

1 Grundlagen

1.1 Rechtliche Aspekte

Tunnelbauwerke, die zum transeuropäischen Straßennetz gezählt werden, müssen den Richtlinien der Europäischen Union entsprechen (Richtlinie EU Nr. 2004/54/EG (2004), Seite 1). Diese werden mit nationalen Gesetzgebungen in das jeweils länderspezifische Rechtssystem übernommen. Zur Geltung gebracht werden kann dies für Bundesstraßen, somit Autobahnen wie auch Schnellstraßen mit einer Tunnellänge von mehr als 500 m (STSG (2013), § 1, Abs. 1.). Für Tunnel außerhalb dieser Regelung (Tunnel auf Landes-, Bezirks- und Gemeindestraßen bzw. Tunnel mit einer Länge von weniger als 500 m) wird dieses meist sinngemäß angewendet. Die jeweiligen Gesetzlichkeiten erstrecken sich neben der Tunnelanlage auch auf den Vorportaltbereich.

Beschränkungen für die Durchfahrt durch Straßentunnel für Fahrzeuge mit gefährlichen Stoffen werden mit dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR (2017), Kapitel 1.9.1) festgelegt und wiederum durch ein nationales Gesetz länderspezifisch zur Umsetzung gebracht. Nationale Beschränkungsregelungen finden sich z. B. in Österreich im BGBl. II Nr. 395/2001 ((2001), § 1, Abs. 1), welches Beschränkungen für den Transport von gefährlichen Gütern durch Autobahntunnel regelt.

Die Fahrverbotsregelungen, Fahrtrichtungskennzeichnungen, Halte- und Parkverbote etc. werden auf Basis der Straßenverkehrsordnung (StVO (2017), § 42 ff.) durchgeführt (siehe Bild 1). Außerdem gibt es in Österreich auf nationaler Ebene die Feriendreiseverordnung ((2000), § 1), die Fahrverbote an Wochenenden im Sommer regelt, sowie die »Verordnung über die Beschränkungen für Beförderungseinheiten mit gefährlichen Gütern beim Befahren von Autobahntunnel«, welche die Durchfahrt durch einröhrige Straßentunnel für Gefahrguttransporte reglementiert und teilweise beschränkt (Tunnelverordnung (2001), § 1.). Für die Planung, Dimensionierung, Errichtung, Inbetriebnahme und das Störfallmanagement stellt die Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV) die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) zur Verfügung. Diese werden vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) mit der Autobahnen- und Schnellstraßen Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) und den Bundesländern ausgearbeitet und durch den Gesetzgeber im Bereich der Bundesstraßen für verbindlich erklärt.

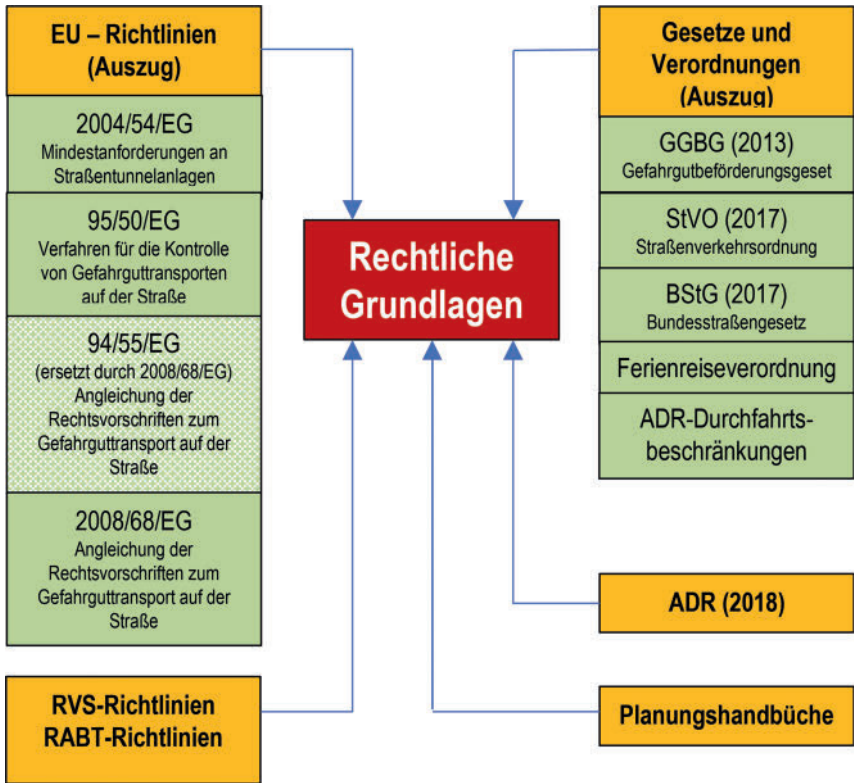


Bild 1: *Rechtliche Grundlagen beim Transport von Gefahrgut durch Straßentunneln*

Als normative Grundlagen für die Straßentunnel sind u. a. folgende Richtlinien sicherheitsrelevant:

- RVS 09.02.22 – Tunnelausrüstung
- RVS 09.02.31 – Grundlagen (Tunnel, Tunnelausrüstung, Belüftung)
- RVS 09.02.32 – Luftbedarfsberechnungen (Tunnel-Belüftung)
- RVS 09.03.11 – Tunnel – Risikoanalysemodell
- RVS 09.03.12 – Risikobewertung von Gefahrguttransporten in Straßentunneln

Zusätzlich zu den gesetzlichen Regelungen und den RVS-Richtlinien oder RABT-Richtlinien verfügen Betreiber von Tunnelanlagen (z. B. ASFINAG) über Planungs-

handbücher und interne technische Planungshilfen, die bei der Umsetzung eines Tunnelbauwerkes berücksichtigt werden müssen.

1.2 Risiko

Das Schutzniveau ist ein grundsätzlich von der Gesellschaft und des Weiteren von der Politik festzustellender Parameter. Aus diesem Schutzniveau lassen sich Fragen ableiten, die nicht einfach zu beantworten sind. Fragen wie z. B.

- Was ist uns das Menschenleben wert und wieviel Ressourcen (Geld, Personal, Ausrüstung etc.) sollen eingesetzt werden, um es im Ereignisfall retten zu können?
- Wie viele Tote pro Zeiteinheit und Längenabschnitt akzeptieren wir?

Die Liste der Fragen lässt sich beliebig erweitern, die Antworten bergen immer großes Diskussionspotenzial. Wo kann die Grenze zwischen wirtschaftlich vertretbar und gesellschaftlich akzeptabel gezogen werden?

Ab einem bestimmten Punkt muss von einem akzeptablen oder in Kauf genommenen Risiko gesprochen werden. Die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit von Bauteilen, Bauprodukten, Ausrüstungsgegenständen, statisch relevanten Komponenten etc. gibt daraufhin den Punkt an, ab welchem dieses akzeptierte Risiko zum Tragen kommt. Tritt das Schadensereignis nicht ein, so wird dies als Zuverlässigkeit der verwendeten Elemente oder der Fahrzeuge und Benutzer von Bauwerken wie auch Tunnelbauwerken bezeichnet.

Sicherheit in technischen Systemen resultiert aus Schutzeinrichtungen und aus dem Fehlen von Gefahrenquellen (z. B. durch Ausschluss oder Vermeidung dieser). Durch die Festlegung diverser Maßnahmen und das Einhalten des Standes der Technik erfolgt die Bestimmung eines »Schutzgrades«, woraus sich das tolerable Risiko ableiten lässt. Dieses Risiko ergibt sich aus Kompromissen, Erfahrungen, verschiedenen Untersuchungen, Aufwand und Wirksamkeit von diversen Schutzmaßnahmen (vgl. Preiss/Struckl (2017), Seite 4 f.). Risiken sind in allen Lebenslagen vorhanden und werden nach der DIN ISO 31000:2011 (Seite 8) wie folgt definiert:

»Auswirkung von Unsicherheit auf Ziele«

Viele angewendete Elemente im Risikomanagement beinhalten Führungsaufgaben, die darauf abzielen, Menschenleben, Schäden, und diverse Folgen von bedrohlichen Situationen zu kontrollieren bzw. auf ein vertretbares Maß (gesellschaftlich und

wirtschaftlich) zu reduzieren. Eine vermeintlich sehr einfache Strategie zur kompletten Eliminierung von Risiken ist die Risikovermeidungsstrategie. Dabei werden so viele Probleme, Ursachen oder Risiken wie möglich ausgeschlossen. Dies basiert hauptsächlich auf organisatorischen Maßnahmen wie z. B. Erarbeitung von Richtlinien, Prozeduren, Durchführung von Schulungen, um Ereignisse erst gar nicht eintreten zu lassen. Die Vermeidung setzt einerseits auf die Tunnelstruktur (interne Organisation, Schulung eigener Mitarbeiter etc.) als auch auf den Tunnelnutzer (Wissensvermittlung in Fahrschulen, Aufklärungsprogramme zum »Verhalten in Tunnelanlagen im Ereignisfall« usw.). Die grundsätzlichen Elemente der Tunnelsicherheit sind sehr weitreichend. Um die Sicherheit zu gewährleisten, müssen viele Parameter wie der Verkehr, die Fahrzeuglenker, das Tunnelbauwerk, die elektrotechnische Infrastruktur oder auch die Intervention der Einsatzkräfte mitbetrachtet werden.



Merke:

Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit x Auswirkung

Für jedes Einsatzszenario werden die Risiken empirisch ermittelt. Es liegen häufig viele Einflussfaktoren vor: Bauwerksparameter, Materialien, Ausstattung, Erfahrung vom Einsatzleiter, Passanten, Statistiken, taktische Vorgaben, Transportpapiere, Anweisungen, die Lage vor Ort, die Gefährdungsbeurteilung usw. Bild 2 zeigt dabei den Ablauf eines Risikoanalyseprozesses.

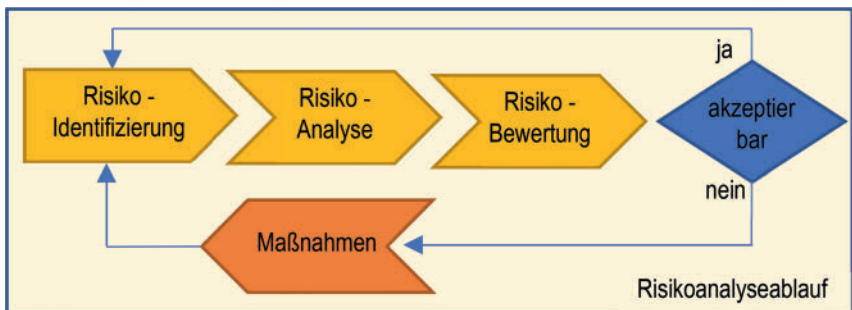


Bild 2: Risikoanalyseablauf

Der Einsatzleiter durchläuft im Regelkreis die Risikoanalyse (siehe Bild 2) ständig und immer wiederkehrend. Zu beachten hat er unter anderem Risiken für Mensch, Tier

und Umwelt sowie die Risiken für die eigenen Einsatzkräfte – welche als direkte Risiken bezeichnet werden. Folgeschäden wie die Einwirkung auf die Infrastruktur, die Wirtschaft o. ä. werden als indirekte Schäden bezeichnet. Als dritte Gruppe sind die betrieblichen Risiken zu beachten. Fällt eine Tunnelanlage aus, müssen einerseits Instandsetzungsmaßnahmen konzentriert eingesetzt werden, andererseits entfallen Mautgebühren und großräumige Umfahrungen belasten die umgebende Straßeninfrastruktur (Menge an zusätzlichem Verkehr wie auch Schadstoffe, Unfallgefahren etc.). Diese Risiken werden durch verschiedene Management-Analysertools in langwierigen Verfahren ermittelt und in Folge werden nach einer Bewertung daraus Maßnahmen abgeleitet. Dabei unterscheidet man zwischen Risikoverhinderung, Risikominderung und Risikoakzeptanz.

Maßnahmen zur Minderung des Risikos

In allen Lebenssituationen bestehen Risiken für Mensch, Tier und Umwelt. Durch vielerlei Maßnahmen kann man das auftretende Risiko beeinflussen und dieses auf ein gewünschtes Niveau bringen, indem

- alle nicht vertretbaren Risiken entfernt werden (Risikominderung).
- ein Zustand als gefahrenfrei angesehen wird (Risikoverhinderung).
- das verbleibende Risiko akzeptiert wird (Risikoakzeptanz).

Um ungewünschte Betriebszustände (Störungen in der Technik, Hilfeleistungen (Pannen), Verkehrsunfälle, Brände, Massenansturm von Verletzten oder auch Gefahrgutaustritte) auf ein akzeptables Risiko zu reduzieren bzw. die Auswirkungen dieser Betriebszustände zu minimieren, werden Alarm- und Gefahrenabwehrpläne seitens des Betreibers in Abstimmung mit den Einsatzkräften erarbeitet. In Tabelle 1 werden Risikobereiche, die im Bau wie auch im Betrieb relevant sind, aufgelistet. Risiken sind nicht nur für Personen, die Infrastruktur oder die Umwelt vorhanden. Auch wirtschaftliche Risiken und immaterielle Risiken – wie etwa ein Imageschaden – sind in die Betrachtung mit einzubeziehen (vgl. Galler (2017 c), Seite 5 ff.).

Ein Tunnel gilt als »sicher«, wenn er den aktuellen technischen Richtlinien wie auch den geltenden einschlägigen Gesetzen entspricht (richtlinienbasierter Ansatz) oder wenn die vorher festgelegten Risikokriterien (risikobasierter Ansatz) erreicht werden (vgl. Kohl (2018), Seite 12).

Table 1: Risiken in Tunnelanlagen im Bau und Betrieb

Personenschutz	Versorgung	Sonstiges	
Eigenschutz	Belüftung	Bergwasser	Verkehrswege
Aufenthalt von Fremdpersonal	Luftversorgung		Schachtsicherung
Positionserkennung	Beleuchtung		Ausbruch/Verbruch
Mangelndes Sicherheitsbewusstsein	Elektrizität		Transport
Schlechte Ausbildung			Maschinensicherheit
Personal Fluktuation			Finanzieller Druck

Auf Risiken kann sinnvollerweise nach einer Risikoanalyse in Form eines mehrstufigen Prozesses auf die einzelnen Ereignisphasen reagiert werden (siehe Bild 3). Die erste und gleichzeitig effektivste Stufe, mit Risiken umzugehen, ist die **Prävention** und somit ein Ereignis gar nicht erst eintreten zu lassen. Dabei können Geschwindigkeitsbegrenzungen, blinkende Ampeln oder auch gezielte Informationen der Tunnelnutzer (Informationstafeln, Lautsprecherdurchsagen, Aufschaltung in den Radioverkehrsfunke usw.) eingesetzt werden. Regelmäßige Wartungen der Anlage, Investitionen in die Sicherheitstechnik und hochverfügbare Systeme sind erforderlich. Die nächste Stufe sind **ereignismindernde Maßnahmen**. Dabei können technische Maßnahmen wie Lüftungen, Löschanlagen etc. oder organisatorische Maßnahmen zum Einsatz kommen. Einfache organisatorische Maßnahmen sind die Geschwindigkeitsbegrenzung, Verbot des Fahrspurwechsels oder nur eine begrenzte Anzahl von Fahrzeugen gleichzeitig die Tunnelanlage benutzen zu lassen. In Straßentunnelanlagen gilt das Selbstrettungskonzept. Tunnelnutzer werden dabei mit verschiedenen Maßnahmen (Lüftungsteuerung, Beleuchtungsregelung, Fluchtwegkennzeichnung, wie auch durch Ansagen mit der installierten Beschallungsanlage etc.) bei der Flucht unterstützt. Im Weiteren wird durch gezielte Veranstaltungen in der Fahrausbildung das korrekte Verhalten bei Notsituationen in Tunnelanlagen trainiert. In letzter Konsequenz ist für die **Fremdrettung** die Feuerwehr im Gesamtkonzept berücksichtigt. Alarm- und Ausrückpläne, Sonderalarmpläne, Kommunikationssysteme und die vorhandene Ausrüstung sind Teil der Fremdrettung. Können die Einsatzkräfte die Tunnelanlage in kurzer Zeit erreichen, können Schadensereignisse (Größe von Brandereignissen, Verbreitung von Schadstoffen, Menge von ausgelau-

1.3 Einsatzgrenzen

fenen Flüssigkeiten etc.) kleiner ausfallen, als wenn lange Anfahrtszeiten und viele weitere Parameter einkalkuliert bzw. berücksichtigt werden müssen.

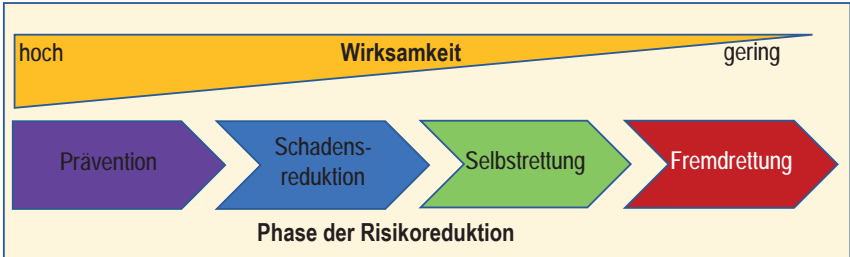


Bild 3: *Stufenmodell Risikoreduktion*



Bild 4: *Fluchtwegskennzeichnung*

1.3 Einsatzgrenzen

Einsätze in unterirdischen Verkehrsanlagen bergen für die Einsatzkräfte hohe Risiken, die seitens des Einsatzleiters nur sehr schwer abzuschätzen sind. Eine genaue und ausreichende Erkundung der Situation und in weiterer Folge eine genaue Abwägung der Rückmeldungen von den eingesetzten Trupps sind essenziell.

Einsatzgrenzen sind dabei nicht immer leicht zu definieren und ändern sich mit jeder Einsatzsituation, wie auch mit der Fortdauer des Einsatzes. Sind in einem Einsatz

keine Menschenleben involviert und die Brandintensität ist sehr hoch, dann wird man sich den Einsatz der eigenen Mannschaft zu diesem Zeitpunkt gut überlegen. In einem anderen Fall, beispielsweise einem Lkw-Unfall, bei dem sich der Fahrer noch in der Kabine befindet und das beförderte Produkt austritt, wird man sich möglicherweise anders entscheiden, da Menschenleben in dieser Situation involviert sind. In Tabelle 2 ist eine Übersicht möglicher Einsatzgrenzen aufgeführt, die zu beachten sind.

Tabelle 2: *Beispiele für Einsatzgrenzen*

Parameter			
Einsatzart	Anmarschzeit	Eigenes Personal	
Hitze	Schutzstufe	Geräte	Brandlast
Stoffaustritt	Brandlast	Menschen in Gefahr	Bauliche Situation

Ergibt sich aus der Analyse des ausgetretenen Stoffes, der Situation vor Ort (Lachengröße, Entwässerungssystem etc.), der beteiligten Fahrzeuge und der notwendigen Tätigkeiten (z. B. Menschenrettung nicht notwendig) die Erkenntnis, dass ein Einsatz ein zu hohes Risiko für das einzusetzende Personal (zu hohe Konzentration, Explosionsgefahr, zu hohe physische oder psychische Belastung für das Einsatzpersonal etc.) darstellt, so sind die Einsatzgrenzen für eine Intervention mit dem Einsatzpersonal erreicht. In diesem Fall sind andere Möglichkeiten der Problemlösung in Betracht zu ziehen (Roboter, Neubewertung der Situation nach Flüssigkeitsablauf etc.). Möglicherweise ist auch das Abwarten und neu Evaluieren nach einer bestimmten Zeitdauer eine Lösung, um den Einsatz weiter abarbeiten zu können.



Praxistipp:

Einsatzgrenzen sind bei jeder Einsatzsituation und fortlaufender Einsatzdauer unterschiedlich. Eine genaue Abwägung der erkundeten Parameter und eine genaue Überlegung zur eigenen Risikofreudigkeit sind essenziell. Das Ändern der Betrachtungsweise (Angriffswege, Löschmittel etc.) oder das Einholen einer Zweitmeinung, z. B. von anwesendem Fachpersonal, können alternative Lösungsansätze aufzeigen.

1.4 Einteilung der Straßentunnel wie auch der gefährlichen Stoffe

Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)

Das ADR 2017 regelt international die Beförderung von gefährlichen Gütern auf der Straße für die derzeit 47 Vertragspartner. Darin sind alle gefährlichen Güter, welche auf der Straße transportiert werden, aufgelistet. Der Transport darin nicht gelisteter gefährlicher Güter durch das jeweilige Hoheitsgebiet eines Staates kann im Wege eigener bilateraler Verträge vereinbart werden (vgl. ADR (2017), Seite IV ff.).

Mit dem ADR 2017 werden u. a. Bestimmungen getroffen, welche die Durchfahrt durch Straßentunnelanlagen auf Basis von Risikoanalysen beschränken bzw. durch zusätzliche Maßnahmen (z. B. Begleitfahrzeug) ergänzen können (vgl. STSG (2017), Anlage Sicherheitsmaßnahmen, Punkt 3.7). Die Anwendung der Durchfahrtsbeschränkungen wird in den Mitgliedsstaaten unter Einbeziehung von vertretbaren Alternativrouten und nationalen Regelungen unter Zuhilfenahme des Risikomodells DG-QRAM (Dangerous Goods-Quantitative Risk Assessment Model) erarbeitet.

Fahrzeuge mit gefährlichen Gütern, wenn diese in das ADR fallen (z. B. Ausschluss aufgrund eines Mindermengentransportes), werden einem Tunnelbeschränkungscode zugeordnet. Dieser ist in den Stofflisten des ADR abgebildet und kann in den Beförderungspapieren, die jeder Transporteur mit sich führt, eingesehen werden (vgl. ADR (2017), Kapitel 3).



Merke:

Der Tunnelbeschränkungscode seitens des Transportfahrzeuges (Stückguttransport, Tankfahrzeug etc.) in Verbindung mit der Tunnelkategorisierung (für das Bauwerk selbst) erlaubt die Aussage, inwieweit eine Durchfahrt mit dem jeweiligen gefährlichen Stoff durch den Straßentunnel erlaubt ist.

Eine Veranschaulichung der Durchfahrtsbeschränkungen der Tunnelkategorie (siehe Tunnelkategorisierung) in Verbindung mit dem Tunnelbeschränkungscode (siehe Tunnelbeschränkungscode (TBC)) ist in Bild 5 ersichtlich.

Dangerous Goods-Quantitative Risk Assessment Model (DG-QRAM)

DG-QRAM wurde von PIRAC/OECD zwischen 1997 und 2001 in einem ERS2 Projekt entwickelt und kann für die Risikoanalyse nach der Richtlinie 2004/54/EC (Mindest-

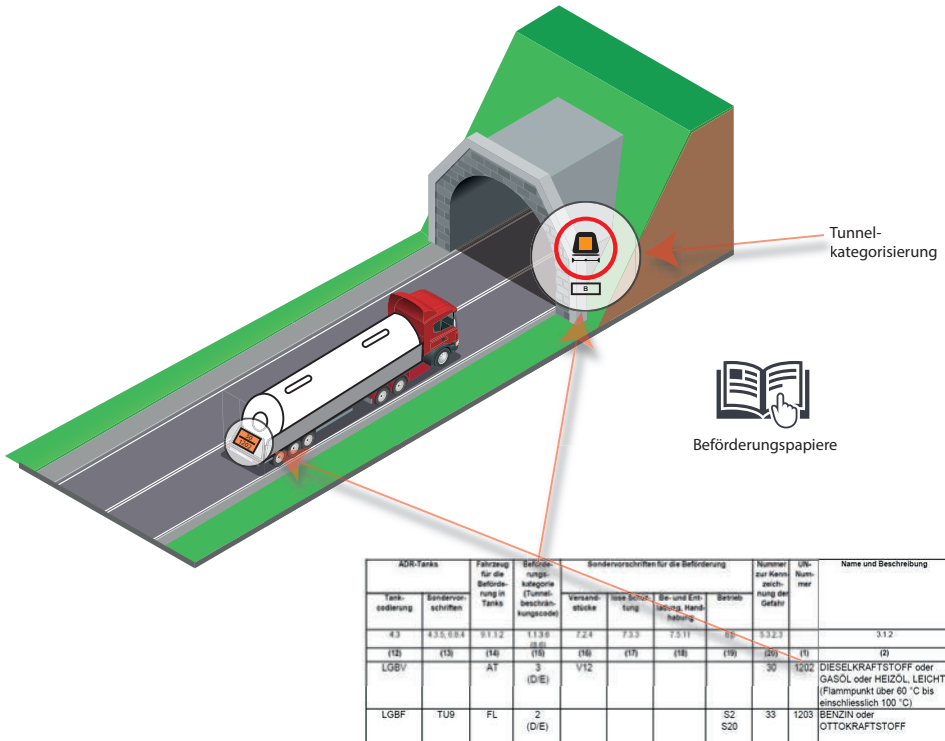


Bild 5: Tunnelbeschränkungscode (siehe auch Tabelle 4)

anforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz) angewendet werden (vgl. Piarc (o. A.)). Die Software ermöglicht:

- den Risikovergleich von Gefahrguttransporten durch Tunnel und alternative Routen im Freibereich,
- die Bewertung von Tunnelbeschränkungen/Regelungen (ADR Gefahrgutgruppenbeschränkung),
- die Bewertung gesellschaftspolitischer Risiken,
- die Bewertung der Tunnelausrüstung (Notausgänge etc.) (vgl. Piarc (o. A.)).

Bei dessen Anwendung wird in einem F/N Diagramm das Risiko dargestellt. Dabei gibt es drei unterschiedliche Bereiche für das Risiko: