

Nachrichtlich Planfestgestellte  
Unterlage Nr. 29  
zum  
**Planfeststellungsbeschluss**  
vom 18.12.2019  
Gz. VII-1 – 61-k-04 # 2.054g  
Wiesbaden, den 19.12.2019  
Hessisches Ministerium  
für Wirtschaft, Energie, Verkehr  
und Wohnen  
im Auftrag

Vincenzi, Baudirektor



Längwitz 69 a  
D - 99310 Dornheim

Telefon +49 (0) 36 28 – 662 878 01  
Fax +49 (0) 36 28 – 662 878 09

## Gutachten zur Kategorisierung von Straßentunneln nach ADR

nach dem Schlussbericht (Oktober 2009) zum Forschungsvorhaben FE  
03.0437/2007/FRB - FE 86.0050/2008 - Verfahren zur Kategorisierung von  
Straßentunneln gemäß ADR 2007 - 1b (inkl. Stufe 1a als Anlage 1)

### OBJEKT

**Neubau der BAB A 66 Frankfurt a. M. - Hanau  
Tunnel Riederwald**

### BAUHERR, AUFTRAGGEBER:

**Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement  
KompetenzCenter Tunnel  
Eschwege**

### Index

Stand	Version	Änderungen	Projekt-Nr.
17.10.2016	Gutachten Stufe 1b, inkl. Stufe 1a (Anlage)	-	G16_023
19.09.2017	Gutachten Stufe 1b	Überarbeitung bzgl. Verkehrswerte	
07.12.2017	Gutachten Stufe 1b	Überarbeitung bzgl. Verkehrswerte	

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Allgemeines .....	3
1.2	Resümee .....	4
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
3.1	Grundlagen .....	6
3.2	Schlussbericht zum Forschungsvorhaben - Titel: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007.....	7
3.2.1	Allgemein .....	7
3.2.2	Grobbeurteilung - Stufe 1.....	8
3.2.3	Vertiefte Analyse - Stufe 2.....	9
3.3	Das modifizierte QRAM, Stufe 1b.....	10
3.3.1	Grundlagen .....	10
3.3.2	Vorgaben, Beschränkungen.....	11
3.3.3	Situationsbeschreibung .....	12
3.3.4	Zweck und Methodik .....	13
<b>4</b>	<b>Situation.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Anwendung des modifizierten QRAM, Stufe 1b.....</b>	<b>14</b>
5.1	Einführung und Grundlagen .....	14
5.2	Ausgangsdaten und Ausgangswerte.....	15
5.2.1	Tunneldaten.....	15
5.2.2	Besonderheiten, Verkehrsführung.....	15
5.2.3	Verkehrsdaten und Zuordnung Verkehrsaufkommen zum Gefahrgutaufkommen	16
5.2.3.1	Ermittlung des Verkehrsaufkommens je Zeitperiode .....	16
5.2.3.2	Ermittlung des prozentualen Schwerverkehrsanteils und des Gefahrgutanteils im Tunnel.....	16
5.2.4	Anteil der Gefahrgüter nach ADR Klassen .....	17
5.2.5	Unfalldaten.....	18
5.2.6	Personen im Tunnel .....	18
<b>6</b>	<b>Auswertung der Ergebnisse des Quantitativen Risikoanalysemodells (QRAM) .....</b>	<b>19</b>
6.1	Allgemein .....	19
6.2	Grenzwerte .....	20
6.3	Ergebnis der normierten und zusammengefassten Erwartungswerte der einzelnen Szenarien nach ihrer Wirkung .....	20
6.4	Schlussfolgerungen.....	21
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Erklärung .....</b>	<b>23</b>

## 1 Zusammenfassung

### 1.1 Allgemeines

Straßentunnel sind in der heutigen Zeit wichtige infrastrukturelle Einrichtungen, die in der Regel auch wirtschaftliche und umweltpolitische Anforderungen erfüllen.

Als umso bedeutender ist der sichere Betrieb dieser Straßentunnel einzuschätzen. Für diesen sicheren Betrieb von Straßentunneln wurden bereits durch die Einführung und Umsetzung der RABT 2006 (Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln) wesentliche Sicherheitselemente vorgegeben.

Die Bewertung von Risiken in Straßentunneln in Verbindung mit dem Transport von Gefahrgut und anderer gefährlicher Güter durch Straßentunnel wird durch die vorgenannte Richtlinie gefordert.

Aus dem Transport von gefährlichen Gütern und von mit diesen Gütern vergleichbaren Beladungen durch Straßentunnel entsteht bei der Einhaltung der für solche Transporte geltenden Sicherheitsvorschriften keine unmittelbare Gefährdung anderer Tunnelbenutzer oder des Bauwerkes. Darüber hinaus ist die Zulässigkeit von Gefahrguttransporten durch Straßenverkehrstunnel mit einer Risikoanalyse zu belegen. Aufgrund der Vorgabe durch den Auftraggeber kommt dazu das Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007 - Stufe 1b gemäß Schlussbericht zum Forschungsvorhaben FE 03.0437/2007/FRB - FE 86.0050/2008 zur Anwendung. In der Stufe 1b des Schlussberichts ist die Anwendung des Berechnungsmodells QRAM, im Weiteren modifiziertes QRAM genannt, beschrieben und definiert.

Ausgehend von einem auslösenden Ereignis (im nachfolgend verwendeten modifizierten QRAM sind dies 11 repräsentative Unfallszenarien) werden im Rahmen der Berechnung alle möglichen Zustände eines ablaufenden Systems ermittelt.

Im Ergebnis des Gutachtens, unter Anwendung des modifizierten QRAM, werden die Ergebnisse der Berechnungsabläufe für das gesellschaftliche Risiko in Form des Erwartungswertes dargestellt. Der Erwartungswert entspricht dem durch das Programm ausgegebenen EV-Wert, welcher das mathematische Ergebnis der Berechnungen als Widerspiegelung der entsprechenden F/N - Kurve in einem Wert ist. Die Risikoermittlung in dem vorliegenden Gutachten dient dem Vergleich der Risiken im betrachteten Tunnel, wiedergegeben durch den EV-Wert, mit den durch Vergleichsrechnungen entstandenen, entsprechenden Grenzwerten des Schlussberichtes.

Das Gutachten soll aufgrund der vorhandenen Eingabedaten belastbare Werte liefern, die eine Entscheidung ermöglichen, ob der Tunnel ohne Beschränkungen für die Beförderung gefährlicher Güter befahren werden kann (Tunnelkategorie A) oder ob eine vertiefte Analyse ab Stufe 2a erforderlich ist.

## 1.2 Resümee

Für die hier gegenständliche Betrachtung wurden gemäß Schlussbericht (s. o.) ausschließlich die Teile des Tunnels Riederwald im Geltungsbereich der RABT, ohne Vorfelder oder Umfahrrouten etc., als 2-röhriger Richtungsverkehrstunnel betrachtet. Im Weiteren erfolgte für die Eingabe in das verwendete Berechnungsmodell eine Einteilung in Zeitperioden\*:

- Periode 1 (P1) von 06.00-22.00 Uhr verkehrsreichere Zeitperiode
- Periode 2 (P2) von 22.00-06.00 Uhr verkehrsärmere Zeitperiode.

\*Eine differenzierte Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Einteilung in Zeitperioden ist im Verfahrensschritt Stufe 1b des angewendeten Schlussberichtes nicht vorgesehen.

Ebenso sind nicht objektspezifisch vorhandene Daten durch Angaben aus dem bereits benannten Schlussbericht zum Forschungsvorhaben ergänzt worden. Im Einzelnen sind dies die Standard-Gefahrgutzusammensetzung sowie der Gefahrgutanteil am Schwerverkehr in Deutschland.

Für die Auswertung wurden die nötigen Erwartungswerte nach Wirkungsarten (Brand, Toxizität, Druck, Druck-/Brand und alle 11 Szenarien) aufsummiert und normiert. Durch die Gegenüberstellung der Erwartungswerte mit den vorgegebenen Grenzwerten des Schlussberichtes konnte ein Vergleich (Bild 6 und Tabellen 8, 9) erfolgen.

Aufgrund der im Gutachten aufgeführten und verwendeten Eingabewerte und hinsichtlich der Anwendung des modifizierten QRAM kann die nachstehende Einstufung des Tunnels Riederwald in Abhängigkeit der vorgegebenen Verkehrswerte erfolgen.

### **Resümee Tunnel Riederwald:**

Für den Tunnel Riederwald ergibt sich keine Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte der Wirkungsarten Druck, Brand, Druck/Brand, Toxizität und die Summe aller Wirkungen des Schlussberichtes.

Es bleibt festzustellen, dass die Forderungen des Schlussberichtes hinsichtlich der Unterschreitung aller 5 Grenzwerte der Wirkungsarten für den Tunnel Riederwald erfüllt werden.

Somit ergibt sich für den Teil des Tunnels Riederwald im Geltungsbereich der RABT nach Auswertung der ermittelten Ergebnisse in der Stufe 1b des hier zur Anwendung gekommenen Verfahrens und dem Vergleich mit den anzuwendenden Grenzwerten des Schlussberichtes derzeit die Tunnelkategorie A. Eine vertiefte Analyse nach der Stufe 2 des Verfahrens wäre somit derzeit für den Tunnel Riederwald nicht erforderlich.

### Hinweis:

Es bleibt zu bemerken, dass für den Tunnel Riederwald mehrere hier zur Anwendung gekommene Grundlagen, siehe hierzu auch Tabelle 2, aus Schlussberichten zu Forschungsvorhaben stammen. Die Umsetzung des Verfahrens 1b entsprechend des bereits mehrfach genannten Schlussberichtes entspricht der Aufgabenstellung durch den Auftraggeber.

Nach Vorgabe der RABT 2006 Punkt 1.1.6.3 ist eine erneute Bewertung des Tunnels und eine Überarbeitung der vorhandenen Dokumentationen durchzuführen sobald wesentliche Veränderungen vorliegen. Zu diesen wesentlichen Veränderungen zählt u. a. eine wesentliche Änderung der Verkehrswerte.

Die letztendliche Vergabe der hier rein quantitativ ermittelten Tunnelkategorie obliegt dennoch der zuständigen Straßenverkehrsbehörde, hier auch unter Zugrundelegung weiterer, z. B. qualitativ relevanter Randbedingungen.

## 2 Aufgabenstellung

Im Rahmen unserer Tätigkeit als Sachverständige für die Erstellung von Risikoanalysen zur Beurteilung des Transportes gefährlicher Güter durch Straßentunnel wurden wir beauftragt, ein Gutachten auf Grundlage des Schlussberichtes (Oktober 2009) zum Forschungsvorhaben FE 03.0437/2007/FRB - FE 86.0050/2008 - Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007, im Weiteren Schlussbericht genannt, Stufe 1a und Stufe 1b, zum Objekt

BAB A 66 Frankfurt a. M. - Hanau

- Tunnel Riederwald

zu erstellen.

Das Gutachten bewertet die Situation des Tunnels Riederwald im Zuge der BAB A66 als Straßentunnel mit Richtungsverkehr.

Das Ziel des Gutachtens besteht zum einen in der Bewertung der Tunnel nach dem Verfahren Stufe 1a, Kenngrößenverfahren, siehe Anlage 1, und zum anderen in der Bewertung der Tunnel nach dem Verfahren Stufe 1b, hier modifiziertes QRAM genannt, des Schlussberichtes. Die Ergebnisse beider Stufen des Schlussberichtes, Stufe 1a und Stufe 1b, liefern dem Entscheidungsträger eine Grundlage für die Entscheidung hinsichtlich der Freigabe des Tunnels für die Beförderung von gefährlichen Gütern (Tunnelkategorie A) oder der Notwendigkeit einer tiefer gehenden Betrachtung nach dem Verfahren Stufe 2a desselben Schlussberichtes.

Zunächst erfolgt die Wertung des Tunnels Riederwald hinsichtlich der durch den Schlussbericht definierten Kenngrößen des Kenngrößenverfahrens (Stufe 1a des Schlussberichtes) in der Anlage 1 des Gutachtens. Bei Überschreiten einer Kenngröße des Schlussberichtes in der Stufe 1a ergibt sich sofort die Forderung nach der Anwendung der Stufe 1b des Schlussberichtes. Eine weiterführende Überprüfung der restlichen vorgegebenen Kenngrößen des Schlussberichtes in der Stufe 1a ist somit nicht mehr erforderlich.

Grundlagen für die Stufe 1b des Schlussberichtes ist das in der RABT 2006 benannte Verfahren „für eine Entscheidung über mögliche Einschränkungen von Gefahrguttransporten oder Transporten mit vergleichbaren Beladungen in Straßentunneln“, entwickelt als gemeinsames Projekt ERS2 der OECD und der PIARC (im Weiteren QRAM-PIARC genannt) in Abwandlung durch die Ergebnisse des Schlussberichtes.

Die Auswertung nach Stufe 1b erfolgt unter Heranziehung des „Expected Value“ (EV-Wert oder auch Erwartungswert) durch Vergleiche mit im modifizierten QRAM vorgegebenen fixen Grenzwerten.

Die letztendliche Beurteilung, ob und in welchem Umfang der Tunnel für den Gefahrgutverkehr geeignet ist, welche Einschränkungen notwendig werden sowie ob und in welchem Umfang bzw. in welcher Art Risikominderungsmaßnahmen notwendig werden, obliegt der zuständigen Straßenverkehrsbehörde, hier auch unter Zugrundelegung weiterer z. B. detaillierterer quantitativer Berechnungen oder qualitativ relevanter Randbedingungen.

### **3 Einleitung**

#### **3.1 Grundlagen**

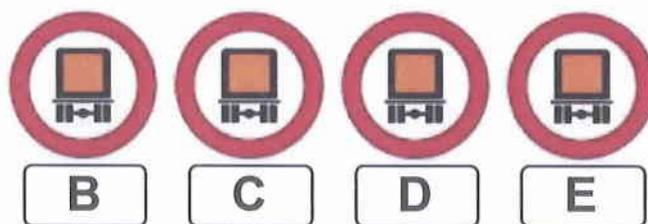
Aus dem Transport von gefährlichen Gütern und mit diesen Gütern vergleichbaren Beladungen durch Straßentunnel entsteht bei der Einhaltung der für solche Transporte geltenden Sicherheitsvorschriften keine unmittelbare Gefährdung anderer Tunnelbenutzer oder des Bauwerkes.

Bei Unfällen und bei in diesem Zusammenhang entstehenden Bränden im Tunnel können, insbesondere bei Transporten von Gütern der Gefahrgutklasse 1 (explosive Stoffe) und der Gefahrgutklasse 2 (Gase), Situationen eintreten, die von Feuerwehren nur schwer oder auch gar nicht mehr beherrscht werden können. Auch Fahrzeuge, die entzündbare flüssige Stoffe der Gefahrgutklasse 3 (z. B. Benzin) transportieren, können durch die sehr hohen Brandleistungen ihrer Beladung im Brandfall zu nicht mehr mit Hilfe der technischen Ausrüstung des Tunnels und von Einsatzdiensten beherrschbaren Ereignissen führen.

Beladungen, die vergleichbar hohe Brandleistungen besitzen und/oder zu besonders großer Rauchentwicklung neigen, aber kein Gefahrgut im Sinne der GGVSE sind, können gleich geartete Auswirkungen haben, siehe hierzu auch Punkt 3.3.2 des Gutachtens.

Die vorstehenden, der RABT 2006 entlehnten Ausführungen sind aufgrund der Aufgabenstellung nicht auf die offenen Strecken anzuwenden. Die daraus resultierenden Folgen für die offenen Strecken, z. B. in dicht besiedelten Gebieten, die Freisetzung von toxischen Gasen bzw. von Substanzen, die an der Luft in Abhängigkeit von den meteorologischen Verhältnissen toxische Gase freisetzen, sind somit nicht Gegenstand der hier geführten Betrachtung. Die Betrachtung beschränkt sich ausschließlich auf das Tunnelbauwerk.

Für das Tunnelbauwerk können gemäß ADR 2015 5 Tunnelkategorien vergeben werden. Die Kennzeichnung erfolgt mit den Buchstaben A bis E. Lediglich die Kennzeichnung B bis E muss, unter Berücksichtigung einer zusätzlich ausgewiesenen Alternativroute für die betroffenen Gefahrguttransporter, am Tunnel angebracht werden, siehe Bild 1.



**Bild 1: Kennzeichnung der Tunnelbeschränkung**

Die einzelnen Tunnelkategorien A bis E beinhalten die nachstehenden Beschränkungen.

**Tabelle 1: Tunnelkategorie nach ADR 2015**

Tunnelkategorie	Beschränkung
A	keine Beschränkung für die Beförderung gefährlicher Güter
B	Beschränkung für gefährliche Güter, die zu einer sehr großen Explosion führen können
C	Beschränkung für gefährliche Güter, die zu einer sehr großen Explosion, einer großen Explosion oder einem umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe führen können
D	Beschränkung für gefährliche Güter, die zu einer sehr großen Explosion, einer großen Explosion, einem umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe oder einem großen Brand führen können
E	Beschränkung für alle gefährlichen Güter mit Ausnahme der UN-Nummern 2919, 3291, 3331, 3359 und 3373.

## 3.2 Schlussbericht zum Forschungsvorhaben - Titel: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007

### 3.2.1 Allgemein

Unter Berücksichtigung der EG-Tunnelrichtlinie und der RABT 2006 sollte ein einheitliches Verfahren für die risikobasierte Kategorisierung von Straßentunneln in Deutschland entwickelt werden.

In diesem Zusammenhang wurde ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben, für welches seit März 2009 (Stand: Oktober 2009) ein Schlussbericht vorliegt.

Nach diesem Schlussbericht kann eine Kategorisierung gemäß ADR 2015 für Straßentunnel erfolgen.

Das im Schlussbericht vorgeschlagene Verfahren ist zweistufig aufgebaut:

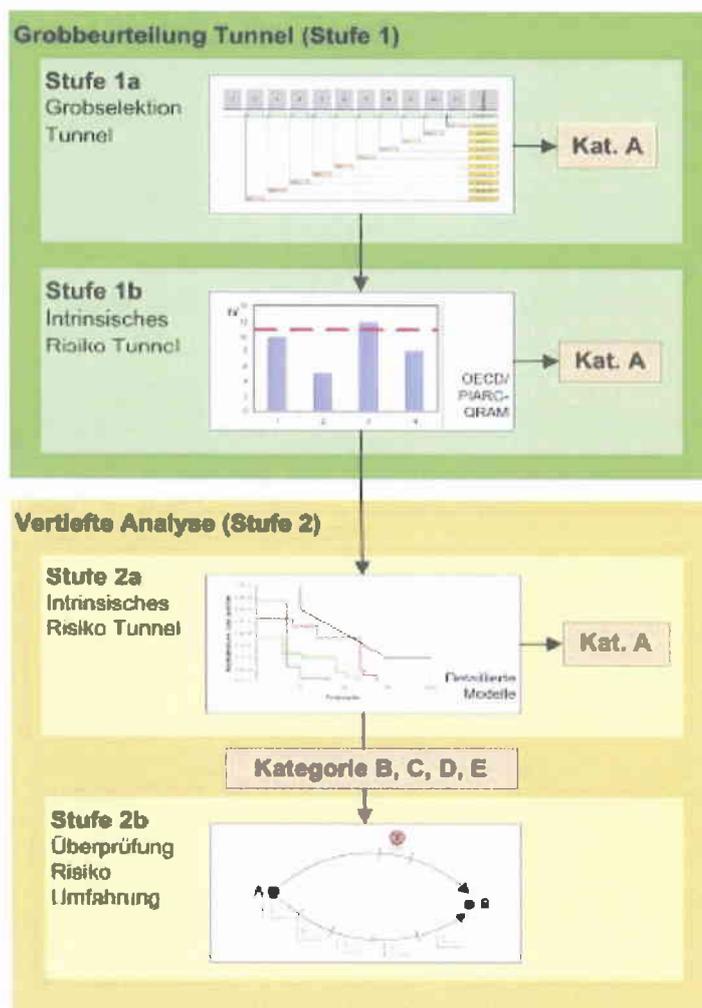
- erste Stufe (Stufe 1) Grobbeurteilung
- zweite Stufe (Stufe 2) vertiefte Analyse.

Sowohl die Grobbeurteilung als auch die vertiefte Analyse sind nochmals untergliedert in folgende Unterpunkte:

- Stufe 1a (Kenngrößenverfahren)
- Stufe 1b (modifiziertes QRAM)

- Stufe 2a (vertiefte Risikobewertung des Tunnels) und
- Stufe 2b (Risikovergleich zwischen Tunnel- und Alternativroute(n)).

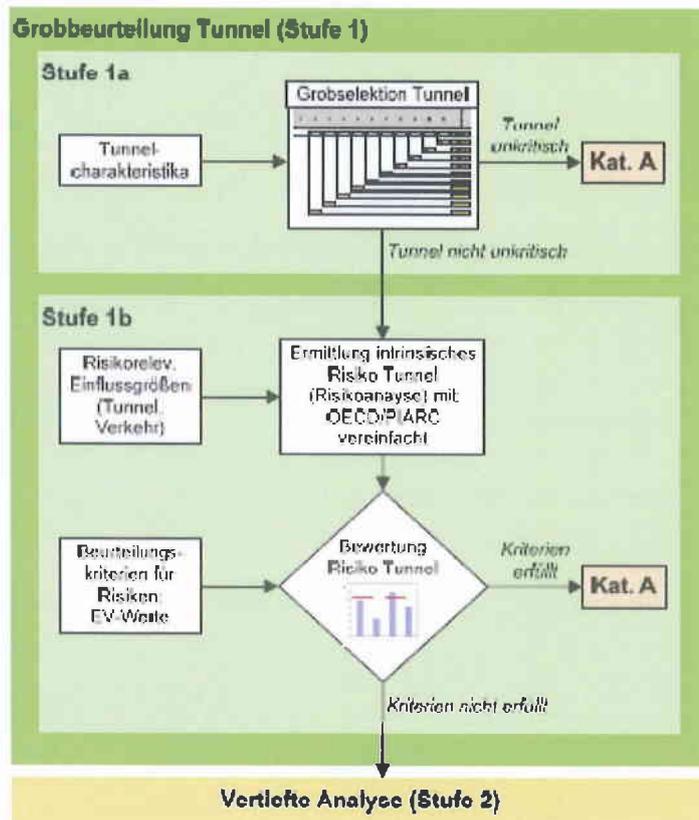
Die Stufen bauen aufeinander auf und sollen anhand des vorgegebenen Schemas abgehandelt werden (siehe Bilder 2-4).



**Bild 2: Schema - Verfahrensablauf (Schlussbericht)**

### 3.2.2 Grobbeurteilung - Stufe 1

Bei der Grobbeurteilung (Stufe 1 - siehe Bild 3) erfolgt zunächst eine Grobselektion (Stufe 1a) des Tunnels anhand verschiedener Kenngrößen, wie Tunnellänge, Längsneigung, Kurvigkeit etc. Erfolgt bei dieser Anwendung des vorgegebenen Entscheidungsbaumes eine Beurteilung mit nein oder verfügt der Tunnel nach fachtechnischer Einschätzung des Anwenders über spezifische Merkmale, deren Risikorelevanz in Stufe 1a nicht abgeschätzt werden kann, wird der Tunnel als kritisch bewertet und es erfolgt der Übergang zur nächsten Stufe des Verfahrens (Stufe 1b).



**Bild 3: detailliertes Schema - Stufe 1 (Schlussbericht)**

Die Stufe 1b sieht die Verwendung des nachfolgend beschriebenen modifizierten QRAM vor (siehe hierzu Punkt 3.3 des Gutachtens).

Nach Auswertung der hierdurch gewonnenen Ergebnisse, ausschließlich in Form normierter Erwartungswerte und Vergleich mit den im Schlussbericht festgelegten Grenzwerten, erfolgt wiederum eine Beurteilung. Sollte einer der Grenzwerte überschritten werden, sieht das Verfahren eine vertiefte Analyse nach der Stufe 2a vor (siehe Bilder 3 und 4).

### 3.2.3 Vertiefte Analyse - Stufe 2

Den ersten Schritt der vertieften Analyse bildet die Stufe 2a. Sie dient ebenfalls dazu den Tunnel in eine Tunnelkategorie einzustufen. Die Einstufung unterliegt dem nachfolgenden Verfahrensablauf (siehe Bild 4). Beginnend wird eine objekt-spezifische Quantifizierung der Risiken durch Festlegung der Leitstoffe und der Szenarien durchgeführt. Es folgt eine zusätzliche Abschätzung der Häufigkeit von Freisetzungen der Leitstoffe und eine anschließende Risikoermittlung für den entsprechenden Tunnel. Das Ergebnis der Risikoermittlung kann sowohl als Erwartungswert als auch durch ein Häufigkeits-Ausmaßdiagramm wiedergegeben werden. Die Einstufung des Tunnels wird im Folgenden durch die Auswertung mit Hilfe der durch das Verfahren vorgegebenen Vergleichsgeraden erfolgen.

Wird durch diese Auswertung eine Kategorie für den Tunnel vergeben, die nicht der Tunnelkategorie A entspricht, muss, nach Vorgabe durch den Schlussbericht,

eine zusätzliche Bewertung nach Stufe 2b erfolgen. In der Stufe 2b erfolgt der Vergleich der Risiken der Tunnelroute mit den Risiken der Alternativroute(n). Hieraus kann im weiteren Verlauf festgelegt werden, ob und in welchem Umfang Gefahrgüter durch den Tunnel oder über die entsprechende(n) Alternativroute(n) transportiert werden.

Für eine detailliertere Beschreibung der Vorgehensweise sowie Durchführung nach dem Verfahren des Schlussberichtes hinsichtlich der Stufen 1 und 2 sei an dieser Stelle ausdrücklich auf den Schlussbericht zum Forschungsvorhaben und dessen Anhang verwiesen.

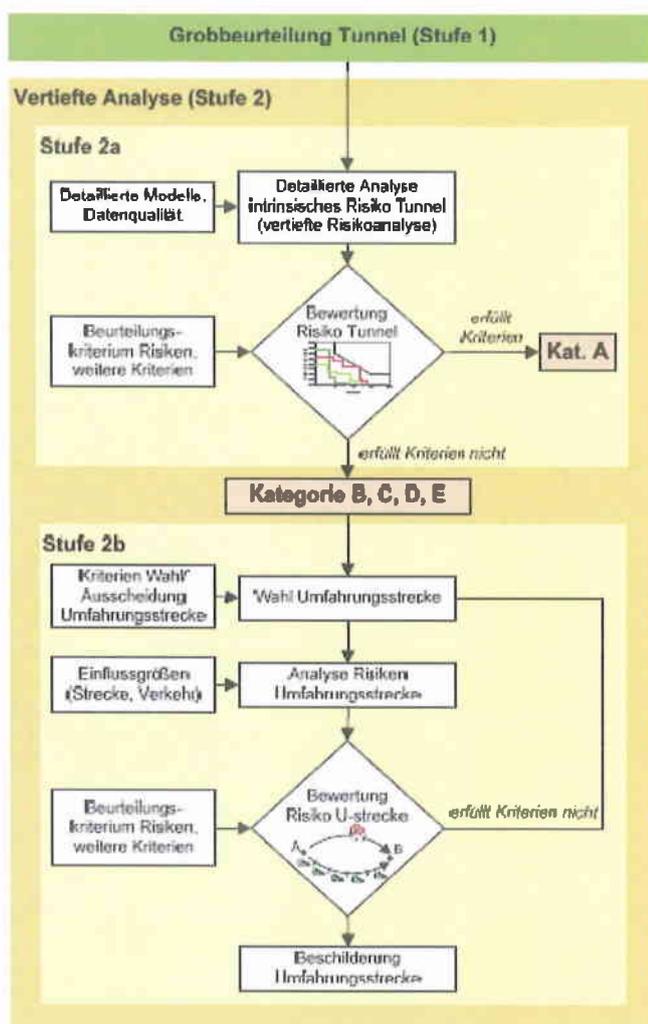


Bild 4: detailliertes Schema - Stufe 2 (Schlussbericht)

### 3.3 Das modifizierte QRAM, Stufe 1b

#### 3.3.1 Grundlagen

Durch das von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Bundesländer in Auftrag gegebene und hier zur Anwendung gekommene Forschungsvorhaben

(s.o.) ist ein Verfahren entwickelt worden, durch welches alle Straßentunnel einer Tunnelkategorie zugeordnet werden können.

Hinsichtlich des Aufwandes in der Anwendung kommt im Ergebnis ein mehrstufiges Verfahren zum Einsatz. Zusätzlich ist das in der EU weitverbreitete Modell QRAM-PIARC zwecks einer möglichen Integration in den Verfahrensablauf überprüft worden.

Das Forschungsvorhaben liegt als Schlussbericht, Stand: Oktober 2009, vor. Als Ergebnis dieser Prüfung wurde das Modell QRAM-PIARC, wie bereits beschrieben, als modifiziertes QRAM im Schritt Stufe 1b des Verfahrensablaufes integriert.

### 3.3.2 Vorgaben, Beschränkungen

Das Verfahren nach der Stufe 1b sieht vor, dass mit Hilfe der Anwendung des modifizierten QRAM lediglich die Tunnelkategorie A vergeben werden kann. Anderenfalls muss eine vertiefte Analyse ab dem Verfahrensschritt Stufe 2a erfolgen.

Es werden ausschließlich die Teile des Tunnels im Geltungsbereich der RABT, ohne Vorfelder, Umleitungsrouten etc., in die Bewertung des modifizierten QRAM einbezogen.

Mit der für das Verfahren des Schlussberichtes nötigen Modifikation wird zunächst, sofern keine streckenspezifischen Erhebungen vorliegen, die Standardgefahrgutverteilung von Deutschland für die Anwendung des modifizierten QRAM vorgeschlagen, siehe Tabelle 6 (Punkt 5.2.4). Im Weiteren können unter der Voraussetzung, dass wiederum keine streckenspezifischen Daten verfügbar sind, unter Berücksichtigung der Betriebsart und der Einflüsse von Zu-/Abfahrten, die im Schlussbericht benannten Unfallraten Verwendung finden. Analog hierzu bestehen auch Vorgaben zur Verwendung der Verkehrsdaten (siehe Punkt 5 ff. des Gutachtens). Zusätzlich erfolgt eine Beschränkung auf 11 der 13 möglichen Szenarien, welche durch das QRAM-PIARC betrachtet werden können (siehe Bild 5).

Die zwei ausgeschlossenen Szenarien beziehen sich auf Brände von mittlerer und großer Intensität. Diese werden maßgeblich durch den Schwerlastverkehr verursacht und von diesem in ihren Auswirkungen dominiert. In die Auswertung dieser Szenarien fließen, wenn auch zu einem weit geringeren Teil, Auswirkungen von Bränden aus Szenarien mit Gefahrgutbeteiligung ein. Diese beiden Szenarien stellen ein ernstes Risiko in Tunneln dar. Diese 2 Szenarien sind nicht als Gegenstand für die weitere Betrachtung und ihrer Berechnung durch das modifizierte QRAM vorgesehen.

Nach Aussage des Schlussberichtes sind für die Berechnung des Gefahrgutaufkommens wesentliche Risikogrößen in den Szenarien 3 - 13 hinterlegt und für die weitere Verwendung im modifizierten QRAM maßgeblich.

Die erhaltenen Erwartungswerte werden zu den verschiedenen, im Punkt 6 näher beschriebenen Wirkungsarten, wie Brandwirkung, Druck-/ Brandwirkung, Toxizität, Druck, und der Summe aus allen Szenarien zusammengefasst und anschließend normiert.

Der dadurch erhaltene Wert kann nunmehr für die weitere Bewertung genutzt werden.

Für eine korrekte Auswertung sind die vorgenannten und im weiteren Verlauf des Gutachtens präzisierten Vorgaben umzusetzen und in das Programm einzugeben.

Scenario #	Description	Mass concerned	Breach diameter (mm)	Release rate (kg/s)	DG Class	Danger Code	Classification code	N° ONU
1	HGV fire 20 MW (no DG)	-	-	-	-	-		
2	HGV fire 100 MW (no DG)	-	-	-	-	-		
4	Motor spirit pool fire	28 tonnes	100	20,6	3	33 & 30	F1 - II F1 - III	1203 & 1202
5	VCE of motor spirit	28 tonnes	100	20,6	3	33	F1 - II	1203
3	BLEVE of a 50kg LPG cylinder	50 kg	-	-	2	23	2F (flammable)	1965, 1978, 1011
7	BLEVE of an 18 tons LPG tank	18 tonnes	-	-	2	23	2F (flammable)	1965, 1978, 1011
8	VCE from an 18 tons LPG tank	18 tonnes	50	36	2	23	2F (flammable)	1965, 1978, 1011
9	Torch fire from an 18 tons LPG tank	18 tonnes	50	36	2	23	2F (flammable)	1965, 1978, 1011
6	Chlorine release from a 20 tons tank	20 tonnes	50	45	2	268	2TC (toxic corrosive)	1017
10	Ammonia release from an 18 tons tank	20 tonnes	50	36	2	268	2TC (toxic corrosive)	1005
11	Acrolein in bulk	25 tonnes	100	24,8	6,1	663	TF1 - I	1092
12	Acrolein in cylinder	100 litres	4	0,02	6,1	663	TF1 - I	1092
13	Liquefied CO2 in bulk	20 tonnes	-	-	2	22 (toxic aspect not taken into account)		1003, 1977

**Bild 5: Auflistung der den 13 Szenarien jeweils zugrunde liegenden Stoffe mit relevanten Eckdaten (Quelle: INERIS)**

Eine Auswertung mit Hilfe der Häufigkeits-Ausmaßdiagramme einzelner Szenarien sowie der daraus gebildeten Summenkurven von Wirkungsarten oder ferner die Betrachtung von Verletzten sind im Verfahrensschritt 1b des modifizierten QRAM explizit nicht vorgesehen.

Die Auswertung erfolgt ausschließlich unter Verwendung der durch das modifizierte QRAM ermittelten und normierten Erwartungswerte und hinsichtlich der Auswertung des gesellschaftlichen Risikos anhand der zu erwartenden Todesfälle.

### 3.3.3 Situationsbeschreibung

Das Risiko ist von zwei Komponenten gekennzeichnet:

- Auftretenswahrscheinlichkeit des Eintritts eines Ereignisses (Häufigkeit)
- Folgen (Größe der Auswirkung) beim Eintritt eines Ereignisses.

Statistische Erhebungen belegen, dass Unfälle mit Beteiligung von Gefahrguttransporten im direkten Vergleich mit allen übrigen Straßenverkehrsunfallzahlen

einen geringen prozentualen Anteil einnehmen. Jedoch können die Folgen eines derartigen Unfalls enorm sein. Zahlreiche Faktoren und Variablen beeinflussen die Wahrscheinlichkeiten und Folgen von Unfällen, die gefährliche Güter sowohl innerhalb als auch außerhalb der Tunnel einschließen.

Die Verfügbarkeit von notwendigen Eingabedaten und Computerberechnungen sind deshalb ein unentbehrliches Werkzeug für die Erarbeitung eines verlässlichen Ergebnisses. Ausgedrückt wird das Ergebnis in Form eines Häufigkeits-Ausmaßdiagramms oder in Form des dafür stehenden Erwartungswertes.

### 3.3.4 Zweck und Methodik

Das modifizierte QRAM wird als zweckmäßiges und handhabbares Mittel im Rahmen der Grobanalyse (Stufe 1b) betrachtet. Abweichend hiervon wird das Programm ohne die im Punkt 3.3.2 benannten Einschränkungen (QRAM-PIARC) mehrfach in der EU zur quantitativen Risikoermittlung genutzt, um eine Kategorisierung von Straßentunneln zu erhalten.

Im modifizierten QRAM werden folgende Details erfasst:

- Hinweise
- Unfallszenarien
- Auswertung der Unfallhäufigkeit
- Bestimmung von physischen Folgen, Bauwerks- und Umgebungsschäden
- Auswertung der Folgen auf Menschen im Tunnel.

Die Methodik beruht auf Folgendem:

- Auswahl einer Gruppe von repräsentativen Gütern/Stoffen
- Auswahl einer Gruppe von repräsentativen Unfallszenarien, die o. g. Güter/Stoffe repräsentieren
- Bestimmung der physischen Wirkungen dieser Szenarien auf Tunnelabschnitte
- Bestimmung der physiologischen Wirkungen dieser Szenarien auf die Verkehrsteilnehmer und die lokale Bevölkerung (hier: Todesopfer)
- Normierung und Summation der ermittelten Erwartungswerte entsprechend der Wirkungsarten
- Vergleich der errechneten EV-Werte mit den vorgegebenen Grenzwerten des Schlussberichtes.

## 4 Situation

Der Tunnel Riederwald (auch Riederwaldtunnel, ca. 1,1 km lang) ist ein wesentlicher Bestandteil der Bundesautobahn A 66 im nordöstlichen Stadtgebiet von Frankfurt am Main und dient künftig dem Lückenschluss zur A 661.

## 5 Grundlagen der Anwendung des modifizierten QRAM, Stufe 1b

### 5.1 Einführung und Grundlagen

Nach der Auswertung der Stufe 1a des Schlussberichtes und der dabei erfolgten Bewertung, siehe Anlage 1 des Gutachtens, erfolgt die Anwendung des modifizierten QRAM in Stufe 1b.

Nach der Eingabe aller erforderlichen Daten für den Tunnel (siehe Tabelle 2), wie:

- Verkehrsdaten (Verkehrsaufkommen und Anteil Schwerverkehr etc.)
- Unfalldaten (Gesamt- und Schwerverkehr, anteilig Gefahrgut etc.)
- Streckendaten (z. B. Bevölkerung, Fahrspuren, Länge der Strecken und der Streckenabschnitte, Bauwerks- und Lüftungsdaten des Tunnels etc.)
- technische Ausrüstungen in Tunnelanlagen (Lüftung, Früherkennung etc.),

erfolgt die Berechnung mit dem Berechnungsmodell QRAM.

Als Eingabewerte für den Tunnel Riederwald werden die durch die vorliegenden Unterlagen vorhandenen Daten genutzt. Zusätzlich erfolgte mit dem Auftraggeber eine Verifizierung einzelner Daten hinsichtlich ihres derzeit letzten Standes dieser Unterlagen.

Weitere berücksichtigte Daten:

**Tabelle 2: Quellenangaben**

Daten	Quellennachweis	Zuarbeit von
Tunnelnennungen, u. a. Geometrie, Verkehr, Lüftung, Entwässerung, Allgemeines	Sicherheitsdokumentation Tunnel Riederwald, Stand: 2017-12-07/V12; SW SVB Brandschutz - Archiv	-
Tunnelnennungen, u. a. Geometrie, Lüftung	Gutachten Tunnelöffnung V3 ~ Riederwald BAB A66, Stand: 2017-11-21/V3.1; HBI	HBI Haerter
Standard Gefahrgutverteilung für Deutschland	Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007 - Forschungsvorhaben FE 03.0437 / 2007 / FRB FE 86.0050 / 2008 Schlussbericht mit Anhang (Oktober 2009)	-
Grundlagen zur Anwendung des Berechnungsmodells QRAM	Benutzerhandbuch - Referenzhandbuch 2005	Ineris (Programmentwickler)
allgemein	Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln RABT, Ausgabe 2006, FGSV: Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit	

Das Ergebnis der einzelnen Szenarien wird jeweils als F/N Kurve (Häufigkeits-/ Ausmaßdiagramm) mit einem entsprechenden EV-Wert (Erwartungswert) ausgegeben.

Der das gesellschaftliche Risiko darstellende Erwartungswert, als mathematisch eindeutiges Ergebnis des Integrals einer F/N Kurve und entsprechend der Wirkungsarten aufsummiert und normiert, dient im Weiteren dem Vergleich mit einem entsprechend festgelegten Grenzwert aus dem Schlussbericht.

Hierbei handelt es sich um rein statistische Werte, die mit den jeweils entsprechenden Werten (z. B. Grenzwerten) zwar vergleichbar sind, jedoch als Modellwerte weder die Realität widerspiegeln noch als Vorhersagewerte verwendet werden können.

## 5.2 Ausgangsdaten und Ausgangswerte

### 5.2.1 Tunneldaten

Die verschiedenen Werte für den Tunnel Riederwald wurden durch den Auftraggeber und/oder entsprechend autorisierter Stelle zur Verfügung gestellt oder durch diese verifiziert, siehe Tabelle 3 und Tabelle 4.

**Tabelle 3: Tunneldaten - -Tunnel Riederwald**

Anzahl der Fahrspuren	3 je Fahrtrichtung (FR) + jeweils Auf- und Abfahrtspur
Längsneigung	0,5...0,6 %
Länge	Nordröhre 1025,0 m Südröhre 1095,0 m
Durchfahrtshöhe (Mittelwert)	min. 4,5 m
lichte Breite (von - bis)	Nordröhre 13 m – 16,5 m Südröhre 13 m -16,55 m
Querneigung	2,5 - 4 %
Lüftungsart	mechan. Längslüftung
Normallüftung (Gutachten Tunnellüftung)	> 1,5 m/s
Brandfalllüftung (Gutachten Tunnellüftung)	~ 2-2,5 m/s
Entwässerung (Schlitzrinne)	~ 0,03 m <sup>2</sup>
Einlauf (Bezugs)länge	1 m
Entfernung Rettungsweg (Mittelwert)	265 m
Überdeckung (Mittelwert)	-
Zeit bis zur Inbetriebnahme der Brandfalllüftung (Annahme)	60 sec.
Notfallkommunikation	Verkehrsfunk, Notruftelefon
zusätzliche Brandschutzverkleidung	nein

### 5.2.2 Besonderheiten, Verkehrsführung

Der Tunnel wird als 2-röhriger Richtungsverkehrstunnel errichtet. Je Tunnelröhre sind jeweils drei Fahrspuren in Fahrtrichtung mit Notgehwegen vorhanden. Hinzu kommen die jeweiligen Auf- bzw. Abfahrts Spuren je Tunnelröhre

Für die Einsatzdienste sind zum Erreichen der Nachbarröhre die jeweils zu beiden Seiten der Tunnel erforderlichen Mittelstreifenüberfahrten zu verwenden.

Die Zufahrt der Einsatzdienste erfolgt richtungsbezogen über die nächstgelegenen Anschlussstellen bzw. das nächstgelegene Autobahndreieck. In der Mitte des Tunnels ist weiterhin eine Überfahrt gegeben.

Weitere im hier gegenständlichen Sinne zu benennende Details sind der Sicherheitsdokumentation maßgeblich zu entnehmen.

## 5.2.3 Verkehrsdaten und Zuordnung Verkehrsaufkommen zum Gefahrgut-aufkommen

### 5.2.3.1 Ermittlung des Verkehrsaufkommens je Zeitperiode

Bei der Betrachtung des Verkehrsaufkommens wurden zwei Zeitperioden in der Berechnung zugrunde gelegt:

- Periode 1 (P1) von 06.00-22.00 Uhr verkehrsreichere Zeitperiode
- Periode 2 (P2) von 22.00-06.00 Uhr verkehrsärmere Zeitperiode.

Diese Einteilung erfolgt in Anlehnung an die Einteilung aus den Jahresberichten der automatischen Dauerzählstellen auf Bundes- und Fernstraßen und im Weiteren an die Verteilung der Verkehrsstärken aus dem Schlussbericht.

Als Datengrundlage für das Verkehrsaufkommen wurden die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrswerte (übernommen aus der aktuellen Sicherheitsdokumentation – Planfall 1a) für den Tunnel Riederwald und Angaben aus dem Schlussbericht verwendet.

Als tatsächliche durchschnittliche Geschwindigkeiten werden für Pkw 80 km/h und für Busse/Lkw 80 km/h vorgegeben. In Anbetracht der Vorgaben des Schlussberichtes kann ggf. für den Schwerverkehr (SV) eine Anpassung der Geschwindigkeit in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der durch die Längsneigung möglichen Geschwindigkeit erfolgen.

### 5.2.3.2 Ermittlung des prozentualen Schwerverkehrsanteils und des Gefahrgutanteils im Tunnel

Für die Angaben zum Schwerverkehrsaufkommen etc. werden die zur Verfügung gestellten Verkehrswerte und die Angaben aus dem Schlussbericht verwendet.

In den verwendeten Unterlagen für den Tunnel Riederwald sind die in Tabelle 4 aufgeführten Verkehrswerte ausgewiesen.

**Tabelle 4: Verkehrswerte Tunnel Riederwald**

Verkehrswerte	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV-W) in [Kfz/24h]	durchschnittliches tägliches Schwerverkehrsaufkommen [Lkw/24h] bzw. Schwerverkehrsanteil (SV)
Planfall 1a	108.800	6.300 bzw. 5,8 %

Im Schlussbericht sind für eine weitere Berechnung ein Busanteil von 5 % am SV-Anteil und ein Gefahrgutanteil von 6 % am SV-Anteil angegeben.

Aufgrund fehlender streckenspezifischer Angaben bezüglich der Bus- und Gefahrgutanteile wird für beide hier gegenständliche Tunnel im Weiteren von diesen Werten ausgegangen.

Hieraus ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten Werte für die Gefahrguttransporte je Stunde in Abhängigkeit der Zeitperiode.

**Tabelle 5: Anzahl der Gefahrgutfahrzeuge in den Zeitperioden – Tunnel Riederwald**

Verkehrswerte	Zeitperiode 1 (P1) in Gefahrguttransporte/h	Zeitperiode 2 (P2) in Gefahrguttransporte/h
Planfall 1a	11	3

#### 5.2.4 Anteil der Gefahrgüter nach ADR Klassen

Im Schlussbericht werden die nachstehenden Verteilungen der Gefahrgüter aufgelistet. Die Herleitung der verschiedenen Mittel- und Referenzwerte basiert auf Analysen aus dem Jahr 2000 und Aktualisierungen. Zusätzlich erfolgte im Rahmen einer Gefahrgutrisikoanalyse aus dem Jahre 2000 die Verwendung von statistischen Angaben aus dem Jahr 1998 zu Fahrten nach Gefahrgutklassen. Hieraus wurden hinsichtlich von Personenrisiken die folgenden maßgeblichen Gefahrgutwirkungen ermittelt und im Weiteren zugrunde gelegt:

- Brand von Flüssigkeiten
- Brand/Explosion von Gasen
- toxische Wirkung von Gasen und Flüssigkeiten
- Explosion von Feststoffen.

Im Hinblick auf die eingangs erwähnten Risiken aus den maßgeblichen Gefahrgutwirkungen stehen die Gefahrgutklassen 1, 2 und 3 im Vordergrund. Für die Gefahrgutklasse 1 wird im Schlussbericht ein prozentualer Anteil am Gefahrgutaufkommen von 1 % festgelegt, für die Gefahrgutklasse 2 ein Wert von rund 15 % und für die Gefahrgutklasse 3 der anteilmäßig größte Teil mit 68 %.

Zur Einarbeitung der vorgenannten prozentualen Anteile der Gefahrgüter in das modifizierte QRAM ist es erforderlich, eine Zuordnung der Gefahrgüter und vergleichbarer Ladungen zu den dort hinterlegten Unfallszenarien vorzunehmen. Dies ergibt die nachstehende, dem Schlussbericht entnommene Verteilung, siehe Tabelle 6 des Gutachtens.

Diese Werte fließen in die Berechnung, gemäß den im Berechnungsmodell zugrunde liegenden und in der Stufe 1b verwendeten repräsentativen Unfallszenarien, ein.

**Tabelle 6: Anteile Gefahrgut und vergleichbarer Ladungen bezogen auf die hinterlegten Szenarien (Quelle: Schlussbericht)**

Gefahrgut	Anteil
brennbare Flüssigkeiten in Tanks (Benzin, Diesel etc.)	0,2450
- Anteil brennbarer Flüssigkeiten, die zu einer Explosion führen können (VCE)	0,5000
brennbare flüssige Gase in Flaschen	0,0090
brennbare flüssige Gase in Tanks	0,0280
hochgiftige Gase in Tanks	0,0002
giftige Gase in Tanks	0,0110
giftige Flüssigkeiten in Tanks	0,0010
giftige Flüssigkeiten in Flaschen	0,0010
nicht brennbare, nicht giftige Gase in Tanks	0,0100

Für detailliertere Angaben zu den genannten Grundlagen sei an dieser Stelle auf die Ausführungen im Schlussbericht verwiesen.

### 5.2.5 Unfalldaten

Liegen keine streckenspezifischen Daten vor, können nach Aussage des Schlussberichtes die folgenden Unfallraten verwendet werden, siehe Tabelle 7 des Gutachtens. Diese Unfallraten wurden wiederum einem Bericht im Rahmen eines Forschungsvorhaben aus dem Jahr 2007 entnommen (Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln - Schlussbericht und Anhänge - FE 03.0378/2004/FRB, Stand: 2007).

**Tabelle 7: Eingangsparameter Unfallrate**

Betriebsart	Einfluss von Zu- und Abfahrten	Wert für $h_{\text{Kollision}}$
Gegenverkehrstunnel	mit Einfluss	$9,81 \times 10^{-7}$
Gegenverkehrstunnel	ohne Einfluss	$6,81 \times 10^{-7}$
Richtungsverkehrstunnel	mit Einfluss	$5,28 \times 10^{-7}$
Richtungsverkehrstunnel	ohne Einfluss	$2,28 \times 10^{-7}$

Für die Tunnel Riederwald liegen keine streckenspezifischen Unfalldaten vor, so dass im Weiteren auf die Unfallraten des Schlussberichtes zurückgegriffen werden muss.

Bei dem Tunnel Riederwald handelt es sich, wie bereits beschrieben, um einen 2-röhrigen Richtungsverkehrstunnel. Zusätzlich sind im Verlauf des Tunnels Einflüsse, wie Zu-/Abfahrten, zu verzeichnen. Somit wird für den Tunnel Riederwald eine Unfallrate von  $5,28 \times 10^{-7}$  angesetzt.

### 5.2.6 Personen im Tunnel

Die Fahrzeugbelegung wurde dem Schlussbericht entnommen und im Folgenden in der Berechnung verwendet.

Für Pkw wurde eine durchschnittliche Besetzung mit 1,5 Personen, für eine Besetzung von Fahrzeugen des Schwerverkehrs wurden 1,1 Personen und für Bus-

se 40 Personen bei der Berechnung angesetzt. Somit ist von einer über die Zeitperiode realistischen Abschätzung auszugehen.

Im Tunnel wird neben den Fahrzeuginsassen der Wert 0,01 Personen/km<sup>2</sup>, d. h. von einer Person, welche sich aufgrund von Wartungsarbeiten im Tunnel aufhalten kann, berücksichtigt.

## **6 Auswertung der Ergebnisse des Quantitativen Risikoanalysemodells (GRAM)**

### **6.1 Allgemein**

Die Auswertung erfolgt anhand des Vergleiches der ermittelten Erwartungswerte mit den durch den Schlussbericht vorgegebenen Grenzwerten.

Zunächst werden die Erwartungswerte der zugrunde liegenden Szenarien entsprechend der für den Vergleich mit den Grenzwerten notwendigen Wirkungsarten zusammengefasst. Anschließend werden diese ermittelten Erwartungswerte für den Vergleich auf 1 km Tunnellänge normiert.

Die Grenzwerte der entsprechenden Wirkungsarten sind im Punkt 6.2 des Gutachtens aufgeführt. Sie müssen zudem einzeln betrachtet werden. Jeder der Grenzwerte muss mit dem dazugehörigen ermittelten und normierten Erwartungswert verglichen werden.

Sobald einer der berechneten Erwartungswerte einer Wirkungsart über dem vorgegebenen Grenzwert dieser Wirkungsart liegt, ist nach Vorgabe durch den Schlussbericht eine vertiefte Analyse nach Stufe 2 nötig.

Die im Schlussbericht vorgegebenen Grenzwerte, siehe Tabelle 10, basieren auf der Analyse von 13 Beispieltunnel, für die im Anhang des Schlussberichtes einige, der für die Berechnung notwendigen Daten hinterlegt worden sind. Im Nachgang wurde nach Auflistung der Erwartungswerte eine normierte Grenze jeder beschriebenen Wirkungsart festgelegt, anhand derer die Bewertung zu erfolgen hat.

## 6.2 Grenzwerte

Die im Schlussbericht festgelegten Grenzwerte der einzelnen Wirkungsarten und der Grenzwert für die Summe aller 11 Szenarien sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

**Tabelle 8: Grenzwerte und Szenarien zur Bewertung des Risikos mit OECD/PIARC QRAM (Quelle: Schlussbericht)**

EV-Wert Wirkung (normiert auf 1 km Tunnellänge)	Zuordnung der OECD/PIARC QRAM - Szenarien	zulässiger EV – Vergleichswert (Erwartungswert) [Tote/a*km]
alle Wirkungen	3 - 13	$6,2 \times 10^{-3}$
Brandwirkungen	4, 5	$5,0 \times 10^{-3}$
Druck-/ Brandwirkungen	3, 7, 8, 9	$1,2 \times 10^{-3}$
Toxizität	6, 10, 11, 12	$4,0 \times 10^{-4}$
Druck	13	$1,0 \times 10^{-6}$

## 6.3 Ergebnis der normierten und zusammengefassten Erwartungswerte der einzelnen Szenarien nach ihrer Wirkung

Als Ergebnis der Berechnung durch das modifizierte QRAM stellen sich für den Tunnel Riederwald die nachfolgenden Erwartungswerte dar.

Die einzelnen Szenarien wurden entsprechend ihrer Zuordnung zu den Wirkungsarten in Tabelle 11 zusammengefasst.

**Tabelle 9: ermittelte und normierte EV – Werte (Erwartungswerte)**

EV-Wert Wirkung (normiert auf 1 km Tunnellänge)	Zuordnung der OECD/PIARC QRAM - Szenarien	zulässiger EV – Vergleichswert (Erwartungswert) [Tote/a*km]
alle Wirkungen	3 - 13	$1,8 \times 10^{-3}$
Brandwirkungen	4, 5	$1,4 \times 10^{-3}$
Druck-/ Brandwirkungen	3, 7, 8, 9	$4,6 \times 10^{-4}$
Toxizität	6, 10, 11, 12	$3,1 \times 10^{-5}$
Druck	13	0

In Bild 6 werden die ermittelten Erwartungswerte (Tabelle 9) den durch den Schlussbericht vorgegeben Grenzwerten (Tabelle 8) graphisch gegenüber gestellt.

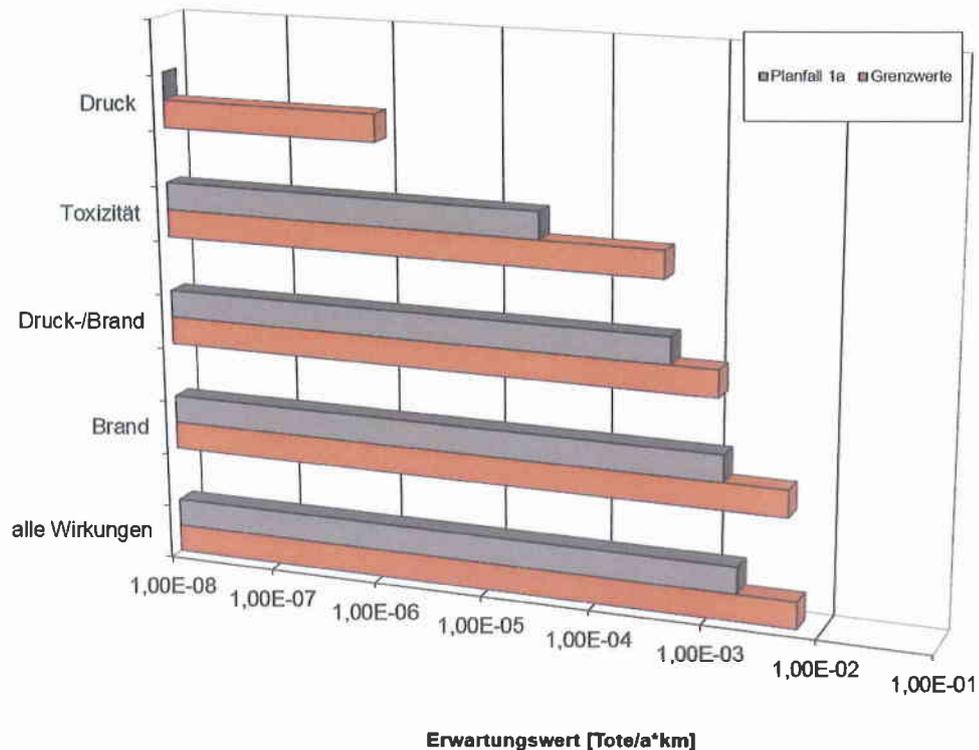


Bild 6: Tunnel Riederwald - Darstellung des Vergleiches der IST-Werte mit Grenzwerten

## 6.4 Schlussfolgerungen

Die EV-Werte der Wirkungsarten für den Tunnel Riederwald: Druck, Brand, Druck-/Brand, Toxizität und die Summe aller Wirkungen liegen, siehe Bild 6, unterhalb der durch den Schlussbericht vorgegeben Grenzwerte. Für die Wirkungsart Druck ergab sich zudem hierbei mit dem anzuwendenden Berechnungsmodell der Wert Null. Der Wert Null bedeutet, dass der im Programm festgelegte Schwellenwert von mindestens einem jährlichen Opfer für diese Wirkungsart nicht erreicht wird.

Die Forderung des Schlussberichtes, dass alle Grenzwerte der Wirkungsarten unterschritten werden müssen, wird eingehalten.

Somit ergibt sich für den Bereich des Tunnels Riederwald im Geltungsbereich der RABT nach Auswertung der ermittelten Ergebnisse und dem Vergleich mit den anzuwendenden Grenzwerten im hier anzuwendenden quantitativen Berechnungsverfahren, unter Anwendung der vorgegebenen Verkehrswerte, derzeit die Tunnelkategorie A. Eine vertiefte Analyse nach der Stufe 2a des Verfahrens wäre somit derzeit für den Tunnel Riederwald nicht erforderlich.

## 7 Abkürzungsverzeichnis

ADR	Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
AGAP	Alarm- und Gefahrenabwehrplan
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BLEVE	Explosion eines Tanks in Folge der Erhitzung darin befindlicher Flüssigkeiten
BMVBS	Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
ERS2	Forschungsbericht zum Transport gefährlicher Güter durch Straßentunnel (OECD/PIARC)
EU	Europäische Union
FR	Fahrtrichtung
GG (engl. DG)	Gefahrgut
ICE-HGS	InterCity - Hochgeschwindigkeitsstrecke
Lkw	Lastkraftwagen
MW	Megawatt
OECD	Organisation für wirtschaftliche Kooperation und Entwicklung
PIARC	Weltstraßenverband (Komitee für Straßentunnel)
Pkw	Personenkraftwagen
GRAM	Quantitatives Risikoanalysemodell
RABT 2006	Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (Ausgabe 2006)
SV (engl. HGV)	Schwerverkehr
VCE	Explosion eines Gas-Luft-Gemisches

## Erklärung

Das vorstehende Gutachten inklusive Anlage 1 wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, ist urheberrechtlich geschützt und darf nur in seinem gesamten Wortlaut einschließlich aller Anlagen für den im Auftrag bzw. in der Aufgabenstellung genannten Zweck verwendet werden.

Das Gutachten wird in 1-facher Ausfertigung (pdf) erstellt und umfasst

- 23 Seiten

sowie

- Anlage 1 mit 6 Seiten: Tunnel Riederwald - Bewertung Stufe 1a (Stand: 17.10.2016).

Eine zusätzliche Ausfertigung verbleibt im Archiv der SW Sachverständigenbüro Brandschutz GmbH & Co. KG in Dornheim.

Dornheim, 07.12.2017

Dipl.-Ing. Torsten Weise  
- Fachplaner für vorbeugenden Brandschutz –