von Schienenfahrzeug-Bremssystemen. Die Knorr-Bremse Gesellschaft IFE beteiligt sich mit geringen Anteilen am analog organisierten „TD Entrance Systems“. Das Projektvolumen innerhalb von „PIVOT“ beträgt für Knorr-Bremse rund 2,2 Millionen Euro.



Team „Shift2Rail“ (links). | Schnellzug mit motion blur (oben).



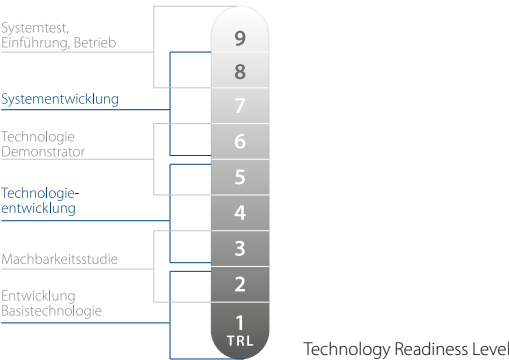
TRL 3 und 4 im Visier

Die fünf Entwicklungsprojekte im „TD Brakes“ betreffen höhere Sicherheitsniveaus bei elektronischer Hard- und Software, innovative Reibmaterialien, eine neue Wirbelstrombremse, neue elektromechanische Bremslösungen (EM-Bremse) und die Schaffung von Standards sowie Prozessen für virtuelle Zulassungen in der Schienenfahrzeugbranche.

Letztere könnten etwa zu einer beachtlichen Kostensenkung bei der Zertifizierung von neuen Produkten und Systemen beitragen, weil sich ein Teil der nötigen Zulassungsfahrten virtuell am Computer simulieren ließe. Zudem würde die virtuelle Unterstützung den zu veranschlagenden Zeitaufwand verringern. Die Ansätze zur Entwicklung neuer Bremslösungen zielen auf die Befriedigung der Marktbedürfnisse ab und fokussieren unter anderem die verbesserte Bremskraftübertragung sowie die kostengünstigere und umweltfreundlichere Servicebarkeit. Das Entwicklungsprojekt zur nächsten Generation der Wirbelstrombremse, die heute nur im Hochgeschwindigkeitsverkehr Anwendung findet, sieht eine Ausweitung ihres Einsatzgebiets auch auf andere Fahrzeuggattungen vor. Bei den neuen Reibpaarungen stehen eine verbesserte Bremsperformance im Mittelpunkt sowie weniger Verschleiß und

dadurch verringerte Lebenszykluskosten. Die neuen Hard- und Softwarearchitekturen der Bremssteuerung sollen sicherheitsrelevante Funktionen, die bislang pneumatisch umgesetzt wurden, in einem elektronischen System abbilden.

Liegen die Technologiereifegrade (Technology Readiness Level 1 bis 9) der angedachten Lösungen zum Start von „PIVOT“ noch bei TRL 1 bis 2, sollen sie zum Abschluss zwei Jahre später TRL 3 und 4 erreichen. Geplante weitere Ausschreibungen in den Folgejahren sollen die bis dahin entwickelten Labormuster letztendlich in die Einsatzreife (TRL 6 und höher) bringen. Dies soll in den Jahren 2020 und 2021 abgeschlossen sein.



produkte + services

Sensibler Fühler

Für die zunehmend verbauten festen Fahrbahnen (Slab Tracks) mit keinen oder nur begrenzt ausgeprägten Schwellen sind bisherige Entgleisungsdetektoren nicht ausreichend oder nur bedingt geeignet. Knorr-Bremse und die Technische Universität Berlin schaffen mit einem ergänzenden Algorithmus Abhilfe.

Angesichts des zunehmenden automatisierten Betriebs und des Einsatzes von neuen Fahrzeugen auf alten Bestandsnetzen gewinnt die unmittelbare und zuverlässige Erkennung von Entgleisungen an Bedeutung. Stand der Technik ist eine Vibrationsdiagnose pneumatischer oder elektronischer Art: Indem der Entgleisungsdetektor die Stöße der Laufräder über die Bahnschwellen erfasst und auswertet, warnt er vor entgleisten Achsen oder löst eine automatische Schnellbremsung aus. Beide Systeme, der pneumatische EDT und der in der elektronischen Bremssteuerung integrierte E-EDT, befinden sich für eine Vielzahl von Fahrzeugtypen im Portfolio der Knorr-Bremse. So sind zum Beispiel in Brasilien seit über zehn Jahren mehr als 1000 E-EDT im Einsatz.

Sichere Detektion auch auf festen Fahrbahnen

Mit den festen Fahrbahnen, die bei Neubautrecken, Metrolinien oder Tunnelabschnitten immer häufiger verbaut werden, wird die Detektion herausfordernder. „Es ist eine feine Sensibilität nötig, um eine Entgleisung auch auf einer wenig profilierten oder nahezu glatten Fahrbahnoberfläche sicher zu erkennen“, erklärt Ulf Friesen, Entwicklungsprojektleiter Laufwerkdiagnose bei Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge.

Mit dem E-EDT3 validieren Knorr-Bremse und die Technische Universität Berlin gerade einen ergänzenden Algorithmus, der genau diese Anforderungen erfüllt und dessen Ansatz zur Validierung gänzlich neu ist: Frühere Erkennungsalgorithmen basierten stets auf fahrzeugbezogenen Versuchsdaten und konnten damit immer nur eine typspezifische Aussage treffen. Um zukünftig ohne aufwändige fahrzeug- und streckenspezifische Entgleisungsversuche Detektionsalgorithmen zu testen, ist beim E-EDT3 eine modellbasierte Validierung das Ziel. „Voraussetzung dafür sind aber realistische Daten von Versuchen auf festen Fahrbahnen“, erklärt Friesen.

Validierung eines erweiterten Erkennungsalgorithmus

Die Ingenieure von Knorr-Bremse und wissenschaftliche Mitarbeiter der TU Berlin ließen also einen Versuchsträger über eine Betonfahrbahn mit glatter Fahrbahnoberfläche sowie über einen

Abschnitt mit jeweils einem und fünf Zentimeter überstehenden Schwellen fahren. Mit einer Vielzahl von Sensoren am Versuchsträger wurden Messdaten erfasst, um ein Rad-Fahrbahn-Kontaktmodell zu parametrieren und zu validieren. „Integriert ins originale Fahrzeugmodell schließen wir damit die ‚Lücke‘ im Simulationsmodell des Gesamtfahrzeugs“, sagt Friesen.

Mit diesem Gesamtfahrzeug-Simulationsmodell lassen sich nun universell gültige Datensätze generieren. Bedingungen wie Geschwindigkeit und Massen sind variierbar und somit Konstellationen

ableitbar, die nicht mehr nur den Randbedingungen bei der Versuchsträgerfahrt entsprechen. Mit solchen aus den unterschiedlichen Simulationsläufen gewonnenen Daten sowie den bereits verfügbaren Messwerten aus anderen Versuchen und Messfahrten wird nun der eigentliche Erkennungsalgorithmus validiert. Nacheinander werden die Datensätze dazu am Prüfstand als Sensorsignale ins Steuergerät mit dem Detektionsalgorithmus gespeist. Löst die Steuerung den Mechanismus stets entsprechend der Eingabe aus oder nicht aus, lässt sich der Algorithmus als validiert betrachten.

Noch im Jahresverlauf soll dieser Prozess abgeschlossen sein. Mit der Marktreife inklusive Zulassung des neuen E-EDT3 ist voraussichtlich zur Jahresmitte 2018 zu rechnen.



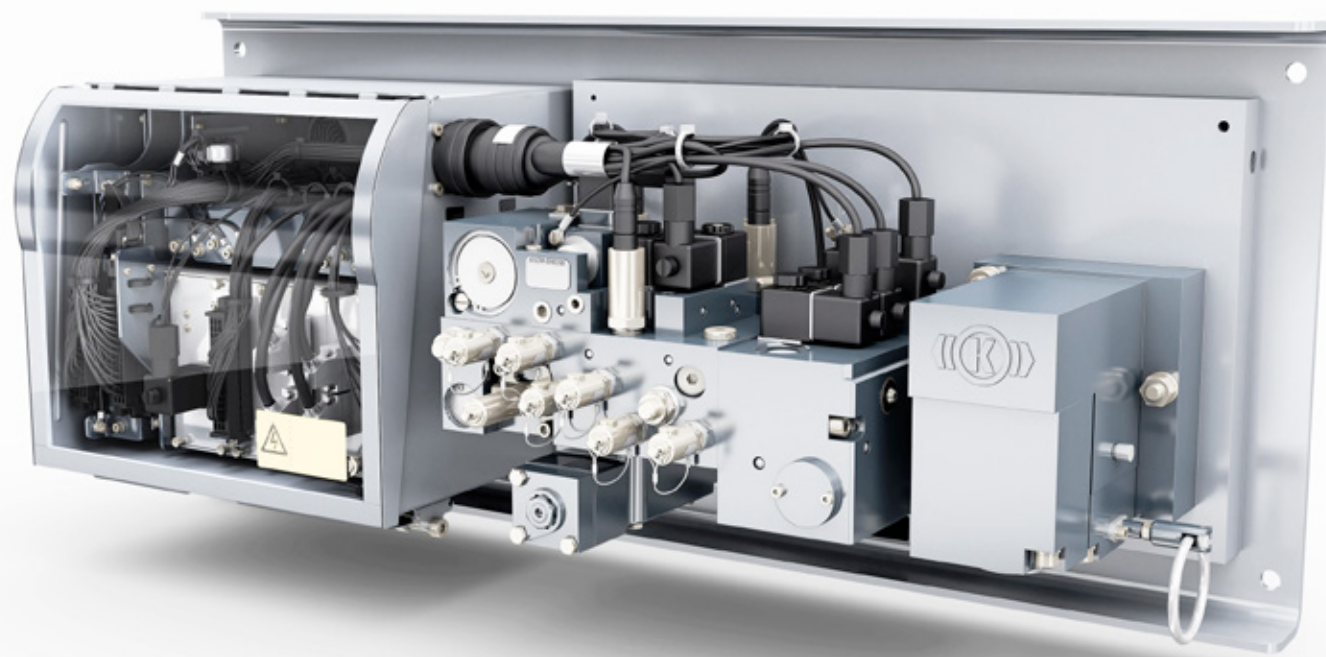
Versuchsträger (links).

Entgleisungsversuch, verschiedene Schwellenhöhen (oben).

Entgleisungsversuch auf präparierter Fahrbahn (Mitte).

Entgleisungsversuch, Übergang 1 cm auf 5 cm Schwellenhöhe (unten).

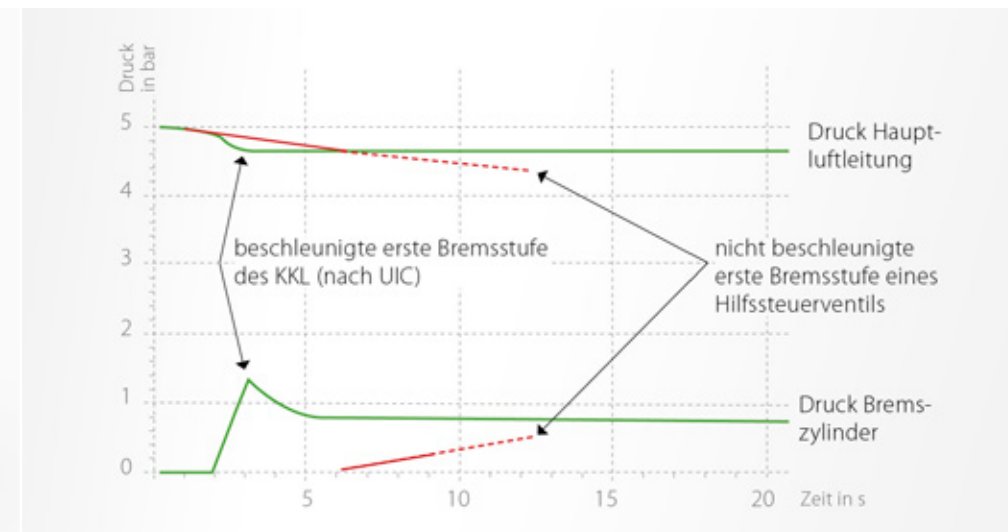
UIC-Zulassung für KKLII



EP-Compact mit Kleinsteuerventil.



Kleinsteuerventil an einem Rohrleitungsträger.



Charakteristik einer durch das Kleinsteuerventil beschleunigten ersten Bremsstufe im Vergleich mit der eines Hilfssteuerventils.

Das KKLII, die Nachfolge des erfolgreichen Kleinsteuerventils KKL, ist UIC-zertifiziert. Es ist in Reisezügen und Triebzügen genauso einsetzbar wie das KE-Steuerventil, aber in Einbauraum und Gewicht um mehr als 50 Prozent kleiner und leichter.

Seit über zehn Jahren befindet sich die erste Generation von Kleinsteuerventilen (KKL) im erfolgreichen Einsatz in zahlreichen Fahrzeugen des Regionalverkehrs. Es ist konzipiert für Anwendungen, bei denen ein vollumfängliches UIC-Steuerventil zu groß sowie funktional zu umfangreich ist, für die jedoch die wichtigsten Eigenschaften eines UIC-Steuerventils unverzichtbar sind. Dazu gehören etwa die volle Kompatibilität zum eingeführten System der indirekt wirkenden Bremse der Züge und Lokomotiven, die hohe Durchschlaggeschwindigkeit (über 250 m/s) unabhängig von der genauen Größe des Regelbetriebsdrucks sowie die uneingeschränkte Funktionalität bei wechselnden Regelbetriebsdrücken im Bereich zwischen 4 und 6 bar.

Kombinierbarkeit mit anderen Steuerventilbauarten gegeben

Für die geringe Baugröße wurden verschiedene Möglichkeiten der Vereinfachung genutzt. Dies war möglich, weil die Funktion auf die Anwendung im Personenverkehr mit Zweileitungsbetrieb sowie auf die Vorsteuerung von Relaisventilen spezialisiert wurde. Mit diesem Funktionsumfang ist das Kleinsteuerventil sowohl als pneumatische Rückfallebene zu elektronischen Bremssystemen als auch im rein pneumatischen Betrieb ohne Einschränkungen in einer dem UIC-Standard entsprechenden Qualität verwendbar. Eine vorteilhafte Eigenschaft ist dabei, dass das Ventil das Ansprechen der pneumatischen Bremse auch in längeren Zügen beschleunigt, wie dies von den „großen“ UIC-Steuerventilen bekannt ist.

Zahlreiche Versuche – auch gemischt mit anderen Steuerventilbauarten sowie an Zügen mit bis zu 26 Wagen – wiesen die volle Eignung des KKLII an Reisezügen und Triebwagen nach. Sowohl die Versuchsergebnisse als auch ein einjähriger Probebetrieb wurden von einem akkreditierten Prüfinstitut sowie Gutachtern des internationalen Eisenbahnverbandes validiert und das Gerät auf dieser Grundlage zertifiziert.

Integrierte Lösungen in der EP Compact-Produktfamilie

Sowohl KKL als auch KKLII sind in der gleichen Weise einsetzbar wie ein UIC-Steuerventil der KE-Bauart. Jedoch erreichen die Kleinsteuerventile im Vergleich zu ihm eine signifikante Verringerung von Einbauraum und Gewicht um mehr als 50 Prozent. Knorr-Bremse nutzt die Vorteile bei den integrierten Lösungen aus der Produktfamilie der EP Compact-Bremssysteme mit einem pneumatischen kontinuierlichen Lastbremsventil und einer computergeordneten elektropneumatischen Bremse. Diese Vorgehensweise sichert das Zusammenspiel von EP-Bremse und Druckluftbremse mithilfe mechanischer und pneumatischer Bauteile ab. In der Folge ist ein Übergang zwischen den Bremsarten jederzeit und ohne Einschränkungen bei der Bremswirkung möglich.

Drahtlos steuern

Die Zugsteuerungstechnik von Selectron liefert das Rückgrat für die Digitalisierung von Schienenfahrzeugen. Die bisher kabelgebundene Technologie wird dabei immer häufiger mit drahtlosen Kommunikationspfaden ergänzt.

Fahrgäste empfinden es längst als selbstverständlich, ihr Smartphone aus dem fahrenden Zug zu nutzen, dabei Zugriff auf ihre E-Mails zu haben oder im Internet zu surfen. Oder einfach nur die aktuellsten Ankunfts- und Umsteigeinformationen auf einem Display im Fahrzeug ablesen zu können. Hinzu kommen allerdings eine Reihe dem Fahrgast verborgener Funktionalitäten – etwa das Erfassen, Sammeln und Übertragen von Diagnosedaten aus nahezu allen elektronischen Zugeinrichtungen. Vorverarbeitet im TCMS (Train Control and Monitoring System), der sogenannten On-Board Communication Unit (OCU), werden sie an die Infrastruktureinrichtungen des Betreibers übertragen. Ausgewertet von iCOM, der innovativen Plattform für die digitale Eisenbahnwelt, wird er die Fahrzeugverfügbarkeit erhöhen und einen kostengünstigen Fahrzeugunterhalt umsetzen.

Derartige Anwendungen machen es nötig, den gängigen Kommunikationspfad des kabelgebundenen Ethernet um eine vor Hackern gesicherte Drahtlostechnologie zu ergänzen: Während der Fahrt läuft die Übertragung zum Betreiber via GSM oder LTE. Steht das Fahrzeug im Depot oder Bahnhof, ist dies auch via WLAN möglich. Train2Ground-Kommunikation ist in beiden Fällen das Stichwort.

Bewährte Lösungsansätze aus dem Avionik-Bereich

Während die Stabilität der Datenverbindung mit heutigen Technologien problemlos beherrschbar ist, stellen drahtlose Netzwerke stets die Frage nach dem missbräuchlichen Zugriff auf Fahrzeugfunktionen oder -daten. Um diese Thematik zu beherrschen, arbeitet Selectron dabei eng mit Spezialisten aus dem Avionik-Bereich zusammen. Diese Branche ist beim Schutz vor missbräuchlichem Zugriff auf Drahtlossysteme seit Jahren spezialisiert.

Sämtliche Geräte wie Wireless-/GSM-Modems oder On-Board Communication Units sind bei Selectron mit entsprechenden Schutzmechanismen ausgestattet. Selbstverständlich gilt dies auch für das neue Security Gateway der Geräteserie SGW. Es trennt Architekturen der SIL0- bis SIL2-Sicherheitslevel netzwerktechnisch absolut rückwirkungsfrei und gesichert.

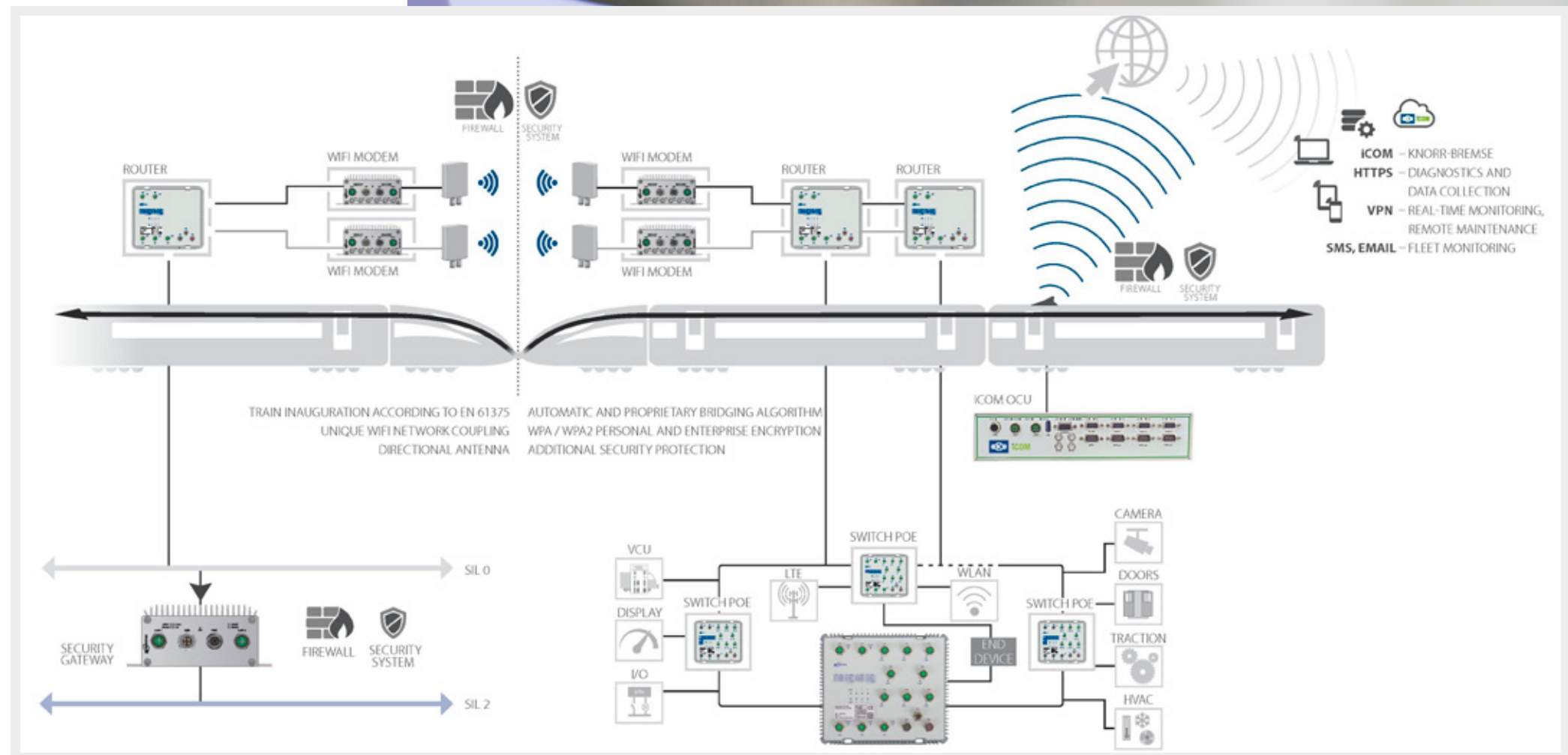
Patentiertes Verfahren für gesicherten Datenverkehr

Ein typisches Anwendungsbeispiel stellt die drahtlose Datenverbindung auch zwischen Fahrzeugen über die Fahrzeugkupplung dar. Neben dem automatischen Aufbau des Funk-

datenkanals beinhaltet sie auch eine intelligente Zugtaufe, also das automatisierte sinnvolle Zusammenstellen eines kompletten Zugverbandes. Dies ist beispielsweise für die Steuerungselektronik der Türsysteme über den ganzen Zug entscheidend – damit sich die Türen in Abhängigkeit der Fahrtrichtung auf der richtigen Seite öffnen.

Unabdingbar ist die drahtlose Zugkopplung in aller Regel im Zuge von Modernisierungsprojekten. Bei der Nachrüstung neuester Multimediatechnik sind die Kontaktanzahl drahtgebundener Datenkupplung oder die Übertragungsbandbreite der bisherigen Datenverbindungen nicht mehr ausreichend. In anderen Fällen wiederum ist der mechanische Umbau sowie die Installation einer neuen Verkabelung schlicht zu teuer. Es empfiehlt sich daher, die zusätzlichen Daten über einen parallelen WLAN-Funkdatenkanal zu senden oder gleich wesentliche Teile der bislang kabelgebundenen Datenkupplung durch eine WLAN-Verbindung zu ersetzen. Ein von Selectron patentiertes Verfahren einschließlich der Protokoll- und Sicherheitsalgorithmen sorgt dafür, dass sich nur die richtigen Geräte verbinden und ein gesicherter und stabiler Datenverkehr gewährleistet ist.

Übersicht Ethernet-Wireless-Module.



Die nächste Generation

Etwa 22.000 Einheiten, 61 Länder und über 600 Projekte – dies sind die Eckdaten der ölfreien Kompressoren, die Knorr-Bremse im Jahr 2002 zu vertreiben begann. Mit den Erfahrungen aus 15 Jahren Feldeinsatz bringt das Unternehmen jetzt die verbesserte „Zweite Generation“ VV-T 2.0 auf den Markt.

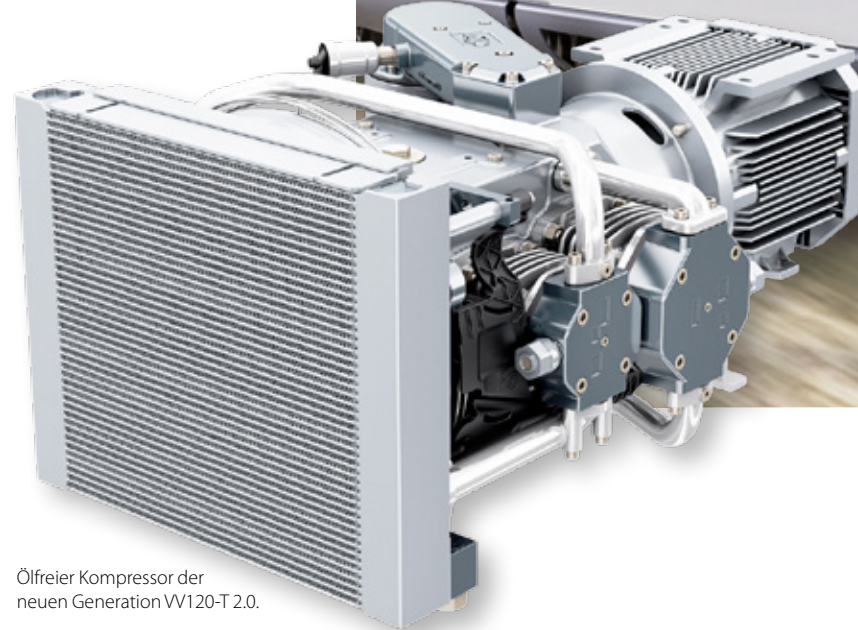
Im kontinuierlichen Verbesserungsprozess optimierte Knorr-Bremse zahlreiche Komponenten der ölfreien Kompressoren. Bei der „Zweiten Generation“ richtete sich das Hauptaugenmerk auf vier Handlungsfelder:

- Die Zylinder erhielten einen optimierten Beschichtungs- und Bearbeitungsprozess und die Kolbenringe eine neue Geometrie.
- Die neue Generation nutzt nun den Zwischenkühler selbst als Kondensatabscheider, um einen optimalen Schutz der zweiten Stufe zu erzielen. Kaum ein anderes Funktionsprinzip erreicht in dem pulsierenden Luftstrom zwischen den Verdichtungsstufen vergleichbare Abscheidegrade.
- Das neue Ansaugsystem zeigt bei feinsten Partikeln eine bessere Filtration. Zusätzlich bietet es einen Sicherheitseinsatz in Form einer zweiten, nachgeschalteten Filterebene. Sie kommt zum Tragen, sollte der erste Filter seine Funktion nicht mehr vollständig erfüllen können.
- Zum Patent angemeldet ist zudem ein neues Kühlkonzept mit einer intelligenten Gestaltung des Kühlluftstroms.

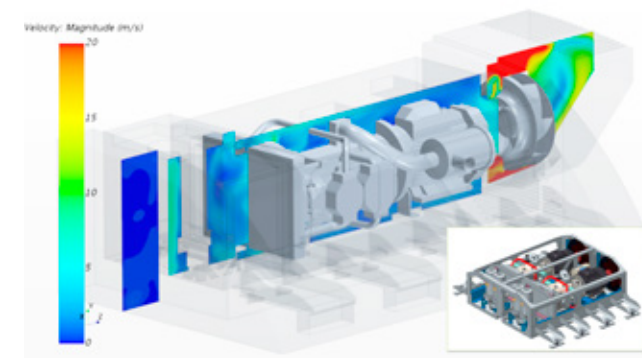
Das System – „Luftversorgung“ im Blick

Gänzlich für sich alleine lässt sich auch die zweite Generation der Kompressoren nicht betrachten. Umfassende Wechselwirkungen innerhalb des Luftversorgungssystems und zum Fahrzeug machen eine Herangehensweise nach dem Systemansatz notwendig. Die neue VV-T-Kompressorgeneration wie auch andere Knorr-Bremse Kompressoren können mit einem intelligenten Kompressormanagement eingesetzt werden. Es verteilt die Last möglichst homogen auf alle verwendeten Luftversorgungssysteme eines Verbunds und hält den Betrieb der Kompressoren am idealen Arbeitspunkt.

Zudem können die konkreten Einbaufälle von Luftversorgungsanlagen bei Knorr-Bremse thermisch simuliert werden. Kunden erhalten über diese Vorgehensweise die Gewissheit, dass sämtliche Komponenten die bestmögliche Kühlung erhalten. Und das bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Die akustische



Ölfreier Kompressor der neuen Generation VV120-T 2.0.



Thermische Simulation einer Aufdachanlage mit zwei Kompressoren.

Auslegung der Anlagen wird in einem eigenen schallgedämmten Raum mit Akustikkameras durchgeführt. Dort können akustische Optimierungsmaßnahmen an Anlagen, Kompressoren sowie Lufttrocknern erarbeitet und überprüft werden.



Drei Fragen an Dr. Gert Assmann – Bereichsleiter „Center of Competence Air Supply“ bei der Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

Die ölfreien Kompressoren von Knorr-Bremse waren auf dem Markt sehr erfolgreich – warum gibt es jetzt eine zweite Generation?

Mit der ersten Generation hat Knorr-Bremse Pionierarbeit bei der Einführung der ölfreien Kompressortechnologie in der Bahnbranche geleistet. In Zusammenarbeit mit unseren Kunden konnten wir über Jahre hinweg Felddaten sammeln und diesen wertvollen Erfahrungsschatz in die „Zweite Generation“ mit einfließen lassen.

Worin genau steckt die Knorr-Bremse Expertise?

Die Expertise der Knorr-Bremse liegt in der richtigen Auslegung und Abstimmung der Komponenten zueinander und ins Fahrzeug. Damit ist „Knorr-Bremse Air Supply“ weit mehr als nur der ölfreie Kompressor. Unsere Luftversorgungsanlagen sind komplexe thermisch ausgelegte und akustisch abgestimmte Systeme. Und mit unserer weltweiten und langjährigen Eisenbahnerfahrung können wir unseren Kunden bei der Auswahl der Komponenten und der Integration ins Fahrzeug helfen:

Wir können zum Beispiel die Lieferleistung des Kompressors über Umrichter an die Anforderungen des Fahrzeugs situativ anpassen. Damit reduzieren wir den Schall oder verzichten auf zusätzliche Hilfsluftkompressoren. Das ist kosteneffizient und die Anwohner entlastet es vom Lärm.



Warum brauchen Fahrzeuge einen überdimensionierten Kompressor, wenn diese Förderleistung nur wenige Male im Jahr bei ganz leeren Behältern benötigt wird? Wir müssen anfangen, bisherige Lösungen zu hinterfragen. Es ist Zeit, die Anforderungen an Luftversorgungsanlagen in enger Abstimmung mit Fahrzeugherstellern und Betreibern neu zu schreiben. Die richtige Technologie kommt von Knorr-Bremse.

Lassen sich die neuen Kompressoren 1:1 gegen die „alten“ austauschen?

Viel besser: Die bisherigen Kompressoren können – zum Beispiel während einer Überholung – „aufgerüstet“ werden. Wir sind sozusagen „abwärtskompatibel“.

Nachhaltig, effizient und verlässlich

Um auch in Zukunft die hohen Qualitätsansprüche zu erfüllen und die Produktion der Türflügel in geringerer Zeit zu garantieren, hat IFE ihr Produktionswerk in Brünn um eine moderne Lackieranlage erweitert.

„Das gesamte System ist darauf ausgelegt, die Anforderungen unserer Kunden hinsichtlich der Lackierung von Türflügeln mit einem hohen Maß an Qualität und Effizienz zu erfüllen“, erklärt Markus Rechling-Greimel, Geschäftsführer bei IFE Tschechien in Brünn. Außerdem senkt die Investition die Durchlaufzeiten enorm: Mussten für den Lackierprozess zuvor rund 15 Arbeitstage eingeplant werden, sind es nun nur noch vier bis fünf. „Wir erreichen dies vor allem durch den Wegfall der logistischen Prozesse, wie Versand und Transport, von und zum Lieferanten.“

Perfektes Lackergebnis

Der Lieferprozess beginnt in der integrierten chemischen Vorbehandlungsanlage, deren getaktete Sprühanlage eine gleichmäßige Vorbehandlung der komplexen Oberflächen garantiert. Gemeinsam mit den nachfolgenden Prozessschritten wird so eine hohe Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Umgebungseinflüssen wie hoher Feuchtigkeit, Salzatmosphäre und den Reinigungsmitteln der Fahrzeugwaschanlagen erzielt.

Eine schonende und schnelle Trocknung entscheidet maßgeblich über die Qualität der Oberfläche. Mit der vollautomatischen Zwei-Kammer-Trocknungsanlage ist IFE in der Lage, den gesamten Trocknungsprozess zu überwachen und unterschiedliche Temperaturen in beiden Kammern gezielt zu steuern.

Zur Einhaltung des spezifizierten hohen Qualitätsniveaus werden optische Kontrollen der lackierten Oberflächen sowie Vermessung der Schichtdicken, des Farbtons und Glanzgrads fertigungsbegleitend ausgeführt. Das hauseigene Validierungszentrum in Österreich entwickelte zudem spezielle prozessbegleitende Methoden zur Überprüfung der geforderten hohen Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Umgebungseinflüssen. Darüber hinaus können auch kundenspezifische Validierungsprüfungen durchgeführt werden.

Die optimale finale Aushärtung des Lacks erfolgt in einer eigens dafür errichteten temperierten Kammer, deren Temperatur – egal zu welcher Jahreszeit – auf konstantem Niveau liegt. Zusätzlich verkürzt dies die Durchlaufzeit der Türflügel. Eine automatisch gesteuerte Transportanlage zwischen der Lackiererei und der nachfolgenden Endmontage verhindert Beschädigungen des Lacks beim Handling der Türflügel.



Bilder rechts:
Vollautomatischer
Transport der Flügel,
um die Gefahr von
Beschädigungen
weitestgehend zu
vermeiden.



Oben: Die Lackierboxen sind mit den modernsten Geräten für eine effiziente manuelle Lackierung ausgerüstet.

Nachhaltiger Produktionsprozess

Im Sinne der Nachhaltigkeit verzichtet IFE bei der chemischen Vorbehandlung gänzlich auf lösemittelhaltige Reiniger. Dank der Adsorptions-Zeolith-Filterung werden sämtliche im späteren Aushärtungsprozess benötigten Lösemittel aufgefangen und wiederverwertet. Zusätzlich dient die Abluft aus dem Adsorptions-Zeolith-Rad zur Temperierung der eigenen Fertigungshallen und des Lagers.



Oben: Viele aufeinander abgestimmte komplexe Bearbeitungsschritte sind erforderlich, um die hohe Qualität des Lackaufbaus sicherzustellen.

Links: Zur Einhaltung des geforderten hohen Qualitätsniveaus werden optische Kontrollen der lackierten Oberflächen, Vermessung der Schichtdicken, des Farbtons und Glanzgrads sowie Beständigkeitsprüfungen gemäß Kontrollplänen fertigungsbegleitend ausgeführt.



Die ganze Bandbreite

Eine hinsichtlich Performance, Lebensdauer und Kosten optimale Reibpaarung gelingt nur in einem perfekt aufeinander abgestimmten Bremssystem. Als Systemhaus und Friction-Vollsortimenter ist Knorr-Bremse in der Lage, ein solches bestmöglich auszulegen.

„Die Kombination ist ausschlaggebend“

Markus Seidl leitet die Reibmaterialentwicklung bei Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge.

Stichwort leistungsfähige Bremssysteme: Was hat die Reibpaarung damit zu tun?

Die Reibpaarung verrichtet die physikalische Arbeit eines Bremssystems. Sie ist die Stelle, an der die Bewegungsenergie eines Zuges größtenteils in Wärmeenergie umgewandelt wird. So essenziell die Reibpaarung ist, so darf man sie dennoch nicht für sich alleine betrachten: Für ein leistungsfähiges Bremssystem ist ein ganzheitlicher Blickwinkel nötig.

Was bedeutet dieser Blickwinkel für die Reibpaarung?

Das optimale Ergebnis bei Performance, Lebensdauer und Kosten gibt es nur mit einer optimalen Kombination aus Bremssystem inklusive des Blendings sowie dem Reibmaterial. Knorr-Bremse ist prädestiniert für diese Auslegung: Wir sind bestens bekannt als Systemhaus und haben mittlerweile alle gängigen Reibmaterialien – darunter auch zahlreiche lärmarme Produkte – im Portfolio.



Aus Betreiberperspektive zählen vor allem die Kosten. Wie stellen sich hier die Zusammenhänge dar?

Die ganzheitliche Betrachtung von Reibmaterial und Bremssystem spiegelt sich in Kennzahlen wie der Total Cost of Ownership und den Lebenszykluskosten wider. Interessanterweise liegt der Fokus der Betreiber heute noch sehr auf den Anschaffungskosten. Eine Betrachtung der Reibmaterialkosten etwa in Cent pro Kilometer oder Gesamtverbrauch pro Jahr wäre eindeutig die transparentere Entscheidungsgrundlage.



Locomotives/
Freight Cars/
Metros mit
Bremsklotz.



Light Rail Vehicle mit
Hydraulikbelag.



Train/Passenger Coaches mit
organischem Bremsbelag
UIC 400.



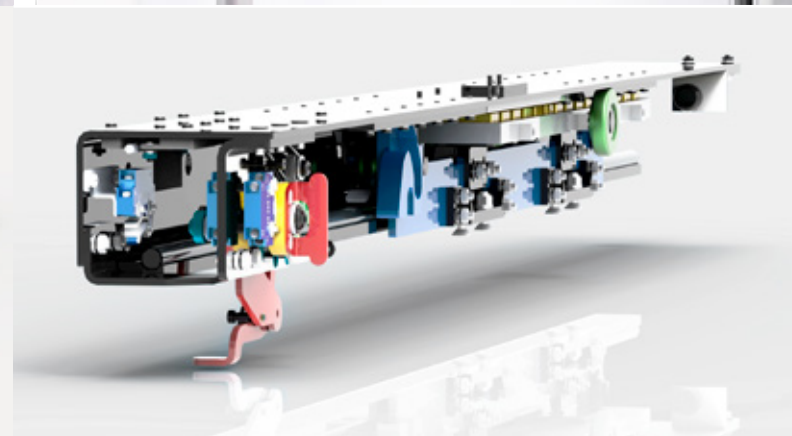
Talgo 350 Harmain mit
Sinterbremsbelag für
High-speed Trains.



ISOBAR® 600.



Einfach besser



Eine typische Metroinstallation.

Die Totpunktverriegelung entspricht den Sicherheitsstandards der APTA.

Der vereinfachte Linearantrieb hat nur 5 bewegliche Teile.

Türantriebe sind im Betrieb stark beansprucht und deshalb bei Türsystemen oft die Schwachstelle. Technologies Lanka, der nordamerikanische Spezialist für lineare Türantriebstechnologie im Knorr-Bremse Konzern, hat den Antrieb deshalb radikal vereinfacht.

Weniger verbaute Teile bedeuten auch weniger potenzielle Störungsursachen, war das Kalkül der Entwickler von Technologies Lanka, als es um die Auslegung eines neuen linearen Türantriebs für Taschenschiebetüren ging. Allen voran bewegliche und damit verschleißanfällige Teile sollten nach Möglichkeit verhindert werden. Herausgekommen ist ein Aufbau, bei dem die Motorspulen die Türen direkt und unmittelbar antreiben. Sogar die Wegmessung läuft kontaktlos.

Sein Gewicht liegt um 20 Prozent niedriger als bei Standardantrieben. Die beweglichen Teile sind um 65 Prozent reduziert und beschränken sich auf die Rollen, die das Gewicht der Tür tragen. Je nach konkretem Einbaufall kommt der Antrieb mit bis zu 40 Prozent weniger Bauraum aus. Dies liegt mit an der integrierten Bauweise von Linearantrieb und Türaufhängung. Ihr dennoch modularer Aufbau macht sie extrem wartungsfreundlich. Zudem bringt der Ansatz einen nicht zu unterschätzenden Vorteil beim Bau der Fahrzeuge mit: Die Komponenten lassen sie sich in einem Arbeitsvorgang montieren. Für zusätzliche Robustheit sind Motor Coils

und Magneten in Schutzplastik gehüllt. Auf die Schließgeschwindigkeit haben die Neuerungen keinerlei negative Auswirkungen. Eine 35-Kilogramm-Tür mit einer Türflügelbreite von 70 Zentimetern öffnet und schließt der Antrieb in eineinhalb Sekunden.

Testprogramm mit echtem U-Bahn-Tunnel-Staub

Vor der Produktionsfreigabe durchlief der Prototyp eine ganze Reihe von Tests. Für umfassende Realitätsnähe besorgten sich die Testingenieure Staub aus einem U-Bahn-Tunnel – eine schwarze Pulvermischung aus den Hauptkomponenten Sand, Kohlenstoff, Gummiabrieb und feinen Stahlpartikeln. Sogar komplett mit dem Abrieb bedeckt arbeitete der Antrieb gänzlich normal. Zwei Gründe sind hierfür wesentlich: Zum einen das praktisch nicht vorhandene Spiel zwischen Spulen und Magneten. Da abgesehen von den – allerdings versiegelten – Lagern kein Schmierstoff verwendet wird, kann auch nichts verkleben.

Die Verriegelung des Antriebs entspricht sämtlichen gängigen Sicherheitsstandards, darunter jenen der US APTA. Die Entwickler bedienten sich bei der Komponente der felderproben Totpunktverriegelung. Das konkrete Design ist jedoch neu: Dank ihm verbinden sich „Schlüssel“ und „Schloss“ mit einem kaum wahrnehmbaren Schließgeräusch.



Exzellenz...



... IN TECHNOLOGIE UND
QUALITÄT.

Spitzenleistungen in puncto Sicherheit
und Verfügbarkeit. Ihr Anspruch. Unser Beitrag. | www.knorr-bremse.com |



KNORR-BREMSE

