Überprüfung der Mitnahmemöglichkeiten von Rollstühlen in den Kasseler Straßenbahnen und RegioTram-Bahnen

Schlussbericht

Auftraggeber
Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG
Ansprechpartner: Michael Wiesenhütter
Königstor 3 – 13
34117 Kassel

Auftragnehmer
Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.
Mathias-Brüggen-Straße 41
50827 Köln
Tel.: 0221/59795-0
Fax: 0221/59795-50
www.stuva.de

Bearbeiter:
Dr.-Ing. Dirk Boenke (Projektleitung)
M. Sc. Julia Nass

unter Mitarbeit von:
Dipl.-Phys. Ing. Klaus Martini
Simone Heidekrüger

(v1_00 2017-12-20)

Köln, Dezember 2017

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2

1 Hintergrund und Aufgabenstellung 4

2 Zentrale Erkenntnisse und Zusammenfassung der Empfehlungen 5

2.1 Empfehlungen zur Queraufstellung von Rollstühlen 5

2.2 Weitergehende Erkenntnisse und Empfehlungen 7

3 Grundlagenermittlung 8

3.1 Rollstühle und Elektromobile 8

3.1.1 Bezugsrollstuhl und Festlegungen für den ÖPNV 9

3.1.2 Bauartbedingte Eigenschaften unterschiedlicher Rollstühle 10

3.1.3 Schlussfolgerungen für die Untersuchung und Auswahl von Hilfsmitteln 15

3.2 Rechtliche und normative Festlegungen bezüglich notwendiger Durchgangsbreiten in Straßenbahnen 16

3.2.1 Allgemeine Beförderungsbedingungen 16

3.2.2 Besondere Beförderungsbedingungen 17

3.2.3 Festlegungen für den Straßenbahnbereich 17

3.2.4 Festlegungen von Durchgangsbreiten im Busbereich 18

3.2.5 Schlussfolgerungen für die Untersuchung hinsichtlich einzuhaltender Durchgangsbreiten 19

4 Analyse der Kasseler Straßenbahnfahrzeuge – Aufstellpotenzial 19

4.1 Aufstellpotenzial und Nutzbarkeit der Aufstellbereiche 19

4.1.1 Methodik der Versuchsdurchführung 20

4.1.2 Überprüfte Schienenfahrzeuge 20

5 Überprüfung der Sicherheit bei Queraufstellung von Rollstühlen 23

5.1 Ziele der Versuche zur Standsicherheit 23

5.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung 23

5.2.1 Eingesetzte Straßenbahnfahrzeuge 23

5.2.2 Rollstühle 23

5.2.3 Prüffahrten 27

6 Untersuchungsergebnisse und Maßnahmenempfehlungen 28

6.1 Potenzial für die Mitnahme von Rollstühlen 28

6.2 Grundsätzliche Standsicherheit der Rollstühle 29

6.2.1 Verhalten bei Gefahrbremsungen 29

6.2.2 Verhalten bei Kurvenfahrten 33

6.3 Hinweise für einzelne Fahrzeugserien 34

6.3.1 Serie 6NGTW 34

6.3.2 Serie 8ENGTW 35

6.3.3 Serie 8ZNGTW 37

6.3.4 Serie NGT8 39

6.3.5 RegioTram 8NRTW-E 41

6.3.6 RegioTram 8NRTW-D 43

6.4 Weitere Erkenntnisse und Empfehlungen 45
6.4.1 Fahrzeugtüren 45
6.4.2 Verhaltensempfehlungen 48
7 Literatur/Quellen 49
Anhang A: Eingesetzte Hilfsmittel 51
Anhang B: Fahrzeuggrundrisse 56

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Die Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG (KVG) registriert seit Jahren eine ansteigende Nachfrage bei der Mitnahme von Mobilitätshilfen in ihren Bussen und Straßenbahnen. Hierbei spielt die Straßenbahn eine maßgebliche Rolle, da dort die Nachfrage nach derartigen Beförderungsleistungen am größten ist. Dies betrifft sowohl die Straßenbahnfahrzeuge der KVG und der Regionalbahn Kassel GmbH (RBK) als auch die RegioTram-Bahnen, welche durch die RegioTram Gesellschaft mbh (RTG) betrieben werden.

Die KVG hat in den letzten Jahren bereits zahlreiche Maßnahmen ergriffen, die einfache und sichere Mitnahme von Mobilitätshilfen zu ermöglichen. Zu diesen Maßnahmen gehören beispielsweise der Ausbau der Infrastruktur zur Verbesserung der Einstiegsverhältnisse, das Angebot von Mobilitätstrainings oder auch selbst durchgeführte Untersuchungen, um eine sichere Mitnahme auch bei der Beförderung von Elektromobilen (E-Scootern) in den Nahverkehrsfahrzeugen zu gewährleisten .

Wenn auch die Mitnahme von Mobilitätshilfen in den Kasseler Bussen und Straßenbahnen grundsätzlich ermöglicht werden soll, müssen in einer Abwägung immer verschiedene Belange berücksichtigt werden. Hierzu zählen beispielsweise die betriebliche Integration (z. B. Fahrplaneinhaltung, Einbindung des Fahrpersonals) oder die Verständlichkeit von einschränkenden Regelungen, z. B. bei fahrzeugspezifischen Einschränkungen bei der Mitnahme von Mobilitätshilfen. Eine übergeordnete und gesetzlich vorgegebene Aufgabe für das Verkehrsunternehmen ist die Gewährleistung von Sicherheit und Ordnung im Betrieb. Dies gilt vor allem dann, wenn eine Fremdgefährdung Dritter besteht, beispielsweise durch eine im Fahrgastbetrieb verrutschende oder umkippende Mobilitätshilfe.

Bis Frühjahr 2017 lag es im Ermessen des Fahrpersonals, in den Kasseler Straßenbahnen an den dafür vorgesehenen Mehrzweckbereichen zwei Rollstühle quer zur Fahrtrichtung nebeneinander aufzustellen. Damit sollte der hohen Nachfrage nach Mitnahme von Mobilitätshilfen entsprochen werden. Aufgrund von in jüngerer Zeit durchgeführten Untersuchungen und daraus formulierten deutschlandweiten Empfehlungen bezüglich der sicheren Mitnahme von E-Scootern in Linienbussen, besteht in der Folge bei den Verkehrsunternehmen im Allgemeinen eine größere Sensibilisierung hinsichtlich der Sicherung von Mobilitätshilfen in öffentlichen Verkehrsmitteln. Ausgelöst durch die bundesweiten Diskussionen und um sich selbst ein Bild von möglichen Gefährdungspotenzialen zur Einschätzung von Auswirkungen auf Sicherheit und Ordnung im Betrieb zu machen, hat die KVG bereits verschiedene eigene Risikoanalysen zur Mitnahme von E-Scootern erstellt. Zuletzt wurden eigene Fahrversuche mit quer aufgestellten E-Scootern in den Straßenbahnen durchgeführt, da diese Art der Aufstellung im Fahrgastbetrieb bislang geduldet wurde, um bei entsprechender Nachfrage eine größere Beförderungskapazität zu ermöglichen.

Das bei Gefahrbremsungen der Straßenbahn während der Tests festgestellte Stabilitätsverhalten der quer aufgestellten E-Scooter war für die KVG Anlass, die Queraufstellung von Rollstühlen und E-Scootern bei der Mitnahme in Bussen und Bahnen zunächst auszusetzen. Die Tests zeigten, dass mindestens eine Selbstgefährdung der Nutzer der Hilfsmittel nicht immer sicher ausgeschlossen werden kann. Die derzeitig (Oktober 2017) gültige Regelung für die Queraufstellung gilt sowohl für E-Scooter als auch für Rollstühle, da für letztere die Übertragbarkeit der Ergebnisse aufgrund von Erfahrungswerten zunächst plausibel erscheint. Die Abschätzung bezüglich einer Fremdgefährdung konnte nicht abschließend beantwortet werden. Da derzeit nur noch die Längsaufstellung möglich ist, hat sich die Kapazität für die Mitnahme von Rollstühlen sowohl in den einzelnen Straßenbahn-

fahrzeugen als auch insgesamt verringert, was sich insbesondere in Zeiten hoher Nachfrage auf die Mobilität der Rollstuhlnutzer auswirken kann.

Um auch zukünftig eine für alle Fahrgäste sichere Mitnahme von Rollstühlen gewährleisten zu können, wurden die Potenziale für eine Mitnahme dieser Hilfsmittel bezüglich Kapazität (Anzahl der Aufstellbereiche je Fahrzeug) und Sicherheit (standsichere Aufstellung) für die Kasseler Straßenbahnfahrzeuge von der STUVA als neutraler Institution überprüft und bewertet. Besonders im Fokus stand dabei die Queraufstellung der Hilfsmittel an den jeweiligen Mehrzweckbereichen.

2 Zentrale Erkenntnisse und Zusammenfassung der Empfehlungen

Die folgenden zentralen Erkenntnisse und Empfehlungen wurden aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung abgeleitet. Weitergehende Begründungen für diese Empfehlungen finden sich im Kapitel 6. In den nachfolgenden Kapiteln (Kap. 4 und 0) wird ausführlich auf die Methodik eingegangen.

2.1 Empfehlungen zur Queraufstellung von Rollstühlen

Grundsätzlich ist eine Queraufstellung sowohl von elektrisch angetriebenen Rollstühlen und Elektromobilen[1] als auch von Greifreifen-Rollstühlen mit jeweils einer Länge von maximal 1.200 mm bzw. 1.250 mm inkl. Nutzer in den Kasseler Straßenbahnen und in den RegioTram-Bahnen **möglich**. Dies gilt sowohl hinsichtlich der verbleibenden lichten Weite für Durchgänge im Fahrzeug als auch bei den Straßenbahnen der KVG bezüglich der Standsicherheit der Rollstühle bei Gefahrbremsungen und Kreisbogenfahrten der Straßenbahnen.[2] Dabei sind ggf. andere Aufstellplätze als die ausgewiesenen Rollstuhlstellplätze zu nutzen. Eine Fremdgefährdung infolge einer Queraufstellung von Rollstühlen wird unter Berücksichtigung der nachfolgenden Randbedingungen bzw. Einschränkungen grundsätzlich ausgeschlossen:

1. Rollstühle oder Elektromobile, die an der in Fahrtrichtung der Straßenbahn vorderen Position des jeweiligen Aufstellplatzes abgestellt wurden, standen bei den Versuchen unabhängig vom Rollstuhl-Typ immer sicher.
2. Für elektrisch betriebene Rollstühle und Elektromobile galt dies auch, wenn diese an der in Fahrtrichtung der Straßenbahn hinteren Position aufgestellt wurden.
3. Greifreifen-Rollstühle standen an der hinteren Position grundsätzlich sicher, wenn an der vorderen Position ein Elektrorollstuhl oder Elektromobil stand.
4. Bei einer Aufstellung von zwei Greifreifen-Rollstühlen nebeneinander ist eine Fremdgefährdung nicht sicher auszuschließen. Greifreifen-Rollstühle an zweiter Position ohne eine zusätzliche Sicherung verschoben sich während einer Gefahrbremsung der Straßenbahn 30 cm bis 40 cm in den Gang, wenn an der vorderen Position ebenfalls ein Greifreifen-Rollstuhl stand. Dies war dadurch begünstigt, weil die infolge der Gefahrbremsung gegenüber einem elektrisch angetriebenen Rollstuhl größere Drehbewegung des vorderen Rollstuhls die Wirksamkeit der stabilisierenden Abstützung für den hinteren Rollstuhl verringerte. Durch die größere Drehbewegung des vorderen Rollstuhls konnte sich der hintere Rollstuhl mit einer Drehbewegung leichter von der ursprünglichen Aufstellposition in den Gang bzw. gegenüberliegenden Türbereich hinausbewe-

[1] Im Folgenden wird zusammenfassend der Begriff „Rollstühle“ verwendet, sofern aus anderen Gründen keine Unterscheidung erforderlich ist.
[2] Mit den RegioTram-Bahnen wurden keine Gefahrbremsungen und Kreisbogenfahrten durchgeführt.

gen. Somit ist eine Eigengefährdung des Nutzers, aber vor allem eine Gefährdung von weiteren Fahrgästen nicht sicher auszuschließen.

5. Bei der Aufstellung eines elektrisch angetriebenen Rollstuhls oder eines Elektromobil und eines Greifreifen-Rollstuhls nebeneinander sollte der Greifreifen-Rollstuhl aufgrund der geringeren Masse immer auf der in Fahrtrichtung der Straßenbahn hinteren Position platziert werden.
6. Generell sollten für **Durchgänge** zwischen abgestellten Rollstühlen und festen Einbauten im Fahrzeug **lichte Weiten von mindestens 450 mm verbleiben**. Eine lichte Weite von 450 mm für einen Durchgang, der von Fahrgästen in Straßenbahnen genutzt wird, ist als ausreichend zu betrachten, um Sicherheit und Ordnung im Betrieb zu gewährleisten.
    a) Diese lichte Weite kann immer eingehalten werden, wenn eine Abstellung der **Rollstühle von maximal 1.200 mm Länge (bzw. 1.250 mm inkl. Nutzer)**[3] in den Aufstellbereichen mit Zugang über die in Fahrtrichtung erste Betriebstür im Niederflurbereich erfolgt. An dieser Tür steht zudem immer eine fahrzeuggebundene Einstiegshilfe zur Verfügung.
    b) Dabei ist zu beachten, dass die **Rollstühle immer mit der Rückenlehne bzw. so weit wie möglich an die Fahrzeugseitenwand bzw. die Türflügel** (bei Aufstellung an einer Betriebstür) heranfahren sollten.
    c) An den Rollstühlen und Elektromobilen dürfen daher **keine zusätzlichen Anbauten angebracht oder Gepäckstücke an der Rückenlehne befestigt** sein, die ein nahes Heranfahren des Rollstuhls selbst an die Fahrzeugseitenwand verhindern.
7. Um bei einer Queraufstellung von Rollstühlen immer die erforderlichen Durchgangsbreiten gewährleisten zu können und um eine einheitliche und verständliche Mitnahmeregelung zu erreichen, sind in einigen Straßenbahn-Fahrzeugserien alternative Aufstellplätze in Betracht zu ziehen. Für die jeweiligen Fahrzeugserien bedeutet dies:
    a) Bei den Einrichtungs-Straßenbahnen **6NGTW und 8ENGTW** ist die **Aufstellung quer** zur Fahrtrichtung der Straßenbahn **am gekennzeichneten Mehrzweckbereich**, der auch für die Längsaufstellung vorgesehen ist, möglich.
    b) Bei den Fahrzeugen der **Serie 6NGTW** gilt dies allerdings **nur für** die bereits überholten Bahnen (**Re-Design**), da aufgrund des an der Fahrzeugseitenwand angebrachten Papierkorbs bei der ursprünglichen Ausstattung ein dort abgestellter Rollstuhl weiter in den Durchgang ragen würde und die lichte Weite des Durchgangs von der Tür zum höher liegenden Fahrgastbereich dadurch zu gering würde.
    c) Bei den Zweirichtungs-Straßenbahnen **8ZNGTW und NGT8** kann eine **Aufstellung** von Rollstühlen **quer zur Fahrtrichtung** der Straßenbahn **nur in den Türbereichen** auf der in Fahrtrichtung der Straßenbahn linken Seite erfolgen. Bei einer Queraufstellung am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz ergeben sich nicht ausreichende lichte Weiten für den Durchgang.
    d) Bei den RegioTram-Bahnen **8NRTW-E und 8NRTW-D** kann eine **Aufstellung** von Rollstühlen **quer zur Fahrtrichtung** der Bahn ebenfalls **nur in den Türbereichen** erfolgen, ggf. mit Seitenwechsel, je nach Lage des Bahnsteigs und der daraus folgenden Türöffnung. Bei einer Aufstellung am gekennzeichneten Rollstuhlstellplatz ergeben sich nicht ausreichende lichte Weiten für den Durchgang von Fahrgästen in Längsrichtung.
8. **Rollstühle bzw. Elektromobile** sind bei einer Aufstellung **quer zur Fahrtrichtung** der Straßenbahn zusätzlich **immer wie folgt aufzustellen**:

[3] Die Länge von 1.200 mm entspricht einem international verwendeten Bezugsrollstuhl bzw. der derzeit maximal zugelassenen Länge von Rollstühlen für die Mitnahme im Kasseler ÖPNV, die Länge von 1.250 mm entspricht der Länge des Bezugsrollstuhls inkl. Nutzer.

a) An der ersten Position sind Rollstühle **so nah wie möglich an der in Fahrtrichtung vorhandenen, seitlichen Abstützung** (Rückenlehne angrenzender Fahrgastsitze, Stufe, Haltestange usw.) aufzustellen, um Bewegungswege (Rutschen, Kippen) des Rollstuhls bei einer Gefahrbremsung gering zu halten.
b) Bei einem Zugang durch die in Fahrtrichtung linke Betriebstür (bei den Zwei-Richtungsfahrzeugen möglich) sollte die Einfahrt mit dem Rollstuhl möglichst nah am Türrahmen erfolgen. In Fahrzeugen der Serie 8ZNGTW ergibt sich in diesem Fall möglicherweise ein größerer Abstand zur seitlichen Abstützung als beim Rangieren rückwärts an den Stellplatz. Dadurch ergibt sich ggf. eine größere Eigengefährdung des Nutzers infolge eines möglichen Anpralls mit dem Kopf oder der Schulter an feste Einbauten der Straßenbahn bei einem Kippen des Rollstuhls. Eine Fremdgefährdung ergibt sich daraus jedoch nicht. Ein Rangieren des Rollstuhls nach der Einfahrt, um ggf. näher an die seitliche Abstützung zu kommen, ist insofern im Eigeninteresse des Nutzers wünschenswert, allerdings nicht zwingend erforderlich.
c) **Rollstühle an zweiter Position** sollten immer **so nah wie möglich an dem Rollstuhl**, der **an der ersten Position** abgestellt wurde, aufgestellt werden, um den Verschiebeweg bei einer Gefahrbremsung gering zu halten.
d) Verlässt ein an der vorderen Position quer aufgestellter Rollstuhl den Aufstellplatz, gilt für einen **an zweiter Position verbleibenden Rollstuhl**: dieser **muss an die vordere Position in Fahrtrichtung der Straßenbahn aufrücken oder** sich an einem geeigneten Aufstellplatz **längs aufstellen**.

9. Bei Fahrzeugserien, bei denen eine Queraufstellung nur im Türbereich umzusetzen wäre (Zweirichtungs-Fahrzeuge und RegioTram), ist ein einmaliges Anstoßen eines Rollstuhls mit den Griffen oder den Kippstützen an einen Türflügel vor allem bei der Anfahrt rückwärts an den Aufstellbereich möglich. Ein permanentes und wiederholtes Anstoßen während der Fahrt der Straßenbahn, z. B. durch Kipp- oder Rutschbewegungen, ist eher unwahrscheinlich. Es sollte in Rückkopplung mit dem Türenhersteller abgeklärt werden, inwieweit ein mögliches Anstoßen Auswirkungen auf die Funktionalität der Tür haben kann. Die Beobachtungen während der Versuche ergaben keine offensichtlichen Probleme.
10. Im Kasseler Straßenbahnnetz sowie bei den RegioTram-Bahnen werden Zweirichtungs-Fahrzeuge eingesetzt. Die Freigabe einer Aufstellung im Türraum der Bahnen wird unter folgenden Voraussetzungen als unkritisch betrachtet:
    a) Im Kasseler Straßenbahnnetz erfolgt der Ausstieg auf der in Fahrtrichtung linken Seite derzeit (Oktober 2017) nur an einer Haltestelle. Eine Aufstellung von Rollstühlen in den Türräumen kann ohne Einschränkungen erfolgen. Sollten weitere Haltestellen, an denen in Fahrtrichtung links ausgestiegen wird, in Betrieb gehen, sollte nur ein Türraum je Wagen für die Aufstellung von Rollstühlen freigegeben werden. Dies ist zweckmäßigerweise der Türraum mit Zugang über die fahrzeuggebundene Einstiegshilfe (Klapprampe).
    b) Bei den RegioTram-Bahnen erfolgt bereits heute ein regelmäßiger Wechsel der Einstiegsseite im bedienten Netz. Daher sollte ebenfalls nur ein Türraum für die Aufstellung von Rollstühlen freigegeben werden. Dies ist zweckmäßigerweise der Türraum mit Zugang über die fahrzeuggebundene Einstiegshilfe.

2.2 Weitergehende Erkenntnisse und Empfehlungen

Rollstuhlnutzer sollten sich – soweit möglich – zusätzlich an Haltestangen am Aufstellplatz festhalten und abstützen, um die Eigensicherung zu verbessern.

Dieser Hinweis sowie Regelungen bezüglich einer Queraufstellung von Rollstühlen sollten in Mobilitätstrainings, Schulungen des Fahrpersonals und in Informationsmedien kommuniziert werden.

Grundsätzlich sind in den Kasseler Straßenbahnen weitere Kapazitäten für die Aufstellung von Rollstühlen sowohl längs als auch quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn an den übrigen Mehrzweckbereichen oder in weiteren Türbereichen vorhanden. Diese Bereiche verfügen jedoch nicht über einen Zugang über eine fahrzeuggebundene Einstiegshilfe und sind daher vor allem für Selbstfahrer, aber auch für begleitete Nutzer von Rollstühlen schwer oder nicht zugänglich. Mittel- bis langfristig wäre eine Anhebung der Bahnsteige eine Möglichkeit[4], um die selbstständige Zugänglichkeit für einen größeren Teil der Fahrgäste mit Rollstühlen oder Rollatoren zu verbessern und den Einsatz der Klapprampe bei Einstieg von Rollstuhlnutzern zu reduzieren. Dies hätte auch betriebliche Vorteile, da die Haltestellenaufenthaltszeiten generell verringert werden könnten. Allerdings bedingt die Anhebung der Bahnsteige einen ausschließlichen Einsatz von Niederflur-Straßenbahnen mit Schwenkschiebetüren. Dies wäre bei zukünftigen Beschaffungen und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Eine Regelung zur Queraufstellung sollte sowohl für Rollstuhlnutzer als auch für das Fahrpersonal klar, nachvollziehbar und verständlich formuliert sein und sich in den Betriebsablauf einfügen. Ausnahmen von der Regel sollten möglichst vermieden werden, da sie in der Betriebspraxis oftmals zum Streit führen können. Daher wäre eine einheitliche Regelung zur Queraufstellung, die eine Aufstellung in Türbereichen in einigen Fahrzeugserien einschließen würde, zu bevorzugen. In der folgenden (abgespeckten) Variante wäre eine Regelung einer Queraufstellung nur in den Einrichtungs-Fahrzeugen möglich.[5] Die Unterscheidung der Fahrzeuggattungen (Ein- oder Zweirichter) dürfte für Fahrgäste, die an der Haltestelle warten, schwierig sein. Dies gilt insbesondere für die Einrichter der Serie 8ENGTW und Zweirichter der Serie 8ZNGTW. Eine Unterscheidung wäre erst sicher möglich, nachdem das Fahrzeug an der Haltestelle die Türen geöffnet hätte und der Blick in den Fahrgastraum möglich würde.

Bei einer Längsaufstellung eines Rollstuhls am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz in der dieselbetriebenen RegioTram (8NRTW-D) gibt es keine Abstützung, um ein Rutschen oder Kippen infolge einer Gefahrbremsung der Bahn (vor allem beim Betrieb im Straßenbahnnetz) zu unterbinden. Hier sollte eine Abstützung nachgerüstet werden oder alternative Aufstellmöglichkeiten mit einer Anlehnfläche in Betracht gezogen werden. In den ausschließlich elektrisch betriebenen RegioTrams (8NRTW-E) sollte die Wirksamkeit der relativ schmalen Abstützung am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz überprüft werden.

3 Grundlagenermittlung

3.1 Rollstühle und Elektromobile

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Erkenntnisse zu bauartbedingten Eigenschaften von Rollstühlen und Elektromobilen gegeben. Zudem werden gesetzliche und normative Regelungen bezüglich erforderlicher Durchgangsbreiten in Straßenbahnen analysiert.

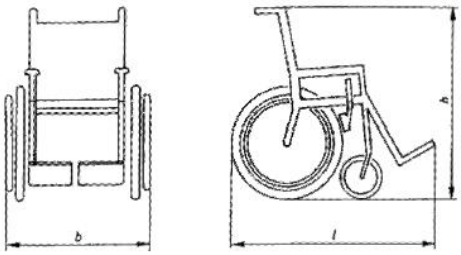
[4] In Planung für die Haltestelle „Wolfsanger“; Anhebung des Bahnsteigs auf 25 cm über SOK.
[5] Wenn eine Aufstellung in den Türbereichen aufgrund technischer Einschränkungen nicht möglich sein sollte.

3.1.1 Bezugsrollstuhl und Festlegungen für den ÖPNV

Für die Bemessung von Bewegungsflächen und Durchgängen in Gebäuden oder beispielsweise zur Bemessung der lichten Weite eines Fahrkorbs bei Aufzugsanlagen wird weltweit ein Bezugsrollstuhl als Referenz verwendet. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Zugänglichkeit von Gebäuden und anderen Anlagen für Rollstuhlnutzer weitgehend und unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen gegeben ist.

Die Länge dieses Bezugsrollstuhls wurde mit 1.200 mm festgelegt, die Breite mit 700 mm (Bild 1).[6] Diese Maße wurden auch in die DIN EN 12183 übernommen (vgl. Tabelle A.1 in [1]), welche als harmonisierte europäische Norm Anforderungen und Prüfverfahren für muskelkraftbetriebene Rollstühle beschreibt.

Die Abmessungen des Bezugsrollstuhls spielen auch bei der Mitnahme von Rollstühlen in öffentlichen Verkehrsmitteln eine Rolle. Regelungen für die Ausführung von Bussen einschließlich von Regelungen für die Mitnahme von Rollstühlen sind in der UN/ECE R 107 [2] verbindlich festgeschrieben. Dieses internationale Übereinkommen dient zur Standardisierung von Bussen. Die Anwendung der Regelung, die in nationalen Gesetzen und Verordnungen[7] festgeschrieben ist, stellt sicher, dass in den Vertragsstaaten produzierte Busse mindestens den vereinbarten Anforderungen entsprechen. So dient der Bezugsrollstuhl auch hier als Referenz, um beispielsweise den Fahrgastraum so bemessen zu können, dass sich der Rollstuhlfahrer durch eine für ihn vorgesehene Tür frei und ungehindert zu einem ausreichend großen Rollstuhlstellplatz bewegen und dort den Vorgaben entsprechend aufgestellt werden kann.



Gesamtlänge l: 1 200 mm

Gesamtbreite b: 700 mm

Gesamthöhe h: 1 090 mm

Bild 1: Abmessungen eines Bezugsrollstuhls (Abbildung 21 aus [2])

Für den Straßenbahnbetrieb bestehen zwar keine vergleichbaren Festlegungen mit Bezug zum Bezugsrollstuhl. Dennoch wird der Bezugsrollstuhl bei der Fahrzeugbestellung als international anerkanntes Referenzmaß in der Regel auch bei der Bemessung von Bewegungs- und Abstellflächen für die Rollstuhlmitnahme in Straßenbahnfahrzeugen angesetzt (so auch in Kassel). Dies dient dem Zweck, einen verlässlichen ÖPNV bereitzustellen und durchgängige Reiseketten zu ermöglichen.

Aus diesem Grund liegt auch der Bemessung für die Rollstuhlmitnahme im Eisenbahnverkehr der Bezugsrollstuhl zugrunde. Die Abmessungen wurden in die europaweit verbindlich einzuhaltenden

[6] Die Länge des Bezugsrollstuhls mit Nutzer ist auf 1.250 mm festgelegt.
[7] In Deutschland ergibt sich die Anwendung der UN/ECE R 107 beispielsweise aus Festlegungen in § 30 d Absatz 4 StVZO [3] im Rahmen der Fahrzeugzulassung.

Spezifikationen für den Eisenbahnverkehr übernommen (Technische Spezifikationen für die Interoperabilität im Eisenbahnverkehr, TSI). In der Anlage M der TSI PRM[8] [4] sind die entsprechenden Maße festgeschrieben, die bei der Gestaltung der Eisenbahnfahrzeuge im Rahmen der Rollstuhlmitnahme zu berücksichtigen sind. Die Festlegungen wurden in Deutschland beispielsweise von der Deutsche Bahn AG übernommen [5].

Somit dient der Bezugsrollstuhl bei der Bemessung der gebauten Umwelt und im Transportwesen als Maßstab, um die Zugänglichkeit und durchgängige Reiseketten zu gewährleisten.

3.1.2 Bauartbedingte Eigenschaften unterschiedlicher Rollstühle

Rollstühle und Elektromobile lassen sich auf Grundlage europäischer, harmonisierter Normen in drei Typklassen unterteilen:

- Muskelkraftbetriebene Rollstühle („Hand-Rollstühle“),
- elektrisch betriebene Rollstühle („E-Rollstühle“) sowie
- Elektromobile („E-Scooter“).

Hinweis: In den Versuchsbeschreibungen und bei der Ergebnisdarstellung wird zur Vereinfachung immer nur der Begriff Rollstühle verwendet, der Elektromobile einschließen soll. Eine Unterscheidung erfolgt nur dort, wo es für das Verständnis notwendig erscheint.

3.1.2.1 Muskelkraftbetriebene Rollstühle und E-Fix

Muskelkraftbetriebene Rollstühle werden durch die selbst aufzubringende Kraft des Nutzers über Greifreifen oder Hebelsysteme (z. B. nach dem Kurbeltriebprinzip) angetrieben oder sie werden durch eine Assistenzperson bewegt. Die häufigste Form der selbstständig bewegten, muskelkraftbetriebenen Rollstühle ist der Greifreifen-Rollstuhl, bei dem über einen umlaufenden Ring, der jeweils an jedes der beiden großen Antriebsräder montiert wurde, die Krafteinleitung auf die Antriebsräder erfolgt (Bild 2).

Bild 2: Beispiel für einen Greifreifen-Rollstuhl

[8] TSI PRM: Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität (people with reduced mobility = PRM).

Abmessungen

Die Länge und die Breite von Greifreifen-Rollstühlen sind variabel. Sie sind u. a. abhängig vom Einsatzzweck des Rollstuhls (Nutzeranforderungen), von der Ausstattung bzw. der Einstellung von Ausstattungskomponenten (z. B. Fußstützen) und teils auch abhängig vom Aufbau, z. B. Neigung der Räder (Sturz). Standardrollstühle bieten weniger Möglichkeiten der Anpassung, Adaptivrollstühle vielfältigere Möglichkeiten. Rollstühle werden in der Regel immer entsprechend der Anforderungen des Nutzers angepasst, sodass sich – je nach Nutzer und Einsatzzweck – unterschiedliche Abmessungen für ein und dasselbe Modell ergeben können. In der Regel orientieren sich die Hersteller bei der Konstruktion von Greifreifen-Rollstühlen in der Standardausführung an den Abmessungen des Bezugsrollstuhls. Das Ziel bei der Konstruktion ist es immer, einen möglichst kompakten und wendigen Rollstuhl zu bauen, damit die Zugänglichkeit in Gebäude und Transportmittel gegeben ist [6]. Adaptivrollstühle sind häufig wesentlich kompakter, um die Beweglichkeit zu verbessern.

Die Kasseler Verkehrs-Gesellschaft hat aus betrieblichen Gründen eine Längenbeschränkung für Rollstühle und Elektromobile ausgesprochen, die in den Fahrzeugen des ÖPNV in Kassel befördert werden können [7]. Diese Länge entspricht mit 1.200 mm der Länge des Bezugsrollstuhls (vgl. Kap. 3.1.1).

Stabilität

Die (statische und dynamische) Stabilität von Greifreifen-Rollstühlen wird hauptsächlich durch den Schwerpunkt des Nutzers bestimmt, da die Masse des Rollstuhls im Verhältnis zur Masse des Nutzers in der Regel eher klein ist.[9] Rollstühle werden in der Regel an die besonderen Bedürfnisse des Nutzers angepasst. Dies kann auch Auswirkungen auf die Lage des Schwerpunktes und damit die Stabilität des Rollstuhls haben, beispielsweise durch geneigten Einbau (Sturz) der großen Antriebsräder. Muser/Walz [10] schätzen die Beschleunigungswerte, bis zu denen ein Hand-Rollstuhl ohne Abstützung stabil steht, wie folgt ab:

- 0,2 g nach hinten,
- 0,5 g nach vorn,
- 0,4 g bis 0,5 g zur Seite (abhängig von der Spurbreite und vom Gewicht des Nutzers).

Die relativ geringe Kippstabilität des Rollstuhls nach hinten ist durch die Lage des Schwerpunktes in der Nähe der hinteren Achse begründet. Dies ist einer der Gründe, warum bei der Beförderung im ÖPNV eine Aufstellung entgegen der Fahrtrichtung gegen ein abstützendes Element erfolgen sollte und dieses beispielsweise im Busverkehr, bei dem allerdings deutlich höhere Beschleunigungskräfte als im Straßenbahnverkehr auftreten können, auch verbindlich vorgeschrieben ist. In die anderen Richtungen (nach vorne und zur Seite) ist bei den im Regelbetrieb im Straßenbahnverkehr auftretenden Beschleunigungskräften auch ohne eine Abstützung ein Kippen unwahrscheinlich, ein Rutschen u. a. in Abhängigkeit der auftretenden Kräfte möglich.

E-Fix

Für Greifreifen-Rollstühle besteht die Möglichkeit, einen elektrischen Antrieb nachzurüsten bzw. direkt ab Werk einbauen zu lassen (sog. E-Fix). Der Greifreifen-Rollstuhl wird mit Antriebsrädern, bei denen der Antrieb in die Radnabe integriert ist, einem Akkupack und einer Steuereinheit nachgerüstet. Damit wird der Greifreifen-Rollstuhl zu einem elektrisch angetriebenen Rollstuhl. Vom Fahrver-

[9] Z. B. Durchschnittsgewicht in Deutschland (beide Geschlechter): 76,3 kg [8], Gewicht eines Hand-Rollstuhls ca. 10 kg bis über 20 kg [9].

halten ähnelt er aufgrund des grundlegend gleichen Aufbaus weiter einem muskelkraftbetriebenen Greifreifen-Rollstuhl. Das Kippverhalten ist etwas günstiger einzuschätzen, da der Schwerpunkt infolge der relativ schweren Anbauteile geringfügig tiefer liegt.

3.1.2.2 Elektrorollstühle

Elektrorollstühle (Bild 3) werden durch einen oder zwei elektrische Motoren angetrieben. Elektrorollstühle sind indirekt oder direkt gelenkt und verfügen über eine Antriebsachse und eine (Front- und Heckantrieb) oder ggf. zwei (bei vielen Rollstühlen mit Mittelachsantrieb) Lenkachsen. Beim überwiegenden Teil der elektrisch angetriebenen Rollstühle handelt es sich um indirekt gelenkte Rollstühle mit zwei Antriebsmotoren, einem für jedes Rad der angetriebenen Achse.

Bild 3: Beispiel für einen Elektrorollstuhl (hier mit Frontantrieb)

Abmessungen

Für Elektrorollstühle (und Elektromobile, Kap. 3.1.2.3) legt die harmonisierte DIN EN 12184 [11] europaweit einheitliche Anforderungen fest. Die Norm teilt Elektrorollstühle in drei Klassen ein:

- Klasse A: Kompakte, wendige Rollstühle bzw. Elektromobile, die nicht unbedingt in der Lage sind, Hindernisse im Freien zu überwinden;
- Klasse B: Für bestimmte Innenräume ausreichend kompakte und wendige Rollstühle bzw. Elektromobile, die in der Lage sind, einige Hindernisse im Freien zu überwinden;
- Klasse C: Üblicherweise große Rollstühle bzw. Elektromobile, die nicht unbedingt für die Verwendung in Innenräumen bestimmt sind, aber größere Entfernungen bewältigen und Hindernisse im Freien überwinden können.

Für die in der DIN EN 12184 aufgeführten Klassen wurden hinsichtlich einiger Maße Höchst- bzw. Mindestwerte festgelegt. Die Einhaltung der in der Norm genannten Anforderungen ist nicht verbindlich, garantiert einem Nutzer jedoch, dass eine Konformität des Hilfsmittels mit europäischer Gesetzgebung (Medizinprodukterichtlinie) besteht (vgl. 3.1.2.1). Für die Aufnahme ins Hilfsmittelverzeichnis muss der Hersteller die Konformität des Hilfsmittels mit den Normen bestätigen.

Tabelle 1: Festlegungen für Höchst- und Mindestwerte für die Länge und die Breite von Elektrorollstühlen bzw. Elektromobilen (Auszug aus Tabelle A.1 in [11])

	Klasse A [mm]	Klasse B [mm]	Klasse C [mm]
Anwendungsbereich	kompakte, wendige Rollstühle, die nicht unbedingt in der Lage sind, Hindernisse im Freien zu überwinden;	für bestimmte Innenräume ausreichend kompakte und wendige Rollstühle, die in der Lage sind, einige Hindernisse im Freien zu überwinden	üblicherweise große Rollstühle, die nicht unbedingt für die Verwendung in Innenräumen bestimmt sind, aber größere Entfernungen bewältigen und Hindernisse im Freien überwinden können
Vollständige Gesamtlänge (Höchstwert)	1.200	1.400	keine Festlegung
Gesamtbreite (Höchstwert)	700	700	800

Auch die Baulänge von Elektrorollstühlen kann über der Länge des Bezugsrollstuhls liegen (vgl. Tabelle 1, Klasse B oder C). In der Regel entsprechen Elektrorollstühle in den Abmessungen (vor allem der Länge) aber den Abmessungen des Bezugsrollstuhls (Kap. 3.1.1). Es liegt im Interesse der Nutzer und damit der Hersteller, möglichst kompakte Rollstühle zu haben, um die Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von Gebäuden, Aufzügen und öffentlichen Verkehrsmitteln zu gewährleisten [6]. Auch eine stichprobenhafte Marktanalyse es Gutachters zeigte, dass eine maximale Länge von 1.200 mm (inkl. Fußplatten) eher den Regelfall darstellt.

Stabilität

Die Bandbreite des Gewichts von Elektrorollstühlen reicht von ca. 70 kg bis 200 kg [9]. Trotz bauartbedingter Unterschiede, vornehmlich bedingt durch die Art des Antriebskonzeptes, weisen Elektrorollstühle wichtige Gemeinsamkeiten auf. So liegt der Schwerpunkt des Rollstuhls relativ tief, da die schwersten Komponenten (Motor und Getriebe sowie Akku) relativ weit unten angeordnet sind. Dadurch ergibt sich bei vergleichbarer Standfläche eine höhere Stabilität gegen Kippen als beim Greifreifen-Rollstuhl (Kap. 0).

Muser/Walz [10] geben auf Basis Ihrer Berechnungen für die Kippstabilität nach vorne bzw. hinten Werte von 0,7 g bis 1,0 g an. In Versuchen der Bundesanstalt für Straßenwesen [12] wurde für das seitliche Kippen eines nicht abgestützten Elektrorollstuhls ein Wert von 0,43 g ermittelt. Im Einzelfall haben die Spurbreite des Rollstuhls sowie das Gewicht des Nutzers einen Einfluss, da letzteres beispielsweise die Schwerpunktlage beeinflusst. Allerdings spielt das Nutzergewicht aufgrund der bauartbedingten Schwerpunktlage nur eine untergeordnete Rolle.

Bei den im Straßenbahnverkehr auftretenden Beschleunigungskräften im Regelbetrieb ist somit bei Elektrorollstühlen, die ohne eine Abstützung aufgestellt werden, ein Kippen unwahrscheinlich, ein Rutschen u. a. in Abhängigkeit der auftretenden Kräfte möglich.

3.1.2.3 Elektromobile (E-Scooter)

„Elektromobil“ (auch E-Scooter, Bild 4) ist die gebräuchliche Bezeichnung für kleine, mehrspurige, offene und elektrisch angetriebene Leichtfahrzeuge, die üblicherweise nur einen Fahrzeugführer (zuzüglich einer geringen Menge Gepäck, z. B. Einkäufe) befördern können. Antriebsmotor, Batterien

und die Steuerelektronik sind in der Regel unterhalb des zum leichteren Einstieg drehbaren Fahrersitzes angeordnet. Elektromobile sind direkt gelenkt. Elektromobile gibt es in vierrädriger und in dreirädriger Ausführung.

Bild 4: Beispiel für ein vierrädriges Elektromobil

Abmessungen

Für Elektromobile gelten dieselben Klasseneinteilungen und Empfehlungen bezüglich der Abmessungen und anderer Kennwerte wie für Elektrorollstühle. Die europäische, harmonisierte Norm DIN EN 12184 *„legt Anforderungen und Prüfverfahren für Elektrorollstühle,* einschließlich ***Elektromobile*** *mit drei oder mehr Rädern, mit einer Höchstgeschwindigkeit von 15 km/h fest, die für die Beförderung einer Person mit einem Höchstgewicht von 300 kg bestimmt sind“* (Vorwort zu [11]).

Demnach können auch Elektromobile über Baulängen verfügen, welche die Festlegungen für den Bezugsrollstuhl überschreiten (vgl. Kap. 3.1.1). Bauartbedingt treten Längenüberschreitungen von 1.200 mm bei Elektromobilen häufiger auf, als dies bei Elektrorollstühlen der Fall ist (vgl. [13]). Da es mit Elektromobilen in Abhängigkeit der Baulänge zu besonderen Schwierigkeiten bezüglich der Manövrierfähigkeit in öffentlichen Verkehrsmitteln kommen kann, wurde auf Grundlage von Untersuchungen [13; 14] eine generelle Längenbeschränkung von 1.200 mm für im ÖPNV transportable Elektromobile empfohlen. Eine entsprechende Längenbeschränkung wurde auch in Kassel festgelegt [7]. Die Länge der Elektromobile, die im ÖPNV in Kassel befördert werden, entspricht somit maximal der Länge des Bezugsrollstuhls (vgl. Kap. 3.1.2.1).

Stabilität

Wie auch bei den Elektrorollstühlen gibt es bei den Elektromobilen eine größere Bandbreite bei den Abmessungen und beim Gewicht. Die Stabilität wird von der Spurbreite und vom Nutzergewicht beeinflusst. Zudem spielt die Anzahl der Räder eine Rolle. Dreirädrige Elektromobile sind infolge seitlich wirkender Beschleunigungskräfte weniger standsicher als vierrädrige Modelle.[10] Der Einfluss des Nutzergewichtes auf die Lage des Schwerpunktes ist grundsätzlich betrachtet in der Regel größer als beim Elektrorollstuhl, da das Eigengewicht eines Elektromobils in der Relation geringer ist. Dies ist u. a. dadurch bedingt, dass Elektromobile nur einen Antriebsmotor haben, Elektrorollstühle in der Regel zwei. Die Kippstabilität von Elektromobilen mit einer aufsitzenden Person ist daher gegenüber

[10] Dies hat unter anderem dazu geführt, dass dreirädrige Elektromobile in der Regel generell von der Beförderung in öffentlichen Verkehrsmitteln in Deutschland ausgeschlossen sind.

Elektrorollstühlen inkl. Nutzer aufgrund des vergleichsweise etwas höher liegenden Schwerpunktes etwas geringer.[11]

In einer Untersuchung für den Verband Deutscher Verkehrsunternehmen [15] zum Kippverhalten von Elektromobilen über die Längsseite des Hilfsmittels wurden für unterschiedliche Modelle die Grenzwerte für das Kippen rechnerisch ermittelt. Es ergaben sich Werte zwischen 0,35 g bis 0,4 g. Bei praktischen Versuchen zur Standsicherheit in Straßenbahnen [16] zeigte sich, dass auch bereits bei ca. 0,3 g ein Kippen eines Elektromobils mit aufsitzender Person nicht ausgeschlossen werden kann, wenn keine seitliche Abstützung erfolgt.[12]

Als kritisch hat sich bei Elektromobilen der Umstand ergeben, dass infolge der Antriebskonstruktion mit einem Antrieb an der Hinterachse und Differential bei einem seitlichen Ankippen infolge größerer, in Querrichtung einwirkender Beschleunigungskräfte die auf die Hinterachse wirkende Magnetbremse nicht mehr wirksam ist. In der Folge kann es zu einer Längsbewegung des angekippten Elektromobils kommen [14].

Bei den im Straßenbahnverkehr auftretenden Beschleunigungskräften im Regelbetrieb ist bei Elektromobilen bei einer Gefahrbremsung ohne eine seitliche Abstützung ein Kippen zur Seite nicht auszuschließen. Unerwünschte Längsbewegungen infolge der nicht mehr wirksamen Bremse an der Hinterachse, sind bei vierrädrigen Elektromobilen bereits bei früheren Versuchen zur Standsicherheit in Straßenbahnen nicht in Erscheinung getreten, wenn diese bei einer Aufstellung quer zur Fahrtrichtung seitlich gegen Verschiebungen in Fahrtrichtung der Straßenbahn oder Umkippen abgestützt waren [16].

3.1.3 Schlussfolgerungen für die Untersuchung und Auswahl von Hilfsmitteln

Entscheidend für die Überprüfung von Durchgangsbreiten bei der Aufstellung von Rollstühlen quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahnen ist die Länge der Hilfsmittel. Für die Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von Gebäuden, Aufzügen und Transportmitteln wird ein Bezugsrollstuhl mit definierten Abmessungen als Referenz herangezogen. Die Länge dieses Bezugsrollstuhls wurde weltweit einheitlich mit 1.200 mm, inkl. eines Nutzers mit 1.250 mm festgelegt. In der Praxis kann diese Länge bauartbedingt überschritten werden. Bei Rollstühlen wird seitens der Hersteller jedoch auf eine kompakte Konstruktion Wert gelegt, um die Zugänglichkeit in Gebäude und Transportmittel für die Nutzer zu gewährleisten. Die KVG hat zudem aus betrieblichen Gründen (u. a. Manövrierfähigkeit und beschränkte Größe der Aufstellbereiche) eine Längenbeschränkung für Rollstühle und Elektromobile, die in den Bussen und Straßenbahnen transportiert werden können, festgelegt. Die maximal zugelassene Länge beträgt entsprechend der Festlegungen für den Bezugsrollstuhl 1.200 mm.

Die Länge von 1.200 mm für einen Rollstuhl wird somit als repräsentatives Referenzmaß für die Bemessung von Aufstellmöglichkeiten in den Kasseler Straßenbahnen und RegioTram-Bahnen herangezogen und bei den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt.

Die Hilfsmittel jeder der drei beschriebenen Typklassen haben – wie beschrieben (Kap. 3.1.2) – ihre spezifischen Eigenarten bezüglich des Aufbaus und damit verbunden bezüglich bauartbedingter Ei-

[11] In der Relation der Bewertung der Kippstabilität von Elektromobilen mit aufsitzender Person untereinander hat das Nutzergewicht jedoch wiederum einen eher geringen Einfluss.
[12] Diese Werte wurden – in Abhängigkeit von der Bauart des Elektromobils – in einer Untersuchung zur Standsicherheit von Elektromobilen in Linienbussen bestätigt [14].

genschaften und Kennwerte. Insofern wurden für die Versuche Hilfsmittel aus allen drei Typklassen eingesetzt (Anhang A: Eingesetzte Hilfsmittel).

3.2 Rechtliche und normative Festlegungen bezüglich notwendiger Durchgangsbreiten in Straßenbahnen

Die Sicherheit und Ordnung des Betriebs ist zu gewährleisten und aufrecht zu erhalten (vgl. §§ 2-4 BOStrab). Dementsprechend sind Sachen, zu denen im rechtlichen Sinne auch Rollstühle zählen, so im Fahrzeug unterzubringen, dass sich hieraus keine betrieblichen Gefährdungen ergeben. Dies betrifft beispielsweise das Freihalten der Durchgänge für Fahrgastbewegungen im Fahrzeug, insbesondere für den möglichen Fall einer Evakuierung Somit sollten beispielsweise bei der Freigabe von Flächen für die Aufstellung von Rollstühlen ausreichende Durchgangsbreiten verbleiben, damit es nicht zu vermeidbaren Behinderungen kommt.

Infolge der räumlichen Verhältnisse (Fahrzeugbreiten und sich daraus ergebende Durchgangsbreiten) in den Straßenbahnen ist die Aufstellung von Rollstühlen und Elektromobilen längs zur Fahrtrichtung der Straßenbahn analog der Aufstellung, wie sie in Linienbussen vorgeschrieben ist, als Regelfall zu sehen.[13] Dies wird heutzutage bereits bei der Fahrzeugbestellung berücksichtigt, indem geeignete Bewegungs- und Aufstellflächen sowie Elemente zur Sicherung (Abstützung) vorgesehen werden. Eine Aufstellung von Rollstühlen quer zur Fahrtrichtung der Bahnen weicht von diesem Regelfall ab, sodass dieser Fall ggf. einer besonderen Überprüfung bedarf, wenn die räumlichen Verhältnisse (Fahrgastraumgestaltung) den Anlass dazu geben.

3.2.1 Allgemeine Beförderungsbedingungen

Die Allgemeinen Beförderungsbedingungen (BefBedV) regeln u. a. Rechte und Pflichten des Unternehmers und der Fahrgäste sowie die Mitnahme von Sachen. Die Vorgaben aus der BefBedV sind von Fahrgästen und Fahrpersonal verbindlich zu beachten. Sie können durch Besondere Beförderungsbedingungen ersetzt oder ergänzt werden, wenn diese durch die Aufsichtsbehörde genehmigt wurden.

Bezüglich der Durchgänge im Fahrzeug regelt die BefBedV [17]:

„Der Fahrgast hat mitgeführte Sachen [zu denen auch Mobilitätshilfen gehören] *so unterzubringen und zu beaufsichtigen, daß [sic] die Sicherheit und Ordnung des Betriebs nicht gefährdet und andere Fahrgäste nicht belästigt werden können.“* (§ 11 Abs. 4 BefBedV).

Weiter heißt es (§ 4 Abs. 2 Nr. 6 BefBedV):

„Fahrgästen ist insbesondere untersagt, […] die Benutzbarkeit der Betriebseinrichtungen, der Durchgänge und der Ein- und Ausstiege durch sperrige Gegenstände zu beeinträchtigen.“

Eine Aufstellung eines Hilfsmittels abweichend von der Regelaufstellung kommt insofern nur in Betracht, wenn vor allem ausreichende Durchgangsbreiten für die übrigen Fahrgäste verbleiben. Konkrete Abmessungen bezüglich der Mobilitätshilfen, die in öffentlichen Verkehrsmitteln mitgenommen werden können, bzw. bezüglich der Aufstellflächen oder der erforderlichen Durchgangsbreiten

[13] In wenigen Fällen sind die Mehrzweckflächen so angelegt bzw. so im Fahrzeug angeordnet, dass eine Queraufstellung den Regelfall darstellt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn der Aufstellbereich unmittelbar hinter der Kabine des Fahrzeugführers angeordnet ist und dadurch Gänge in Längsrichtung nicht blockiert werden.

macht die BefBedV allerdings nicht. Weitere Konkretisierungen können sich durch die Besonderen Beförderungsbedingungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik (z. B. Normen) ergeben.

3.2.2 Besondere Beförderungsbedingungen

Zur Konkretisierung der Allgemeinen Beförderungsbedingungen hat der Nordhessische Verkehrsverbund (NVV) mit den im Verbund zusammengeschlossenen Verkehrsunternehmen „Besondere Beförderungsbedingungen“ festgelegt. In den derzeit gültigen Besonderen Beförderungsbedingungen des Nordhessischen Verkehrsverbunds (NVV) finden sich keine Festlegungen bezüglich einer mindestens zu gewährleistenden Durchgangsbreite in den Bussen oder Bahnen. Es wird allerdings die Länge von Rollstühlen, die in den Bussen innerhalb des Verkehrsverbundes mitgenommen werden, beschränkt. Dabei werden die Abmessungen des Bezugsrollstuhls aus der UN/ECE R 107 zugrunde gelegt (vgl. Kap. 3.1.1):

„Orthopädische Hilfsmittel, insbesondere mit einer Breite von mehr als 70 cm, einer Länge von mehr als 120 cm sowie einer Höhe von mehr als 109 cm, können im Busverkehr von der Beförderung ausgeschlossen werden, wenn diese im Fahrzeug nicht sicher entgegen der Fahrtrichtung positioniert werden können oder die Sicherheit und Ordnung des Betriebs nicht gewährleistet sind.“ (§ 11 Absatz 3 BefBed [18]).

Die KVG, die Beförderungsleistungen innerhalb des Verkehrsverbundes auch mit Straßenbahnen erbringt, hat die Regelungen bezüglich der maximalen Länge von Rollstühlen und Elektromobilen, die befördert werden, auf die Straßenbahnen erweitert [7].

3.2.3 Festlegungen für den Straßenbahnbereich

3.2.3.1 BOStrab

Die Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab) verpflichtet den Unternehmer bezüglich der Einhaltung von Sicherheit und Ordnung im Betrieb (§ 2 Absatz 1 BOStrab):

„Betriebsanlagen, Fahrzeuge oder Teile davon müssen so beschaffen sein, dass sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Die Anforderungen an Betriebsanlagen, Fahrzeuge oder Teile davon gelten als erfüllt,

1. *wenn die Betriebsanlagen, Fahrzeuge oder Teile davon hinsichtlich ihrer Beschaffenheit den für sie unmittelbar geltenden Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaft oder der Europäischen Union und den für sie geltenden Rechtsvorschriften, mit denen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft oder der Europäischen Union in deutsches Recht umgesetzt sind, entsprechen, oder*
2. *soweit solche Rechtsvorschriften nicht bestehen, wenn die Betriebsanlagen, Fahrzeuge oder Teile davon nach den Vorschriften dieser Verordnung, nach den von der Technischen Aufsichtsbehörde und von der Genehmigungsbehörde getroffenen Anordnungen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gebaut sind und betrieben werden.“*

Bezüglich von mindestens einzuhaltenden Durchgangsbreiten in Straßenbahnen finden sich in nationalen Rechtsvorschriften bzw. in der BOStrab selbst keine Festlegungen.

Eine Präzisierung gesetzlicher Anforderungen kann beispielsweise in technischen Regelwerken erfolgen, die allgemein anerkannte Regeln der Technik oder den Stand der Technik wiedergeben können.

3.2.3.2 VDV

Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) gibt für seine Mitgliedsunternehmen verschiedene Publikationen (z. B. Schriften) als Empfehlungen heraus. Die VDV Schriften haben dabei für den Bereich des ÖPNV einen normativen Charakter und stellen in ihren Ausführungen insofern mindestens allgemein anerkannte Regeln der Technik dar.

Für Schienenfahrzeug gemäß BOStrab gibt es in zwei Schriften des VDV entsprechende Typempfehlungen für Schienenfahrzeuge. Die Typempfehlungen unterscheiden jedoch nur nach Stadtbahnen (VDV-Schrift 150, [19]) sowie U-Bahnen (VDV-Schrift 151, [20]). Für den Typ „Straßenbahn“ gibt es keine Empfehlungen.

Bei den Stadtbahnen, die betrieblich mit Straßenbahnen vergleichbar sind, wird als Standard ein Niederflur-Fahrzeug mit einer Fahrzeugbreite von 2.400 mm definiert. Dieses wäre von der Breite vergleichbar mit den Kasseler Niederflur-Straßenbahnfahrzeugen.[14] Der VDV empfiehlt unter Annahme einer 2+1-Bestuhlung eine Breite von ≥740 mm für den Gang (mit der Festlegung einer Breite von 925 mm für Doppelsitze und 470 mm für einen Einzelsitz). Für die dargestellte 2+2-Bestuhlung[15], die zwangsläufig zu einem schmaleren Durchgang führt, wird allerdings kein konkretes Maß für die daraus folgenden Abmessungen für die Fahrgastsitze und den Durchgang angegeben.

3.2.3.3 Kasseler Straßenbahnen

In den Kasseler Straßenbahnen ergeben sich – je nach Fahrzeugtyp bzw. Bestuhlungsvariante – unterschiedliche Breiten für den Durchgang längs zur Fahrzeugachse zwischen den Fahrgastsitzen. Die Innenraumgestaltung folgt den Rahmenempfehlungen des VDV (Kap. 3.2.3.2). Der schmalste Durchgang ergibt sich in den Achtachserfahrzeugen mit 450 mm Durchgangsbreite in den Bereichen mit einer 2+2-Bestuhlung. Da die Fahrzeuge durch die Technische Aufsichtsbehörde abgenommen wurden, ist dieses als Maß ausreichend anzusehen, um Sicherheit und Ordnung im Betrieb gewährleisten zu können (vgl. Kap. 3.2.3.1).

3.2.4 Festlegungen von Durchgangsbreiten im Busbereich

Neben der Personenbeförderung mit Straßenbahnen stellen Busse einen wichtigen Verkehrsträger im öffentlichen Nahverkehr dar. Für den Busbereich bestehen hinsichtlich der Abmessungen und der Ausstattung umfassende, verbindlich einzuhaltende Standards. Diese werden in der UN/ECE R 107 definiert (vgl. auch Kap. 3.1.1).

Die UN/ECE R 107 legt in Abhängigkeit der Klassenzuordnung eines Busses mindestens einzuhaltende Gangbreiten fest. Die Einhaltung dieser Breiten ist vom Hersteller mit einem standardisierten Verfahren, bei dem ein definierter Prüfkörper durch den Gang bewegt wird nachzuweisen (Bild 5). Bei den üblicherweise eingesetzten Bussen im Stadtverkehr handelt es sich um Busse der Klasse I.[16] Für diese Busse ist für den Durchgang eine Breite von 450 mm auf einer Höhe bis zu 900 mm ab Fußboden nachzuweisen.

[14] Mit Ausnahme des 6NGTW, der über die gesamte Höhe eine Fahrzeugbreite von 2.300 mm aufweist. Die RegioTrams weisen abweichend davon eine Breite von 2.650 mm auf.
[15] Wurde beispielsweise in den Kasseler Achtachser-Straßenbahnen realisiert.
[16] Busse, welche die Beförderung von Fahrgästen auf Strecken mit zahlreichen Haltestellen ermöglichen und die zusätzlich zum Fahrer mehr als 22 Fahrgäste befördern können.

Eindeck						
Klasse		B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
A		550	350	500 (1)	1 900 (1)	900
B		450	300	300	1 500	900
I		550	450 (2)	500 (1)	1 900 (1)	900
II		550	350	500 (1)	1 900 (1)	900
III		450	300 (3)	500 (1)	1 900 (1) (4)	900 (4)
Doppeldeck						
I	LD	550	450 (2)	500	1 800 (5)	1 020 (5)
	UD	550	450 (2)	500	1 680	900
II	LD	550	350	500	1 800 (5)	1 020 (5)
	UD	550	350	500	1 680	900
III	LD	450	300 (3)	500	1 800 (5)	1 020 (5)
	UD	450	300 (3)	500	1 680	900

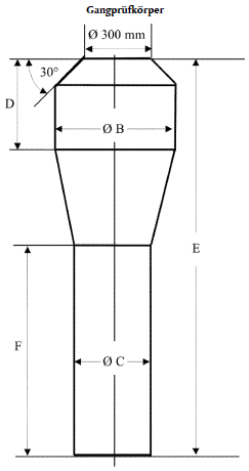


Bild 5: Abmessungen für den Prüfkörper zur Überprüfung der mindestens erforderlichen Gangbreite in Bussen [2]

3.2.5 Schlussfolgerungen für die Untersuchung hinsichtlich einzuhaltender Durchgangsbreiten

Unter Berücksichtigung der bisherigen Betriebs- und Genehmigungspraxis sowie Festlegungen aus dem Busverkehr kann eine lichte Weite von 450 mm für einen Durchgang für Fahrgäste als ausreichend betrachtet werden, um Sicherheit und Ordnung im Betrieb zu gewährleisten. Daher wird bei der Überprüfung der verbleibenden Durchgangsbreiten bei der Queraufstellung von Rollstühlen in den Kasseler Straßenbahnen und RegioTram-Bahnen dieses Maß als Grenzwert für die lichte Weite angesetzt.

4 Analyse der Kasseler Straßenbahnfahrzeuge – Aufstellpotenzial

4.1 Aufstellpotenzial und Nutzbarkeit der Aufstellbereiche

Ziel der Aufstellversuche war es

- alle potenziellen Aufstellflächen unabhängig von der Zugänglichkeit über eine fahrzeuggebundene Einstiegshilfe hinsichtlich ihrer Eignung für eine Längs- bzw. Queraufstellung von Rollstühlen zu identifizieren,
- die Möglichkeiten einer Queraufstellung insbesondere an den Rollstuhlstellplätzen mit Zugänglichkeit über die Klapprampe mit Blick auf die Gewährleistung von Sicherheit und Ordnung im Betrieb (ausreichende Durchgangbreiten) zu überprüfen sowie
- festzustellen, ob an den potenziellen Aufstellbereichen Einschränkungen, z. B. infolge von festen Einbauten, vorliegen, welche die Aufstellung von Rollstühlen an diesen Stellen beeinträchtigen.

Die Fahrzeuge jeder Fahrzeugserie der Kasseler Schienenbahnen verfügen über mehrere Aufstellbereiche. In den Straßenbahnen ist zwar in der Regel lediglich einer dieser Aufstellbereiche über eine Klapprampe zu erreichen.[17] Die übrigen Aufstellbereiche können aber ebenso für die Aufstellung von

[17] Bei den Zweirichtungs-Fahrzeugen besteht die Möglichkeit des Zugangs über eine Klapprampe auch über die in Fahrtrichtung betrachtet letzte Tür auf der linken Seite mit Zugang zum Niederflurbereich. Der Ausstieg in Fahrtrichtung links ist derzeit (2017) allerdings nur an der Haltestelle „Kirche Wolfsanger“ vorgesehen. Im Jahr 2018 sollen die Haltestelle „Scheidemannplatz“ und die Endhaltestelle „Wolfsanger“ folgen. Bei den

Rollstühlen genutzt werden, sofern die Erreichbarkeit ohne eine Benutzung einer Rampe möglich ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein

- bei Greifreifen-Rollstühlen, die durch Assistenzpersonen bewegt werden und den Rollstuhl zum Überwinden der Reststufe beim Einstieg ankippen können,
- bei Elektrorollstühlen, die in der Lage sind, entsprechend hohe Kanten zu überwinden oder
- wenn zukünftig ggf. der Zustieg in die Straßenbahnen optimiert und die Reststufe beim Einstieg generell verringert werden kann, beispielsweise durch eine sukzessive Anhebung der Bahnsteige im Straßenbahnnetz.

4.1.1 Methodik der Versuchsdurchführung

Die Aufstellversuche erfolgten am 6./7. Juni 2017 auf den Betriebshöfen Wilhelmshöhe (Straßenbahnen) und Sandershäuser Straße (RegioTram).

Die Hilfsmittel[18] wurden wie folgt positioniert:

- In allen Bahnen an den gekennzeichneten Aufstellbereichen, Aufstellung längs und quer zur Fahrtrichtung der Bahn.
- In den Zweirichtungs-Straßenbahnen (8ZNGTW, NGT8) sowie den RegioTram-Bahnen zusätzlich längs (teilweise) und quer zur Fahrtrichtung der Bahn in Türbereichen; der Fokus lag auf den Bereichen, bei denen ein direkter Zugang über die fahrzeuggebundene Einstiegshilfe möglich ist. Für die übrigen Bereiche erfolgte eine praktische Überprüfung, wenn Abweichungen zu den überprüften Türbereichen bestanden.

Anschließend wurde überprüft,

- ob die verbleibende lichte Weite bei Durchgängen zwischen dem Hilfsmittel und festen Einbauten im Fahrzeug ausreichend war (mindestens 450 mm, vgl. Kap. 3.2.5) und
- ob Einbauten in den Bahnen die Aufstellung beeinträchtigten oder ggf. eine Eigengefährdung für Nutzer (z. B. Anstoßen) darstellen.

4.1.2 Überprüfte Schienenfahrzeuge

4.1.2.1 6NGTW

Bei den Straßenbahnen der Serie 6NGTW handelt es sich um Niederflur-Straßenbahnen mit einem Niederfluranteil von 70 %. Die Wagenfußbodenbereiche jeweils zu den äußeren Drehgestellen sind erhöht, sodass sich im Innenraum am Übergangsbereich jeweils eine Stufe von 18 cm Höhe ergibt. Es handelt sich um Einrichtungsfahrzeuge. Die Fahrzeuge sind durchgängig mit einer 2+1-Bestuhlung ausgestattet.

Die Bahnen verfügen über drei Mehrzweckbereiche, die jeweils gegenüber einer der drei Betriebstüren im Niederflurbereich angeordnet sind (Bild 36 und Bild 37). Nur an der ersten dieser Türen befindet sich eine fest installierte Klapprampe, um die Zugänglichkeit für Rollstuhlnutzer zu verbessern. Die Fahrzeuge werden derzeit sukzessive grundüberholt (Re-Design). Die dabei durchgeführten Ar-

RegioTram-Bahnen ist der Zugang immer an den ersten und letzten Betriebstüren möglich, da die mobile Rampe zu beiden Seiten angelegt werden kann.

[18] Eingesetzt wurden der Greifreifen-Rollstuhl Breezy BasiX², der Elektrorollstuhl Invacare Storm 4 sowie das Elektromobil Invacare Colibri (vgl. Anhang A: Eingesetzte Hilfsmittel).

beiten haben auch Auswirkungen auf die Unterbringung von Rollstühlen: der bislang am vorderen Rollstuhlstellplatz an der Fahrzeugseitenwand montierte Papierkorb (Bild 6) wird an eine Haltestange im Zugangsbereich versetzt.

Bild 6: Blick auf den Mehrzweckbereich mit Zugang über die Klapprampe im 6NGTW (Zustand vor dem Re-Design, Papierkorb hinten rechts an der Fahrzeugseitenwand)

4.1.2.2 8ENGTW

Bei den Straßenbahnen der Serie 8ENGTW handelt es sich um Niederflur-Straßenbahnen mit einem Niederfluranteil von 70 %. Die Wagenfußbodenbereiche jeweils zu den äußeren Drehgestellen sind erhöht, sodass sich im Innenraum am Übergangsbereich jeweils eine Stufe von 18 cm Höhe ergibt. Es handelt sich um Einrichtungsfahrzeuge. Die Fahrzeuge sind durchgängig mit einer 2+2-Bestuhlung ausgestattet. Zwischen den Fahrgastsitzen ergibt sich ein Durchgang in Längsrichtung mit einer lichten Breite von 450 mm.

Die Bahnen verfügen über drei Mehrzweckbereiche, die jeweils gegenüber einer der drei Betriebstüren im Niederflurbereich angeordnet sind (Bild 38). Nur an der ersten dieser Türen befindet sich eine fest installierte Klapprampe, um die Zugänglichkeit für Rollstuhlnutzer zu verbessern.

4.1.2.3 8ZNGTW

Bei den Straßenbahnen der Serie NGT8 handelt es sich um Niederflur-Straßenbahnen mit einem Niederfluranteil von 70 %. Die Wagenfußbodenbereiche jeweils zu den äußeren Drehgestellen sind erhöht, sodass sich im Innenraum am Übergangsbereich jeweils eine Stufe von 18 cm Höhe ergibt. Es handelt sich um Zweirichtungsfahrzeuge. Die Fahrzeuge sind durchgängig mit einer 2+2-Bestuhlung ausgestattet. Zwischen den Fahrgastsitzen ergibt sich ein Durchgang in Längsrichtung mit einer lichten Breite von 450 mm.

Die Bahnen verfügen über zwei Mehrzweckbereiche, die jeweils zwischen der Zugangstür (mit Klapprampe) und dem Fahrzeuggelenk auf der in Fahrtrichtung linken Seite der Straßenbahn angeordnet sind (Bild 39). An der jeweils ersten Tür in Fahrtrichtung rechts mit Zugang zum Niederflurbereich befindet eine Klapprampe, um die Zugänglichkeit für Rollstuhlnutzer zu verbessern.

4.1.2.4 NGT8

Bei den Straßenbahnen der Serie 8ZNGTW handelt es sich um Niederflur-Straßenbahnen mit einem Niederfluranteil von 70 %. Die Wagenfußbodenbereiche jeweils zu den äußeren Drehgestellen sind erhöht, sodass sich im Innenraum an den Übergangsbereichen jeweils eine Stufe von 18 cm Höhe ergibt. Es handelt sich um Zweirichtungsfahrzeuge. Die Fahrzeuge sind durchgängig mit einer 2+2-Bestuhlung ausgestattet. Zwischen den Fahrgastsitzen ergibt sich ein Durchgang in Längsrichtung mit einer lichten Breite von 450 mm.

Die Bahnen verfügen über zwei Mehrzweckbereiche, die jeweils zwischen der Zugangstür (mit Klapprampe) und dem Fahrzeuggelenk auf der in Fahrtrichtung linken Seite der Straßenbahn angeordnet sind (Bild 40). An der jeweils ersten Tür in Fahrtrichtung rechts mit Zugang zum Niederflurbereich befindet eine Klapprampe, um die Zugänglichkeit für Rollstuhlnutzer zu verbessern.

4.1.2.5 RegioTram 8NRTW-E

Bei den Bahnen der Serie 8NRTW-E handelt es sich um Zweisystem-Fahrzeuge (elektrisch-elektrisch), die eine Zulassung für den Betrieb sowohl im Netzbereich der BOStrab als auch für Strecken mit Genehmigung nach EBO besitzen. Die Fahrzeuge verfügen über vier Mehrzweckbereiche, von denen jeweils zwei gegenüber angeordnet sind. Die Mehrzweckbereiche liegen in einem Bereich, in dem der Wagenfußboden gegenüber der Fußbodenhöhe in den Fahrzeugköpfen auf 420 mm abgesenkt wurde. Die Mehrzweckflächen liegen zwischen jeweils zwei Betriebstüren. Jeweils einer der Mehrzweckbereiche ist mit einem Piktogramm als Rollstuhlstellplatz gekennzeichnet. Gegenüber befindet sich ein Bereich mit Klappsitzen, der für die Abstellung von Fahrrädern vorgesehen ist.

Die Fahrzeuge verfügen sowohl im vorderen als auch im hinteren Fahrzeugbereich über eine mobile Faltrampe, die bei Nichtbenutzung in einem Rampenschrank direkt am Mehrzweckbereich an den vorderen bzw. hinteren Betriebstüren verstaut ist (Bild 7). Die Rampe kann beidseitig angelegt werden, um die Zugänglichkeit im Netz, welches durch unterschiedliche Bahnsteighöhen und wechselnde Einstiege gekennzeichnet ist, zu gewährleisten (Bild 41).

Bild 7: Blick auf den Mehrzweckbereich für die Fahrradmitnahme und den Rampenschrank (Wandvorsprung links neben den Klappsitzen) in der RegioTram 8NRTW-E

4.1.2.6 RegioTram 8NRTW-D

Bei den Bahnen der Serie 8NRTW-D handelt es sich um Zweisystem-Hybrid-Fahrzeuge (Antrieb diesel-elektrisch) für den Betrieb auf BOStrab- und EBO-Strecken. Die Fahrzeuge entsprechen im Aufbau grundsätzlich den rein-elektrischen 8NRTW-E (Bild 42). Aufgrund der in diesem Bereich an den Fahrzeugseitenwänden angeordneten Dieseltanks, ist die lichte Weite im Durchgang zwischen den beiden gegenüberliegenden Mehrzweckbereichen gegenüber dem rein-elektrischen Fahrzeug allerdings um ca. 90 cm verringert (Bild 32).

5 Überprüfung der Sicherheit bei Queraufstellung von Rollstühlen

5.1 Ziele der Versuche zur Standsicherheit

Folgende Fragestellungen bezüglich der Standsicherheit der Rollstühle sollten durch die Versuche beantwortet werden:

- Bieten die Einbauten in den jeweiligen Fahrzeugserien der Straßenbahnen eine ausreichende Abstützungsmöglichkeit für quer zur Fahrtrichtung aufgestellte Rollstühle?
- Stehen zwei nebeneinander aufgestellte Rollstühle sicher, um die gemäß BOStrab formulierten Anforderungen an Sicherheit an Ordnung und Betrieb und somit neben der Sicherheit für die Nutzer selbst vor allem die Sicherheit anderer Fahrgäste erfüllen zu können?

Die unterschiedlichen Fahrzeugserien der Kasseler Niederflur-Straßenbahnen verfügen über unterschiedlich gestaltete Mehrzweckbereiche bzw. ergeben sich wiederum abweichende Randbedingungen für die Sicherung bei einer Aufstellung der Rollstühle im Bereich der Betriebstür, die der Klapprampe gegenüberliegt. Daher ist es sinnvoll und erforderlich, die Wirksamkeit der Abstützung eines quer aufgestellten Rollstuhls in sämtlichen Fahrzeugserien exemplarisch zu überprüfen.

5.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Um die Standsicherheit der Rollstühle bei der Queraufstellung zu überprüfen, erfolgten Fahrversuche mit den Straßenbahnen der KVG. Dabei wurden Fahrmanöver durchgeführt, mit denen in bestimmten Situationen (Gefahrbremsung, Bogenfahrt) im Regelbetrieb vorkommende Kräfte, die auf den Rollstuhl und seinen Nutzer einwirken können, simuliert wurden.

5.2.1 Eingesetzte Straßenbahnfahrzeuge

Bei den Prüffahrten kam jeweils eine Straßenbahn aus jeder der vier bei der KVG im Fahrgastbetrieb eingesetzten Niederflur-Straßenbahntypen (vgl. Kap. 4.1.2) zum Einsatz:

- Serie 6NGTW, Einrichtungs-Fahrzeug, Wagen-Nummer 456 bzw. 467.[19]
- Serie 8ENGTW, Einrichtungs-Fahrzeug, Wagen-Nummer 612.
- Serie 8ZNGTW, Zweirichtungs-Fahrzeug, Wagen-Nummer 639.
- Serie NGT8, Zweirichtungs-Fahrzeug, Wagen-Nummer 663.

5.2.2 Rollstühle

5.2.2.1 Auswahl von Hilfsmitteln

Auf Basis bisheriger Erkenntnisse, u. a. aus Berechnungen und zahlreichen Versuchen der STUVA selbst, war bekannt, dass die Art des Rollstuhls aufgrund bauartbedingter Eigenschaften sowie die jeweilige Masse einen Einfluss auf die Standsicherheit haben (vgl. Kap. 3.1.2 und [10; 12; 13; 14; 15]). Für die Durchführung der Versuche wurden daher drei Rollstühle bzw. Elektromobile unterschiedlicher Typen verwendet (vgl. Kap. 3.1.3). Diese Auswahl stand repräsentativ für Rollstühle, die im regulären Fahrgastbetrieb befördert werden:

- Zwei unterschiedliche mit Muskelkraft zu bewegende Rollstühle (Greifreifen-Rollstuhl);
- ein elektrisch angetriebener Rollstuhl;
- ein Elektromobil (E-Scooter).[20]

[19] Fahrzeuge aus dem Re-Design (s. dazu Kap. 4.1.2.1).

Da es sich bei den Greifreifen-Rollstühlen um den leichtesten Rollstuhl-Typ im Testfeld handelte und die Stabilität am geringsten eingeschätzt wurde (vgl. Kap. 3.1.2), wurden zwei Rollstühle dieses Typs eingesetzt. Damit konnte der Fall zweier nebeneinander aufgestellter, leichter Rollstühle simuliert werden.

5.2.2.2 Verwendung von Dummys

Bei der Beförderung von Rollstühlen in den Straßenbahnen in Kassel ist der Regelfall, dass Nutzer in bzw. auf ihrem Hilfsmittel verbleiben. Dieser Zustand wurde somit für die Versuchsfahrten angestrebt, um der Betriebspraxis entsprechende Ergebnisse erzielen zu können. Die Rollstühle wurden somit für die Versuche jeweils mit einem Dummy besetzt,

- um eine Verletzung einer aufsitzenden Person zu vermeiden und
- um eine objektive Messung durchführen zu können.

Ein Festhalten eines Nutzers zur zusätzlichen Stabilisierung wurde nicht simuliert. Einerseits ist insbesondere für den Nutzer des Rollstuhls an der (in Fahrtrichtung gesehenen) hinteren Position aufgrund der Anordnung der Haltestangen an den Aufstellbereichen eine wirksame Eigensicherung meistens nicht möglich. Weiterhin kann das Festhalten unter dem Aspekt einer objektiven Bewertung nicht angesetzt werden (vgl. [10]), da

- nicht jeder Rollstuhlnutzer in der Lage ist, sich grundsätzlich oder auch bei höheren Kräften selbst zu sichern bzw.
- kurzzeitiges Loslassen, z. B. aufgrund einer Ablenkung, immer möglich ist.

Zudem sollte kein „Gegensteuern“ gegen die auf den Körper einwirkenden Beschleunigungskräfte erfolgen, da auch dies die Objektivität der Versuche nicht gewährleistet hätte. Nicht jeder Rollstuhlfahrer ist in der Lage, entsprechende Oberkörperkräfte aufzubringen.

Über die Fachstelle „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“ der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) konnten für den beabsichtigten Zweck zwei Dummys vom Typ „Hybrid II, US-SID (Seitenaufprall-Dummy)“ ausgeliehen werden (Bild 8). Diese verfügen über die Körpermaße 175 cm (Größe) und 78 kg (Masse). Das Durchschnittsgewicht der deutschen Bevölkerung beträgt nach aktuellen Erhebungen des Statistischen Bundesamtes 76,3 kg (84,3 kg bei Männern und 68,4 kg bei Frauen) [8]. Die ausgewählten Dummys entsprachen vom Gewicht somit in etwa dem Durchschnittswert der deutschen Bevölkerung. Bereits früher erfolgte Berechnungen der STUVA [15] haben gezeigt, dass die eine Varianz des Gewichts einer aufsitzenden Person nur relativ geringe Auswirkungen auf die Standsicherheit eines (elektrisch betriebenen) Rollstuhls bzw. Elektromobils hat, da die schweren Bauteile (Akkus, Motoren, Getriebe) niedrig angeordnet sind (vgl. Kap. 3.1.2.2). Zudem steht die Schwere des Rollstuhls aus Gründen der Stabilität in der Regel in einem Zusammenhang mit der Schwere des Nutzergewichts, sodass sich immer eine gewisse Proportionalität ergibt.

[20] Zum Einsatz kamen die Greifreifen-Rollstühle (Breezy BasiX² und Uniroll 1.920, der Elektrorollstuhl Invacare Storm 4 sowie das Elektromobil Venus Freerider (vgl. Anhang A: Eingesetzte Hilfsmittel).

Bild 8: Dummy Hybrid II (US-SID)[21] mit zusätzlichen Gewichten ausgestattet (hier im Elektrorollstuhl)

Dennoch wurde einer der Dummys zusätzlich mit drei weiteren Massekörpern (Brust- und Rückenbereich sowie Fußgelenke) ausgestattet, sodass sich für diesen eine Gesamtmasse von ca. 90 kg ergab. Im Regelfall wurde bei Versuchen mit Einzelaufstellung der schwerere Dummy verwendet, um einen ungünstigeren Fall (ungünstigere Schwerpunktlage) nachzustellen. Bei den Versuchen mit Doppelaufstellung (vgl. Kap. 5.2.2.3) wurde der Dummy mit der größeren Masse in der Regel auf der in Fahrtrichtung der Straßenbahn gesehenen hinteren Position platziert, um auch hier einen ungünstigeren Fall zu simulieren.

5.2.2.3 Aufstellung der Hilfsmittel in den Straßenbahnen

Die Überprüfung der Standsicherheit bei Queraufstellung wurde bei den Straßenbahnfahrzeugen der KVG jeweils nur für die Abstellbereiche überprüft, für die ein direkter Zugang über die fahrzeuggebundenen Einstiegshilfe (Klapprampe) möglich war. Mit Blick auf die Ziele dieses Arbeitspaketes (vgl. Kap. 5.1) wurden bei den Fahrten mit Gefahrbremsung grundsätzlich folgende beiden Aufstellungsvarianten für die Hilfsmittel gewählt:

- Aufstellung eines Rollstuhls quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn am vorgesehenen Rollstuhlstellplatz bzw. im Türbereich (bei den Zwei-Richtungsfahrzeugen), um die grundsätzliche Sicherheit einer Queraufstellung in den jeweiligen Straßenbahn-Fahrzeugtypen zu ermitteln sowie
- Aufstellung von zwei Rollstühlen quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn nebeneinander am vorgesehenen Rollstuhlstellplatz bzw. im Türbereich (bei den Zwei-Richtungsfahrzeugen), um die Sicherheit dieser Variante zu überprüfen.

Die Aufstellung wurde bei der Einzelaufstellung grundsätzlich mit jeweils unterschiedlichen Hilfsmitteln (entweder Hand-Rollstuhl, E-Rollstuhl oder E-Scooter) bzw. bei der Doppelaufstellung in unterschiedlichen Konstellationen der Hilfsmittel durchgeführt. Bei allen Rollstühlen wurden immer die Feststellbremsen aktiviert (manuelle Bremse bei den Greifreifen-Rollstühlen oder stromlos Schalten bei den elektrisch angetriebenen Rollstühlen).

[21] Die Tasche auf den Oberschenkeln des Dummys ist technisch bedingt (Unterbringung von Sensorkabeln, die hier nicht zum Einsatz kamen). Die Tasche stellt keinen zusätzlichen Massekörper dar.

Basierend auf den Empfehlungen einer Untersuchung zur Queraufstellung von Rollstühlen in Linienbussen aus der Schweiz [10] sowie einem Merkblatt für die Mitnahme von Rollstühlen in Linienbussen [21] wurde bei der Doppelaufstellung zweier Rollstühle nebeneinander immer das Prinzip beachtet, dass das Hilfsmittel mit der größeren Masse an der in Fahrtrichtung gesehenen vorderen Position aufgestellt wurde. Dies bedeutet, dass ein Greifreifen-Rollstuhl immer an der hinteren Position platziert wurde, wenn er neben einem elektrisch angetriebenen Rollstuhl aufgestellt wurde. Diese Regel bei der Aufstellung berücksichtigt neben den physikalischen Gründen (kein Aufschieben einer schweren Masse auf eine leichte Masse) auch psychologische Aspekte (Sicherheitsgefühl der Hilfsmittelnutzer).

Die Fahrten im Streckennetz wurden lediglich mit einer Doppelaufstellung der beiden Greifreifen-Rollstühle durchgeführt, weil bei diesen die Stabilität (Rutschen, Kippen) gegenüber den elektrisch angetriebenen Rollstühlen bzw. Elektromobilen geringer ist (vgl. [12]. Somit wurde der bei der Mitnahme von Rollstühlen im Fahrgastbetrieb ungünstigste Fall überprüft.

Die Rollstühle wurden immer möglichst nah an der Fahrzeugseitenwand oder Tür bzw. an der seitlichen Abstützvorrichtung (Stufe) abgestellt (Bild 9). Zudem erfolgte eine Aufstellung möglichst nah an die Fahrzeugseitenwand oder die Tür, in der Regel bis zum Anstoßen der Kippstützen oder anderer Bauteile des Rollstuhls. Bezüglich der seitlichen Abstützung wurde berücksichtigt, dass ein praktisch abstandsfreies Heranfahren dort in der Praxis nicht vorausgesetzt werden kann, sondern sich eine Streuung ergeben kann. Daher wurde in der Regel ein Abstand von 5 cm bis 7 cm zur Stufe bzw. seitlichen Abstützung eingehalten, um einen ungünstigeren Fall (aufgrund des potenziell größeren Verschiebewegs bzw. Kippwinkels) zu simulieren. Der Abstand zur Stufe wurde variiert (vergrößert), um die These zu überprüfen, dass eine Aufstellung näher an der seitlichen Abstützung zu einer höheren Sicherheit führen würde.

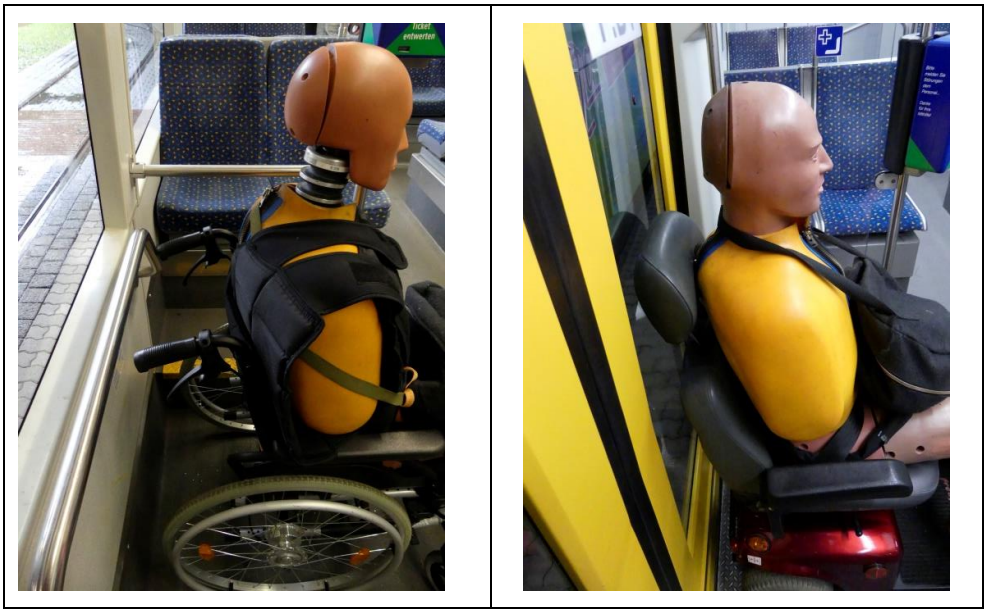


Bild 9: Beispiel für die Positionierung eines Rollstuhls an der Fahrzeugseitenwand bzw. eines Elektromobils an der Fahrzeugtür

Bei der Aufstellung im Türbereich (Zweirichtungs-Fahrzeuge) wurde der Abstand zur seitlichen Abstützung durch feste Einbauten (Haltestangen) in diesem Bereich bestimmt (Bild 10). Die Aufstellung erfolgte auch hier mit dem Fokus auf den in der Praxis ungünstigen Fall wie folgt: der Rollstuhl steigt an einer Haltestelle an der in Fahrtrichtung linken Tür zu und bleibt unmittelbar im Türbereich ste-

hen.[22] Dadurch kann sich – je nach Fahrzeugserie – ein größerer Abstand zur seitlichen Abstützung ergeben, als bei einer Rückwärtsanfahrt an den Aufstellplatz.

Bild 10: Unterschiedliche Abstände zur seitlichen Abstützung bei Aufstellung im Türbereich bedingt durch feste Einbauten in der Straßenbahn: geschwungene Haltestange im NGT8 (links) und Plexiglasscheibe im 8ZNGTW (rechts)

5.2.3 Prüffahrten

Die Versuchsfahrten wurden am 13. und 14. September 2017 durchgeführt. Dabei erfolgten Gefahrbremsungen auf einem Straßenbahn-Betriebshof sowie Fahrten durch Gleisbögen im Streckennetz der Kasseler Straßenbahn.

An den Versuchstagen regnete es zeitweise. Da der Wechsel der Straßenbahnen und Hilfsmittel sowie die Bremsversuche in einem überdachten Bereich des Betriebshofes stattfanden, waren sowohl Reifen der Hilfsmittel als auch der Fahrzeugboden trocken.[23] Für die Gefahrbremsungen ergab sich ebenso der Zustand „trockenes Gleis“.

5.2.3.1 Gefahrbremsungen

Die Gefahrbremsungen dienten der Überprüfung der Standsicherheit (Kippen/Rutschen) durch Beschleunigungskräfte, die in Fahrtrichtung der Straßenbahnen auf die Hilfsmittel und die Nutzer einwirkten. Sie erfolgten auf einem Prüfgleis auf dem Betriebshof Wilhelmshöhe der KVG. Die Straßenbahnen wurden jeweils immer auf ca. 50 km/h beschleunigt. Anschließend wurde eine Gefahrbremsung bis zum Stillstand der Bahn durchgeführt, um die maximal möglichen Verzögerungswerte zu erreichen. Die durch die Gefahrbremsung auftretenden Verzögerungswerte konnten vor Ort nicht unmittelbar gemessen werden. Sie lassen sich aber aufgrund der Messergebnisse aus den Prüfprotokollen für die jährlich vorgeschriebene Bremsenprüfung nach BOStrab abschätzen (Tabelle 2).

[22] Derzeit (2017) erfolgt der Zustieg an dieser Seite der Straßenbahnen nur an der Haltestelle „Kirche Wolfsanger“. Für 2018 ist zusätzlich der Ausstieg links an den Haltestellen „Scheidemannplatz“ und der Endhaltestelle „Wolfsanger“ geplant. An den übrigen Haltestellen ist der Zustieg über die in Fahrtrichtung rechte Tür und anschließendes Wenden erforderlich (bzw. bei Elektromobilen Einfahrt rückwärts über die Rampe).
[23] Der Einfluss von üblichem Eintrag von Feuchtigkeit in die Fahrzeuge auf die Standsicherheit von Rollstühlen bzw. Elektromobilen hat sich in einer anderen Untersuchung als gering herausgestellt (vgl. [14]).

Tabelle 2: Verzögerungswerte bei einer Gefahrbremsung aus 50 km/h für die unterschiedlichen Fahrzeugserien der Kasseler Straßenbahnen gemessen bei einer Prüfung

Fahrzeugtyp	6NGTW	8ENGTW	8ZNGTW	NGT8
max. gemessener Verzögerungswert	2,70 m/s²	2,83 m/s²	2,74 m/s²	3,20 m/s²

Grundsätzlich wurde jeder Versuch mindestens dreimal wiederholt, um Zufälligkeiten beim Verhalten der Hilfsmittel weitgehend ausschließen zu können. Nach erstem Erkenntnisgewinn über das Verhalten der unterschiedlichen Hilfsmittel wurde die Versuchsdurchführung bezüglich der Aufstellung (Konstellationen) der Hilfsmittel mit Blick auf die Ziele teilweise angepasst, da bei weiteren Wiederholungen (z. B. Konstellation A in Straßenbahn A, B, C und D) kein zusätzlicher Erkenntnisgewinn zu erwarten gewesen wäre. Der Fokus bei weiteren Versuchen wurde auf „auffällige“ Konstellationen bei der Aufstellung der Hilfsmittel gelegt.

5.2.3.2 Fahrten im Streckennetz

Die Fahrten im Streckennetz der Kasseler Straßenbahn dienten der Überprüfung der Auswirkungen durch die Beschleunigungskräfte infolge von Kurvenfahrten, die in Richtung der Längsachse des quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn aufgestellten Hilfsmittels wirken.

Für die Prüffahrten wurden die beiden Greifreifen-Rollstühle in Queraufstellung nebeneinander aufgestellt. Die Prüffahrten erfolgten auf Streckenabschnitten mit ausgeprägten Gleisbögen. Dafür wurde folgende Strecke befahren:

Betriebshof Wilhelmshöhe – Bahnhof Kassel-Wilhelmshöhe – Freiherr-vom-Stein-Straße – Friedrich-Ebert-Straße – Kattenstraße und zurück.

Bei den Prüffahrten wurde angestrebt, die auf der Strecke liegenden, engen Gleisbögen mit möglichst hoher Streckengeschwindigkeit zu durchfahren, um hohe Beschleunigungskräfte zu erzielen. Von besonderem Interesse waren Rechtsbögen, da bei diesen die Kurvenkräfte auf den Rollstuhl in Richtung Tür (Klapprampe, aus dem Aufstellplatz hinaus) gerichtet waren.

6 Untersuchungsergebnisse und Maßnahmenempfehlungen

6.1 Potenzial für die Mitnahme von Rollstühlen

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse aus Analyse der Kasseler Straßenbahnen bezüglich der Mitnahme von Rollstühlen und insbesondere der Fahrversuche zur Überprüfung der Sicherheit bei der Aufstellung zweier Rollstühle nebeneinander, quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn aufgestellt, dargestellt. Zunächst erfolgt eine allgemeine Bewertung der Sicherheit quer aufgestellter Rollstühle auf Basis der Ergebnisse aus den Versuchen zur Standsicherheit. Anschließend werden fahrzeugspezifisch Hinweise bezüglich des Aufstellpotenzials sowie empfohlener Maßnahmen gegeben.

6.2 Grundsätzliche Standsicherheit der Rollstühle

6.2.1 Verhalten bei Gefahrbremsungen

6.2.1.1 Elektrisch angetriebener Rollstuhl

Bei den Prüffahrten in Kassel bestätigte sich die aufgrund der hohen Eigenmasse und der niedrigen Schwerpunktlage (vgl. Kap. 3.1.2) hohe Kippstabilität sowie hohe Rutschsicherheit von Elektrorollstühlen. Bei den Gefahrbremsungen stand der E-Rollstuhl sehr stabil, sowohl an der vorderen als auch an der hinteren Position. Während der Gefahrbremsungen war in einigen Fällen ein leichtes Anheben (ca. 1 -2 cm) der Räder auf der der Fahrtrichtung der Straßenbahn entgegen gesetzten Seite zu erkennen. In der Folge konnte es infolge der auf den Rollstuhl einwirkenden Beschleunigungskräfte zu einem seitlichen Verschieben in Fahrtrichtung der Straßenbahn um wenige Zentimeter kommen (

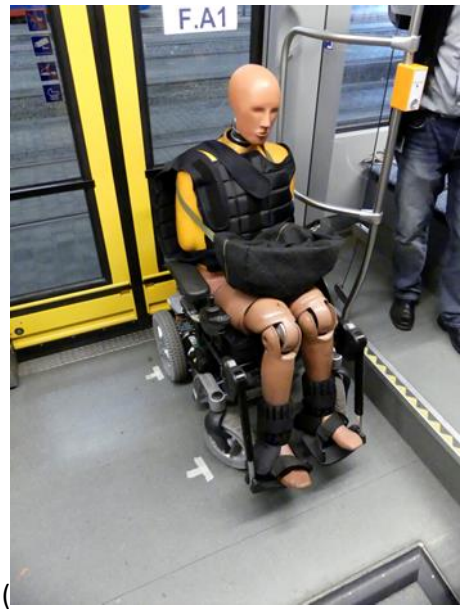


Bild 11). Die Verschiebung konnte größer werden, wenn der Abstand zur seitlichen Abstützung bzw. der Kippwinkel (zwischen Rollstuhl/Dummy und seitlicher Abstützung) größer war.

Eine Gefährdung dritter Fahrgäste durch einen quer aufgestellten Elektrorollstuhl wird somit ausgeschlossen, wenn eine unmittelbare bzw. schnell wirkende seitliche Abstützung vorhanden ist. Eine Eigengefährdung des Nutzers im Rollstuhl infolge von Anstoßen gegen feste Einbauten im Fahrzeug wird infolge der geringen Bewegungen (Rutschen, Kippen) des Hilfsmittels als eher unwahrscheinlich beurteilt. Je nach Konstitution des Rollstuhlnutzers (Oberkörperkräfte, Möglichkeiten der Abstützung) und Entfernung zur seitlichen Abstützung kann ein Anstoßen aber nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Bild 11: Endposition des E-Rollstuhls infolge Rutschens zur Seite nach einer Gefahrbremsung (NGT8[24], die Bodenmarkierungen kennzeichnen die ursprüngliche Position)

6.2.1.2 Elektromobil (E-Scooter)

Grundsätzlich blieb das Elektromobil bei den Gefahrbremsungen sicher an seinem Platz stehen. Dies galt sowohl für die vordere als auch für die hintere Position. Es kam bei einer Gefahrbremsung zwar zum Ankippen des Elektromobils (Bild 12). Das Kippen wurde aber durch den Anprall an eine seitliche Abstützung zuverlässig und sicher begrenzt bzw. ein Umkippen verhindert.[25] Bei Aufstellung an der hinteren Position kam es zum Aufschieben auf das an vorderer Position platzierte Hilfsmittel. Dabei kam es jedoch nicht zu einem herausdrehen oder herausschieben eines der Hilfsmittel. Infolge des Ankippens konnte es zu einer seitlichen Verschiebung des Elektromobils in Fahrtrichtung der Straßenbahn kommen. Diese war umso größer, je größer der Abstand zur seitlichen Abstützung war bzw. je größer der Kippwinkel wurde.

Eine Gefährdung dritter Fahrgäste durch ein quer aufgestelltes Elektromobil wird somit ausgeschlossen, wenn eine unmittelbare bzw. schnell wirkende seitliche Abstützung vorhanden ist. Eine Eigengefährdung des Nutzers auf dem Elektromobil bei einer Gefahrbremsung der Straßenbahn kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, da infolge des seitlichen Kippens des Elektromobils ein Anstoßen mit dem Kopf oder dem Oberkörper gegen feste Einbauten der Straßenbahn möglich ist.

[24] Der NGT8 hat vermutlich die höchsten Verzögerungswerte aller Kasseler Straßenbahn-Fahrzeugtypen (vgl. Tabelle 2).
[25] Der Fall „Greifreifen-Rollstuhl an vorderer Position, Elektromobil an hinterer Position“ wurde nicht überprüft. Siehe dazu Kap. 5.2.2.3.

Bild 12: Einseitiges Ankippen eines Elektromobils während einer Gefahrbremsung der Straßenbahn

6.2.1.3 Greifreifen-Rollstuhl

Bei den Gefahrbremsungen kam es bei beiden Greifreifen-Rollstühlen regelmäßig zu einem Ankippen und einer vollständigen Entlastung des hinteren rechten Antriebsrads. Infolge der beiden frei beweglichen, nicht gebremsten und wenig belasteten[26] Losräder (vorn) und der der Lastverlagerung auf das linke Hinterrad, ergab sich ein Drehpunkt am Auflagepunkt des hinteren linken Antriebsrads auf dem Fahrzeugboden. Um diesen drehte sich der Rollstuhl, bis er von einem Hindernis gestoppt wurde (Bild 13). Das bedeutet: je größer der Abstand zur seitlichen Abstützung, umso größer der Drehwinkel.

Bild 13: Bewegung eines Greifreifen-Rollstuhls während einer Gefahrbremsung der Straßenbahn (Serie 8ZNGTW): Ausgangsposition (links) und Position kurz vor Stillstand der Straßenbahn nach einer Gefahrbremsung

Bei Aufstellung an der vorderen Position wurde der Weg durch die Abstützung begrenzt. Nach dem Anprall an die Abstützung wurde der Rollstuhl samt Nutzer infolge des Rebounds (rückgerichtete

[26] Zur Lage des Schwerpunktes bei Greifreifen-Rollstühlen s. Kap. 3.1.2.1.

Krafteinwirkung) unmittelbar beim Stillstand der Straßenbahn wieder in eine stehende Position zurückgekippt. Insbesondere im vorderen Bereich der Losräder zeigte sich jedoch deutliche seitliche Verschiebung gegenüber der ursprünglichen Aufstellposition (Bild 14).

Bild 14: Endposition eines einzeln quer aufgestellten Greifreifen-Rollstuhls nach Abschluss einer Gefahrbremsung der Straßenbahn (Serie NGT8); die Bodenmarkierungen kennzeichnen die Ausgangsposition

Bei Aufstellung zweier Greifreifen-Rollstühle nebeneinander schob der hintere Rollstuhl während des Bremsvorgangs auf den vorderen Rollstuhl auf. Infolge des im vorderen Bereich (Losräder) seitlichen Wegdrehens des vorderen Rollstuhls „wanderte“ die „Abstützung“ (= vorderer Rollstuhl) jedoch. So konnte die Drehbewegung des hinteren Rollstuhls größer werden. Dabei bewegte sich der hintere Rollstuhl einige Zentimeter aus dem Aufstellbereich heraus in den Gang hinein (Bild 15). Die Drehbewegung konnte so groß werden, dass sich der hintere Rollstuhl in einigen Fällen vollständig aus dem Aufstellbereich herausdrehte und um etwa 160 Grad gedreht im dem Aufstellplatz gegenüberliegenden Türbereich zum Stehen kam (Bild 16). Bei der Ursachensuche und Überprüfung des Versuchsaufbaus stellte sich allerdings heraus, dass die Bremsklötze des an der hinteren Position aufgestellten Rollstuhls abgenutzt waren und die Feststellbremsen daher nicht mehr richtig wirkten. Nachdem die Bremsklötze gedreht wurden und die Bremse wieder strammer anzog, war das Ausdrehen deutlich begrenzt, aber ließ sich nicht vollständig unterbinden. In den folgenden Versuchen bewegte sich der hintere Rollstuhl nur noch einige Zentimeter in den Gang (vgl. Bild 15).

Bild 15: Endposition zweier nebeneinander aufgestellter Greifreifen-Rollstühle nach einer Gefahrbremsung (links Serie 8ENGTW, rechts Serie 6NGTW)

Bild 16: Endposition zweier nebeneinander aufgestellter Greifreifen-Rollstühle nach einer Gefahrbremsung infolge nicht vollständig wirksamer Feststellbremsen (Serie 6NGTW)

Das Ausrücken in den Gang war wenig ausgeprägt, wenn der Greifreifen-Rollstuhl (hintere Position) neben einem elektrisch angetriebenen Rollstuhl bzw. Elektromobil (vordere Position) erfolgte.[27] Da der schwerere, elektrische Rollstuhl (bzw. das Elektromobil) an der vorderen Position in den Versuchen aber nicht oder nur wenig wegdrehte, blieb die seitliche Abstützung für den an hinterer Position stehenden Greifreifen-Rollstuhl praktisch erhalten.

6.2.2 Verhalten bei Kurvenfahrten

Bei den Kurvenfahrten im Streckennetz haben sich keine sicherheitsrelevanten Erkenntnisse ergeben. Zu Beginn der Versuchsreihen bewegte sich einer der Rollstühle bei der Durchfahrt eines Rechtsbogens in einigen Fällen langsam aus dem Aufstellplatz heraus. Der zweite Rollstuhl blieb während der Fahrten stabil am Aufstellplatz stehen. Bei einer Überprüfung stellte sich heraus, dass die Bremsklötze abgenutzt waren und die Feststellbremsen daher nicht richtig festgestellt werden konnten. Nachdem die Bremsen nachjustiert wurden, stand der Rollstuhl bei den weiteren Fahrten sicher an seinem Platz.

[27] Der umgekehrte Fall wurde aus Sicherheitsgründen nicht untersucht (vgl. Kap. 5.2.2.3).

6.3 Hinweise für einzelne Fahrzeugserien

6.3.1 Serie 6NGTW

6.3.1.1 Kapazität und Durchgänge

- Bei einer Aufstellung **längs zur Fahrtrichtung** der Straßenbahn können **maximal drei Rollstühle** – je Mehrzweckbereich einer – mitgenommen werden. Ein Zugang über eine Rampe ist nur am vorderen Aufstellplatz möglich (Bild 36). Dies gilt auch für die bereits überholten Fahrzeuge aus dieser Serie (Re-Design) (Bild 37).
- Bei einer Aufstellung **ausschließlich quer** zur Fahrtrichtung der Straßenbahn könnten **bis zu sechs Rollstühle** mitgenommen werden (zwei je Mehrzweckbereich).[28] Dies gilt auch für die überholten Fahrzeuge aus dieser Serie (Re-Design) (Bild 37).
- An allen Mehrzweckbereichen (vor und nach dem Re-Design) ergibt sich bei einer Querauffstellung von Rollstühlen mit der gemäß Bezugsrollstuhl festgesetzten Länge von 1.250 mm inklusive Nutzer grundsätzlich eine ausreichende lichte Weite für die Durchgänge.

Es ergeben sich allerdings die folgenden Einschränkungen:

Bei den Fahrzeugen mit der ursprünglichen Ausstattung (kein Re-Design) verbleibt am vorderen Aufstellplatz mit Zugang über die Klapprampe aufgrund des an der Fahrzeugseitenwand angebrachten Papierkorbs (Bild 17) ein nicht ausreichend breiter Durchgang (< 450 mm), wenn ein Rollstuhl mit der maximal zulässige Länge von 1.200 mm dort quer aufgestellt wird (Bild 18, links). Wird der Papierkorb demontiert (wie bei den bereits sanierten Fahrzeugen umgesetzt), reicht die lichte Weite des Durchgangs aus (Bild 18, rechts).

Bild 17: Verhinderung einer bündigen Aufstellung eines Rollstuhls an der Fahrzeugseitenwand durch den Papierkorb

[28] Die Wirksamkeit der seitlichen Abstützung durch feste Einbauten wurde nur für den vorderen Mehrzweckbereich überprüft.

Bild 18: Unterschiede bei der lichten Weite des Durchgangs bei der Fahrzeugserie 6NGTW: links vor der Sanierung, rechts nach der Sanierung (Re-Design)[29]

6.3.1.2 Standsicherheit

Im vorderen Mehrzweckbereich ergibt sich durch die an den Mehrzweckbereich angrenzenden Rückenlehnen der beiden Fahrgastsitze eine sichere Abstützung für einen unmittelbar dort quer aufgestellten Rollstuhl.[30] Eine Fremdgefährdung wird ausgeschlossen.

Eine Eigengefährdung eines Nutzers auf einem an vorderer Position quer abgestellten Rollstuhl ist nicht vollständig auszuschließen. Ein Anprall eines Rollstuhlnutzers (voraussichtlich etwa in Schulterhöhe), z. B. infolge eines Kippens bei einer Gefahrbremsung, wird ggf. allerdings durch das leicht nachgiebige Material der Rückenlehne abgemildert.

6.3.1.3 Weitere Hinweise

Am mittleren Mehrzweckbereich wird an der vorderen Ecke des Mehrzweckbereichs die nutzbare Aufstellfläche durch eine senkrechte Haltestange mit Entwerter leicht eingeschränkt. Bei einer Queraufstellung an dieser Stelle ist zu berücksichtigen, dass der Kippwinkel aufgrund des größeren seitlichen Abstands zur Rückenlehne größer wird und damit die Anprallkräfte gegen die Abstützung größer werden können (Eigengefährdung). Bei einer Längsaufstellung besteht die Möglichkeit eines Anstoßens an den Entwerter mit dem Kopf bei seitlichen Bewegungen.

6.3.1.4 Empfohlene Maßnahmen

- Am mittleren Mehrzweckbereich sollte die zum Mehrzweckbereich weisende Seite des Entwerters mit einem Polster (Anprallschutz) versehen werden.

6.3.2 Serie 8ENGTW

6.3.2.1 Kapazität und Durchgänge

- Bei einer Aufstellung **längs zur Fahrtrichtung** der Straßenbahn können **maximal drei Rollstühle** mitgenommen werden (Bild 38). Der Zugang über eine Rampe ist nur am vorderen Mehrzweckbereich möglich.
- Eine **Queraufstellung** ist nur am vorderen Mehrzweckbereich mit **maximal zwei Rollstühlen** möglich. Dort verbleibt bei einer maximalen Länge des Rollstuhls von 1.200 mm bzw. 1.250 mm inkl. Nutzer eine ausreichende Durchgangsbreite zwischen dem Rollstuhl (bzw. Fuß eines Nutzers) und der Haltestange im Türbereich (Bild 19).

[29] Die weißen Quermarkierungen kennzeichnen jeweils die Glieder des Meterstabs (jeweils 20 cm).
[30] Für Rollstühle an zweiter Position siehe Kap. 6.2.

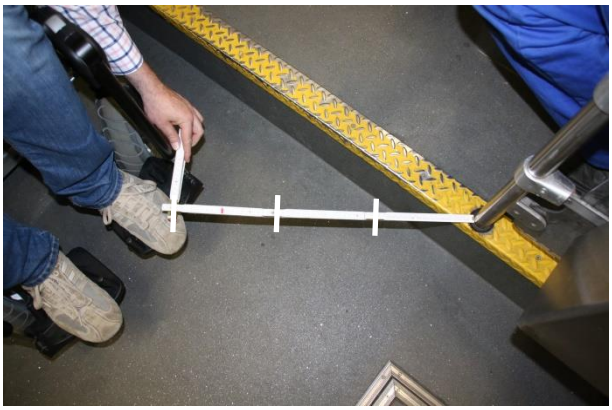


Bild 19: Ausreichende lichte Weite des Durchgangs bei Queraufstellung eines Rollstuhls am vorderen Mehrzweckbereich (8ENGTW)[31]

- Am mittleren Mehrzweckbereich ist die zwischen Rollstuhl und Fahrzeugeinbauten verbleibende lichte Weite des Durchgangs aufgrund der 2+2-Bestuhlung und des gegenüber der Tür seitlich leicht versetzen Mehrzweckbereichs mit ca. 300 mm zu gering (Bild 20).[32] Dies gilt auch bei einer entsprechenden Aufstellung am hinteren Mehrzweckbereich.

Bild 20: Zu geringe Durchgangsbreiten bei Aufstellung von Rollstühlen am mittleren bzw. hinteren Mehrzweckbereich (8ENGTW)[31]

6.3.2.2 Standsicherheit

Durch die Lage des Mehrzweckbereichs unmittelbar neben der Stufe im Übergang zwischen Niederflurbereich und erhöhtem Wagenfußboden in Richtung Drehgestell ergibt sich am vorderen Mehrzweckbereich eine wirksame Absicherung gegen Rutschen und Kippen eines an der vorderen Position abgestellten Rollstuhls.[33] Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

6.3.2.3 Weitere Hinweise

Über der Stufenkante liegt in ca. 95 cm Höhe eine horizontal angeordnete Haltestange zur Abgrenzung des Mehrzweckbereichs von der benachbarten, rückwärts zur Fahrtrichtung der Straßenbahn angeordneten Sitzbank (Bild 21). Bei einem möglichen (An-)Kippen des Hilfsmittels besteht die Gefahr, dass ein Rollstuhlnutzer mit dem Oberkörper (Oberarm) an die Haltestange anprallt und sich ggf. verletzt. Bei kleinen Nutzern ist ein Anprall mit dem Kopf nicht auszuschließen.

[31] Die weißen Quermarkierungen kennzeichnen die Glieder des Meterstabs (jeweils 20 cm).
[32] Bei Aufstellung an der vorderen Position. Die hintere Position alleine muss aufgrund der nicht gegebenen, unmittelbar wirkenden seitlichen Abstützung ausgeschlossen werden.
[33] Es wird immer eine Aufstellung möglichst dicht an der seitlichen Abstützung vorausgesetzt.

Bezüglich des an der vorderen linken Ecke des Mehrzweckbereichs angebrachten Entwerters kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden, dass ein Rollstuhlnutzer infolge von einwirkenden Beschleunigungskräften dort mit dem Kopf anprallt (Bild 21).

Bild 21: Fahrschein-Entwerter in Kopfhöhe eines Rollstuhlnutzers am Mehrzweckbereich sowie horizontale Haltestange (Serie 8ENGTW)

6.3.2.4 Empfohlene Maßnahmen

- Der Entwerter am vorderen Mehrzweckbereich sollte um 90 Grad nach rechts gedreht und die Rückseite mit einem Anprallschutz (Polster) versehen werden.
- Die horizontale Haltestange am vorderen Mehrzweckbereich sollte mit einer Ummantelung (Polsterung) versehen werden, um einen Anprall abzumildern. Alternativ bietet sich die Montage einer Anlehnplatte an der Haltestange und am Podest an.

6.3.3 Serie 8ZNGTW

6.3.3.1 Kapazität und Durchgänge

- Bei einer **Längsaufstellung** könnten insgesamt **maximal fünf Rollstühle** transportiert werden (Bild 39):
    - Jeweils ein Rollstuhl an den beiden ausgewiesenen Rollstuhlstellplätzen,
    - drei weitere Rollstühle in den Türbereichen der in Fahrtrichtung linken Türen.
- Eine **Queraufstellung an den gekennzeichneten Rollstuhlstellplätzen ist nicht möglich**. Die verbleibende lichte Weite für den Durchgang liegt unter der erforderlichen Breite von 450 mm.
- Eine **Queraufstellung** von **maximal sechs Rollstühlen** wäre **in den Türbereichen** in Fahrtrichtung links möglich. Die verbleibende lichte Weite im Durchgang von der Betriebstür zum höher gelegenen Bereich wäre ausreichend (Bild 22, Bild 23).

- Bei der Aufstellung von Rollstühlen im Türbereich ist zu berücksichtigen, dass der Fahrgastwechsel in Fahrtrichtung links in Abhängigkeit von der Aufstellrichtung (längs oder quer) und der Anzahl der dort abgestellten Rollstühle teilweise oder sogar vollständig blockiert wäre. [34]

Bild 22: Ausreichende lichte Weite im Durchgang bei Queraufstellung im Türbereich (8ZNGTW, Beispiel Aufstellung eines Elektromobils mit l = 1.200 mm)[35]

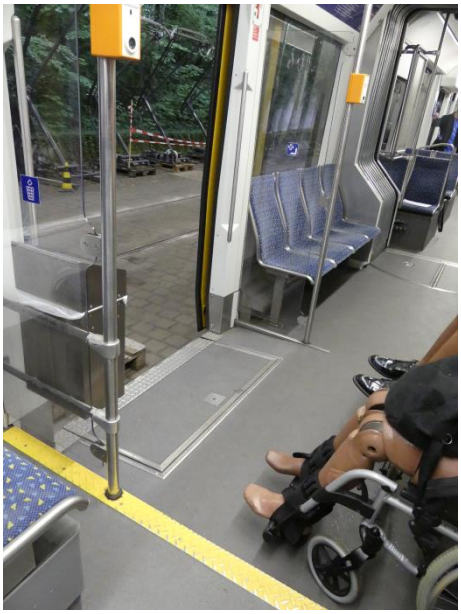


Bild 23: Perspektive des Durchgangs bei quer aufgestelltem Rollstuhl vom hochliegenden Bereich in Richtung Betriebstür (8ZNGTW)

6.3.3.2 Standsicherheit

Infolge der Stufe am Übergang zum höher liegenden Fahrgastraum in Richtung Drehgestell bzw. Fahrerkabine ergibt sich eine wirksame Absicherung gegen Rutschen und Kippen des Rollstuhls. Zusätzlich erfolgt eine großflächige Abstützung bei einem möglichen Kippen eines Rollstuhls durch die Plexiglasscheibe, welche den Mehrzweckbereich von den Fahrgastsitzen oberhalb des Mehrzweckbereiches abtrennt. Bei einem Anprall eines Rollstuhlnutzers mit dem Oberkörper oder dem Kopf an die Scheibe kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass sich der Nutzer verletzt. Rollstuhlnutzer

[34] Derzeit erfolgt der Ausstieg in Fahrtrichtung links im Kasseler Straßenbahnnetz nur an der Haltestelle „Kirche Wolfsanger“. Im Jahr 2018 soll der Ausstieg auf dieser Seite zusätzlich an der Haltestelle „Scheidemannplatz“ sowie an der Endhaltestelle „Wolfsanger“ möglich sein.

[35] Die weißen Quermarkierungen kennzeichnen die Glieder des Meterstabs (jeweils 20 cm).

sollten immer möglichst nah an das Podest bzw. die Plexiglasscheibe rangieren, um den Abstand zur Abstützung bzw. den Kippwinkel gering zu halten.

6.3.3.3 Weitere Hinweise/Empfohlene Maßnahmen

Sollte eine Aufstellung in Türbereichen erfolgen, sollten mögliche Auswirkungen auf die Funktionalität der Türen infolge eines Anstoßens mit einem Rollstuhl an die Türflügel mit dem Türhersteller und der Werkstatt analysiert werden (vgl. Kap. 6.4.1). Zudem ist zu berücksichtigen, dass im Türbereich kein Taster für die Überbrückung der automatischen Türverriegelung vorhanden ist (Rollstuhltaster). Die Nachrüstung eines Tasters sollte geprüft werden.

6.3.4 Serie NGT8

6.3.4.1 Kapazität und Durchgangsbreiten

- Bei einer **Längsaufstellung** können derzeit **maximal zwei Rollstühle** mitgenommen werden (Bild 40). Diese können am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz mit Zugang über die Klapprampe sowie am gegenüberliegenden Mehrzweckbereich aufgestellt werden. Die verbleibende lichte Weite des Durchgangs ist ausreichend (Bild 24). Am Mehrzweckbereich am jeweiligen Fahrzeugende (in Fahrtrichtung betrachtet) ist eine Längsaufstellung nur mit sehr hohem Rangieraufwand möglich, da der Aufstellbereich mit ca. 1.300 mm aufgrund des dort montierten Fahrkartenautomaten sehr knapp bemessen ist. Zudem ist die Fläche zur Abstützung am Fahrkartenautomaten sehr schmal (Bild 27, rechts).
- Bei Aufstellung von zwei breiten Rollstühlen erfordert das Rangieren des zweiten Rollstuhls allerdings aufgrund der verbleibenden lichten Weite zwischen einem bereits am Rollstuhlstellplatz abgestellten Rollstuhl sowie der senkrechten Haltestange an der vorderen Ecke des zweiten Mehrzweckbereiches u. U. eine hohe Präzision (Bild 25). Daraus ergibt sich ggf. ein höherer Zeitbedarf für das Rangieren (vor allem bei der Ausfahrt), wenn einer der Aufstellbereiche bereits belegt ist.
- Bei einer **Queraufstellung** können **maximal sechs Rollstühle** mitgenommen werden, wenn diese **in den Türbereichen** der Türen in Fahrtrichtung links im Niederflurbereich aufgestellt werden. Eine Queraufstellung an einem der Mehrzweckbereiche ist nicht möglich, da bei ordnungsgemäßer Aufstellung mit einer unmittelbar wirkenden, seitlichen Abstützung die lichte Weite des Durchgangs in Längsrichtung der Bahn nicht mehr ausreicht.

Bild 24: Durchgangsbreite bei Aufstellung zweier Rollstühle am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz (rechts) und am gegenüberliegenden Mehrzweckbereich (links) in der Fahrzeugserie NGT8[36]

[36] Die weißen Quermarkierungen kennzeichnen die Glieder des Meterstabs (jeweils 20 cm).

Bild 25: Situation bei Längsaufstellung von zwei breiten Rollstühlen: Rangieren eines zweiten Rollstuhls zum Mehrzweckbereich im Durchgang (NGT8)

6.3.4.2 Standsicherheit

Die Standsicherheit für einen an vorderer Position quer aufgestellten Rollstuhl im Türbereich mit Zugang über die Klapprampe (Tür in Fahrtrichtung rechts) ist durch die Stufe am Übergang vom Niederflurbereich zum höher liegenden Bereich über dem Drehgestell (in Richtung Fahrerkabine) sowie die Haltestange im Türbereich gegeben (Bild 26).

Bild 26: Abstützung durch Haltestange und Stufe im Türbereich mit Zugang über die Klapprampe (NGT8)

6.3.4.3 Weitere Hinweise/Empfohlene Maßnahmen

- Sollte eine Aufstellung in Türbereichen erfolgen, sollten mögliche Auswirkungen auf die Funktionalität der Türen infolge eines Anstoßens mit einem Rollstuhl an die Türflügel mit dem Türhersteller und der Werkstatt analysiert werden (vgl. Kap. 6.4.1). Zudem ist zu berücksichtigen, dass im Türbereich kein Taster für die Überbrückung der automatischen Türverriegelung vorhanden ist (Rollstuhltaster). Die Nachrüstung eines Tasters sollte geprüft werden.
- Soll die maximale Kapazität in Längsaufstellung ausgeschöpft werden, sollte die Wirksamkeit der Abstützung eines Rollstuhls mit Aufstellung rückwärts entgegen der Fahrtrichtung der Straßenbahn an den hinteren Mehrzweckbereichen überprüft werden. Die Abstützung durch den Feuerlöscher ist eher schmal (Bild 27, links).

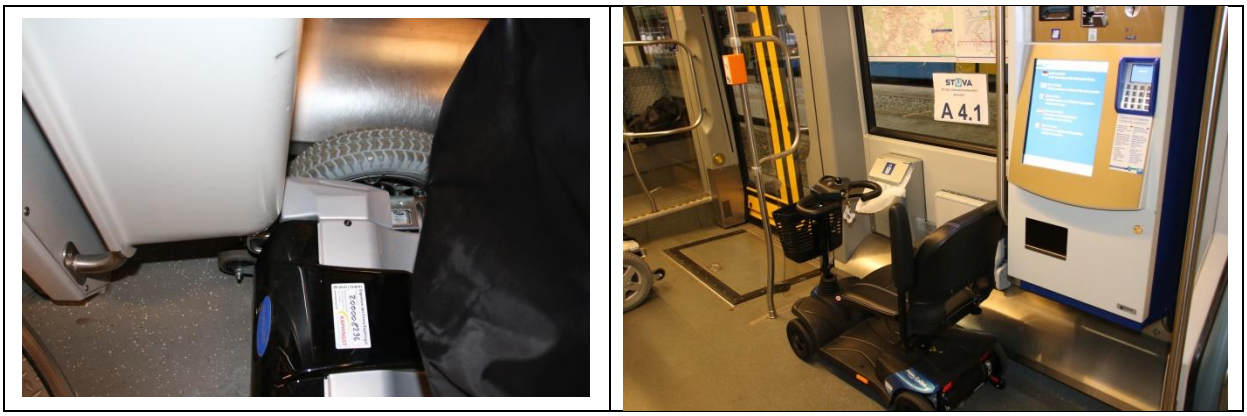


Bild 27: Abstützung am Feuerlöscher (links) bzw. am Fahrkartenautomaten bei Längsaufstellung an den in Fahrtrichtung hinten liegenden Mehrzweckbereichen (NGT8)

6.3.5 RegioTram 8NRTW-E

In der rein elektrisch angetriebenen RegioTram (8NRTW-E) ist die Aufstellung eines Rollstuhls jeweils an einem gekennzeichneten Stellplatz zwischen den Betriebstüren im vorderen und im hinteren Fahrzeugbereich vorgesehen (Bild 41 und Bild 28).

Bild 28: Längsaufstellung eines Elektrorollstuhls am gekennzeichneten Aufstellplatz (rechts) und eines Greifreifen-Rollstuhls am gegenüberliegenden Mehrzweckbereich (links, RegioTram 8NRTW-E)

Bei einer Längsaufstellung eines Rollstuhls am gekennzeichneten Rollstuhlstellplatz verbleiben ausreichende lichte Weiten für den Durchgang von Fahrgästen; dies auch dann, wenn auf der gegenüberliegenden Seite Fahrräder längs abgestellt werden oder die Klappsitze durch Fahrgäste benutzt werden.

Rollstühle können beidseitig des Durchgangs längs abgestellt werden, wenn die Klappsitze auf der gegenüberliegenden Seite hochgeklappt werden und ein Rollstuhl nah an den Klappsitzen abgestellt wird (Bild 28). Die verbleibende lichte Weite des Durchgangs ist dann deutlich größer als die Mindestbreite von 450 mm.

Eine Queraufstellung am gekennzeichneten Rollstuhlstellplatz würde nur dann ausreichende Durchgangsbreiten ermöglichen, wenn die dem Rollstuhlstellplatz gegenüberliegenden Klappsitze hochgeklappt blieben und nicht durch Fahrgäste benutzt würden. Bei Benutzung der Klappsitze verbleibt ein Durchgang von weniger als 450 mm (Mindestwert) zwischen Rollstuhl und auf den Klappsitzen sitzendem Fahrgast (Bild 29). Eine Aufstellung der Rollstühle auf der Seite des Rampenschrankes wäre ebenfalls möglich, wenn der gegenüberliegende Mehrzweckbereich nicht für das Abstellen von Sa-

chen genutzt würde und der Durchgang somit ausreichend breit bliebe (Bild 30).[37] Da die ordnungsgemäße Anwendung und Überprüfung dieser Regelung (Freihalten einer ausreichenden Durchgangsbreite) durch das Fahrpersonal in der Praxis nur sehr schwer zu gewährleisten wäre, sollte von einer Queraufstellung von Rollstühlen an den Mehrzweckbereichen abgesehen werden.

Bild 29: Queraufstellung eines Elektro- und eines Greifreifenrollstuhls am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz und Nutzung der gegenüberliegenden Klappsitze (RegioTram 8NRTW-E)

Bild 30: Queraufstellung eines Elektro- und eines Greifreifenrollstuhls ggü. des offiziellen Rollstuhlstellplatzes im Bereich der Klappsitze (RegioTram 8NRTW-E)

Als alternative Aufstellmöglichkeit zur Aufstellung an den Mehrzweckbereichen wäre eine Aufstellung von Rollstühlen in den Türbereichen (jeweils vorderste bzw. hinterste Betriebstüren) möglich. Diese Aufstellung ließe sich für die Längsaufstellung als auch für die Queraufstellung realisieren (Bild 41). Eine derartige Regelung könnte analog einer möglichen Regelung und Freigabe in den Kasseler Straßenbahnen (Zwei-Richtungsfahrzeuge) erfolgen. Die Aufstellung sollte jedoch entweder nur an der vorderen bzw. hinteren Tür bzw. an den jeweils zur Fahrzeugmitte liegenden Türen gestattet werden, damit in jedem Fahrzeugabschnitt (vorderer bzw. hinterer Bereich) Betriebstüren für den Fahrgastwechsel frei bleiben.

Bei Aufstellung von Rollstühlen in den Türbereichen wären folgende Auswirkungen auf den Betrieb zu berücksichtigen:

- Die Abstellung eines Rollstuhls schränkt die lichte Weite der Betriebstür (ca. 1.300 mm) um etwa die Breite eines Türflügels ein (Bild 31). Die Aufstellung zweier Rollstühle hätte den Effekt einer vollständigen Blockade der Tür (analog einer Türstörung). Der Fahrgastwechsel

[37] Eine Eignung des Rampenschranks als Abstützung gegen Verrutschen bzw. Kippen eines Rollstuhls bzw. eine ausreichende Stabilität des Schranks wurde im Rahmen dieses Gutachtens nicht überprüft.

kann – je nachdem, auf welcher Seite die Türen für den Fahrgastwechsel freigegeben werden – beeinträchtigt werden (vgl. dazu Kap. 6.4.1.3).

- Bei einem Zu- oder Ausstieg eines Rollstuhlnutzers ist ein Anlegen der mobilen Rampe immer erforderlich. Die Rampe kann nur an den ersten bzw. letzten Betriebstüren des Fahrzeugs erfolgen, da nur dort eine Sicherung (Arretierung) möglich ist. Da die Seite für den Zustieg im EBO-Netz mehrfach wechselt, kann ggf. ein Rangieren von im Türbereich abgestellten Rollstühlen erforderlich werden, um den Zustieg oder Ausstieg für Rollstuhlnutzer über die Rampe zu ermöglichen.
- Die Aufstellung eines einzelnen Rollstuhls quer zur Fahrtrichtung sollte immer auf der Seite in Fahrtrichtung vorne erfolgen, sodass eine Abstützung durch die Stufe bzw. die Plexiglasscheibe gegeben ist.
- Beim Rangieren kann es passieren, dass ein Rollstuhl mit den Kippstützen oder den Griffen gegen den Türflügel stößt (vgl. Kap. 6.4.1). Mögliche Auswirkungen auf die Funktionalität der Tür durch Anstoßen mit einem Rollstuhl sollte mit dem Türhersteller und der Werkstatt analysiert werden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass im Türbereich kein Taster für die Überbrückung der automatischen Verriegelung vorhanden ist. Die Nachrüstung eines Tasters sollte geprüft werden.

Bild 31: Queraufstellung eines Elektrorollstuhls im Türbereich (vordere Betriebstür) einer RegioTram und Darstellung der Einstiegssituation (Durchgangsbreite)

6.3.6 RegioTram 8NRTW-D

Der grundsätzliche Aufbau und die Regelungen zur Rollstuhlmitnahme in den Hybrid-Fahrzeugen der RegioTram (8NRTW-D) entsprechen denen der rein elektrisch angetriebenen Fahrzeuge (Kap. 6.3.4.3). Ein mit Blick auf die Rollstuhlmitnahme gravierender Unterschied besteht allerdings darin, dass die lichte Weite des Fahrzeuginnenraums im Bereich der Mehrzweckflächen und damit des gekennzeichneten Rollstuhlstellplatzes durch den Einbau von Dieseltanks deutlich eingeschränkt wird (um ca. 90 cm, vgl. Bild 32 und Bild 42).

Eine Queraufstellung eines Rollstuhls in Bereich der Mehrzweckflächen ist daher nicht möglich, da der Durchgang in Längsrichtung der Bahn vollständig versperrt würde (Bild 32). Auch eine Längsaufstellung eines Rollstuhls in diesem Bereich kann bereits dazu führen, dass die lichte Weite des Durchgangs in Höhe des Rampenschrankes kleiner als die erforderliche Weite von 450 mm wird. Bei Benutzung der dem ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz gegenüberliegenden Klappsitze durch Fahrgäste wird der Durchgang allerdings vollständig blockiert (Bild 33). Zudem gibt es aufgrund der in den Fahrzeugraum hineinragenden Tanks und der daraus folgenden Aufstellung von Rollstühlen mehr zur Fahr-

zeugmitte (gegenüber der Aufstellung in den rein elektrisch betriebenen RegioTrams) keine Abstützung des Rollstuhls gegen Verrutschen oder Kippen.

Bei einer Längsaufstellung auf der Seite mit den Klappsitzen verbliebe ein ausreichend breiter lichter Durchgang (ca. 700-800 mm). Auf dieser Seite wäre zudem eine Absicherung eines Rollstuhls gegen Verrutschen oder Kippen durch den Rampenschrank möglich (Bild 34).[38]

Bild 32: Queraufstellung eines Elektrorollstuhls am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz der RegioTram (8NRTW-D)

Bild 33: Längsaufstellung eines Elektrorollstuhls am ausgewiesenen Rollstuhlstellplatz und Benutzung der Klappsitze in der RegioTram (8NRTW-D)

Bild 34: Längsaufstellung eines Elektrorollstuhls im Bereich der Klappsitze mit Abstützung durch den Rampenschrank (RegioTram 8NRTW-D)

[38] Eine Eignung und Wirksamkeit der Abstützung eines Rollstuhls durch den Rampenschrank wurde im Rahmen dieses Gutachtens nicht überprüft.

Als alternative Aufstellmöglichkeit bliebe auch in diesen Fahrzeugen der RegioTram eine Abstellung quer im Bereich der vorderen Betriebstüren. Die sich daraus ergebenen Einschränkungen und Empfehlungen entsprechen denen bei der rein elektrisch angetriebenen RegioTram (8NRTW-E, Kap. 6.3.4.3).

6.4 Weitere Erkenntnisse und Empfehlungen

6.4.1 Fahrzeugtüren

Eine Queraufstellung von Rollstühlen könnte in einigen Straßenbahnfahrzeugen, die in Kassel eingesetzt werden, nur mit einer Aufstellung im Türbereich bewerkstelligt werden (Kap. 6). Dies gilt für die Zwei-Richtungsfahrzeuge aus den Serien 8ZNGTW und NGT8 sowie die RegioTram-Bahnen.

Bei einer Aufstellung von Rollstühlen in den Türbereichen ist ein Anstoßen von Einbauteilen des Rollstuhls an die Tür nicht auszuschließen. Mögliche Anstoßpunkte können sein:

- Ein Punkt im unteren Bereich der Tür in Höhe der Kippstützen des Rollstuhls, z. B. infolge eines Anstoßens beim Rangieren während der Aufstellung rückwärts an die Tür.
- Ein Punkt in etwa 1.000 mm Höhe über dem Wagenfußboden, z. B. beim Rangieren rückwärts an die Tür und Anstoßen mit dem Schiebegriff bzw. den Schiebegriffen des Rollstuhls.
- Anstoßen von Bauteilen des Rollstuhls bei einem Kippen aufgrund der auf den Rollstuhl einwirkenden Beschleunigungskräfte infolge einer Bogenfahrt der Straßenbahn.

6.4.1.1 Spezifikation der Fahrzeugtüren bezüglich vertikaler Belastung

Zur Einschätzung der Auswirkungen eines Anstoßens an die Tür wurde ein Expertengespräch mit einem Mitarbeiter der Firma Bode[39] geführt [22].

Anforderungen an die Stabilität von Betriebstüren in Straßenbahnen sind in der DIN EN 14752 [23] beschrieben. Die Stabilität der Türen wird auf eine in der Norm definierte „Fahrgastrückhaltekraft“ bemessen. Diese senkrecht zum Türflügel wirkende Kraft wird in einer Höhe von ca. 2.000 mm ab Unterkante Tür mit einer Kraft von 1.300 N angesetzt. Bei der Fahrgastrückhaltekraft handelt es sich um eine statische Kraft. Sie soll gewährleisten, dass eine Tür der Kraft, die durch einen Fahrgast, der sich an der geschlossenen Tür anlehnt, standhält und die Tür nicht aus der Verankerung gedrückt wird.

Ein Ansatz darüber hinausgehender Lastfälle, z. B. dynamische Lasten, ist standardmäßig nicht vorgesehen. Sollen solche „Sonderlasten“ bei der Bemessung der Tür angesetzt werden, ist deren Größe vom Betreiber bzw. Fahrzeughersteller zu definieren und wird dann vom Hersteller bei der Konstruktion der Tür berücksichtigt.

Bei den Kasseler Straßenbahn-Fahrzeugen, bei denen die Aufstellung von Rollstühlen im Türbereich in Frage käme, sowie bei den RegioTram-Bahnen handelt es sich um Zweirichtungs-Fahrzeuge mit Schwenk-Schiebetüren. Diese Türen werden über einen Mechanismus aus der Ebene der Fahrzeugseitenwand heraus und dann parallel zur Fahrzeugseitenwand bewegt. Der Türantrieb befindet sich oberhalb des Türflügels. Der Antrieb ist fest mit dem Türflügel verbunden. Im unteren Bereich befindet sich ein Schwenkarm, der in einer Führungsschiene läuft, wenn sich der Türflügel zur Seite bewegt.

[39] Die Fa. Bode ist einer der weltweit führenden Hersteller von Fahrzeugtüren für den öffentlichen Nahverkehr und hat auch die Türsysteme für die Kasseler Straßenbahnen geliefert.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass eine von innen auf den Türflügel einwirkende Kraft zu einer höheren Auslenkung des Türflügels nach außen führt, je tiefer der Kraftangriffspunkt liegt (d. h., je weiter entfernt der Lastangriffspunkt vom Türantrieb ist). Dementsprechend steigt die Gefahr, dass die Tür aus der Verriegelung gedrückt wird an, je tiefer eine Last angreift und je größer diese Last ist.

6.4.1.2 Empirische Erkenntnisse aus den Versuchen

Der Wagenfußboden in den Kasseler Straßenbahnen und den RegioTram-Bahnen fällt in den Türbereichen von der Mitte zu den Einstiegen ab. Damit ergeben sich niedrige Einstiegsstufen und günstigere Einstiegsverhältnisse an den Haltestellen gegenüber einem einheitlich hohen Wagenfußboden. Diese Anrampung führt dazu, dass beispielsweise ein im Türbereich abgestellter Rollstuhl leicht nach hinten geneigt abgestellt ist. Somit ergibt sich ein spitzer Winkel zwischen Rückenlehne und Türflügel. Bei Greifreifen-Rollstühlen führt dies dazu, dass in der Regel die Schiebegriffe als erstes an die Türflügel stoßen, wenn der Rollstuhl nach hinten bewegt wird. Elektrorollstühle haben in der Regel keine Schiebegriffe. Hier stoßen die Kippstützen im unteren Bereich zuerst an den Türflügel an.

Bei den Prüffahrten im Kasseler Straßenbahnnetz (vgl. Kap. 5.2.3.2) zeigte sich, dass durch die Beschleunigungskräfte infolge der Durchfahrt durch die Gleisbögen die Greifreifen-Rollstühle nicht nach hinten an die Türflügel kippten. Bei diesen Rollstuhl-Typen handelt es sich um diejenigen, welche die geringste Kippstabilität nach hinten aufweisen (vgl. Kap. 3.1.2). Insofern ist davon auszugehen, dass auch quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn aufgestellte Elektromobile und Elektrorollstühle keine Bewegungen in Längsrichtung infolge der üblichen Streckenfahrt vollführen (sofern die Feststellbremsen aktiviert sind). Ein Anstoßen infolge eines Kippens der Rollstühle während der Fahrt kann somit in der Regel ausgeschlossen werden.

Zudem ergab sich bei den RegioTram-Fahrzeugen aufgrund der Bombierung[40] der Wagenkästen und der damit verbundenen konvexen Form der Türflügel für den oberen Bereich des Rollstuhls (Griffe) ein deutlich größerer Abstand zur Tür, als im Bereich der Kippstützen (Bild 35). Dadurch ist ein wiederholtes Anstoßen des Rollstuhls während der Fahrt der Bahnen auszuschließen.

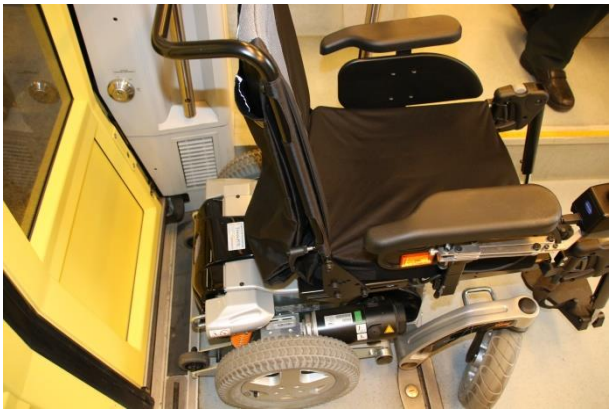


Bild 35: Unterschiedliche Abstände des Griffs sowie der Kippstützen vom Türflügel in der RegioTram aufgrund der Bombierung des Wagenkastens

Der kritische Fall besteht somit im Anstoßen von Bauteilen eines Rollstuhls während des Aufstellmanövers „Rückwärtsfahrt an die Tür“ und hier besonders das Anstoßen eines Elektrorollstuhls mit den Kippstützen im unteren Bereich eines Türflügels. Es sollte mit der Werkstatt und ggf. dem Türenhersteller überprüft und abgeklärt werden, inwieweit die Tür derartigen Belastungen im Betrieb stand-

[40] Einziehung des Wagenkastens im unteren Bereich.

halten kann. Auch organisatorisch-betriebliche Maßnahmen können dazu beitragen, dass nur geringe Lasten auftreten (Kap. 6.4.2).

6.4.1.3 Sicherheitstechnische Beurteilung bei Aufstellung in Türbereichen

Um die Kapazität bei der Mitnahme von Rollstühlen zu erhöhen bzw. für die Queraufstellung eine einheitliche Regelung bei der Mitnahme unabhängig von der Fahrzeugserie der Straßenbahnen zu gewährleisten, könnte eine Queraufstellung von Rollstühlen in den Türbereichen erfolgen. Derzeit (Oktober 2017) ist der Ausstieg in Fahrtrichtung links im Kasseler Straßenbahnnetz nur an der Haltestelle „Kirche Wolfsanger“ möglich. Im Jahr 2018 soll der Ausstieg auf der in Fahrtrichtung linken Seite zusätzlich an der Haltestelle „Scheidemannplatz“ sowie an der Endhaltestelle „Wolfsanger“ möglich sein.

Beim Abstellen von einem oder zwei Rollstühlen im Türraum einer Straßenbahn erfolgt eine Verringerung oder vollständige Versperrung der nutzbaren Breite einer Betriebstür. Damit ergeben sich Auswirkungen auf den Fahrgastwechsel auf dieser Seite des Fahrzeugs. Eine Blockade des Durchgangs könnte zudem in Notsituationen eine Rolle spielen, wenn die Fahrgäste möglichst schnell aus dem Straßenbahnfahrzeug evakuiert werden müssten.

Die Situation für Notfälle wird als unkritisch bewertet, da es sich um Niederflur-Straßenbahnen ohne Tunnelbetrieb handelt und

- Fahrgäste im Notfall auf beiden Seiten der Straßenbahn auf Fahrbahnniveau oder ggf. in das Gleisbett aussteigen könnten,
- Rollstühle im Türbereich ggf. von Fahrgästen aufgrund der relativ niedrigen Wagenfußbodenhöhe (= Einstiegsstufe) in einem dringenden Notfall von Fahrgästen aus dem Fahrzeug geschoben oder gehoben werden könnten bzw.
- Nutzer mit eigenem Gehvermögen selbstständig das Straßenbahnfahrzeug verlassen könnten und das Hilfsmittel im Straßenbahnwagen verbleiben würde.

Für den Fahrgastwechsel stellt die derzeitige Haltestellensituation im Kasseler Straßenbahnnetz keine Probleme dar. Bei der Inbetriebnahme weiterer Haltestellen mit einem Ausstieg auf der in Fahrtrichtung linken Seite wird allerdings empfohlen, nur einen Türraum für die Aufstellung von Rollstühlen freizugeben. Sinnvollerweise wäre dies der Türraum, der über die fahrzeuggebundene Einstiegshilfe zu erreichen ist. Bei Benutzung lediglich eines Türraums für die Aufstellung ergibt sich bei halbseitiger Aufstellung (vor einem Türflügel) ein verlangsamter Fahrgastwechsel, bei einer völligen Versperrung des Durchgangs eine Situation, wie sie bei einer technischen Störung einer Betriebstür vorliegt. Fahrgäste müssten in diesem Fall die zur versperrten Tür nächst gelegene Betriebstür für den Fahrgastwechsel nutzen, wodurch sich die Haltestellenaufenthaltszeit etwas erhöhen könnte.

Bei den RegioTram-Bahnen erfolgt bereits heute ein regelmäßiger Wechsel der Einstiegsseite. Daher wird grundsätzlich empfohlen, nur einen Türraum für die Aufstellung von Rollstühlen freizugeben. Dies könnte z. B. der Bereich mit Zugang über die fahrzeuggebundene Einstiegshilfe sein. Bei einer einseitigen Versperrung der Tür wäre der Fahrgastwechsel entsprechend verlangsamt, bei einer vollständigen Versperrung müssten Fahrgäste ggf. die nächste Betriebstür benutzen, die ca. 2,00 m entfernt am anderen Ende des Mehrzweckbereichs liegt.

6.4.2 Verhaltensempfehlungen

Neben der technischen Sicherheit tragen auch die Nutzer durch ihr Verhalten dazu bei, die Sicherheit bei der Mitnahme von Rollstühlen, die quer zur Fahrtrichtung der Straßenbahn aufgestellt werden, zu erhöhen. Folgende Empfehlungen sollten berücksichtigt und gegenüber den Beteiligten kommuniziert werden.

- Die Rutsch- und Kippsicherheit wird erhöht, je geringer der Abstand eines Rollstuhls zu einem abstützenden Element ist. Daher sollte darauf hingewirkt werden, dass der Abstand eines quer aufgestellten Rollstuhls zur seitlichen Abstützung bzw. der Abstand zwischen zwei nebeneinander, quer aufgestellten Rollstühlen möglichst gering ist. Als Kommunikationskanäle für diese Verhaltensanweisung bieten sich an:
    - Für Rollstuhlnutzer: Informationsvermittlung und Übung während des Mobilitätstrainings für mobilitätseingeschränkte Fahrgäste.
    - Für das Fahrpersonal: Informationsvermittlung im Rahmen der Fahrerschulung sowie inkl. Übung im Rahmen des Mobilitätstrainings für mobilitätseingeschränkte Fahrgäste.
    - Für mobilitätseingeschränkte Fahrgäste und deren Begleiter: Hinweise in Informationsmaterialien (Webseite, Flyer), die über die Mitnahme von Hilfsmitteln im Kasseler ÖPNV informieren.
- Die Feststellbremsen sind immer zu aktivieren, um ein unbeabsichtigtes Verschieben eines Rollstuhls zu vermeiden.
- Bei Rangierbewegungen sollte der Regler für die Höchstgeschwindigkeit bei elektrisch angetriebenen Rollstühlen auf einen niedrigen Wert eingestellt werden, um eine bessere Kontrolle über die Bewegungen des Rollstuhls zu erlangen. Damit kann u. a. auch die Anprallgeschwindigkeit an die Türen verringert werden.
- Im hinteren Bereich der Rückenlehne muss auf Zubehörteile und Gepäck verzichtet werden, wenn diese über die Abmessungen des Rollstuhls hinausragen. Dies ist notwendig, um ein bündiges Heranfahren an die Fahrzeugseitenwand bzw. den Türflügel zu ermöglichen. Vergrößert sich durch Anbauteile oder Gepäck der Abstand des Rollstuhls zur Fahrzeugseitendwand oder zu den Türen, kann es sein, dass der Rollstuhl weiter in den Durchgang hineinragt. Dadurch kann die mindestens einzuhaltende lichte Weite unterschritten werden.

7 Literatur/Quellen

[1] Norm DIN EN 12183, 2014-06: Muskelkraftbetriebene Rollstühle - Anforderungen und Prüfverfahren.

[2] UN/ECE-Regelung Nr. 107: Regelung Nr. 107 der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN/ECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen der Klassen M2 und M3 hinsichtlich ihrer allgemeinen Konstruktionsmerkmale. Fundstelle: ABl. L153/1 vom 18.6.2015.

[3] StVZO: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Mai 2017 (BGBl. I S. 1282) geändert worden ist.

[4] TSI PRM: Verordnung (EU) Nr. 1300/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität. Fundstelle: ABl. L 356/110 vom 12.12.2014.

[5] DB Vertrieb GmbH; Kontaktstelle für Behindertenangelegenheiten (2017): Leitfaden für die Mitnahme orthopädischer Hilfsmittel. Mai 2017.

[6] Busche, Klaus (2017): Länge von Rollstühlen - Expertenanfrage an die Firma Meyra GmbH. Kalletal, 23.10.2017. E-Mail an STUVA e. V.

[7] Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG (2017): Barrierefrei in Kassel. Mitnahme von Mobilitätshilfen bei der KVG. Kassel. Online verfügbar unter http://www.kvg.de/service/barrierefrei-unterwegs/barrierefrei-in-kassel/.

[8] Statistisches Bundesamt (2014): Mikrozensus - Fragen zur Gesundheit - Körpermaße der Bevölkerung 2013. Wiesbaden.

[9] Kraft, Marc; Disselhorst-Klug, Catherine (Hg.) (2015). Berlin/Boston: Walter de Gruyter (Biomedizinische Technik - Rehabilitationstechnik, 10).

[10] Muser, Markus; Walz, Felix (2004): Sicherheitsanforderungen für den Transport von Reisenden mit Rollstühlen im öffentlichen Verkehr. Version 1.1. Im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Arbeitsgruppe für Unfallmechanik (AGU). Zürich.

[11] Norm DIN EN 12184, 2014-06: Elektrorollstühle und -mobile und zugehörige Ladegeräte - Anforderungen und Prüfverfahren.

[12] Glaeser, Klaus-Peter (1992): Rollstühle in gebremsten Transportmitteln. Grenzen für Kippen oder Rutschen. In: Die Sicherung von Rollstuhlfahrern in Linienbussen und Behindertentransportwagen. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Bremerhaven (Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 88), S. 23–30.

[13] Boenke, Dirk; Piazzolla, Antonio; Martini, Klaus (2015): Untersuchung der Mitnahmemöglichkeiten von Elektromobilen (E-Scootern) in Linienbussen. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV NRW). STUVA e. V. Köln.

[14] Boenke, Dirk; Grossmann, Helmut; Semsch, Uwe; Werth, Mario (2016): Ergänzende technische Fragen zur Untersuchung der Mit-nahmemöglichkeiten von Elektromobilen (E-Scootern) in Linienbussen. Gutachten im Auftrag des Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV NRW). Unter Mitarbeit von Klaus Martini und Tobias Bellstedt. STUVA e. V. Köln.

[15] Boenke, Dirk; Martini, Klaus (2014): Untersuchung möglicher Gefährdungspotenziale bei der Beförderung von Elektromobilen (E-Scootern) in Linienbussen. Gutachten im Auftrag des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. STUVA e. V. Köln.

[16] Boenke, Dirk; Piazzolla, Antonio; Martini, Klaus (2015): Gutachterliche Beurteilung zu Standsicherheit und Positionierung von Elektromobilen (E-Scootern) in den Stadtbahnen der Kölner Verkehrs-Betriebe AG. Schlussbericht. Gutachten der STUVA e. V. im Auftrag der Kölner Verkehrs-Betriebe AG. Nicht veröffentlicht.

[17] BefBedV: Verordnung über die Allgemeinen Beförderungsbedingungen für den Straßenbahn- und Obusverkehr sowie den Linienverkehr mit Kraftfahrzeugen vom 27. Februar 1970 (BGBl. I S. 230), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Mai 2015 (BGBl. I S. 782) geändert worden ist.

[18] Nordhessischer Verkehrsverbund (2016): Beförderungsbedingungen der Verkehrsunternehmen im Nordhessischen Verkehrsverbund. Stand: 01. Januar 2016.

[19] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) (1995): Typenempfehlung Stadtbahn-Fahrzeuge. Ausgabe 4/1995. Köln (VDV-Schrift, 150).

[20] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) (1995): Typenempfehlung U-Bahn-Fahrzeuge. Ausgabe 4/1995. Köln (VDV-Schrift, 151).

[21] Schweizerische Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr (BöV) (2008): Rollstuhlplätze in Bussen. März 2008. Olten (BöV Merkblatt).

[22] Schaltbau Bode Gruppe (2017): Expertengespräch zum Thema Bemessung von Fahrzeugtüren bei Straßenbahnen gegen Anprall von Lasten. Kassel, 23.06.2017. Telefongespräch an STUVA e. V.

[23] Norm DIN EN 14752, 2015-05: Bahnanwendungen - Seiteneinstiegssysteme für Schienenfahrzeuge; Deutsche und Englische Fassung prEN 14752:2017.

Anhang A: Eingesetzte Hilfsmittel

Rollstuhl-Typ	Greifreifen-Rollstuhl
Hersteller	Sunrise Medical
Modell	Breezy BasiX²
Länge	1.100 mm
Breite	590 mm*
Leermasse	14,9 kg
Zul. Nutzergewicht	125 kg

Quelle: Sunrise Medical

* Maß für den im Versuch verwendeten Rollstuhl; ab Werk variabel in der Ausführung

Rollstuhl-Typ	Greifreifen-Rollstuhl
Hersteller	Uniroll GmbH
Modell	1.920
Länge	1.000 mm
Breite	660 mm
Leermasse	20 kg
Zul. Nutzergewicht	k. A.

Rollstuhl-Typ	Elektrorollstuhl*
Hersteller	Invacare
Modell	Storm 4
Klasse gem. DIN EN 12184	B
Länge	1190 mm
Breite	630 mm
Leermasse (inkl. Batterien)	min. 174 kg
Zul. Nutzergewicht	150 kg

Quelle: Invacare

* Der Elektrorollstuhl wurde vom Sanitätshaus Kaphingst GmbH (Kassel) zur Verfügung gestellt.

Rollstuhl-Typ	Elektromobil
Hersteller	Freerider
Modell	Venus FR-168-4
Klasse gem. DIN EN 12184	B
Länge	1.200 mm
Breite	580 mm
Leermasse (inkl. Batterien)	74,5 kg
Zul. Nutzergewicht	136 kg

Foto: STUVA

Rollstuhl-Typ	Elektromobil (E-Scooter)*
Hersteller	Invacare
Modell	Colibri
Klasse gem. DIN EN 12184	A
Länge	1.010 mm
Breite	505 mm
Leermasse (inkl. Batterien)	44 – 49 kg**
zul. Nutzergewicht	136 kg

Quelle: Invacare

* Das Elektromobil wurde vom Sanitätshaus Kaphingst GmbH (Kassel) zur Verfügung gestellt.

** je nach Leistung der Batterie

Anhang B: Fahrzeuggrundrisse

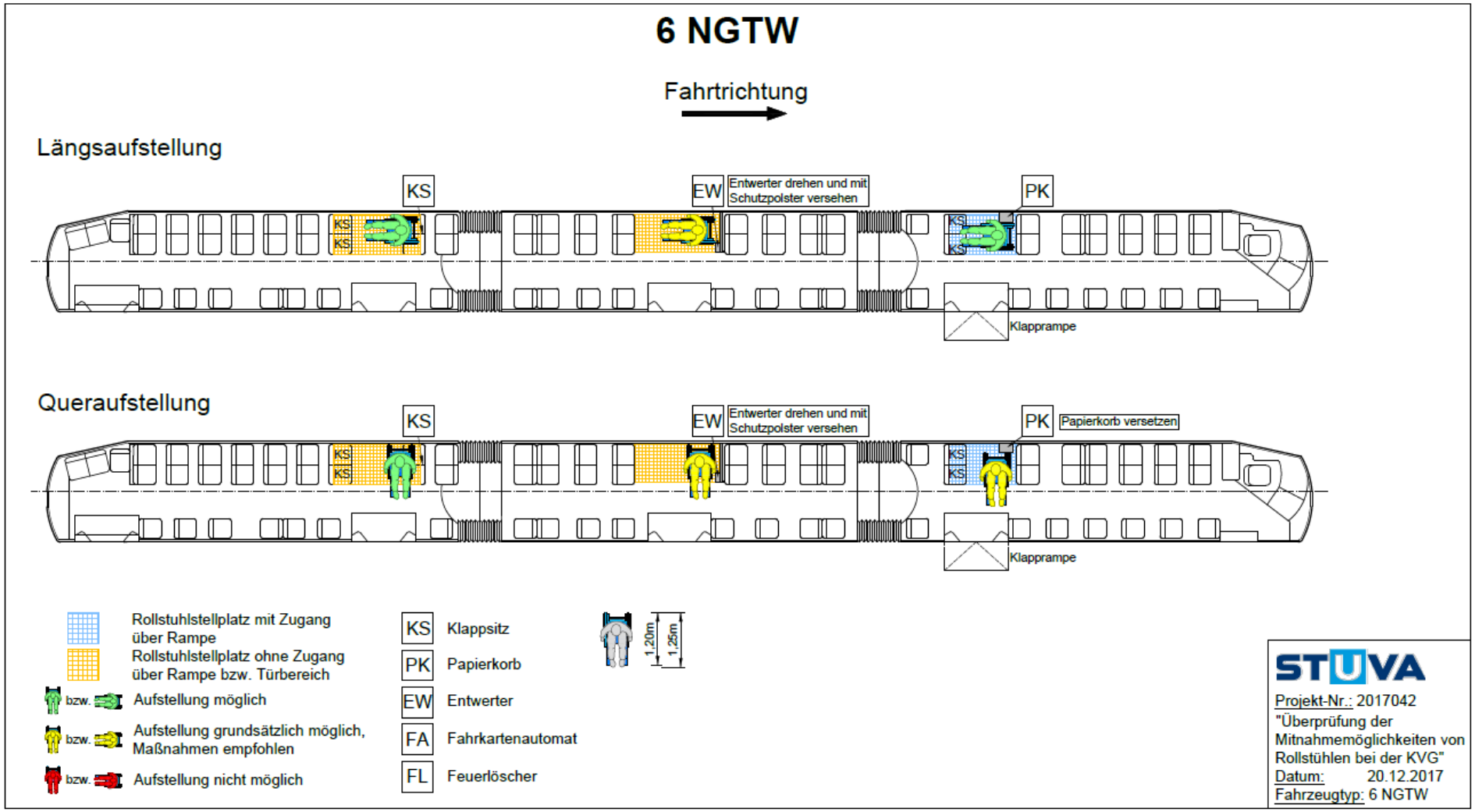


Bild 36: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, Fahrzeugserie 6NGTW

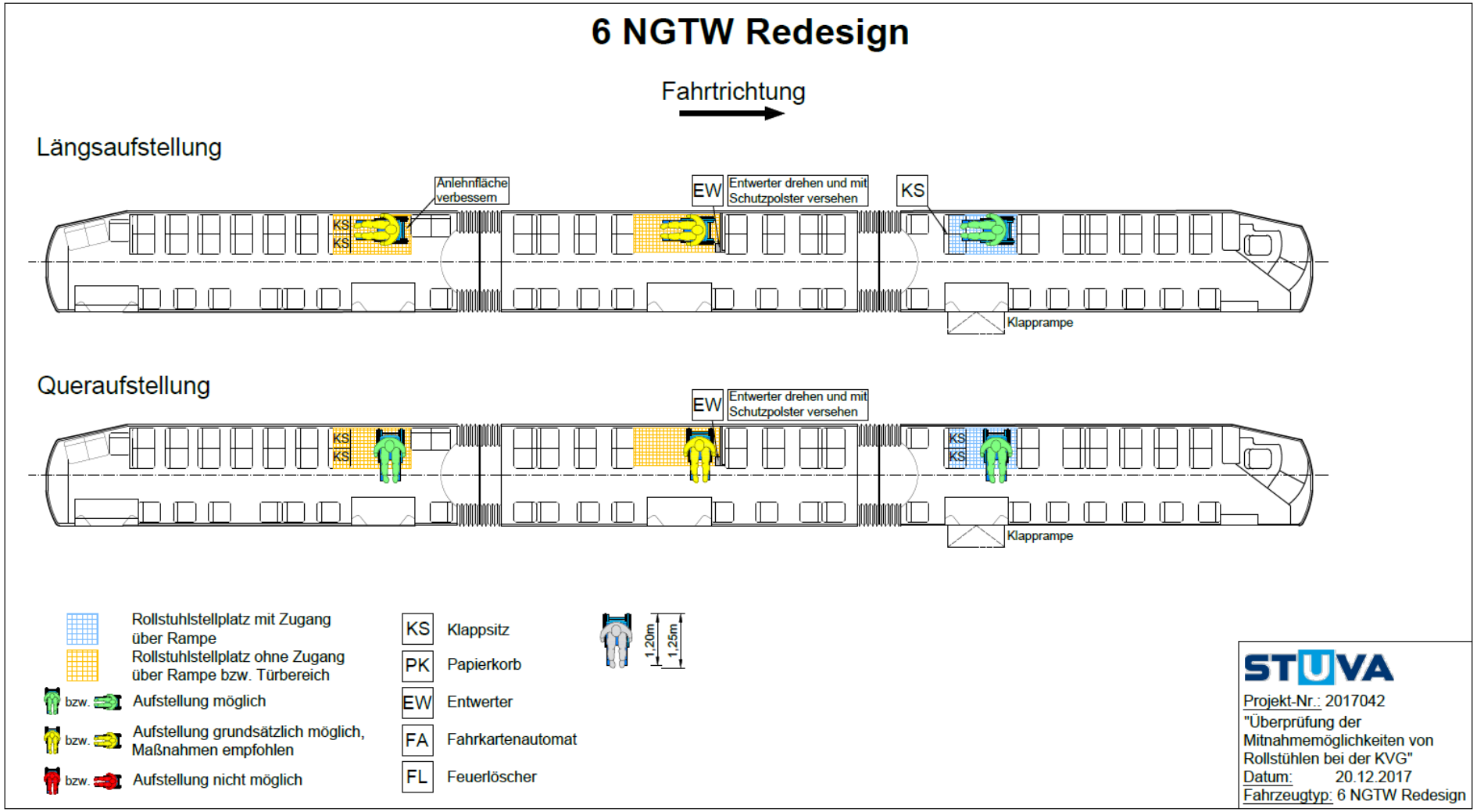


Bild 37: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, Fahrzeugserie 6NGTW (Re-Design)

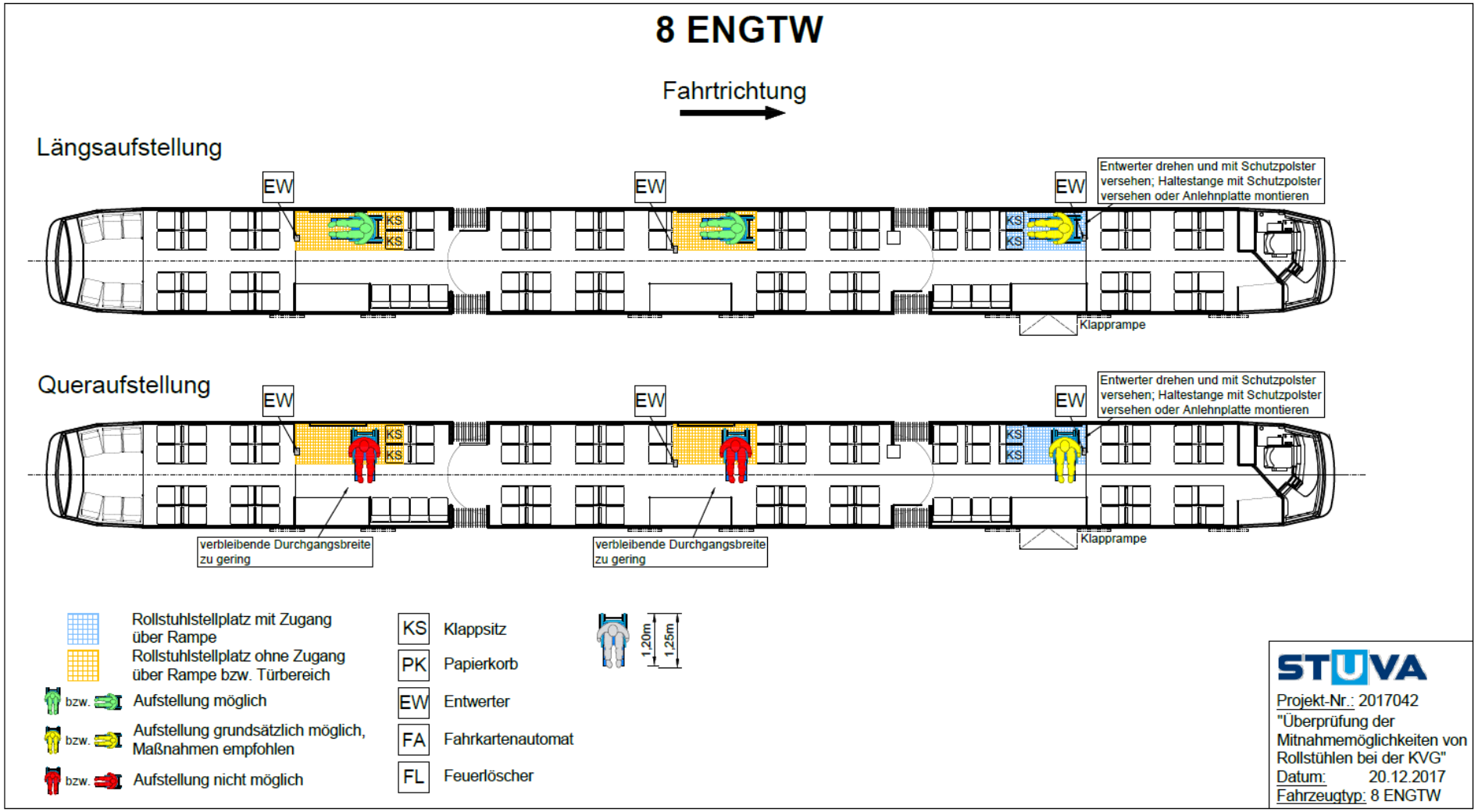


Bild 38: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, Fahrzeugserie 8ENGTW

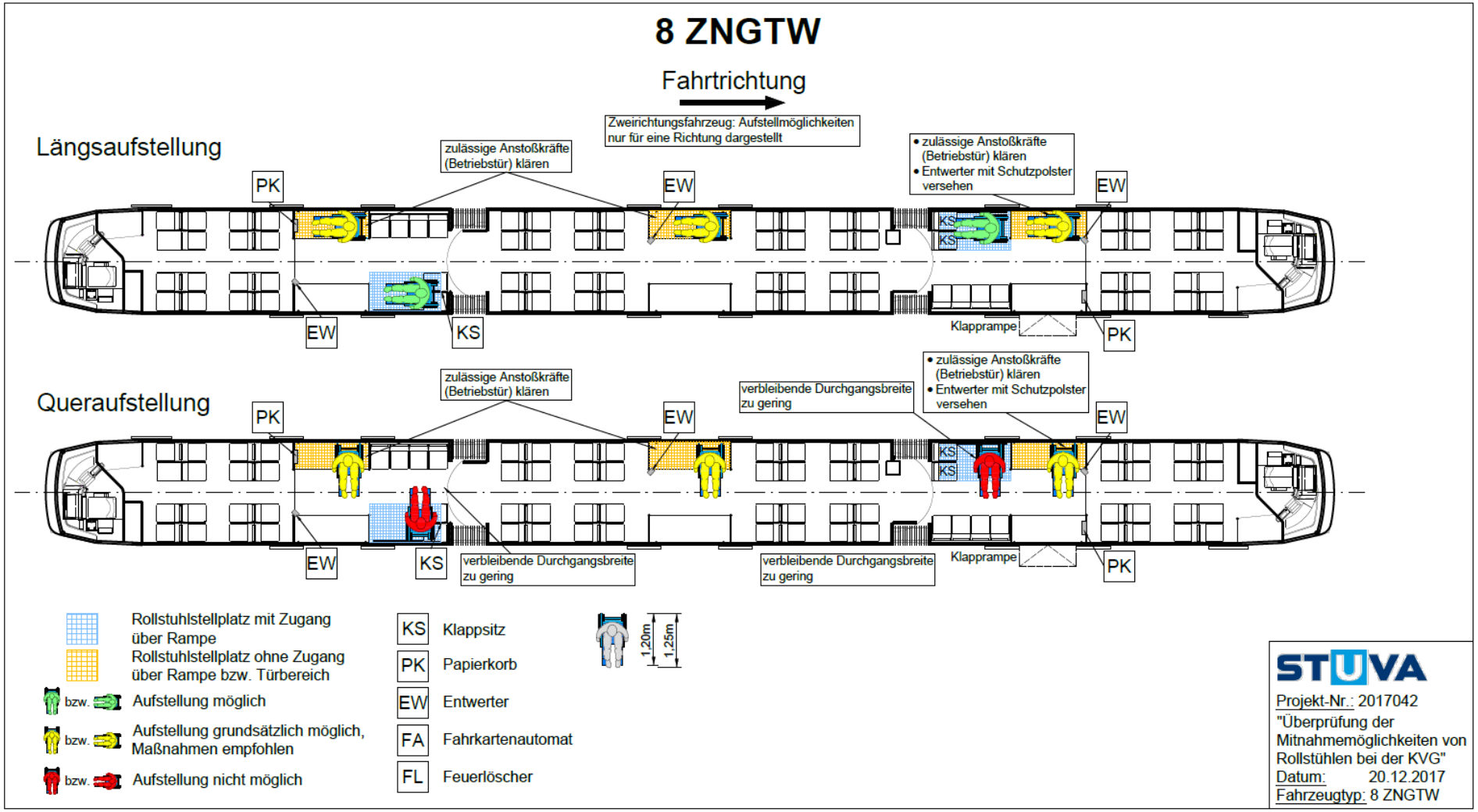


Bild 39: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, Fahrzeugserie 8ZNGTW

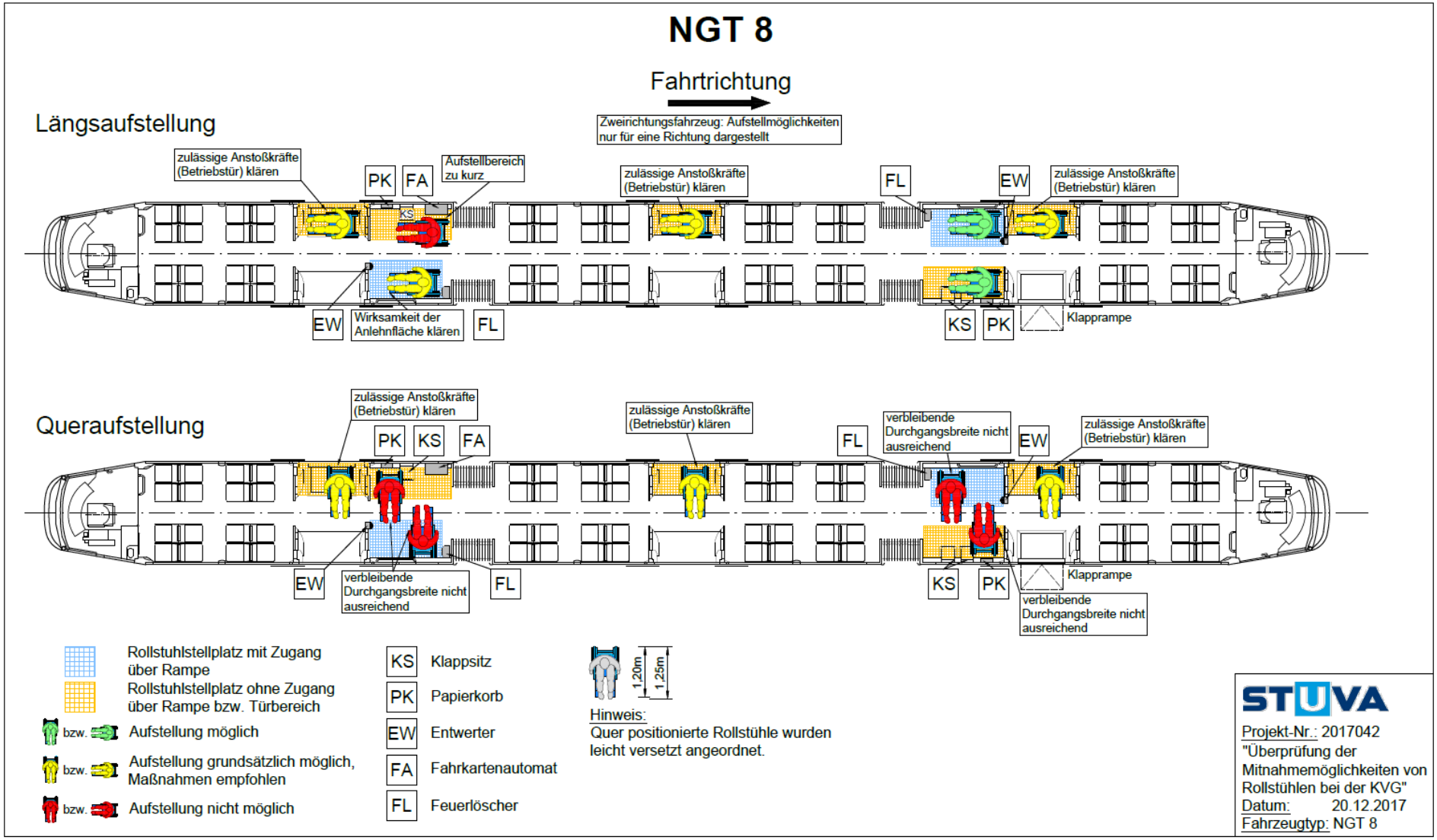


Bild 40: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, Fahrzeugserie NGT8

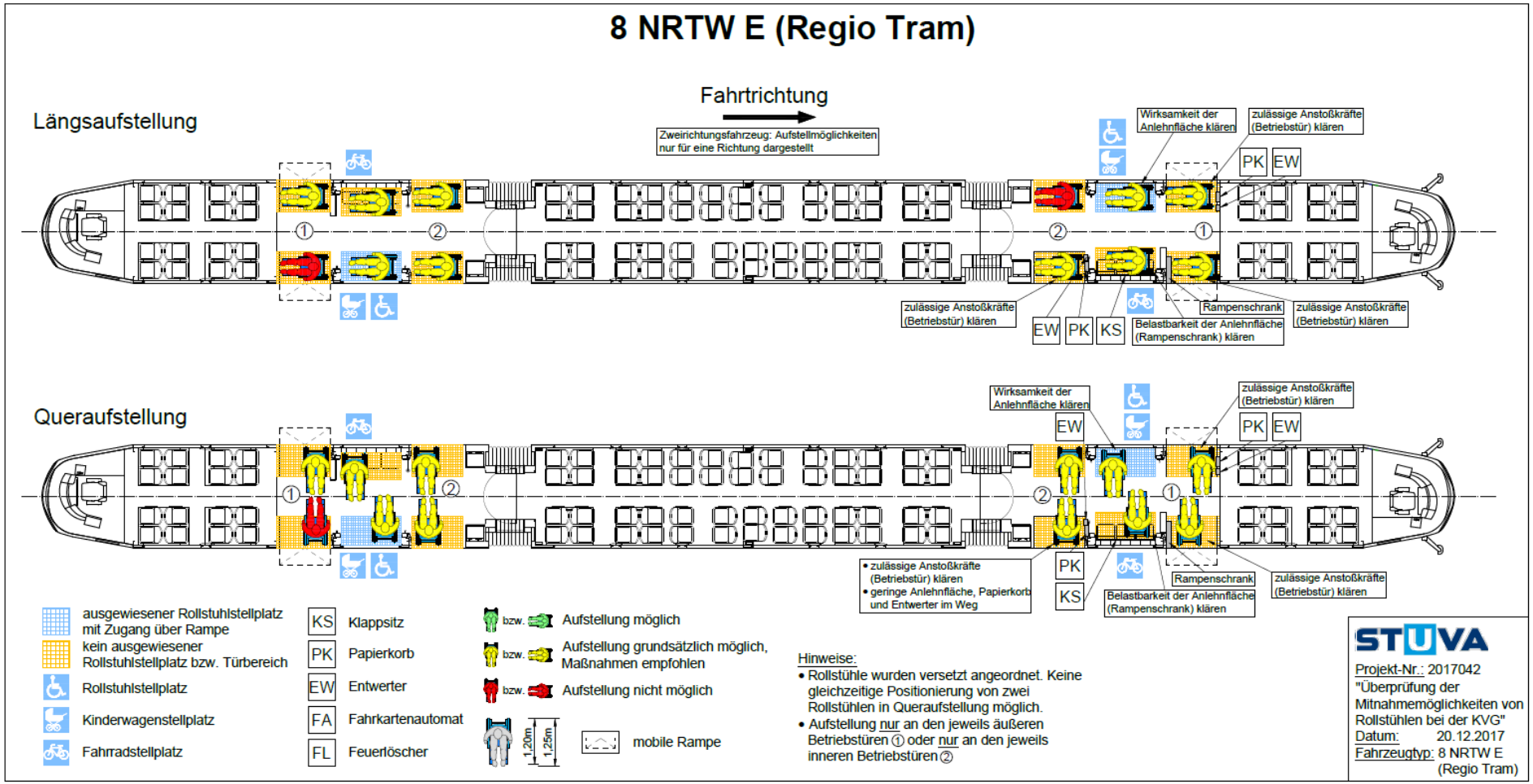


Bild 41: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, RegioTram Fahrzeugserie 8NRTW-E

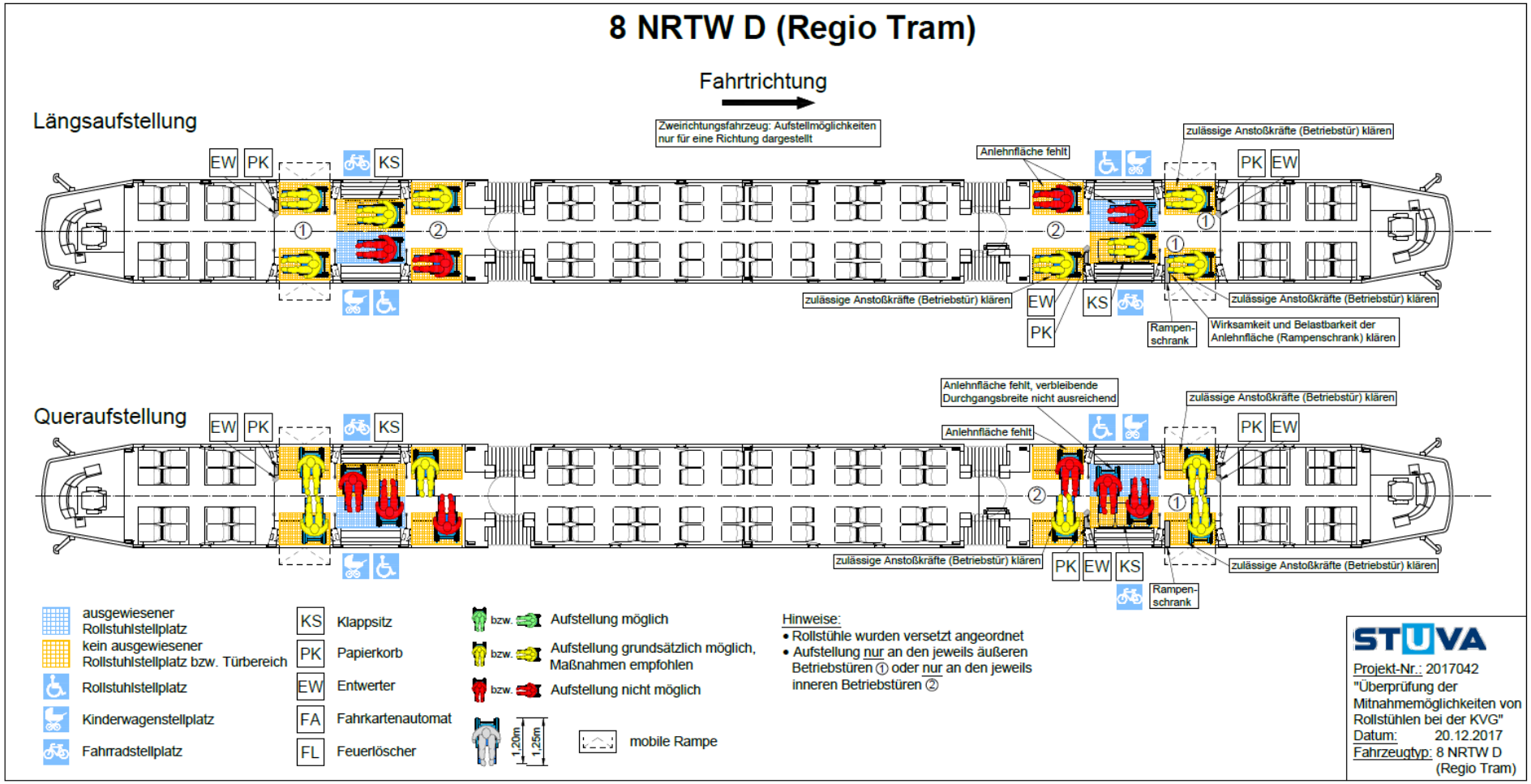


Bild 42: Aufstellmöglichkeiten und Maßnahmenempfehlungen, RegioTram Fahrzeugserie 8NRTW-D