A 20420 E

ZEV rail

Zeitschrift für das gesamte System Bahn

Herrn Ernst Rofa
mit den besten
Wünschen Bresledt gewidmet.
31/01/23 B. Karlsch

2022

Sonderheft Tagungsband

47. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge

Technische Universität Graz
03. bis 05. April 2022

www.SCHIENENFAHRZEUGTAGUNG.AT

146. Jahrgang
Organ der DMG
www.zevrail.de

ZEVrail 146 (2022) TAGUNGSBAND SFT GRAZ 2022

Von der Automatisierung zur Digitalisierung im Schienengüterverkehr – am Beispiel DAK

From Automatisation to Digitalisation – the Example DAC

Prof. Univ.-Doz. Dr. Dr. Bernd H. Kortschak, Wien (Österreich), Dipl.-Ing. Peter Molle Oberursel (Deutschland)

Zusammenfassung

Mit der Digitalisierung allgemein und der DAK im speziellen soll der Einzelwagenverkehr wirtschaftlich bis hin zum autonomen Fahren automatisiert werden. An Hand der bisherigen Bemühungen, eine Automatische Kupplung in Europa einzuführen, wird gezeigt, dass erst betrieblich belastbare Tests an der Leistungsgrenze entscheidend waren, wenn es um die technische und wirtschaftliche Beurteilung ging. Doch so ein Nachweis einer ausreichenden betrieblichen Tauglichkeit liegt noch nicht vor und nährt Zweifel, ob er bei der gewählten Vorgangsweise zeitnah erbracht werden kann, um in das „2022er Revisions-Paket der Technische Spezifikation Interoperabilität (TSI)" eingebracht zu werden. Da darüber hinaus die digitalen Schnittstellen der DAK zu den anderen Funktionsbereichen noch nicht präzisiert wurden, wie soll dann eine DAK ohne umfassendes Umdenken die an sie gerichteten Erwartungen erfüllen? Wenn nur das automatisiert wird, so wie es heute betrieben wird, wie z.B. beim Rangieren, hat der Einzelwagenverkehr keine Zukunft. Für eine wirtschaftliche Zukunft des Einzelwagenverkehrs unter voller Nutzung des Potenzials einer Digitalisierung müsste er von Grund auf neu gedacht werden. Ansätze zu einem vollautomatischen Produktionskonzept für den Schienengüterverkehr dazu waren bereits vor 25 Jahren auf den Weg gebracht und werden im Beitrag auch dargestellt. Im Vergleich erhärten sich die Zweifel, ob die DAK die an sie gestellten Erwartungen je erfüllen wird können.

Abstract

Digitalisation as such and the pacemaker DAC shall boost Single Wagon Load economically and technically to autonomous train operation (ATO). According to all the historical efforts to establish an Automatic Coupling in Europe it is demonstrated that only operational sound tests on its technical limits were decisive for technical and economical judgements. But until now no such proof of operational robustness has been presented. Therefore doubts remain, whether within the conceptual framework of the DAC it will be possible to deliver the necessary results in due time to be included in the technical specification for interoperability relating to the subsystem 'rolling stock – freight wagons' following its amendment related to „2022 TSI revision package". Furthermore the digital interfaces of the DAC to corresponding functions remain open and no testimony could be provided until now that the digital functionality for seamless data flows will be properly working after implementation.
If only the present ways of operational procedures, i.e. shunting, are automated by digitalisation Single Wagon Load will have no future. For an economic future of Single Wagon Load making use of the full potential of digitalisation it has to be newly set up from scratch. The attempts to achieve a fully automated rail freight operation yielded to valuable results already 25 years ago and are described here in detail. Compared to these achievements will the DAC be ever able to meet the targets?

1 Einleitung

Am 21. September 2021 ist die Entscheidung gefallen, von drei verschiedenen Bauarten nur mehr Scharfenberg-Kupplungsköpfe weiter zu verfolgen [1], obwohl bereits in der Zwischenkriegszeit ein Scharfenberg-Kupplungskopf für die Verwendung im Hüttenverkehr wegen Verschmutzungsanfälligkeit verworfen wurde [2]. Außerdem hätte man damit nur 3 % der Nettoausgaben für die Betriebsführung sparen können [3].
Der Wirtschaftsaufschwung in den 50er Jahren brachte steigende Zuglängen und -gewichte. Nun erwartete man sich von einer Automatischen Kupplung eine Verdoppelung der Zuglängen [4], und an den alpenquerenden Gebirgsstrecken eine Vereinfachung der Betriebsführung. Zwar wurden ab 1949 nur mehr Güterwagen mit einer Bruchlast der Schraubenkupplungen von 85 t gebaut [3], aber zur Bewältigung der Gotthardrampen mussten aufwändig Zwischentriebfahrzeuge eingereiht werden, während mit einer automatischen Kupplung in Doppelbe-

spannung 1.600 t möglich gewesen wären [4].
Die Trans-Europ-Express (TEE) Dieseltriebwagen für den grenzüberschreitenden Personenverkehr sind noch mit der Erfüllung der von der jeweiligen Infrastruktur vorgegebenen Anforderungen ausgekommen. Güterwagen werden im internationalen Schienengüterverkehr freizügig und einzeln eingesetzt und müssen miteinander kuppeln können. Die Einführung einer Automatischen Kupplung (AK) kann somit nur mit einer einheitlichen technischen Lösung für ganz Europa gelingen [4].
Das erforderte zu Beginn der 60er Jahre eine Verständigung mit den Bahnen in den Staatshandelsländern Osteuropas und führte zur Bedingung, dass die AK auch mit der sowjetischen SA-3 Kupplung kuppelbar sein sollte [4].

2 Der Weg bis zur UIC-Kupplung AK69e 1970

Weder die auf dem Willison-Prinzip beruhende SA3-Kupplung, noch die in den USA in Verwendung stehende Janney-Kupplung mit senkrecht gegeneinander beweglichen und drehbaren Klauen gestatteten es, neben der mechanischen Kupplung Luft- oder elektrische Leitungen von Wagen mitzukuppeln [5].
Deshalb musste eine starre Kupplung mit einem Dreh- oder Kugelgelenk neu konstruiert werden, die sowohl waagrecht wie senkrecht ausschwenken kann und im nicht gekuppelten Zustand mit Hilfe einer entsprechenden Abstützung mit Feder in Mittelstellung gehalten werden muss. Von der Mittelpufferkupplung werden die eingeleiteten Zug- oder Druckkräfte zum Abfedern über ein Federwerk mittig in das Untergestell übertragen, was eine entsprechende Änderung der Untergestelle von Güterwagen mit Seitenpuffern und seitlichen Langträgern erfordert [5]. Auch Dampfheizleitungen sollten mitgekuppelt werden, wobei die selbsttätige Mit-Kupplung der elektrischen Heizleitungen bis 3.000 V als undurchführbar angesehen wurde [6].
Damit sind wir bei den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen an sicheres Kuppeln bei freizügiger Verwendung zweiachsiger und mehrachsiger beladener und leerer Wagen sowie der Kupplungsbauform und der Zusatzfunktionen des Mitkuppelns von Luft- und Elektroleitungen angelangt: Je enger der Gleisbogen, desto weiter muss der waagrechte Greifbereich der Kupplung ausfallen, je weiter der waagrechte Greifbereich ausfällt, desto schwerer und teurer wird die Kupplung. Die Höhenverschiebung soll für das sichere Kuppeln leerer und beladener Wagen sowie bei Gleisunebenheiten und am Abrollberg sorgen, die senkrechten und seitlichen Kräfte sollen dabei minimiert werden [3]. Insgesamt sind Federpaket und Wagenkastenanbindung entscheidend für ca. 2/3 des Gesamtgewichtes der Kupplung [7]. Will man daher möglichst einen Leichtbau der Kupplung realisieren, wird die Einleitung hoher Kräfte in das Untergestell von Wagen zu einer kritischen Größe. Die Ausbalancierung dieser Forderung wird daher zu einer Herausforderung für die Konstruktion, da die Länge desKupplungsarmes, der Entfernung vom Gelenk bis zur Kupplungsebene des Kupplungskopfes und der Federwege zur Übertragung der Zug-/Druckkräfte auf das Gewicht und den Platzbedarf (Einbauraum) zurückwirken.
1964 war man nach umfangreichen Betriebsversuchen so weit gelangt, dass die vom Office for Research and Experiments (ORE) erstellten Konstruktionsvorschriften zur mittigen Übertragung der Zug- und Druckkräfte sowie die Maße für den Einbauraum einer automatischen Mittelpufferkupplung ab 01.01.1965 von der Union Internationale des Chemins de fer (UIC) für Neubau-Güterwagen verbindlich vorgeschrieben werden konnten [8].
Nachdem am 21. Juni 1961 die erste EDV-Großrechenanlage bei der Deutschen Bundesbahn (DB) den Betrieb aufgenommen hatte [9], kam die EDV mit der Linienzugbeeinflussung (LZB) auch im Bahnbetrieb zum Fahren von Zügen mit Geschwindigkeiten größer als 160 km/h zur Anwendung. Dabei wird die jeweilige Position des Zuges infolge der Überleitstellen des LZB-Linienleiters alle 50 m genau bestimmt und erlaubt die herkömmliche Bremswegbegrenzung des klassischen Streckenblocks von 1.000 m zu überwinden. Mit einer Weiterentwicklung hin zum Fahren auf elektrischer Sicht zum Zugschluss des vorausfahrenden Zuges wäre es möglich, eine kürzere Zugfolge und einen geringeren Energieverbrauch zu erzielen [10]. Heute wird eine ähnliche Lösung mit dem European Train Control System (ETCS) Level 3 angestrebt, deren Einführungszeitpunkt aber noch nicht feststeht.
Die weiteren Versuche führten dann bis 1967 zu einer AK, die1965 in der Bauform von 1963 alle 15 Minuten einem Kuppelvorgang inklusive Luft bei kurzfristig stark schwankenden Wetterbedingungen infolge der Wetterscheide Tauern unterzogen wurde. Sie verliefen klaglos und trugen erheblich zur Leistungssteigerung der Tauernschleuse bei [11].
Die Konstruktionen der Organisazija Sotrudnitschestva Shelesnych Dorog (OSShD) und der UIC wurden dann verglichen und in ihrer Wirkungsweise schlussendlich zur AK69e/Intermat zusammengeführt. Die sechs elektrischen Leitungen waren für eine spätere elektropneumatische Bremse auf 220 V, 20 A ausgelegt worden [12].
Diese umfangreichen Betriebsversuche führten dann auf der 37. Tagung der europäischen Verkehrsministerkonferenz (CEMT) am 11. Juni 1970 zu dem Beschluss, mit der Einführung der automatischen Kupplung in der Bauart AK69e/Intermat am 5. April 1979 für den internationalen Verkehr über Ostern zu beginnen, wozu der internationale Güterverkehr 3 Tage ruhen sollte. Der Termin wurde später auf Ostern 1981 und dann noch einmal auf Ostern 1985 verschoben [5].
Für die Umrüstung von insgesamt 2 Millionen Fahrzeugen auf AK europaweit schätzte man 1968 einen Aufwand von 14 Milliarden DM. Diese Aufwendungen sollten durch Einsparungen an Betriebsführungskosten schon in etwa 22 bis 24 Jahren abgedeckt werden. Bei dieser Größenordnung kann sich keine Eisenbahn einen Fehlschlag als Folge einer etwa nicht ausgereiften Konstruktion leisten [13], war man sich damals sehr bewusst.

3 Die Finanzierungsfrage und das Ende der gemeinsamen Einführung einer AK durch die europäischen Eisenbahnen

Daher wurde die Finanzierung zum kritischen Faktor. 1972 hatten die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) die Kosten für die Umrüstung ihrer 5000 Fahrzeuge auf die AK69e mit 540 Millionen Schweizer Franken beziffert. Der drei Mal höhere Wert gegenüber 1964 von 113 Millio-

nen DM wurde auf die Herstellung der Kompatibilität mit der russischen SA3 zurück geführt, womit die Kupplung schwerer und teurer wurde [4].
Weitere Kostenrechnungen der UIC führten zu dem Ergebnis, dass sich die Einführung einer AK ohne staatliche Subventionen nicht realisieren lässt. Ein diesbezüglicher Antrag wurde von der Europäischen Verkehrsministerkonferenz (CEMT) abgelehnt [14]. Daraufhin ließ die SNCF die UIC mit Schreiben vom 28. Mai 1973 wissen, sie hätten wichtigere Investitionen vorzunehmen, als die Umrüstung auf die automatische Kupplung zu betreiben und würden diese ab sofort nicht mehr unterstützen [15]. Diese wichtigeren Investitionen waren der Bau der Schnellfahrstrecke Paris-Lyon, eine der wenigen auch heute rentablen Schnellfahrstrecken [16]. Mit diesem Ausscheren hatte das AK-Projekt nach den damaligen UIC-Beschluss-Regeln keine Realisierungschancen mehr und wurde eingestellt. Lediglich im deutschen Erzverkehr ist die UIC-AK der Bauart „AK 69 e" seit 1971 in Güterzügen mit bis zu 5.400 t Gesamtmasse, im Einzelfall bis zu 6.000 t, erfolgreich im Einsatz [2].

4 Die ZAK und die Wichtigkeit belastbarer Betriebsversuche

Die DB ließ sich aber nicht entmutigen und regte ab 1984 ORE-Untersuchungen zu wirtschaftlicheren Alternativ-Lösungen an, wozu auch eine zur progressiven Umstellung geeignete Automatische Zugkupplung mit Gemischtkupplungs-Einrichtung und mit Seitenpuffern (ZAK) gehörte. Sie hätte mit 2.000 DM nur 30 % der AK69e gekostet und die Umstellung hätte progressiv in 10 bis höchstens 15 Jahren abgeschlossen werden können [17]. Die UIC stellte es ihren Mitgliedsbahnen frei eine ZAK einzuführen, wenn sie sowohl mit der Schraubenkupplung kuppelbar ist und die spätere Einführung einer automatischen Zug-Druck-Kupplung nicht behindert. Mit der ZAK-Entwicklung beauftragte die DB im Jahre 1986 die Knorr-Bremse AG. Der ZAK-Kuppelkopf entspricht dem Willison-Prinzip der UIC-AK, das sich bei den ORE-Winterversuchen am besten bewährt hatte. Unter dem Kuppelkopf hängt ein Bügel zum Einhängen in den Zughaken des Nachbarwagens mit Schraubenkupplung beim Gemischtkuppeln. Druckkräfte werden ausschließlich über die Seitenpuffer übertragen, wozu der Kuppelkopf im Untergestell so gelagert sein muss, dass er beim Zusammendrücken der Seitenpuffer zurückweichen kann. Ein direktes Kuppeln mit der russischen Kupplung SA 3 ist somit nicht möglich [18]. Die ersten Funktions-, Festigkeits- und Dauerversuche starteten 1994, anschließend erfolgte die umfangreiche Betriebserprobung. Anschließend durchgeführte Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit führten zu dem Ergebnis, dass sich wie bei der AK69e auch bei einer ZAK die Investitionskosten nicht durch betriebliche Kosten-Einsparungen decken lassen. Das Projekt ZAK wurde deshalb Ende der 1990er Jahre abgebrochen.
Das seinerzeitige ZAK-Prüfprogramm umfasste gemäß UIC-Merkblatt 522 folgende Versuche auf Prüfständen, mit Wagen, Wagengruppen und Zügen [19]:

- statische und dynamische Festigkeitsversuche
- Greifbereichsversuche
- Versuche unter Winterbedingungen in der Klimakammer
- Winterversuche unter natürlichen Bedingungen in Schweden
- Kuppel- und Entkupplungsversuche
- Verschleißversuche
- Ergonomische und sicherheitstechnische Versuche
- Einjähriger Betriebsversuch.

Wo bleibt der umfassende Betriebsversuch bei der DAK? Man hätte ihn machen können mit den 4 Prototypen, sie standen im Oktober 2020 fest. Aber man hat die 11 Monate bis zum 21. September 2021 dazu verwendet, die Anzahl der Prototypen ohne umfassende Betriebsversuche auf einen Kupplungskopftyp zu reduzieren.
Heute kann natürlich nicht gesagt werden, ob die beim Betriebsversuch mit der Z-AK mit der gemischten Zugkompositionen aus Z-AK und Schraubenkupplungen mit dem 4.000 t-Tonerde-Zug von Deutschland nach Italien aufgetretenen Zugtrennungen in den Griff zu bekommen gewesen wären, nachdem erste Versuche mit 1.000 t zwischen Würzburg und Hamburg problemlos verlaufen waren. Aber es stand fest, dass bereits im Vorserienvolumen in schweren Zügen die Z-AK ihre Serienreife bestätigen muss [20]. 1998 war genau das den Entscheidungsträgern noch völlig klar – und das Tonerde-Zug-Beispiel unterstreicht die Wichtigkeit sehr eindringlich.
Aber genau so ein Betriebsversuch mit schweren Anhängelasten ist bei der DAK bisher nicht erfolgt – und wenn man den bisherigen durchgesickerten Meldungen Glauben schenken darf, auch nicht angedacht. Nur in einem umfassenden Betriebsversuch ließe sich zeigen, ob die im Personenverkehr bei manueller Assistenz feststellbare Verfügbarkeit von 98 % für den Scharfenberg-Kupplungskopf bei den viel häufigeren Kuppelvorgängen im Güterverkehr ausreicht, um einen automatischen Betrieb ohne Beeinträchtigung des Betriebsablaufes zu ermöglichen.
Bei einem elektronischen Stellwerk sollte es mindestens eine 99,9999 %-ige Verfügbarkeit geben – und trotzdem häufen sich die Ausfälle mit gravierenden Auswirkungen auf den Betriebsablauf. Was bedeutet 98 % Verfügbarkeit? 1 Kuppelvorgang von 50 klappt nicht – heißt es statistisch bei Normalverteilung. Bei den angedachten 50 Wagen pro Zug [21] steigt das Risiko prohibitiv so hoch an, dass bei jedem Zugbildungsvorgang das Kuppeln einmal im Zug nicht klappt. Hecht kommt deshalb für die geplante DAK nur auf eine Gesamtverfügbarkeit von 36 % [7]. Wie steht es da mit eingebauten Störungsroutinen, womit so ein Störfall ohne Beeinträchtigung des Betriebsablaufes ohne zusätzliches Personal abgestellt wird? Es gibt ja noch nicht einmal ein betriebserprobtes Migrationskonzept für die DAK – von einem Störungsbebungskonzept aufgrund eingehender Betriebsversuche ganz zu schweigen. Und dann will man eine so unvollständig geprüfte Lösung mit Gesetzeskraft den Mitgliedsstaaten der EU zur verbindlichen Einführung vorschreiben?
Von der Firma SAB WABCO1 wurde mit der C-AKv eine halbautomatische Mittelpufferkupplung entwickelt, die die Vorteile der AK69e und der Z-AK vereint. Sie kann wesentlich höhere Zug- und Druckkräfte als die Schraubenkupplung mit Seitenpuffern übertragen, sie ist jedoch wie die Z-AK mit dieser kompatibel. Neben der Zug- und Druckkupplung werden bei der C-AKv auch die Hauptluftleitung und eine optionale Elektroleitung automatisch mitgekuppelt. Obwohl klaglos funktionierend, blieb der Einsatz bis jetzt auf zwei spezielle Fälle im Braunkohle- und im Erzverkehr beschränkt [2].

5 Weitere Hindernisse bei Umstellung von der Schraubenkupplung auf die DAK

Und es ist auch noch offen, inwieweit die EU bereit ist, die Umstellung zu finanzieren. Bereits 1973 hat die fehlende supranationale Unterstützung bei der Finanzierung der UIC-Kupplung die SNCF zum Anlass genommen, aus dem Projekt einer automatischen Kupplung für den Güterverkehr auszusteigen. Damals genügte dafür ein einfacher Brief der SNCF an die UIC zu diesem Schritt. Im Unterschied zur UIC, die seit 1929 die Einführung einer Automatischen Kupplung vorangetrieben hat [16], sind Revisionsprozesse bei der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) in den EU-Mitgliedsstaaten in Gesetzesrang gültig – und ein Revisionsverfahren dementsprechend aufwändig, falls sich die DAK als Flopp erweist. Um 2030 in Kraft treten zu können, müssen bis Mitte 2022 alle relevanten Größen zur Absicherung der Interoperabilität feststehen, es sind aber noch nicht alle relevanten Größen betrieblich belastbar ausgetestet.

Der Umbauaufwand für nach 2006 gebauten Güterwagen ist nicht abschätzbar, da offen ist, wie viele Güterwagen neben dem Einbauraum noch die mittige Übertragung von Kräften konstruktiv ermöglichen [21], (*Bild 1*).

Mit den jetzt vorgesehenen Scharfenberg-Kupplungsköpfen sind bis zum Redaktionsschluss noch keine Betriebsversuche mit mehr als 3.000 t Anhängelast bekannt geworden.

Und die heutige Schraubenkupplung kommt an eine quasi 100%-ige Verfügbarkeit heran – funktioniert es nicht auf der einen Seite, nimmt der Kuppler die andere Seite. Zu einer Verzögerung im Betriebsablauf oder gar Stillstand – wie bei Kupplungsversuchen mit Scharfenberg-Kupplungsköpfen aus dem Personenverkehr bekannt, kommt es im Schienengüterverkehr daher bislang fast nie.

Der Kuppelvorgang im Personenverkehr erfolgt bislang im Beisein von Mitarbeitern. Daher ist nicht ausgeschlossen, dass die Dunkelziffer der Kupplungs-Fehlschläge noch höher ist, weil die Mitarbeiter sofort nach Abhilfe suchen und daher nicht jeder fehlgeschlagene Kupplungsvorgang auch zu einer Verzögerung im Betriebsablauf führt. Aber selbst bei gleichzeitiger Anwesenheit des Personals hat das Ankuppeln eines weiteren ICE in Nürnberg Hbf am 15. Juli 2021 zu einer Verspätung von 70 Minuten geführt. Soll das künftig bei jedem Güterzug mit noch längerer Zeitverzögerung passieren, wenn es zusätzlich noch des Heranführens geeigneten Personals bedarf?

Bild 1: Werden Güterwagen zur Übertragung mittiger Kräfte ungeeigneten Loks folgen?

Das Argument, es genügt, die DAK auf 110 V auszulegen, um gerade noch 30 W bis zum letzten der maximal 50 Wagen zu transportieren, weil die blockbasierten Sicherungssysteme nur 740 m Zuglänge erlauben, ist schon deshalb nicht stichhaltig, weil Güterzüge abseits des Massengutverkehrs aktuell erst bei einer Anhängelast von über 50 Wagen Gewinne erzielen. Das Fahren auf elektr(on)ische Sicht wird sicher kommen: wenn nicht über ETCS-Level 3, dann über Nahfeldkommunikation oder 5G. Dann bräuchte man aber auch keine elektrische Versorgung über die Kupplung vorsehen – Kuppeln und Luft ist mechanisch allzumal einfacher zu bewerkstelligen – ermöglicht aber über 1.000 m lange Züge gegenüber einer DAK, die mit Kuppeln + Luft + Strom + Daten zunächst mehr Funktionalitäten aufweist, aber trotzdem keine längeren Züge als bisher zulässt (*Bild 2*).

Ob bei den aktuellen Versuchen auf der Betuweroute zwischen Deutschland und den Niederlanden für das autonome Fahren auch die jetzt für die DAK vorgesehenen Scharfenberg-Kupplungsköpfe beteiligt werden, soll aber erst 2022/23 entschieden werden. Eigentlich sollten diese Versuche NUR mit den jetzt vorgesehenen Schakus stattfinden, wenn die Entscheidung dafür aber erst so spät getroffen werden soll, nährt dies ebenfalls

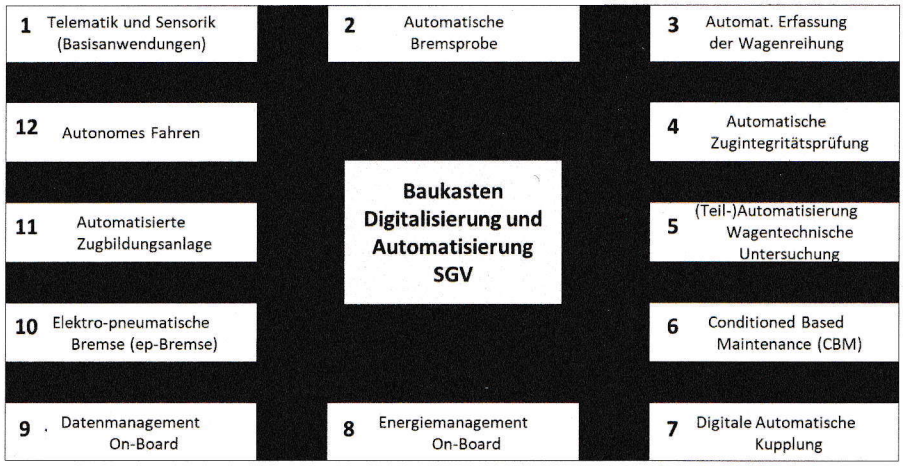

Bild 2: Offene Schnittstellen für die digitale Kommunikation zur Automatisierung des Schienengüterverkehrs

Zweifel an der betrieblichen Brauchbarkeit eines Schaku-Kopfs für den Schienengüterverkehr.
Außerdem hat König im DAK-Schlussbericht aufgezeigt, dass ein Parallelbetrieb von Schraubenkupplung und DAK die vorhandenen Zugbildekapazitäten sehr schnell an ihre Grenzen bringt [21]. Bislang liegt auch kein betrieblich belastbares Migrationskonzept vor und die von der Digitalisierung erwarteten Fortschritte, wie Fahren auf elektro(ni)sche Sicht, autonomer und fahrerloser Betrieb waren in Deutschland parallel zum EDV-Fortschritt frühzeitig entwickelt worden.

6 Nutzen einer AK nur bei ganzheitlichem auf den Wettbewerb mit dem LKW ausgerichteten Produktionskonzept

Eine Automatische Kupplung ist ohne Zweifel von wirtschaftlichem Nutzen, wenn damit deren Möglichkeit genutzt wird, wie z.B. in den USA, Kanada und Russland sehr viel längere und schwerere Güterzüge als zurzeit bei den normalspurigen europäischen Bahnen fahren. Die dazu notwendige Änderung der Infrastruktur lässt sich jedoch kurzfristig nicht verwirklichen. Die DAK soll nun vorrangig der Steigerung der Wirtschaftlichkeit des defizitären Einzelwagenverkehrs dienen, der seit vielen Jahren rückläufig ist und in Deutschland nur noch einen Anteil von nicht einmal mehr 18 % am gesamten Schienengüterverkehr hat. Es stellt sich jedoch die Frage, wie zielführend die gewählte Vorgangsweise zur Digitalisierung ist, wenn man die vielen noch zu klärenden Punkte und das fehlende Überdenken des gesamten Produktionskonzeptes im Einzelwagenverkehr betrachtet [22].
Schon Ende der 1980er Jahre hat Frederich die Schwächen des herkömmlichen Einzelwagenverkehrs mit seinem hohen Aufwand für das Bilden und Auflösen von Zügen in Rangierbahnhöfen sowie das Sammeln und Verteilen der Güterwagen in der Fläche aufgezeigt. Als Zukunftslösung schlug er deshalb vor, den Einzelwagenverkehr ähnlich flexibel zu gestalten wie den Straßengüterverkehr, d.h. auf der Schiene Lkw-ähnliche, selbständig fahrende Transporteinheiten mit AK einzusetzen und darüber hinaus die Spurgebundenheit für einen flächendeckenden relativ einfach zu realisierenden, autonomen Schienengüterverkehr zu nutzen [23, 24].
Bei DB Cargo hatte man damals ebenfalls erkannt, dass es mit automatischer Kupplung sowie Automatisierung und Digitalisierung weiterer Güterwagen-Komponenten allein nicht möglich ist, den Einzelwagenverkehr wirtschaftlicher zu gestalten, um mehr Güter von der Straße auf die Schiene zu verlagern, in dem der Lkw dominiert [25]. Im innerdeutschen Straßengüterverkehr werden bei 100 km Durschnitts-Entfernung 80 % seiner Gesamt-Tonnage im Entfernungsbereich unter 150 km befördert! In enger Zusammenarbeit mit dem Institut von Frederich wurde deshalb von der DB AG im Rahmen eines alle notwendigen Automatisierungskomponenten umfassenden Verbundkonzeptes die schrittweise und relationsweise Umstellung des Einzelwagenverkehrs auf in der Fläche allein und in die Ferne im Verbund und autonom fahrende Transporteinheiten mit eigenem Antrieb auf den Weg gebracht [26 bis 30]. Dazu gehörten die zur schnellen Umsetzung des Gesamtkonzepts parallel zueinander durchgeführten Projekte

- „Innovativer Güterwagen" (IGW)
- „Selbständig fahrende Transporteinheit" (STE)
- „Train Coupling and Sharing" und
- „Selbsttätig Signalgeführtes Triebfahrzeug" (SST).

In den mit ZAK ausgerüsteten IGW wurden wichtige weitere Automatisierungs-Komponenten erprobt, und zwar ep-Bremse und elektronischer Datenbus (CAN-BUS) zur Steuerung und Überwachung der ep-Bremse sowie weiterer Fahrzeugkomponenten; im Grunde genommen also schon eine Vorwegnahme der DAK, denn der CAN-Bus arbeitete natürlich digital, was man damals nur nicht so genannt hat! Mit den STE Prototypen erprobte man Lkw-ähnliche Triebzüge für den Container-Transport, wie sie im geplanten automatischen Transportsystem zum Einsatz kommen sollten. Im Projekt TCS wurde die Umstellung des Einzelwagenverkehrs auf das Fahren von STE untersucht, die sich automatisch zu einem Zugverband kuppeln, über einen längeren Streckenabschnitt gemeinsam fahren und sich anschließend wieder automatisch trennen. Beim SST kam die revolutionäre Idee von Frederich zur Anwendung, in einem „umgekehrten Betriebsverfahren" das Fahr- und Sicherheitsprogramm von der Strecke in das Fahrzeug zu verlegen, das sich damit vom Start bis zum Ziel selbst führt und nur noch die Signale zu beachten hat, womit auch auf Strecken mit herkömmlicher Leit- und Sicherungstechnik autonom gefahren werden kann, die man lediglich mit einfachen Sender- und Empfänger-Einrichtungen (Balisen) nachzurüsten braucht. Bereits ab 1994 gelang es damit, zunächst probeweise zwischen Aachen West und Aachen Hbf und anschließend zwischen Salzgitter und Wolfsburg Güterzüge autonom zu fahren [31, 32].
Dieses später nicht weiter verfolgte Konzept zur vollständigen Automatisierung des Schienengüterverkehrs hat inzwischen SBB Cargo in der Schweiz aufgegriffen [33, 34]. Entsprechend ließe sich auch in Deutschland sowohl der Einzelwagenverkehr als auch der flächendeckende Kombinierte Verkehr sukzessive und relationsweise auf ein automatisches Transportsystem umstellen, wenn dabei auch neue Lösungen zur Anwendung kommen, wie sie derzeit auf deutschen Autobahnen sowohl mit hybrid-elektrisch als auch auf elektronische Sicht fahrenden Lkw erprobt werden.

7 Fazit

Der historische Abriss hat gezeigt, dass infolge umfangreicher Betriebserprobungen Ende der 60er Jahre eine umsetzungsreife AK vorlag und man Ende der 90er Jahre einer umfassenden Digitalisierung des Bahnbetriebes mit dem Ziel einer Automatisierung des Schienengüterverkehrs viel näher war als heute mit der DAK.
Schon 1994 fuhr man EDV-unterstützt autonom, lediglich prohibitive Auflagen von Seiten der Aufsichtsbehörde verhinderten die Weiterentwicklung. Auch die Digitalisierung des Schienengüterverkehrs – nicht allein über die automatische Kupplung – sondern im Rahmen eines ganz neuen Produktionskonzeptes – war innerhalb von zwei Jahren zur Anwendungsreife gebracht worden.
Aber auch ein Aufsetzen auf der AK69e hätte möglicherweise zu einer einfacheren, billigeren und robusteren Lösung für den betrieblichen Alltag führen können. Es ist daher bedauerlich, dass Alternativen zur DAK für die Strom- sowie Daten-

übertragung gar nicht geprüft wurden. Es bleibt des Weiteren die Frage im Raum stehen, ob nicht eine Konzentration der AK-Entwicklung auf automatisches Kuppeln der Wagen und Verbinden der Luftleitung eine einfachere, robustere und damit höher verfügbare Lösung hervorbringen könnte, wenn man die Stromversorgung und die Datenkommunikation „anders" löst, als über die DAK.

Daher ist es mehr als fraglich, ob bis zum letztmöglichen materiellen Zeitpunkt für den Zielhorizont verbindliche Einführung 2030 mangels belastbarer Betriebserprobung all die aufgezeigten offenen Punkte bei der DAK noch hinreichend genau für eine verbindliche Vorschrift in Gesetzesrang für alle Mitgliedsstaaten der EU gelöst werden können.

#Graz17_A5

(Bildnachweis: 1, [35] Titelbild; 2, [21] Abbildung 6)

Literatur

[1] *Geerts, E.*: Standard latch type chosen for European Digital Automatic coupling. https://www.railtech.com/innovation/2021/09/23/standard-latch-type-chosen-for-european-digital-automatic-coupling/, abgerufen am 10.11.2021.

[2] *Stuhr, H.*: Untersuchung von Einsatzszenarien einer automatischen Mittelpufferkupplung, Diss. TU Berlin 2013.

[3] *Röver, K.*: Die selbsttätige Kupplung für die europäischen Eisenbahnen. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 12 (1963) 9, S. 428–437.

[4] *Elsasser, K.T.*: Die Einführung der automatischen Kupplung erfordert langfristige Planung. Eine Geschichte des Scheiterns der europäischen Bahnen, Burri, M.;Elsasser, K.T.;Gugerli, D. (Hg.): Die Internationalität der Eisenbahn 1850-1970, Zürich 2003, S. 285–292.

[5] UIC (Hrsg): Die automatische Kupplung der Europäischen Eisenbahnen. Paris 1972.

[6] *Geitmann, H.*: Die automatische Kupplung. Die Bundesbahn 36 (1962) 9, S. 369–375.

[7] *Hecht, M.*: Öffentliche Präsentation „Erstellung eines Konzepts für die EU-weite Migration eines digitalen automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr Kupplungssysteme weltweit Technische Herausforderungen DAK Rechtlicher Rahmen Zulassung, Foliensammlung Berlin 10. Dezember 2019.

[8] *Molle, P.*: Automatische Kupplungen (AK) Entwicklungen im internationalen Vergleich, EISENBAHN KURIER 579(2020)12, S. 34–39.

[9] *Kortschak, B.H.*: Die Anwendung der EDV bei der Deutschen Bundesbahn in den 1970er Jahren. Bauer, R.; Burr, W. (Hrsg.) Das Ende des „Goldenen Zeitalters", Berlin 2021, S. 129–143.

[10] *Hochbruck, H.*: Theoretische Untersuchung der optimalen Fahrweise im automatischen Zugbetrieb. BBC-Nachrichten 46 (1964) 5, S. 238–244.

[11] *Knappl, W.; Kubarth, E.*: Die Einführung der AUTOMATISCHEN KUPPLUNG bei den europäischen Eisenbahnen aus österreichischer Sicht. Sonderdruck aus Heft 4/70 der Zeitschrift Eisenbahntechnik, Wien 1970.

[12] *Hagenlocher, S.*: Automatische Kupplungssysteme im Schienengüterverkehr – eine Übersicht. Im Auftrag der SBB Cargo AG Basel, Karlsruhe 2019.

[13] *Hampke, W.*: Betriebliche Überlegungen der deutschen Bundesbahn zur Einführung einer automatischen Kupplung. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 17(1968)9, S. 380–388.

[14] *Molle, P.; Friedrichs, H.*: Die automatische Kupplung in Europa – Stand der Entwicklung, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 41(1992) 4, S. 217–225

[15] Lettre de M. Gebaut a. Mr. De Fontgalland de l'UIC de 23 mai 1973.

[16] *Kortschak, B.H.*: Innovationen bei der Deutschen Bahn AG, Burr, W.;Stephan, M.(Hrsg.): Technologie, Strategie und Organisation, Festschrift für A. Gerybadze, Wiesbaden 2017, S.127–152.

[17] *Saliger, W.*: Die Automatische Zugkupplung Z-AK. EISENBAHN 10/1997, S. 412–415.

[18] *Hoffmann, E.*: Die automatische Zugkupplung für den. Güterverkehr. ZEV-Glasers Annalen 121(1997) 2/3, S. 81–86.

[19] *Felsing, A.; Hoffmann, E.*: Die automatische Zugkupplung. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 44 (1995) 4, S. 247–254.

[20] Störzinger, T.: Mit der Z-AK über die Alpen – die automatische Kupplung im regulären Betriebseinsatz. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 47 (1998) 6, S. 350–354.

[21] hwh et al.: Erstellung eines Konzepts für die EU-weite Migration eines digitalen automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr, Schlussbericht Karlsruhe 2019. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/schlussbericht-dak-studie.html abgerufen am 10.11.2021.

[22] *Molle, P.*: Ist die Einführung einer Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) wirtschaftlich zu vertreten und europaweit umsetzbar? – ein Kommentar zum DAK-Schlussbericht. GRV-Nachrichten 119 (2020) 12, S. 31–34.

[23] *Frederich, F.*: Automatisch in die Zukunft, Überblick, Einblick, Ausblick. ZEVrail, Glasers Annalen 112 (1992) 2, S. 33–42.

[24] *Frederich, F.*: Eisenbahn, quo vadis? Betrachtungen nicht nur zur Technik, ZEVrail, Glasers Annalen 112(1992) 8/9, S. 260–269.

[25] *Molle, P.*: Anforderungen an die Technik aus der Sicht des Güterverkehrs, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 43(1994) 1-2, S. 33–38.

[26] *Heinisch, R.*: Güterverkehr der Zukunft – Neue Technologien im Schienengüterverkehr, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 44(1995)4, S. 223–224.

[27] *Jahnke, B.*: Innovative Systeme für den Schienengüterverkehr, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 44(1995)4, S. 233-240.

[28] *Gralla, D.*: Neues Bremskonzept – Voraussetzung für die automatisierte Güterbahn, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 44 (1995) 4, S. 255–259.

[29] *Molle, P.*: Automatisierung im Schienengüterverkehr, Teil 1 GRV-Nachrichten 111(2018)4, S.24–25.

[30] *Molle, P.*: Automatisierung im Schienengüterverkehr – Teil 2, GRV-Nachrichten 112(2018)8, S.27–29.

[31] *Frederich, F.; Lege, B.*: Automatisches Fahren – Beispiele aus dem Güterverkehr, SST, selbstttätig signalgeführtes Triebfahrzeug und SOG, selbst organisierender Güterverkehr, ZEVrail, Glasers Annalen 117(1997) 11, S. 571–578.

[32] *Molle, P.*: Die Erprobung Selbsttätig Signalgeführter Triebfahrzeuge (SST) im Güterverkehr der Deutschen Bahn AG, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 4(1998)7, S. 443–446.

[33] *Von Andrian, W.*: Erweiterung des SBB-Cargo-Netzes mit automatischer Kupplung, EISENBAHN-REVUE INTERNATIONAL 10/2021, S. 550.

[34] *Petschnik, G.; Lorenzutti, Chr.; Schmidt, C.*: Automatisierung des Güterverkehrs Monitoring und sicherheitsrelevante Steuerungslösungen, ZEVrail 145(2021) Tagungsband SFT Graz 2021, S. 110–115.

[35] EISENBAHN-REVUE INTERNATIONAL 6/2021, Titelbild.

Prof. Univ.-Doz. Dr. Dr. Bernd H. Kortschak (66). Studium der Rechts- sowie der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften mit Promotion, an der Wirtschaftsuniversität Wien habilitiert. Über 150 Fachpublikationen mit Schwerpunkt Verkehr und Logistik. Von 1995 bis 2019 Professor für Allgemeine Betriebswirtschafts-lehre und Logistik in Deutschland, dort im DB Company Studiengang für das Fachgebiet Kombinierter Verkehr zuständig, Forschungsschwerpunkt wettbewerbsfähiger Schienengüterverkehr.
Anschrift: Chimanistraße 19, 1190 Wien, Österreich.
E-Mail: bernd.kortschak@wu.ac.at

Dipl.-Ing. Peter Molle (89). 1952 Maschinenbau-Studium an der RWTH Aachen, 1958 DB-Ausbildung zum Bauassessor, ab 1961 im Maschinentechnischen Dienst der DB, u.a. im BZA Minden auf dem Gebiet Güterwagentechnik und AK. 1976 in der HVB Frankfurt a.M. Ref. für Wagentechnik, Techn. Wagendienst und intern. techn. Zusammenarbeit, 1988 BrL. Maschinentechnik, 1992 BrL. Produktion und Technik Güterverkehr der DB/DR und DB AG.
Anschrift: Berliner Straße 40, 61440 Oberursel, Deutschland.
E-Mail: peter_molle@t-online.de