

EUDDplus – Realisierung eines europäischen Lokführerstandskonzeptes

Der folgende Beitrag beschreibt das EUDDplus-Führerstandskonzept sowie dessen Integration in einen Prototyp der Mehrsystemlokomotive PRIMA II und zeigt Ansätze für die künftige Gestaltung von europäischen Zulassungsprozessen für innovative Bahnsystemtechnologien auf, für die EUDDplus als Modellfall steht.

➔ Aufbauend auf den Vorarbeiten der erfolgreichen Projekte EUDD und MODTRAIN/EUCAB leistete das im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm geförderte Projekt EUDDplus den entscheidenden Schritt zur Standardisierung und Harmonisierung der funktionalen Anordnung und Gestaltung des zukünftigen europäischen Führerstandes für Lokomotiven und Triebzüge.

In EUDDplus konnten die erarbeiteten ergonomischen Kriterien erstmals auf vorwettbewerblicher Basis unter realitätsnahen Betriebsbedingungen praktisch überprüft werden.

Das vom Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH (TSB-FAV) geführte Vorhaben integrierte 17 Partner aus Wissenschaft, Industrie und Bahnunternehmen mit dem Ziel der gemeinsamen Entwicklung und Erprobung innovativer und standardisierter Systeme für den europäischen Bahnverkehr.

1. PROJEKTZIELE UND STRATEGISCHER ANSATZ

1.1. ZIELSTELLUNG

So wie es in der zivilen Luftfahrt bereits seit einiger Zeit für Piloten aufgrund einheitlicher Prinzipien bei der Cockpitgestaltung möglich ist, ohne aufwändige Schulungen unterschiedliche Flugzeugtypen fliegen zu können, zeichnet sich diese Möglichkeit nunmehr auch für Triebfahrzeugführer ab: durch eine europaweite Standardisierung und Harmonisierung der funktionalen Gestaltung und des Layouts von Lokomotivführerständen unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte. Diese Zielstellung verfolgte das im 6. Forschungsrahmenprogramm der EU geförderte Projekt EUDDplus (European Driver's Desk Advanced Concept Implementation – Contribution to Foster Interoperability). Dass diese Frage unter dem Blickwinkel einer maßgeblichen Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit



Dipl.-Ing. Lutz Hübner
Wissenschaftlicher Mitarbeiter TSB
Innovationsagentur Berlin GmbH –
Bereich FAV

LHuebner@fav.de



Denis Miglianico
Chefingenieur für Ergonomie und Leiter
des Alstom Transport Kernkompetenz-
Netzwerkes für Mensch-Maschine-
Schnittstellen, Villeurbanne

denis.miglianico@transport.alstom.com



Dipl.-Psych. Christina Karsten
Wissenschaftliche Mitarbeiterin IAS
Institut für Arbeits- und Sozialhygiene
Stiftung – Bereich Forschung

christina.karsten@ias-gruppe.de



Dipl.-Ing. Matthias Barta
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
TU Wien, Institut für Managementwis-
senschaften, Arbeitsgruppe Ergonomie

barta@imw.tuwien.ac.at



Dipl.-Ing. Xavier Zubillaga
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
TU Wien, Institut für Managementwis-
senschaften, Arbeitsgruppe Ergonomie

zubillaga@imw.tuwien.ac.at

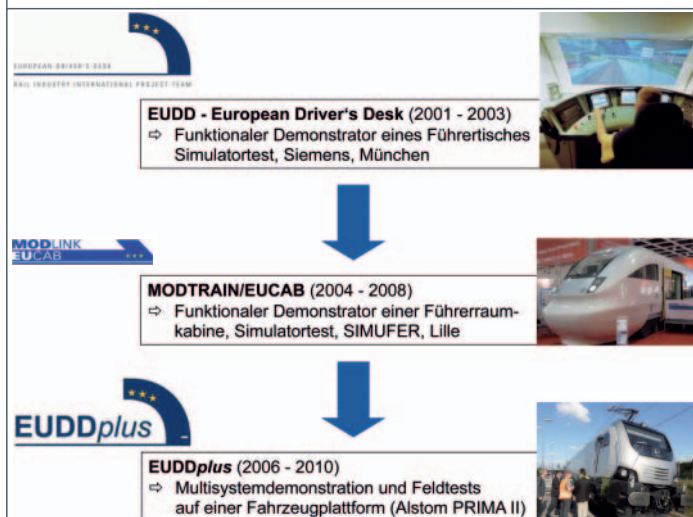


BILD 1: Von EUDD über MODTRAIN/EUCAB zu EUDDplus

(Quelle: TSB-FAV)

higkeit des Verkehrsträgers Schiene auf europäischer Ebene diskutiert wird, ist allerdings nicht neu: Das Projekt EUDDplus konnte hierbei auf die Ergebnisse seiner beiden Vorgängerprojekte European Driver's Desk (EUDD) und MODTRAIN/EUCAB aufbauen (Bild 1). Am Ende jener Projekte standen jeweils funktionale Demonstratoren unterschiedli-

cher nach ergonomischen Gesichtspunkten gestalteter Führerstandskonzepte, die – in Simulationsumgebungen eingebettet – von einer Reihe von Triebfahrzeugführern aus unterschiedlichen europäischen Staaten hinsichtlich Funktionalität, auftretender mentaler Beanspruchung und Gebrauchstauglichkeit getestet wurden.

Im Gegensatz hierzu verfolgte EUDDplus jedoch einen weitergehenden Ansatz: Ein nach den Grundsätzen der im neuen UIC-Merkblatt 612-o [1] festgeschriebenen betrieblichen Spezifikationen (ORS – operational requirements specifications) weiterentwickelter Arbeitsplatz für Triebfahrzeugführer wurde erstmals in eine reale Triebfahrzeugplattform, dem Prototyp der Mehrsystemlokomotive PRIMA II der Firma Alstom integriert und im November/Dezember 2009 hinsichtlich Nutzerfreundlichkeit unter realitätsnahen betrieblichen Bedingungen im Siemens Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath (PCW) einem umfangreichen Testprogramm unterzogen.

1.2. GANZHEITLICHER KONZEPTANSATZ

Die Projektstruktur orientierte sich an den für die Ausgestaltung eines künftigen wettbewerbsfähigen europäischen Schienenverkehrssystems unabdingbaren Schlüsselfaktoren: Modularisierung, Standardisierung, Harmonisierung, Interdisziplinarität, Sammlung von Erfahrungen aus anderen Sektoren, Optimierung der Lebenszykluskosten (LCC) und Beförderung europäischer Zulassungsprozesse. Eine Berücksichtigung jener Faktoren erfordert einen gemeinsamen Ansatz und eine neue Kultur der Kooperation zwischen Industrie, Bahnbetreibern, Forschungseinrichtungen, Verbänden und Zulassungsbehörden. Diesem Ansatz wird auch die Zusammensetzung des Projektteams gerecht. Von Seiten der Bahnindustrie waren die Systemhäuser Alstom, Siemens, Bombardier und Škoda sowie die Zulieferer Deuta-Werke, EAO Lumitas und W. Gessmann vertreten. Die Tschechische Bahn (ČD), der Fahrzeuginstandhaltungsbereich der Ungarischen Staatsbahn (MÁV-GÉPÉSZET) und die Sparte Produktion der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) bilden den Reigen der Bahnbetreiber, die unmittelbar in das Projekt eingebunden waren. Als Forschungseinrichtungen beteiligten sich die IAS Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung, das Institut für Managementwissenschaften (Arbeitsgruppe Ergonomie) der TU Wien, die AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen sowie die UPC BarcelonaTech Universität am Projekt EUDDplus, das vom Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin (TSB-FAV), einem Bereich der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH, koordiniert wurde.

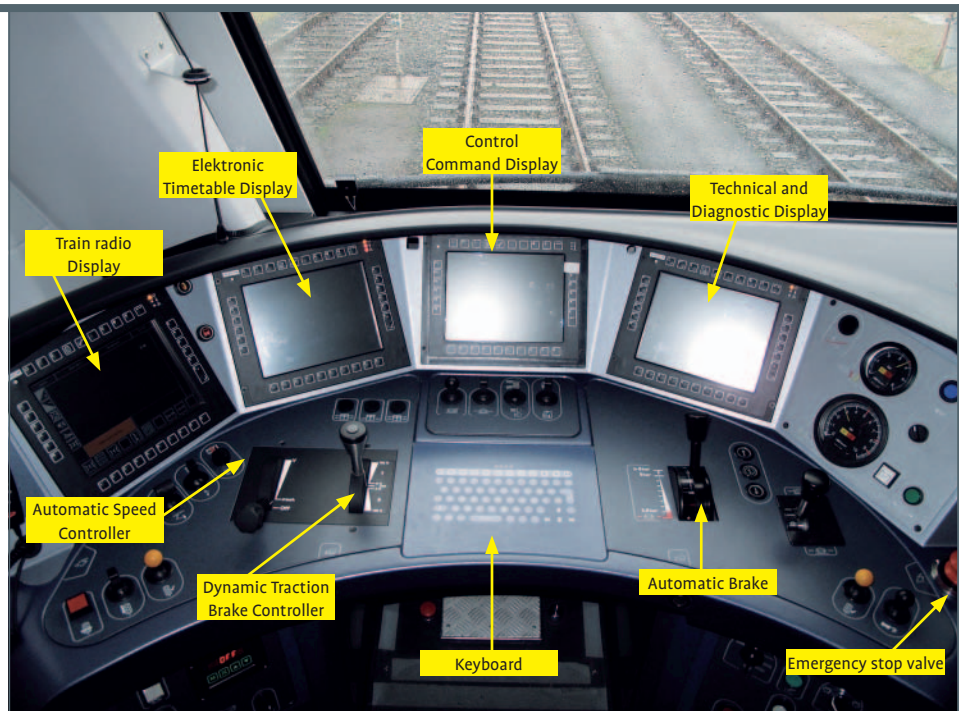


BILD 2: Hauptbedienelemente des EUDDplus-Führerstandes

(Quelle: Alstom)

Über den Internationalen Eisenbahnverband UIC und den Verband der europäischen Eisenbahnindustrie UNIFE, welche beide ebenfalls dem Projektkonsortium angehörten, konnten weitere Kontakte zu Herstellern, Bahnen, Standardisierungsgremien und Zulassungsbehörden geknüpft werden. Diese waren über sogenannte Nutzerplattformen (user platforms) mittelbar in das Projekt eingebunden. Hiervon profitierte das Projekt in entscheidendem Maße, sei es durch die Gewinnung von Test-Triebfahrzeugführern, das direkte Einbringen der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse in die Arbeit der Standardisierungsgremien von Bahnbetreibern und Industrie oder die Überführung der Projektergebnisse in gemeinsame technische Empfehlungen von UIC und UNIFE.

2. FUNKTIONALITÄT DES EUDDplus-KONZEPTE

2.1. EUDDplus-SPEZIFIKATION

Der EUDDplus-Führerstand basiert auf dem UIC-Merkblatt 612-o, welches die Schnittstelle Triebfahrzeugführer-Führerstand für Elektro- und Diesellokomotiven, Lokomotiven und Steuerwagen beschreibt und insbesondere die Funktions- und Systemanforderungen für eine harmonisierte Mensch-Maschine-Schnittstelle definiert.

Zur Führerstandsintegration wurde die Konfiguration einer Lokomotive gewählt, die aufgrund der flexiblen Einsatzmöglichkeit als Güterzug- und Reisezuglokomotive am komplexesten ist und eine Reihe von verschiedenen Ausstattungsmerkmalen aufweist.

2.2. HARDWARE

Eine zentrale Frage war die Validierung der Anordnung des Führerbremsventils auf der rechten Seite. In Europa existieren verschiedene Philosophien: Bei einigen europäischen Bahnen ist das Führerbremsventil auf der rechten und der kombinierte Fahrbremschalter auf der linken Seite des Führerstands angeordnet, bei anderen Bahnen ist es umgekehrt.

Ausschlaggebendes Prinzip für die Anordnung von Komponenten im Führerstand war das Erfordernis ihrer Verwendung während der Fahrt. Die Bedienelemente wurden so auf dem Führerstand angeordnet, dass sie für Triebfahrzeugführer mit einer Körpergröße zwischen dem 5. Perzentil der Körpergrößenverteilung von Frauen und dem 95. Perzentil der Körpergrößenverteilung von Männern erreichbar sind. Diese Einschränkung auf 90 % der Triebfahrzeugführer war aufgrund der seitlichen Anordnung des Führerstandes nicht zu vermeiden. Eine weitere Herausforderung war es, mehr als 25 Bedienelemente im Führerstand so zu implementieren, dass deren Bedienung nicht zu einer versehentlichen Aktivierung eines anderen Elementes führen. Des Weiteren wurden die Bedienelemente so angeordnet, dass die Bedienung der seitlich um die Displays angeordneten Tasten nicht behindert wird. Bild 2 zeigt die Hauptbedienelemente des EUDDplus-Führerstandes.

Die Bedienelemente einiger Funktionen wurden – in funktionalen Modulen zusammengefasst – sequenziell auf dem Führertisch angeordnet, um deren Auffinden zu vereinfachen (z. B. Türsteuerung, Zugbeeinflussung, Fahrt- »



TRD
Train Radio Display

ETD
Electronic
Time-table Display

CCD
Control Command
Display

TDD
Technical &
Diagnostic Display

BILD 3: Hauptansichten der Führerraumdisplays

(Quelle: Alstom)

richtungswahl, Hauptschalter/Stromabnehmer). Diese Anordnung wurde mit dem Funktionsverhalten des Zuges abgestimmt: z.B. linksseitige Türentriegelung auf der linken Seite, Türverriegelung in der Mitte und rechtsseitige Türentriegelung auf der rechten Seite. Die unterschiedlichen Formen der Elemente spiegeln deren unterschiedliche Bedienfunktionen wider, wobei einige selbsterklärend sind, z.B. das Bedienelement für den Stromabnehmer, welches die Form eines Schleifkontaktes impliziert. All diese Vorrichtungen tragen zu einer Reduzierung der kognitiven

Beanspruchung des Triebfahrzeugführers in Stresssituationen bei.

Neben der Standardisierung der Bedienelemente und deren einheitlicher Anordnung auf dem Führertisch wurde auch deren Funktionsübertragung und damit zusammenhängend das Antwortverhalten auf Eingaben vereinheitlicht. Für den kombinierten Fahrbremsschalter erfolgt die Wahl der Zugkraft bzw. der Bremskraft stellungsabhängig, d.h. durch die Stellung des Hebels sind die respektiven Kräfte einheitlich definiert. Ebenso stellungsabhängig werden die Druckluftbremse und die automatische Fahr- und Bremssteuerung geregelt. Bei gleichzeitiger Betätigung des kombinierten Fahrbremsschalters und des Führerbremssventils wird automatisch die jeweils höhere Bremskraft unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Haftreibung zwischen Rad und Schiene vom Bremsrechner der Lokomotive gewählt. Die Erwartungskonformität der standardisierten Funktionsübertragung und das damit zusammenhängende Verhalten der verschiedenen Systeme auf die Eingaben der Triebfahrzeugführer war Teil der ergonomischen Bewertung.

2.3. SOFTWARE

In den EUDD_{plus}-Führerstand sind vier verschiedene Führerraumdisplays mit unterschiedlichen betrieblichen Funktionen integriert. Bild 3 zeigt die Hauptansichten der Displays. Die Benutzerführung, die Wahl der Bildschirmhalte und die Dateneingabe wurden harmonisiert und für die unterschiedlichen Displays optimiert.

Hierbei kamen verschiedene Prinzipien zur Anwendung:

- Es sind nur Informationen zu zeigen, die der Triebfahrzeugführer während der Fahrt benötigt. Insbesondere ein Alarm, aus dem keine direkte Handlung des Triebfahrzeugführers resultieren soll (z.B. defekte Toilette), soll nicht angezeigt werden.
- Die Gestaltung der Benutzeroberflächen und die Benutzerführung der Software sollte für eine logische Bedienung auf allen vier Displays einheitlich gehalten werden.
- Die zu präsentierende Informationsmenge sollte kompatibel zu den jeweils augenblicklichen Handlungen des Triebfahrzeugführers sein. Sie sollte minimiert werden.
- Die Bildschirmansichten sollten eine einfache Nutzung der dargestellten Funktionen erlauben. Die Informationsdarstellungen sollten daher nicht unübersichtlich sein.
- Die Zeit für die Informationsaufnahme sollte minimiert werden. Dies schließt die Anzahl der aktivierten Tasten und die Reaktionszeit des Systems ein.
- Jede Funktion, die der Triebfahrzeugführer während der Fahrt nicht benötigt, sollte nicht angezeigt werden.

Ein Redundanzmodus zwischen den unterschiedlichen Displays wird künftig ein erhöhtes Verfügbarkeitsniveau sicherstellen.

3. FAHRZEUGSEITIGE INTEGRATION UND TESTPHASE

3.1. MEHRSYSTEMLOKOMOTIVE PRIMA II ALS TESTPLATTFORM

Um den Anforderungen der Betreiber für den grenzüberschreitenden Verkehr zu genügen, ist die neue modulare Alstom-Lokomotive PRIMA II als Referenzmodell für den Betrieb mit vier unterschiedlichen Spannungssystemen ausgerüstet (Tabelle 1 und Bild 4). Der Prototyp der PRIMA II ist mit ETCS Level 1 ausgestattet und für eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h für Güterzüge und 200 km/h für Reisezüge ausgelegt. Daher erfüllte diese Lokomotive in idealer Weise die Zielstellungen der EUDD_{plus}-Feldtests.

3.2. LINKSSEITIGER FÜHRERSTAND

Aufgrund der Größe der PRIMA II-Führerraumkabine konnte der EUDD_{plus}-Führerstand ohne Schwierigkeiten linksseitig integriert werden. Entsprechend UIC-Merkblatt 612-0 ist die Führerraumkabine so gestaltet, dass der Führerstand auch mittig oder rechtsseitig integriert werden könnte. Der Führerstand verfügt über ein Display für

TABELLE 1: Wichtige technische Daten der Mehrsystemlokomotive PRIMA II

Radsatzanordnung	Bo'Bo'
Spannungssysteme	1,5 kV DC 3 kV DC 15 kV/16,7 Hz AC 25 kV/50 Hz AC
Nennleistung	6400 kW
Dauerleistung bei 97 km/h	6400 kW
Maximalleistung der elektrodynamischen Bremse	2600 kW
Maximale Zugkraft	350 kN
Radsatzabstand im Drehgestell	3000 mm
Länge über Puffer	19 110 mm
Raddurchmesser (neu)	1150 mm
Dienstmasse	90 t
Höchstgeschwindigkeit	200 km/h (Reisezug) 140 km/h (Güterzug)



BILD 4: Mehrsystemlokomotive PRIMA II von Alstom als EUDD_{plus}-Testplattform
(Foto: Alstom)

ETCS. Folglich sind alle Sicherungssysteme, die das STM (standard transition module) nutzen, ohne ein zusätzliches Display darstellbar. Die Integration weiterer Sicherungssysteme, die das STM nicht nutzen, wäre aus ergonomischer Sicht schwierig. Für letzteren Fall wäre ein mittig angeordneter Führerstand die bessere Lösung, da die Mittelsektion des Führerstandes leicht erweitert werden kann. (vgl. UIC 612-o, Abschnitt 3.3.2.4: Integration von bestehenden Zugsicherungssystemen [1]) Bei der Gestaltung des Hilfsführerstandes wurde das Verhalten des Triebfahrzeugführers beim Bedienen antizipiert: Da der Triebfahrzeugführer mit einer Hand den kombinierten Fahrbremsschalter betätigt und die andere Hand für weitere Funktionen frei behalten sollte, ist die Sifa nur als Fußtaster implementiert.

4. FELDSTUDIE: METHODEN UND DURCHFÜHRUNG

4.1. TESTPERSONEN

Insgesamt 17 Triebfahrzeugführer aus zehn europäischen Ländern (Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Niederlande, Österreich, Schweiz, Slowenien, Tschechische Republik, Ungarn) nahmen am EUDDplus-Feldtest im PCW teil. Sechs der Teilnehmer absolvierten auch die Simulatortests im Rahmen des Vorgängerprojektes MODTRAIN/EUCAB. An dieser Stelle sei ihnen ganz herzlich für die Testteilnahme gedankt. Die erhaltenen Hinweise stellen eine wertvolle Hilfe für die weitere Verbesserung des einheitlichen Führertisches dar.

4.2. TESTDESIGN

Um die Bedienung des EUDDplus-Führerstandes unter realitätsnahen Bedingungen zu testen wurden für den Feldtest sechs Szenarien entwickelt, in welchen die Triebfahrzeugführer möglichst umfassend mit dem Führerstand interagieren und eine Vielzahl von Fahrsituationen bewältigen sollten. Den Testfahrten vorangestellt war eine individuelle Schulung der Triebfahrzeugführer an einem Trainingssimulator, gefolgt von Szenario 0, bei dem sich die Testpersonen mit dem Führerstand in der Lokomotive vertraut machen und den großen Testring T1 mehrfach ohne Datenaufzeichnung abfahren konnten. Der eigentliche Testdurchlauf begann mit der Bedienung des Führerstandes im Regelbetrieb mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen, bei Tageslicht (Szenario 1) und Dunkelheit (Szenario 2), bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h. Neben unterschiedlichen Beschleunigungs- und Bremsphasen bildeten diese zwei Szenarien bestimmte betriebliche Situationen wie die Annäherung an ein Halt zeigendes Signal, das Befahren von Schutzstrecken, der Wech-



BILD 5: Flexible ortsfeste Signalisierung auf dem PCW-Testring T1
(Foto: EUDDplus)

sel des Spannungssystems und der Übergang zwischen verschiedenen Zugsicherungssystemen (im konkreten Fall der Wechsel zwischen ETCS Level 1 und 0) sowie die Durchführung bestimmter Tätigkeiten der Zugvorbereitung wie Bremsprobe, Sifa- und ETCS-Test sowie Zugdateneingabe, nach. Um die Flexibilität des Testablaufs zu erhöhen und ungeplanten Vorkommnissen begegnen zu können, wurden für die zeitintensiven Szenarien 0 bis 2 auch kürzere Versionen formuliert, die jedoch dieselben betrieblichen Situationen simulierten.

Bei den Szenarien 3 und 4 wurden besondere Vorkommnisse wie ein Kompressorausfall oder eine aufgrund eines Hindernisses auf dem Gleis erforderliche Schnellbremsung simuliert. Für die Szenarien 3 und 4 stand der kleine Testring T2 mit einer Höchstgeschwindigkeit von 85 km/h zur Verfügung. Abschließend wurde mit Szenario 5 die Qualität der Hilfsführerstände beim Rangieren auf dem Testgleis T5 mit einer Steigung von bis zu 40 Promille getestet. Die Wahl des PCW für den Feldtest anstelle von realen Betriebsstrecken bot den Vorteil, alle Szenarien na- »



Befehls- und Meldegeräte nach TSI PRM

Vertrauen Sie auf EAO, wenn es um Türöffner-tasten, Summer und Haltewunsch-tasten für Fahrgäste geht. Zertifiziert nach IRIS Rev. 2 und weltweit verfügbar und zugelassen.



Besuchen Sie uns an unserem Stand Nr. 208 in der Halle 4.2

EAO Lumitas GmbH
Tel. +49 (0) 201 85 87-0
sales.ede@eao.com

www.eao.com/innotrans

e a o ■

hezu auf die gleiche Weise anbieten zu können, was die Vergleichbarkeit zwischen den Triebfahrzeugführern aus unterschiedlichen Ländern erhöhte.

4.3. ORGANISATORISCHE RANDBEDINGUNGEN

Zur Simulation einer realistischen Betriebs-situation und zur Überprüfung der standardisierten Stellung des Führerbremsventils auch bei längerer Hauptluftleitung wurde für Fahrten auf dem Testring T1 zum einen ein Güterzug, bestehend aus der Testlokomotive und neun leeren bis 120 km/h lauffähigen Containertragwagen des Typs Sgns gebildet. Dieser Testzug hatte eine Länge von 197 m, ein Gesamtgewicht von 269 t und verfügte über 103 Brems-hundertstel.

Zum anderen wurde der große Testring mit sechs zusätzlichen ortsfesten aber in ihrer Bedeutung veränderlichen LED-Signalschirmen ausgestattet (Bild 5). Diese wurden als Haupt- und Vorsignale, sowie für die Signalisierung von Langsamfahrstellen, Schutzstrecken, Spannungswechselabschnitten und des Wechsels der Zugsicherungssysteme angewandt. Damit war es möglich, 50 bis 60 km lange Szenarien mit unterschiedlichen betrieblichen Randbedingungen auf dem 6 km langen Testring T1 fahren zu können. Eine Weiter-schaltung zum Signalbild der nächsten Runde wurde über mechanische Gleiskontakte realisiert.

4.4. TESTMETHODEN

Um eine möglichst umfassende Bewertung des Führerstandes zu erhalten, wurden mehrere wissenschaftliche Methoden während der Tests eingesetzt.

Die Triebfahrzeugführer bewerteten den Führerstand nach jedem Szenario mittels standardisierter Fragebögen, welche die Einschätzung unterschiedlicher Ergonomie- und Usability-Parameter abfragten: u.a. Erkennbarkeit, Erreichbarkeit und Einfachheit der Bedienung aller wichtigen Hardware-Bedien-elemente, sowie Darstellung, Lesbarkeit und Verständlichkeit der Display-Software. Die Triebfahrzeugführer wurden dazu er-mutigt, ihre Antworten zu kommentieren und zu erläutern.

Zusätzlich zu den Befragungen wurden mit-tels eines Kamerasystems zur Leuchtdichte-messung im Feld die Kontrastverhältnisse in der Kabine vermessen. Ein mobiles Eye Tracking System erfasste die Augenbewe-gungen der Triebfahrzeugführer während der Szenarien 1 und 3. Die so gewonnenen Daten erlaubten beispielsweise eine Beurteilung darüber, ob alle Bedienelemente an jenen für sie vorgesehenen Stellen gesucht bzw. ob und wie schnell Veränderungen auf den Dis-plays wahrgenommen wurden. Zusammen mit den subjektiven Einschätzungen aus den

Fragebögen war es so möglich, Triebfahr-zeugführer übergreifende Fahrstrategien zu erkennen und daraus Hinweise auf die An-ordnung der für das Führen wichtigsten Be-dienelemente und Anzeigen abzuleiten.

5. TESTERGEBNISSE

5.1. GESAMTEINDRUCK

Die Triebfahrzeugführer beurteilten den Ge-samteindruck des getesteten Führertisches als sehr positiv. Speziell die Farbgestaltung der metallisch blauen Oberfläche wurde, da durch sie unerwünschte Spiegelungen redu-ziert werden, positiv hervorgehoben. Die Ge-staltung der Sonnenblende, in Kombination mit den verwendeten Farben, hilft ebenfalls effizient gegen störende Blendungen. Die Aussagen, betreffend der verbesserten Ober-flächengestaltung, wurden durch die Leucht-dichtemessungen und den daraus ermittel-ten Kontrastwerten auf dem Testführerstand, im Vergleich zu Messungen auf vorhandenen Führerständen, bestätigt.

Weiters wurde, nach Aussagen der Triebfahr-zeugführer, der Fahrkomfort durch die Wahl des Profils des Führertisches, die Anordnung der Taster und Schalter, der verwendeten Dis-plays und der bereits erwähnten Farbgestal-tung wesentlich verbessert.

Da es im Rahmen des vorliegenden Beitrags nicht möglich ist, detailliert auf die einzel-nen Ergebnisse der Erhebungen einzugehen, wird nur ein grober Überblick über die wich-tigsten Erkenntnisse gegeben.

5.2. HARDWARE

Ein Ziel der Neugestaltung war die Reduzie-rung von Bedienelementen auf dem Füh-tertisch und damit zusammenhängend die Realisierung derer Funktionen durch Soft-warelösungen auf den Displays. Die verblei-benden Elemente wurden in sequenziellen oder funktionalen Modulen gruppiert, um eine intuitive Bedienung zu ermöglichen. Insgesamt betrachtet waren die Triebfahr-zeugführer bezüglich der Anordnung und der Form der Bedienelemente auf dem Füh-tertisch zufrieden. Das Ziel der intuitiven Bedie-nung wurde nach Aussagen der Testpersonen erreicht. Dies wurde auch durch die Messun-gen der Blickbewegungen bestätigt. Wäh-rend der Testszenarien wurde der Führertisch nicht öfter fixiert als bei bereits bekannten Führerständen. Trotz dieser generell posi-tiven Beurteilung gab es punktuell Verbesse-rungsvorschläge, vor allem zur Erreichbarkeit von Bedienelementen. Insgesamt wurden als Ergebnis der Untersuchungen sechs Ver-änderungen in der Anordnung der Elemente auf dem Tisch identifiziert, welche aber die Grundphilosophie des Bedienkonzeptes und der Modularität nicht verändern. Einige Mo-

dule sollten so verschoben werden, dass ihre Bedienung nicht durch andere Bedienele-mente behindert wird.

Ein viel diskutiertes Thema im Zusammen-hang mit den Bedienelementen war der Ein-bau von Drucktastern, welcher entweder bündig mit dem Tisch oder erhöht erfolgen kann. Befragt nach ihrer Präferenz gaben die Triebfahrzeugführer an, bündig montierte, zumindest im Zentralbereich des Tisches, auf Grund des besseren Feedbacks bei der Betä-tigung zu bevorzugen. Für an den Tischsei-ten angebrachte Taster werden aber erhöhte bevorzugt, da diese ohne Blickkontakt wäh-rend der Fahrt ertastet und betätigt werden können.

5.3. DISPLAYDARSTELLUNGEN UND DEREN ÜBERWACHUNG

Durch die Verlagerung vieler Bedienfunkti-onen in die Software stand die Beurteilung der neu gestalteten Bildschirmschnittstellen, welche sowohl für die Überwachung als auch die Interaktion genutzt werden, im Mittel-punkt der Evaluierung. Insgesamt wurden die Trennung der Informationen zwischen den vier Displays, die gewählten Farben und die allgemeine Struktur von den Triebfahr-zeugführern befürwortet. Einzig die neu entwickelte Darstellung des elektronischen Buchfahrplans wurde aufgrund der schlech-ten Struktur von den meisten Triebfahrzeug-führern abgelehnt. Kritisiert wurden bei der Softwaregestaltung außerdem die teilweise zu kleine Schrift und die vorhandene Redun-danz von einigen Informationen.

Die in den Szenarien festgelegte mehrmalige Wiederholung bestimmter Betriebs-situatio-nen bot neben der Analyse der Display-Haupt-darstellungen die Gelegenheit, die intuitive Bedienbarkeit und die Logik der Navigation auf den Displays während spezieller Situatio-nen zu evaluieren. Ebenso wurden dabei die parallel oder sequenziell ablaufenden Interak-tionen mit den Hardwareelementen erhoben. Exemplarisch sei hier die Analyse beim Wech-sel der Versorgungsspannung (z.B. an Netz-grenzen) mit folgendem Ablauf dargestellt: Hauptschalter aus - Bügel ab - Untermenü Systemwechsel auf dem Display anwählen - Neues Spannungssystem auswählen. Nach erfolgtem Systemwechsel musste der Strom-abnehmer wieder gehoben und der Haupt-schalter wieder eingelegt werden.

Während des etwa 60 s dauernden Vorgan-ges musste vom Triebfahrzeugführer gleich-zeitig die Strecke und das CCD überwacht werden. Die Blickbewegungsanalysen erge-ben die in den Bildern 6 und 7 dargestellte Zeitverteilung zwischen den einzelnen Fixie-rungsbereichen (Mittelwerte über alle Trieb-fahrzeugführer), zum einen für den oben be-schriebenen Handlungsablauf beim Wechsel des Spannungssystems (Bild 6), zum anderen für die gesamte Fahrt (Bild 7).



- 41,6 %: Gleis
- 31,9 %: TDD
- 16,0 %: CCD

BILD 6: Blickbewegungsverteilung während des Spannungssystemwechsels
(Quelle: EUDDplus)



- 46,1 %: Gleis
- 8,6 %: TDD
- 29,1 %: CCD

BILD 7: Blickbewegungsverteilung während der gesamten Fahrt
(Quelle: EUDDplus)

Trotz der erhöhten Aufmerksamkeit, welche dem TDD während dieser Zeit gewidmet werden musste, evaluierten die Triebfahrzeugführer die Gestaltung des Spannungswechsels auf dem TDD sehr positiv. Speziell die Menüstruktur erleichterte den Wechsel der Spannungsversorgung, und es waren kaum Fehlbedienungen zu verzeichnen. Die Fragebögen ergaben, dass das in der PRIMA II implementierte Verfahren einfacher und praktischer ist, als andere den Triebfahrzeugführern bekannte Systeme.

5.4. INFORMATIONSSUCHE AUF DISPLAYS

Die Blickbewegungsanalysen zeigten weiterhin, dass allgemein beim Fahren dem CCD, insbesondere der Geschwindigkeitsanzeige, den ETCS-Elementen (Grafiken, Piktogrammen und Texten) und den Status-Meldungen sehr viel Aufmerksamkeit gewidmet wird. Markante Unterschiede der Beobachtung des CCD ergaben sich bei Fahrten mit Außensignalisierung und bei der Fahrt unter ETCS-Überwachung (Führerstandssignalisierung). Im ersten Fall wurden das CCD durchschnittlich 26,0 %, die Strecke 40,5 % und der elektronische Buchfahrplan 14,1 % der Gesamtzeit beobachtet. Mit ETCS steigt die Beobachtungszeit des CCD auf 39,4 %. Im Gegenzug dazu wird die Beobachtungszeit der Strecke auf 36,3 % und die des Fahrplanes auf 8,5 % reduziert.

Ohne Führerstandssignalisierung verlagert sich die Aufmerksamkeit auf den elektronischen Buchfahrplan, wo die Soll-Geschwindigkeiten abgebildet sind. Unter ETCS wird den auf dem CCD dargebotenen ETCS-Informationen verhältnismäßig mehr Aufmerksamkeit gewidmet als den Daten des Fahrplanes beim Fahren mit Außensignalisierung. Die Streckenbeobachtung wird im Gegensatz dazu durch die Führerstandssignalisierung nur im geringen Maße reduziert.

Insgesamt betrachtet haben die eye tracking Messungen die ergonomische Gestaltung der Displays bestätigt. Die aus den Tests erhaltenen konstruktiven Ergebnisse der Triebfahrzeugführer liefern die Grundlage für die weitere Verbesserung der Informationsdarstellung. Die erhaltenen Ergebnisse werden, nach Prioritäten sortiert, in die weitere Entwicklung einfließen.

6. BETRACHTUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN (LCC)

Um einschätzen zu können, ob sich eine breite Einführung auch wirtschaftlich darstellen lässt, wurden die wahrscheinlichen Lebenszykluskosten des EUDDplus-Führerstandskonzeptes abgeschätzt. Die Untersuchung stützte sich auf bereits im Projekt EUDD aufgestellte Marktdurchdringungs- »



InnoTrans
Internationale Fachmesse
für Verkehrstechnik
21.-24.09.2010

Halle 23, Stand 111
Die Nr. 1 für Drehgestellprüfung an der InnoTrans

Lassen Sie sich von den Vorteilen unseres **Drehgestellprüfstandes NBT** live überzeugen, wir präsentieren Ihnen diese eindrucksvolle Maschine auch dieses Jahr wieder in der vollen Grösse!

Weitere Highlights an unserem Stand sind die **Federprüfpresse NST** mit ihren vielfältigen Funktionen sowie Impressionen des **neuen Verwindungsprüfstandes NWW**.

Besuchen Sie ebenfalls unseren Vortrag im **Speakers Corner** zum Thema:

Verwindungsprüfung
Die Grundlage zu „condition based maintenance“ von Drehgestellen
Donnerstag, 23. September 2010, 13h30-14h30






nencki AG
CH-4901 Langenthal, Switzerland
E-Mail: railway@nencki.ch www.nencki.ch/railway
Telefon: +41 62 919 93 93 Fax: +41 62 919 93 90

szenarien unter Zuhilfenahme des im Rahmen des Projektes MODTRAIN angewandten LCC-Berechnungstools. Es zeigte sich, dass es bei einer Serie von 70 bis 90 modular aufgebauten EUDDplus-Führerständen ohne bedeutende kundenspezifische Änderungen im Engineering und im Herstellungsprozess zu Einsparungen der LCC gegenüber konventionellen Führerständen von 12 % kommen könnte.

Unter Berücksichtigung der Forschungs- und Entwicklungskosten, die durch die Projekte EUDD, MODTRAIN/EUCAB und EUDDplus entstanden sind, würde dann die Rentabilitätsschwelle mit der 2000. produzierten Einheit erreicht sein. Unter Berücksichtigung einer größeren Serie könnte diese Marke auf bis zu 700 sinken. Geht man von einem jährlichen Wachstum des Marktes von Multisystemlokführerständen von 10 % über die nächsten zehn Jahre aus, dann erscheint eine Zahl von 3000 EUDDplus-Führerständen bis zum Jahr 2021 realistisch. Somit könnten auch Produktionsserien größer 100 erreicht werden, mit einem maximalen LCC-Einsparpotenzial von 30 % gegenüber konventionellen Führerständen.

7. ANSÄTZE ZUR KÜNFTIGEN GESTALTUNG EUROPÄISCHER ZULASSUNGSPROZESSE

Am Beispiel des EUDDplus-Führerstandskonzepts konnten schließlich wichtige Hinweise für die künftige Gestaltung europäischer Zulassungsprozesse für innovative Bahntechnologien gewonnen werden. Hierzu fand eine umfassende Konformitätsbewertung der durch das UIC-Merkblatt 612-o gegebenen EUDDplus-Spezifikationen einerseits und des in die Testlokomotive integrierten Führerstandes andererseits statt, welcher die EUDDplus-Spezifikationen zu 80 % erfüllt. Den Bewertungsmaßstab bildeten die durch die Interoperabilitätsrichtlinie 2008/57/EC [2] definierten und im Rahmen der künftigen Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität „Lokomotiven und Personenzüge“ für das konventionelle Eisenbahnsystem (TSI CR LOC&PAS RST) [3] näher spezifizierten notwendigen Anforderungen (essential requirements) Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Gesundheit, Umweltschutz und technische Kompatibilität. Diese Anforderungen werden durch einen umfassenden Satz von Parametern im Annex VII der Interoperabilitätsrichtlinie und entsprechenden begleitenden technischen Dokumenten charakterisiert. In der TSI CR LOC&PAS RST finden sich entsprechende Textpassagen, die jene Parameter wiederum näher spezifizieren. Für die Konformitätsbewertung wurden diejenigen Parameter ausgewählt, die für die Beurteilung des Triebfahrzeugführer-Arbeitsplatzes relevant sind und im Rahmen des Projektes bewertet werden konnten.

Hiervon werden u. a. Parameter aus den Bereichen Bremsfunktionen, sicht- und hörbare Fahrzeugidentifikation und Warnfunktionen, Führerraumdesign, Arbeitsbedingungen, Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung im Führerstand und Equipment und andere Onboard-Einrichtungen für den Triebfahrzeugführer erfasst. In Kombination mit den entsprechenden Textpassagen der TSI ergaben sich über 50 relevante Bewertungskriterien.

Die Bewertung der EUDDplus-Spezifikationen vollzog sich durch Vergleich der entsprechenden Textstellen in den TSI und des UIC-Merkblattes 612-o, währenddessen sich die Bewertung des realisierten Testführerstandes auf augenscheinliche Inspektionen und auf Aussagen der Triebfahrzeugführer und von Technikexperten der Firma Alstom stützte.

Das Ergebnis der Konformitätsbewertung ergibt folgendes Bild: Hinsichtlich der betrachteten Bewertungskriterien genügen die EUDDplus-Spezifikationen zu 86 % und der realisierte Testführerstand zu 79 % den Anforderungen der künftigen TSI CR LOC&PAS RST. Neben vereinzelten offen gebliebenen Punkten steht dem ein Anteil von 2 % der Bewertungskriterien bei den EUDDplus-Spezifikationen bzw. 8 % beim realisierten Testführerstand gegenüber, die den TSI-Anforderungen nicht genügen.

Die gewählte Methodik zur Überprüfung der EUDDplus-Spezifikation auf Konformität gegenüber den TSI-Anforderungen ist beispielgebend und auch auf andere bahntechnische Subsysteme und deren Spezifikationen anwendbar.

8. AUSBLICK

Mit EUDDplus endet eine fast zwölfjährige Phase intensiver vorwettbewerblicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit, in deren Ergebnis große Fortschritte in Richtung ei-

nes standardisierten, in seiner funktionalen Anordnung harmonisierten und nach grundlegenden ergonomischen Prinzipien gestalteten europäischen Lokführerstandes erzielt wurden.

So veröffentlichten UIC und UNIFE im Juni 2010 eine gemeinsame Technische Empfehlung für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen am Lokführerarbeitsplatz (Technical Recommendation Driver Machine Interfaces in the scope of TSI High Speed and Conventional Rail), welche auf dem UIC-Merkblatt 612-o und den Ergebnissen der Projekte MODTRAIN/EUCAB und EUDDplus basieren. [4]

Die Ergebnisse von EUDDplus haben auch erheblichen Einfluss auf die Standardisierungsaktivitäten des zuständigen Arbeitsgremiums CEN/TC 256/WG 37 beim Europäischen Komitee für Normung. Sie schaffen u. a. die Grundlage für einen Europäischen Norm-Entwurf, der unter Beachtung der Körpermaße des Lokführers allgemeine Gestaltungsregeln für den Zugang zum Führerraum, Sichtbedingungen nach vorn einschließlich der Lage der zu berücksichtigenden Signale sowie Bewertungsverfahren für die TSI-Anforderungen bezüglich Grundriss und Zugänglichkeit der Ausrüstung und der Bedienelemente festlegt. [5] ◀

Literatur

- [1] UIC 612-o Driver Machines Interfaces for EMU/DMU, Locomotives and driving coaches - Functional and system requirements associated with harmonised Driver Machine Interfaces, 1st edition, June 2009
- [2] Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community (Recast)
- [3] ERA Interoperability Unit: Trans-European Conventional Rail System - Subsystem Rolling Stock TSO "Locomotives and Passenger RST"; version 3.0 - final draft, 03 August 2009 2009 (unveröffentlicht)
- [4] UNIFE/UIC: Technical Recommendation N°100_002 Driver Machine Interfaces in the scope of TSI High Speed and Conventional Rail; 07 June 2010
- [5] <http://www.fsf.din.de/cmd?level=tpl-proj-detailansicht&committeeid=54739023&projid=115861985&bcrumlevel=3&languageid=de>
Zugriff 23.06.2010

SUMMARY

EUDDplus – making reality out of a European concept for a driver's cab

On the one hand, this article clearly brings out the essential contributions made to the development of a uniform European concept for a driver's cab by the preceding projects, EUDD and MODTRAIN/EUCAB. On the other hand, it dedicates much of the available space to the functional description of the EUDDplus concept for a driver's cab and its integration in a prototype of the latest generation of multi-system locomotives from Alstom Transport, namely the Prima II. The article then goes on to report in some detail on the preparation and conduct of the field tests, which took place in November and December 2009 at Siemens' Wegberg-Wildenrath test centre, with the involvement of 17 train drivers from ten European countries, who were asked to evaluate the ergonomic advantages of the proposed cab. The article then presents a brief summary of the results of the test, as obtained from questionnaires, eye-movement measurements and the interpretation of the records of operational data. The article ends with an appraisal of the economic advantages of a uniform European concept for a driver's cab and shows the approaches to the future design of processes for pan-European approvals of innovative railway-system technologies, of which it puts EUDDplus forward as a model.