



Tunnelsicherheit: besser schwedisch!

Bahnverkehr im Tunnel ist brandgefährlich. Das zeigt nicht zuletzt das METRO-Projekt. Von 2009 bis 2012 führten neun schwedische Organisationen und Universitäten zahlreiche wissenschaftliche Studien sowie Brand- und Explosionsversuche durch. Ihr Ziel: die Sicherheit unterirdischer Bahnsysteme verbessern.

Man sollte annehmen, dass ein »Jahrhundertprojekt« wie Stuttgart 21 diese Erkenntnisse berücksichtigt und in Sachen Sicherheit neue Maßstäbe setzt. Doch das Brandschutzkonzept der Bahn ist bislang nicht genehmigt, weil es nicht einmal die Mindestanforderungen erfüllt.

Die Planer der Bahn täten also gut daran, die Erkenntnisse der Schweden zu berücksichtigen. Dann würde jedoch offensichtlich werden, dass ein bisschen Optimierung hier und da das Grundproblem nicht löst: Wer es mit der Sicherheit der Reisenden und der Bahn-Mitarbeitenden ernst meint, müsste bei konsequenter Berücksichtigung der Risiken im Brandfall auf Tunnel möglichst verzichten – oder, wo dies unmöglich erscheint, zumindest in umfassende Sicherheitsmaßnahmen investieren. Die aus dem METRO-Projekt resultierenden Anforderungen an die Sicherheit sind bei Stuttgart 21 jedoch in der aktuellen Planung nicht erfüllbar.

Was passiert, wenn's im Zug brennt?

Das wollte das METRO-Projekt untersuchen. Im Folgenden stellen wir die wichtigsten Ergebnisse vor. Die Versuchsanordnungen, Berichte und Videos der schwedischen Forscher sind im Internet unter www.metroproject.se frei verfügbar – auch für Planer von Stuttgart 21!

Kunststoffe sind brandgefährlich

Katastrophen wie in Daegu (Südkorea, 2003, 198 Tote), Kaprun (Österreich, 2000, 155 Tote) und Baku (Aserbaidschan, 1995, 289 Tote) sollten hiesigen Planern zu denken geben. Dass auch deutsche Züge brennen können, weiß man nicht erst seit 1994. Damals wurde zu Forschungszwecken ein Intercity-Waggon in einem Tunnel angezündet. Dabei wurden 21 Megawattstunden (!) Hitze freigesetzt, das entspricht dem Brennwert von 2.100 Litern Heizöl. Einen maßgeblichen Anteil daran hatten die verbauten Kunststoffe – auch die mit Flammschutzmitteln versetzten. Letztere schützen zwar weitgehend vor Entstehungsbränden, können einem starken Feuer aber auf Dauer nicht standhalten.

Hochgiftige Gase werden freigesetzt

In einem geschlossenen Raum wie einem Tunnel steigt die Temperatur bei einem Brand stark an, da Hitze und Rauch nicht entweichen können. Schon ab ca. 100 °C emittieren viele Materialien brennbare Gase, meist Kohlenmonoxyd, das sich bei einer Temperatur von 606 °C entzündet. Diesen Vorgang nennt man Durchzündung oder auch Flash-over. Dabei entsteht ein Vollbrand: Alle brennbaren Oberflächen entzünden sich und die Flammschutzmittel verursachen dann korrosive oder hochgiftige Brandgase wie Dioxine und Furane.

Brennstoff Reisegepäck

Selbst wenn Züge nur spartanisch ausgestattet sind, befindet sich viel Brennbares in ihnen. Bei der Brandkatastrophe in Kaprun waren es 350 kg Skiausrüstung, bei deren Verbrennung Hitze und giftige Gase 155 Menschen töteten. Durchschnittlich führt ein Reisender in Stockholmer U-Bahnen 4,2 kg Gepäck mit sich, in Nahverkehrszügen ein halbes Kilogramm mehr. Das ergaben statistische Untersuchungen über Art, Gewicht und Inhalt des Gepäcks. Laborversuche mit typischen Gepäckstücken zeigten, dass die 1.200 Reisenden einer Stockholmer Zuggarnitur insgesamt 23,6 Megawattstunden Brennstoff im Gepäck bei sich führen – dies entspricht einem Brennwert von 2.360 Litern Heizöl. Auch das Gepäck besteht übrigens überwiegend aus Kunststoffen.

Feuer frei

Im Rahmen des METRO-Projekts wurden zwei alte schwedische U-Bahn-Waggons mit Gepäck bestückt, wie es Reisende bei einer Flucht zurücklassen würden. Dann wurde im Tunnel auf einem Sitz ein Feuer entzündet (Abb. 2). Beim ersten Waggon erreichte das Feuer schon nach zehn Minuten seinen Höhepunkt. Dabei wurde noch 100 Meter vom Brandherd entfernt eine tödliche Konzentration von 0,5 % Kohlenmonoxyd gemessen. Im zweiten Test hatte man für die Inneneinrichtung

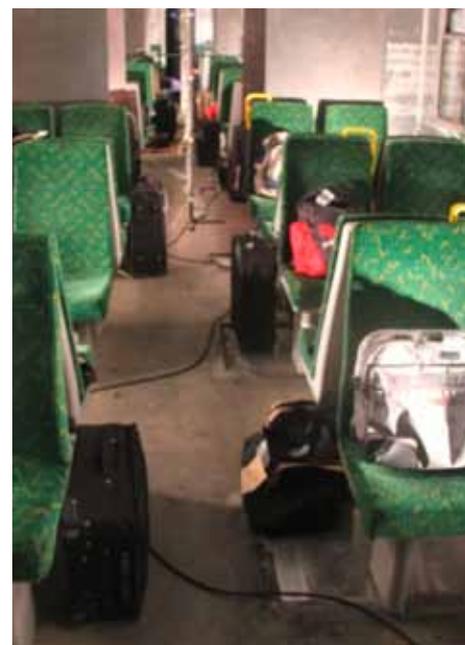


Abb. 1: Typische Gepäckstücke (Foto: METRO-Projekt)

des Waggons unbrennbare Materialien wie Aluminium verwendet. Hier brauchte das Feuer fast zwei Stunden, bis es sich ausgebreitet hatte, entwickelte sich dann aber genauso heftig.

Pulsierendes Feuer pumpt den Rauch

Bei den Versuchen sollte ein starker Lüfter im Tunnaleingang mit einem Luftstrom von 11 km/h den Bereich vor dem Feuer für Kameras, Messgeräte und Beobachter frei von Rauch halten (Abb. 5). Doch in beiden Fällen begann das Feuer stark zu pulsieren und den Rauch gegen den Luftstrom zu pumpen. Innerhalb weniger Minuten war der Tunnel komplett mit Rauch gefüllt (Abb. 3). Das Pulsieren war so stark, dass die Bäume vor dem Tunnaleingang schwankten.

Im Rauch kann man sich nur langsam fortbewegen

Diese Erfahrung mit dem Rauch veranlasste die Forscher zu einem weiteren Experiment: 100 Probanden im Alter von 18





Abb. 2: Entfachen des Feuers im Abteil (Foto: Per Rohlén/METRO-Projekt)



Abb. 3: Sieben Minuten später (Foto: Per Rohlén/METRO-Projekt)



Abb. 4: Flucht im dichten Rauch (METRO-Projekt)

bis 66 Jahren sollten in einem verrauchten Tunnel die Notausgänge erreichen. Der künstliche Rauch war mit Essigsäure versetzt, um eine irritierende, aber unschädliche Atmosphäre im Tunnel zu schaffen. Die Sichtweite betrug 1,5 bis 3,5 Meter.

Die Testpersonen mussten einzeln ihren 200 Meter langen Weg suchen (Abb. 4). Infrarotkameras protokollierten ihre Bewegungen und das Auffinden der Notausgänge. Dabei wurden verschiedene Kennzeichnungen der Wege und Notausgänge getestet. Die meisten Personen tasteten sich an der Wand des Tunnels entlang und schafften gerade einmal zwischen 24 und 54 Meter pro Minute. 🐌

Stuttgart 21 im Lichte des METRO-Projekts

Was bedeuten die Erkenntnisse der METRO-Forscher für Stuttgart 21? Hier geht es im Gegensatz zu den Untersuchungen des METRO-Projekts um einen Fernbahnhof. Die darin verkehrenden Züge transportieren eine höhere Brandlast, da mehr Gepäck mitgeführt wird. Außerdem haben Fernzüge weniger Türen, was die Evakuierung erschwert. Gerade ein als zukunftsweisend angepriesener neuer Bahnhof sollte in Sachen Sicherheit neue Maßstäbe setzen – im positiven Sinne. Doch wie schneidet die Stuttgart-21-Planung tatsächlich ab, gemessen an den Vorschlägen und Erkenntnissen des METRO-Projekts?

Im Notfall muss die Rettung auch im Tunnel gelingen

Laut Bahn sollen Züge im Ernstfall bis zum nächsten Bahnhof fahren, damit dort die Notfallmaßnahmen eingeleitet werden können. Mit dieser Vorschrift rechtfertigt die Bahn, dass die Ausstattung der Stuttgart-21-Tunnel im Vergleich zu zeitgemäßen Bauwerken wie dem Eurotunnel mangelhaft ist. Die Rettung, so das Argument, erfolge schließlich im Bahnhof und nicht im Tunnel. In der Praxis hat sich allerdings gezeigt, dass die Ereignisse, die einen Notfall auslösen (Feuer, Kurzschluss, Anschlag), oft auch eine Weiterfahrt verhindern. In Stuttgart kommt erschwerend die extreme Steigung in den Tunneln hinzu, die nur mit einwandfrei funktionierenden Zügen bewältigt werden kann. Daher muss grundsätzlich auch die Selbstrettung im Tunnel gewährleistet sein.

Das A und O: Orientierungshilfen

Die METRO-Studien haben gezeigt, dass erhöhte Laufstege, Handläufe, gute Be-

leuchtung und Information die Überlebenschance im Ernstfall steigern:

- Der größte zeitbestimmende Faktor beim Ausstieg aus dem Zug ist die Höhendifferenz zum Rettungsweg. Wenn Rettungswege auf Höhe der Waggons verlaufen, kann ein Zug doppelt so schnell evakuiert werden. Erhöhte Laufstege gehören daher bei neuen Projekten weltweit zum Standard, etwa in Turin, London, Chennai oder Bangkok und im Eurotunnel. In Stuttgart muss man aus dem Zug hingegen 70 Zentimeter herunterklettern, um den Tunnelboden zu erreichen. Das wird besonders für Ältere, Kinder und behinderte Menschen zu einem großen Problem und kostet wertvolle Zeit.

- Fluchtstege mit Handlauf erleichtern den Ausstieg, zeigen den Flüchtenden, dass sie auf dem richtigen Weg sind, und verringern die Angst vor gefährlichen Stellen im unbekanntem Tunnel.

- Lichtquellen sind laut METRO »extrem wichtig«. Dazu gehört auch ein beleuchteter Handlauf, der das Tasten an der Tunnelwand bei schlechter Sicht erleichtert, sowie ein Lichtstreifen im Boden. Die Stuttgarter Tunnel werden jedoch nur mit 0,5 Lux beleuchtet werden. Das ist gerade doppelt so hell wie eine Vollmondnacht und das auch nur, wenn kein Rauch das Licht verdunkelt.

- Informationen für die Flüchtenden sind ebenso wichtig; sie sollten schnell, umfassend und auf ihre Situation bezogen erfolgen. Dies verkleinert das Risiko einer Panik und leitet die Personen zügig zum bestmöglichen Ausgang. Dazu gehören Lautsprecherdurchsagen, eine deutliche Beschilderung und eine Markierung der Notausgänge, die auch noch bei Rauch zu erkennen ist. Auf die Stand-

Abb. 5: Lüfter im Tunnelleingang (Foto: METRO-Projekt)





Abb. 6: Ein Versuchswagon nach dem Test (Foto: Per Rohlén / METRO-Projekt)

Orte der Notausgänge sollte mit Lautsprechern und automatischen Durchsagen aufmerksam gemacht werden, damit diese auch ohne Sicht gefunden werden können.

Zu schmale Fluchtwege

In den Stuttgarter Tunneln ist ein Überhollen auf dem nur 1,2 Meter breiten Fluchtweg zwischen Tunnelwand und Zug kaum möglich. Und ein ICE ist 410 Meter lang! Deshalb werden alle Flüchtenden von den Langsamsten in der Schlange ausgebremst. So kann es zwanzig Minuten dauern, bis wenigstens die Querstellen zum Nachbar-tunnel erreicht werden. Im METRO-Versuchstunnel hatte die Temperatur 100 Meter vom Brandherd aber bereits zehn Minuten nach Brandbeginn 200 °C überschritten und die Kohlenmonoxyd-Konzentration mit 0,5 % ein Niveau erreicht, das binnen kürzester Zeit zum Tod führt.

Sind unbrennbare Züge die Lösung?

Unbrennbare Züge oder Züge mit Löschanlage könnten die Sicherheit im »Neuen Herzen Europas« zwar erhöhen. Sie sind

in Deutschland und Europa aber nicht üblich. Auch ein Verzicht auf Kunststoffe ist keine Lösung. Dies erhöht nur Kosten und Gewicht der Züge und verringert den Komfort, ändert aber nichts an der hohen Brennbarkeit des Reisegepäckes – gerade in Fernzügen. Auch die Technik kommt nach heutigem Stand nicht ohne brennbare Materialien aus. So werden etwa zur elektrischen Isolation Kunststoffe benötigt. Die Antriebe enthalten brennbares Transformatoröl, beim ICE beispielsweise je nach Modell bis zu 2.850 Liter! Selbst in einer unbrennbaren Umgebung kann sich ein Feuer im Falle eines Anschlags wie in Daegu oder Baku rasch in Gepäck und Kleidung ausbreiten.

Anforderungen an den Brandschutz in unterirdischen Bahnsystemen

Immer wieder kommt es zu Zugbränden, das lässt sich nicht verhindern. Die Folgen in den Tunneln von Stuttgart 21 wären jedoch katastrophal. Wer in und um Stuttgart 60 Kilometer Tunnel plant und zugleich an der nötigen Sicherheitstechnologie spart, muss damit rechnen, dass Tiefbahnhof und Tunnel nach Fertigstellung nicht eröffnet werden können – wie beim Flughafen BER in Berlin. Oder er nimmt wissentlich und grob fahrlässig den Tod von Zugreisenden in Kauf, nicht nur bei Bränden, sondern auch bei Entgleisungen oder einem Anschlag.

»Es entspricht der Lebenserfahrung, dass mit der Entstehung eines Brandes praktisch jederzeit gerechnet werden muss.«
Verwaltungsgericht Gelsenkirchen (5K 1012/85 vom 14.11.1985)

Einige Verbesserungen des öffentlich bekannten S-21-Tunnelkonzepts wären zwar noch realisierbar, etwa erhöhte Fluchtstege und helle Beleuchtung. Doch die verringerten Tunneldurchmesser, die fehlenden Schutzräume, der nicht vorhandene Rettungstunnel und das Fehlen jeglicher Notausgänge zur Erdoberfläche stehen im Widerspruch zu den Erkenntnissen aus dem METRO-Projekt. Diese Probleme wären nur mit einer vollständigen Neuplanung zu lösen.

Tunnel sind immer mit Risiken behaftet. Wo sie unvermeidbar sind, müssen die Sicherheitsmaßnahmen zumindest auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und auf höchstem Niveau umgesetzt werden. Das ist bei Stuttgart 21 weder machbar noch finanzierbar; die Kosten würden ins Uferlose steigen. Daran ist freilich keine überbordende Bürokratie schuld. Beim Brandschutz geht es vielmehr darum, im Ernstfall das Leben aller Menschen im Tunnel – Reisende, Bahnpersonal und Rettungskräfte – so gut wie möglich zu schützen. Wenn die dafür erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen weder umzusetzen noch zu finanzieren sind, darf man ein solches Projekt nicht bauen.

Dieser Tunnelblick spiegelt nicht zwangsläufig die Meinung des METRO-Projektes wider. Dessen Forschungen waren unbeeinflusst von Stuttgart 21. Folgende Organisationen waren an dem Projekt beteiligt:

- Mälardalen University – School of Sustainable Development of Society and Technology
- SP Technical Research Institute of Sweden – Fire Technology
- Lund University – Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
- Swedish Defence Research Agency (FOI) – Defence and Security, Systems and Technology
- Gävle University – Department of Technology and Built Environment
- Swedish National Defence College – CRISMART
- Swedish Fortifications Agency
- Greater Stockholm Fire Brigade
- Stockholm Public Transport (SL)

Videos des METRO-Projekts auf Youtube:

<https://www.youtube.com/user/METROprojectSE>



TUNNELBLICK UNTERSTÜTZEN:

IBAN: DE54 8309 4495 0003 2812 21
BIC: GENODEF1ETK, EthikBank eG
Kontoinhaber: ESIG e.V.
Spenden sind steuerlich absetzbar.