

Wirksamkeit von EU-F&E-Programmen aus Sicht der Stakeholder des Eisenbahnsektors

Eine Steigerung der Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit des Eisenbahnsektors stellt ein wesentliches Ziel der Europäischen Union dar. Um zu beurteilen, ob die dafür eingesetzten Forschungs- und Entwicklungsprogramme (F&E-Programme) diesem Ziel gerecht werden, wurde im Rahmen des Projektes Ben@Rail eine Methodik entwickelt, mit der die F&E-Programme den Anforderungen der Stakeholder gegenübergestellt werden können.



1. Motivation

Die Stakeholder des Eisenbahnsektors sowie deren Anforderungen müssen zunächst bekannt sein und werden daher zu Beginn systematisch erfasst. Des Weiteren werden aus dem „Europe’s Rail Joint Undertaking (ERJU) Master Plan (MP)“ [1] und dem ERJU Multi-Annual Work Programme (MAWP)“ [2] diejenigen Konzepte und Innovationen extrahiert, die für eine Realisierung der angestrebten Steigerung der Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit des Eisenbahnsektors umgesetzt werden sollen. Schließlich wird anhand einer Gegenüberstellung der Stakeholder-Anforderungen und der Ziele der identifizierten Konzepte und Innovationen des ERJU abgeleitet, welche Konzepte und Innovationen besonders geeignet erscheinen, um die Anforderungen zu erfüllen. Umgekehrt wird auch aufgezeigt, welche Anforderungen ungenügend berücksichtigt werden und somit Anpassungsbedarf an dem ERJU Master Plan begründen.

Es soll möglich sein, die EU-finanzierten F&E-Maßnahmen besser zu planen, zu überwachen und zu bewerten. Zudem soll eine fundierte, faktenbasierte und wissenschaftliche Diskussion über die Ausrichtung der öffentlichen Forschungsmittel auf die Bedürfnisse der Akteure des Eisenbahnsektors angestoßen werden.

2. Stakeholder-Analyse des Eisenbahnsektors

Zunächst werden alle derzeitigen und künftigen relevanten Akteure mit einem

berechtigten Interesse am Eisenbahnsystem erfasst und aufgezeigt. Hierbei konnten insgesamt 51 Stakeholder identifiziert werden, die sich in 13 Stakeholder-Kategorien zusammenfassen lassen (vgl. Bild 1).

Die Stakeholder-Analyse umfasst somit wesentliche Akteure des Eisenbahnsektors und stellt auf diese Weise sicher, dass der vorgesehenen Kalibrierung und Bewertung der F&E-Programme die relevanten Zielgruppen vorliegen.

3. Anforderungen der Stakeholder

Nach der Erfassung der Interessengruppen wurden deren Anforderungen an das Eisenbahnsystem in Europa untersucht. Die Anforderungen wurden durch eine umfassende Literaturrecherche zusammengetragen, die durch gezielte Interviews mit Vertretern repräsentativer Stakeholder angereichert



Dr.-Ing. Andreas Pfeifer

Oberingenieur am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA), Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft
pfeifer@via.rwth-aachen.de



Bastian Schick, M.Sc.

Doktorand im Bereich Schienenfahrzeugtechnik an der KTH Royal Institute of Technology, Stockholm
bschick@kth.se



Dr.-Ing. Armando Carrillo Zanuy

Secretary General EURNEX
acarrillo@eurnex.eu



Univ. Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen

Universitätsprofessor am Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Leiter des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen (VIA)
niessen@via.rwth-aachen.de



Anh Hoang, M.Sc.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme der RWTH Aachen (ifs)
anh.hoang@ifs.rwth-aachen.de



Nils Jendry, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme der RWTH Aachen (ifs)
nils.jendry@ifs.rwth-aachen.de



Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler

Universitätsprofessor am Lehrstuhl und Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme der RWTH Aachen (ifs)
schindler@ifs.rwth-aachen.de



wurden. Auf diese Weise kann eine umfassende und valide Darstellung der Anforderungen gewährleistet werden.

Da verschiedene Stakeholder dieselbe Anforderung haben können, diese aber als unterschiedlich wichtig erachten, wurde jede Anforderung für jeden Stakeholder objektiv gewichtet. Hierdurch wird sichergestellt, dass die jeweilige Schwerpunktsetzung der Stakeholder berücksichtigt wird und unwichtige Anforderungen relevante Anforderungen nicht überkompensieren.

Aus diesen Interviews konnten neben den Einzelanforderungen eines jeden Stakeholders darüber hinaus weitere Anforderungen abgeleitet werden, welche stakeholderübergreifend wiederkehrend genannt wurden. Hierzu zählen bspw. folgende Anforderungen:

- Harmonisierung von grenzüberschreitenden Prozessen
- Standardisierung von nationalen Vorschriften, Datenformaten und Schnittstellen
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und des Marktanteils des Schienenverkehrs
- Erhöhung der Pünktlichkeit
- Verbesserung der Lärmschutzmaßnahmen
- Hoher Grad an Digitalisierung und Automatisierung
- Harmonisierte Koordination und Information über Bauaktivitäten
- Verstärkter Austausch von nationalen F&E-Aktivitäten.

4. Konzepte der EU-F&E-Programme

Um eine Aussage über die Wirksamkeit der EU-F&E-Programme ableiten zu können, werden in einem nächsten Schritt die identifizierten Anforderungen der Stakeholder den Konzepten der Programme gegenübergestellt. Um dies zu bewerkstelligen, werden zunächst die wichtigsten technischen Konzepte und Entwicklungsbereiche sowie die technologischen Inputs, die das Eisenbahnsystem der Zukunft prägen sollen, aus den relevanten Dokumenten MP und MAWP extrahiert.

Hierfür wurde ein Top-Down-Ansatz verwendet, um die beabsichtigten Auswirkungen und Vorteile jedes F&E-Ziels mit den zugrundeliegenden Konzepten zu verknüpfen. Insgesamt wurden auf Grundlage des MAWP neun Struktureinheiten gebildet. Dabei handelt es sich um sieben Leitbereiche, sog. Flagship Areas (FA), die Säule „System Pillar“ (SP) und das Querschnittsthema „Transversal Topics“ (TT) (vgl. Bild 2). Die Struktureinheiten konnten in 20 F&E-Ziele unterteilt werden, für die wiederum insgesamt 45 spezifische Konzepte extrahiert wurden. Die Konzepte wurden nochmals in 105 Einzelinnovationen und 295 technische Beispiele verfeinert. Die Gegenüberstellung mit den Stakeholder-Anforderungen wurde dabei auf Grundlage der 45 Konzepte vorgenommen. Die nachfolgenden Ebenen der Einzelinnovationen und technischen Beispiele unterstützen bei der Bewertung der Anforderungserfüllung.

Es zeigt sich, dass insbesondere die Digitalisierung einen hohen Stellenwert in

den analysierten Dokumenten einnimmt. Als weitere zentrale Schwerpunktbereiche können die Automatisierung, die Nachhaltigkeit in Produktion und Betrieb, ein ganzheitlicher Systemansatz und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie genannt werden.

5. Top-Down-Analyse

Um eine Bewertung des Einflusses der einzelnen F&E-Maßnahmen auf die Stakeholder vornehmen zu können, wurde die in der Konstruktionsmethodik häufig zur Bewertung technischer Systeme eingesetzte Methode der gewichteten Punktebewertung gewählt. Diese stammt aus dem Produktentwicklungspro-

Zur Steigerung der Effizienz und Wirksamkeit der F&E-Maßnahmen der Europäischen Union wurden im Rahmen des Projektes Ben@Rail die aktuell veröffentlichten Maßnahmenkataloge untersucht und mit den Anforderungen der Stakeholder des Bahnsystems in Europa in Verbindung gebracht.

1) Quelle: Alle Bilder EURNEX e.V., KTH und ifs / VIA RWTH Aachen



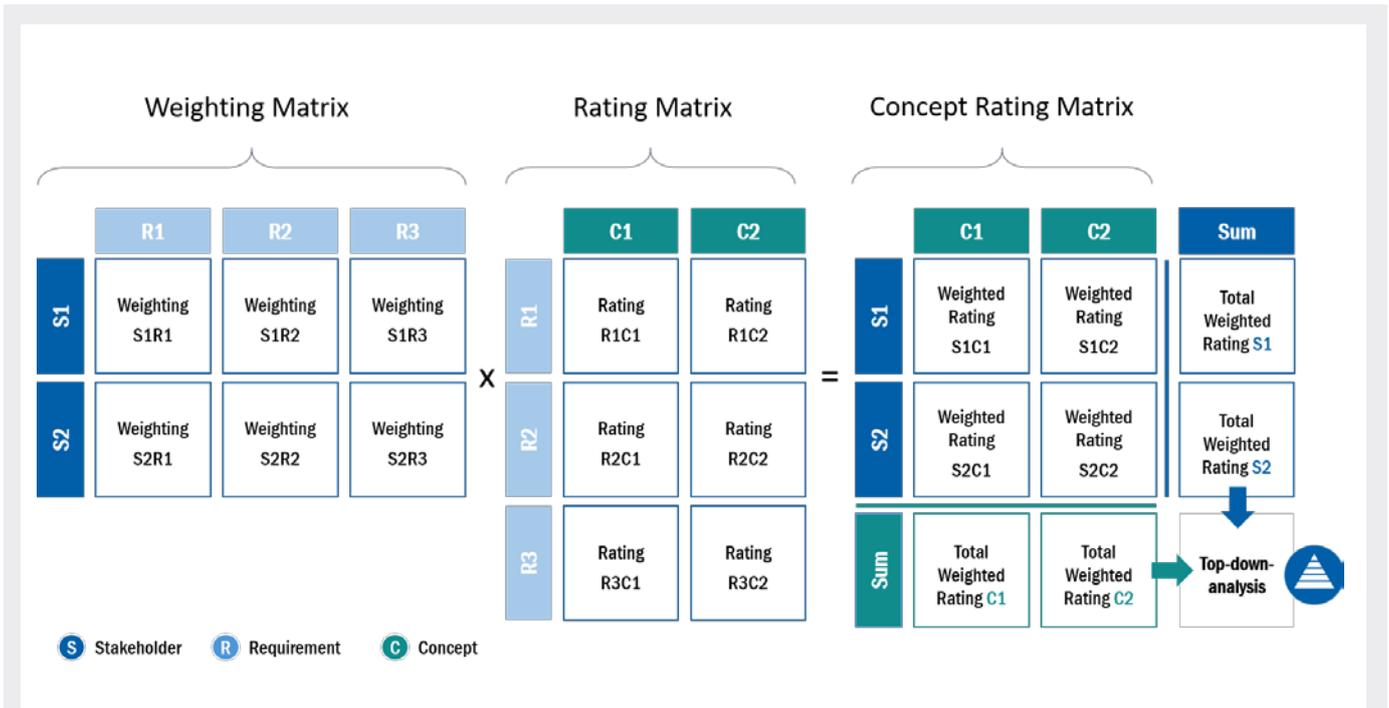
2: Überblick über die extrahierte Struktur der F&E-Objekte im MAWP (linke Spalte), mit F&E-Zielen (mittlere Spalte) und spezifischen Konzepten (rechte Spalte)

zess, der z.B. in VDI 2221 beschrieben wird und dient der Bewertung technischer Lösungen anhand einer Liste von Anforderungen [3].

Für die Bewertung des Nutzens von F&E-Projekten wurde die Methodik geringfügig angepasst, sodass keine techni-

schon Lösungen, sondern die 45 Konzepte aus den F&E-Projekten bewertet werden. Bild 3 zeigt den allgemeinen Prozessablauf. Dabei werden zunächst in der „Weighting Matrix“ die zuvor identifizierten Anforderungen von den einzelnen Stakeholdern

gewichtet und dadurch ihre unterschiedlichen Schwerpunkte abgebildet. Die „Rating Matrix“ verknüpft wiederum die Anforderungen mit den Konzepten und gibt an, wie sehr diese Konzepte die an sie gestellten Anforderungen erfüllen. Aus



3: Ableitung der Concept Rating Matrix

Ranking	Stakeholder	Total weighted rating
1	European Technology Platforms	126,1
2	Regulatory Bodies (EU Agency for Railways (ERA))	111,5
3	Environment and Health (Earth)	88,3
4	Regulatory Bodies (EU Commission)	80,5
5	Regulatory Bodies (Environment Agency)	79,4
6	Train Operating Company (Freight - Private)	75,3
7	Train Operating Company (Freight - State owned)	74,1
8	Regulatory Bodies (Railway Authority)	70,6
9	Train Operating Company (Passenger - Regional)	61,1
10	Train Operating Company (Passenger - High Speed)	56,5
11	Train Operating Company (Maintenance)	54,8
12	Regulatory Bodies (Network Agency)	50,2
13	Train Operating Company (Passenger - Urban)	46,8
14	Organisations (Lobbies)	45,7
15	Infrastructure Managers (Track)	43,0

4: Top-15 Stakeholder

der Multiplikation dieser beiden Matrizen ergibt sich die finale „Concept Rating Matrix“, deren berechnete Werte angeben, wie groß der zu erwartende Nutzen eines Konzeptes für einen Stakeholder ist. Die Zeilensumme stellt dabei den aus allen

Konzepten resultierenden Nutzen für einen Stakeholder dar, die Spaltensumme den von einem Konzept erzeugten Nutzen für die Gesamtheit der Stakeholder. Diese beiden Werte bilden die Eingangsgrößen für die Top-Down-Analyse.

Die Top-Down-Analyse erlaubt schließlich eine hierarchische Auflistung auf Stakeholder- und Konzeptebene. Zum einen kann aufgezeigt werden, dass die Anforderungen der „Europäischen Technologieplattformen“ von den Konzepten am bes-

Ranking	Concept		Total weighted rating
1	FA 2.2.1	New DATO technology solutions for interoperable automated driving	73,8
2	FA 1.2.2	Connected traffic management	72,3
3	FA 1.1.1	Methods and algorithms for capacity planning and management	66,7
4	FA 4.1.1	Alternative energy solutions for the rolling stock (Minimize energy consumption), FA 4.3.2 (Attractiveness), FA 4.4.2 (Climate change)	66,5
5	FA 4.4.1	Sustainability and resilience of the rail system in a holistic approach to asset management, delivering more value	65,7
6	FA 2.1.1	Train Control and Management System (TCMS) technologies	61,3
7	FA 1.3.2	Integrated rail traffic within door-to-door mobility, mobility orchestration	58,0
8	FA 1.2.1	Capacity interaction - nodes and network	56,6
9	FA 4.1.3	Systems improvement including electro-mechanical components for low consumption, low emissions, low noise, low vibrations levels	55,4
10	FA 1.1.2	Cross-border Planning	52,8
11	FA 1.3.1	Overall mobility approach	51,8
12	FA 2.2.2	Freight Automatic Train Operation	51,6
13	FA 6.1.4	Sustainable Rolling Stock	51,6
14	FA 4.3.1	Modernisation of vehicles	47,4
15	FA 4.1.2	A holistic approach to energy in rail infrastructure (Minimize energy consumption)	47,0

5: Top-15 Konzepte

ten erfüllt werden (vgl. Bild 4). Insgesamt erhält dieser Stakeholder eine gewichtete Gesamtbewertung von 126,1 Punkten, gefolgt von den Stakeholdern „Regulierungsbehörden“ (EU Agency for Railways (ERA)) (111,5 Punkte) und „Umwelt und Gesundheit“ (88,3 Punkte). Umgekehrt sind „wettbewerbliche Verkehrsträger“, „Medien“ sowie „Bildung / Ausbildung“ die Stakeholder, deren Anforderungen von den Konzepten am wenigsten erfüllt werden. Der „Endnutzer“, sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr, erhält u.a. methodenbedingt eine mittlere Bewertung. Grundsätzlich zielt jedes untersuchte Konzept auf eine Verbesserung für den Endnutzer. Da die Zusammenhänge aber vielschichtig und komplex sind, wurden die Ebenen der Einflussnahme begrenzt.

Bei den Konzepten sind die FA 2.2.1 „Neue Digital Automated Train Operation (DATO)-Technologielösungen für interoperables automatisiertes Fahren“ (73,8 Punkte), FA 1.2.2 „Vernetztes Verkehrsmanagement“ (72,3 Punkte) und FA 1.1.1 „Methoden und Algorithmen für Kapazitätsplanung und -management“

(67,7 Punkte) besonders stark ausgeprägt (Bild 5). Durch sie ist der größte Einfluss auf die Erfüllung der Stakeholder-Anforderungen zu erwarten. Im Gegensatz dazu haben die Konzepte SP 8.1.3 „Systemarchitektur-Migrationsplan“ (14,0 Punkte), SP 8.1.2 „Systemarchitekturkonzepte“ (10,3 Punkte) und TT 9.1.1 „Digitale Umgebungen“ (4,6 Punkte) die geringsten Auswirkungen. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass Synergien zwischen den Leitbereichen und der Systemsäule bestehen, ohne welche die Leitbereiche nicht in der Lage wären, ihre hohe Bewertung zu erreichen. Trotz der niedrigen gewichteten Gesamtbewertung der Systemsäule und des Querschnittsthemas kann von einer eindeutigen Notwendigkeit der Struktureinheiten ausgegangen werden.

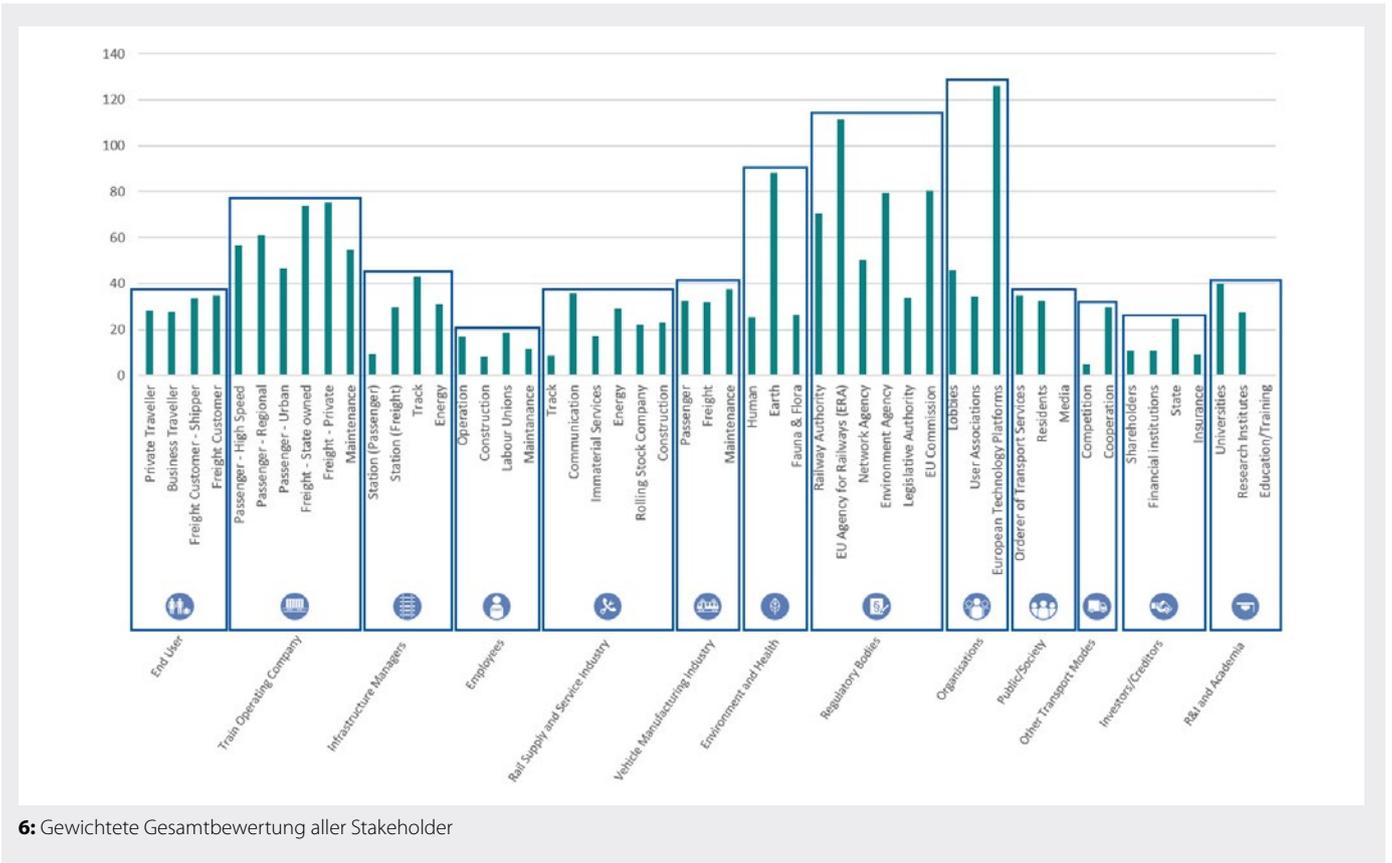
Zusammenfassend sind in Bild 6 die gewichteten Gesamtbewertungen aller Stakeholder zu sehen.

6. Empfehlungen

Insgesamt zeigt sich, dass insbesondere die Leitbereiche FA 4, „Nachhaltiges und grünes

Eisenbahnsystem“, FA 1 „Netz- und Mobilitätsmanagement“ sowie FA 3 „Intelligentes und integriertes Assetmanagement“ die größte Erfüllung der Stakeholder-Anforderungen bewirken können. In manchen Bereichen zeigt die durchgeführte Top-Down-Analyse Lücken und Diskrepanzen zwischen der konzeptionellen Umsetzung der Konzepte und den Anforderungen der Stakeholder auf. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können in einem weiteren Schritt Empfehlungen abgeleitet werden, inwieweit die konzeptionelle Ausrichtung des MP und MAWP kalibriert werden sollten.

Der „Endnutzer“, als die Hauptzielgruppe des Europäischen Eisenbahnsystems, belegt bei den durchgeführten Analysen nur mittlere Positionen. Die Ergebnisse zeigen, dass die wichtigsten Anforderungen der Endnutzer niedrige Kosten, Minimierung der Zugausfälle und hohe Sicherheit sind. Erschwinglichkeit und Zuverlässigkeit sind die Schlüsselfaktoren für den Endnutzer, um den größten Nutzen aus dem Eisenbahnsystem zu ziehen. Diese Schlüsselfaktoren werden für den Endnutzer im MAWP nicht direkt berücksich-



6: Gewichtete Gesamtbewertung aller Stakeholder

27. Juni 2023

Hamburg

6. EURAILPRESS-FORUM

ALTERNATIVE ANTRIEBE im SPNV

Weitere Informationen demnächst unter:

www.eurailpress.de/veranstaltungen

In Kooperation mit:

Veranstalter:

Medienpartner:

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen, KTH Royal Institute of Technology, EURNEX / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DW Media Group GmbH

sichtigt. Stattdessen wird davon ausgegangen, dass sie durch die Gesamtqualität der Dienstleistung und allgemeine Verbesserungen des Systems berücksichtigt und erfüllt werden. Um die Zufriedenheit der Endnutzer zu gewährleisten, müssen daher direktere Anstrengungen unternommen werden, um das Eisenbahnsystem erschwinglich und äußerst zuverlässig zu gestalten. Weitergehend könnte durch die stärkere Ausrichtung auf die Themen „Tür-zu-Tür-Mobilität“ sowie „Koordination des öffentlichen Verkehrs“ eine Erhöhung der Zufriedenheit des Endnutzers erzielt werden. Eine weitere Möglichkeit, die Zufriedenheit der Endnutzer zu steigern, besteht darin, die Anforderungen des „Infrastrukturbetreibers Station“ stärker zu berücksichtigen. Dieser Stakeholder befindet sich in der Rangliste der Top-Down-Analyse auf einem der hinteren Plätze, da ihre Hauptanforderungen an niedrige Kosten und gute Zugänglichkeit des Bahnhofs in den Konzepten nur nachrangig berücksichtigt werden. Eine multimodale Zusammenarbeit mit anderen Verkehrsträgern könnte die Interoperabilität begünstigen, von der auch der „Endnutzer“ und „Infrastrukturbetreiber Station“ profitieren können.

Die Top-Down-Analyse hat deutlich gezeigt, dass sowohl die Mitarbeitenden als auch der Stakeholder Bildung / Ausbildung in Bezug auf ihre Bedürfnisse nachrangig angesprochen werden. Die unzureichende Adressierung beider Stakeholder macht deutlich, dass in diesem Bereich eine Kalibrierung auf der Konzeptebene erforderlich ist. Es müssen Konzepte erstellt werden, die gezielt diese derzeit unterrepräsentierten Stakeholder ansprechen. Dies erscheint zunehmend wichtig, betrachtet man die aktuelle Situation auf dem Arbeitnehmer- und Ausbildungsmarkt. Eine Studie der quattron Management und Consulting GmbH [4] zeigt deutlich einen zunehmenden Mangel an qualifizierten Mitarbeitenden im Bahnsektor. Folglich sollten dringend Anstrengungen zur Steigerung der Attraktivität der Berufe im Bahnsektor unternommen werden. Auch die Ausbildung zukünftiger Mitarbeitenden muss dem Bericht zufolge verstärkt berücksichtigt werden. Grundsätzlich lassen sich die Erkenntnisse der Studie mit den hier erzielten Ergebnissen in Einklang bringen. Beide Studien zeigen, dass der Ausbildungsmarkt für Fachkräfte im Bahnsektor unterrepräsentiert ist und sich daraus ein dringender Handlungsbedarf ergibt. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der politisch

geforderten Verlagerung von Verkehrs- und Transportleistungen auf die Schiene, die die ohnehin angespannte Situation auf dem Ausbildungsmarkt weiter verschärfen wird. Wenn hier keine Abhilfe geschaffen werden kann, kann die Erreichung der Ziele der Konzepte nicht gewährleistet werden. Die Ergebnisse der Top-Down-Analyse zeigen, dass hinsichtlich der Schwerpunkte von MP und MAWP noch Änderungen vorgenommen werden sollten, um alle Stakeholder hinreichend zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollten die F&E-Vorhaben besonders in Hinblick auf ihren indirekten Einfluss auf Kernanforderungen einzelner Stakeholder überprüft werden, um einen möglichst großen Nutzen für den Stakeholder sicherzustellen. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz der gewählten Methodik geeignet ist und zu aussagekräftigen und verwertbaren Ergebnissen führt. Im Rahmen nachfolgender Untersuchungen kann die Methodik hinsichtlich ihrer Randbedingungen angepasst bzw. erweitert werden. So wurde in dieser Studie ein negativer Einfluss von Konzepten auf einzelne Anforderungen eines Stakeholders nicht berücksichtigt. Weiterhin kann statt einzelner technischer Konzepte eine Kombination mehrerer als Bewertungsgrundlage gewählt werden, um die Abhängigkeiten und das Zusammenspiel einzelner Konzepte und die daraus resultierenden Verbesserungen stärker zu berücksichtigen.

Diese Veröffentlichung fußt auf dem durch das EU-Förderprogramm Shift2Rail finanzierten Projekt Ben@Rail (Grant Agreement Nr. 101046258).

Die Informationen in diesem Artikel werden „wie gesichtet“ zur Verfügung gestellt, und es wird keine Garantie oder Gewährleistung gegeben, dass die Informationen für einen bestimmten Zweck geeignet sind. Der Inhalt dieses Artikels gibt nicht die offizielle Meinung des Shift2Rail Joint Undertaking (S2R JU) wieder. Die Verantwortung für die darin enthaltenen Informationen und Ansichten liegt allein bei dem/den Autor(en). Die Nutzer verwenden die Informationen auf eigene Gefahr und Haftung.

Literatur

- [1] European Commission, „Europe's Rail Joint Undertaking – Master Plan (Draft)“, Oktober 2021.
- [2] European Commission, „Europe's Rail Joint Undertaking Multi-Annual Work Programme“, März 2022.
- [3] Feldhusen, J.; Grote, K.-H. (Hg.), Pahl/Beitz: Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung, 8. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29569-0> [letzter Zugriff 7. Juli 2022, 15:27].
- [4] Büker, T.; Nießen, N.; Schindler, C.; Stoll, F.; Jagodzinski, N.: „Analyse der Hochschulausbildung im Schienenverkehrssektor“. Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung, Bericht 18 (2022), Dresden Projektnummer 2021-12-G-1202, April 2022.

Summary

Efficiency of EU-funded R&I-programmes from railway system stakeholders' point of view

In the project Ben@Rail requirements of the European railway system's stakeholders have been matched with current concepts of Europe's Rail Joint Undertaking to increase efficiency and effectiveness of R&I-activities. The study showed that the fields sustainability, environment and digitalisation are already well addressed. However, it is recommended to have stronger representations in the concepts for end users as well as employees.

RAILIMPACTS

— ETCS ■ ATO ■ FRMCS —

Digitalisierung des Schienenverkehrs

Rail Impacts – der neue, digitale Informationsdienst zum Thema Digitalisierung des Schienenverkehrs – bietet Ihnen stets aktuell und verlässlich einen Überblick über den Stand der relevanten Themen im zunehmend dynamischen Schienenverkehrsmarkt:



Erhältlich in deutscher und englischer Sprache

NEU!
Jetzt 4 Wochen testen

- **ETCS:** Das künftige Leit- und Signalsystem für den Schienenverkehr steht vor dem flächendeckenden Rollout in ganz Europa
- **ATO:** Automatisierung des Bahnbetriebs bis hin zum vollautomatischen und fahrerlosen Betrieb
- **CBTC:** Automatisierter Bahnbetrieb vor allem in Nahverkehrsnetzen
- **FRMCS:** Künftiger europäischer Standard für Funk- und Datenkommunikation im Schienenverkehr
- **Marktumfeld:** Politische und industrielle Rahmenbedingungen
- **Technologien:** Überblick über aktuelle Produkte und Services zur Digitalisierung des Schienenverkehrs sowie Aktivitäten in Forschung und Wissenschaft



Jetzt 4 Wochen kostenlos testen:

www.eurailpress.de/rail-impacts-probe-abo

**Eurail
press**



DVV Media Group