

Bericht

A553 Rheinquerung
Tunnel Rheinspange
Gefahrgutanalyse Stufe 1 gemäß ADR V9bT



RHEINSPANGE 553

Auftraggeber

Landesbetrieb Straßenbau NRW
Deutz-Kalker-Str. 18-26
50679 Köln

19. Juli 2021

Kurztitel: ADR-Kategorisierung Stufe 1 A553 Rheinquerung – Tunnel Rheinspange Variante 9bT

Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau NRW

Vertrags-Nr.: -

Auftrags-Nr.: 16465

Erstellungsdatum: 19. Juli 2021

zuletzt gespeichert: 19. Juli 2021

Bearbeitung:

BUNG

BUNG Ingenieure AG
Zweigniederlassung Stuttgart
König-Karl-Straße 43
D-70372 Stuttgart

Tel.: +49 711 / 490 667-00

infostuttgart@bung-ag.de

www.bung-gruppe.de

Autoren

Dr.-Ing. Georg Mayer
Zweigniederlassungsleiter Stuttgart
mayer.georg@bung-ag.de

Anna Diehl, M.Sc.
Projektingenieurin Infrastrukturmanagement
diehl.anna@bung-ag.de

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| Tabellenverzeichnis | 4 |
| 1 Ausgangslage | 5 |
| 2 Aufgabenstellung | 6 |
| 3 Systemabgrenzung und Datengrundlage | 6 |
| 4 Eingangsdaten für Stufe 1a/b | 7 |
| 4.1 Tunnelgeometrie | 7 |
| 4.2 Verkehrs- und Unfalldaten | 7 |
| 4.3 Lüftungs- und sicherheitstechnische Einrichtungen | 8 |
| 5 Vorgehensweise | 9 |
| 5.1 Beurteilung nach Stufe 1a | 9 |
| 5.2 Beurteilung nach Stufe 1b | 11 |
| 6 Ergebnisse und Bewertung für Stufe 1b | 13 |
| 6.1 Schadenserwartungswerte | 13 |
| 7 Schlussfolgerungen / Fazit | 14 |
| 8 Wesentliche Parameter OECD/PIARC QRAM | 15 |
| 9 Literatur | 17 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1: | Lage des Tunnels (Quelle: Autobahn GmbH des Bundes) | 5 |
| Abbildung 2: | Ausschnitt Höhenplan Variante 9bT im Bereich des Tunnels (Quelle: Autobahn GmbH des Bundes) | 6 |
| Abbildung 3: | Querschnitt Tunnel Rheinspange | 7 |
| Abbildung 4: | Übersicht Grobbeurteilung des Tunnels (Quelle: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007) | 9 |
| Abbildung 5: | Stufe 1a - Kenngrößenverfahren (Quelle: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007) | 10 |
| Abbildung 6: | Kategorisierung gemäß Stufe 1a – Kenngrößenverfahren für den Tunnel Rheinspange | 11 |
| Abbildung 7: | Ergebnisse QRAM: Alle Wirkungen (Szenarien 3 - 13) | 14 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1: | Standard-Gefahrgutverteilung für Deutschland [BASt 2009] | 8 |
| Tabelle 2: | Szenarien des OECD/PIARC QRA-Modells | 12 |
| Tabelle 3: | Grenzwerte und Szenarien zur Bewertung des Risikos mit OECD/PIARC QRAM | 12 |
| Tabelle 4: | Vergleichende Gegenüberstellung der Grenzwerte und der Berechnungsergebnisse mit QRAM für den Tunnel Rheinspange | 13 |
| Tabelle 5: | Eingabeparameter OECD/PIARC QRAM (Teil I) | 15 |
| Tabelle 6: | Eingabeparameter OECD/PIARC QRAM (Teil II) | 16 |

1 Ausgangslage

Zur Entlastung der Friedrich-Ebert-Brücke in Bonn, der Rheinbrücke in Köln-Rodenkirchen und der gesamten Region sowie für eine verbesserte Anbindung des linksrheinischen Gebiets an den Flughafen Köln/Bonn sieht der BVWP¹ die Herstellung einer weiteren Rheinquerung vor, welche die A555 mit der A59 zwischen Köln und Bonn verbindet. Auf Basis einer Voruntersuchung wurden insgesamt 17 Linienvarianten erarbeitet, von denen für die Querung des Rheins 10 Varianten eine Brückenlösung und 7 Varianten eine Führung in Tunneln vorsehen. Im Rahmen der vertieften Variantenuntersuchung werden nun 9 der 17 Varianten detaillierter betrachtet. Darunter befinden sich die vier Tunnelvarianten V6aT, V7T, V9bT und V10T im Abschnitt zwischen Wesseling und Spich. Die Varianten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Linienführung und ihrer Anknüpfung an das Bestandsnetz. Während die Varianten V6aT und V7T dieselben Anknüpfungspunkte an die A555 und A59 haben und über eine weite Strecke derselben Linie folgen, führen die Varianten V9bT und V10T deutlich weiter südlich davon zwischen der A555 und A59. Gegenüber den Tunnelvarianten V6aT, V7T, V10T, die jeweils eine Länge von knapp 3 km aufweisen, verkürzt sich bei der Variante 9bT die Tunnellänge auf 2.440 m. Das für die Variante 9bT prognostizierte Verkehrsaufkommen liegt mit ca. 44.000 Kfz/d aber deutlich über den zu erwartenden Verkehrsbelastungen zwischen 31.800 und 40.000 Kfz/24h der anderen Varianten. Die Lage der einzelnen Varianten zwischen zeigt nachfolgende Abbildung 1.

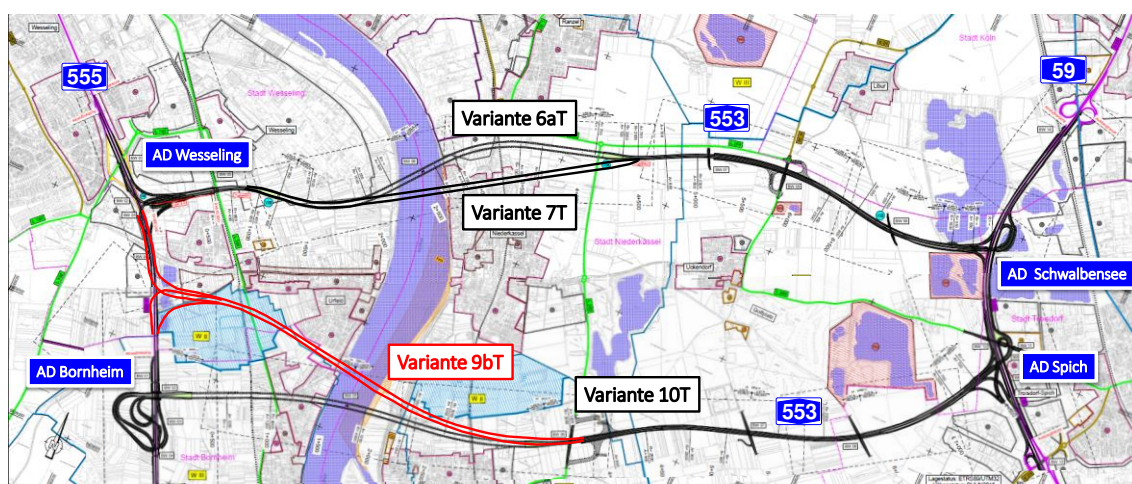


Abbildung 1: Lage des Tunnels (Quelle: Autobahn GmbH des Bundes)

Die Längsneigung innerhalb der Tunnelstrecken variiert zwischen $\pm 2,5\%$. So beträgt sie im Bereich des Westportals $-2,5\%$ in Fahrtrichtung Ost und sinkt unter dem Rhein auf einen Wert von 0% ab. Vom tiefsten Punkt steigt die Längsneigung auf $1,97\%$ bis zum Ostportal an (Abbildung 2). Entsprechend den Vorgaben in den EABT werden die Richtungsfahrbahnen in getrennten Röhren geführt (Richtungsverkehrstunnel). Da das Auffahren der Röhren mittels TBM² beabsichtigt ist, ist als Querschnitt ein RQ 31 Tr nach EABT vorzusehen. Die Ausbildung der weiteren baulichen Anlagen sowie die betriebstechnische Ausstattung erfolgt gemäß den Vorgaben der RABT 2006 bzw. EABT-80/100. Der Abstand der Notausgänge beträgt danach 300 m und als Lüftungssystem kommt eine mechanische Längslüftung mit Strahlventilatoren zum Einsatz.

¹ BVWP - Bundesverkehrswegeplan

² TBM - Tunnelbohrmaschine

- Verkehrsbelastung (DTV)
- Tunnelquerschnitt

Ausgehend davon werden nachfolgend die wesentlichen Eingabeparameter, die in die Berechnung einfließen, beschrieben und auch im Kapitel 8 zusammenfassend dargestellt.

4 Eingangsdaten für Stufe 1a/b

4.1 Tunnelgeometrie

Der Tunnel Rheinquerung der Rheinspange A533 wird derzeit als maschinell hergestellter Unterwassertunnel mit einem Querschnitt 31 Tr geplant.

Die beiden Richtungsfahrbahnen bestehen in der Tunnelinnenstrecke aus 2 Fahrstreifen, 1 kombinierten Notgehweg mit Seitenstreifen und 1 Notgehweg (siehe Abbildung 3).

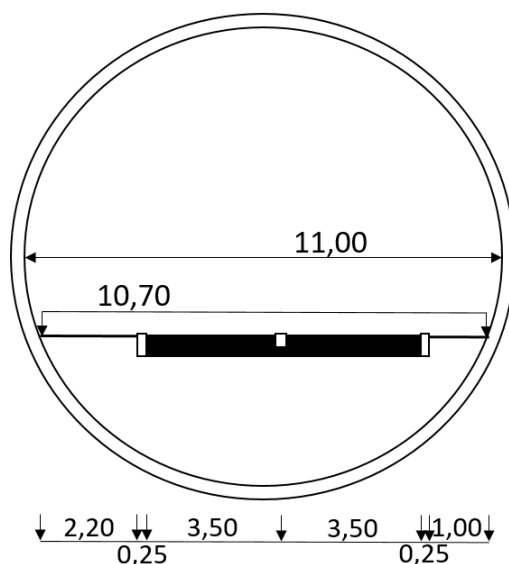


Abbildung 3: Querschnitt Tunnel Rheinspange

Die Fahrstreifenbreiten orientieren sich an den Vorgaben der RAA 2008 für einen Regelquerschnitt RQ 31 Tr nach EABT-80/100. Danach sind Fahrstreifen mit einer Breite von 3,50 m und Randstreifen mit einer Breite von 0,25 m auszubilden. Der kombinierte Notgehweg mit Seitenstreifen ist mit 2,20 m Breite und der Notgehweg mit 1,0 m Breite vorgesehen.

Die Gradiente des Tunnels Rheinspange ist durch ihre Wannenförmigkeit, bedingt durch die Unterquerung des Rheins, gekennzeichnet. Die Längsneigungen variieren zwischen $\pm 2,5\%$.

4.2 Verkehrs- und Unfalldaten

Als durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen (DTV) werden für die Tunnelvariante 9bT 43900 Kfz/d mit einem Lkw-Anteil von 6,83% angenommen. Angaben zum Aufkommen von Gefahrguttransporten sind nicht verfügbar.

Es liegen bisher keine weiteren Verkehrsdaten vor. Daher wurden für die weiteren Berechnungen Standardwerte aus ADR 2007 verwendet.

Für die weiteren Berechnungen wurden zwei Zeitperioden definiert:

- „quiet“: 21.00 – 06.00 Uhr
- „normal“: 6.00 – 21.00 Uhr

Da weder aktuelle streckenspezifische Erkenntnisse über den aktuellen Gefahrgutanteil am Schwerverkehr und die Zusammensetzung, noch Prognosewerte für die Linienführung 9aT vorliegen, wird der Standardwert von 6 % für den Anteil gemäß [BASt 2009] verwendet.

Für den Busanteil wurden 5 % des Schwerverkehrsaufkommens angesetzt. Dies entspricht ebenfalls dem Grundwert gemäß [BASt 2009].

Die zulässige Geschwindigkeit soll im Bereich der Tunnelstrecke auf 100 km/h begrenzt werden.

Für die Verteilung der Gefahrguttransporte werden die Werte der nachfolgenden Tabelle 1 berücksichtigt.

| Gefahrgut | Anteil |
|---|---------------|
| Anteil aller brennbaren Flüssigkeiten (Tanktransporte) - z. B. Benzin, Diesel, etc. | 0,2450 |
| <i>davon: Anteil leicht entflammbarer brennbaren Flüssigkeiten (Tanktransport) - z. B. Benzin, etc.</i> | <i>0,5000</i> |
| Anteil brennbarer Gase (Tanktransport) - z. B. Propan etc. | 0,0280 |
| Anteil brennbarer Gase (Flaschen) - z. B. Propan etc. | 0,0090 |
| Anteil hochgiftiger Gase, Chlortransporte in großvolumigen Tanks (20 t) | 0,0002 |
| Anteil giftiger Gase (Tanktransport) - z. B. Ammoniak, etc. | 0,0110 |
| Anteil giftiger Flüssigkeiten (Tanktransport) - z. B. Acrolein, etc. | 0,0010 |
| Anteil giftiger Flüssigkeiten (Flaschen) - z. B. Acrolein, etc. | 0,0010 |
| Anteil nicht brennbarer Druckbehälter (Flaschen) - z. B. CO ₂ , etc. | 0,0100 |

Tabelle 1: Standard-Gefahrgutverteilung für Deutschland [BASt 2009]

Unfalldaten für den neuen Streckenabschnitt sind nicht vorhanden. Es werden daher die im Verfahren zur ADR-Kategorisierung genannten Grundwerte für einen Richtungsverkehrstunnel ohne Ein- und Ausfahrten berücksichtigt. Die Unfallrate wird demnach mit $2,28 \times 10^{-7}$ 1/Kfz-km abgeschätzt. Damit sind im Tunnel Rheinspange statistisch etwa 9 Unfälle pro Jahr zu erwarten.

4.3 Lüftungs- und sicherheitstechnische Einrichtungen

Zur Belüftung des Tunnels ist ein Längslüftungssystem mit Strahlventilatoren vorgesehen. Im Rahmen der Lüftungsvordimensionierung⁵ sind 8 Ventilatoren in 4 Gruppen à 2 Ventilatoren konzipiert.

Für den Tunnel Rheinspange sind alle sicherheitstechnischen Einrichtungen nach RABT 2006 bzw. EABT-80/100 vorgesehen. Dazu gehören u. a. Notrufstationen, Videoüberwachung, Lautsprecheinrichtungen sowie eine Brandmeldeanlage über Linienmelder.

Der maximale Notausgangsabstand beträgt 300 m.

⁵ BUNG: Vordimensionierung der Lüftung zur A553 Rheinquerung

5 Vorgehensweise

Das Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007 sieht in der ersten Stufe eine Grobbeurteilung des Tunnels vor, mit dem Ziel, die Entscheidung zu treffen, ob Gefahrguttransporte uneingeschränkt durch den Tunnel zugelassen werden oder ob eine vertiefte Analyse gemäß Stufe 2 zur Beurteilung erforderlich ist.

Die Grobbeurteilung setzt sich aus der Stufe 1a (reines Kenngrößenverfahren) und der Stufe 1b (risikobasierte, quantitative Entscheidungsgrundlage auf Basis eines Berechnungsverfahrens) zusammen. In Abbildung 4 ist der Ablauf der Grobbeurteilung dargestellt.

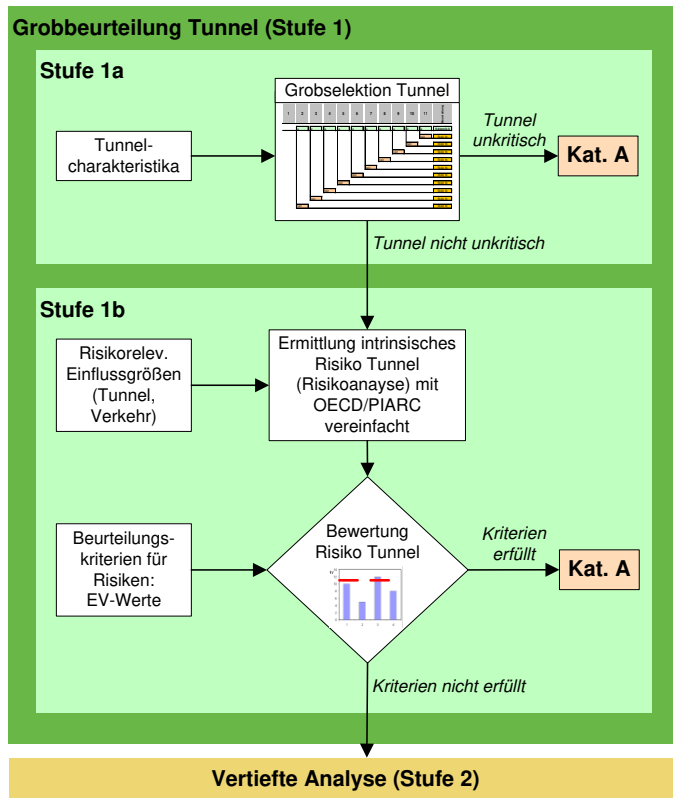


Abbildung 4: Übersicht Grobbeurteilung des Tunnels (Quelle: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007)

5.1 Beurteilung nach Stufe 1a

In der **Stufe 1a** des Verfahrens wird mit Hilfe einer Kenngrößenbetrachtung ein Tunnel durch eine Grobselektion überprüft. Hierbei werden die in Abbildung 5 dargestellten Ausschlusskriterien über einen Entscheidungsbaum überprüft.

Eine Beschränkung der Tunnel für Gefahrguttransporte ist nicht erforderlich, wenn ausnahmslos alle Anforderungen erfüllt sind.

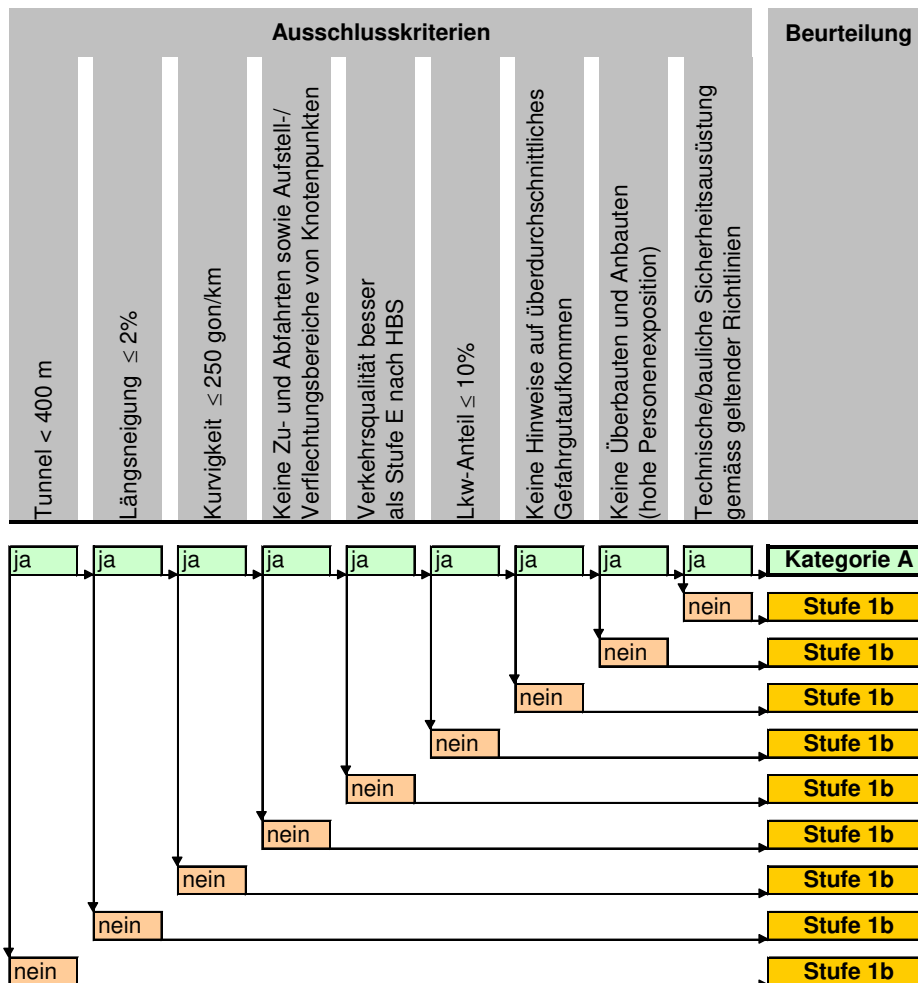


Abbildung 5: Stufe 1a - Kenngrößenverfahren (Quelle: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007)

Aufgrund des frühen Planungsstadiums sind einige Parameter noch nicht abschließend festgelegt, allerdings kann bereits zu diesem Zeitpunkt festgestellt werden, dass der Tunnel Rheinspange nicht alle Anforderungen der Stufe 1a erfüllt, da:

- die Länge des Tunnels mehr als 400 m beträgt
- die Gradienten 2 % übersteigt.

Auf die Prüfung der weiteren Kriterien kann damit verzichtet werden.

Ergebnis:

Den Tunnel der Verfahrensstufe 1b zu unterziehen, siehe Abbildung 6.

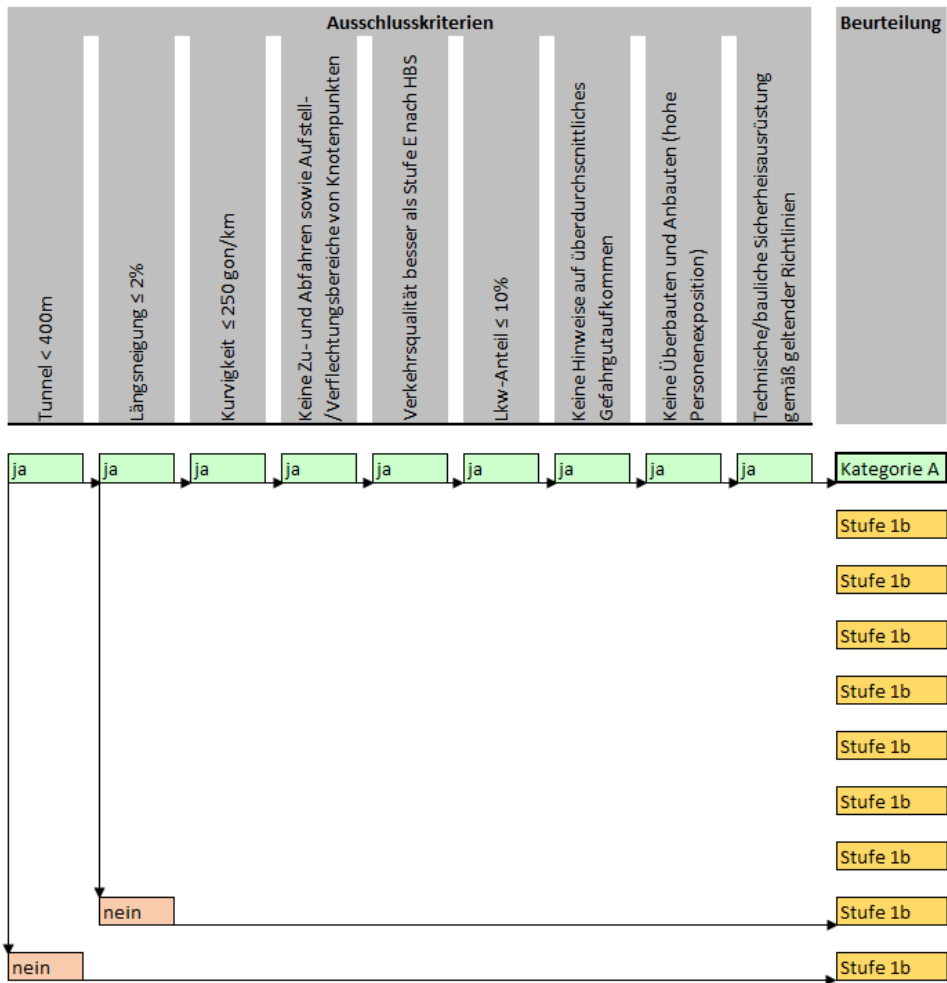


Abbildung 6: Kategorisierung gemäß Stufe 1a – Kenngrößenverfahren für den Tunnel Rheinspange

5.2 Beurteilung nach Stufe 1b

In der **Stufe 1b** des Verfahrens wird das intrinsische Risiko des Tunnels Rheinspange aus dem Transport gefährlicher Güter für den jeweiligen Tunnel anhand der kommerziellen Software QRAM der OECD/PIARC quantitativ ermittelt. Hierzu sind zunächst tunnelspezifische Daten zur Tunnelinfrastruktur (Geometrie), zu den Lüftungs- und sicherheitstechnischen Einrichtungen sowie zum Verkehr einzugeben.

Mit Hilfe des QRAM-Modells können standardmäßig für die in nachfolgender Tabelle 2 aufgeführten Szenarien (davon elf Gefahrgutszenarien) die resultierenden Risiken ermittelt werden.

| Nr. | Szenario |
|-----|---|
| 1 | Brand eines Schwerverkehrsfahrzeugs, 20 MW |
| 2 | Brand eines Schwerverkehrsfahrzeugs, 100 MW |
| 3 | BLEVE einer 50 kg-Propangasflasche |
| 4 | Lachenbrand von 28 t freigesetztem Treibstoff |
| 5 | Gaswolkenexplosion freigesetzter Treibstoffdämpfe, Freisetzung 28 t |
| 6 | Austreten giftiger Gase aus einem Chlortank (20 t) |
| 7 | BLEVE von 18 t Propangastank |
| 8 | Gaswolkenexplosion von ausgetretenem Propan aus 18 t Gastank |
| 9 | Freistrahbrand von unter Druck austretendem Propan aus 18 t Gastank |
| 10 | Freisetzung von 18 t Ammoniak aus einem Tank |
| 11 | Freisetzung von Acrolein aus einem 25 t Tank |
| 12 | Freisetzung von Acrolein 100 l aus Flaschen |
| 13 | Druckwirkung einer Gasexplosion von 20 t verflüssigtem CO ₂ („kalter BLEVE“) |

Tabelle 2: Szenarien des OECD/PIARC QRA-Modells

Nach Abschluss der Berechnungen durch QRAM werden die ermittelten Daten ausgewertet und in Form von Tabellen und Diagrammen separat für die folgenden Szenarien aufbereitet:

- Alle Wirkungen
- Brand
- Druck/Brand
- Giftige Gase
- Reine Druckwirkung.

Maßgebender Schadensindikator für die Risikoberechnung ist die Anzahl der getöteten Tunnelnutzer sowie getöteter Personen im Portalbereich. Im Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gem. ADR 2007 sind Schwellenwerte für die mit dem Modell ermittelten Schadenserwartungswerte (kollektive Risiken) definiert, bei deren Unterschreitung auf eine weitere Untersuchung des Tunnels verzichtet werden kann und eine Beschränkung von Gefahrguttransporten nicht erforderlich ist.

Die zugehörigen Grenzwerte enthält Tabelle 3. Wird kein Vergleichswert überschritten, kann einem Tunnel die Kategorie A gemäß ADR 2007 zugeordnet werden.

| EV-Wert Wirkung (normiert auf 1 km) | Zuordnung der OECD/PIARC QRAM-Szenarien | zulässiger EV-Vergleichswert (Schadenserwartungswert) [Getötete /a·km] |
|-------------------------------------|---|--|
| Alle Wirkungen | 3 bis 13 | $6,2 \times 10^{-3}$ |
| Brandwirkung | 4, 5 | $5,0 \times 10^{-3}$ |
| Druck-/Brandwirkung | 3,7, 8, 9 | $1,2 \times 10^{-3}$ |
| Toxizität | 6, 10, 11, 12 | $4,0 \times 10^{-4}$ |
| Druck | 13 | $1,0 \times 10^{-6}$ |

Tabelle 3: Grenzwerte und Szenarien zur Bewertung des Risikos mit OECD/PIARC QRAM

Die Szenarien 1 und 2 werden dabei nicht berücksichtigt, weil sie keine Gefahrgutfreisetzung beinhalten.

6 Ergebnisse und Bewertung für Stufe 1b

Gemäß [BASt 2009] werden als Bewertungskriterium bei der Anwendung des OECD/PIARC-Modells QRAM Schadenserwartungswerte (EV-Werte) verwendet.

Um die typischen Gefahrgutrisiken bewerten zu können, reicht hierbei der Vergleich mit dem Gesamtschadenserwartungswert alleine nicht. Dieser wird i. d. R. durch die relativ häufigen Szenarien mit geringem Schadensausmaß dominiert. Um auch seltene Ereignisse, die zu einem hohen Schadensausmaß führen, angemessen berücksichtigen zu können, werden zusätzlich zur Gesamtwirkung („alle Wirkungen“) auch die folgenden vier Wirkungen bewertet:

- Brandwirkung
- Druck-/Brandwirkung
- Toxizität
- Druck.

Die mit Hilfe von QRAM ermittelten Schadenserwartungswerte der einzelnen Szenarien werden dazu hinsichtlich ihrer Wirkung aufaddiert, normiert und mit dem zulässigen Grenzwert verglichen.

6.1 Schadenserwartungswerte

Die Berechnung der Schadenserwartungswerte erfolgt unter Berücksichtigung des Regelbetriebs (Richtungsverkehr) und der Zulässigkeit von Gefahrguttransporten über 24 Stunden für einen Gefahrgutanteil von 6 % am Schwerverkehrsaufkommen. Zur vergleichenden Gegenüberstellung mit den zulässigen Grenzwerten sind sämtliche Schadenserwartungswerte auf 1 km Tunnellänge zu normieren.

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die mit QRAM ermittelten Schadenserwartungswerte den zulässigen Schadenserwartungswerten (EV-Vergleichswerten) gegenübergestellt. Die zulässigen Schadenserwartungswerte werden nicht überschritten.

| EV-Wert Wirkung (normiert auf 1 km) | Zuordnung der OECD/PIARC GRAM-Szenarien | zulässiger EV-Vergleichs- wert (Schadenerwartungswert) [Getötete/a·km] | Tunnel Rheinspange EV-Wert (Schadenerwartungs- wert) [Getötete/a·km] |
|--|---|---|--|
| Alle Wirkungen | 3 bis 13 | $6,20 \times 10^{-3}$ | $3,49 \times 10^{-3}$ |
| Brandwirkung | 4, 5 | $5,00 \times 10^{-3}$ | $2,94 \times 10^{-3}$ |
| Druck-/Brandwirkung | 3, 7, 8, 9 | $1,20 \times 10^{-3}$ | $5,35 \times 10^{-4}$ |
| Toxizität | 6, 10, 11, 12 | $4,00 \times 10^{-4}$ | $2,40 \times 10^{-5}$ |
| Druck | 13 | $1,00 \times 10^{-6}$ | $3,12 \times 10^{-7}$ |

Tabelle 4: Vergleichende Gegenüberstellung der Grenzwerte und der Berechnungsergebnisse mit QRAM für den Tunnel Rheinspange

In der nachfolgenden Abbildung 7 sind die Ergebnisse der QRAM-Berechnungen in einem fN-Summendiagramm für die Untersuchungsszenarien 3 - 13 als Überlagerung aller Wirkungen grafisch dargestellt. Danach sind für Gefahrgutszenarien bis zu 47 Getötete zu erwarten.

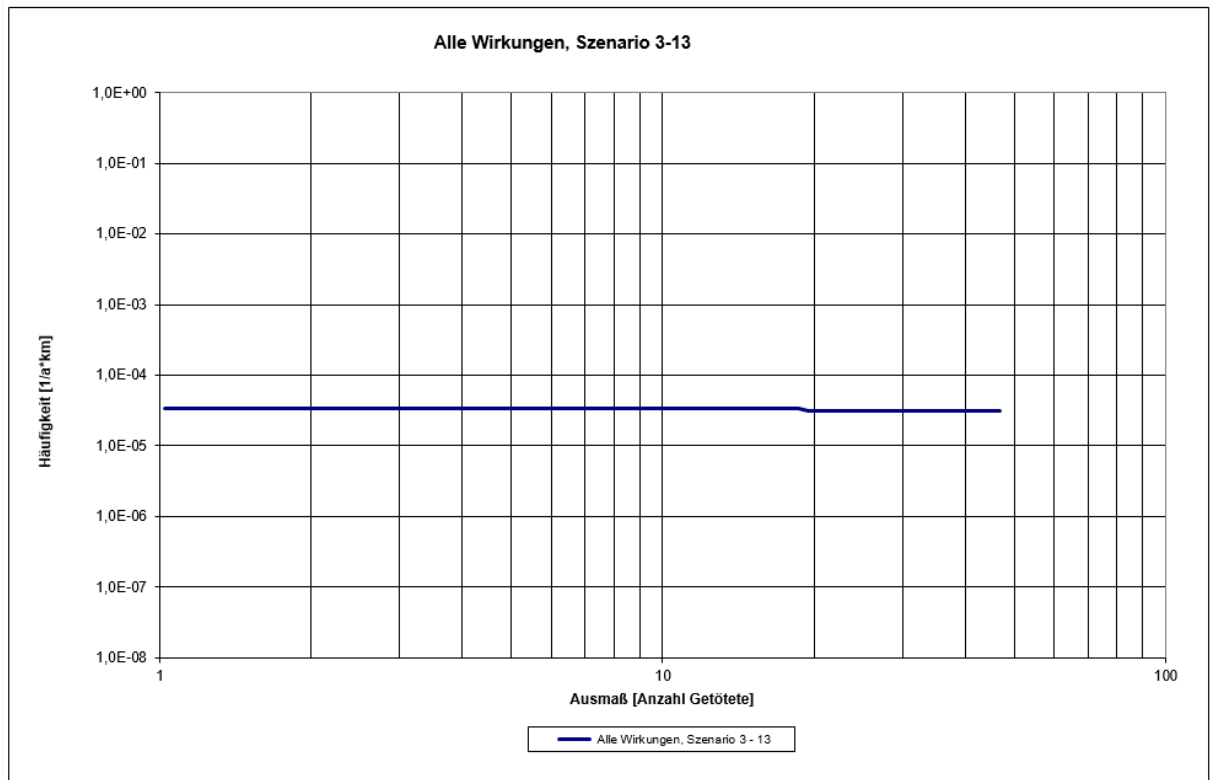


Abbildung 7: Ergebnisse QRAM: Alle Wirkungen (Szenarien 3 - 13)

7 Schlussfolgerungen / Fazit

Für den Tunnel Rheinspange wurde die Zulässigkeit von Gefahrguttransporten nach Stufe 1 des Verfahrens zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007 [BASt 2009] ermittelt. Dabei wurde mittels einer Grobbeurteilung in zwei Schritten der Tunnel dahingehend überprüft, ob dieser für sämtliche Gefahrguttransporte freigegeben werden kann.

Zunächst wurde für den Tunnel Rheinspange mit Hilfe eines Kenngrößenverfahrens eine Grobselektion (Stufe 1a) durchgeführt, welche die anschließende Ermittlung des intrinsischen Risikos (Stufe 1b) erforderte.

Die Risikoermittlung erfolgte hierbei mittels des OECD/PIARC-Modells QRAM. Die ermittelten normierten Schadenserwartungswerte (kollektive Risiken) liegen sowohl für die Gesamtheit aller Wirkungen als auch bei den weiteren Wirkungsgruppen unterhalb der Schwellenwerte gemäß [BASt 2009].

Dem Tunnel Rheinspange kann somit auf Grundlage der berücksichtigten Randbedingungen für die Variante 9bT die Gefahrgutkategorie A nach ADR zugeordnet werden.

8 Wesentliche Parameter OECD/PIARC QRAM

| Parameter des Tunnels | Wert |
|--|----------------------------------|
| Verkehrsart | Richtungsverkehr (RV) |
| Tunnellänge | 2.440 m |
| Fahrstreifen je Richtung | 2 |
| Seitenstreifen | Ja |
| Zu- und Abfahrten | Keine |
| Querneigung | Bis zu 2,5 % |
| Längsneigung | Bis zu 2,5 % |
| Effektive Querschnittsbreite | 11m |
| Querschnittsfläche | 61,36 m ² |
| Schlitzrinnenfläche | 0,06 m ² |
| Abschottung Schlitzrinne | Alle 50 m |
| DTV-w (Prognose) | 43.900 Kfz/24h |
| SV-Anteil gesamt (Prognose) | 6,83 % |
| Videoüberwachung | keine |
| Zeitperiode Tag (normal) | 6:00 – 21:00 Uhr |
| Zeitperiode Nacht (quiet) | 21:00 – 06:00 Uhr |
| Busanteil am SV-Verkehr | 5 % |
| Gefahrgutanteil am SV-Verkehr | 6 % |
| Gefahrguttransporte Tag (normal) | 4,87 GG-Fz/h |
| Gefahrguttransporte Nacht (quiet) | 1,87 GG-Fz/h |
| Verkehrsstärke pro h Tag | 1189 Kfz/h |
| Verkehrsstärke pro Stunde Nacht | 457 Kfz/h |
| Personenbesetzungsgrad Pkw | 1,5 |
| Personenbesetzungsgrad Lkw | 1,1 |
| Personenbesetzungsgrad Bus | 40 |
| Unfallrate GG-Transporte | 2,28 x 10 ⁻⁷ 1/Kfz-km |
| Korrekturfaktor Unfallrate für GG-Transporte | 1 |

Tabelle 5: Eingabeparameter OECD/PIARC QRAM (Teil I)

| Parameter des Tunnels | Wert |
|---------------------------------------|---|
| Zulässige Geschwindigkeit | 100 km/h |
| Geschwindigkeit Pkw | 100 km/h |
| Geschwindigkeit Lkw | 80 km/h |
| Fluchtaufforderung durch Lautsprecher | Ja |
| Einsprechen in Radio | Ja |
| Tunnelsperrung | Ja |
| Lüftungssystem | Längsventilation mit Strahlventilatoren |
| Mittlerer Notausgangsabstand | 300 m |
| Bauweise | TBM |

Tabelle 6: Eingabeparameter OECD/PIARC QRAM (Teil II)

9 Literatur

| | |
|-------------------|--|
| ADR 2007 | Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, 1. Januar 2007 |
| BAST 2009 | Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007 (FE 03.0437/2007/FRB; FE 86.0050/2008), Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), Schlussbericht, Oktober 2009 |
| EABT-80/100 | Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, FGSV (Hrsg.): Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h, Ausgabe 2019 |
| EG 2004 | Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz |
| QRAM Manual | Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels, Quantitative Risk Assessment Model (v. 3.60 and v. 3.61), Reference Manual, INERIS, 01.08.2005 |
| QRAM User's Guide | Transport of Dangerous goods through Road Tunnels, Quantitative Risk Assessment Model (v. 3.60 and v. 3.61), User's Guide, INERIS, 01.12.2005 |
| RAA (2008) | Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Autobahnen. Technische Regelwerke, Köln, 2008 |
| RABT 2006 | Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, FGSV (Hrsg.): Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, 2006 |