



Abb. 1: Rettungswegkennzeichen mit Funktionserhalt Essen Hauptbahnhof.

Foto: Riedel

Funktionserhalt in unterirdischen U-Bahnstationen

Umgang mit nicht normkonformen Anlagen bei Aufrechterhaltung der erforderlichen Schutzziele

Maximilian Privik, B.Sc., Leonard Ludwig Niederheide, B.Sc.; Essen

Innerhalb deutscher Großstädte bildet die U-Bahn ein stark genutztes und nicht mehr wegzudenkendes Hauptverkehrsmittel. Um den sicheren Betrieb gewährleisten zu können, arbeiten verschiedenste Beteiligte daran, erforderliche bauliche und anlagentechnische Maßnahmen umzusetzen, Zustände zu verbessern und Altanlagen auszutauschen. Erfährt ein Objekt eine bauliche Änderung, so sind die Erstellung oder Fortschreibung des Brandschutzkonzeptes nicht unüblich. Diese Konzepte richten sich nach den, die Verordnung über den Bau und Betrieb der

Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung BOStrab) [1] konkretisierenden, Technischen Regeln für Straßenbahnen – Brandschutz (TRStrab BS) [2]. Ziel ist es, die Anlage, in diesem Fall die U-Bahnstation, so auszuführen, dass die Anforderungen des § 3 Abs. 1 BOStrab „Betriebsanlagen und Fahrzeuge müssen so gebaut sein, dass ihr verkehrsüblicher Betrieb niemanden schädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet oder behindert“ [1] erfüllt werden. Entsprechend werden bei der Erstellung von Brandschutzkonzepten verschiedene Schadensereignisse

betrachtet und auf diese mit unterschiedlichen Maßnahmen reagiert. So wird die erforderliche Sicherheit für Personal und Fahrgäste auch im Schadensfall hergestellt und Personen können sich selbstständig in Sicherheit bringen. Neben der Minimierung von Brandlasten und der baulichen Abtrennung zwischen den nicht öffentlichen Technikbereichen und den öffentlichen Bereichen muss daher auch das Zusammenspiel von sicherheitsrelevanten Anlagen, wie der Brandmeldeanlage, der Durchsageanlage und der Sicherheitsbeleuchtung, betrachtet werden. Um diese Anlagen ausfallsicher

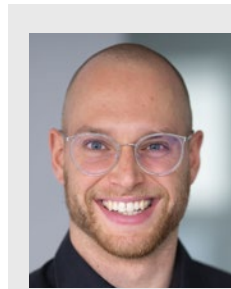
auszuführen, besitzen U-Bahnstationen mehrere Versorgungsebenen, komplexe Haupt- und Unterverteilungen sowie elektrische Anlagen mit unterschiedlichen Redundanzen, welche dafür sorgen, dass auch bei einem Schadensereignis innerhalb der Technikbereiche alle Personen in Kenntnis gesetzt, zur Räumung aufgefordert und durch entsprechende Beleuchtung sicher zu den Ausgängen geleitet werden.

Normung

Die auf Grundlage des Personenbeförderungsgesetzes [3] erlassene BOStrab definiert unter anderen allgemeinen Anforderungen den Bau von Betriebsanlagen. So heißt es im oben zitierten § 3 Abs. 1 S. 2 Nr. 3 BOStrab weiter: „Sie [die Betriebsanlagen] müssen insbesondere so gebaut sein, dass (...) die Entstehung und Ausbreitung von Bränden durch vorbeugende Maßnahmen erschwert werden und im Brandfall die Möglichkeit zur Selbst- oder Fremdreitung (...) besteht [1].“ Um dieses übergeordnete Schutzziel, welches gemäß § 4 Abs. 4 BOStrab durch bauliche, anlagentechnische und betriebliche Maßnahmen zu gewährleisten ist, umzusetzen, sind zahlreiche konkretisierende Regelwerke vorhanden. Hinsichtlich der Selbst- und Fremdreitung ist hier insbesondere die TRStrab BS zu nennen.

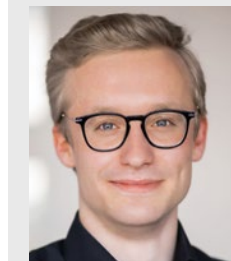
Auch Anforderungen an die Energieversorgung werden schon in der BOStrab definiert. So heißt es in § 27 Abs. 5 S. 1 BOStrab, dass neben der Haupteinspeisung, falls erforderlich, eine Hilfseinspeisung und eine unabhängige Ersatzspeisung für verschiedene Anlagen, wie unter anderem der Sicherheitsbeleuchtung, erforderlich sind [1]. Weitere Anforderungen können wiederum den nachfolgenden technischen Regeln entnommen werden. Hier sind es insbesondere Anforderungen der Technischen Regeln für Straßenbahnen – Elektrische Anlagen (TRStrab EA) [4], die die Anforderungen an die Energieversorgung und die Beleuchtung konkretisieren.

Weiter konkretisiert wurden diese darüber hinaus in der, bei Errichtung vieler U-Bahnstationen gültigen, Stadtbahnrichtlinie. Beispielsweise zeigt der Auszug 7.0 der Stadtbahnrichtlinie von 1984, dass nicht alle Einspeisungen alle Verbraucher versorgen. Während über die Haupteinspeisung (H1-Schiene) noch der Energiebedarf aller angeschlossenen Betriebsmittel gedeckt wird, werden über die Hilfseinspeisung



Zum Autor

Maximilian Privik, B.Sc., Teamleiter der brandwerk traffic GmbH, koordiniert die Teams des Hoch- und Tiefbaus sowie der ingenieurmäßigen Verfahren. Brandschutzkonzepte, Brand- und Räumungssimulationen, Optimierungen von Energieversorgungen sowie Belange des Brand- und Rettungsschutzes unter Tage zählen zu den Kernkompetenzen des studierten Mechatronikers. Bedingt durch seinen studientechnischen Background vereint er brandschutztechnisches Wissen mit elektrotechnischem Sachverstand sowie Verfahren und Vorgehen aus der Welt der Tage. Er studierte Mechatronik (B.Sc.) an der Hochschule Ruhr West. Neben seinem Studium war er im Bereich des Prototyping beschäftigt.



Zum Autor

Leonard Ludwig Niederheide, B.Sc., ist bei der brandwerk traffic GmbH als Brandschutzsachverständiger insbesondere im Bereich der Sicherheit unterirdischer Verkehrsanlagen tätig. Neben der Erstellung objektspezifischer Brandschutzkonzepte für verschiedenste Verkehrs- und Infrastrukturprojekte, zählt die Betreuung von Auftraggebern hinsichtlich des Brandschutzes während der Bauzeit zu seinen überwiegenden Tätigkeiten. Hier fließen zahlreiche Elemente der Arbeitssicherheit, die wesentlicher Bestandteil seines Studiums der Sicherheitstechnik an der Bergischen Universität in Wuppertal war, ein.

(H2-Schiene) nur noch diese versorgt, die für einen sicheren Betrieb notwendig sind. Über die Ersatzspeisung (H3-Schiene) werden nur noch die Anlagen nach § 24 Abs. 5 Nr. 2 BOStrab versorgt, unter anderem die Sicherheitsbeleuchtung, die Fluchtwegkennzeichnung und gegebenenfalls weitere, für die Betriebssicherheit zwingend erforderliche Anlagen. Aus der Stadtbahnrichtlinie ergab sich auch die Anforderung, dass über einen Zeitraum von drei Stunden ausreichend Energie zum Betrieb der oben genannten Anlagen zur Verfügung stehen muss [5]. Neben der erforderlichen Dauer ist es zur Gewährleistung der Funktion dieser Anlagen außerdem erforderlich, dass diese so beschaffen oder durch Bauteile abgetrennt sind, dass

sie im Brandfall ausreichend lang funktionsfähig bleiben. Dieser Funktionserhalt muss auch dann gewährleistet sein, wenn unmittelbare (räumliche) Verbindungen zu weiteren Anlagen oder Brandlasten vorliegen (vgl. Ziff. 5.1.1 der Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – MLAR) [6]. Vor dem Hintergrund des Schutzzieles der Selbst- und Fremdreitung ist der Funktionserhalt der oben aufgeführten Anlagen, gemäß Baurecht, über einen Zeitraum von mindestens 30 Minuten zu gewährleisten, was auch durch die TRStrab EA für die Sicherheitsbeleuchtung gefordert wird. Während der Funktionserhalt durch entsprechende Ausführung der Anlagenkomponenten und durch brandschutztechnische Abtrennung der Räume von Haupt- und Untervertei-

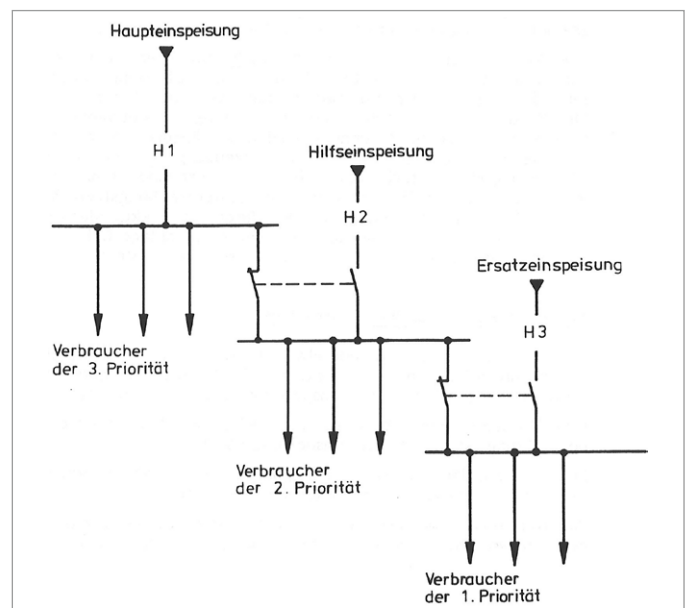


Abb. 2: Schematische Darstellung der Versorgungsschienen aus der Stadtbahnrichtlinie [5].

Grafik: Stadtbahngesellschaft Rhein-Ruhr mbH

lung gegenüber raumfremden Brandlasten sichergestellt ist, werden gegenüber dem Fall eines Schadenereignisses innerhalb eines Verteilerraumes normativ keine klaren Anforderungen formuliert. Ebenso wenig ist fixiert, dass der Funktionserhalt einer Anlage nur dann vollständig hergestellt ist, wenn alle zum Betrieb und zum Aufrechterhalten der Funktion der Anlage notwendigen Bauteile den Anforderungen entsprechen. Hierzu gehören die Bauteile der Anlage selbst, Verteiler, Stromquellen, Leitungen sowie die Dauer der Stromversorgung.

Sachstand der Anlagen und Folgen

In Folge der oben beschriebenen Regelungslücke kann es zu der Situation kommen, dass die Verteiler der H1-, H2- und H3-Schiene in einem Raum untergebracht sind oder deren Versorgung und Zuleitungen über gleiche Kellerräume erfolgen. Bei dieser Ausführung ist bei der Betrachtung des maßgeblichen Brandszenarios (brennende Bahn, die im Bahnhof zum Stehen kommt [2]) keine Beeinträchtigung der Funktion der Sicherheitsbeleuchtung und anderer sicherheitsrelevanter Anlagen (Verbraucher I. Priorität) zu erwarten. Andersherum sind bei Brandszenarien im nichtöffentlichen Bereich aufgrund der konsequenten Trennung dieser von den öffentlichen Bereichen, grundsätzlich keine schutzzielrelevanten Auswirkungen auf die Selbst- und Fremdrettung der Nutzer durch direkte Einflüsse wie Temperatur oder Rauch zu erwarten. Allerdings kann es bei einem Ereignis innerhalb der Räume der Haupt- oder der Unterverteilungen zu einer gleichzeitigen Unterbrechung aller Versorgungsschienen kommen. In diesem Fall fiel die Beleuchtung der Station partiell oder vollständig aus, da die Sicherheitsbeleuchtung über keine Einspeisung (H1, H2 oder H3) mehr versorgt werden würde. Zwar ist nicht davon auszugehen, dass es neben dem Brandereignis im nichtöffentlichen Bereich zu einem weiteren Ereignis im öffentlichen Bereich kommt, allerdings gehen von einem Totalausfall der Beleuchtungsanlage der Station erhebliche Gefahren durch Folgeunfälle und Panikreaktionen aufgrund von Orientierungslosigkeit der Fahrgäste aus. Folglich sollte gewährleistet sein, dass ein Schadensereignis nicht zu einem Ausfall der partiell redundanten Systeme führt. Möglichkeiten, wie dies in Bestandsobjekten umgesetzt werden kann, werden im Folgenden dargestellt.

Ansätze und Lösungswege

Es kann vorweggenommen werden, dass bei vielen Anlagen keine normkonforme Herrichtung außerhalb von geplanten Generalinstandsetzungsmaßnahmen erfolgen kann. Aufgrund ihrer Komplexität und begrenzter baulicher Möglichkeiten sind oft erheblicher wirtschaftlicher und zeitlicher Aufwand, inklusive Betriebsunterbrechungen zur Herrichtung notwendig. Um dennoch das Sicherheitsniveau auf einen höchst möglichen Stand zu bringen, stehen verschiedene Kompensationsmaßnahmen zur Verfügung. Anhand der Sicherheitsbeleuchtung beschreiben die von uns entwickelten Maßnahmen, wie durch Sachverstand und schutzzielorientierte Betrachtungen, in Anlehnung an den Hochbau, Zustände im Bestand von U-Bahnstationen verbessert werden können. Ziel ist es, den vollständigen Ausfall der Beleuchtungsanlage der U-Bahnstation zu verhindern. Allgemeine Anforderungen wie Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeitsfaktor müssen bei kompensatorischen Maßnahmen nicht zwingend eingehalten werden.

Die schlankeste Maßnahme bildet die Installation von akkugepufferten Einzelleuchten an ausgewählten Positionen. Diese werden über die H3-Schiene versorgt und der Akku geladen. Bei Wegfall der Versorgungsspannung wird der erforderliche Funktionserhalt durch den Wechsel auf Akkubetrieb sichergestellt. Auf die jeweilige bauliche Situation angepasst, kann auf diese Weise ein Netz an Beleuchtungsknoten über die U-Bahnstation gelegt werden. Dieses orientiert sich an Sichtachsen und hat das Ziel, flüchtenden Personen ausreichend Kenntnis über den Fluchtweg zu vermitteln und sie auf kürzestem Weg an die Oberfläche zu führen. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich, die installierten Leuchten hinsichtlich der Beleuchtungsstärke über die Anforderungen der TRStrab EA Teil 2 Abs. 2.3 von einem Lux in Rettungswegen hinaus auszulegen. Eine Alternative zu akkugepufferten Einzelleuchten bildet das Vorsehen von zusätzlichen Gruppenbatterien, welche lediglich ausgewählte Leuchten im Bereich der Flucht- und Rettungswege versorgen. Diese Maßnahme erfordert jedoch einen gewissen Platzbedarf sowie einen höheren Installationsaufwand.

Sofern die defizitäre Situation nicht bereits im Bereich der Hauptverteilung auftritt, bildet die Anbindung einzelner Leuchten oder Leitungskreise durch Leitungen mit Funktionserhalt zu verschiedenen Verteilungen

eine im Vergleich zu den akkugepufferten Leuchten langfristige Lösung. Zu diesem Zweck wird das Prinzip der virtuellen Brandabschnitte nach Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie auf U-Bahnstationen übertragen. Die U-Bahnstation, speziell die öffentlichen Bereiche der Bahnsteig- und Verteilerebenen sowie die sie verbindenden Treppenaufgänge, werden in sinnvolle virtuelle Bereiche eingeteilt. Die Einteilung beziehungsweise die Bildung der Abschnitte orientieren sich an der Lage der speisenden Haupt- beziehungsweise Unterverteilungsräume sowie der generellen baulichen Situation der U-Bahnstation. Jeder virtuelle Abschnitt wird bis zur ersten Leuchte mit einem eigenen Funktionserhaltkabel (E30) erschlossen. Abhängig von der Lage der speisenden Verteilung wird so angebunden, dass möglichst verschiedene Verteiler diverse virtuelle Bereiche versorgen. Fällt in diesem System ein Verteilerraum aus oder kommt es zu einem Defekt in der Leitung, so bleiben die anderen Bereiche aktiv. Der vollständige Ausfall bleibt aus. Treppenaufgänge können erkannt und somit weiterhin erreicht werden. Das Schaubild bildet ein entsprechend visualisiertes Beispiel ab.

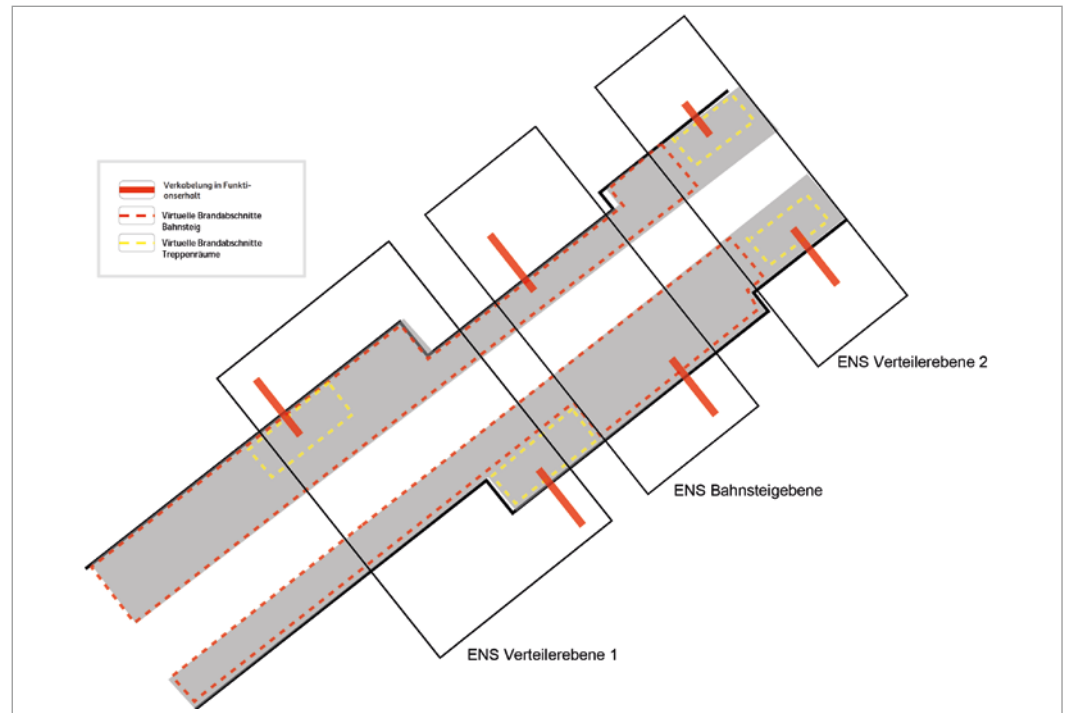
Sofern ein System bereits redundant ausgeführt ist und die Sicherheitsbeleuchtung einzelner Ebenen über unterschiedliche Leitungskreise verfügt und ebenfalls über unterschiedliche Verteilerräume versorgt wird oder das Defizit der Anlage nur in einem Raum vorliegt, so können kritische Anlagenteile durch ein Brandschutzgehäuse geschützt werden. Weiterhin kann geprüft werden, ob ein gewisser Abstand zwischen bestehenden Anlagen geschaffen werden kann. Hier können Trennwände in Brandschutzqualität als Trennung errichtet beziehungsweise zwischen den Verteilern hergestellt werden, sodass ein unmittelbarer Brandüberschlag über alle Verteiler verhindert wird.

Fazit

Neben dem maßgeblichen Brandszenario (Bahnbrand) gibt es weitere schutzzielrelevante Schadensszenarien, welche die Personensicherheit innerhalb von U-Bahnstationen gefährden können. Diesen wird aufgrund von normativen Unschärfen in der Praxis zum Teil nicht ausreichend begegnet.

Der Funktionserhalt von sicherheitsrelevanten Anlagen kann nur dann als erfüllt betrachtet werden, wenn alle Bauteile einer Anlage in entsprechender Qualität ausge-

Abb. 3: Beispielhafte Einteilung virtueller Brandabschnitte.
 Grafik: Darstellung der Autoren



führt, redundant hergestellt oder kompensatorisch auf ein vergleichbares Schutzziel angehoben wurden. Durch die Sachverständigen des Brandschutzes können verschiedene Lösungsansätze für bestehende Anlagen entwickelt werden. Hierbei richtet sich der Umfang nach baulichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Ganz generell handelt es sich um eine Thematik, welche in den letzten Jahren immer mehr Betrachtung findet und entsprechend Fahrt aufnimmt. Die beispielhaft dargestell-

ten Varianten können allgemein betrachtet nur als Empfehlungen verstanden werden und bilden nur einen kleinen Teil schutzzielorientierter Lösungsansätze ab. Unterschiedliche bauliche und anlagentechnische Situationen bedingen in jedem Fall immer eine detaillierte Einzelfallbetrachtung und sollten nur in letzter Konsequenz die Anwendung einer kompensatorischen Maßnahme zur Folge haben. Übergeordnetes Ziel aller Betrachtungen kann nur die Erfüllung des § 3 Abs. 1 BOSTrab und des darin enthaltenen Schutzziels sein.

Literatur/Anmerkungen

- [1] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung BOSTrab), Stand: 1. Oktober 2019.
- [2] Technische Regeln für Straßenbahnen – Brandschutz (TRStrab BS), Stand: 24. Juni 2014.
- [3] Personenbeförderungsgesetz (PBefG), Stand 16. April 2011.
- [4] Technische Regeln für Straßenbahnen – Elektrische Anlagen (TRStrab EA), Stand Mai 2011.
- [5] Stadtbahnrichtlinie, Stadtbahngesellschaft Rhein-Ruhr mbH, Ausgabe 1984.
- [6] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – MLAR), Stand: 3. September 2020.

Zusammenfassung/Summary

Funktionserhalt in unterirdischen U-Bahnstationen

Die Erstellung von Brandschutzkonzepten für U-Bahnstationen unterliegt der Betrachtung verschiedener Schadensereignisse. Zu dieser Betrachtung gehören alle Ereignisse, welche einen Einfluss auf das Gesamtsystem haben. Um diesen Ereignissen unter den Anforderungen der Personensicherheit begegnen zu können, existieren zahlreiche konkretisierende Regelwerke, welche entsprechende Maßnahmen fixieren. Gegenüber Schadensereignissen innerhalb von Verteilerräumen werden normativ keine klaren Anforderungen formuliert. Ebenso wenig fixiert ist, wann der Funktionserhalt eines Systems vollständig hergestellt ist. In Folge dieser Regelungslücke kann der Zustand eintreten, dass die Verteiler der H1-, H2- und H3-Schiene in einem Raum untergebracht sind. Bei einem Ereignis innerhalb dieser Verteilerräume ist die gleichzeitige Unterbrechung aller Versorgungsschienen möglich. In diesem Fall kann es durch den Ausfall aller Beleuchtungsebenen zu erheblichen Gefahren durch Folgeunfälle und Panikreaktionen aufgrund von Orientierungslosigkeit der Fahrgäste kommen. Möglichkeiten, wie solchen Situationen in Bestandsobjekten begegnet werden kann, werden innerhalb des Artikels anhand von exemplarischen Kompensationsmaßnahmen sowie am Beispiel der Sicherheitsbeleuchtung beschrieben. Diese Maßnahmen ersetzen jedoch nicht eine detaillierte Einzelfallbetrachtung, welche aufgrund von unterschiedlichen baulichen und anlagentechnischen Situationen in jedem Fall immer empfohlen wird.

Functional integrity in underground metro stations

The design of fire protection concepts for metro stations is subject to consideration of various failure events. This consideration includes all events which have an influence on the entire system. In order to manage these events regarding the personal safety requirements, numerous specifying rules and regulations do exist which fix the appropriate measures. No clear normative requirements are formulated for loss events within distribution rooms. It is also not specified when the functional integrity of a system is completely restored. Due to this regulation gap, it may occur that the distributors of H1-, H2- and H3-tracks are located in one room. In the event of an incident within these distribution rooms, the disruption of all supply lines is possible at the same time. In this case, the failure of all lighting levels can lead to considerable dangerous situations due to consequential accidents and panic reactions due to disorientation of the passengers. Possibilities to manage such situations in existing buildings are described in this article with the help of exemplary compensation measures and the example of emergency lighting. These measures, however, do not replace a detailed case-by-case analysis which is always recommended due to different structural and system-related situations.