

# Auswirkungen von Lang-Lkw auf die sicherheitstechnische Ausstattung und den Brandschutz von Straßentunneln

FA 15.550

Forschungsstelle: PTV Transport Consult GmbH, Stuttgart  
Bearbeiter: Mayer, G. / Brennerberger, S. / Großmann, S.  
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn  
Abschluss: Dezember 2013

## 1 Aufgabenstellung

Gemäß einer im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) für Deutschland erstellten Verkehrsprognose 2025 ist in den kommenden Jahren mit einer weiteren Zunahme des Güterverkehrs zu rechnen. Für den Güterfernverkehr auf Straßen werden besonders hohe Zuwachsraten erwartet. Es werden daher effiziente Lösungen zur Aufrechterhaltung der Mobilität und dem Schutz von Mensch und Natur notwendig.

Ein Beitrag zur Erhöhung der Effizienz können die Einführung längerer Transportfahrzeuge beziehungsweise geänderte Fahrzeugkombinationen bedeuten. In Deutschland werden diese unter dem Begriff Lang-Lkw zusammengefasst und im Rahmen eines Feldversuchs deren Auswirkungen auf Umwelt, Infrastrukturen und Transportsysteme untersucht.

Das vorliegende Forschungsvorhaben legt den Fokus auf die Auswirkungen von Lang-Lkw bei Brandereignissen in Straßentunneln.

In einem ersten Schritt werden zunächst Grundlagenstudien durchgeführt, die nationale und internationale Erfahrungen mit überlangen, im Ausland teilweise bis zu 60 t schweren Lkw-Kombinationen betrachten.

In einem zweiten Schritt werden maßgebliche Transportgüter identifiziert und die maßgeblichen Brandparameter für konventionelle Lkw sowie Lang-Lkw für ausgewählte Güter ermittelt.

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen in eine quantitative Risikoanalyse ein, die eine Sicherheitsbewertung für die Nutzung von Lang-Lkw ermöglicht.

## 2 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen des ersten Arbeitsschritts wurden Grundlagen und Informationen hinsichtlich der sicherheitstechnischen Ausstattung und des Brandschutzes von Straßentunneln im Hinblick auf den Transport von Gütern mittels Lang-Lkw gesammelt und ausgewertet. Hierbei wurden normative Grundlagen (nationale und internationale Vorgaben und Verordnungen zum Führen von Lang-Lkw), Anforderungen an die sicherheitstechnische Ausstattung von Straßentunneln gemäß RABT 2006 sowie an den Brandschutz von Straßentunneln gemäß den ZTV-ING sowie internationale normative Bemessungsgrundlagen (Normen, Richtlinien etc.) zur Dimensionierung von sicherheitstechnischen Anlagen und zum Brandschutz berücksichtigt.

Erste Erkenntnisse aus dem Feldversuch sowie entsprechende Fachveröffentlichungen im europäischen In- und Ausland wur-

den für nationale und internationale Recherchen zum Ladungsvolumen und der Ladungszusammensetzung (typische mittels Lang-Lkw transportierte Güter) herangezogen.

Aufbauend auf oben genannten Analysen hinsichtlich der Ladegutzusammensetzung und des Volumens wurden auf der Basis von über Laborversuche für einzelne Stoffe ermittelten Brandleistungen zum einen und über Realbrandversuche gewonnene Erkenntnisse zum anderen ladegutspezifische Energiefreisetzungsraten ermittelt.

Auf Grundlage der Vorgaben in den RABT 2006 wurde ein Untersuchungstunnel in seiner Geometrie und in seinen sicherheitstechnischen Einrichtungen definiert. Es wurde ein Rechteckquerschnitt gewählt und zwei Lüftungssysteme (Längslüftung, Längslüftung mit Rauchabsaugung über Zwischendecke mit steuerbaren Absaugöffnungen) betrachtet. Die Dimensionierung der Lüftung erfolgte mittels Druckverlustberechnungen.

Auf Basis der zuvor festgelegten Brandparameter und der definierten Untersuchungsvarianten und -szenarien wurden CFD-Berechnungen (computational fluid dynamics) mithilfe des Fire Dynamics Simulator (FDS), ein vom National Institute of Standards and Technology (NIST) des US-Department of Commerce speziell für die Simulation von Bränden entwickeltes Programm, durchgeführt. FDS ist ein im Brandschutzwesen anerkanntes Brandsimulationsprogramm und wurde in zahlreichen Versuchsreihen validiert.

CFD-Berechnungen liefern raum- und zeitdiskrete Verteilungen von Druck, Geschwindigkeiten, Temperaturen und Konzentrationen in Abhängigkeit der jeweiligen Brandleistung. Des Weiteren lassen sich darüber Temperatur-Zeit-Kurven ermitteln und mit den in den Richtlinien angegebenen Werten vergleichen.

Als Referenzfall der durchgeführten quantitativen Risikoanalyse wurden Szenarien mit Brandleistungen von 5 MW für Pkw sowie 30, 50 und 100 MW für Lkw betrachtet (Bemessungsbrandleistungen gemäß RABT 2006), wodurch in Abhängigkeit von der Lkw-Fahrleistung unterschiedliche Brandszenarien mit Lkw-Bränden abgedeckt wurden. Die Untersuchungsvarianten für Lang-Lkw unterschieden sich von diesen Bemessungsbrandleistungen in Abhängigkeit von der Ladegutzusammensetzung. Es wurden hier auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse in der Vorbetrachtung erhöhte Brandleistungen von 45, 75 sowie 150 MW zur Abbildung von Lang-Lkw-Bränden verwendet.

In Anlehnung an die Methodik zur Durchführung von quantitativen Risikoanalysen in Straßentunneln erfolgte anschließend eine Sicherheitsbewertung für die zuvor festgelegten Untersuchungsszenarien in Bezug auf den definierten Referenzfall ohne Lang-Lkw-Beteiligung. Durch die Verknüpfung der Schadenausmaße mit den jeweiligen Eintrittshäufigkeiten konnten szenarioabhängig die Risiken für die Tunnelnutzer ermittelt werden.

Nach Zusammenführung der Ergebnisse aus der Sicherheitsbewertung und deren Beurteilung wurde überprüft, ob hinsichtlich der sicherheitstechnischen Ausstattung und zum Brandschutz von Tunneln zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden.

### 3 Untersuchungsergebnisse

Die Analysen zum Sicherheitsniveau zeigen, dass sich aufgrund der unterschiedlichen Anteile von Lang-Lkw am Gesamtschwerverkehrsaufkommen leichte Unterschiede im Vergleich zu den konventionellen Lkw ergeben. Sie sind abhängig vom Anteil der Lang-Lkw am Schwerverkehr und ob sich durch den Einsatz von Lang-Lkw ein Einsparpotenzial an konventionellen Lkw ergeben könnte. Diese Substitutionsmöglichkeit wurde in weiteren Szenarien aufgrund des höheren Ladevolumens der Lang-Lkw-Transporte im Verhältnis zwei Lang-Lkw zu drei konventionellen Lkw angenommen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Untersuchung ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen des Forschungsberichts konservative Annahmen (Längsgefälle 3 %, konservative Ausmaßabschätzungen, feste Detektionszeiten usw.) getroffen wurden, sodass sich entsprechend hohe absolute Risikowerte ergaben. Im Vergleich zu statistischen Daten von Brandereignissen sind die Ergebnisse als zu hoch einzuschätzen und liegen damit auf der sicheren Seite.

Da jedoch die vergleichende Betrachtung des Sicherheitsniveaus mit und ohne Lang-Lkw-Beteiligung im Vordergrund stand, spielt die absolute Höhe der Risiken keine maßgebende Rolle.

Bei hohen Energiefreisetzung von 100 beziehungsweise 150 MW treten nur geringe Unterschiede hinsichtlich der absoluten Betroffenzahlen auf. Bedingt durch die schnelle Rauchausbreitung, ist bereits bei 100 MW eine maximale Anzahl an Betroffenen erreicht, sodass eine zusätzliche Rauchgasproduktion bei höheren Brandleistungen nur noch geringe Unterschiede bewirkt. Aufgrund der geringen Häufigkeit der Ereignisse ist ihr Anteil am Gesamtrisiko allerdings nur von untergeordneter Bedeutung.

Relevanter für die Sicherheitsbetrachtung sind die Brandereignisse von Lkw beziehungsweise Lang-Lkw von 30 und 45 MW, da sie den größten Anteil am Schwerverkehr repräsentieren. Die Zunahme der Brandleistung um 50 % bewirkt hier abhängig vom Verkehrs- und Lüftungsszenario deutliche Unterschiede hinsichtlich der Betroffenzahlen. Diese Differenzen sind maßgeblich für die Veränderung im Sicherheitsniveau. Zugleich sind diese Brandleistungen aber durch die Brandventilation gut beeinflussbar.

Der Ansatz der Fahrzeugsubstitution bewirkt aufgrund der Verringerung der Verkehrsbelastungen allgemein eine niedrigere Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen mit und ohne Brand. Im Besonderen die Reduktion des Schwerverkehrsanteils bewirkt die dargestellte Verringerung des Risikos. Das bewertete Risiko mit Lang-Lkw lag aber in allen maßgeblichen Untersuchungsfällen über den Kennzahlen der Untersuchungsfälle ohne Lang-Lkw.

Neben den Ladungen sind auch weitere Faktoren für die Ermittlung des Risikos wesentlich, wie zum Beispiel die Unfallraten. Anhand der bisherigen vorläufigen Erkenntnisse des Feldversuchs und der Recherchen im Ausland zum Thema Unfallrisiken von Lang-Lkw gibt es derzeit keine Anzeichen für erhöhte Unfallraten aufgrund von Lang-Lkw. Es wurden daher die durchschnittlichen bundesdeutschen Unfallraten angesetzt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für den derzeitigen Umfang an Lang-Lkw im Feldversuch von keiner signifikanten Erhöhung der Risiken für Tunnelnutzer auszugehen ist. Dafür sind die tatsächlich derzeit in Deutschland genutzten Lang-Lkw zu selten vertreten. Ihr Anteil am Gesamtschwerverkehr ist verschwindend gering.

Für die Abschätzung der Auswirkungen von Lang-Lkw auf Tunnel im Allgemeinen wurden zusätzlich höhere Lang-Lkw-Anteile betrachtet. Für die betrachteten Anteile von 1 % und 10 % liegen sie allerdings in Bereichen, die in der Regel mit kompensatorischen Maßnahmen ausgeglichen werden könnten.

Maßgeblich für die Sicherheitsbewertung von Lang-Lkw ist deren Anteil am Gesamtschwerverkehrsaufkommen sowie dem Einfluss durch Substitution konventioneller Lkw mit Lang-Lkw. Die Abschätzungen wurden hierbei sehr konservativ vorgenommen und positiv wirkende Aspekte wie der höhere Sicherheitsstandard von Lang-Lkw nicht berücksichtigt. Auch weitere sicherheitserhöhende kompensatorische Maßnahmen im Rahmen der Tunnelausstattung wurden nicht näher betrachtet. So könnten beispielsweise verkürzte Notausgangsabstände oder frühzeitigere Detektion von Brandereignissen das Sicherheitsniveau günstig beeinflussen.

### 4 Folgerungen für die Praxis

Die vorgeschlagene Methodik zur Berücksichtigung von Lang-Lkw stellt eine Erweiterung des bekannten Vorgehens zur quantitativen Sicherheitsbewertung von Straßentunneln dar. Der Ansatz des Relativvergleichs zwischen Referenz- und Untersuchungsfällen wird dabei weiterhin verfolgt und um erhöhte Brandleistungen für Lang-Lkw ergänzt.

Das Höchstmaß hinsichtlich der Bemessungsbrandleistung ist bislang auf 100 MW begrenzt. Die im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführten Berechnungen und Auswertungen von vorhandenen Brandversuchen zeigten allerdings, dass Brandereignisse in Straßentunneln durchaus größere Brandlasten produzieren können. Die zur Bemessung des baulichen Brandschutzes verwendete ZTV-ING-Kurve repräsentiert einen 300 MW-Brand und wird als Grundlage für die Ableitung der Bemessungsbrandleistungen hinsichtlich der Brandentwicklung für Risikoanalysen verwendet. Vergleiche zwischen Ladungen von konventionellen Lkw und Lang-Lkw zeigen, dass sich bei einer Ladungszunahme (Ladevolumen), abhängig von den Randbedingungen wie zum Beispiel Art der transportierten Güter, auch eine Erhöhung der Brandleistung ergibt.

Die in der Methodik festgelegten Brandleistungen wurden auf Basis ausgewählter maßgeblicher Ladungsgüter untersucht. Sie bilden einen Querschnitt der derzeit transportierten brennbaren Ladungsgüter innerhalb des Feldversuchs.

Für allgemein gültige Aussagen hinsichtlich der Brandereignisse im Hinblick auf das damit verbundene Sicherheitsniveau wurde ein konservativer Ansatz gewählt, der ungünstige Verhältnisse hinsichtlich Brandentwicklung und Brandstärke ansetzt. Für die risikoanalytische Betrachtung von Lang-Lkw in Straßentunneln wird deshalb empfohlen, die maximale Brandleistung auf 150 MW zu erhöhen. Entsprechend wird auch für die weiteren Bemessungsbrandleistungen von Lang-Lkw vorgeschlagen, sie mit einem Faktor zu belegen. Im vorliegenden

Forschungsprojekt konnte er aufgrund umfangreicher Berechnungsergebnisse auf 1,5 festgesetzt werden. Damit ergeben sich für Lang-Lkw in Analogie zu den Vorgaben in den RABT weitere Bemessungsbrandleistungen zu 45 und 75 MW. Unter dieser Voraussetzung führen Lang-Lkw zu erhöhten Risiken im Vergleich zu konventionellen Lkw.

Über einen Abgleich der Erkenntnisse zwischen den weiteren laufenden Forschungsvorhaben im Rahmen des Feldversuchs sollten die bisherigen Ansätze verifiziert und gegebenenfalls angepasst werden.

Die durchgeführte Grundlagenstudie legt zum Beispiel hinsichtlich der Unfallauswertungen in anderen europäischen Ländern nahe, dass der Einsatz von EuroCombi beziehungsweise Lang-Lkw zu keinen erhöhten Unfallzahlen führt. Dieser Ansatz wurde auch in der Untersuchung verfolgt; er sollte aber auch für das deutsche Straßennetz anhand von Analysen zu Unfällen mit Lang-Lkw-Beteiligung geprüft werden.

Derzeit sind keine Lang-Lkw für den Transport von kennzeichnungspflichtigen Gefahrgütern zugelassen. Auch im europäischen Vergleich sind für EuroCombi bislang keine Freigaben für Gefahrguttransporte erteilt worden. Eine Freigabe von Gefahrguttransporten mit Lang-Lkw sollte erst nach eingehenden zusätzlichen, detaillierten Betrachtungen erfolgen. Bei einer Aufhebung dieser Beschränkung wäre dann das Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln entsprechend anzupassen.

### 5 Literatur

- [BASt 2007] Zulauf, Baltzer, Mayer, Zimmermann, Kündig, Steinauer, Riepe: Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln; Heft B 66, BASt 2009
- [BASt 2009] Baltzer, W., Imhof, D., Mayer, G., Riepe, W., Zimmermann, U., Zulauf, C.: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007
- [FGSV 2006] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: RABT – Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
- [BASt 2012] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 5