

Fahrzeugseitige Einstiegshilfen: Eine Untersuchung der Übertragbarkeit bewährter Lösungen aus Straßenbahn und Stadtbus auf den Vollbahnverkehr – Selbstbedienbarkeit im Fokus

*Dipl.-Ing. Aaron Paz Martinez, M.Eng. David Krüger, M.Sc. Fabian Schmid, M.Sc. Johannes Pagenkopf, Dipl.-Ing. M.Des. Mascha Katharina Brost, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart
Dipl.-Ing. Marc Sparsbrod, M.Sc. Felix Heizler, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF), Dresden*

1 Einleitung

Das Recht auf Zugang zu Schienenfahrzeugen ist derzeit für Menschen mit eingeschränkter Mobilität (PRM) und insbesondere für Rollstuhlfahrende nicht flächendeckend gewährleistet, was dem Grundsatz der größtmöglichen Unabhängigkeit bei der persönlichen Mobilität (Art. 20 UN-BRK) [1] widerspricht.

In dem vom DZSF beauftragten Forschungsprojekt „Selbstständige Bedienbarkeit fahrzeugseitiger Einstiegshilfen“ [2] ist es das Ziel, Anforderungen an Einstiegshilfen (EH) entsprechend identifizierter Anwendungsfälle [3] zu erfassen und so zu definieren, dass zukünftige Systeme eine eigenständige Nutzung durch Rollstuhlfahrende ermöglichen. Dabei werden die technische und betriebliche Umsetzbarkeit der Anpassungen sowohl an den EH als auch an den Fahrzeugen sowie deren wirtschaftliche Tragfähigkeit berücksichtigt.

Bevor jedoch die Anforderungen für die Anpassung solcher Baugruppen in einer späteren Projektphase definiert werden, ist es notwendig, den Stand der Technik fahrzeugseitiger EH zu evaluieren. In Straßenbahnen und Stadtbussen eingesetzte Fahrzeuge sind im Hinblick auf EH und deren selbstständige Bedienbarkeit geprägt von einem hohen Automatisierungsgrad der Rampen und die flächendeckende Nutzung der seitlichen Fahrzeugneigung („Kneeling“). Dies macht eine Prüfung der Übertragbarkeit auf den Vollbahnbereich sinnvoll.

2 Methodik

Es wurde eine systematische Analyse fahrzeugseitiger EH durchgeführt, wobei auf eine Recherche in Fachartikeln, Patentdatenbanken und direkt in Datenblättern von Systemherstellern zurückgegriffen wurde. Diese wurde ergänzt durch Fachgespräche im begleitenden Arbeitskreis (fb-AK), dem u.a. Fahrgast- und Behindertenverbände, Verkehrsunternehmen, Fahrzeughersteller und Systemhersteller angehören, sowie durch Interviews mit dem Landesverband Selbsthilfe Körperbehinderter Saarland e.V. Ziel war die strukturierte Übersicht und Kategorisierung der derzeit verfügbaren und perspektivisch relevanten EH. Für alle identifizierten Modelle wurden Steckbriefe erstellt, in denen die wesentlichen technischen Merkmale, Einsatzbereiche und Besonderheiten dokumentiert wurden. Zum Schluss erfolgte eine Analyse unkonventioneller EH und die Untersuchung der Gründe für deren bisherigen Nichteinsatz, die ebenfalls mit dem fb-AK diskutiert wurden.

3 Ergebnisse

Um den anschließenden Vergleich zu ermöglichen, werden im Folgenden die im Vollbahnverkehr eingesetzten EH erläutert:

- **Rampen:** In Vollbahnen finden sich hauptsächlich Faltrampen (z. B. FBT TriFold). Diese gelten als technisch einfache und robuste Systeme. Ihre Bedienung ist jedoch nicht trivial und obliegt dabei ausschließlich dem Zugpersonal. Einige Doppelstockwagen der 90er Jahre sind mit einer festen, automatischen Rampe ausgestattet, um die Einstiegshöhe von 600 mm aus Bahnsteighöhen von 380 bis 760 mm zu erreichen. Niedrige Bahnsteige führen jedoch zu steilen Rampenneigungen. Automatische Mehrzweckrampen von IFE Doors und Masats bieten eine Umfelderkennung und ermöglichen eine vollautomatische Nutzung – sind jedoch durch die aktuellen Plattformlängen und die daraus resultierende Rampenneigung für die genannte unabhängige Nutzung begrenzt.
- **Hublifte** (z. B. Palfinger TRV2, simplify engineering BW50, U-Lift UPL) werden sowohl im Bus- als auch im Bahnsektor eingesetzt und sind besonders dann nützlich, wenn mittlere und große Höhendifferenzen vorliegen. Die technischen Unterschiede in der Anwendung bei beiden Verkehrsträgern sind gering, insbesondere in Bezug auf Tragfähigkeit, Hubhöhe und Steuerung. Entscheidend im Kontext dieser Studie ist ihr hoher Automatisierungsgrad und ihr Potenzial für eine selbstständige Nutzung, die im SPFV mit den fahrzeuginternen Liften der doppelstöckigen Fahrzeuge von Alstom (TGV) und SJ Regina bereits vollständig erreicht wird.

Im Folgenden wird eine Benchmark-Analyse verschiedener EH vorgestellt (siehe Tabelle 1). Der Vergleich der Systeme aus Stadtbus-/Straßenbahn- und Vollbahnbereich ermöglicht die Identifikation jener Lösungen, die hinsichtlich Übertragbarkeit und Selbstbedienbarkeit im Vollbahnverkehr ein gewisses Potenzial aufweisen:



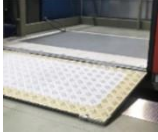

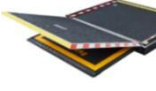




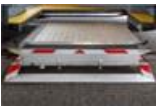
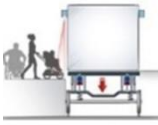




Einstiegshilfe	Vollbahnen	Stadtverkehr	Potenzial für selbständige Bedienbarkeit (nicht möglich – eingeschränkt - hoch - sehr hoch)
Manuelle Rampe			Nicht möglich , keine selbständige Nutzung möglich; sie wurde dennoch bei der Anforderungserhebung als gutes Redundanzsystem für den Fall einer Störung genannt. Fotos: rms GmbH (links), Masats (rechts)
Elektrische Rampe (einstöckige Fahrzeuge)			Eingeschränkt , obwohl bereits halbautomatisch. Trotz Konformität mit der TSI PRM können die derzeitigen Rampenneigungen nicht immer von allen Rollstuhlarten überwunden werden. Längere Rampen und ggf. geneigte Einstiege nötig. Fotos: Masats (links), IFE Doors (rechts)
Doppelrampe	Nicht eingesetzt		Eingeschränkt wie bei der elektrischen Rampe für einstöckige Fahrzeuge aufgrund der aktuellen Rampenlängen. Foto: Hübner Group
Elektrische Rampe (doppelstöckige Fahrzeuge)		Nicht eingesetzt (kein Anwendungsfall)	Eingeschränkt , obwohl bereits halbautomatisch; ihre Rampenneigungen können nicht von allen Rollstuhlarten bewältigt werden; Kompatibilität mit 38 cm-Bahnsteigen und Ausfahren bei geöffneter Tür kritisch. Foto: DB AG
Teleskopische Rampe	Nicht eingesetzt		Hoch , bereits halbautomatisch; geringere Rampenneigungen als die meisten elektrischen Rampen erleichtern den Einstieg ohne fremde Hilfe. Foto: Masats
Lange Rampe mit Fahrzeug-Integration	Nicht eingesetzt		Hoch , bereits halbautomatisch; geringere Rampenneigungen als die meisten elektrischen Rampen erleichtern den Einstieg ohne fremde Hilfe. Foto: Steve Morgan, CC BY-SA 4.0
Tür als Rampe	Nicht eingesetzt		Hoch , bereits halbautomatisch; allerdings sind der langsame Öffnungsvorgang und der Platzbedarf am Bahnsteig relevante Nachteile. Foto: madle-fotowelt
Kassettenlift	Nicht eingesetzt		Hoch , bereits halbautomatisch und ohne Plattformneigung. Aufgrund des Einschnitts im Fahrzeugboden muss sein Einbau in den frühen Entwicklungsphasen des Fahrzeugs berücksichtigt werden. Foto: Palfinger
Pneumatische /Hydraulische Hubsysteme	In Entwicklung 		Hoch ; die seitliche Absenkung „Kneeling“ wird derzeit in Bussen halbautomatisch bei der Türöffnung aktiviert und ein ähnlicher Vorgang ist für Hubsysteme in Vollbahnen plausibel. Fotos: ©Liebherr (links), Aaron Paz Martinez (rechts)
Fahrzeugexterner Hublift			Hoch ; hoher Automatisierungsgrad möglich; je nach Ausführung (Schwenklift-Vertikallift) unterscheiden sich die Anzahl und Abfolge der Entfaltungsschritte. Fotos: simplify engineering (links), Hino Selega CC BY-SA 4.0 (rechts)
Fahrzeuginterner Hublift		Nicht eingesetzt	Sehr hoch , bereits vom Zugpersonal unabhängig; derzeit im SPfV im Einsatz. Er setzt zuvor einen niveaugleichen Einstieg voraus und der Platzbedarf im Fahrzeug ist groß. Im Falle des TGV M wird er in Kombination mit einem Hubsystem am Wagen mit PRM-Einstieg installiert, das verbleibende Höhendifferenzen bis zu 70 mm abfedert [4]. Foto: SNCF

Tabelle 1: Abgleich des Potenzials für die selbständige Bedienbarkeit fahrzeugseitiger EH im Vollbahnverkehr und im Stadtverkehr

Der oben aufgeführte Vergleich ergibt, dass Kassettenlifte, teleskopische Rampen und lange Rampen mit Fahrzeugintegration im Vollbahnverkehr nicht verwendet werden, obwohl diese ein hohes Potential für selbstständige Bedienbarkeit aufweisen:

- Kassettenlifte (z. B. Palfinger CL300 [5]) sind potenziell ohne fremde Hilfe bedienbar, können etwa 300 mm Höhenunterschied überbrücken, sind technisch aber nur für Rollstuhlfahrende geeignet. Sie erlauben aufgrund der begrenzten Plattformlänge keinen Transport von Kinderwagen und erfordern eine individuelle konstruktive fahrzeugseitige Integration.
- Teleskopische Rampen (z. B. Masats RT1 [6]) verfügen über eine verstellbare Plattformlänge, die eine niedrigere Rampenneigung und/oder die Überbrückung eines größeren vertikalen Spalts ermöglicht. Im ersten Fall wird der Zugang ohne fremde Hilfe erleichtert. Das Potenzial für eine Selbstbedienbarkeit ist gegeben, wobei das automatische Ausfahren einer Teleskoprampe an sich eine größere technische Komplexität aufweist. Aktuelle Rampenausführungen ermöglichen eine Höhenüberbrückung von etwa 150 mm bei 14% Neigung, ohne dabei das Schwellenprofil, das „Kneeling“ und die Fußbodenneigung im Türbereich zu berücksichtigen.
- Lange Rampen mit Fahrzeugintegration werden in nordamerikanischen Stadtbussen häufig in Form von elektrischen Klapprampen eingesetzt (z. B. Ricon FoldOver SSR [7]), haben durch die Integration ihrer Neigung in den Fahrzeugeinstieg eine deutlich längere Plattform und können daher größere Höhenunterschiede überwinden. Das Potenzial für die Selbstbedienung ist grundsätzlich vorhanden. Aufgrund ihrer Länge müsste eine hinreichende Breite des Bahnsteigs geprüft werden. Soweit bekannt, ist diese Rampenart in Deutschland noch nicht zugelassen.

Auch unkonventionelle Systeme können Teil der Lösungen sein, wie z. B. das Anheben/Absenken von Wagenkästen, die dem „Bus-Kneeling“ ähneln, jedoch den ganzen Wagenkasten vertikal bewegen können, wodurch die Anforderungen an Rampenneigungen oder andere EH aufgrund der geringeren Resthöhendifferenzen reduziert werden.

- Pneumatische Hubsysteme gehören zum Stand der Technik in luftgefederten Lkw und Bussen. Diese Systeme zeichnen sich durch ihre schnelle Reaktionszeit und grundsätzliche Betriebssicherheit aus, sind jedoch in ihrer maximalen Hubhöhe deutlich begrenzt. Daraus folgt, dass zur Überwindung typischer Höhendifferenzen, die etwa einer Stufenhöhe entsprechen, zusätzlich andere EH in Kombination erforderlich wären.
- Der Einsatz hydraulischer Lösungen in Kombination mit Stahlfedern, wie von Liebherr-CAF gezeigt [8], könnte einige der oben genannten Probleme lösen und zudem größere Hübe von mindestens 150 mm ermöglichen, bedingt aber höhere Kosten, zusätzliche Masse im Fahrzeug und erfordert voraussichtlich strukturelle Änderungen an Wagenkästen und/oder Fahrwerken, um die notwendige Mechanik unterzubringen. Längere Hübe ermöglichen deutlich kürzere bzw. flachere Rampen, müssen aber bei der Ausführung anderer Baugruppen wie ggf. Stromabnehmer berücksichtigt werden.

Einige EH lassen sich gezielt kombinieren, um ihre jeweiligen Stärken auszuspielen oder Schwächen zu kompensieren. Ebenso ist zu beachten, dass nicht jede EH an allen Türen eines Fahrzeuges gleichermaßen erforderlich oder sinnvoll ist. Insbesondere Fahrzeuge mit mehreren Einstiegshöhen bieten die Möglichkeit, unterschiedliche EH je nach Position, verfügbarem Platz und Höhendifferenz zu integrieren. Dies würde nicht nur ein gewisses Maß an Redundanz schaffen, sondern auch die Funktionalität des Fahrzeugs optimieren.

4 Fazit und Ausblick

Einige EH sowohl aus dem Vollbahnbereich als auch aus dem Stadtverkehr weisen eine Reihe von Merkmalen auf, die ein hohes Potential für die selbstständige Bedienbarkeit erkennen lassen. Im Falle eines Kassettenlifts sind diese jedoch auf neu konzipierte Fahrzeuge beschränkt. Teleskoprampen erweisen sich insbesondere aufgrund derer Automatisierung als flexible Systeme, auch wenn ihre derzeitigen Längen und damit die überbrückbaren Höhendifferenzen für den Einsatz im Vollbahnbereich nicht ausreichen und möglicherweise eine Kombination mit einer Fußbodenneigung im Einstiegsbereich und/oder Hubsysteme erforderlich machen würden. Hubsysteme und Hublifte weisen ebenfalls ein hohes Potential auf, wobei letztere auch besonders große Höhendifferenzen überwinden können. Aus diesen Gründen ist eine Analyse der rechtlichen und technischen Anpassungen für den selbstständig bedienbaren Einsatz solcher EH im Vollbahnbereich zweckdienlich.

Die vorliegende Analyse dient als Benchmark für weitere Untersuchungen in den kommenden Projektphasen, in denen eine konsensbasierte Definition der Anforderungen an die genannten selbstständig bedienbaren EH angestrebt wird.

5 Literatur

- [1] United Nations: Convention on the Rights of Persons with Disabilities, New York, 2006, abrufbar unter <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-persons-disabilities>

- [2] Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF): Selbstständige Bedienbarkeit fahrzeugseitiger Einstiegshilfen, Dresden, 2024, abrufbar unter https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_179_Einstiegshilfen.html
- [3] Herwartz-Polster, S. et al.: Der Höhenunterschied zwischen Fahrzeug und Bahnsteigkante, 5. International Railway Symposium Aachen, Tagungsband/proceedings, 2025
- [4] Worth, J.: #CrossBorderRail: The accessibility problems with Alstom's new TGV-M train – with implications for future Channel Tunnel operators, Berlin, 2025, abrufbar unter <https://crossborderrail.trainsforeurope.eu/the-accessibility-problems-with-alstoms-new-tgv-m-train-with-implications-for-future-channel-tunnel-operators/>, Zugriff im September 2025
- [5] PALFINGER Tail Lifts GmbH: MBB Medilift, Ganderkesee (Deutschland), 2025, abrufbar unter: https://www.palfinger.com/de-de/produkte/personeneinstiegssysteme/modelle/mbb-medilift_p_2084, Zugriff im Juli 2025
- [6] MASATS S.A.: RT1 Dual Telescopic Ramp, S. Salvador de Guardiola (Barcelona), 2025, abrufbar unter: <https://www.masats-llc.com/en/rt1-dual-telescopic-ramp/>, Zugriff im Mai 2025
- [7] Ricon Corp.: FoldOver SSR Single-Slope Ramp, San Fernando (CA), 2025, abrufbar unter: https://www.riconcorp.com/pages/products_transit_foldover_ssr_ramp.asp, Zugriff im August 2025
- [8] Liebherr Aerospace & Transportation SAS: Hydraulische Aktuatorik zur Niveauregulierung, Toulouse, 2024, abrufbar unter: https://www-assets.liebherr.com/media/bu-media/lhbu-corp/news/corp_news_2024/11/29/aer/version2/liebherr-presseinformation-hydraulische-aktuatorik-caf_nov2024_de.pdf, Zugriff im Mai 2025