

Trends und Herausforderungen in der Zweiwegeetechnik

MAX METZGER | HERIBERT LEHNA

Dieser Beitrag behandelt die Anforderungen an Zweiwegefahrzeuge (ZWF) und die daraus resultierenden Herausforderungen für ZWF-Hersteller. Nach einer kurzen Einführung zur Einordnung werden die verschiedenen Anforderungen an ZWF kategorisiert und beschrieben sowie einige der sich ergebenden Herausforderungen umzeichnet. Beispielfähig wird die Anforderung einer Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit von 40 km/h auf 60 km/h unter den Randbedingungen der Eisenbahn untersucht und diskutiert. Abschließend werden die derzeitigen dauerpräsenten technischen Herausforderungen aufgrund gesellschaftlicher Anforderungen angerissen.

ZWF sind Maschinen, die sowohl auf der Straße als auch der Schiene fahren können und dürfen. Sie benötigen demnach eine Zulassung nach Straßenverkehrsordnung (StVO) und auch nach Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen (ESBO) oder Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab), damit sie entsprechend ihrem Einsatzzweck verwendet werden können. Die sehr stark Vollbahn-, also EBO-bezogene Normung (EN 15746) ordnet die Zweiwegemaschinen und die zugehörige Ausrüstung wegen ihrer vornehmlichen Anwen-

dung zur Instandhaltung von Bahninfrastruktur den Bahnanwendungen Oberbau zu. Ein Großteil der Hersteller stammt aus dem Bereich der Kraftfahrzeugtechnik und fügt zu den bestehenden StVO-gemäßen Arbeitsfahrzeugen noch die benötigte Schienenfahreinrichtung hinzu. Dies kann in verschiedenen Bauformen erfolgen:

- als Eigenantrieb: Die Brems- und Traktionskräfte werden direkt auf die Schienenräder übertragen, die Last liegt komplett auf den Schienenrädern (Kategorie 9A),
- als Reibradausführung: die Brems- und Traktionskräfte werden über einen Reibradkontakt von den Straßenrädern auf die Schienenräder übertragen, die Last liegt komplett auf den Schienenrädern (Kategorie 9B),
- als bloße Führungseinrichtung: die Brems- und Traktionskräfte werden über die Straßenräder auf die Schiene übertragen, die Last wird auf die Straßen- und Schienenräder verteilt (Kategorie 9C).

Der Markt für ZWF ist ein Nischenmarkt, sodass die Herstellerreihen keine großen Stückzahlen haben. Insbesondere im Bereich der Betriebe nach BOStrab werden die Fahrzeuge auch schnell zu Unikaten, da auf die spezifischen Anforderungen des jeweiligen Betreibers einzugehen ist und die Gegebenheiten des lokalen Netzes zu berücksichtigen sind (minimale Bogenradien, Spurweite).

An ZWF werden unterschiedliche Anforderungen gestellt, die in verschiedene Gruppen unterteilt werden können. Wir haben hier die folgende

Gruppierung vorgenommen: Betriebliche, funktionale und technische Anforderungen.

Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen an Zweiwegefahrzeuge ergeben sich hauptsächlich aus den Aufgaben zur Instandhaltung an Bahnstrecken. Dabei ist es häufig unpraktisch, auf dem Schienenweg zum Einsatzort zu fahren. Am Einsatzort auf Gleisen wird bei den Arbeitsfahrten häufig nur mit kleineren Fahrgeschwindigkeiten gefahren. Es ist daher anforderungsgerecht, eine möglichst schnelle und flexible Zufahrt auf der Straße vorzunehmen, auch um den Personen- und Güterzügen keine Fahrplantrassen während der unproduktiven Zufahrtszeit des Arbeitsfahrzeuges vorzuenthalten. Am Einsatzort selbst auf den Schienen fahrend ist ein ZWF dann wie ein Schienenfahrzeug zu behandeln und es sind dann ausnahmslos die entsprechenden Regeln für Schienenbahnen zu beachten. Diese umfassen neben den Fahrwerken mit schienenfahrzeugtechnischen Einrichtungen auch die Sicherungstechnik und den Arbeitsschutz im Gleis. Allein daraus ergibt sich ein Mehr an funktionalen Anforderungen als bei einem reinen Straßenfahrzeug.

ZWF sind Sonderfahrzeuge, die zum Teil für spezielle Aufgaben konzipiert sind. Dies sind beispielsweise Zweiwegebagger, Schienenschweißfahrzeuge, Fahrzeuge für die gleisnahe Vegetationskontrolle, Turmwagen für die Oberleitungsinstallation, -inspektion und -wartung oder im BOStrab-Bereich die Rillenreiniger (Abb. 1).

In den letzten Jahren sind immer mehr Verkehrsbetriebe dazu übergegangen, an die ZWF nicht nur eine spezifische funktionelle Anforderung zu haben, sondern diese als „Alleskönner“ zu bestellen. Gerade bei kleinen Betrieben, die sich keinen großen Park an ZWF leisten können, ist dieses Bedürfnis ausgeprägt. Nur für Arbeiten, die regelmäßig anfallen, ist es sinnvoll, ein betriebseigenes Fahrzeug vorzuhalten.

Betriebliche Anforderungen

Der Einsatz von ZWF hat verschiedene betriebliche Anforderungen. ZWF sollen schnell und ohne größere Probleme an den Einsatzort gelangen können. Durch ihre Zulassung nach StVO können sie über die Straße bis zum nächstgelegenen Bahnübergang oder Eingleitungsort fahren und legen so idealerweise nur kurze Wege auf der Schiene zurück (Abb. 2). Im EBO-Bereich ermöglicht dies eine große Freizügigkeit. Da ZWF im BOStrab-Bereich meistens über keine Vollausstattung



Abb. 1: Der Rillenreiniger verfügt über einen Reibradantrieb (Kategorie 9B).

mit der üblichen Leit- und Sicherungstechnik (PZB, LZB oder gar ECTS) verfügen, bedürfen sie zur Sicherung der Fahrwege im Zusammenspiel mit Regelfahrzeugen einer speziellen betrieblichen Regelung. Im EBO-Bereich ist eine Sicherheitsfahrerschaltung (Sifa) ab einer Maximalgeschwindigkeit von 20 km/h vorgeschrieben. Zweiwegebagger, die bis maximal 19 km/h betrieben werden können, verfügen über keine Sifa. Somit gibt es auch im EBO-Bereich einzelne Fahrzeuge, die über keine Ausstattung mit Leit- und Sicherungstechnik verfügen. Die Maximalgeschwindigkeit ist häufig auf 40 km/h begrenzt und ermöglicht somit auch aus diesem Grund kein Mitfließen im regulären schnellen Bahnverkehr. Die Zuwegung über die Straße schafft aufgrund dieser Restriktionen eine erhöhte Variabilität.

Im Bereich der BOStrab, gerade im Bereich der Straßenbahn, ist die Zuwegung zum Einsatzort wesentlich vereinfacht, da sich ein ZWF im regulären Straßenverkehr durch die Stadt bewegen und im nahegelegenen eingedeckten Bereich eingeleisen kann. Im Fall von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten und Arbeiten nach Unfällen oder technischen Problemen erzeugt diese Eigenschaft eine hohe Flexibilität. Fahrzeuge, die herumstehen, kosten Geld. Insofern ist es zielführend, eine hohe Betriebsdauer von Fahrzeugen im Fahrzeugpark anzustreben. Dies gilt auch für ZWF. ZWF, die nur eine Funktion erfüllen können, beispielsweise Schnee schieben, würden die meiste Zeit im Jahr ungenutzt herumstehen. Insofern ist es ein Ziel, eine Funktionenmischung für die ZWF zu finden, die es ermöglicht, eine höhere betriebliche Auslastung zu erlangen. Dies steht allerdings im Widerspruch zu einer reaktions-schnellen Einsatzfähigkeit im Fall von Unfällen oder Havarien. Es gilt somit abzuwägen, welche Anforderung jeweils überwiegt: die Verfügbarkeit im Problemfall oder die hohe betriebliche Auslastung.

Wenn reguläre Arbeiten durchgeführt werden, wie z. B. das Reinigen der Schienenrillen, ist es aus betrieblicher Sicht wünschenswert, wenn dies „schwimmend“ im regulären Ver-



Abb. 2: Das Fahrzeug mit der Hubarbeitsbühne beispielsweise für Oberleitungsarbeiten benötigt einen eingedeckten Bereich, um einzugleisen. Es gehört zur Kategorie 9A.

kehr erledigt werden kann und nicht nur in der Betriebspause oder betrieblichen Randlagen. Dies verlangt eine Arbeitsgeschwindigkeit, die leicht über der Durchschnittsgeschwindigkeit des zu betrachtenden Systems liegt: Wenn eine Straßenbahnlinie eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 20 km/h hat, so muss es gewährleistet sein, dass das ZWF beim „Mitschwimmen“ seine Aufgabe (bspw. Rillen reinigen) erledigen kann, ohne die Beförderung von Fahrgästen zu behindern. Entsprechend muss die Betriebsgeschwindigkeit des ZWF durchschnittlich leicht über 20 km/h liegen, sodass die Straßenbahn nicht auffährt.

Technische Anforderungen

Die Schienenfahreinrichtung macht aus dem Straßenfahrzeug ein ZWF. Entsprechend bedarf es dann, wie schon erwähnt, auch einer Zulassung nach den Regeln der Eisenbahn (EBO, ESBO) bzw. Straßenbahn (BOStrab). Hersteller von ZWF bedienen damit einen Nischenmarkt. Häufig sind es mittelständische Unternehmen, die sich auf diesen Markt spezialisiert haben.

Teilweise sind es jedoch auch Betriebe, die eine Variante ihres Standardproduktes vertreiben. Eine Expertise im Bereich Schiene liegt in diesem Fall i. d. R. nicht vor. Die Anpassung des Straßenfahrzeugs an die Gegebenheiten der Schiene erfolgt hier über die Ausrüstung mit einer Schienenfahreinrichtung.

Die Konstruktion muss entsprechend der Regularien der Eisenbahn bemessen sein, sodass die Zulassung erfolgen kann. Es muss sichergestellt sein, dass das ZWF sicher gegen Entgleisen ist, bremsen und beschleunigen kann, wie es vorgesehen ist, und somit die fachtechnischen Untersuchungen bestehen kann. Die Schienenfahreinrichtung übernimmt zudem die Führung des Fahrzeuges, sodass die Anzahl der Richtungsfreiheitsgrade, die ein Straßenfahrzeug hat, sich auf eine Dimension reduziert (Abb. 3). Die Analyse des Rad-Schiene-Kontaktes wird nur für den Nachweis der Sicherheit gegen Entgleisen über das Grenzwertkriterium nach Nadal vorgenommen. Die Fahrstabilität bei hohen Geschwindigkeiten und auch die Entwicklung der Radprofile im

WISSEN, WAS BAHNEN BEWEGT

www.eurailpress.de





Abb. 3: Beim Antrieb der Kategorie 9C führen die Schienenräder das Fahrzeug durch die Kurve, die Gummiräder beschleunigen und bremsen im eingedeckten Bereich.

dauernden Einsatz werden – aufgrund der niedrigen Fahrgeschwindigkeit und der geringen Laufleistung – nicht untersucht. Die Betrachtungen, die im Rahmen der Zulassung von ZWF vorgenommen werden müssen, sind entsprechend reduziert.

Die generell gestiegenen Anforderungen an die für die Zulassung zu liefernden Dokumente haben in den letzten 30 Jahren dazu geführt, dass Zulassungsverfahren länger, komplexer und kostspieliger werden. Dies führt dazu, dass die Anzahl an zu erbringenden Nachweisen für ein System wie die Eisenbahn, das seit 100 Jahren mechanisch wenig Änderungen erfahren hat, steigt, damit neue Fahrzeuge (wieder) zugelassen werden können. Wenn

wie bei ZWF alle sieben Jahre bei bauartgleich nachzubauenden Fahrzeugen eine erneute Zulassung entsprechend der zwischenzeitlich hinzugekommenen Regularien erfolgen muss, entstehen dadurch viele Herausforderungen. Die Hersteller, die in der Materie der Eisenbahntechnik zeitlich und inhaltlich nur sehr wenig unterwegs sind, da es sich bei dem ZWF nur um ein Spin-off vom Standardprodukt handelt, müssen eine Lösung finden, mit dem Trend der Zulassungsverkomplizierung und Dokumentationsakribie zurechtzukommen. Ein weiteres Problem tritt auf, wenn technische Lösungen für Funktionen in einer Art und Weise konfiguriert werden, dass die Anforderungen aus dem Bereich der Eisenbahn nicht



Abb. 4: Ein Zweiwege-Unimog ist durch seine Vielzahl an verschiedenen Auf- und Anbauten eine Art Alleskönner.

mehr erfüllt werden können. Besonders deutlich wird dies, wenn beispielsweise Funktionen wie Schneeschieben zu Radentlastungen führen und die gewählte technische Lösung für die Schienenfahreinrichtung schon als solche eine große Aufteilung der Radaufstandskräfte auf viele Räder zur Folge hat. Letztlich konnte der „Alleskönner“ aufgrund der gewählten technischen Lösung doch nicht für das Schneeschieben eingesetzt werden, da die Sicherheit gegen Entgleisen rechnerisch nicht nachgewiesen werden konnte. Von Versuchsfahrten wurde in diesem Fall abgesehen.

Weitere technische Herausforderungen treten bei der Umsetzung der Funktionsanforderungen auf, vor allem bei „Alleskönnern“, denn es müssen mehrere dem Fahrzeugaufbau innewohnende Funktionen kombiniert werden. Diese verschiedenen Funktionen werden dann entsprechend aufeinander abgestimmt, wodurch die Komplexität des ZWF steigt. Einige dieser Funktionen beeinflussen die in den Zulassungsprozessen angeforderten Randbedingungen. Sich ändernde Schwerpunktlagen beeinflussen beispielsweise die Nachweisführung der Sicherheit gegen Entgleisen. Spezifische Aufbauten können auskragen und somit den zulässigen Lichtraum (BOStrab) überschreiten oder die Hüllkurve für die Einschränkungsberechnung (UIC für den EBO- und ESBO-Bereich) verletzen. Auf diese Randparameter müssen die Hersteller achten, besonders wenn „Alleskönner“ konstruiert werden. Letztlich stellt sich die Frage der technischen Vereinbarkeit der Anforderungen an die Funktionen mit dem Betrieb im System der Eisenbahn.

Neben den technischen Anforderungen an Zulassungsprozesse kommen auch weitere und stärkere Anforderungen an den Arbeitsschutz hinzu, die sich auf die Konstruktion von ZWF auswirken. Dies kann für den Markt positive Effekte haben, wie es beispielsweise im Fall der im Gleis rollbaren Leitern gegeben ist. Diese Technik, die zur Montage und Wartung von Teilen der Oberleitungen seit 100 Jahren eingesetzt wurde, hat ihre Nutzungsberechtigung aufgrund von Arbeitssicherheitsbedenken verloren. Da die Aufgaben jedoch weiterhin durchgeführt werden müssen, ergibt sich da ein neues Vermarktungsgebiet für ZWF. Diese sind in der Anschaffung deutlich teurer als die Leitern, und daher werden letztlich weniger Geräte für diese Arbeiten zur Verfügung stehen. Ebenso wie die Leitern müssen sich auch die ZWF den Anforderungen an Arbeitssicherheit stellen. Es gilt technische Lösungen zu finden, die es ermöglichen, die Nachweise zu liefern, dass die ZWF für die mit bzw. auf ihnen arbeitenden Personen sicher sind.

Unter dem Aspekt vor allem des Arbeitsschutzes sind in technischer Hinsicht zunehmend Sensoren eingebaut, die sicherstellen sollen, dass am und auf dem Fahrzeug bewegliche Arbeitsgeräte überwacht werden. Kamerasysteme als Hilfe zur Erkennbarkeit der passenden Radposition für das Eingleisen sind vor

allem bei größeren ZweigeFahrzeugen eingebaut. Des Weiteren werden Sensoren verwendet, um Lastmomente von ausragenden Lastaufnahmen zu erfassen. Dabei geht es um die Einhaltung der Kippsicherheit. Ferner gibt es Sensoren, die Ausschwenkwinkel oder auch die Höhenausführung von Arbeitskörben überwachen und mit Abschaltvorrichtungen kombiniert begrenzen, womit ebenfalls Kriterien der Kippsicherheit und der Einhaltung des Lichtraumes erfüllt werden. Teilweise ergibt sich daraus eine starke Einengung des Arbeitsspielraumes. Viel zu wenig beachtet wird dabei oftmals, dass nicht immer alle un-

günstigsten Randbedingungen gleichzeitig vorliegen. So kann zum Beispiel eine Arbeitsbühne zur Oberleitungsmontage im überhöhten Gleisbogen zur überhöhten Seite hin wesentlich weiter seitlich ausgefahren werden als zur nicht überhöhten Seite hin, bevor es zum Umkippen kommen kann. ZweigeFahrzeuge beispielsweise, die ihre Last nur wenig über Grund transportieren, kippen selbst bei Überlast nicht um, weil die Last schon absetzt, bevor das Fahrzeug komplett umkippt. Die Sicherheit gegen Entgleisen ist im Allgemeinen viel eher gefährdet, weil sich das Fahrzeug dann nämlich in Bewegung befindet, als

dass es zum Umkippen im Stand kommt. Eine Gleisverwindung im Bogen ohne Überhöhung kann unter Umständen genauso in Arbeitsstellung befahren werden wie eine Überhöhung ohne Verwindung. Jedoch beides zusammen, d.h. eine überhöhte Gleisverwindung, ist unter Umständen nicht mehr zulässig, denn Radentlastungen aus beiden Gleistrassierungsursachen gleichzeitig können dazu führen, dass die Sicherheit gegen Entgleisen nicht mehr eingehalten wird. Möglichkeiten, hier differenziert mit Sensoren zu detektieren, bevor eine Arbeitsstellung gesperrt wird, werden noch viel zu wenig genutzt.



JOSEPH HUBERT
Bauunternehmung
GmbH & Co. KG

TRADITION | KOMPETENZ | QUALITÄT

in Gleisbau und Schweißtechnik

jhubert – Hauptsitz | Bleichstraße 15 | 90429 Nürnberg
Tel.: (0911) 92684-0 | Fax: (0911) 92684-50 | mail: info@jhubert.de | www.jhubert.de
jhubert – Niederlassung | Harpener Str. 2 a | 44791 Bochum
Tel.: (0234) 90182-0 | Fax: (0234) 90182-50 | mail: info-bochum@jhubert.de | www.jhubert.de

Ein Gedankenexperiment

Derzeit gibt es technische Grenzen für ZWF, die sich aus dem Status der Arbeitsmaschine für spezielle Aufgaben herleiten lassen. So fahren die meisten ZWF nicht mehr als 40 km/h. Die Frage, die sich stellt, ist, ob eine Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit auf bis zu 60 km/h einen Mehrwert bringen würde. Weiterhin hängt damit natürlich die Analyse zusammen, welche zusätzlichen Nachweise und technischen Lösungen vonnöten sind, damit ein Fahren mit bis zu 60 km/h möglich ist. Hypothetisch gefragt: Welchen Mehrwert würde eine Erhöhung auf bis zu 60 km/h bringen?

Für die meisten Funktionen von ZWF gibt es die Unterscheidung in Arbeits- und Versetzfahrt. Die Arbeitsfahrt, bei der die Funktionen des ZWF ausgeführt werden, ist nur mit reduzierter (Arbeits-) Geschwindigkeit möglich. Insofern würde eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit auf bis zu 60 km/h nur einen Einfluss auf die Versetzfahrt haben, sprich: den Zu- bzw. Abgang zum/vom Einsatzort vom/zum Eingleisort bzw. die Fahrt zwischen zwei benachbarten Einsatzorten im Gleis. Die Anzahl an Eingleisorten ist in den Systemen nach BOStrab hoch. Zudem liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit im regulären Straßenbahnbetrieb weit unter 40 km/h. Somit würde eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit auf bis zu 60 km/h in den BOStrab-Systemen keinen Vorteil bringen. In Systemen nach EBO liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit deutlich höher. Hierbei stellt sich natürlich die Frage, ob vor dem Hintergrund der möglichen Eingleisorte eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit einen Einfluss auf die betrieblichen Zwänge hat und somit dem System Bahn als Gesamtsystem in seiner Leistungsfähigkeit geholfen wäre. Dabei gilt es zu bedenken, dass durch die Abschaffung von Bahnübergängen und durch die zunehmende Anzahl von Lärmschutzwänden immer weniger Eingleisorte zur Verfügung stehen, sodass die für Zweibegefahrzeuge zurückzulegenden Strecken immer länger werden. Unter der Annahme, dass ein Eingleisort 20 km von dem Einsatzort entfernt liegt und das ZWF mit maximaler Geschwindigkeit durchfahren kann, würde sich die Fahrzeit um zehn Minuten auf 20 Minuten je Fahrtrichtung reduzieren. Bei gleichzeitigem Zugbetrieb könnte das attraktiv sein. Dafür müssten die ZWF jedoch mit Zugsicherungstechnik ausgerüstet sein, sodass sie im regulären Verkehr mitschwimmen können. Eine solche Ausrüstung ist derzeit nicht der Standard, da die ZWF in Baustellen eingesetzt werden oder wenn Probleme auftreten. In solchen Fällen ist der Zugverkehr eingestellt, sodass in den entsprechenden Streckenabschnitten, auf denen die ZWF verkehren, auf Sicht gefahren werden kann. Bei einer Maximalgeschwindigkeit von 40 km/h ist dies noch möglich, da der maximale Bremsweg bei einer Bremsverzögerung von $a = 1 \text{ m/s}^2$ bei 62 m liegt. Bei einer Erhöhung auf 60 km/h würde der Bremsweg bei

138 m liegen, was Fahren auf Sicht ausschließt. Aus dieser überschlagsartigen Argumentation folgt, dass eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit auf 60 km/h keinen wirklichen Sinn macht: in BOStrab-Systemen nicht, weil die betriebliche Notwendigkeit nicht gegeben ist, und in EBO-Systemen nicht, weil die ZWF dann nur im festen Raumabstand verkehren dürften („auf Hauptsignal“) und entsprechend sicherungstechnisch ausgerüstet und zugelassen sein müssten. Für die oben beschriebenen hauptsächlichen Einsatzzwecke wäre das nach Meinung der Autoren ein Aufwand, der sich für eine Zeitersparnis von zehn Minuten in dem angegebenen Beispiel nicht lohnen würde.

So wie in dem kurzen Gedankenexperiment diskutiert, gilt es für alle Neuerungen abzuwägen, ob diese für die ZWF sinnvoll sind. Insbesondere das Überführen von Funktionen, die für Straßenfahrzeuge konzipiert worden sind, auf ZWF ist zu hinterfragen, da die Randbedingungen der Schiene dazu führen können, dass die Vorteile der zu überführenden oder auch zu implementierenden Funktionen nicht mehr gegeben sind und dadurch eine Vielzahl von Nachteilen erwächst, die dann durch technische oder betriebliche Anpassungsmaßnahmen ausgeglichen werden müssen.

Generelle Herausforderungen

Im Rahmen der derzeitigen gesellschaftlichen Debatte zur Anpassung der Antriebstechniken von Maschinen und Fahrzeugen hin zu nachhaltigen Energietechniken kann diese konzeptionelle Herausforderung auch für ZWF nicht fehlen. Die Eisenbahn hat den Vorteil, dass sie die Energie aus der Oberleitung, sofern vorhanden, beziehen kann. Das macht für ZWF keinen Sinn, da diese aufgrund ihrer Einsatzzwecke dann zum Einsatz kommen, wenn in der Regel kein Strom mehr auf der Oberleitung ist. Eine Motorisierung ohne fossile Brennstoffe würde nach heutigem Stand der Technik derzeit nur über synthetische Kraftstoffe, Batterie- oder Wasserstofftechnik ermöglicht werden können. Da die ZWF nicht nur Strecke zurücklegen, sondern auch für ihren Einsatzzweck Energie benötigen, scheint es empfehlenswert, über die Wasserstofftechnologie zu gehen. Damit können wesentlich längere Betriebsdauern gewährleistet werden, und das Nachbefüllen ist auch dezentral ohne eine zugehörige Ladeinfrastruktur möglich. Letztlich liegt hier eine Anforderung an die Hersteller der Straßenfahrzeuge vor, die Motorisierung entsprechend einzustellen, die dann auch wieder auf die Schiene überführt werden kann. Dies ist jedoch keine schienenspezifische Herausforderung, sondern eine, die die gesamte Branche der Nutz- und Baufahrzeuge betrifft. Derzeit gibt es viele Neuerungen in der Technikentwicklung bei den technischen Assistenzsystemen. Inwieweit sich diese bis hin zum automatisierten Fahren auch in den ZWF durchsetzen werden, ist nicht klar. Allerdings sollte hierbei analog der weiter oben beschrie-

benen Analyse der Sinn- und Zweckmäßigkeit vorgegangen werden, da sich die Systeme Schiene und Straße in ihrer Konzeption teilweise stark unterscheiden. Auch in diesem Feld ergeben sich Herausforderungen an die ZWF, der sich die Branche im kommenden Jahrzehnt stellen muss.

Fazit

Im Rahmen der oben durchgeführten Beschreibung des Feldes der ZWF sind einige Herausforderungen angesprochen worden, an denen derzeit zu arbeiten ist. Ein Aspekt, der all die angesprochenen Punkte klammert, ist das Bedürfnis nach Variabilität und die damit einhergehende Optimierung der einzusetzenden Finanzmittel. Dieses Streben nach Variabilität setzt sich durch bis hin zu den geforderten Funktionalitäten, sodass es zu einer starken funktionalen Befrachtung kommen kann (Abb. 4). Dieser Befrachtung dann im technischen Design und der Umsetzung zu folgen, ist herausfordernd, bis hin zur Gefahr der Überfrachtung. Daraus folgen Probleme für die Zulassung. Zusätzlich verschärft werden diese durch weiterhin steigende bzw. sich ändernde Anforderungen.

Jedoch ergeben sich aus den steigenden oder sich ändernden Anforderungen auch neue Felder, in denen ZWF eingesetzt werden können, da die bisher verwendeten Techniken und Verfahren als zu unsicher gelten und deren Einsatz nicht mehr möglich ist. Die sich öffnenden Lücken können ggf. durch ZWF geschlossen werden. Dabei gilt es insbesondere den Arbeits- und Umweltschutz im Blick zu behalten, da gerade hier eine Vielzahl von Neuerungen ins Haus steht, die es auch in den Sektor der ZWF zu implementieren und adaptieren gilt. ■



Dipl.-Phys. Max Metzger, M.A.

AG Rad-Schiene-Systemtechnik
IFB – Institut für Bahntechnik GmbH,
Berlin
me@bahntechnik.de



Dipl.-Ing. Heribert Lehna

AG Rad-Schiene-Systemtechnik
IFB – Institut für Bahntechnik GmbH,
Berlin
hl@bahntechnik.de