



Fotos: Andreas Mann

70 Jahre ETR: Innovationen vorantreiben

Im Oktober 2021 feierte die ETR 70 Jahre Jubiläum. Die Festveranstaltung beleuchtete Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Systems Bahn. Im Zentrum des Tages stand die Rolle, die Technik bei der Umsetzung des gesellschaftlichen Auftrags der Bahn spielt.



„Wie können wir Innovationen schneller ins System Bahn bringen?“ fragte Verlagsleiter Manuel Bosch die Vertreterinnen und Vertreter von Betreiber, Industrie, Verwaltung und Wissenschaft während der ersten Podiumsdiskussion. Mit dabei: Jens Bergmann, Vorstand Infrastrukturplanung und -projekte bei DB Netz; Dr. Josef Doppelbauer, Leitender Direktor der Eisenbahngesellschaft der Europäischen Union (ERA); Dr. Bärbel Jäger, Abteilungsleiterin im Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e. V.) und Dr. Ben Möbius, Hauptgeschäftsführer des Verbandes der Bahnindustrie in Deutschland (VDB).

Herr Möbius, was brauchen wir aus Sicht der Industrie, um Innovationen schnell auf die Schiene zu bringen?

Möbius: Zuerst brauchen wir Foren wie die ETR, damit wir gemeinsam klüger werden. Und dann müssen wir die Planungs- und Genehmigungsprozesse beschleunigen. Jahrzehnte zwischen der Entscheidung für ein Projekt und der Fertigstellung des Projekts sind nicht mehr akzeptabel. Die kommenden vier Jahre stellen eine historische Chance für die Schiene dar – doch nach diesen vier Jahren müssen wir Ergebnisse vorweisen können.

An welcher Stelle müssen wir als Erstes ansetzen?

Möbius: Wir alle sind uns über die Zielsetzung einig, doch leider gibt es keinen „Stein

der Weisen“, der sofort alle Probleme löst. Um eine schnellere Umsetzung von Projekten zu erreichen, müssen wir zum einen an den gesetzlichen Rahmenbedingungen arbeiten. Natürlich nicht, um wichtige Elemente wie Bürgerbeteiligung oder Umweltprüfung zu schwächen, sondern um unnötige Doppelprüfungen zu vermeiden. Auch wird es darum gehen, wie der Wille des Souveräns, die Schiene auszubauen, um das Klima zu schützen, bei fairen Einzelbetrachtungen von Projekten vor Ort berücksichtigt werden kann.

Zum anderen brauchen wir genügend Planungsressourcen, also Menschen mit den notwendigen Fachkenntnissen, und reformierte Prozesse, die die vorhandenen Kompetenzen optimal nutzen. So sollte man beispielsweise bei jedem Projekt prü-

fen, ob wirklich immer gelten muss: „Wer plant, baut nicht“. Die Industrie kann noch mehr beisteuern.

Herr Bergmann, DB Netz ist gefordert, Innovationen umzusetzen. Was brauchen Sie?

Bergmann: Ich stimme Herrn Möbius in allen genannten Punkten zu und möchte die Liste um weitere Notwendigkeiten ergänzen. Zum einen brauchen wir eine umfassende, durchgehende Digitalisierung der gesamten Prozesse, einschließlich der Bürgerbeteiligung. Interessanterweise steigt die Bürgerbeteiligung sogar, wenn eine Anwesenheit vor Ort, zu festgelegten Zeiten, nicht mehr notwendig ist. Außerdem müssen wir das Umweltrecht für die Schiene neu denken. Augenblicklich liegt der Schwerpunkt des Umweltrechts bei Einzelbetrachtungen von Flächen. Eine Bahnstrecke überquert notwendigerweise viele Flächen und kann nicht so einfach verlegt werden, wenn sich eine dieser vielen Flächen als schutzwürdig erweist. Hier muss die Art der Abwägung überdacht werden. Und natürlich brauchen wir eine noch deutlichere Reduktion der Planungs- und



Genehmigungszeiträume. Heute verbringen wir bei DB Netz 60% der Zeit mit Planung und Genehmigung und nur 40% mit Umsetzung.

Könnte und sollte die Branche als Ganzes für sich andere Wege finden?

Bergmann: Als Branche sollten wir daran arbeiten, mehr auf Kooperation zu setzen als darauf, dem Geschäftspartner möglichst viele der Risiken zuzuschieben. Auch über das Best-Bieter-Prinzip müsste man nachdenken und das Schweizer Modell aufgreifen. Hier gewinnt beim Kriterium Preis der Zweitplatzierte, was zu viel realistischeren Kalkulationen führt. Außerdem müssten Anreizsysteme in unseren Verträgen möglich werden, um Innovationen zu fördern. Hinzu kommt, dass der Bahnmarkt aus Oligopolen besteht. Es gibt für viele Technologien nur wenige Anbieter und bei der Infrastruktur auch nur wenige Abnehmer. Der Industrie fällt es schwer, ohne Abnahme-Zusage Neuerungen zu entwickeln. Als DB Netz, die öffentliche Gelder verwendet, unterliegen wir jedoch dem öffentlichen Förderrecht, das hierfür keine unmittelbaren Lösungen kennt. Nicht zuletzt wissen wir als DB Netz, dass es manchmal nicht so einfach ist, bei uns im Hause Ansprechpartnerinnen oder Ansprechpartner für Innovationen zu finden – wir arbeiten daran, auch hier besser zu werden.

Herr Doppelbauer, aus der europäischen Perspektive: Wie weit sind wir mit der Beschleunigung von Innovation und welche Rolle spielt die Digitalisierung?

Doppelbauer: Ich bin einige Tage beim Connecting Europe Train mitgefahren, der aus Anlass des Europäischen Jahrs der Schiene durch fast alle europäischen Länder fuhr. Dieser Zug ist ein gutes Beispiel für die Komplexität der Prozesse in der EU

und was noch zu tun ist, bis eine durchgehende Digitalisierung in Europa möglich ist. Ich wurde als ERA-Vertreter gebeten, eine General-Genehmigung für diesen Zug für alle Länder auszustellen. Das ging natürlich nicht, denn das überschreitet die Kompetenzen der Europäischen Eisenbahngesellschaft. Wir mussten letztendlich bis zum Schluss kämpfen, dass dieser Zug, ein Botschafter für den Einheitlichen Europäischen Eisenbahnraum, tatsächlich auch in allen EU-Mitgliedsländern fahren durfte. Dieser Connecting Europe-Zug hat damit den mitfahrenden Politikern der jeweiligen Mitgliedsländer anschaulich gezeigt, was noch zu tun ist. Ihre Reaktion: Wir müssen mehr tun, damit wir das gemeinsame Ziel erreichen.

Die ERA ist seit 2019 europäische Genehmigungsbehörde. Wir haben den gesamten Zulassungsprozess komplett digitalisiert und sind daher in der Lage, immer und von überall die notwendigen Arbeiten umzusetzen. Doch der Bahnsektor hat einige Probleme, die allein mit Digitalisierung nicht zu lösen sind. Die Bahn leidet als einziges Verkehrsmittel unter Fragmentierung durch unterschiedliche Technologien in den Mitgliedsländern. Ein im Prinzip gleiches Produkt muss deshalb mehrmals für verschiedene Anforderungen in unterschiedlichen Ländern entwickelt werden, was zu höheren Kosten im Sektor führt.

Außerdem haben wir ein Sprachproblem: Luft- und Schifffahrt haben weltweit eine einheitliche Betriebssprache, beim Straßenverkehr ist die Sprache des Fahrers unerheblich. Nur bei der Bahn müssen Triebfahrzeugführerinnen und Triebfahrzeugführer Kenntnisse der Landessprache haben, wenn sie in einem Land fahren wollen. Außerdem muss, wie schon von Herrn Heinisch beschrieben, immer sichergestellt sein, dass im komplexen System Bahn eine

Neuerung an einer Stelle nicht die Sicherheit und Funktionsfähigkeit des gesamten Netzes gefährdet.

Wenn das geltende betriebliche Regelwerk bestimmt, ob eine Innovation eingesetzt werden darf, verhindern wir damit nicht aktiv Innovationen, die auf neuer Technik beruhen und ganz neue betriebliche Lösungen ermöglichen, die allerdings neue Regelwerke erfordern würden?

Doppelbauer: Genau das ist die Zwickmühle. Wir müssen die Frage auf verschiedenen Ebenen angehen. Ist die Neuerung eine Innovation, die nur im gesamten Netz eingeführt werden kann oder ist eine punktuelle Einführung möglich? Ist es eine weiche Innovation, ohne Auswirkungen auf das Netz, beispielsweise eine neue Klimaanlage in einem Fahrzeug, oder eine harte Innovation, wie eine Änderung in der Leit- und Sicherheitstechnik? Bei harten Innovationen kann die Einführung nicht von einem Tag zum anderen erfolgen, die neuen Technologien müssen organisch in das System Bahn hineinwachsen.

Herr Bergmann, nehmen wir das Beispiel der Wartungszyklen im System Bahn. Diese Zyklen beruhen auf dem Stand der Technik vor der Entwicklung von Sensoren und der da-

Neue Technologien
müssen organisch
in das System Bahn
hineinwachsen.



Jens Bergmann



Josef Doppelbauer

durch möglichen permanenten Zustandsüberwachung. Auch hier die Frage: Müssten nicht die Regelwerke überarbeitet werden, um Innovationen zu ermöglichen?

Bergmann: Ja, und wir tun dies bereits. Mit dem Nachweis gleicher Sicherheit haben wir ein Instrument, die Regelwerke zu überarbeiten. Angesichts der „Technik-Zoos“ im System Bahn bin ich jedoch genauso wie Herr Doppelbauer davon überzeugt, dass es nur eine evolutionäre und keine revolutionäre Weiterentwicklung sein kann. Doch das heißt nicht, dass wir nicht immer wieder hinterfragen sollten, was möglich ist, um das Wachstum der Schiene zu beschleunigen. Bei Bauverfahren haben wir eindeutig mehr Freiheitsgrade für Innovationen als bei der Leit- und Sicherungstechnik. Sie zu nutzen erfordert einen Kulturwandel im Sektor: Uns einmal auch auf eine 80%-Lösung einzulassen, wo es nicht sicherheitsrelevant ist, gehört noch nicht zur DNA eines Eisenbahners.

Doppelbauer: In den europäischen Regularien haben wir schon den Schritt hin zu einer risikobasierten Vorgehensweise umgesetzt. Dies ist die einzige Möglichkeit, wie man durch bewusste Untersuchung der Möglichkeiten, aber auch der Gefahren einer neuen Technologie, Innovationen einführen kann – im Unterschied zum bisher-

gen starren System des regelbasierten Vorgehens.

Frau Jäger, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) steht als Forschungsinstitut am Anfang der Innovationskette. Wie schnell erfolgt der Übergang von Forschung in Anwendung?

Jäger: Das ist ganz unterschiedlich, abhängig davon, ob eine Innovation sicherheitsrelevant ist und damit zugelassen werden muss, oder nicht. Bei Ersterem sprechen wir von einem Zeitraum von acht bis 10 Jahre. Als Ergebnis einer Forschung gibt es in der Regel einen technischen Demonstrator und danach erst einmal einen Bruch in der Entwicklung, da der Demonstrator dann von der Industrie in ein reales Produkt umgesetzt werden muss, das anschließend wiederum vielfältige Anwendungstests durchlaufen muss. Dies ist für ein Unternehmen mit hohen finanziellen Risiken verbunden, da noch unklar ist, ob das Produkt letztendlich vermarktet werden kann. Hier brauchen wir Förderprogramme, die dieses Risiko reduzieren, und insgesamt mehr Testmöglichkeiten. Ein Beispiel für einen schnellen Transfer von Erkenntnissen aus der Forschung in die Praxis sehen wir beispielsweise im Bereich Testen von ETCS onboard Geräten in unserem Test- und Simulationslabor RailSiTe. Von den Wissen-

schaftlern entwickelte Testmethoden werden unmittelbar in den Testkampagnen eingesetzt und die dabei gesammelten Erfahrungen fließen wieder zurück in die Optimierung der Testmethoden.

Herr Möbius, muss die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie verbessert werden, um Innovation zu beschleunigen?

Möbius: Wir müssen hier zwischen zwei Fragen unterscheiden. Wie kommt eine Innovation in den Markt? lautet die eine, die andere: Woher kommen überhaupt die guten Ideen, die wir brauchen, um Innovationen entwickeln zu können?

Das Herzstück des Marktes ist die Ausschreibung. Hier finde ich die von Herrn Bergmann angesprochene Lösung sehr spannend, den Auftrag an den Zweitplatzierten einer Ausschreibung zu vergeben, also an den, der nicht nur „auf Kante genäht“, sondern auch gleichzeitig innovative Ideen entwickelt hat. Um die Krux heute noch einmal auf andere Weise zu verdeutlichen, hier ein Gedankenspiel: Wie würde unsere Welt aussehen, wenn es 2007 eine Ausschreibung für die Entwicklung eines Handys gegeben hätte und Apple mit seinem ganz neuen Ansatz des Smartphones abgelehnt worden wäre, weil es nicht den Spezifikationen in der Ausschreibung entsprochen hätte? Oder der Ausschreibende



Bärbel Jäger



Ben Möbius

die Smartphone-Lösung hätte ablehnen müssen, weil sie einzigartig war und er für seine Ausschreibung noch weitere zwei Anbieter mit vergleichbarer Technologie braucht? Im Bahnsektor schreiben wir heute zu oft im Kern so aus: Wir definieren genau die Technik, die wir wollen, und suchen den, der sie uns am billigsten liefert. So kann es nicht weitergehen. Wir brauchen Instrumente wie einen Innovationsbonus oder inhaltlich offenere Ausschreibungen. Zur Frage, wo die guten Ideen herkommen: Die Kooperation mit der Wissenschaft ist vor-

trefflich. Dies ist eine große Stärke der Bahnindustrie in Deutschland. Wir freuen uns ganz besonders, mit dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung eine weitere Säule hinzugewonnen zu haben. Aber hier müssen die zur Verfügung gestellten Forschungsgelder schnell erhöht werden, von jetzt rund 10 Mio. EUR auf rund 150 Mio. EUR im Jahr. Wenn wir als Bahnindustrie in Deutschland aufhören würden, bei Innovationen führend zu sein, würden wir auch aufhören, Weltmarktführer zu sein. Deshalb brauchen wir Schiene 4.0 „Made in Germany“.

Frau Jäger, beim DLR wird zu allen Verkehrsträgern geforscht. Organisieren andere Sektoren Forschung und Entwicklung besser? Bekommen sie mehr Geld? Kurz, kann der Bahnsektor von anderen Sektoren lernen?

Jäger: Wenn wir beim Beispiel DLR bleiben, kann ich ganz klar sagen, dass die Forschungsmittel des Bundes für die Straße um etliches höher sind als die Mittel für die Schiene. Es gibt zum Beispiel seit 2015 ein Fachprogramm des Wirtschaftsministeriums zu „Innovative Fahrzeug- und Systemtechnologie“, mit einer Säule „automatisiertes



Detlev K. Suchanek (links) brachte die ETR zur DW Media Group und führte sie als Verleger, bis er 2016 an Manuel Bosch übergab



Die ETR-Redakteurinnen Ursula Hahn (links) und Dagmar Rees

Notwendig: Charakter und Verantwortungsbewusstsein

Roland Heinisch war 37 Jahre bei der Deutschen Bahn, davon 18 Jahre im Vorstand der DB. Der langjährige Herausgeber der ETR beschrieb in seiner Festrede, wie im System alles verkettet ist und welche große Rolle die im System tätigen Menschen spielen.



Roland Heinisch

(Auszug aus der Festrede) ... „Impulsgeber für das System Bahn“ wurde in meiner Herausgeberzeit zur Jahrtausendwende formuliert. Was war damals und ist heute noch damit gemeint?

„System Bahn“ meint Technik und Betrieb, Infrastruktur und Fahrzeuge, Hardware und Software, Zugsteuerung und Zugsicherung, Mensch und Maschine, Betreiber und Kunde ... und Verkettung allemal:

„Produktions“ketten im Betrieb mit Bereitstellen Züge, Abfertigung, Zugfahrt, Betriebssteuerung, Wartung bis hin zum wichtigen Engineering-Kreislauf Betrieb, Instandhaltung, Entwicklung mit Rückspulen der Erfahrung.

Da wir letztlich doch alle für den „Markt“ agieren müssen, kommen wir an Mobilitäts-Ketten, Info-Ketten und Liefer-Ketten nicht vorbei – was viele derzeit bitter registrieren müssen.

Wo fängt es an, wo hört es auf? Wie bewegt sich jeder von uns (im Kreis), wenn man(n)/frau was „rumfummelt“, d.h. entwickelt, produziert, betreibt, repariert, verändert, aus Erfahrungen lernt und rückkoppelt

... oder doch Abhängigkeiten/Wechselwirkungen missachtet? Beherrschen wir das System? Die Sicherheit im System sollte bei regelkonformer Beanspruchung gesichert sein, die Einhaltung der Konditionen muss aber auch gesichert sein beziehungsweise Ausnahmen müssen geregelt und abweichende Spitzenbelastungen vermieden beziehungsweise rechtzeitig erkannt werden.

Eins gilt auf jeden Fall: Wir sollten nichts leichtfertig in diesem komplexen System ändern, ohne uns gleichzeitig Rechenschaft abzulegen über Konsequenzen in anderen Systembereichen – da gehören veränderte Lastkollektive und Einsatzbedingungen auch dazu.

Bei allem sollten wir uns immer wieder bewusst machen: Technik ist kein Selbstzweck, aber Technik ist die Basis für viele Leistungen im Bahngeschäft – und dafür ist die Beherrschung des Systems Bahn eine wichtige Voraussetzung.

Letztendlich soll alles der Erzielung einer bestmöglichen Wirkung am Markt dienen, auf Basis einer längerfristigen wirtschaftlichen Entwicklung mit Sicherung der Unternehmen, und einer Verbesserung der Rolle der Bahnen am Markt, für die Gesellschaft und zur Erhaltung einer lebenswerten Welt.

Und wer soll das alles überblicken und beherrschen im Sinne von System-Beherrschung? Der Mensch, wir alle, jeder in seiner spezifischen Verantwortlichkeit, mit seiner spezifischen Kompetenz! Ein paar Anforderungspole an die Agierenden, die nicht immer einfach darzustellen und oft nicht konfliktfrei sind:

- Kompetenz und Erfahrung, sich ergänzend
- Disziplin und Flexibilität, jeweils nach Situation

- Theorie und Praxis, gegenseitig belegt mit Rechnung und Versuch
- Modell und Wirklichkeit, mit Plausibilitätskontrolle der Modellergebnisse
- Kontinuität und Veränderung, differenziert bei den Themen
- Reaktion und langer Atem, alles zu seiner Zeit
- Vertrauen und Hinterfragen, je nach Erfahrung
- und besonders Charakter und Verantwortungsbewusstsein, immer!

Dieser „Human Factor“ wirkt in allen Phasen, von der Entwicklung, über den Betrieb bis zur Wartung und Instandhaltung, die die Beherrschung des Systems Bahn erst nachhaltig sichert. Und wenn es bei dem einen oder anderen mangelt, riskiert man früher oder später Systemversagen.

Technik beherrschen heißt auch Wissen um physikalische Gesetzmäßigkeiten, chemische Prozesse, Wissen um Beanspruchung und Verschleiß. Dies sollte auch der Grundstein für Entscheidungen zur Entwicklung und für die Spezifikation mit Festlegung wesentlicher Eigenschaften sein und damit auch entscheidend für Chancen und Risiken des Geschäftes.

Eine große Herausforderung ist das Funktionieren der Mensch-Maschine-Beziehung: Im Betrieb mit „Fahrdienstleiter“ und „Lokführer“ (um bei alten Begriffen zu bleiben), Wagenmeister und Wartungs-/Werkstattpersonal, besonders im Störfall, im Ausnahmefall und in den Grenzbereichen.

Bei der Entwicklung, Normgebung/Zulassung/Regulierung/Überwachung haben Ingenieure und „Dienstleistende“ eine spezifische Funktion, auch mit Verantwortung für Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit des Systems Bahn...

Fahren“. Diese Säule war ausschließlich dem Straßenverkehr vorbehalten, bis wir 2021 erstmals auch Schienenprojekte einreichen konnten. Mit dem Masterplan Schienengüterverkehr und dem Bundesforschungsprogramm Schiene gibt es inzwischen zwar schon punktuell Mittel für Bahnforschung, aber es gibt immer noch kein spezielles Förderprogramm des Bundes für die Schiene als Ganzes. Dies brauchen wir unbedingt, damit wir sektorweite Forschungsprogramme umsetzen können.

Wir brauchen ein geändertes Planungs- und Genehmigungsrecht, anders gestaltete Ausschreibungen und mehr Geld für Schienenforschung – Herr Bergmann, was fehlt Ihnen noch in dieser Liste, damit Sie in der Lage sind, Innovationen schnell umzusetzen?

Bergmann: Die Menschen. Wir brauchen Nachwuchs in aller Breite, akademisch und gewerblich. Die Schiene muss als Zukunftssektor wahrgenommen werden, als gesellschaftlich sinnvoll und individuell sinnstiftend. Wir bieten verlässliche Bedingungen und sichere Arbeitsplätze. Ich würde lieber ein paar Euro mehr in die Menschen, ihre Kreativität und ihren Erfindungsreichtum investieren als in Stahl und Beton – langfristig wird sich dies durch gestiegene Effizienz auszahlen. Denn bei allem Rückenwind für die Schiene: Die schiere Größenordnung der notwendigen Maßnahmen für die Schiene wird dem Bundeshaushalt sehr viel abverlangen – wir müssen diese Mittel auch effizient verwenden, um damit möglichst viele Maßnahmen umzusetzen.

Herr Doppelbauer, die EU investiert im Rahmen des European Green Deal in Technologien für den Klimaschutz – wo sollten die Prioritäten gesetzt werden?

Doppelbauer: Lassen Sie mich dies an einem Beispiel verdeutlichen. Der Brennerbasistunnel wird voraussichtlich rund 10 Mrd. EUR kosten und bringt eine Fahrzeiteinsparung von 55 Minuten. Die Kosten pro eingesparter Minute betragen damit rund 182 Mio. EUR. Heute bleibt ein Güterzug, der von Italien nach Österreich einfahren will, 80 Minuten an der Grenze stehen, weil sich die Betriebsregeln zwischen Italien und Österreich unterscheiden und an jedem Güterwagen Hebel manuell umgestellt werden müssen. Deshalb: Es sollte mehr in intelligente, digitalisierte Betriebslösungen investiert werden als in Beton.

Das Gespräch führte Manuel Bosch

Während der zweiten Podiumsdiskussion teilten junge Ingenieurinnen und Ingenieure ihre Sicht auf den Schienensektor.



Bjarne Reitz, Masterabsolvent TU Braunschweig

Der jungen Generation geht es nicht nur um monetäre Aspekte, sondern auch um die Sinnhaftigkeit des eigenen Tuns. Dafür steht der Schienenverkehr mit seiner großen Bedeutung für den Klimaschutz. Ich nehme bei den Studierenden hier einen Wandel wahr. Allerdings wird es noch einige Zeit dauern, bis die Bahnbranche die Autoindustrie auf der Attraktivitätsskala überholen wird, da das Auto über Jahrzehnte ein Statussymbol war. Doch jetzt hat die Schiene gesellschaftlichen Rückenwind – wir sollten also Tempo zulegen.

Daniela Bistry, Projekt Güterwagen 4.0, FH Aachen

Innovationen bedingen Marktdurchdringungen und diese waren bisher mäßig. Die Branche will sie, tut sich aber sehr schwer. Woran das liegt? Als ich 2018 begann, habe ich die Branche als sehr „männlich, weiß, alt“ wahrgenommen. Es gibt wenig Nachwuchs, weil die Bahnbranche als unattraktiv wahrgenommen wird. Ein Grund dafür sind viele Regelwerke, die beachtet werden müssen, bei denen sich der Zweck heutzutage nicht mehr erschließt und die ebenfalls modernisiert werden müssen.



Stefan von Mach, Chief Engineer Talent 3 BEMU, Alstom

Bei der Gewinnung von Ingenieuren für die Bahnbranche gibt es noch viel Verbesserungspotential. Obwohl mehr Menschen Ingenieurwissenschaften studieren, haben viele die Bahnbranche noch nicht für sich entdeckt. Vielen ist nicht klar, dass sie attraktive Zukunftsthemen wie Elektromobilität auch im Bahnsektor verfolgen können. Allerdings hat sich dieses Thema auch erst sehr spät in der Branche entwickelt. Als ich vor zehn Jahren meine Masterarbeit zu Batteriezügen abgab, erntete ich von den etablierten Ingenieuren nur ein: „Batteriezüge? Sowas brauchen wir doch nicht“. Die Denkstrukturen im Sektor sind oft noch nicht agil.

