

tomorrow

Technologie erleben mit Schaeffler



Messe-
Sonderheft
Alles rund um
Sustainable
Transportation



Grüner von A nach B

Zukunftsweisende Konzepte und Technologien für
nachhaltige und effiziente Transportlösungen

Liebe Leserin, lieber Leser,

der technologische und zivilisatorische Fortschritt ist entscheidend von Warenverkehr und Handel geprägt. Heute, in einer globalisierten Welt, gilt dies mehr denn je. Der Verkehr ist ein wichtiger Motor unseres kollektiven Daseins. Stockt er, stockt die Welt. Aktuell zu sehen an den strapazierten Lieferketten in vielen Branchen. Noch läuft der Motor „Verkehr“ zu großen Teilen mit fossilen Brennstoffen – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt. Rund ein Fünftel aller weltweiten CO₂-Emissionen wird durch den Transport von Menschen und Gütern verursacht. Das muss sich ändern, wenn wir dem Klimawandel Einhalt gebieten wollen. Welche neuen Technologien dabei helfen können und mit welchen Innovationen Schaeffler dazu beiträgt – das sind die Themen in dieser Sonderausgabe „Sustainable Transportation“ unseres Technologiema­gazines „tomorrow“, zu der ich Sie herzlich willkommen heiße.

Dass wir im achten Erscheinungsjahr von „tomorrow“ erstmals eine Sonderausgabe veröffentlichen, hat Gründe. Mitte September blicken zwei globale Leit­messen zeitgleich auf die Zukunft des Transports: die InnoTrans in Berlin mit dem Schwerpunkt Schiene und keine 300 Kilometer entfernt in Hannover die IAA Transportation mit dem Schwerpunkt Straße. Schaeffler ist auf beiden Branchenschauen mit einer Vielzahl an Innovationen vertreten. Diese Duplizität und die Relevanz des Themas „Sustainable Transportation“ im Allgemeinen waren die entscheidenden Impulse für diese Sonderausgabe.

Der parallele Aufschlag in Berlin und Hannover zeigt, wie breit und stark Schaeffler durch den Schulterchluss der Sparten Industrial und Automotive Technologies im Bereich Transport aufgestellt ist. Die Bandbreite der auf den beiden Messen gezeigten Neuheiten umfasst Transportmittel verschiedenster Größen und Leistungsklassen. Diese Exponate sind auch gute Beispiele, wie wir unseren Claim „We pioneer motion“ Tag für Tag mit Leben füllen. Der interne Technologietransfer zwischen den Sparten – auch das eine Stärke von Schaeffler – erweist sich dabei als wichtiger Innovationsbeschleuniger.



Auf welchen Gleisen fährt die Bahn Richtung Zukunft und wie sieht diese Bahn aus? Antworten darauf gibt Dr. Michael Holzapfel, Bereichsleiter Rail bei Schaeffler. Mit welchen Technologien Schaeffler den Schienenverkehr von heute leistungsfähiger und nachhaltiger werden lässt, das lesen Sie ab Seite 42. Als Schmankerl zwischendurch laden wir Sie zu einer Lesereise zu den spektakulärsten Bahnstrecken der Welt ein. Abfahrt auf Seite 34.

Biegen wir vom Gleis auf die Straße ab. Nachdem Schaeffler dort ebenso schnell wie erfolgreich Komponenten und Systeme für elektrifizierte Pkw eingeführt hat, war der nächste logische Schritt, Emissionen senkende Lösungen für Nutzfahrzeuge und Busse zu entwickeln. Die Ergebnisse zeigen wir auf der IAA Transportation – und hier im Magazin ab Seite 18. Begleitend dazu wirft unser Automotive-Vorstand Matthias Zink einen Blick auf die Zukunftstrends und Herausforderungen des Personen- und Güterverkehrs abseits der Schiene.

Aus einer anderen Perspektive, nämlich der des Anwenders, blickt Andre Kranke auf die Zukunftstrends im Transportwesen. Er leitet die Abteilung Trends and Technology Research bei der weltweit operierenden Spedition Dachser. Wie sein Unternehmen das Thema „Sustainable Transportation“ anpackt, lesen Sie ab Seite 6.

Tauchen Sie nun ein in diese ganz spezielle „tomorrow“. Viel Vergnügen dabei wünscht

A handwritten signature in black ink that reads "Klaus Rosenfeld". The signature is written in a cursive, flowing style.

Klaus Rosenfeld
Vorsitzender des Vorstands

Sustainable Transportation – die Themen

Road

Intromagazin 4

Zahlen und News zum Transportwesen auf der Straße

Was bedeutet „grün“ in der Praxis? 6

Interview mit Andre Kranke, Leiter des Bereichs Forschung und Entwicklung beim internationalen Logistikdienstleister Dachser

Schleppen für grüne Energie 10

Keine Verkehrswende ohne Energiewende – so kommen die tonnenschweren Bauteile dafür an ihren Einsatzort



Auf ein Wort, Herr Zink 14

Interview mit Schaefflers Automotive-Vorstand über die drängenden Herausforderungen im Nutzfahrzeugbereich und über Lösungswege

Nachhaltiger Systemwechsel 18

Von E-Motor bis Thermomanagement: So sorgt Schaeffler für Hochspannung in elektrischen Nutzfahrzeug-Antriebssträngen

Forschen für die Zukunft 24

Wie die Visionäre der Abteilung Advanced Innovation bei Schaeffler an technologischen Gamechangern tüfteln

Rail

Intromagazin 28

Zahlen und News zum Transportwesen auf der Schiene

Potenziale besser ausschöpfen 30

Wie kann die Bahn attraktiver werden und was kann der Lkw vom Zug lernen: Verkehrsexperte Prof. Dr. Gernot Liedtke gibt Antworten

Das Gleis ist heiß 34

Steil, hoch, zickzack oder mitten durch ein Haus hindurch: spektakuläre Bahnstrecken rund um den Globus



Auf ein Wort, Herr Dr. Holzapfel 38

Interview mit Schaefflers Bereichsleiter Rail über die Stärken der Bahn und wie der technologische Fortschritt sie noch stärker machen kann

Weichenstellende Innovationen 42

Mit diesen neuen Produkten macht Schaeffler den Güter- und Personenverkehr auf der Schiene nachhaltiger, zuverlässiger und planungssicherer

Dieser Würfel lässt alles rundlaufen 48

Der selbst entwickelte Transportation Data Cube optimiert für Schaeffler Logistik-Routen – auch nach Nachhaltigkeitskriterien

Impressum 50

Sustainable Transportation Road

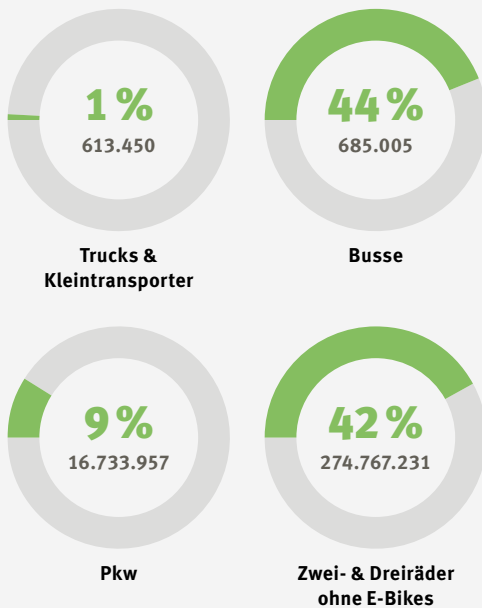
27%

mehr Strom würde weltweit verbraucht werden, wenn der globale straßengebundene Güter- und Personenverkehr bis 2050 gemäß „Net Zero“-Szenario fast vollständig auf rein elektrische Antriebe umgestellt werden würde.

Quelle: BloombergNEF Electric Vehicle Outlook 2022

Vorreiter und Hinterherfahrer

Aktueller globaler Bestand an E-Fahrzeugen und Anteil an Neuzulassungen nach Kategorien (2021)

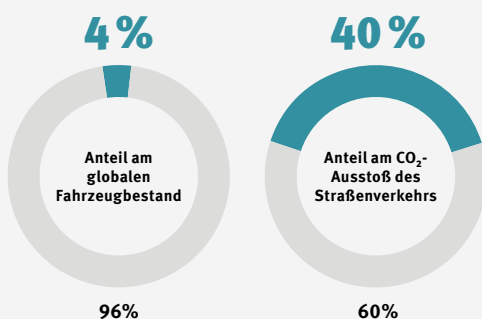


Quelle: BloombergNEF Electric Vehicle Outlook 2022

Wenige Fahrzeuge, viele Emissionen

Anteil von Fahrzeugkategorien am Fahrzeugbestand und an den CO₂-Emissionen

● Trucks & Busse ● Pkw & Kleintransporter



Quellen: IHS und IEA

Mehr Fluss



Eine bessere Vernetzung der Verkehrssysteme kann zu einer signifikanten Senkung von CO₂-Emissionen führen. Bei entsprechenden Investitionen in diesem Bereich ließen sich laut der Studie „Smart Traffic Management – The End of Urban Congestion“ von Juniper Research bereits im Jahr 2027 global 205 Millionen Tonnen CO₂ einsparen. Das wäre immerhin doppelt so viel wie beispielsweise der britische Inlandsverkehr 2019 verursacht hat. **Der wichtigste Schlüssel, um die anvisierten Zahlen zu erreichen, sind intelligente Kreuzungen**, bei denen Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur kommunizieren. Eine solche Intermodale Kommunikation würde energieintensive Staus und Stop-and-Go-Bewegungen deutlich reduzieren, sagen die Forscher. Und sie sehen solche Smart-City-Lösungen auf dem Vormarsch: Investitionen in intelligente Kreuzungen sollen sich weltweit bis 2027 gegenüber heute auf 10,2 Milliarden US-Dollar fast verdoppeln.

Volle Konzentration

Die Hälfte der Truckfahrer, die in Europa unterwegs sind, **fokussiert sich bei Pausen auf eine kleine Anzahl Raststätten**, nämlich auf 300 der insgesamt 3.000 europäischen Lkw-Zwischenstopps. Das ergab eine Analyse des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) im Auftrag des europäischen Herstellerverbands ACEA. Vor diesem Hintergrund fordert der ACEA dazu auf, **sicherzustellen, dass diese 300 Hotspots bis spätestens 2027 mit geeigneter Ladeinfrastruktur ausgestattet sind**.





„Wir brauchen einen wirklichen Wechsel der Antriebstechnologien“

Transportlogistiker sind entscheidende Akteure entlang einer nachhaltigen Lieferkette. Ohne sie können die CO₂-Emissionen nie auf das angestrebte Netto-Null-Niveau gedrückt werden. Im Interview erklärt ein Manager eines führenden Logistikdienstleisters, wie Nachhaltigkeit in der Praxis gelebt wird und was noch passieren muss, damit die Klimaziele erreicht werden können.

Interview: Volker Paulun und Björn Carstens

Der Fokus dieses Interviews liegt auf Nachhaltigkeit. Hat Dachser angesichts des durch die strapazierten Lieferketten sehr angespannten Tagesgeschäfts aktuell überhaupt Kapazitäten, sich mit diesem Thema dezidiert auseinanderzusetzen?

Klares Ja. Unsere Nachhaltigkeitsaktivitäten, insbesondere beim Klimaschutz, laufen unbeeinflusst weiter. Weil das Thema einfach keinen Aufschub duldet. Bei der Umsetzung unserer Klimaschutzmaßnahmen kommt es durch die strapazierten Lieferketten und die entsprechenden Engpässe aber in der Tat zu Verzögerungen. Zum Beispiel bei der Auslieferung batteriebetriebener Lkw und Dienstwagen.

Stichwort „alternative Antriebe“: Welche Ziele verfolgt Dachser?

Wir orientieren uns an den Zahlen der Automobilindustrie. Dort wird davon ausgegangen, dass in Europa ab dem Jahr 2030 ungefähr die Hälfte aller Neuzulassungen Nullemissions-Fahrzeuge sein werden – also einen batterieelektrischen oder einen Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb an Bord haben. Das sind aber durchaus ehrgeizige Ziele, wenn man bedenkt, dass erst jetzt erste Serienfahrzeuge auf den Markt kommen. Alles, was bisher im Einsatz war – auch bei uns –, waren Pilotprojekte.

Wenn wir über alternative Antriebe sprechen, welche Technologie oder Technologien sehen Sie im Dachser-Tagesgeschäft vorn? Wird es auf eine hinauslaufen oder werden sich für verschiedene Einsatzgebiete verschiedene Technologien etablieren?

Bei Reichweiten um die 500 Kilometer halten wir den batterieelektrischen Lkw in den meisten Fällen für die effizientere und kostengünstigere Lösung. Bei längeren Strecken sehen wir aktuell nur die Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie als Lösungsansatz. Das wird auch durch Aussagen von Daimler oder Volvo so gedeckt. Am Ende ist es uns egal, welche der beiden Technologien welchen Anteil vom Transportvolumen übernehmen wird. Ich denke, die Transportbranche wird beide Technologien brauchen und am Ende wird der konkrete Anwendungsfall entscheiden, welche Technologie wo die effizientere sein wird. Bei der Luft- und Seefracht wird gerade im Interkontinentalbereich der Fokus auf synthetischen oder biobasierten Kraftstoffen liegen.

Gerade bei der Praxistauglichkeit von Wasserstoff oder batterieelektrischen Antrieben im



Als Head of Corporate Research and Development beim internationalen Logistikdienstleister Dachser weiß Andre Kranke, warum kein Weg an null Emissionen für Lkw-Verkehr vorbeiführt. Mit rund 31.800 Mitarbeitern an weltweit 376 Standorten bewegte Dachser 2021 als einer der Weltmarktführer in der Systemlogistik insgesamt 83,6 Millionen Sendungen

Straßenfernverkehr hängt auch viel von der Tank- bzw. Ladeinfrastruktur ab. Wie bewerten Sie diesbezügliche Entwicklungen in Europa?

Das Thema Laden ist elementar. Der Staat als Rahmengerber für Infrastruktur ist hier gefordert. Grundsätzlich sehe ich die Entwicklung positiv, was die Planungen einer Schnellladeinfrastruktur zum Beispiel an Autobahnraststätten angeht. Das Gleiche gilt für die Wasserstoffinfrastruktur. Nun kommt es darauf an, dass diese Planungen möglichst schnell umgesetzt werden. Das Wichtigste für alle Fahrzeugbetreiber ist ein klarer und verlässlicher Fahrplan für ein leistungsfähiges europäisches Netzwerk.

Stellen Sie fest, dass der Kunde bereit ist, seinen Obolus für nachhaltigen Transport zu leisten?

Ja, es gibt Kunden, die hier vorangehen, mit denen wir bei nachhaltigen Logistikprojekten zusammenarbeiten und die für die Einführung neuer Technologien zusätzliche Kosten auf sich nehmen. Sprechen wir aber von einer flächendeckenden Umsetzung, sind kostenseitig durchaus Hemmnisse vorhanden. Je kostensensibler die Märkte sind, desto größer die Hemmnisse. Auf der anderen Seite haben sich viele Unternehmen auf die Fahnen geschrieben, bis spätestens 2050 nicht nur klimaneutral, sondern „Netto null“ zu sein. Das schließt auch die indirekten Emissionen entlang der Lieferketten ein, die sogenannten Scope-3-Emissionen – also auch die, die

beim Transport entstehen. Dies wird die kalkulatorischen Spielräume sicherlich etwas erweitern.

Kann der Staat beziehungsweise die EU mit finanziellen Anreizen bei der Flottenumstellung unterstützen?

Ohne eine solche Lenkungsfunktion wird es am Ende nicht funktionieren. Und es wird ja heute schon umgesetzt, zum Beispiel bei niedrigeren Mauttarifen für emissionsfreie Lkw oder bei der Besteuerung der Fahrzeuge oder der Antriebsenergie. Wenn wir Kosten bei Fahrzeugen kalkulieren, müssen wir immer die Total Cost of Ownership oder kurz TCO einbeziehen, also die Summe aus Anschaffungs- und Betriebskosten über die komplette Nutzungsdauer. Da Lkw mit neuen Antriebstechnologien in der Anschaffung zumindest in absehbarer Zeit deutlich teurer sind, müssen andere Kosten für ein solches Fahrzeug niedriger sein, um bei den TCO zumindest einen Gleichstand zu erreichen.

Unabhängig von der Antriebsenergie, wo sehen Sie bei Dachser weiteres Effizienzsteigerungspotenzial im Transport-Verkehr?

Natürlich bietet die Digitalisierung Möglichkeiten, Prozesse zu optimieren, um effizienter arbeiten zu können. Je besser Lkw ausgelastet sind, desto weniger Transporter fahren am Ende weniger Kilometer und stoßen so weniger Treibhausgase aus. Zudem setzen wir weltweit auf den Einsatz energiesparender Technologien, in Deutschland haben wir zum Beispiel komplett auf eine LED-Beleuchtung umgerüstet. Seit 2022 bezieht Dachser nur noch Strom aus regenerativen Quellen, außerdem erhöhen wir sukzessive unseren Anteil der Eigenproduktion, bauen deutlich mehr Photovoltaikanlagen und wollen uns an Windparks beteiligen. Solche Effizienzmaßnahmen sind wichtig, aber sie führen uns nicht zu null Emissionen. Wir brauchen einen wirklichen Wechsel der Antriebstechnologien und der eingesetzten Energien. Daher fördern wir beispielsweise im Flugverkehr den Einsatz von Sustainable Aviation Fuels.

Zu den neuen Technologien gehört auch das autonome Fahren. Dachser führt ja bereits erste Tests mit fahrerlosen Fahrzeugen durch. Wie sind Ihre Erfahrungen? Wann rechnen Sie mit ersten Langstreckeneinsätzen von Robofahrzeugen? Und wo liegen die großen Vorteile?

Wir unterscheiden generell beim autonomen Fahren drei Themenfelder: autonome Fahrzeuge in unseren Lagern, auf dem Betriebsgelände und

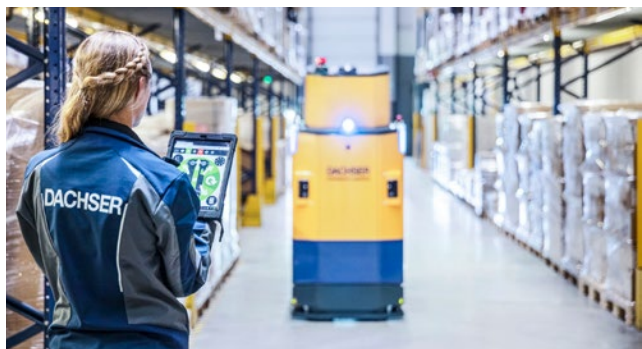
im öffentlichen Verkehr. Im Lager haben wir in den letzten zwei, drei Jahren einen technologischen Fortschritt vollzogen. Dort haben wir autonome Fahrzeuge im Einsatz, die im Mischbetrieb den Menschen unterstützen, zum Beispiel beim Palettentransport. Aufgrund des Fachkräftemangels sind wir darauf auch angewiesen. Um autonome Fahrzeuge auch auf unserem Betriebsgelände fahren zu lassen, beteiligen wir uns aktuell an einem Forschungsprojekt. Beispielsweise könnten automatisierte Maschinen Trailer bereitstellen. Allerdings gibt es noch keine praxistauglichen Fahrzeuge, die wir im Zusammenspiel mit Menschen verwenden können. Im öffentlichen Verkehr sind wir im Bereich autonomes Fahren noch nicht aktiv. Wir schätzen, dass es in diesem Jahrzehnt in Europa noch kein Thema sein wird – anders vermutlich auf den langen Highways in den USA. Hier könnten wir uns autonome Fahrzeuge mit Level-4-Modus vorstellen – also Fahrzeuge, in denen der Mensch keine Aufgaben mehr hat und theoretisch schlafen könnte.

Und was ist mit teilautonomem Fahren? Stichwort Platooning, bei dem sich mehrere Lkw vernetzen und in Kolonne fahren.

Unsere Analysen haben gezeigt, dass der Nutzen für Fahrer und Umwelt hier sehr begrenzt ist. Das haben auch die Tests einiger Nutzfahrzeughersteller gezeigt. Für uns wäre autonomes Fahren ab Level 4 interessant, das ist derzeit aber noch weit entfernte Zukunftsmusik.

Warum ist autonomes Fahren dennoch relevant?

Weil autonomes Fahren ab diesem Level die Sicherheit im Verkehr erhöht, Kosten reduziert und die



Dachser setzt in seinen Lagern auf autonom fahrende „Assistenten“, die den Menschen unterstützen

Vom Containerschiff bis zum Lastenrad für emissionsfreie Liefergebiete in Innenstädten – Dachser bespielt nahezu alle Fahrzeugklassen



Effizienz steigert. Wir kämpfen ja mit dem demografischen Wandel, der das Problem des Fahrer Mangels verschärft wird. Ein Lösungsweg könnte der Einsatz von autonomen Level-4-Fahrzeugen sein, zumindest zwischen zwei Lagerhallen im Hub-Hub-Verkehr. Wo wir autonome Fahrzeuge nicht sehen, ist der Auslieferungsverkehr. Dort wird der Mensch auf lange Sicht ein wichtiges Element in der Logistik bleiben. Er ist unser Gesicht zum Kunden.

Sie transportieren Güter mit dem Lastenrad ebenso wie mit dem Containerschiff, also mit fast jeder Fahrzeugkategorie. Welches Nachhaltigkeitspotenzial steckt in einer besseren Vernetzung quer durch den Mobilitätsmix?

Ich glaube nicht, dass an der Stelle eine große Hebelwirkung erzielt werden kann, wenn es um den Klimaschutz geht. Was wir brauchen, ist eine leistungsfähige Infrastruktur, die auch gepflegt werden muss. In dem Bereich fehlt es an Investitionen. Am Ende ist der Engpass nicht die Vernetzung des Mobilitätsmix, sondern es ist die Verlässlichkeit der einzelnen Verkehrsträger. Gerade bei transeuropäischen Bahnstrecken über mehrere Hundert Kilometer sehe ich hier einen großen Handlungsbedarf, wenn der Schienengüterverkehr seinen Anteil im Modal Split halten oder sogar steigern soll. Was nützt es unseren Kunden, wenn die Sendung schnell und reibungslos vom Lkw auf die Bahn umgeladen wird, aber der Zug verspätet losfährt bzw. ankommt? Dann geraten die Lieferketten unserer Kunden durcheinander.

Kommen wir zum urbanen Lieferverkehr. Wie will sich eine Großpedition wie Dachser hier nachhaltiger aufstellen?

Wir sind dabei, in diesem Jahr elf emissionsfreie Liefergebiete in ganz Europa einzurichten. Stuttgart war unsere Modellregion, die wir auf weitere Städte wie zum Beispiel Madrid, München, Paris, Oslo

und Kopenhagen übertragen haben oder noch werden. Was bedeutet das konkret? Wir liefern in einem definierten Postleitzahlengebiet im Innenstadtbereich standardmäßig emissionsfrei aus. Unsere Niederlassungen befinden sich in der Regel außerhalb der Städte. Von dort laden wir die Ware auf batterieelektrische Lkw um, die diese dann entweder direkt zum Empfänger bringen oder zu einem Micro-Hub, also einem weiteren Umschlagpunkt, um sie dort auf Lastenräder für die letzte Meile zu verteilen.

Was halten eigentlich die Fahrer von der neuen Generation emissionsfreier Fahrzeuge?

Die sind begeistert, da die Fahrzeuge viel weniger vibrieren und es in der Fahrerkabine viel ruhiger ist. Zudem spüren sie, dass sich das Image ihres Berufs verbessert, weil sie jetzt wesentlich umweltschonender unterwegs sind.

Mal abgesehen von den etablierten Transportmitteln, welches neue hat in Ihren Augen das größte Potenzial, den bestehenden Mobilitätsmix auch aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten dauerhaft zu bereichern?

Es gibt wirklich spannende Projekte, ich denke da zum Beispiel an das Röhrenprojekt Hyperloop als Lösung für die vorletzte Meile. Für eine solche „Rohrpost XXL“ wären natürlich umfassende Tiefbaumaßnahmen notwendig, was eine zeitnahe Umsetzung schwierig macht. Mit dem Thema Drohnen beschäftigen wir uns bei Dachser auch. Drohnen für den massenhaften Transport von Millionen Gütern sehen wir aber eher nicht, da das Fliegen zu den energieintensivsten Methoden zählt, Waren zu transportieren. Masse und Energieverbrauch stehen in keinem guten Verhältnis. Was nicht heißen soll, dass es nicht an der einen oder anderen Stelle Drohnen-Transporte geben wird, zum Beispiel in abgelegene Regionen oder für eilbedürftige Güter.

Die schaffen was weg ...

Nachhaltige Transportlösungen brauchen nachhaltige Energien. Die dafür nötigen Anlagen und Bauteile können gigantische Ausmaße haben und müssen dennoch auf normalen Straßen bewegt werden. Eine logistische Herkulesaufgabe, für die Anbieter wie Weltmarktführer Goldhofer sehr spezielle Fahrgestelle entwickeln.



Dorthin, wo der Wind weht

Das Transportgut

Türme und Rotorblätter für Windkraftanlagen.

Die allgemeine Herausforderung

Um möglichst viel Windenergie zu „ernten“, werden die Flügel und damit auch die Türme moderner Windkraftanlagen immer größer – und der Transport immer komplexer.

Die konkreten Beispiele

Turmsegmente und Rotorblätter des Windanlagenbauers Vestas mussten vom Hafen im schwedischen Gävle landeinwärts ins rund 100 Kilometer entfernte Hedemora transportiert werden (kl. Fotos). Auf Madeira (gr. Foto) wurden Elemente für drei Großwindanlagen vom Hafen Porto Caniçal über die halbe Insel ins hügelige Hinterland des Ortes Ribeira Brava verfrachtet.

Die Lösungen

Die Flügel extrem lang (84 m), die Turmelemente sehr voluminös (6,3 m Durchmesser) – das erforderte in Schweden zwei verschiedene Routen, an denen entlang Kreisverkehre überbaut, hohe Bordsteinkanten aufgeschüttet und Verkehrsschilder sowie Ampelanlagen abgebaut werden mussten. Das Turmsegment wurde für die Fahrt mit Rohradaptern auf dem vorderen und hinteren Fahrgestell fixiert. So lassen sich Segmente von maximal 110 Tonnen Gewicht und bis zu einem Durchmesser von 6,8 Metern transportieren. Beim Fahrgestell am Heck sorgten sechs mitlenkende Achsmodule pro Seite für eine hohe Manövrierfähigkeit.

Für den Transport der Rotoren hat Goldhofer zwei Systeme entwickelt. In Schweden kam „Blades“ zum Einsatz. Dort wird der Rotorblattsockel in einer auf dem Zugfahrzeug montierten schwenkbaren Spezialhalterung fixiert, die Rotorspitze wiederum liegt auf einem Hintererläufer auf. Für besonders verwinkelte Passagen, wie sie zum Beispiel auf Madeira bewältigt werden mussten, hat Goldhofer ein FTV genanntes Schwerlastmodul im Programm, das bei besonders engen Stellen sogar selbst fahren kann. Der Clou: Das Modul ist darauf ausgelegt, dass das Rotorblatt nicht nur freischwebend transportiert, sondern auch noch bis zu 60 Grad angehoben werden kann. So streift die Rotorspitze wenn nötig einfach über Hindernisse hinweg. Die in Madeira transportierten Rotorblätter waren mit 67 Meter Länge übrigens „kleine Fische“. Laut Goldhofer sind über 84 Meter Länge möglich.



In Schweden wurden diese gewaltigen Windkraftanlagenbauteile 100 Kilometer weit auf öffentlichen Straßen transportiert – eine tonnenschwere Millimeterarbeit

70-Meter-Lindwurm

Das Transportgut

Drei Transformatoren für das Umspannwerk eines Offshore-Windparks.

Die allgemeine Herausforderung

Die Energiewende hin zu erneuerbaren Quellen bringt eine Dezentralisierung der Netzinfrastruktur mit sich. Dafür müssen rund um den Globus Anlagen wie Umspannwerke neu errichtet werden.



Das konkrete Beispiel

Damit die Energie des vor der schottischen Küste befindlichen 950-MW-Windparks Moray East den Verbrauchern als 230-Volt-Strom zur Verfügung steht, wurde im Landesinneren bei New Deer ein Umspannwerk mit drei Transformatoren gebaut, jeder über 260 Tonnen schwer und fast zwölf Meter lang. Diese mussten über eine 56 Kilometer lange und dazu noch hügelige, kurven- und brückenreiche Strecke vom Hafen von Peterhead nach New Deer transportiert werden.

Die Lösung

Die genutzte Seitenträgerbrücke „FAKTOR 5.5“ kann Ladegüter von bis zu sechs Metern Breite, 17 Metern Länge und bis zu 350 Tonnen Gewicht aufnehmen und sie dank Niveauregulierung und 1,6 Meter hydraulischem Hub flexibel bewegen. Da die Transformatoren 90 Tonnen unter dem Maximalgewicht blieben, konnte hinten und vorn eine Konfiguration von je „nur“ 10 Achsen pro Seite gefahren werden. Das machte den 70 Meter langen Lindwurm verhältnismäßig wendig.

Tonnenweise Kabel

Das Transportgut

Kabeltrommeln für den Bau von Stromtrassen.

Die Herausforderung

Um den mit Photovoltaik- oder Windkraftanlagen erzeugten Strom dahin zu bringen, wo er gebraucht wird, sind Kabel erforderlich – sehr lange Kabel. Je nach Kabelauführung und -länge (aktuell bis zu zwei Kilometer) wiegen die Trommeln derzeit 55 Tonnen – zukünftig können es bis zu 100 Tonnen sein. Entsprechend verdoppelt sich auch die Breite der Trommeln von heute vier bis fünf Meter auf acht bis zwölf Meter. Erschwerend kommt hinzu, dass der Schwerlastanhänger (im Foto eine sogenannte Kesselbrücke, die zwischen zwei Schwerlastmodule eingehängt ist und die Kabeltrommel trägt) auch für schwieriges Gelände auf Baustellen geeignet sein muss. Die Möglichkeit des Selbstfahrens erhöht die Manövrierbarkeit des Anhängers.



Die Lösung

Um die immer voluminöser ausfallenden Kabeladungen zu bewältigen, entwickeln die Goldhofer-Experten zurzeit eine optimierte Kesselbrücke zur Aufnahme einer Abspulvorrichtung für Trommeln mit bis zu 100 Tonnen Gewicht. Parallel dazu laufen Konzeptionen von Motoren mit synchronisiertem Gleichlauf zum ruckfreien Abspulen der Kabel am Verlegeort.

Mega-Tankwagen

Das Transportgut

Überlauftanks für einen Solarpark.

Die allgemeine Herausforderung

2005 war der Solarpark Bavaria in Deutschland mit 10 Megawatt (MW) der größte Solarpark der Welt. Der Mohammed-bin-Rashid-Al-Maktoum-Solarpark in Dubai leistet heute schon 800 MW, mit der finalen Ausbaustufe sollen es 5.000 MW oder 5 Gigawatt sein. Um rund um die Uhr Energie liefern zu können, wandeln solche Sonnenkraftwerke Lichtenergie nicht nur in Strom um, sie speichern sie auch in Form von Wärme zwischen, zum Beispiel durch Erhitzen von Thermoöl. Teil dieses komplexen Wärmekreislaufs sind gewaltige Überlauftanks.

Das konkrete Projekt

Insgesamt 30 der je 52 Meter langen und 235 Tonnen schweren Tanks mussten vom Hafen Jebel Ali in den Vereinigten Arabischen Emiraten zu dem Solarpark in der Wüste Dubais transportiert werden. Die größte Herausforderung bestand darin, den engen Zeitplan für die Fertigstellung des Solarparks minuziös einzuhalten. Dafür mussten Route und Verladezeiten optimal geplant werden.



Tatort Texas: Eine selbstfahrende Nachläuferkombination mit 48 Schwerlastachsen wuchtete diesen 440 Tonnen schweren und 60,5 Meter langen Kessel ums Eck

Die Lösung

Die Tanks wurden nacheinander auf 30 Schwerlasttransporte aufgeladen, die sich jeweils im Zweier-Konvoi auf den Weg machten. Um die gewaltige Last von jeweils 235 Tonnen durch den Wüstensand zu ziehen, wurde das Gewicht auf nicht weniger als 30 Achslinien pro Seite verteilt. Im Anschluss an die Reise legten die Tanks noch etwa 100 Meter am Haken eines 400 Tonnen Raupenkrans zurück, um dann auf vorbereiteten Fundamenten montiert zu werden. Der Vorteil in der Wüste: Es mussten keine engen Biegungen gemeistert werden. Daher konnten die Tanks trotz ihrer Länge von 52 Meter auf einem durchgängigen Schwerlastmodul transportiert werden. Kniffliger wird es, wenn es ums Eck gehen muss. Aber auch das ist möglich, wie das obere Bild von einem Transport in Texas mit einem sogar 60,5 Meter langen Kessel zeigt.





„Wir können auch Trucks“

Schaeffler stellt erstmals auf der IAA Transportation aus: Automotive-Vorstand Matthias Zink ordnet die Premiere ein und gibt Einblicke, warum die innovativen Technologien und Produkte von Schaeffler perfekt sind, um die Transformation der Transport- und Logistikbranche für mehr Effizienz und Nachhaltigkeit voranzubringen.

Interview: Annett Fischer

Die neu konzipierte IAA Transportation ist Plattform und Treffpunkt für Transport- und Logistikunternehmen aus aller Welt. Was macht die Messe so reizvoll?

Ganz einfach – ohne die Logistikbranche wird es nicht möglich sein, die weltweiten Klimaziele zu erreichen. Sie muss dabei gleichzeitig den Spagat zwischen einer höheren Transportleistung einerseits und niedrigeren Emissionen andererseits meistern. Das wiederum erfordert innovative technische Lösungen – gerade von Zulieferern wie Schaeffler. Auf der IAA Transportation kommen alle Player zusammen und zeigen, wie Transport künftig sicherer, effizienter und damit nachhaltiger wird. Schaeffler ist erstmals dabei und ich freue mich schon sehr auf den Austausch.

Dann wird es ja Zeit für diesen Messeauftritt ...

Da haben Sie recht. Viele verbinden die Automobilsparte von Schaeffler mit Antriebslösungen nur für Pkw. Doch wir entwickeln und fertigen Systeme und Komponenten für weit mehr Anwendungen – auch für leichte und schwere Nutzfahrzeuge. Wir können auch Trucks. Auf der Messe zeigen wir unsere Antworten auf die drängenden Fragen der Branche aus den Bereichen Antrieb und Fahrwerk.

Was sind das für Produkte, die gute Antworten zu diesen Fragen geben?

Wir bringen unsere Lösungen aus den Bereichen Elektrifizierung, Emissionsreduzierung, Digitalisierung und automatisiertes Fahren mit nach Hannover. Meine Highlights sind unsere Elektromotoren für Nutzfahrzeuge, Komponenten für den Brennstoffzellenantrieb und das Space-Drive-System – eine Schlüsseltechnologie für autonomes Fahren.

Von zentraler Bedeutung für jedes System und jede einzelne Komponente, die wir in Hannover zeigen, ist unsere umfassende Industrialisierungskompetenz. Wir können sie lückenlos bis hin zu Umformungs- und Oberflächenprozessen in unseren Werken abbilden. Damit erzielen wir entscheidende Vorteile gegenüber unseren Mitbewerbern und für eine nachhaltige Mobilität. Aber wir wollen auch zuhören und lernen, was die Branche bewegt und wie wir mit unseren Produkten und Services einem klimaneutralen Verkehr immer näherkommen können. Ich persönlich freue mich deshalb ganz besonders auf interessante Dialoge mit Kunden, Partnern und den Vertretern der Transport- und Logistikbranche. Wir müssen alle an einem Strang ziehen, um die große Herausforderung dieser nachhaltigen Transformation der Transport- und Logistikbranche zu meistern.

„Die Transportbranche muss sich in den nächsten Jahren völlig neu erfinden – sowohl im urbanen Raum als auch auf der Langstrecke. Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit stehen dabei im Fokus. Schaeffler wird diese neue Mobilität maßgeblich mitgestalten“

Matthias Zink,
Schaeffler-Vorstand Automotive Technologies

Die kommenden Jahre stehen ganz im Zeichen dieser von Ihnen angesprochenen Transformation. Wo steht die Branche 2030 – und welche Meilensteine wollen Sie bis dahin bewältigt haben?

Betrachten wir die aktuellen Herausforderungen, so muss sich die Transportbranche in den nächsten Jahren völlig neu erfinden – sowohl im urbanen Raum als auch auf der Langstrecke. Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit stehen dabei im Fokus. Schaeffler wird diese neue Mobilität maßgeblich mitgestalten. CO₂-effiziente Antriebe sind ein zentrales Thema für unser Automotive-Geschäft. Wir verstehen das Antriebssystem, die Anforderungen und Ziele unserer Kunden und entwickeln auf dieser Basis Antriebslösungen bis auf die Ebene einzelner Komponenten. Unser Produktportfolio reicht von Systemen für die Reduzierung von Verbrauch

und CO₂-Emissionen im Antriebsstrang über die Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen und Bussen bis zu Komponenten für Brennstoffzellensysteme und Antriebe mit alternativen Kraftstoffen.

Dann schauen wir doch noch mal kurz in den Rückspiegel: Was ist oder war für Sie in den vergangenen zehn Jahren der größte Gamechanger in der Logistik- oder Transportbranche?

Auf jeden Fall sind die Kamera-Monitor-Systeme, die die Außenspiegel von Trucks ersetzen, für mich ein Gamechanger. Die Idee dafür ist einfach, aber genial. Und hier kommt vieles zusammen: Es verbessert die Sicht des Fahrers und senkt den Verbrauch. Das ist für mich eine klassische Win-Win-Entwicklung. Dabei ist es ein hochkomplexes System und erfordert viel Systemwissen. Von solchen Lösungen würde ich gerne mehr sehen.

Und beim Blick nach vorn: Welche Innovationen weisen international als Blaupause den Weg zur Klimaneutralität?

Da möchte ich zwei Themen nennen, erstens eine konsequent durchdachte Elektrifizierung für Nutzfahrzeuge und den Wasserstoffantrieb. In beiden Lösungssträngen steckt enormes Potenzial für die Transport- und Logistikbranche auf ihrem Weg zur Klimaneutralität. Am 20. September werde ich darüber mit weiteren Gästen auch in einem Panel auf der IAA Conference im Rahmen der IAA Transportation sprechen.



Investition in Transformation: Am Hauptsitz der Sparte Automotive Technologies in Bühl entsteht ein neues Kompetenzzentrum für elektrifizierte Mobilität

Die von Ihnen genannte IAA Conference führt Entscheider, Visionäre und Experten in wichtigen

Diskussionen zusammen: Was versprechen Sie sich davon?

Bei der IAA Conference kommt aus meiner Sicht zusammen, was zusammengehört: etablierte Branchenriesen und Newcomer, Hersteller und Zulieferer, Politiker und Experten. Dieser holistische Blick auf die Inhalte gefällt mir, denn wir müssen gerade bei den aktuell so wichtigen Themen gemeinsam an einem Strang ziehen. Es geht darum, Verbrauch und Emissionen massiv zu reduzieren, Logistikketten zu verbessern und Fahrer zu entlasten. Das schafft kein Einzelner allein. Daher freue ich mich auf den branchenübergreifenden Dialog.

Welchen Trend verfolgen Sie aktuell beruflich mit großem Interesse?

Da bleiben wir schon bei den Themen, die ich hier auch als entscheidend für die IAA Transportation genannt habe. Es begeistert mich zu sehen, wie das Bewusstsein für Nachhaltigkeit und die Reduzierung von Emissionen mittlerweile industrieweit angekommen ist. Mehr und mehr werden diese Themen konsequent verfolgt und Realität – von der Energieerzeugung bis zu ihrer effizienten Nutzung. Ich habe beispielsweise vor ein paar Jahren nicht gedacht, dass ich mich als Ingenieur heute so intensiv mit der Energietechnik für die nächste Generation beschäftige. Hier steckt auch noch viel Potenzial. Ich möchte daran mitarbeiten, dieses Potenzial zu heben.

Dann helfen wir jetzt mal ein bisschen nach und geben Ihnen eine Superkraft, die Ihnen beruflich weiterhelfen würde: Welche wäre das?

Hui, danke! Dazu muss ich kurz etwas ausholen: Vor Kurzem haben wir bei Schaeffler das traditionelle Schaeffler-Kolloquium veranstaltet, unsere größte und wichtigste Kundenveranstaltung. Verglichen mit dem letzten Kolloquium vor vier Jahren haben wir dort in den Themenfeldern Elektrifizierung, Fahrwerkanwendungen und Lager mehr Innovationen, mehr neue Konzepte und mehr Prototypen gezeigt als jemals zuvor bei einem solchen Event. Wenn ich eine Superkraft hätte, dann möchte ich genau diesen Innovationsgeist, diese Begeisterung des gesamten Teams und den Mut, immer neue Technologien für eine Mobilität im Wandel zu entwickeln, beibehalten und in die Zukunft tragen.

Vielen Dank für das Gespräch!

Zur Person: Matthias Zink

Als **Vorstand Automotive Technologies** ist Matthias Zink (geb. 1969) seit 2019 verantwortlich für die Unternehmensbereiche Motor- und Getriebesysteme, E-Mobilität, Lager, Fahrwerkssysteme und New Mobility. Hinzu kommt der Bereich Forschung und Entwicklung der Sparte Automotive Technologies sowie das Global Key Account Management.

Der studierte Maschinenbauer mit Schwerpunkt Kraftfahrzeugtechnik machte sein Diplom an der Uni Karlsruhe 1994. Zink bezeichnet sich selbst als „Car guy“. Seine Karriere bei Schaeffler begann 1994 bei LuK, sehr schnell übernahm er Führungsverantwortung und entsprechende Positionen im Unternehmen. In den Folgejahren hatte Matthias Zink verschiedene Führungspositionen inne, bevor er 2006 den Geschäftsbereich Kupplungssysteme verantwortete. Nach sieben Jahren erfolgreicher Leitung des Geschäftsbereichs übernahm er 2012 die Leitung von Schaeffler Automotive Asien/Pazifik in China. 2014 kehrte er nach Deutschland zurück.



Grün macht den Unterschied

Ob mechanisch, mechatronisch, elektrisch oder digital – Schaeffler bietet eine Vielzahl technologischer Lösungen an, damit Güter- und Personenverkehr mit Lkw und Bus effizienter und nachhaltiger werden.

Von Volker Paulun

Lkw-Hersteller müssen den CO₂-Ausstoß ihrer Flotten in der Europäischen Union bis zum Jahr 2025 um 15 Prozent senken. Für 2030 soll dieser Grenzwert nochmals verschärft werden. „Ohne die Transport- und Logistikbranche wird es nicht möglich sein, die weltweiten Klimaziele zu erreichen“, sagt Matthias Zink, Vorstand Automotive Technologies von Schaeffler. Rund 60 Prozent der zurückgelegten Lkw-Strecken sind kürzer als 500 Kilometer und damit in dem Bereich, den Nutzfahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb mit einer Ladung zurücklegen können. Zudem sind sie eine Lösung für die emissionsfreie und leise Stadtbelieferung. Ein weiterer Vorteil von Elektro-Trucks gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ist

die Energierückgewinnung beim Verzögern, insbesondere im Stop-and-Go-Betrieb in städtischen Umgebungen.

Neben batterieelektrischen Antrieben rücken gerade im Fernverkehr Wasserstoff und Brennstoffzelle in den Fokus. Auch hierfür entwickelt Schaeffler effiziente Lösungen. Selbst klassische Produkte wie Lager bieten viel Effizienz- und Innovationspotenzial. Sie können Reibung reduzieren und damit den Verbrauch von Nutzfahrzeugantrieben spürbar reduzieren. Und mit smarten Sensoren aufgerüstet werden Radlager zu einem wichtigen Baustein des automatisierten Fahrens und für digitale Dienste. Eine Vielzahl seiner Innovationen im Bereich Truck & Bus zeigt Schaeffler auf der IAA Transportation 2022. „tomorrow“ stellt sie auf den folgenden Seiten vor.



Leichter und smarter drehen

Die Zukunft der Transport- und Logistikbranche ist elektrifiziert, automatisiert und digital. Eine wichtige Komponente, mit der Nutzfahrzeuge künftig noch effizienter und sicherer auf der Straße rollen, sind Lager. Gerade im Schwerlastverkehr steckt in Lagern ein enormes Einsparpotenzial – und das sowohl bei konventionellen als auch elektrifizierten Antrieben. Seit 100 Jahren entwickelt Schaeffler Lagerlösungen für leichte und schwere Nutzfahrzeuge. Die aktuelle Jahresproduktion für dieses Segment liegt bei mehr als 80 Millionen Lagern. Ein künftiger Fokus der Weiterentwicklung liegt auf Lagerlösungen für elektrifizierte Antriebe, automatisiertes Fahren und die Digitalisierung.

Smarte Radlager

Die Herausforderung

Mit einem **intelligenten Radlager** will Schaeffler dabei helfen, Trucks zu digitalisieren und die Entwicklung des automatisierten Fahrens zu beschleunigen.

Die Innovation

Dank smarter Sensoren kann der technische Zustand des Lagers sowie der Räder aus der Ferne überwacht werden. Dort gesammelte **Daten können auch für das automatisierte Fahren und digitale Dienste genutzt werden.**

Die Details

Defekte Reifen oder Bremsen verursachen aktuell rund 40 Prozent der Fahrzeugausfälle – mit einer Zustandsüberwachung, die **in Bruchteilen einer Sekunde Radkräfte, Bremskräfte, Vibrationen und die Temperatur am Radkopf misst**, würde diese Zahl massiv sinken. Mit den erfassten Daten lassen sich beispielsweise auch Ladungsverschiebungen erkennen und die Straßenbeschaffenheit ableiten.



Rotierende Luftpumpe

Die Herausforderung

Der Reifendruck hat maßgeblichen Einfluss auf Kraftstoffverbrauch, Reifenverschleiß, Straßenlage und Bremswege von Trucks. Doch **den Druck auf wechselnde Bedingungen exakt anzupassen ist aufwendig** und wird oft vernachlässigt.



Die Innovation

Schaeffler hat ein Radlager mit integrierter Dichtung entwickelt, das dabei hilft, **den Reifendruck während der Fahrt optimal an die aktuellen Bedingungen anzupassen.**

Die Details

Das Radlager hat eine sogenannte Druckluftdrehdurchführung zum Reifen. Eingebettet in ein System des Fahrzeugherstellers kann damit der **Luftdruck in den Reifen auf allen Achsen sowohl verringert als auch erhöht werden.** Zum Beispiel wenn hohe Temperaturen den Luftdruck erhöhen, was nicht nur den Reifen schadet, sondern auch den Bremsweg verlängert. Oder wenn bei Off-Highway-Anwendungen mit einem niedrigen Luftdruck die Traktion verbessert werden soll.

Reibungsminimierer

Die Herausforderung

Leistungsverlust durch Reibung minimieren und damit Verbrauch und CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen reduzieren.



Die Innovation

Speziell für Nutzfahrzeuge hat Schaeffler eine Radlagereinheit entwickelt, die die Reibleistung nochmals deutlich verringert.

Die Details

Eine innovative Bauform, eine neuartige Wärmebehandlung und ein angepasstes Dichtungskonzept reduzieren die Reibung um 56 Prozent und sparen so bis zu 600 Watt Energie pro 13 Tonnen Achslast. Bei einem Elektro-Nutzfahrzeug mit 500 Kilometer Reichweite lassen sich so **bis zu 11 Kilowattstunden bei jedem Ladevorgang einsparen.**



Zukunft wird mit E geschrieben

Elektrische Antriebsstränge werden künftig einen immer größeren Anteil im Antriebsmix von leichten und schweren Nutzfahrzeugen haben. Dabei gilt es, die speziellen Anforderungen der Branche im Blick zu behalten. Daher ist die neue E-Motor-Produktfamilie von Schaeffler nicht nur skalierbar und effizient, sondern auch äußerst robust.



„Wir werden mit unserer umfangreichen Expertise in der elektrifizierten Mobilität einen entscheidenden Beitrag für die Dekarbonisierung von Nutzfahrzeugen leisten“

Dr. Jochen Schröder,
Leiter des Unternehmensbereichs
E-Mobilität bei Schaeffler

Vielseitige E-Motorenfamilie

Die Herausforderung

Den **Spagat zwischen vergleichsweise kleinen Produktionsvolumina von Nutzfahrzeugantrieben bei gleichzeitig hohen Anforderungen** an Leistung, Wirkungsgrad und Haltbarkeit meistern.

Die Innovation

Schaeffler entwickelt **E-Motoren in skalierbaren Baureihen, um alle Leistungsklassen effizient abdecken zu können**. Sie kommen auf der Straße und im Gelände, in vollelektrischen und hybriden Antrieben und sowohl in einer elektrischen Achse als auch als Zentralantrieb zum Einsatz.

Die Details

Als ersten Schritt liefert Schaeffler ab 2023 eine **Produktfamilie von wassergekühlten 800-Volt-Motoren** aus, die eine maximale Dauerleistung von 180 Kilowatt und ein maximales Drehmoment von 950 Newtonmeter bereitstellen. Dort kommt die sogenannte Hairpin-Wickeltechnik zum Einsatz, die Schaeffler inhouse fertigen kann.

Der nächste Entwicklungsschritt ist eine Baureihe mit Hochleistungsmotoren mit einem **Wirkungsgrad von über 97 Prozent und einer kontinuierli-**

chen Antriebsleistung von bis zu 300 Kilowatt.

Um solche Werte zu ermöglichen, haben die Fachleute des Unternehmens eine innovative Ölkühlung entwickelt. Eine weitere Besonderheit ist die Stab-Wellenwicklung des Stators, eine Wicklungstechnologie, die weltweit nur wenige Unternehmen beherrschen. Schaeffler ist eines davon. Sie sorgt für eine besonders hohe Leistungsdichte der E-Motoren.



Die von Schaeffler für Nutzfahrzeuge entwickelten E-Motoren-Baureihen sind skalierbar, um alle Leistungsklassen effizient abdecken zu können

800-Volt-Leistungselektroniken

Die Herausforderung

Elektrische Antriebssysteme mit 800 und mehr Volt stellen **hohe Anforderungen an die Leistungselektronik**, beispielsweise auch, um schnelle Ladezeiten zu realisieren.

Die Innovation

Schaeffler entwickelt eine speziell auf die Anforderungen von **Nutzfahrzeugen abgestimmte Leistungselektronik auf Siliziumkarbidbasis**, die für Spannungen bis 850 Volt und auf effektive Stromstärken von 600 Ampere (Spitzenleistung) beziehungsweise 400 Ampere (Dauerleistung) ausgelegt ist.

Die Details

Die Siliziumkarbidtechnik der Elektronik ermöglicht höhere Schaltfrequenzen sowie eine bessere Kühlleistung, beides wichtig für eine hohe Dauerleistung im Nutzfahrzeugeinsatz. **Mit einem Volumen von 12,4 Liter erreicht die Leistungselektronik auf Siliziumkarbidbasis eine bauraumsparende Leistungsdichte von mehr als 40 Kilowatt pro Liter.** Möglicher Effizienzgewinn: Bei einem batterieelektrischen Lkw mit 500 Kilometer Reichweite kann die Batteriekapazität dank dieser Schaeffler-Innovation um 14 Kilowattstunden verringert werden. Das wiederum entspricht einer Gewichtsreduzierung um 84 Kilogramm sowie einer signifikanten Kosteneinsparung durch die entsprechende Verkleinerung der Batterie. Übrigens: Über einen 24-Volt-Gleichstromanschluss kann die Leistungselektronik zudem mit dem regulären Fahrzeugbordnetz verbunden werden.

Obwohl kompakt, ist die neue Leistungselektronik für Nutzfahrzeuge sehr performant



Ein zentrales Element des Thermomanagements von Schaeffler ist ein smartes Ventil zur dezentralen Kühlmittelregelung

Schlüsselkompetenz Thermomanagement

Die Herausforderung

Lange Ladezeiten kosten Flottenbetreiber bares Geld. Um schnell laden zu können, braucht die Batterie ihre „Wohlfühltemperatur“.

Die Innovation

Wenn es um mehr Ladeeffizienz und den Schutz der Batterie bei Ladevorgängen mit hohen Leistungen geht, wird das Thermomanagement zur Schlüsselkompetenz. **Schaeffler ist Pionier für intelligentes Thermomanagement und kann auf jahrzehntelanges Know-how in diesem Bereich zurückgreifen.** Darauf aufbauend entwickelte Schaeffler jetzt eine effiziente Temperaturkonditionierung des Antriebs und der Batterie speziell für elektrifizierte Nutzfahrzeuge.

Die Details

Ein zentrales Element des Thermomanagements von Schaeffler ist das sogenannte Single Smart Valve, ein smartes Ventil zur dezentralen Kühlmittelregelung. **Es regelt einzelne Kühlmittelströme der Batterie, der Leistungselektronik, des Motors oder des Getriebes.** Durch die individuelle und dezentrale Anordnung entstehen für den Hersteller Freiheiten in der Systemarchitektur. Zudem sind damit eigenständige Regelstrategien für die Fahrzeugzustände Schnellladen, Kaltstart, Stadtverkehr oder Bergfahrt möglich. Zudem bietet Schaeffler die Systemintegration aller Kühlmittelfunktionen für Nutzfahrzeuge an. Diese Systeme beinhalten die Kühlmittelregelung, elektrische Wasserpumpen, Sensorik und eine intelligente Steuerung. Vorteil für den Hersteller ist eine kompakte, platzsparende Bauweise.



Alternative: Brennstoffzelle

Schaeffler setzt auch auf die Wasserstofftechnologie für den Antrieb von Nutzfahrzeugen. Das gilt insbesondere auf der Langstrecke. Das Unternehmen entwickelt innovative Komponenten für Brennstoffzellensysteme und bereitet ihre Industrialisierung vor.



„Für Schaeffler ist die Brennstoffzelle eine sinnvolle Ergänzung im Antriebsmix von Nutzfahrzeugen“

Matthias Zink,
Vorstand Automotive Technologies der
Schaeffler AG

Ein Buchstabe mit viel Energie: H

Die Herausforderung
Wie entwickelt man Nutzfahrzeuge mit Wasserstoff-Antrieb so effizient wie möglich, um eine **weitere elektrifizierte Alternative für die Lkw-Flotten** der Zukunft zu schaffen?

Die Innovation

Auf der IAA Transportation in Hannover zeigt Schaeffler ein Demonstrationsfahrzeug, das auf Basis eines Elektro-Transporters vollkommen neu aufgebaut wurde und die Systemkompetenz von Schaeffler zeigt. **Das Auto wird nun von einer 3in1-E-Achse und einem Brennstoffzellensystem mit zwischengeschleiftem Akku angetrieben.** Elektrische Achse, Brennstoffzellen-Stack sowie Ansteuerung des Systems und Energiemanagement stammen von den Fachleuten des Automobil- und Industriezulieferers. Damit zeigt Schaeffler, wie ein optimales Zusammenspiel zwischen elektrischem Antrieb, Brennstoffzellensystem und Lithium-Ionen-Akku funktioniert. „Brennstoffzellenantriebe werden sich zunächst vor allem für schwere Nutzfahrzeuge im Überlandverkehr durchsetzen. Aber beispielsweise auch kleinere Transporter, die regelmäßig längere Strecken zurücklegen, können von den Vorteilen des Wasserstoffbetriebs profitieren“, sagt Matthias Zink.

Dieses Demonstrationsfahrzeug auf Basis eines Elektro-Transporters hat Schaeffler vollkommen neu aufgebaut, um die Systemkompetenz im Bereich Brennstoffzellenantriebe im Praxisbetrieb aufzuzeigen



Die Details

Ein einzelnes Brennstoffzellensystem beinhaltet einen sogenannten Stack. **Dieser besteht aus zahlreichen übereinandergestapelten Bipolarplatten mit jeweils einer Membran dazwischen.** Die Bipolarplatten erfüllen bei dem Prozess der „kalten Verbrennung“, bei dem die chemische Reaktionsenergie des kontinuierlich zugeführten Wasserstoffs und Luftsauerstoffs in elektrische Energie umgewandelt wird, gleich mehrere Aufgaben: elektrische Verbindung der Zellen, Gasverteilung entlang der Oberfläche, Gastrennung zwischen angrenzenden Zellen und Dichtung nach außen sowie Kühlung. Obwohl eine einzelne Bipolarplatte selbst nur zwischen 50 und 100 Mikrometer dick ist, macht sie im Verbund bis zu 80 Prozent des Gewichts und bis zu 65 Prozent des Volumens des Stacks aus. Daher ist die Bipolarplatte für die Leistungsdichte des Systems von enormer Bedeutung.

Schaeffler entwickelt metallische Bipolarplatten bereits seit dem Jahr 2017 und betreibt am Standort Herzogenaurach eine Pilotanlage für die Herstellung. Dafür setzt das Unternehmen seine umfangreiche Expertise in Fertigungsbereichen

wie der Kaltumformtechnik, dem Stanzen, dem Fügen oder der Oberflächenbehandlung ein. „Wir nutzen unsere hochpräzise Umformungs- und Stanztechnik sowie innovative Beschichtungsverfahren, um Platten mit besonders hoher Effizienz und Leistungsfähigkeit herzustellen“, sagt Dr. Jochen Schröder, Leiter des Unternehmensbereichs E-Mobilität bei Schaeffler. So ist beispielsweise das Umformen und Beschichten selbst sehr dünner Stahlbauteile wie der Bipolarplatte verwandt mit Herstellprozessen, die Schaeffler traditionell für die Fertigung von Motor- und Getriebebauteilen beherrscht und für die Herstellung der Platten anpasst.

Zudem entwickelt Schaeffler auf Basis seines Lager-Know-hows verschiedene **Axial- und Radial-Luftfolienlager für die Luftversorgung der Brennstoffzelle, Düsen für die Wasserstoffzirkulation** sowie wesentliche Komponenten für das Kühlmittelmanagement, wie ein Thermomanagementmodul oder smarte Ventile für die dezentrale Kühlmittelregelung. Ebenso baut das Unternehmen seine Kompetenz in der Systemsteuerung mit entsprechenden Software-Bausteinen für brennstoffzellenspezifische Funktionen kontinuierlich aus.

Joint Venture für die Großserienfertigung von Bipolarplatten

Um Brennstoffzellenantriebe in großen Stückzahlen einzusetzen, soll eine zielgerichtete Industrialisierung die Kosten für die Komponenten und Subsysteme so wirtschaftlich wie möglich machen. Diese Industrialisierung steht im Zentrum der Strategie von Schaeffler. **Zusammen mit Symbio, einem Gemeinschaftsunternehmen von Faurecia und Michelin für die Wasserstofftechnologie, will Schaeffler ab Anfang 2024 Bipolarplatten in Großserien herstellen.** Die Unternehmen zielen dabei sowohl auf den mobilen Einsatz der Platten in der Mobilität als auch in stationären Anwendungen ab. Die gemeinsame Produktion soll im französischen Haguenau entstehen. Dort sollen anfänglich vier Millionen Bipolarplatten pro Jahr entstehen, bis 2030 sollen es jährlich rund 50 Millionen sein. „Ziel der gemeinsamen Produktion von Schaeffler und Symbio sind wichtige Skaleneffekte, denn nur so lassen sich Brennstoffzellen-Stacks künftig kostengünstig fertigen“, sagt Jochen Schröder.

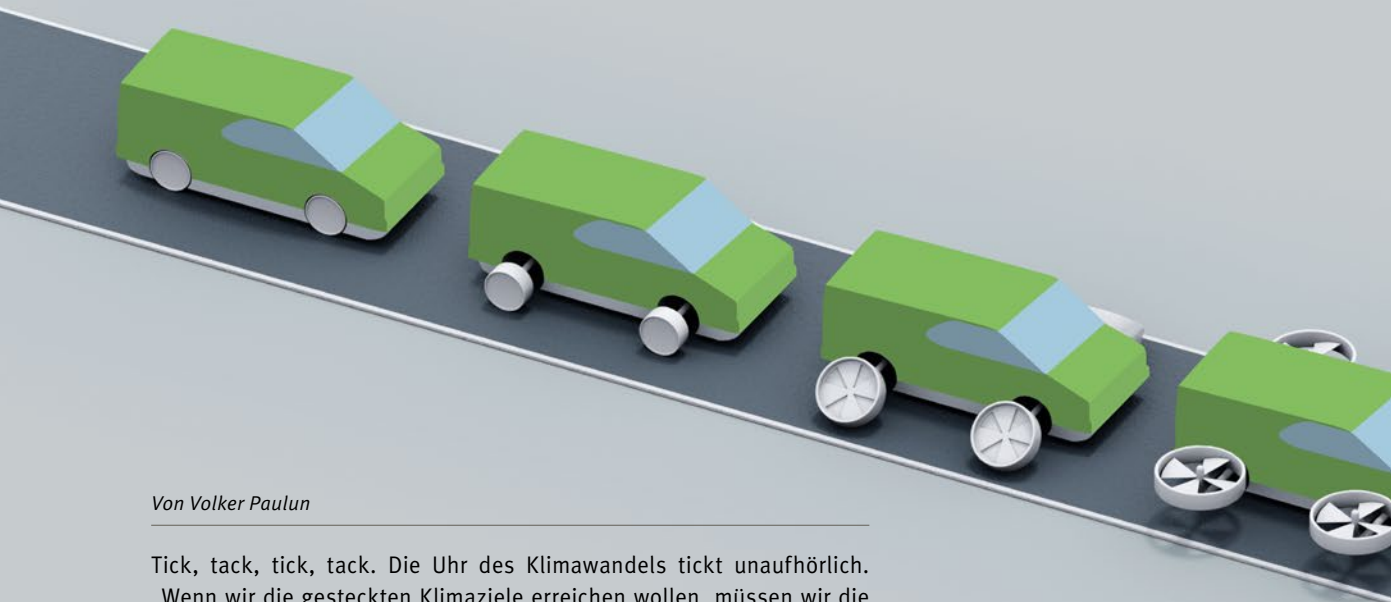
Um die Industrialisierbarkeit der von Schaeffler entwickelten Bipolarplatten nachzuweisen, hat das Unternehmen Anfang des Jahres 2022 eine Pilotanlage für die Fertigung installiert. Die Anlage ist so ausgelegt, dass dort auch Bipolarplatten mit Maßen von bis zu 1.800 mal 600 Millimeter für Elektrolyseure produziert werden können. Die einzelnen Prozessschritte der von Schaeffler mit dem hauseigenen Sondermaschinenbau konzipierten Pilotanlage sind bereits vollständig automatisiert. Die Pilotanlage ist eingebettet in ein neues Wasserstoff-Kompetenzzentrum am Standort Herzogenaurach. Es umfasst ein großes Testfeld für Elektrolyseurtechnologien sowie für Brennstoffzellen auf Komponenten-, Stack- und Gesamtsystemebene.

Anfang 2022 nahm Schaeffler eine Pilotanlage für die Fertigung von Bipolarplatten in Betrieb



Schaefflers Visionäre

Wie kann der Transportsektor nachhaltiger werden? Und wie kann Schaeffler diese Transformation beschleunigen? Auch mit diesen Fragen setzen sich die Spezialisten der Abteilung Advanced Innovation von Schaeffler auseinander.



Von Volker Paulun

Tick, tack, tick, tack. Die Uhr des Klimawandels tickt unaufhörlich. „Wenn wir die gesteckten Klimaziele erreichen wollen, müssen wir die dafür nötigen Innovationen schnellstmöglich auf den Weg bringen“, mahnt Prof. Dr.-Ing. Tomas Smetana. Er leitet seit dem 1. September die Abteilung Advanced Innovation bei Schaeffler – und drückt aufs Gaspedal. „Wie heißt es so schön: Die Zukunft beginnt heute. Wenn wir nicht von Weiterentwicklungen, sondern von wirklich neuen, möglicherweise disruptiven Technologien sprechen, müssen wir diese jetzt anstoßen, wenn wir sie 2030 nutzen wollen. So lange dauert ein Entwicklungsprozess von der Idee über die Umsetzung bis hin zur Produktion und Skalierung für die Märkte.“

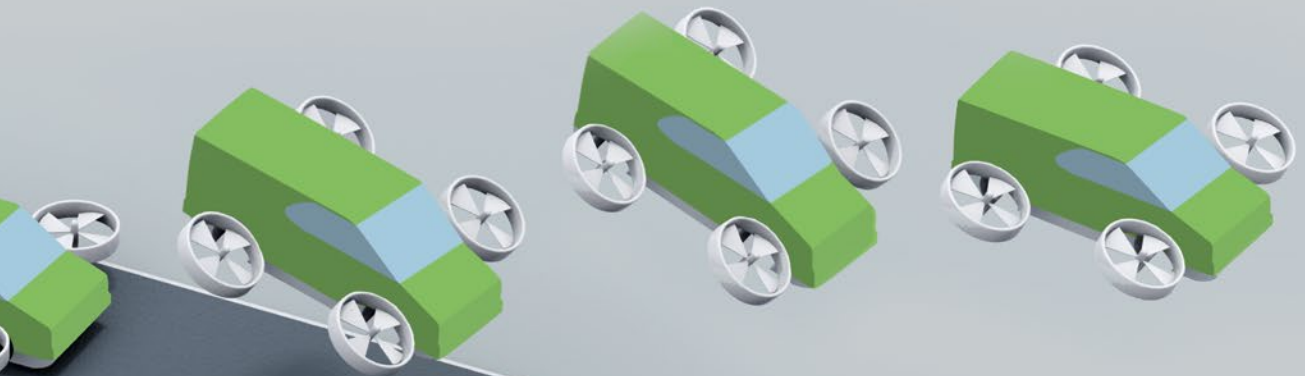
Um im Entwicklungsprozess möglichst schnell Tempo aufzunehmen, fokussiert Schaeffler seine Forschungs- und Entwicklungskompetenzen. „Wir wollen nicht nach dem Gießkannenprinzip möglichst viele Ideen anschieben, sondern uns auf die konzentrieren, die zu Marktbedarfen, Problemstellungen der Kunden, aber auch zu unseren Kompetenzen passen“, sagt Smetana. Darum konzentriert sich der Anfang des Jahres neu aufgestellte Bereich Advanced Innovation auf sechs plus zwei Fokusfelder: sechs im Bereich Produkt, zwei im Bereich Produktion. Im Bereich Produkt reicht die Bandbreite von Anwendungen in den Bereichen Energie, Robotik und Digitalisierung über Mobilitätslösungen und elektrische Antriebe bis hin zu Material Solutions. Jeder dieser Bereiche forscht und entwickelt autark. „Aber natürlich ist eine Zusammenarbeit zwischen den Kollegen aus verschiedenen Divisionen, Funktionen und Regionen in gemeinsamen Projektteams ein Schlüssel zum Erfolg der Innovation“, unterstreicht Smetana.



Tomas Smetana (M.) erforscht und entwickelt bei Schaeffler mit seinen Kollegen in der Abteilung Advanced Innovation wegweisende Technologien für die Zukunft

Holistische Denkansätze sind wichtig

Als Beispiel nennt der 48 Jahre alte gebürtige Tscheche, der seit 21 Jahren in verschiedenen



Positionen bei Schaeffler arbeitet, ein Untersetzungsgetriebe, das den Weg vom Verbrennungsmotor in die Robotik gefunden hat. Ein weiteres Beispiel: Durch traditionelle Kernkompetenzen wie das präzise Umformen und Beschichten im Dünnschicht-Bereich ebnete sich Schaeffler vor einigen Jahren den Weg in die Wasserstoff-Wirtschaft. Das Unternehmen hat sich dort auf die Produktion von Bipolarplatten für Brennstoffzellen und Elektrolyseure im industriellen Maßstab fokussiert. Smetana: „Es ist eine große Stärke von Schaeffler, dass wir Produktinnovation, Systemverständnis mit Material- und Fertigungskompetenzen sowie höchster Qualität kombinieren können. Diese Bündelung versetzt uns in die Lage, Ideen in kurzer Zeit zur Marktreife zu führen. Durch diese Clusterung in Fokusfelder werden Leitplanken gesetzt, die den Innovationsprozess weiter beschleunigen.“

Entwicklungen für eine zukunftsgerichtete und nachhaltige Mobilität kommen ohne holistische Denkansätze ohnehin nicht weit. Auch wenn es um nachhaltige Transportlösungen für Personen und Güter geht, spielen Energiequellen ebenso eine Rolle wie digitale und automatisierte Anwendungen, in denen die Software zunehmend an Bedeutung gewinnt. Neue Konzepte wie autonome People- und Logistik-Mover sind ja im Grunde fahrende Roboter. Vehicle-to-Vehicle- und Vehicle-to-Infrastruktur-Kommunikation sind digitale Anwendungsfelder, die sowohl für das autonome

Fahren von großer Bedeutung sind als auch für einen reibungslosen und damit emissionsenkenden Verkehrsfluss.

Spielfeld für Kreativität und Innovation

Für ein hohes Maß an Stringenz bei den Entwicklungen hat aber jedes Innovationscluster fest definierte Projektstrukturen. „So haben wir Entwicklungsrichtungen, aber auch Verantwortlichkeiten klar definiert“, sagt Smetana. Im Cluster „Mobility Solutions“ sind neue Fahrzeugplattformen wie People- oder Logistik-Mover angesiedelt, dort bringen sich Teams der Automotive-Sparte ebenso wie die Spezialisten von Schaeffler Paravan ein. Weitere Sub-Cluster dort sind die Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen, aber auch Fluggeräten, das autonome Fahren und als erweitertes Forschungsfeld die Infrastruktur. Die „E-Drive-Solutions“ umfassen neuartige Antriebe, Antriebselektronik und Sensorik, Getriebe und Lagersysteme. „Diese Innovationscluster sind unser Spielfeld, auf dem sich die Kreativität unserer Mitarbeitenden frei entfalten kann“, sagt Smetana.

Innovation muss aber nicht zwingend aus dem eigenen Kosmos heraus kommen. „Wir suchen bewusst auch die Zusammenarbeit mit externen Innovationstreibern“, führt Smetana weiter aus. Open Innovation heißt dieser Bereich. „Wir

Gelenkiges Helferlein

Die mit dem Red Dot Award ausgezeichnete **autonome mobile Roboterplattform DEX** ist ein gutes Beispiel, wie Schaeffler Innovationen mit Partnern vorantreibt. DEX wurde in enger Zusammenarbeit mit der Orcadesign Consultants Pte. Ltd. und dem Team des Schaeffler Hub for Advanced Research (SHARE) an der Technischen Universität Nanyang in Singapur (NTU) visualisiert. DEX kann mehrere Hundert Kilo schwere Lasten tragen und zum Beispiel im urbanen Lieferdienst eingesetzt werden, aber beispielsweise auch, um Betten in Krankenhäusern selbstständig von A nach B zu bringen. Schaeffler selbst plant einen Forschungs-Pilotlauf, um DEX für seine Produktionsanlagen einzusetzen und die Produktionsabläufe zu optimieren.





„Die Innovationscluster sind unser Spielfeld, auf dem sich die Kreativität unserer Mitarbeitenden frei entfalten kann“

Prof. Dr.-Ing. Tomas Smetana,
Leiter Advanced Innovation bei Schaeffler

arbeiten gezielt mit Start-up-Plattformen zusammen und gehen jetzt auch in den Bereich Venture Capital, um unsere Entwicklungen zu beschleunigen.“ Als Beispiele nennt Smetana neue Mobilitätsformen, die er gerade wegen des sich immer massiver bemerkbar machenden Fachkräftemangels als besonders dringliche Innovationsfelder einstuft. Die Systementwicklung obliege hier Schaeffler, einzelne Komponenten, zum Beispiel im Bereich Sensorik oder Digitalisierung, könnten aber durchaus von einem externen Anbieter stammen.

Innovationsfeld Sustainable Transportation

Zu Entwicklungsprojekten im Bereich Sustainable Transportation sagt der auskunftsfreudige Tech-Talker: „Eine wichtige Frage, die wir uns hier stellen, ist: Wie kann ich einen E-Motor elektromagnetisch so auslegen, dass ich damit eine hohe Effizienz erreiche? Das ist sicherlich ein Bereich, in dem noch deutliche Verbesserungsmöglichkeiten liegen. Ein weiterer ist die Elektronik. Hier fragen wir uns, warum sie so aussieht, wie sie aussieht. Was können wir mit einer anderen Architektur erreichen, aber auch mit anderen Werkstoffen und natürlich mit der Software. Und wir sehen hier Effizienzsteigerungspotenziale im zweistelligen Prozentbereich“.

Es mag überraschen, aber auch den Verbrennungsmotor will er beim Thema Sustainable Transportation genannt wissen. „Natürlich nicht im Bereich Pkw“, schiebt er zur Richtigstellung schnell nach. „In anderen Fahrzeugkategorien, wie der Schifffahrt, der Luftfahrt oder auch in einigen Heavy-Duty-Anwendungen wird er aber nicht in allen Bereichen so schnell zu ersetzen sein. Umso wichtiger ist es, den Betrieb mit grünen Kraftstoffen wie Wasserstoff oder Ammoniak zu dekarbonisieren. Bei aller Begeisterung für die E-Mobilität arbeiten wir auch daran.“

Sustainable Transportation

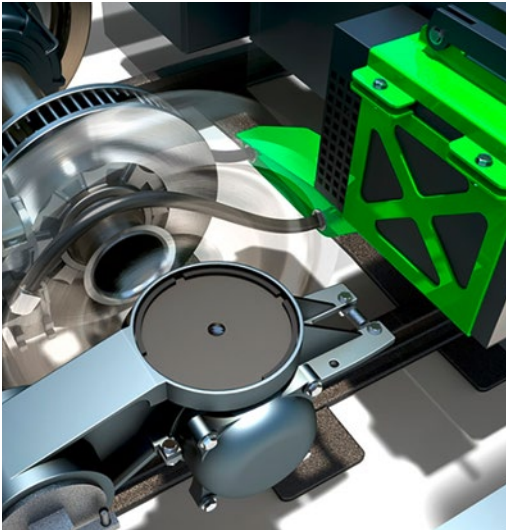
Rail



320.000

Vierpersonenhaushalte könnten ein Jahr lang allein mit dem Strom versorgt werden, den die Elektroloks der Deutschen Bahn 2021 durch Rekuperation von Bremsenergie zurück ins Netz gespeist haben. Die Technik ist übrigens alles andere als neu. Die Schweizer Bundesbahn setzte bereits in den 1920er-Jahren am St. Gotthard erstmals auf die sogenannte Nutzstrombremse – und zwar in der legendären Krokodil-Lok.

Quelle: Deutsche Bahn, SBB

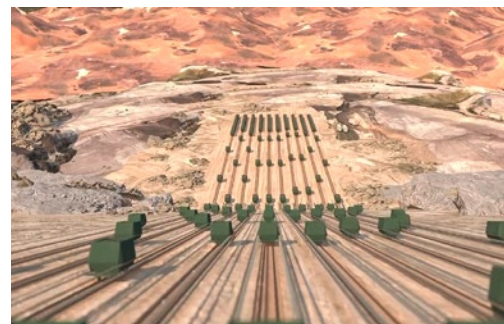


Feinstaub ausgebremst

Wer bei verkehrsbedingter Luftverschmutzung nur an Abgase denkt, liegt falsch. Gerade in Städten ist der von Autos, Bussen, Lkw und Bahnen erzeugte **Feinstaub ein ernstzunehmendes Problem**. Eine Hauptursache: Abrieb beim Bremsen, wenn Material auf Material stößt. Das französische Unternehmen Tallano Technologie hat sich des Problems angenommen und eine Art Staubsauger entwickelt, der die Partikel direkt am Bremssystem sammelt und in einem Behälter zwischengelagert. Laut Firmenangaben können so **bis zu 90 Prozent der feinen und ultrafeinen Partikel aufgefangen** und teilweise recycelt werden. Das Tamic genannte System ist bereits in der Pariser Metro und den U-Bahnen mehrerer asiatischer Großstädte im Einsatz.

CO₂-Sauger

Wie kann der Nachhaltigkeits-Primus Schienenverkehr noch umweltfreundlicher werden? Das US-Start-up CO₂-Rail hat da eine Idee: **auf Gleisen rollende CO₂-Sauger in Waggonform**. Während der Fahrt wird Luft eingesaugt, das Klimagas per Filter absorbiert, verflüssigt und so für die Nutzung beispielsweise in Industrieprozessen vorbereitet. Die Energie für die rollende CO₂-Aufbereitung soll durch rekuperierte Bremsenergie bereitgestellt werden. Die Entwickler rechnen vor, dass **jeder nachgerüstete Eisenbahnwaggon 15 Tonnen Kohlendioxid pro Tag aus der Atmosphäre filtern könnte**. Zum Vergleich: Aktuell scheiden die weltweit aktiven Direct-Air-Capture-Anlagen zusammen 10.000 Tonnen CO₂ pro Jahr ab, also nur rund das doppelte der Jahresleistung eines einzelnen Waggons. Um die von der Weltbevölkerung aktuell jährlich rund 36 Milliarden emittierten Tonnen CO₂ einzufangen, müssten allerdings 6,5 Millionen Waggons rund um die Uhr über die Gleise unseres Planeten rollen – eine Million mehr, als es überhaupt Güterwaggons gibt.



50 Megawatt

leistet die Pilotanlage eines ungewöhnlichen GravitationsSpeichers, den die US-Firma ARES in Nevada errichtet. Die Idee dahinter: Mit Überschussstrom aus Wind- oder Solarkraftwerken **wuchten elektrische Schienenfahrzeuge Betonblöcke eine Steigung hinauf**. Wird der Strom im Netz benötigt, fahren die Züge wieder bergab und setzen die zugeführte Energie wieder frei. Wirkungsgrad: über 90 Prozent. Bei der 50-MW-Pilotanlage bewegen 210 Waggons, jeweils mit eigener Motor/Generator-Einheit an Bord, insgesamt 75.000 Tonnen Ballast auf 10 Spuren. Laut Anbieter ist solch eine Anlage **auf bis zu 1 Gigawatt Leistung skalierbar**.

„Gütertransporte werden autonomer, kleinteiliger und spontaner“

Der Güterverkehr bietet viel Potenzial für mehr Nachhaltigkeit. Im Interview erklärt Verkehrsexperte Prof. Dr. Gernot Liedtke, was besser werden muss, welche Technologien sich anbieten und welche Rolle der Staat dabei spielen sollte.



Interview: Lars Krone

Was sind für Sie aktuell die größten Herausforderungen beim Thema Wirtschaftsverkehr?

Die Herausforderungen sind groß und vielfältig. Ich denke da insbesondere an die Arbeitsbedingungen des Fahrpersonals und die schweren Unfälle mit Lkw-Beteiligung. Aber das Hauptproblem ist der CO₂-Ausstoß. Man kann davon ausgehen, dass unter Berücksichtigung von Transitverkehren beispielsweise in Deutschland etwa 40 Prozent der verkehrsbezogenen CO₂-Emissionen durch den Straßengüterverkehr ausgestoßen werden. Das große Problem: Aktuell weiß niemand so genau, welcher Weg bei dessen Reduzierung eingeschlagen werden soll. Zum Beispiel ist beim Lkw aktuell nicht absehbar, wie der Technologiewettbewerb zwischen Wasserstoff-Brennstoffzelle, Batterieelektrik oder gegebenenfalls auch Oberleitung ausgeht. Auch ist unklar, welche Rolle langfristig Biokraftstoffe, synthetisches Methan oder sogenannte E-Fuels aus erneuerbarem Strom bei Lkw spielen werden. Solche Unsicherheiten hemmen sowohl Fahrzeug- und Komponentenhersteller als auch die Anbieter und Nutzer von Güterverkehrsangeboten bei Investitionen. Deutliche Impulse aus der Industrie, die heute schon mittelgroße batterieelektrische Lkw für die regionale Distribution anbietet und in den kommenden Jahren 40-Tonner für Fernstrecken mit Batterieantrieb plant, können dabei zu faktschaffenden Wegweisern im Diskurs werden.

Sehen Sie unabhängig von der Antriebsenergie Potenziale beim Lkw, nachhaltiger zu werden?

Der Testbetrieb von bis zu 25 Meter langen Lkw – sogenannte Lang-Lkw – in Deutschland hat laut

Bundesverkehrsministerium einen Effizienzgewinn von 15 bis 25 Prozent ergeben. Noch mehr ließe sich durch eine konsequente aerodynamische Optimierung zur Senkung des Luftwiderstandes erreichen, beispielsweise mit einem ICE-ähnlichen Führerhaus, aerodynamisch optimierten Fahrzeugverkleidungen und einem abfallenden Heck, das weniger Verwirbelungen erzeugt.

Wie kann die Bahn dem Lkw Marktanteile abnehmen?

Was die Servicecharakteristiken angeht, ist der Lkw aktuell einfach die Benchmark, denn er ist einfach und flexibel disponierbar und transportiert zwischen einer und 30 Paletten – das ist das, was sich die meisten Kunden wünschen. Es wird schwierig, den Kunden umzuerziehen und dazu zu bringen, etwas zu nutzen, was weniger dem eigenen Bedarf entspricht. Daher muss die Bahn in den genannten Bereichen attraktiver werden, um Marktanteile zu erobern – und vor allem auch eigene Stärken besser ausspielen. Zum Beispiel die Geschwindigkeit. Ein Lkw ist meist an einen Fahrer und damit an Ruhezeiten gebunden. Ein Zug kann Tag und Nacht durch Europa fahren. Auch mit 80 km/h und mehr! Leider klemmt es auf der Schiene an wenigen, aber entscheidenden Verkehrsknotenpunkten in Ballungsräumen – dort müssen Güterzüge den Personenzügen Vorrang gewähren. Geplante Fahrzeiten werden länger, Güterzugverspätungen kumulieren.

Warum heißt es immer Bahn ODER Lkw? Wäre nicht gerade der kombinierte Verkehr aus Schiene und Straße eine gute Lösung?

Durchaus. Aber das erfordert auch eine schnelle



Der Experte

Gernot Liedtke leitet seit September 2014 die Abteilung Wirtschaftsverkehr am Institut für Verkehrsforschung und in Personalunion das gleichlautende Fachgebiet am Institut für Land- und Seeverkehr der Technischen Universität Berlin. Seine Forschungsinteressen sind u. a. Multi-Agenten-Simulation der Güterverkehrsnachfrage, räumliche Interaktionsmodelle und Infrastrukturbepreisung. In diesen Bereichen konnte er in einer Reihe von internationalen Zeitschriften publizieren, wie beispielsweise „Transportation“, „Transportation Research“ und „Journal of Transport Economics and Policy“. Daneben wirkte er als Projektbearbeiter bzw. Leiter an mehr als 15 Forschungsprojekten mit.



Mit Luftschiffen könnten Güter und Waren direkt vom Schiff in Ballungsräume gebracht werden

Umladung des Transportguts beziehungsweise von Ladeeinheiten von einem Verkehrsmittel auf das andere. Es gibt lange Warte- und Sammelzeiten, bis ein Zug abfahren kann, weil sequenziell ein Lkw nach dem anderen abgefertigt wird. Das ist viel zu zeit- und kostenaufwendig.

Stichwort Digitalisierung: Welche Möglichkeiten bietet diese für einen nachhaltigeren Warenverkehr?

Wenn man sich die Entwicklung der letzten Jahre anschaut, wurden die Systeme nicht zuletzt durch die Digitalisierung bereits deutlich effizienter und kostengünstiger. Aber das Potenzial ist hier zum Großteil schon ausgereizt – vor allem, was den Fernverkehr angeht. Wir haben Zahlen generiert, die zeigen, dass seit rund 15 Jahren die Effizienzmöglichkeiten der heutigen Systeme – wie Leerfahrtenanteile oder Auslastungsgrade – konstant geblieben sind. Da tut sich nicht mehr viel, obwohl sich die Digitalisierung in den vergangenen Jahren weiterentwickelt hat und sie im Güterverkehr verstärkt zum Einsatz kommt. Die Digitalisierung leistet einen wichtigen Beitrag, wird allein aber nicht ausreichen, die CO₂-Emissionen signifikant zu verringern.

Welche Rolle werden autonome Fahrzeuge im zukünftigen Güterverkehr einnehmen?

Zum einen können sie dem Personalmangel entgegenreten. Und sie können auch für neue Einsatzweisen von Lkws sorgen. Heute sind Spediteure immer wieder mit großen, nicht ausgelasteten oder sogar leeren Lkw unterwegs, um Aufträge zu finden. Solche Fahrten entfallen dann. Denn autonome,

kleinere Lkw könnten an Industriegebieten oder Autobahnraststätten auf Verdacht warten und bei Bedarf einfach aktiviert werden, da ja kein Fahrer weiterbezahlt werden muss. Für Unternehmen wird es dadurch auch günstiger, spontan Lkw anzufordern, weil lange Transferfahrten entfallen. Sie werden zukünftig kürzer planen und die Transporte kleinteiliger durchführen.

Wir haben bisher hauptsächlich über Güterverkehr auf größeren Distanzen gesprochen. Wie kann sich der Verkehr auch auf der letzten Meile nachhaltiger entwickeln?

Es gibt auf diesem Gebiet viele Ideen. Aus meiner Sicht sollte hier ein mehrstufiges Verteilkonzept angestrebt werden, bei dem immer das Fahrzeug eingesetzt wird, das von seinem Transportvolumen optimal für die jeweilige Stufe ist. Das Lastenrad zum Beispiel kann viele, aber nicht alle Probleme des urbanen Verkehrs lösen. Es ist eine Antwort auf den Dichtestress in den Städten und wird ohne CO₂-Ausstoß bewegt. Es kann Staus umfahren und ist agiler, wodurch die Endkundenübergabe der Ware schneller klappt, als wenn ein Transporter 50 Meter entfernt mit Warnblinker hält. Und das Lastenrad bietet die Möglichkeit für Speed- und Zeitfensterlieferungen, denn es bewegt sich in einem ungefähr ein Kilometer großen Umkreis um das Microdepot und kann dort immer wieder flexibel neue Waren aufnehmen und dann zeitnah verteilen. Das entspricht vor allem den Wünschen der digitalen Konsumenten. Bei einem Transporter wird dagegen schon morgens festgelegt, was dieser ausliefern soll. So bekommt man keine Speed-Deliveries

hin. Es gibt jedoch ein Problem, das löst das Lastenrad nicht: die Personalknappheit, denn ein Lastenrad muss auch gefahren werden. In nicht ganz so dichten Bereichen könnte man an automatisierte Belieferung denken oder an alternative Fahrzeugkonzepte wie sehr große Lastenräder, die einen Kleincontainer geladen haben. Etwas ähnliches testet beispielsweise UPS bereits in München. Fluggeräte könnte man zum Beispiel für schnelle medizinische Transporte wie Medikamente oder auch zur Auslieferung von Ersatzteilen einsetzen. Hier sind kleine Zeppeline sehr vielversprechend, da diese für den Auftrieb praktisch ohne und für den Vortrieb mit nur wenigen Ressourcen auskommen. Multicopter wie Drohnen sind dagegen vergleichsweise wenig energieeffizient.

Wo platziert sich denn die Nachhaltigkeit aktuell im Lastenheft-Ranking der Logistik zwischen Kosten, Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit?

Es gibt da eine seltsame Asymmetrie. Aufseiten der großen produzierenden Unternehmen gibt es eigentlich überall CO₂-Einsparungsprogramme, CO₂-Audits oder interne Anreize, um Energie einzusparen. Diese sind inzwischen wirklich gut aufgestellt, um auf strategischer Ebene ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern. Und da gehört der Gütertransport auch dazu. Es gibt eine ganz klare Korrelation: Je größer das Unternehmen ist, desto mehr hat es sich auf diesen Weg gemacht. Das hat verschiedene Ursachen. Es ist eine Frage der Ressourcen, der strategischen Unternehmensführung, aber auch der Reputation und der Vorbereitung auf zukünftige Rahmenbedingungen. Solche großen Konzerne müssen sich frühzeitig auf

steigende Energiekosten oder CO₂-Besteuerungen einstellen. Und da solche Unternehmen wie riesige Tanker sind, müssen sie rechtzeitig das Ruder herumreißen. Auf der anderen Seite haben wir herausgefunden: Je kleiner ein Unternehmen ist, desto weniger strategisch geht es das Thema Nachhaltigkeit an. Kleine produzierende Unternehmen, aber auch die meisten Transportunternehmen haben keinerlei Marktmacht bei ihren Lieferanten. So kann eine Spedition mit vielleicht 20 Fahrzeugen nicht einfach zu einem Lkw-Hersteller gehen und sagen, dass sie einen ganz anderen Lkw haben möchte.

Welche Rolle sollte der Staat einnehmen, um die Nachhaltigkeit im Güterverkehr zu verbessern, also einen Rahmen vorgeben, Subventionen einsetzen oder die Infrastruktur verbessern?

Wenn man es mit Innovationen zu tun hat, ist am Anfang eine große Technologieoffenheit immer gut. Denn so kann sich die beste Technologie durchsetzen. Ist aber erkennbar, welche Technologie das Rennen machen wird, ist das Thema Technologieoffenheit nicht mehr hilfreich. Dann muss der Staat die Entwicklung der favorisierten Technologie durch das Setzen von Leitplanken unterstützen und allen Beteiligten Planungssicherheit geben. Dabei sollten bestimmte Entwicklungen parallel verlaufen. Es bringt zum Beispiel nichts, wenn Stromkonzerne Ladesäulen bauen, aber keine E-Autos produziert werden oder umgekehrt. Hier ist es dann wichtig, dass gemeinsame Strategien entwickelt werden. Da kann der Staat durch Rahmensetzungen oder Moderation helfen.

Tesla kündigt für seine neuen E-Lkw eine Reichweite von bis zu 800 Kilometer an. Bringt der den Markt genauso durcheinander wie einst die Tesla-Pkw?



Best of Bahn

Seit fast 200 Jahren werden Personen und Güter auf dem Schienenweg transportiert. Eisen-, Straßen- und Untergrundbahnen sind bewährte wie beliebte Verkehrsmittel. Sie fahren in höchster Höhe, durch dichtesten Dschungel und sogar mitten durch Wohnhäuser. Sieben der bemerkenswertesten Züge, Bahnstrecken und Haltestellen aus aller Welt im Überblick.

Intercity auf dem Dach der Welt

Wo

Lhasa-Bahn durchs Himalaya

Wow!

Die Strecke zwischen Lhasa in Tibet und der chinesischen Provinzmetropole Xining hält gleich drei Weltrekorde: höchstgelegene Bahnroute (bis 5.072 Meter), höchstgelegener Bahnhof (Tanggula, 5.068 Meter) und höchstgelegener Tunnel (Fenghuoshan, 4.905 Meter). Knapp 90 Prozent der 1.956 Kilometer durchs Trans-Hima-

laya-Gebirge liegen höher als 4.000 Meter.

Auch interessant

Die 2006 in Betrieb genommene Zugverbindung ist die Hauptverkehrsader Tibets. Fahrzeit Lhasa-Xining: 17 Stunden. Die Strecke ist nur teilweise elektrifiziert. Bis zu drei Dieselloks sind in den höchsten Lagen zum Ziehen der 16 Waggons nötig. Anders lässt sich der von der dort oben sauerstoffärmeren Luft verursachte Leistungsver-

lust der Verbrennungsmotoren nicht ausgleichen. Eine besondere technische Lösung verlangte zudem der Permafrostboden auf 550 Kilometern der Hochgebirgs-Bahntrasse. Stahlrohre, gefüllt mit Ammoniak, wurden tief ins Erdreich gerammt. Das beugt dem Auftauen vor und stabilisiert so dauerhaft den Gleiskörper. Einem Versanden durch die gewaltige Wanderdünen an der Strecke beugen grobe Steinraster links und rechts der Schienen vor.

Zick-Zack-Kurs an der „Teufelsnase“

Wo

Anden-Bahn in Ecuador

Wow!

An der „Teufelsnase“ verlangt die Topografie spektakuläre Rangiereinheiten. Um die Gleise um einen spitzen, schwindelerregend steilen Felsvorsprung, im Spanischen Nariz del Diablo genannt, zu führen, müssten sie eigentlich in Serpentina verlegt werden – aber dann könnte kein Zug mehr darauf fahren. Die Lösung: Die Klippe wird im Zick-Zack-Kurs umkurvt. Das funktioniert so: Der bergauf- oder bergab kommende Zug rollt in Schrittgeschwindigkeit an jeder Spitzkehre in ein „Sackgleis“. Die Weiche an dessen Anfang wird umgestellt und die Fahrtrich-



tung der Diesellok umgekehrt. Und weiter geht's zur nächsten „Biegung“.

Auch interessant

Die „Teufelsnase“, deren Name auf die vielen dort beim Bau (1899–1908) zu Tode gekommenen Streckenarbeiter zurück-

geht, ist ein zwölf Kilometer langes Teilstück der Zugverbindung zwischen Ecuadors Hauptstadt Quito im Norden und Guayaquil an der Westküste. Die spektakuläre Strecke ist bei (Bahn-)Touristen sehr beliebt und kann als Tagestour befahren werden.

Kletterpartie ohne Seil oder Zahnrad

Wo

Pöstlingbergbahn in Linz (Österreich)

Wow!

Obwohl sie bis zu 11,2 Prozent Steigung und Gefälle zu bewältigen hat, wird ihre aus elektrischem Strom gewonnene Energie allein über die Stahlräder des Triebwagens auf die ebenfalls aus Stahl gefertigten Schienen übertragen. Bei Bergbahnen üblicherweise zusätzlich verwendete Seil- oder Zahnrad-Antriebe kommen nicht zum Einsatz. Mit solch einer Adhäsionsbahn nach dem aus dem Zugverkehr stammenden Antriebskonzept sind theoretisch 13 Prozent steile Strecken fahrbar. Diesem Limit kommt auf der Welt kaum eine Bahn so nah wie die am Pöstlingberg in Linz.

Auch interessant

Hauptgrund für den Bau der knapp drei Kilometer langen Pöstlingberg-Bahnstrecke zwischen 1888

und 1898 waren die Besucher der Marien-Walfahrtskirche oben auf dem Linzer Hausberg. 2008 wurde die Spurweite der eingleisigen Strecke von 1.000 auf 900 Millimeter reduziert. Das ermöglichte den Anschluss ans lokale Straßenbahnnetz. Vier neue, barrierefreie Triebwagen mit optimiertem Bremssystem sind seither Standard. Wegen des starken Gefälles werden wie eh und je keine weiteren Waggons angehängt. Höchsttempo: bergauf 12 km/h, bergab 13,5 km/h.



Bahnverkehr am Limit

Wo

Chemin de fer Congo-Océan
im Kongo

Wow!

Die rund 510 Kilometer lange Strecke zwischen der Hauptstadt Brazzaville im Südosten des Kongo und der Hafenstadt Pointe-Noire am Atlantik gilt als „Lebensader“ des Landes. Eine Lebensader, bei deren Bau (1921–1934) jedoch über 17.000 Zwangsarbeiter den Tod fanden. Eine besondere Herausforderung ist der Streckenabschnitt durch das Mayombe-Urwald-Gebirge. Das gilt sowohl für den Bau als auch den Erhalt (viele Erdbeben!) und die Fahrt. Von der Küste kommend, überwinden die Gleise zunächst ein sumpfiges Tal, bevor es

bergauf geht. Drei Loks haben schwer zu schleppen, insbesondere, wenn schwer beladene Güterzüge hinaufgewuchtet werden müssen.

Auch interessant

Die wegen der schwierigen Topografie gewählte 1.067-Mil-

limeter-Schmalspur ist auch ein Grund für die vielen Unfälle auf der Strecke. Im undurchdringlichen Mayombe-Dschungel werden entgleiste Waggons und Loks den Launen der Natur überlassen – als rostende Mahnungen für die dort Tag für Tag vorbeirumpelnden Züge.



Haltestelle mitten im Hochhaus

Wo

Chongqing Train in China

Wow!

Die 2004 eröffnete Bahnlinie 2 der 31-Millionen-Metropole Chongqing durchstößt ein 19-stöckiges Wohnhaus in dessen voller Länge. Mehr noch: das

Gebäude beherbergt auch die Station Liziba, die sich über drei Etagen erstreckt.

Auch interessant

Mit der „Haltestelle im Hochhaus“ löste eine der größten Stadtregionen der Erde zwei Probleme auf einmal: Für die Bahnverbindung ins Zentrum musste weder die Umgebung baulich verändert werden, noch ging dadurch viel dringend benötigter neuer Wohnraum verloren. Auch die Bewohner befürworteten das Projekt. Sie haben mit der Haltestelle direkt im Haus einen extrem kurzen Weg von ihrem Zuhause zum Zug und zurück. Ein Vorteil, der auch den Wert der Wohnungen erhöhte. Zumal der unkonventionelle Schienendurchstoß weder Erschütterungen noch störenden Lärm verursacht. Dank spezieller Dämmung steigt der Geräuschpegel durch den Zugbetrieb nicht über 60 Dezibel. Das entspricht der Lautstärke einer normalen Unterhaltung.



12 Stunden Zug-Kino

Wo

Alaska Railroad in den USA

Wow!

1903 mit dem Bau begonnen, stieß die Alaska Railroad immer weiter ins Landesinnere vor. Heute verbinden 750 Gleiskilometer die Häfen Seeward und Whittier mit Alaskas größter Stadt Anchorage sowie Fairbanks im Landesinneren. Einen Anschluss an ein anderes Bahnnetz gibt es nicht. „Jede Meile dieser legendären Eisenbahnlinie wurde durch Mut, Tapferkeit, Glauben und viel Schweiß hart erarbeitet“, heißt es auf der Website. Wie knifflig die Fahrt selbst im Sommer ist, zeigt schon der Blick auf den Fahrplan: Für 580 Kilometer zwischen Anchorage und Fairbanks braucht selbst der Expresszug zwölf Stunden. Viel Zeit also, um die majestätische Landschaft zu bewundern.



Auch interessant

Gut ausgebaute Straßen sind in Alaska nicht selbstverständlich. Daher nutzen auch Pick-ups und Transporter gern die Gleise der Alaska Railroad. Dafür haben die Fahrzeuge an Front und Heck zusätzlich jeweils zwei abklappbare Schienenräder aus blankem Stahl. Im Winter wissen auch Elche die geräumten Gleise als Wege zu schätzen – mit oft tödlichen Folgen für die schwergewichtige Hirschart.

Filigraner Stahlkoloss

Wo

Rendsburger Hochbrücke
(Deutschland)

Wow!

Diese Eisenbahnbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal ist ein technisches Meisterwerk – von 1911 bis 1913 zusammengebaut aus 17.350 Tonnen Stahl, zusammengehalten von 3,2 Millionen Nieten. Obwohl die Hauptbrücke

nur 295 Meter lang ist, misst das gesamte Bauwerk 7,5 Kilometer. Denn um den nahe an der Brücke liegenden Bahnhof der Stadt Rendsburg an die wichtige Nord-Süd-Verbindung anzubinden, dreht das Gleisbett am Nordufer des Kanals eine vier Kilometer lange Schleife, um sich auf engem Raum aus 42 Meter Höhe (nötig für den Schiffsverkehr) hinunterzuschrauben.

Auch interessant

An der Unterseite der Hochbrücke hangelt sich eine der acht weltweit noch eingesetzten Schwebefähren von einem Kanalufer zum anderen. Auch das macht die Brücke zu einem ganz besonderen Bahnbauwerk.



„Der Schlüssel zur Nachhaltigkeit liegt auf der Schiene“

Die Bahn gehört zu den effizientesten Verkehrsmitteln, schöpft aber ihr Potenzial oft nicht genügend aus. Ein Interview über Herausforderungen und Lösungen mit Dr. Michael Holzapfel, Leiter des Geschäftsbereichs Rail bei Schaeffler.



Interview: Volker Paulun

Sie sind im übertragenen Sinne der Lokführer von Schaeffler. Hatten Sie schon als Kind – wie so viele andere – den Berufswunsch Lokomotivführer?

Auch wenn es Sie überrascht, die Antwort ist nein. Lokführer war mir zu speziell, denn wie auch heute hat mich schon immer das System Bahn als Ganzes interessiert. Das Zusammenspiel aus Gleisen, Weichen, Signalen, Zügen, Bahnhöfen und den Menschen und Gütern, die mit den Zügen transportiert werden. Analog zu unseren vielfältigen Systemen und Komponenten im Bereich Schiene sehe ich mich daher auch nicht als Lokführer von Schaeffler, sondern eher als Fahrdienstleiter.

Schaeffler spricht dem Bahnsektor eine Schlüsselrolle für die Mobilität der Zukunft zu, insbesondere wenn es um das Erreichen der globalen Klimaziele geht. Dafür müssen aber gerade in Europa auch mehr Passagiere und Güter auf die Schiene gebracht werden. Wie viel Zuwachs verträgt das aktuelle europäische System? Und in welchen Bereichen muss nachgebessert werden?

Das Schienennetz ist in sogenannte Streckenblöcke aufgeteilt, diese definieren die Abstände der Züge untereinander. Aktuell sind diese sehr luftig gestaltet. Das liegt auch an den in die Jahre gekommenen Signalanlagen, die teilweise noch aus Kaisers Zeiten kommen. Die Anlagen sind zwar noch sicher, aber eben nicht effizient. Die Umstellung auf ein europaweites, digitalisiertes und auch mehr fahrzeuggebundenes Signalsystem ermöglicht eine dynamische Aufteilung der Streckenblöcke. Mit diesem abgekürzt ETCS genannten System könnten beispielsweise Güterzüge die in Europa möglichen 740 Meter Gesamtlänge viel öfter ausschöpfen. Aktuell ist gerade einmal jeder zehnte Zug so lang. Der durchschnittliche Güterzug in Europa hat 25 bis 30 Wagons statt der 35 möglichen. Allein hier liegt also locker ein Steigerungspotenzial von über 20 Prozent. Und natürlich lässt sich mit ETCS auch der Personenverkehr und der Mischverkehr von Personen- und Güterzügen effizienter organisieren.

Wo sehen Sie weiteres Potenzial?

Sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr müssen die Züge, die da sind, auch eingesetzt werden. Das ist ein ganz wichtiges Thema. Technische Ausfälle müssen auf ein Minimum reduziert werden. Gleiches gilt für Wartungen. Bei beiden Themen setzen wir schwerpunktmäßig auch bei



Weniger Ausfälle, modernere Signalanlagen, autonome Züge – es gibt viele Ansätze, bestehende Gleisnetze besser auszulasten

Schaeffler an: mit innovativen Wartungskonzepten, Systemen zur Zustandsüberwachung und für mehr Zuverlässigkeit.

Wenn Güterzüge länger werden, müssen dann mehr Loks davorgespannt werden?

740 Meter sind noch nicht wirklich lang. In den USA sind Transkontinentalzüge bis zu sieben Kilometer lang. Ein 740-Meter-Zug mit normaler Ladung kann locker von einer Lok gezogen werden und schleppt dabei so viel wie 52 Lkw. Das macht das ganze System Bahn auch so effizient und letztlich auch faszinierend.

In Flächenländern wie China, Australien oder den von Ihnen angesprochenen USA werden 40 oder 50 Prozent des Güterverkehrs über die Schiene abgewickelt, der EU-Mix liegt bei nicht einmal 20 Prozent. Wie kann Europa aufholen?

Um zu den genannten Ländern aufzuschließen, und ich würde Indien hier auch noch hervorheben wollen, braucht es große Veränderungen und auch

Investitionen. In diesen Regionen fährt der Güterverkehr auf eigenen Korridoren und hat damit ganz andere Möglichkeiten. Auch finanzielle. Besonders in den USA sind Güterbahngesellschaften wie BNSF oder Union Pacific extrem profitabel. Im Bereich Separierung ist China vorbildlich: Hochgeschwindigkeitszüge, Personennahverkehr und der Güterverkehr haben dort jeweils eigene Gleise. So können ganz andere Kapazitäten als in Europa bewältigt werden.

Gibt es denn in Europa Bestrebungen, solche Korridore für Güterzüge zu errichten?

Vereinzelt. Es gibt beispielsweise einen Güterzugkorridor vom Rotterdamer Hafen an die Grenze zu Deutschland, der jetzt bis ins Ruhrgebiet verlängert werden soll. Um mehr Güter auf die Schiene zu bekommen, wären mehr solcher Projekte sicherlich sinnvoll.

Gerade wenn man sich den Güterverkehr auf der Schiene anschaut, fällt auf, dass dort noch rund um den Globus viele Dieselloks im Einsatz sind. Wie bekommt man diese „sauber“? Wasserstoff, Akkus, Synfuels?

Also erst mal muss man ja sagen, dass der Energieverbrauch pro Transport-Tonne bei der Diesellok rund 80 Prozent niedriger ist als beim Lkw. Die harten Zugräder rollen auf der Schiene einfach viel reibungsärmer als ein Lkw-Reifen auf Asphalt. Außerdem reduzieren sich durch die enge Kopplung der Güterwagen die Fahrwiderstände. Also sind wir bei der Bahn per se schon mal viel effizienter unterwegs. Die Baustelle „Dekarbonisierung“ ist bei der Diesellok also weniger drängend als bei anderen Transportsystemen – aber es gibt sie, und genauso gibt es Ideen, wie man besser werden kann. Wenn wir nach Europa schauen, heißt das Thema ganz klar Elektrifizierung. Hier muss auch Deutschland mit einer derzeitigen Elektrifizierung des Schienennetzes von 61 Prozent nachlegen. Die Elektrifizierung der Loks ist auch deswegen so interessant, weil man die Bremsenergie, die bei der Diesellok verloren geht, rekuperieren und nutzen kann. In den USA gibt es zum Beispiel von unserem Kunden Wabtec ein Pilotprojekt mit Hybridgespannen aus batterieelektrischen Loks und Dieselloks, also einen effizienten und überall einsetzbaren Mix beider Antriebsarten.

... der wie funktioniert?

Wie bereits gesagt, sind die Güterzüge in den USA deutlich länger und werden von mehreren Loks

bewegt. Die Idee ist nun, in diese Formationen eine batterieelektrische Lok einzuspannen. Sie unterstützt mit ihren 7 Megawatt beim Beschleunigen oder bei Steigungen, eben dort, wo am meisten Kraft gebraucht wird. Rollt der Zug, klinkt sich die E-Lok aus, beim Bremsen lädt sie ihre Akkus wieder auf. So ist sie als Anschubhilfe auch über lange Strecken immer einsatzbereit.

Und was ist mit Wasserstoff?

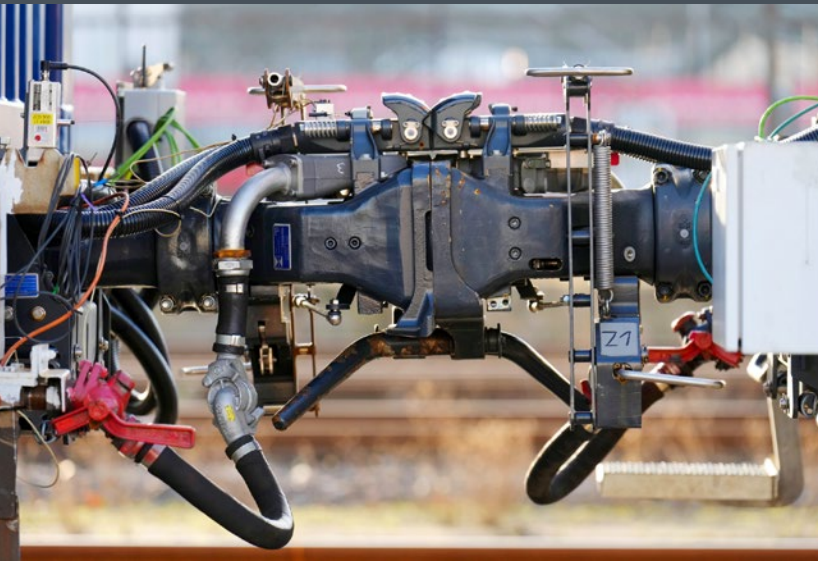
Gerade im Bereich des Güterfernverkehrs ist das weder technisch noch wirtschaftlich eine wirkliche Lösung, weil die benötigte Menge an Wasserstoff derzeit nicht sinnvoll transportiert werden kann. Im Regionalverkehr, wo die Fahrstrecken kürzer sind und wo öfter nachgetankt werden kann, sieht das anders aus. Im August hat in Niedersachsen das weltweit erste Netz mit Wasserstoffzügen für Passagiere den Betrieb aufgenommen. Bis Jahresende sollen dort 14 Wasserstoff-Züge des Herstellers Alstom im Einsatz sein – übrigens auch mit Schaeffler-Technik an Bord.

Wie schätzen Sie den Hype um den Hyperloop ein?

Weil es immer einfacher ist, ein Fahrzeug weiterzuentwickeln als eine Infrastruktur, war es in der Geschichte der Mobilität immer so, dass der Fahrweg simpel war und der technische Fortschritt zum allergrößten Teil am Fahrzeug passiert ist. Beim Hyperloop mit seinen komplexen Vakuumröhren ist das anders. Und genau deswegen sehe ich diese Technologie eher kritisch. Für mich ist das klassische Rad-Schiene-System das Maß der Dinge. Techniker sagen ja gern, ein System ist immer dann gut, wenn es so einfach ist, dass man nichts mehr weglassen kann. Und genau das trifft auf die Schiene und die daraufrollenden Radsätze zu. Es ist schwer, dieses Zusammenspiel mit einer neuen Technologie zu toppen. Zumal es physikalisch keinen Grund gibt, weshalb Schienenfahrzeuge nicht genauso schnell fahren sollten wie beispielsweise eine Magnetschwebbahn oder irgendeine andere Technik.

Welche Zukunftstrends haben denn das Zeug, den Schienenverkehr zu evolutionieren oder gar zu revolutionieren?

Natürlich gibt es immer etwas, was man besser machen kann, sonst würde ja auch Schaeffler sein Portfolio im Bereich Bahn nicht ständig weiterentwickeln. Aber wenn wir von Revolution sprechen, da fällt mir als Erstes die Schraubenkupplung an den Wagons ein. Hier ist in Europa – im Gegensatz zu anderen



Gerade in Europa gibt es viele Möglichkeiten, das Potenzial des Schienenfrachtverkehrs besser auszuschöpfen, zum Beispiel mit automatischen Kupplungen und effizienten Umlade-Hubs

Regionen – noch immer Technik aus dem vorletzten Jahrhundert im Einsatz, die viele manuelle und darüber hinaus auch mache gefährliche Arbeitsschritte erfordert. Um in diesem Bereich endlich im 21. Jahrhundert anzukommen, wird in der EU an der Einführung einer einheitlichen Digitalen Automatischen Kupplung – kurz DAK – gearbeitet, die die Bewegungen im europäischen Güterverkehr auf der Schiene massiv beschleunigen und damit die Wettbewerbsfähigkeit signifikant steigern kann.

Ohne solche automatischen Kupplungen kann es ja auch keinen autonomen Zugverkehr geben ...

Ganz genau. Und damit sind wir bei einem weiteren wichtigen Zukunftstrend. Der Mensch und sein Hang zu Fehlern sind ein großer Hemmschuh, wenn es darum geht, das Streckennetz besser auszulasten und mehr Züge und damit Transportleistung auf die Gleise zu bringen. Vollautomatische Systeme würden die Effizienz des Bahnbetriebs deutlich steigern. Außerdem ließe sich damit auch das Problem Personalmangel lösen, mit dem ja der Bahnsektor ebenfalls zu kämpfen hat. Umso mehr wundert es mich, dass sich in diesem Bereich wenig tut.

Würde eine bessere Vernetzung der Verkehrssysteme helfen, Güter auf die Schiene zu bekommen?

Auf jeden Fall. Im Fernverkehr zum Beispiel von den

großen europäischen Häfen aus funktioniert das schon ganz gut. Aber bei Bewegungen um 250 Kilometer ist die Bahn schnell außen vor, weil da die Umladezeiten einfach zu lange dauern oder es schlicht an Umladestationen fehlt. Die Schweiz ist hier vorbildlich. Dort hat man schon vor über zehn Jahren angefangen, ein Güterzugnetz mit festen Fahrplänen einzurichten, damit Spediteure intermodale Routen zuverlässig planen können. Auch das Netz der Umschlagplätze ist engmaschig und leistungsfähig. So ein engmaschiges Netz moderner Hubs brauchen wir europaweit, damit der kombinierte Verkehr konkurrenzfähig wird.

Wo setzt Schaeffler bei der Bahn seine Schwerpunkte, beim Personen- oder beim Güterverkehr?

Für uns sind beide Bereiche wichtig, unterscheiden sich aber. Der Personenverkehr ist bei uns sehr stark Projektgeschäft. Das heißt, wir entwickeln gemeinsam mit den Kunden maßgeschneiderte Lösungen für bestimmte Fahrzeugtypen. Im Güterzugbereich liegt der Schwerpunkt hingegen bei Standardprodukten. Das heißt natürlich nicht, dass dort keine Entwicklungen stattfinden, was sich auch in unseren auf der InnoTrans gezeigten Innovationen widerspiegelt. (Mehr dazu auf den folgenden Seiten.)

Weichenstellung für die Zukunft

Die Schiene spielt eine entscheidende Rolle, wenn der Transportsektor seine Klimaziele erreichen will – denn die Bahn ist schon jetzt ein Effizienz-Champion. Was nicht heißt, dass Lok & Co. nicht noch besser werden können. Zum Beispiel mit innovativen Produkten von Schaeffler für mehr Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Planungssicherheit.

Von Björn Carstens

Alle Signale stehen auf Grün, den Verkehr noch stärker auf die Schiene zu verlagern. Nach Angaben der Internationalen Energieagentur (IEA) werden rund acht Prozent des weltweiten Personen- und etwa neun Prozent des Gütertransports auf der Schiene abgewickelt, dabei entfallen aber nur drei Prozent des Energieverbrauchs im Verkehr auf die Bahn. Auch dieser Vergleich zeigt auf der einen Seite, wie effizient das System Bahn schon heute ist. Auf der anderen Seite verdeutlicht der nicht einmal zweistellige Prozentanteil der weltweit beförderten Menschen und Güter, dass noch viel Luft nach oben vorhanden ist, mehr Transportleistung auf die

Schiene zu bekommen. Dafür muss das Verkehrsmittel Zug agiler, zuverlässiger und leistungsfähiger werden. Und natürlich gilt auch im Bereich Nachhaltigkeit: Gut ist nicht gut genug.

Für Schaeffler als einer der global führenden Automobil- und Industrielieferer heißt das, dass die Komponenten, Systeme und Services noch nachhaltiger und langlebiger sein müssen, um einen noch intensiveren Betrieb zu erlauben. Auf der InnoTrans 2022 (siehe Infokasten Seite 47) zeigt Schaeffler, wie das Unternehmen diese Marktbedürfnisse unter seinem Messemotto „Reliable, predictable, sustainable – Schaeffler Solutions for Innovations in Rail“ bedienen möchte.

„Predictable“ – Lösungen für ein digitales Lebenszyklus- Management

Wenn der Zug nicht pünktlich abfährt, ist das ärgerlich. Wenn aber wichtige Transporte deswegen zu spät kommen, kann es für Unternehmen richtig teuer werden. Eine Ursache für Verspätungen sind unvorhergesehene Wartungsarbeiten, die zeit-, arbeits- und kostenaufwendig sind. Früher war es üblich, dass nach einer bestimmten Anzahl von Monaten eine Wartung fällig wurde – völlig unabhängig von Faktoren wie Materialverschleiß und Wetterbedingungen. Heute heißt das Zauberwort vorausschauende Wartung. Digitale und sensorbasierte Systeme von Schaeffler machen Produktion und Bahnbetrieb nachhaltiger.

Data Matrix Code

Der Data Matrix Code (DMC) wird kombiniert mit dem Schnittstellen-Standard GS1 EPCIS, um einen lückenlosen Informationsaustausch zwischen Komponentenlieferant, Fahrzeughersteller (OEM) und Bahnbetreiber zu ermöglichen.

Die Innovation

Schaeffler versieht gefertigte Komponenten mit einer individuellen Warenmarkierung – DMC genannt. Eine Art digitale Geburtsurkunde, die durch das Füttern mit aktuellen Wartungsdaten über Zustand und Abnutzung des Bauteils zu einem digitalen Zwilling wird. Neu ist der Einsatz des international anerkannten, herstellerunabhängigen **Schnittstellen-Standards GS1 EPCIS, durch den ein transparenter elektronischer Datenaustausch zwischen Schaeffler, Fahrzeughersteller und Bahnbetreiber gelingt, um so vorausschauend die Wartungs- und Serviceintervalle zu planen und zu optimieren.**

Fakt ist ...

Der digitale Zwilling eines Lagers kann Informationen aufnehmen, auf welchen Radsatz, in welchem Drehgestell und für welchen Waggon es beim OEM montiert wurde. **Nach Auslieferung können anschließend kontinuierlich Echtzeit-Daten aus dem Fahrbetrieb ergänzt werden.** Das sind unter anderem Laufleistung oder ortsfeste Temperatur- oder Schwingungsmessungen am Fahrweg.

Railway Condition Monitoring System

Das Railway Condition Monitoring System (RCMS) sorgt für mehr Betriebssicherheit durch eine vorausschauende Wartung.

Die Innovation

Das sensorisierte RCMS ermöglicht die digitale Überwachung von einzelnen Radsatzlagern, kompletten Radsätzen sowie Trieb- und Laufgestellen in Schienenfahrzeugen. Die Daten zu Beschleunigung, Drehzahl und Temperatur werden von einer speziellen Software analysiert und aufbereitet. **Durch Auswertung der Schwingungssignale erhalten die Bahnbetreiber Hinweise zur mechanischen Belastung und dem Zustand der Komponenten.** Auf der InnoTrans 2022 präsentiert Schaeffler die Vorteile der webbasierten Überwachung eines Radsatzlagers durch das RCMS.

Fakt ist ...

Neben der frühzeitigen Fehleranalyse zur Vermeidung von Unfallrisiken **optimiert das System die Instandhaltungsprozesse und erhöht die Laufleistung.**

Auf der InnoTrans 2022 stellt Schaeffler den Data Matrix Code (DMC) vor, eine individuelle Produktkennzeichnung zur fortlaufenden Erfassung von Daten und Wartungsinformationen



„Reliable“ – Neue Produkte für einen sicheren und effizienten Bahnbetrieb



Unzuverlässigkeit ist eines der größten Sorgenkinder bei der Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Ein sorgfältiges Produktdesign und hochwertige Fertigung bieten Herstellern und Betreibern dagegen Sicherheit, dass ihre Züge nicht wegen eines defekten Bauteils stillstehen müssen und immense Kosten entlang der Lieferkette verursachen. Lager und Systemlösungen von Schaeffler helfen, die Bahn in einer dynamischen Welt zukunftsfähig zu machen.

Y25-Gehäuse

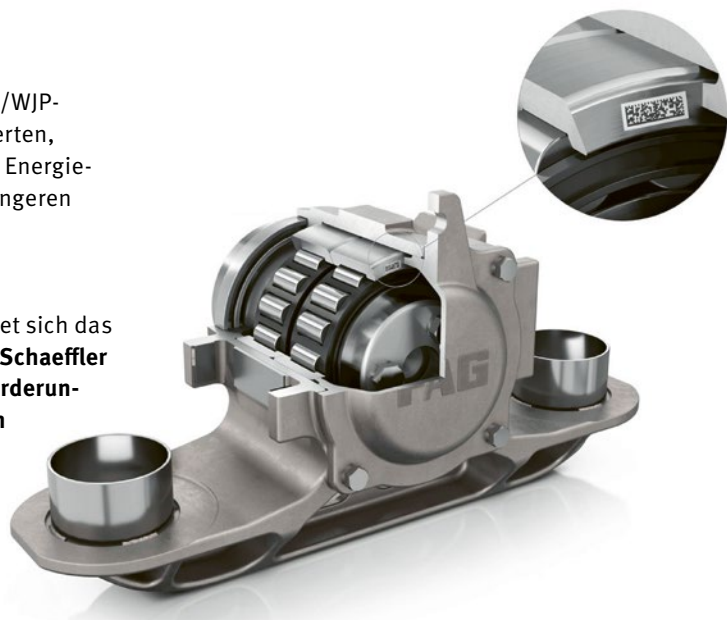
Das verbesserte Y25-Gehäuse, inklusive WJ/WJP-Zylinderrollenlager, in Form eines digitalisierten, interaktiven Frachtradsatzes sorgt für mehr Energieeffizienz im Güterverkehr und dank des geringeren Gewichts für eine höhere Nutzlast.

Die Innovation

Trotz einer höheren Betriebsleistung zeichnet sich das Lager durch eine längere Lebensdauer aus. **Schaeffler unterstützt damit die zentralen Branchenforderungen nach verlängerten Wartungsintervallen und CO₂-Reduktion.** Zudem sind die Lager mit einem sogenannten Data Matrix Code (siehe „Predictable“) für eine vorausschauende Wartung gekennzeichnet.

Fakt ist ...

25 Tonnen kann die Achslast maximal betragen, ohne dass der Radsatz Schaden nimmt. Dabei schafft er die Quadratur des Kreises, denn trotz einer höheren Belastung konnte Schaeffler das Eigengewicht um 14 Prozent gegenüber dem Vorgänger reduzieren. Das spart in gleichem Maß die CO₂-Emissionen bei der Herstellung des Gehäuses ein.



Das optimierte Y25-Gehäuse für Radsatzlager und neue Lager mit DMC-Kennzeichnung sorgen für verlängerte Wartungsintervalle und CO₂-Einsparung im Güterverkehr

Wälzlager

Neue Wälzlager für innengelagerte Triebradsätze von Hochgeschwindigkeitszügen bringen einen deutlich wirtschaftlicheren Fahrzeugbetrieb.

Die Innovation

Durch die Innenlagerung wird bei den Fahrzeugen ein verkleinertes Außenprofil und ein reduziertes Fahrzeuggewicht realisiert.

Betreiber profitieren von einer höheren Gebrauchsdauer und Betriebssicherheit der Lager sowie reduzierten Gleisbeanspruchungen.

Fakt ist ...

Design für den Einsatz mit maximalen Schwingungs- und Stoßbelastungen, **überzeugen die Wälzlager durch eine höhere Leistungsdichte und minimalen Verschleiß.**



„Solange Züge auf der Schiene fahren, wird es Wälzlager geben“

Dr. Michael Holzapfel,
Leiter des Geschäftsbereichs
Rail bei Schaeffler

Insert-Lager

Robuste Insert-Lager für Radsätze in Straßenbahnen ermöglichen einen ressourcenschonenden Bahnbetrieb.

Die Innovation

Die Innenringe des Kegelrollenlagerpaars werden so präzise gefertigt, **dass sich nach der Montage in die Radeinheit automatisch und fehlerfrei die spezifizierte Vorspannung einstellt.** Das vereinfacht die Montage und sorgt mit größter Zuverlässigkeit für eine optimale Lastenverteilung.

Fakt ist ...

Die Kompaktbauweise und der Einsatz widerstandsfähiger sowie verschleißarmer Werkstoffe spart Ressourcen und sorgt für eine deutlich höhere Lebensdauer und nachhaltige CO₂-Reduktion.

Die neuen Insert-Lager werden für die Losradsätze in Niederflurstraßenbahnen gebraucht



„Sustainable“ – Optimierte Kreislaufwirtschaft für einen nachhaltigen Bahnbetrieb

Zahlen bringen die Dinge auf den Punkt. Im Vergleich zur Herstellung neuer Radsatzlager für den Bahnbetrieb können bei der Aufbereitung von Radsatzlagern bei einem Güterzug mit 80 Waggons, zwei Lokomotiven und damit insgesamt 1.296 Radsatzlagern allein 133 Tonnen CO₂, 481 MWh Energie und 1.767 m³ Wasser eingespart werden. Den sparsamen Einsatz von Ressourcen, die Optimierung der Lebensdauer von Komponenten und die Maximierung der Laufleistung von Zügen – auf all diese Ziele zahlen die Produkte und Servicekonzepte von Schaeffler ein.



Schaeffler kündigt mit dem TwinTandem-Lager einen Innovationssprung im Schienenverkehr an: Leistungspotentiale werden sich eröffnen, die den Betrieb und die Wartung signifikant beeinflussen

TwinTandem

Kugeln statt Rollen: Schaeffler präsentiert das neuartige Radsatzlager TwinTandem für den Hochgeschwindigkeitsverkehr.

Die Innovation

Die zentrale Innovation des TwinTandem besteht in der Anwendung von Kugellagern mit deutlich reduzierter Reibung.

Dadurch werden selbst bei hohen Drehzahlen niedrige Temperaturen gehalten, was wiederum zu einer nachhaltigen Verlängerung der Lebensdauer der eingesetzten Fette und somit des gesamten Radsatzlagers führt.

Fakt ist ...

3 Mio. Kilometer beträgt die erwartete Lebensdauer eines TwinTandem-Radsatzlagers.

20 Prozent

wiegt ein TwinTandem-Lager weniger als ein klassisches Kegelrollenlager.

55 Prozent

beträgt die geometriebedingte Reibungsreduzierung.

1,1 Tonnen

weniger CO₂-Ausstoß pro Million Kilometer und Lager erwartet Schaeffler durch den Einsatz eines TwinTandem-Lagers im Vergleich zu einem Innenlager mit Rollen.

Reconditioning

Das Reconditioning in Verbindung mit dem 100-Prozent-Return-Service von Schaeffler sorgt für eine nachhaltige Wartungsplanung.

Die Innovation

Beim 100-Prozent-Return-Service erhält der Kunde für jedes Radsatzlager, das Schaeffler im Rahmen der Wartung in den professionellen Aufbereitungsprozess übernimmt, unabhängig von dessen Zustand ein voll funktionstüchtiges aufbereitetes oder neues Lager zurück. Kunden können zwischen zwei Servicemodellen wählen. **In beiden Modellen unterstützen die Herstell-, Einbau-, Betriebs- und Wartungsdaten des über den DMC adressierten digitalen Zwillings die schnelle, planbare und besonders ressourcensparende Wartung.**

- *Modell 1 sieht vor, dass die an Schaeffler eingesendeten Lager nach deren Aufbereitung wieder zurückgeschickt werden. Defekte Lager werden durch neue ersetzt. Der Kunde kann so auf eine Bevorratung mit Ersatzlagern verzichten.*
- *Modell 2 sieht vor, dass der Kunde unverzüglich aus einem Wälzlager-Pool die gleiche Anzahl an aufbereiteten oder neuen Lagern zugesandt bekommt.*

Fakt ist ...

93% Energie, 96% CO₂ und 97% Wasser werden bei der Aufbereitung eines Radsatzlagers im Vergleich zur Herstellung eines neuen eingespart.

Dank dieses Schaeffler-Services können Bahnlager ein Vielfaches ihrer nominellen Lebensdauer erreichen – ohne Einbußen bei der Betriebssicherheit.



Leitmesse für Verkehrstechnik

Die InnoTrans (20.–23. September 2022) ist die internationale Leitmesse für Verkehrstechnik, die alle zwei Jahre in Berlin stattfindet – coronabedingt das letzte Mal 2018 mit mehr als 3.000 Ausstellern aus 60 Ländern. Aufgeteilt in die fünf Messesegmente Railway Technology, Railway Infrastructure, Public Transport, Interiors and Tunnel Construction, belegt die InnoTrans alle 42 Hallen des Berliner Messegeländes. Ein Alleinstellungsmerkmal ist das Gleis- und Freigelände der InnoTrans mit 3.500 laufenden Schienenmetern, auf denen vom Kesselwagen bis zum Hochgeschwindigkeitszug alles vertreten ist.

Digitaler Logistik-Zauberwürfel

43.252.003.274.489.856.000 – so viele Möglichkeiten gibt es, den berühmten Zauberwürfel zu drehen. Ähnlich mannigfaltig sind die Optionen des globalen Logistiknetzwerks. Ein Irrgarten, in dem man sich ohne umfassende Datennutzung und -analyse mit Sicherheit verläuft. Schaeffler behält dank des selbst entwickelten Transportation Data Cube (TDC) den Überblick.



Von Björn Carstens

In der Weltwirtschaft herrscht der Lieferketten-Ausnahmestand. Die internationale Studie „Interos Annual Global Supply Chain Report“ hat herausgefunden, dass globale Lieferketten-Störungen große Unternehmen im Schnitt 184 Millionen Dollar pro Jahr kosten. „Wir können digitale und physische Lieferketten nicht mehr sauber voneinander trennen. Deshalb brauchen wir eine höhere Transparenz in Bezug auf verborgene Risiken, Beziehungen und Abhängigkeiten in der Lieferkette“, erläutert Jennifer Bisceglie, CEO von Interos.

In der Konsequenz heißt das für Unternehmen: Ohne konkrete Daten keine Analyse, keine Verbesserung, kein Tagesgeschäft. Schaeffler als global tätiger Konzern muss eine Datenmenge in

astronomischem Ausmaß handeln. Jedes Jahr verschickt das Unternehmen Hunderttausende Sendungen per Schiff, Bahn, Flugzeug und Lkw rund um den Globus. 121 Länder gehören zum Transportnetzwerk. Allein 18.500 Standardcontainer – ein kompletter Frachter der aktuell größten Klasse – verschifft Schaeffler im Jahr 2021. Jeder dieser Transporte erzeugt eine Vielzahl an Daten zu Preisen, Lieferdauer und vielem mehr – eine enorme Menge, die aufwendig aufbereitet und ausgewertet werden muss.

Für Erleichterung sorgt seit 2021 der Transportation Data Cube (TDC) – ein smartes, digitales und von Schaeffler selbst entwickeltes Programm. Einerseits ermöglicht der TDC das Verwalten komplexer Frachtkostendaten, andererseits macht er das Finden der günstigsten Frachtrouten so einfach

wie das Buchen eines Urlaubsflugs im Internet. Der TDC sucht automatisiert nach den weltweit preisgünstigsten, zuverlässigsten und schnellsten Transportrouten zu Wasser, auf der Schiene und in der Luft.

Transportation Data Cube – was kann er und wofür wird er verwendet?

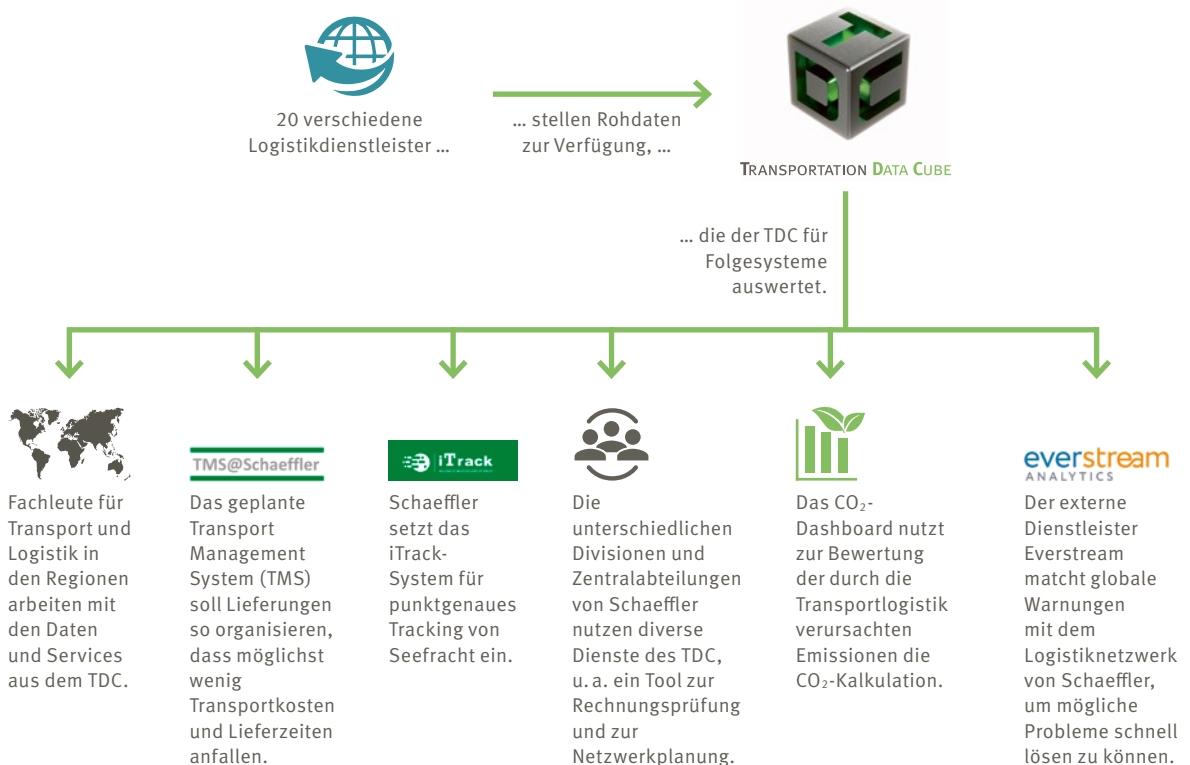
Die automatisierten Analysen des TDC dienen als Datengrundlage für etliche weitere Schnittstellen (siehe Grafik) und erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit bei Veränderungen auf dem Markt sowie bei Störungen in den Verkehrsnetzen. Die mit dem TDC gewonnenen Daten bilden die Basis für zahlreiche Features, darunter eine detaillierte CO₂-Berechnung (siehe Infokasten) und ein digitales Abbild aller Logistikrouten von Schaeffler. Über ein intuitiv bedienbares Intranet-Tool stellt der TDC komplexe Analysen zur Verfügung und verwaltet sämtliche Datenaufbereitungsprozesse transparent und zentral.

Mehr Daten gleich mehr Grün

Galten bis vor Kurzem Kosten, Laufzeiten und Erreichbarkeiten als führende Einflussparameter, wird in der Logistik zunehmend die Höhe der CO₂-Emissionen zum entscheidenden Faktor bei der Bewertung – auch bei Schaeffler.

Ziel von Schaeffler war es, eine zentrale Lösung im Sinne eines CO₂-Rechners zu etablieren, um aus der Transportlogistik heraus einheitliche Werte berechnen zu können. Der Transportation Data Cube (TDC) liefert dafür die Datenbasis, damit keine Mitarbeitenden mehr aufwendig Distanzen berechnen müssen. In einem Webtool können dann die CO₂-Werte abgefragt werden.

So funktioniert digitale Transportlogistik bei Schaeffler



Impressum

Herausgeber

Schaeffler AG
Industriestraße 1–3
D-91074 Herzogenaurach
www.schaeffler.com

Projektleitung „tomorrow“

Nadja Lemke
(Leiterin Global Branding & Corporate Marketing),
Martin Mai
(Leiter Newsroom, Chefredaktion Schaeffler Gruppe)

Kontakt mit der Redaktion

tomorrow@speedpool.com

Redaktionsleitung

Volker Paulun;
Björn Carstens, Stefan Pajung (Stv.)

Koordination

Carina Chowanek,
Gina Fernandez

Druckvorstufe

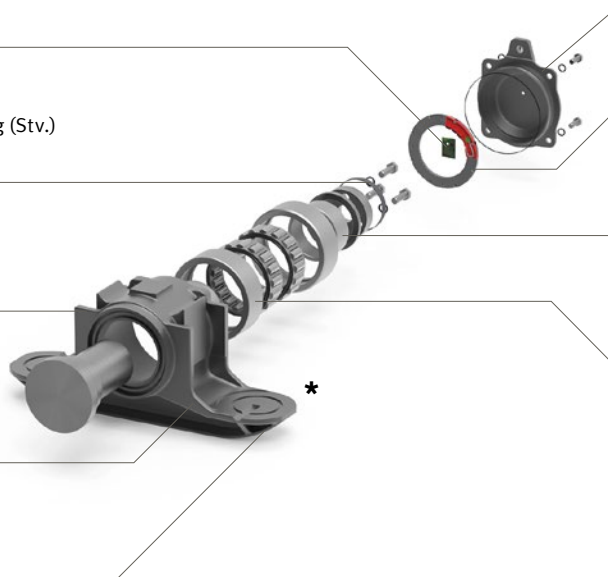
Julien Gradtke,
Anke von Lübken

Druck

Zeitfracht GmbH

Autoren

Annett Fischer, Lars Krone, Andrea
Neumeyer, Leopold Wieland



Chefredaktion

Martin Mai (v. i. S. d. P.)

Redaktion und Produktion

Speedpool GmbH

Schlussredaktion

David Feist

Grafik

Ivo Christov,
Janina Roll,
Julian Schmaljohann,
Thomas Wildelau

* Seit nunmehr einem Jahrzehnt erweitert Schaeffler mechanische Komponenten auch im Bahnsektor systematisch zu mechatronischen Modulen. Diese bieten im Güterverkehr einen erheblichen Zusatznutzen. So lässt sich mit Radsatzgeneratoren wie dem gezeigten eine autarke und zuverlässige Stromversorgung für viele, auch digitale Bahnanwendungen realisieren.

Fotos/Illustrationen

Titel: Montage Julien Gradtke mit Material von Getty;
S. 2: Schaeffler; S. 3: Getty; S. 4: Schaeffler/Getty; S. 5: Getty,
S. 6: iStock; S. 7–9: Dachser; S. 10–12: Goldhofer; S. 13: Goldhofer,
Al Faris; S. 14–16: Schaeffler; S. 18: Gorodenkoff Productions/Getty;
S. 19: Matteo Pipino/Getty, Schaeffler (3); S. 20: Getty, Schaeffler (2);
S. 21–23: Schaeffler; S. 24: Getty; S. 25: Schaeffler; S. 26/27: Schaeffler;
S. 28: Schaeffler/Getty; S. 29: Hersteller; S. 30: Jörg Greuel/Getty;

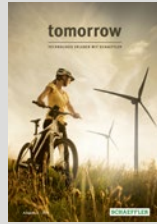
S. 31: TU Berlin; S. 32: Flying Whales; S. 33: Tesla; S. 34: Getty; S. 35: Jens
Otte/Getty, Linz AG; S. 36: Getty; S. 37: Kerry Tasker/Alaska Railroad, Getty
(2); S. 38: Schaeffler; S. 39: Frank Heinz/Getty; S. 41: Oliver Lang/Deutsche
Bahn, Hal Bergman/Getty; S. 42: Schaeffler; S. 43: Monty Rakusen/
Getty, Schaeffler; S. 44: Grant Faint/Getty, Schaeffler; S. 45: Schaeffler;
S. 46: Schaeffler/Getty, Schaeffler; S. 47: Schaeffler, Messe Berlin AG;
S. 48: iStock; S. 49: iStock; S. 50: Schaeffler

© 2022 Alle Rechte vorbehalten Nachdruck nur mit Genehmigung

tomorrow Alle bisher erschienenen Ausgaben



01/2015
**Mobilität
für morgen**



02/2015
Produktivität



03/2015
Unterwegs



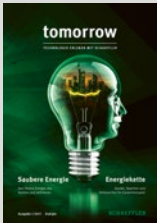
01/2016
Innovationen



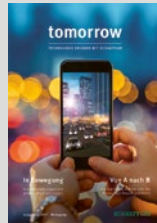
02/2016
Nachhaltigkeit



03/2016
Digitalisierung



01/2017
Energie



02/2017
Bewegung



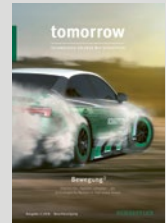
03/2017
Maschinen



01/2018
Transformation



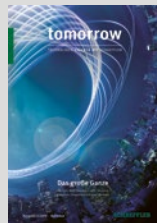
02/2018
Urbanisierung



03/2018
Beschleunigung



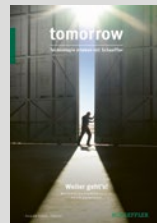
01/2019
Herausforderungen



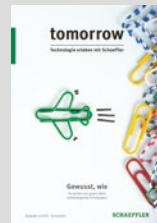
02/2019
Holismus



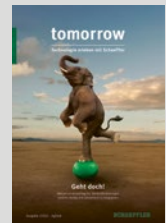
03/2019
Arbeit



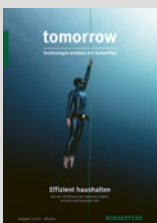
01/2020
Chancen



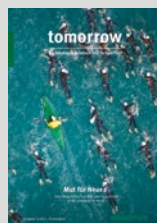
02/2020
Innovation



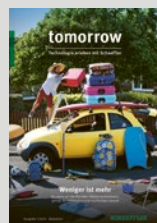
01/2021
Agilität



02/2021
Effizienz



03/2021
Pioniergeist



01/2022
Reduktion



02/2022
**Sustainable
Transportation**

tomorrow im Internet



Als digitales Magazin
mit zusätzlichen Features
www.schaeffler-tomorrow.de



Zum Herunterladen
als E-Paper oder PDF
www.schaeffler.de/tomorrow

tomorrow im Abonnement



Wir nehmen Sie gern in den
Verteiler für das Magazin auf
tomorrow@speedpool.com



Web-Welten

Mehr zum Erfolgsfaktor
Pioniergeist finden Sie in
unserem Web-Special
we-pioneer-motion.com



FSC
www.fsc.org

MIX

Papier aus ver-
antwortungsvollen
Quellen

FSC® C022647