
B 244 Ortsumgehung Wernigerode

Tunnel Wernigerode Vorplanung (LPh 2)

Kategorisierungsberechnung ADR 2007 - Tunnelbauwerk -

Auftraggeber: Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt

PROJIS-Nr.: 15009950 00

Ersteller: ZPP Ingenieure

Datum: 01.08.2022

ZPP INGENIEURE

Zusammenfassung

Bei der Anwendung von Beschränkungen für die Durchfahrt von Fahrzeugen mit gefährlichen Gütern durch Tunnel muss die zuständige Behörde den Straßentunnel einer festgelegten Tunnelkategorie zuordnen. Dabei sind die Tunneleigenschaften, die Risikoeinschätzung, einschließlich der Verfügbarkeit und Eignung alternativer Strecken und Verkehrsträger, und Überlegungen zur Verkehrslenkung zu berücksichtigen. Derselbe Tunnel darf mehreren Tunnelkategorien zugeordnet sein, z.B. in Abhängigkeit von der Uhrzeit oder dem Wochentag.

Für den Tunnel Wernigerode i.Z.d. B244 wurde eine entsprechende Kategorisierungsrechnung nach dem *Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007*¹ durchgeführt. Unter Berücksichtigung der prognostizierten Verkehrsstärken ergibt die Berechnung nach Stufe 1b mittels QRAM 4.04, dass für den Tunnel **die Vergleichswerte des Schlussberichtes weit unterschritten werden. Das Bauwerk kann daher in Kategorie A eingestuft werden.** Gefahrguttransporte durch den Tunnel unterliegen damit keinen Beschränkungen.

Ggf. sollten vor dem Tunnel Verkehrszeichen 273 *Abstand halten* mit Zusatzzeichen *auch bei Stau* angeordnet werden, damit LKW den auf Autobahnen vorgeschriebenen Abstand von 50 m auch auf dieser Bundesstraße einhalten müssen. Die Landesstraßenbaubehörde reicht dazu einen entsprechenden M-/B-Plan mit der Bitte um Anordnung beim zuständigen Straßenverkehrsamt des Landkreises Harz ein.

¹Baltzer2009.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Aktueller Stand der Fortschreibung	10
2	Aufgabenstellung	11
3	Grundlagen	13
3.1	Allgemeines	13
3.2	Vorgehensweise bei der Kategorisierung	14
3.3	Verfahren Stufe 1	16
3.3.1	Verfahren Stufe 1a	16
3.3.2	Verfahren Stufe 1b [QRAM]	16
3.4	Verfahren Stufe 2	17
4	Berechnung nach Stufe 1 für den Tunnel Wernigerode	19
4.1	Allgemein	19
4.2	Objektdaten	22
4.2.1	Bauwerk	22
4.2.2	Verkehrsbelastung	24
4.3	Grobanalyse nach Stufe 1a	26
4.4	Analyse nach Stufe 1b	27
4.4.1	Grundlagen	27
4.4.2	Eingabeparameter Bauwerk	28
4.4.3	Verkehrsführung und Besonderheiten	29
4.4.4	Eingabeparameter Verkehrsdaten	29
4.4.5	Lüftung	33
4.4.6	Sonstiges	33
5	Berechnungsergebnisse	34
5.1	Allgemein	34

5.2	Ergebnis der normierten und zusammengefassten Erwartungswerte	35
6	Ergebnis der Analyse	37
7	Verzeichnis der Abkürzungen	38
A	Eingabedaten für das Bauwerk	40
B	Verkehrsstärke	42
C	Ein- und Ausgabe QRAM	44
	Versionskontrolle	56

Abbildungsverzeichnis

1.1	neueTrasse	10
3.1	Verfahrensablauf gem. Schlussbericht	15
4.1	Übersichtskarte Wernigerode (Erstellt aus Open Street Map)	20
4.2	Karte Wernigerode (Erstellt aus Open Street Map)	20
4.3	Voruntersuchung zur OU Wernigerode (Quelle: IBV, Halle)	21
4.4	Querschnitt, Bereich geschlossene Bauweise; Quelle: Vorentwurf Stand Dez. 2018	23
4.5	Diagramm Stufe 1a	26

Tabellenverzeichnis

1.1	Gefährliche Güter nach ADR	8
1.2	Tunnelkategorien nach ADR 2007	8
4.1	Quellenangaben	27
4.2	Ausgangsdaten	29
4.3	Parameter Verkehr	30
4.4	Anteile Gefahrgut und vergleichbarer Ladungen bezogen auf die hinterleg- ten Szenarien (Quelle: Schlussbericht)	32
4.5	Unfallraten $[1/(Fz \cdot km)]$, Quelle Schlussbericht	32
5.1	Vergleichswerte und Szenarien zur Bewertung des Risikos mit OECD/PIARC GRAM (Quelle: Schlussbericht)	35
5.2	Einzelwerte der Szenarien	36
5.3	Erwartungswerte der zusammengefassten Szenarien	36

K a p i t e l 1

Einleitung

Die ADR¹-Tunnelregelung² sieht unter Umständen Beschränkungen für die Durchfahrt von Fahrzeugen mit gefährlichen Gütern (s. Tabelle 1.1 auf der nächsten Seite) vor. Danach hat die zuständige Behörde des ADR-Vertragsstaates ihre Straßentunnel, je nach Resistenz gegenüber einem Ereignis, einer festgelegten Tunnelkategorien A bis E gemäß Tabelle 1.2 auf der nächsten Seite zuzuordnen.

¹European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

²ADR.

Klasse	Beschreibung
1	Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoffen
2	Gase
3	Entzündbare flüssige Stoffe
4.1	Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe und desensibilisierte explosive Stoffe
4.2	Selbstentzündliche Stoffe
4.3	Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündliche Gase entwickeln
5.1	Entzündend (oxydierend) wirkende Stoffe
5.2	Organische Peroxide
6.1	Giftige Stoffe
6.2	Ansteckungsgefährliche Stoffe
7	Radioaktive Stoffe
8	Ätzende Stoffe
9	Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände

Tabelle 1.1: Gefährliche Güter nach ADR

Kategorie	Beschränkung
A	keine Beschränkung für die Beförderung gefährliche 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 wenigen Ausnahmen)

Tabelle 1.2: Tunnelkategorien nach ADR 2007

Die Kategorisierung basiert auf der Annahme, dass in Tunneln drei Hauptgefahren bestehen, die zu zahlreichen Opfern und/oder ernsthaften Schäden am Tunnelbauwerk führen können:

- Explosionen
- Freiwerden giftiger Gase oder giftiger, flüssiger, flüchtiger Stoffe
- Brände

Die Beschränkungen für die Beförderung bestimmter gefährlicher Güter durch Tunnel beruhen auf dem in der ADR angegebenen Tunnelbeschränkungscode dieser Güter. Jeder in einer Tabelle aufgeführte Stoff wird einem Tunnelbeschränkungscode zugeordnet. Dieser Code gibt an, ab welcher Tunnelkategorie die Tunneldurchfahrt von Fahrzeugen mit diesen gefährlichen Gütern nicht gestattet ist.

Ob die Durchfahrt von Fahrzeugen mit Gefahrgut beschränkt werden muss, legt die zuständige Behörde fest, indem das Bauwerk einer bestimmten Tunnelkategorie zugeordnet wird. Dabei sind die Tunneleigenschaften, die Risikoeinschätzung – einschließlich der Verfügbarkeit und Eignung alternativer Strecken und Verkehrsträger – und Überlegungen zur Verkehrslenkung zu berücksichtigen. Derselbe Tunnel kann mehreren Tunnelkategorien zugeordnet sein, z.B. in Abhängigkeit von der Uhrzeit oder dem Wochentag.

Für den Tunnel Wernigerode i.Z.d. B244 wurde mit diesem Gutachten eine entsprechende Kategorisierungsberechnung durchgeführt. Als Eingangsdaten für die Modellierung des Tunnels, seiner betriebstechnischen Ausstattung und der verkehrlichen Situation sind grundsätzlich die objektspezifischen Merkmale, z.B. Unfallrate, Verkehrsdaten etc., zu erheben und soweit wie möglich abzubilden. Liegen keine für den Tunnel geltenden Werte vor, können Vorgaben aus dem Schlussbericht des Forschungsvorhabens *FE 03.0437/2007/FRB – FE 86.0050/2008 – Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007*³ – im Folgenden als Schlussbericht bezeichnet – sinnvoll ergänzt werden.

Der Tunnel befindet sich zur Zeit in der Planung. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes lagen Zwischenergebnisse der Vorplanung (Leistungsphasen 1 und 2 der HOAI) vor. Auf Basis dieses Planungsstandes wurde das Gutachten erarbeitet.

³Baltzer2009.

1.1 Aktueller Stand der Fortschreibung

In der Planungsbesprechung Nr. 23, am 28.08.2020 wurden die Abstimmungsergebnisse mit dem BMVI⁴ bzgl. der Trassenfindung (siehe Abbildung 1.1) vorgestellt. Auf Grundlage dieser Abstimmung hat IBV eine neue Trassierung des Tunnel erarbeitet. Die Lage der Portale wurde nicht wesentlich verändert. Die Tunnellänge ist nahezu gleich geblieben. Da die Änderungen für den Inhalt und die Ergebnisse dieser Berechnung nicht erheblich sind, wurden diese nicht fortgeschrieben⁵.

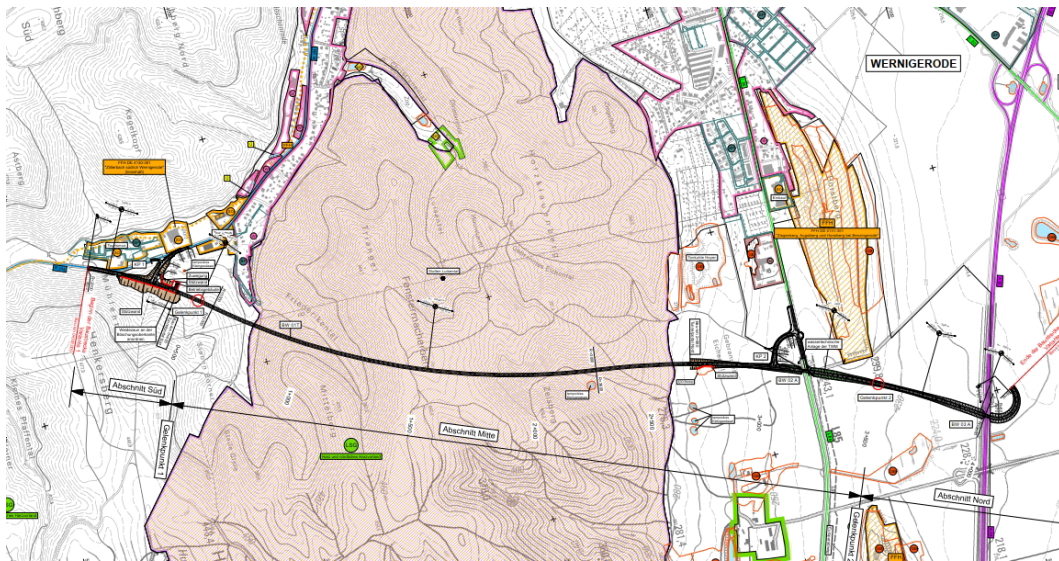


Abbildung 1.1: Neue Trasse nach Abstimmung BMVI August 2020

⁴Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

⁵Auch der Inhalt der Sicherheitsdokumentation ist von der Trassierungsänderung nicht betroffen

K a p i t e l 2

Aufgabenstellung

Die Ingenieurgemeinschaft Tunnel Wernigerode, bestehend aus den Ingenieurbüros

- Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH
- ZPP Ingenieure AG
- IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
- INVER - Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH

wurde vom

Land Sachsen-Anhalt,
vertreten durch die Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt,
Regionalbereich West

mit Datum vom 16.01.2020 beauftragt, auf Grundlage des *europäischen Abkommens über die internationale Beförderung von Gefahrgütern auf der Straße (ADR)*, entsprechend der Methodik des Schlussberichts *Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln FE*

*03.0437/2007/FRB und FE 86.0050/2008,*¹ den Tunnel Wernigerode hinsichtlich seiner Eignung zum Transport gefährlicher Güter durch den Tunnel gutachterlich zu bewerten.

Da der Tunnel sich noch in einer frühen Planungsphase befindet besteht somit die Möglichkeit, die Planung ggf. so anzupassen, dass eine Einstufung in Kategorie A nach ADR auf jeden Fall gewährleistet ist.

Die zuständige Verwaltungsbehörde muss dann entscheiden, ob und in welchem Maße der Tunnel für Gefahrguttransporte zugelassen wird oder ob Einschränkungen oder risikomindernde Maßnahmen getroffen werden.

¹Baltzer2009.

Kapitel 3

Grundlagen

3.1 Allgemeines

Gefahrguttransporte durch Straßentunnel stellen, bei Einhaltung der geltenden Sicherheitsvorschriften, keine unmittelbare Gefährdung für andere Tunnelnutzer oder das Bauwerk dar. Bei Unfällen und eventuell entstehenden Bränden im Tunnel, insbesondere bei gefährlichen Gütern¹ der

- Gefahrgutklasse 1: explosive Stoffe
- Gefahrgutklasse 2: Gase
- Gefahrgutklasse 3: entzündbare, flüssige Stoffe (z.B. Benzin)

können Situationen entstehen, die von den Feuerwehren nur schwer oder auch gar nicht mehr beherrscht werden können. Auch Beladungen, die eine vergleichbar hohe Brandlast besitzen und/oder zu einer besonders großen Rauchentwicklung neigen, aber kein Gefahrgut im Sinne der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) darstellen, können gleich geartete Auswirkungen haben.

¹siehe auch Tabelle 1.1 auf Seite 8

Gemäß ADR² (z.B in ADR 2019³) können Tunnel in fünf Tunnelkategorien A bis E eingeteilt werden (s. Tabelle 1.2 auf Seite 8). Allerdings sind nur die Kategorien B bis E mit einem Durchfahrtsverbot belegt. Dieses Durchfahrtsverbot für Fahrzeuge mit gefährlichen Gütern muss an einem Ort angebracht sein, an dem eine Wahl alternativer Strecken noch möglich ist. Weiterhin müssen von zuständigen Behörden ggf. alternative Strecken mit Hilfe von Straßenverkehrszeichen angegeben werden.

3.2 Vorgehensweise bei der Kategorisierung

Für die risikobasierte Kategorisierung von Straßentunneln wurde für Deutschland ein einheitliches Verfahren, unter Berücksichtigung der EABT-80/100⁴ und der europäischen Tunnelrichtlinie⁵ entwickelt. Für das dazu in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben liegt der Schlussbericht vor. Auf dieser Basis kann eine Kategorisierungsberechnung für Straßentunnel erfolgen.

Das im Schlussbericht vorgeschlagene Verfahren ist zweistufig aufgebaut:

- Grobbeurteilung (Stufe 1)
- vertiefte Analyse (Stufe 2)⁶

Beide Stufen sind dann nochmals unterteilt:

- Stufe 1a (Kenngrößenverfahren)
- Stufe 1b (risikobasierte, quantitative Entscheidungsgrundlage auf Basis eines Berechnungsverfahrens *QRAM-Version 4.04*)
- Stufe 2a (vertiefte Risikobewertung des Tunnels)
- Stufe 2b (Risikovergleich zwischen Tunnel- und Alternativroute(n)).

²ADR.

³Kr2019.

⁴EABT-80-100.

⁵EUTri.

⁶nur, wenn mit Stufe 1 der Tunnel nicht der Tunnelkategorie A zugeordnet werden kann

Die Stufen bauen aufeinander auf und sollen anhand des vorgegebenen Schemas (siehe Abbildung 3.1) abgehandelt werden. Dabei sind die jeweiligen Folgestufen nur erforderlich, wenn eine Einstufung in Kategorie A in der aktuellen Stufe nicht erreicht werden kann.

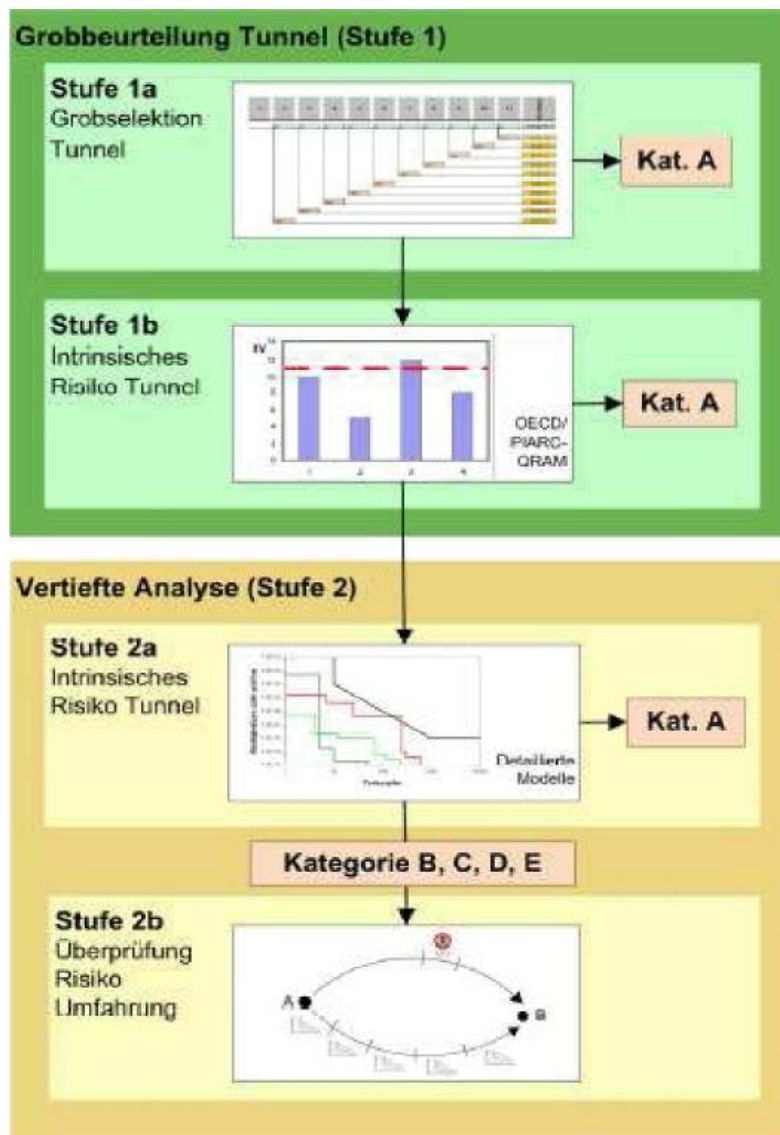


Abbildung 3.1: Verfahrensablauf gem. Schlussbericht

3.3 Verfahren Stufe 1

In der Stufe 1 erfolgt zunächst eine grobe Beurteilung des Tunnels in den nachfolgend beschriebenen zwei Schritten. Das Ziel dieser ersten Stufe ist es, mit geringem Aufwand eine Entscheidung zu treffen, ob Gefahrguttransporte uneingeschränkt durch den Tunnel zugelassen werden oder ob eine vertiefte Analyse nach Stufe 2 erforderlich wird.

3.3.1 Verfahren Stufe 1a

In der Stufe 1a wird zunächst mit Hilfe eines Kenngrößenverfahrens der betreffende Tunnel sehr grob überprüft. Der Aufwand, die notwendigen Daten zu erheben, ist auf ein Mindestmaß beschränkt. Erfüllt ein zu untersuchender Tunnel ein oder mehrere Kriterien der Stufe 1a nicht oder verfügt der Tunnel über spezifische Merkmale, deren Risikorelevanz in der Stufe 1a nicht abgeschätzt werden kann, ist der Tunnel entsprechend der Stufe 1b zu untersuchen.

3.3.2 Verfahren Stufe 1b [QRAM]

Das Verfahren der Stufe 1b kommt zum Tragen, wenn ein Tunnel die in Stufe 1a geforderten Kriterien nicht erfüllt. In der Stufe 1b wird dann mittels des kommerziellen und in der EU verbreiteten MS-EXCEL Add-ins QRAM⁷ das Risiko, dass durch die Freisetzung von Gefahrgut infolge Unfall und/oder Brand entstehen kann, bewertet und gegebenenfalls Alternativrouten gegenübergestellt⁸.

Das Risikomodell QRAM wurde im Auftrag der OECD/PIARC entwickelt und dient zur Bewertung von Gefahrgutrisiken in Tunnelanlagen. Im Risikomodell wird das Gefährdungspotenzial anhand des Risikos, das sich aus der Summe der Produkte der Eintrittshäufigkeiten mit dem jeweiligen Schadensausmaß zusammensetzt, errechnet. Die Darstellung des Risikos erfolgt als Risikoerwartungswert ($EV = \text{'Expected Value'}$) und als Wahrscheinlichkeits-Ausmaß-Diagramm (F/N-Diagramm⁹). Der Risikoerwartungswert repräsentiert die durchschnittliche, jährliche Anzahl an statistisch erwartbaren Todesopfern

⁷Vertrieb über die OECD/PIARC [<http://publications.piarc.org>], aktuell in Version 4.04

⁸in Stufe 2b

⁹Function versus Number

infolge eines Gefahrgutunfalles. Das F/N-Diagramm stellt die jährliche kumulierte Häufigkeit eines Unfallereignisses (Wahrscheinlichkeit) und die dabei statistisch erwartbaren Todesopfer (Ausmaß) grafisch dar.

Die Berechnung mit QRAM erfasst für die Analyse einige Details wie, z.B. Verkehrsbelastung, Lüftungsparameter, Unfallszenarien, Unfallhäufigkeiten und weitere Bauwerks- und Umgebungsdaten.

Im Wesentlichen beruht das Verfahren der Stufe 1b auf folgenden Punkten:

- Auswahl einer Gruppe von repräsentativen Gütern bzw. Stoffen
- Auswahl einer Gruppe von repräsentativen Unfallszenarien
- Bestimmung der physischen Wirkungen dieser Szenarien auf den Tunnel
- Bestimmung der physiologischen Wirkungen dieser Szenarien auf Menschen
- Normierung auf 1km Tunnellänge und Summation der ermittelten Erwartungswerte entsprechend der Wirkungsarten
- Vergleich der Ergebnisse mit den vorgegebenen Vergleichswerten nach dem Schlussbericht

Mit dem Verfahren nach Stufe 1 kann nur die Tunnelkategorie A vergeben werden¹⁰. Überschreiten die berechneten Werte die vorgegebenen Vergleichswerte, muss eine vertiefte Analyse nach Stufe 2 durchgeführt werden.

3.4 Verfahren Stufe 2

Wenn der Tunnel nach den Berechnungen in Stufe 1b mittels QRAM nicht in die Kategorie A eingestuft werden kann, ist eine Untersuchung nach Stufe 2 erforderlich. Die Stufe 2 des Verfahrens erfordert – um einen Tunnel richtig bewerten zu können – tiefgehende Kenntnisse über Wirkungsmechanismen von Gefahrenstoffen, sowie detailliertes Wissen über das menschliche Verhalten im Gefahrenfall. Die vertiefte Analyse ist ebenfalls in zwei Stufen 2a und 2b unterteilt. Die vertiefte Betrachtung nach Stufe 2a dient dazu, einen Straßentunnel gemäß den Kategorien A bis E nach ADR 2007 dadurch einzustufen, dass

¹⁰Die QRAM-Ausbreitungsmodelle rechnen sehr konservativ und bilden Feinheiten nur begrenzt ab. Es stellt jedoch ein handhabbares Mittel für die Voranalyse dar

die zu erwartenden Risiken einer Vergleichsgrenze gegenüber gestellt werden. Im Gegensatz zur Stufe 1b, bei der die Ergebnisse bekanntermaßen sehr konservativ sind, wird in der Stufe 2 das Ausmaß eines Schadensszenarios detailliert mittels numerischer Methoden (Brandsimulationen, Ausbreitungsberechnungen, Ereignisbaumanalyse u.ä.) untersucht. Wird durch die Bewertungen und Analysen festgestellt, dass der untersuchte Tunnel einer Beschränkung bedarf, wird mit der Stufe 2b überprüft, ob aus der Umleitung des Gefahrguttransportes über Umfahungsstrecken nicht ggf. noch größere Risiken entstehen.

Da die Stufe 2 zunächst nicht Gegenstand dieser Untersuchung ist, wird hier nicht weiter auf die Methodik eingegangen. Weitere Details zur Stufe 2 können bei Bedarf dem Schlussbericht¹¹ entnommen werden.

¹¹Baltzer2009.

Berechnung nach Stufe 1 für den Tunnel Wernigerode

4.1 Allgemein

Wie in Abbildung 4.1 auf der nächsten Seite erkennbar ist, stellt das Mittelzentrum Wernigerode im Harz einen Verkehrsknotenpunkt dar. Verkehre aus Westen (B27) in Richtung der A36 oder aus Richtung Magdeburg zum Harz müssen durch das Stadtgebiet von Wernigerode (s. Abb. 4.2 auf der nächsten Seite). Dadurch kommt es im Ort zu einer hohen Verkehrsbelastung von bis zu 16.000 Kfz/Tag (Ergebnis der Straßenverkehrszählung 2015). Um die Ortsdurchfahrt vom Durchgangs- und insbesondere auch Schwerlastverkehr zu entlasten, ist eine neue Ortsumfahrung (OU) geplant (s. Abb. 4.3 auf Seite 21). Das Vorhaben wurde durch das Land Sachsen-Anhalt zur Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplanes angemeldet. Es ist im aktuellen Verkehrswegeplan im vorrangigen Bedarf eingestuft. Der Neubau ist in der Vorzugsvariante der Anmeldung als östliche Ortsumfahrung mit überwiegender Tunnelführung durch den Fenstermacherberg (Tunnellänge ca. 2,3 km) und Anschluss an die vierspurige A36 vorgesehen. Aktuell wird für das Bauwerk der Vorentwurf (Lph 2 der HOAI) erstellt. Der aktuelle Planungsstand des Vorentwurfes ist Basis der vorliegenden Untersuchung (s. auch Kap. 1.1).

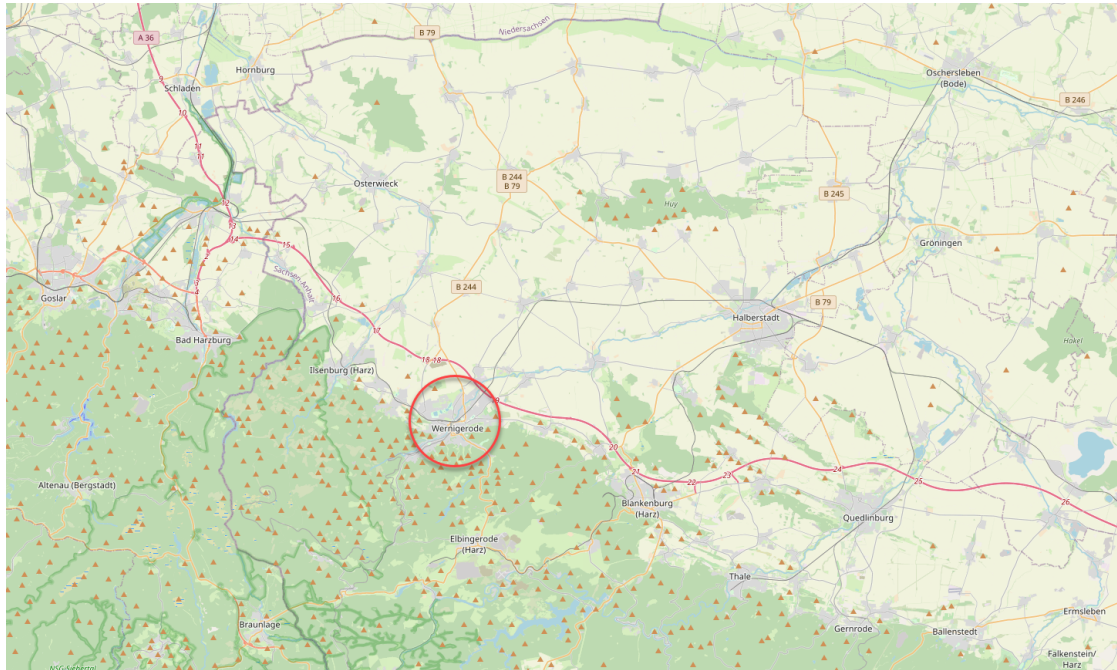


Abbildung 4.1: Übersichtskarte Wernigerode (Erstellt aus Open Street Map)

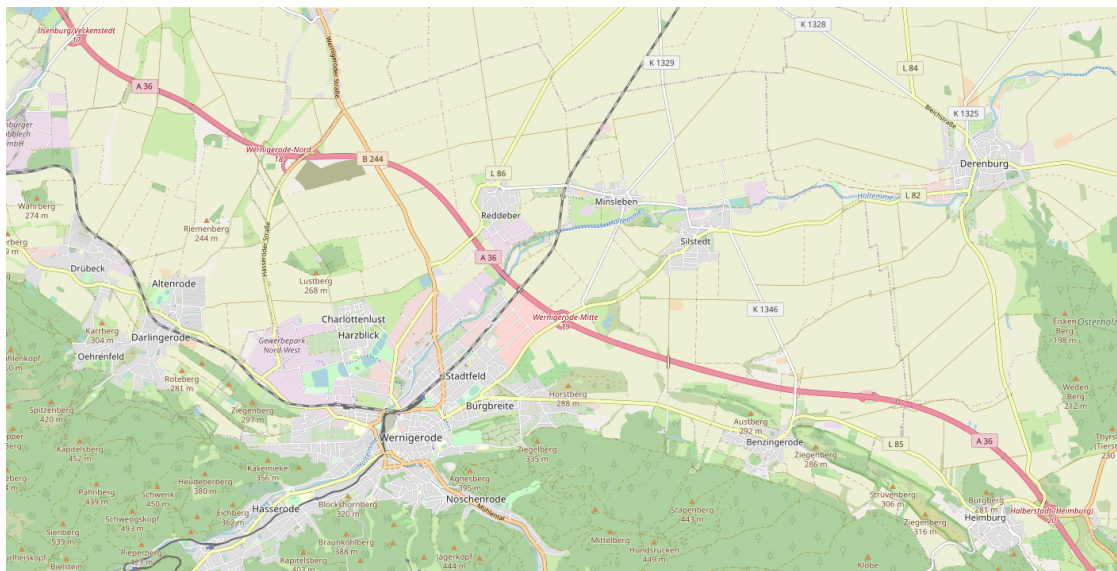


Abbildung 4.2: Karte Wernigerode (Erstellt aus Open Street Map)

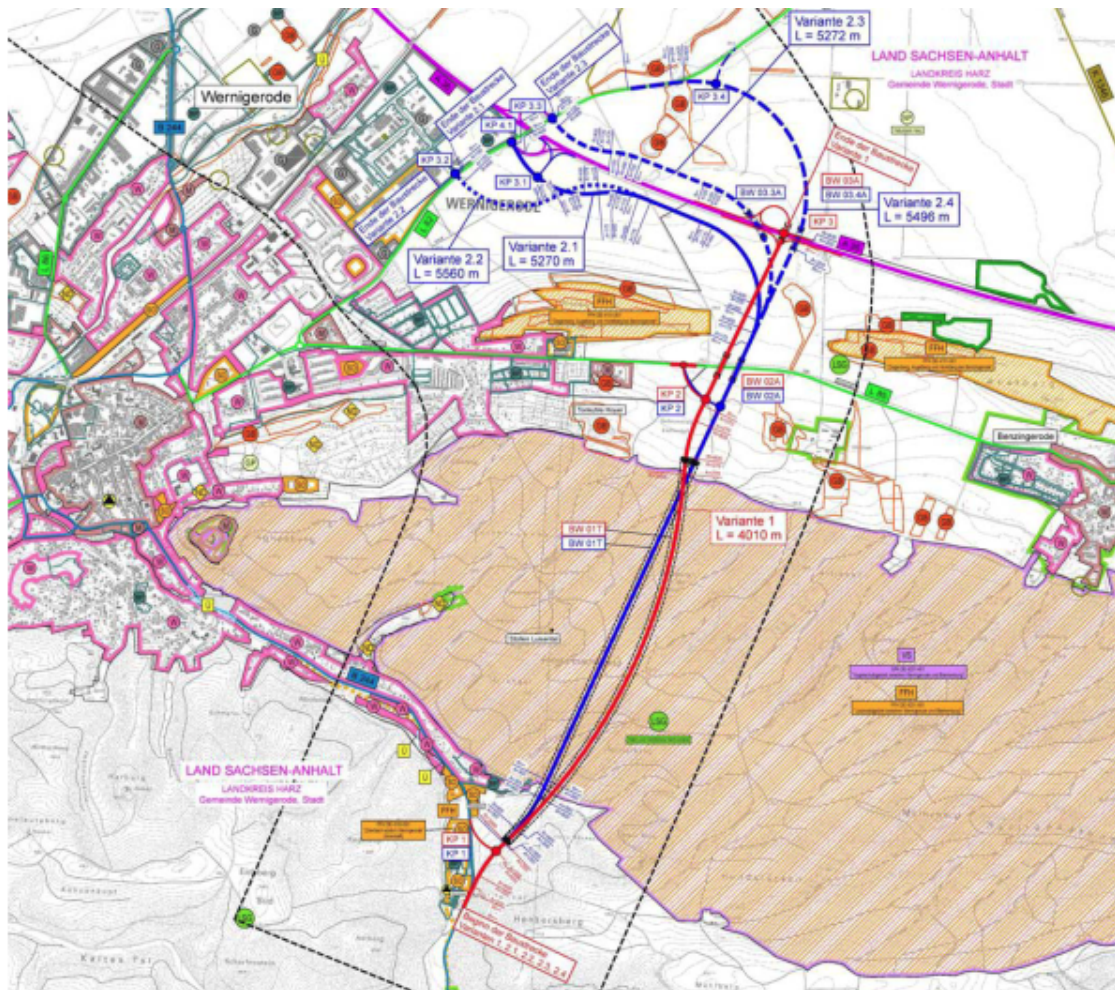


Abbildung 4.3: Voruntersuchung zur OU Wernigerode (Quelle: IBV, Halle)

4.2 Objektdaten

4.2.1 Bauwerk

Der Tunnel Weringerode ist als Gegenverkehrstunnel mit einer Länge von aktuell ca. 2280 m geplant. Er wird voraussichtlich komplett bergmännisch aufgefahren. Die Fahrstreifenbreite beträgt jeweils 3,50 m, Standstreifen sind nicht vorgesehen. Auf der rechten und linken Seite befinden sich Notgehwege mit 1,00 m Breite. Die Längsneigung beträgt maximal 2,0 %. Im Abstand von etwa 283 m befinden sich Querschläge, die in einen parallel verlaufenden Flucht- und Rettungstollen führen.

Der Tunnel wird über eine Halbquerlüftung be- und entlüftet. Der Lüftungskanal befindet sich in der Tunnelfirste (s. Abb. 4.4 auf der nächsten Seite). Die Entwässerung erfolgt über eine siphonierte Schlitzrinne mit Einlaufschächten im Abstand von 100 m, die auf der Kurveninnenseite verläuft¹. Die Querneigung der Fahrbahn beträgt 2,5%.

Die in den Berechnungen berücksichtigte zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 80km/h. Unterirdische Zu- und Abfahrten sind nicht vorhanden. Vor und hinter dem Tunnel befinden sich jedoch Knotenpunkte, die nach gegenwärtigem Planungsstand keinen Rückstau in den Tunnel bewirken werden.

Das Bauwerk wird nach den Anforderungen der EABT-80/100 hergestellt und ausgestattet. Daher werden auch die nach EABT geforderten Löschwasser-Entnahmestellen an den Portalen vorgesehen.

Eine Zusammenfassung der Bauwerksdaten ist der Anlage A zu entnehmen.

¹mit entsprechender Überlappung im Bereich von Neigungswechseln

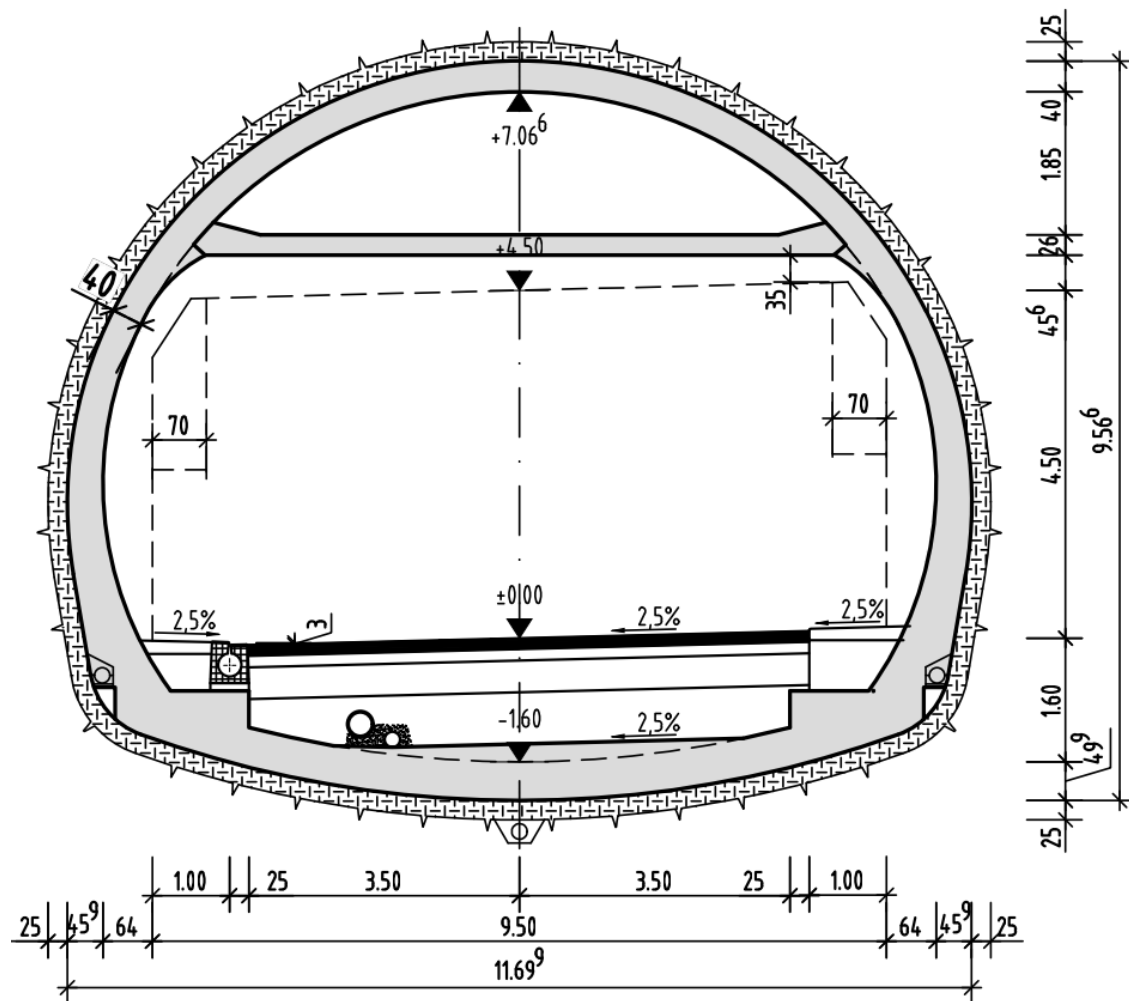


Abbildung 4.4: Querschnitt, Bereich geschlossene Bauweise; Quelle: Vorentwurf Stand Dez. 2018

4.2.2 Verkehrsbelastung

Zur Planung der Ortsumgehung wurde ein Verkehrsgutachten erstellt, in dem mehrere Varianten der Verkehrsführung – insbesondere der Knotenpunkte – untersucht wurden. Für dieses Gutachten wurden die Zahlen des Planfalles 1, der derzeitigen Vorzugsvariante, zur Berechnung verwendet. Demnach ist im Jahr 2030 – dem geplanten Inbetriebnahme-Jahr – mit einem werktäglichen DTV von ca. 5000 Fahrzeugen zu rechnen.

Die DTV Zahlen wurden auf das Jahr 2045, entsprechend 15 Jahre nach Inbetriebnahme, mit einer Steigerungsrate von $1,0\%^2$ pro Jahr vereinfacht hochgerechnet. Es ergibt sich ein Faktor von $1,01^{15} = 1,16$ und somit ein DTV von ca. 5.805 Kfz pro Tag. Der Schwerlastverkehr (SV) wurde mit 12% angenommen, entsprechend 697 Fahrzeugen pro Tag. Der Anteil von Gefahrguttransporten liegt bundesweit zur Zeit bei 4,4%. Da für den Tunnel Wernigerode natürlich noch keine diesbezüglichen Werte vorliegen, wird der Anteil hier gemäß Schlussbericht³ mit 6,0% des Schwerlastverkehrs angesetzt. Für das Jahr 2045 ergibt sich somit eine Verkehrsstärke von 42 Gefahrguttransporten durch den Tunnel pro Tag. Der Busanteil wurde gem. den Vorgaben des Schlussberichtes mit 5,0% am SV angenommen, das ergibt 30 (36) Busse in 24 Stunden. Da Wernigerode zum Tourismusgebiet Harz gehört ist nicht auszuschließen, dass der Busanteil höher liegen wird. Bei Vorliegen entsprechender Erkenntnisse ist dieser Bericht fortzuschreiben.

Die Aufteilung der Verkehrszahlen (werktäglicher Verkehr) auf die drei Zeiträume Normal, Quiet und Peak erfolgt ebenfalls entsprechend den Vorgaben des Schlussberichtes folgendermaßen:

- $1,23 \cdot DTV_w/24$ für den Normalzeitraum (297 Kfz/h) (über 14 Stunden)
- $0,5 \cdot DTV_w/24$ für den Nachtzeitraum (121 Kfz/h) (über 9 Stunden)
- $0,1 \cdot DTV$ für die Spitzenstunde (innerhalb des Normalzeitraumes) (580 Kfz/h)

²der Wert wurde auf Basis bundesweiter Statistiken abgeschätzt. Sollten die realen Werte später abweichen, ist die Berechnung anzupassen.

³Baltzer2009.

Die detaillierte Zusammenstellung der Verkehrszahlen ist der Anlage B auf Seite 42 zu entnehmen. Die dort genannten Prognosewerte sind dieser Kategorisierungsberechnung zugrunde gelegt.

4.3 Grobanalyse nach Stufe 1a

In der Grafik Abbildung 4.5 ist die Überprüfung nach Stufe 1a entsprechend den Vorgaben des Schlussberichtes für den Tunnel Wernigerode durchgeführt:

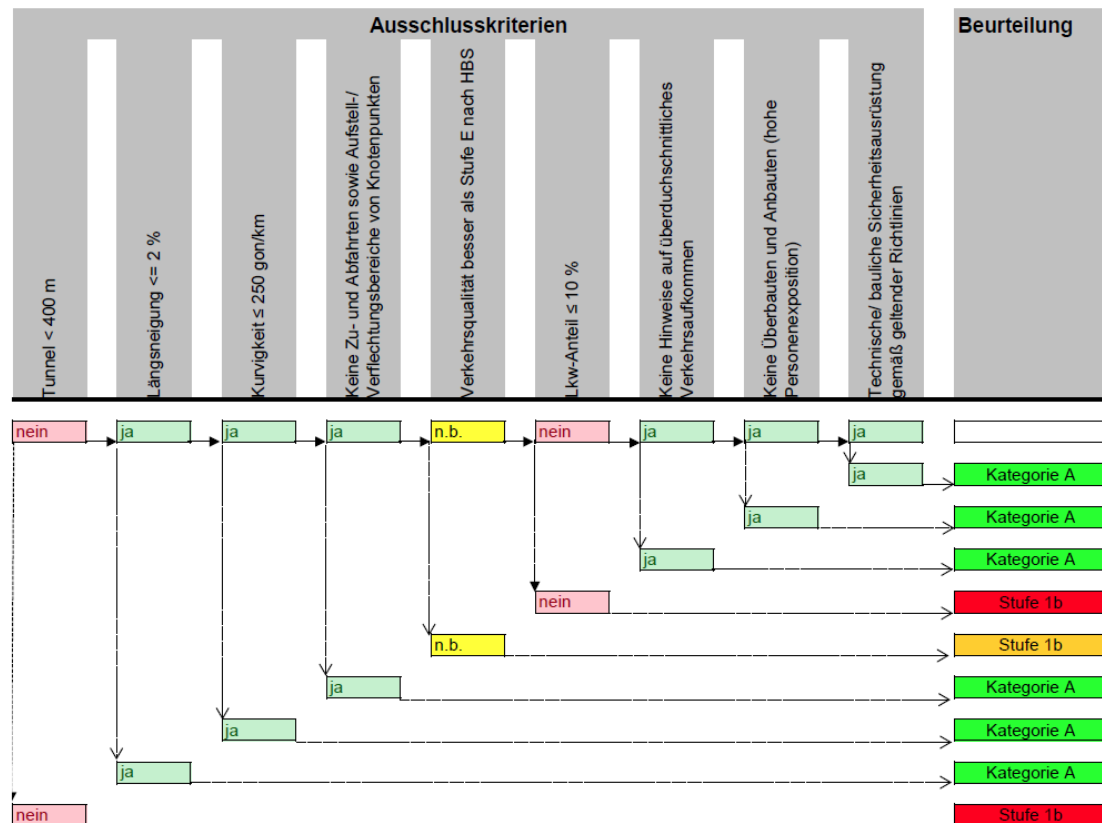


Abbildung 4.5: Diagramm Stufe 1a

Aufgrund der Tunnellänge und der hohen Belastung durch Schwerverkehre ergibt die Grobanalyse (Stufe 1a), dass das Verfahren nach Stufe 1b anzuwenden ist. Die Verkehrsqualität nach HBS⁴ wurde nicht weiter untersucht, da dies am Ergebnis nichts ändern würde.

⁴HBS2015.

4.4 Analyse nach Stufe 1b

4.4.1 Grundlagen

Für die Berechnung mittels QRAM werden im Folgenden die Quellen der verwendeten Eingabedaten dargestellt.

Daten	Quelle	bereitgestellt durch
Verkehrsaufkommen	Verkehrsuntersuchung zur B244	Ingenieurgem. Dr.-Ing. Schubert, Hannover
Unfalldaten	Gem. Schlussbericht	öffentlich
Anteil Gefahrguttransporte	Gem. Schlussbericht	öffentlich
Tunnelgeometrie	akt. Stand Vorplanung	Ingenieurgemeinschaft IBV/ZPP/IMM/IN-VER
Allgemeine Daten zum Tunnel	akt. Stand Vorplanung sonst. Unterlagen	Ingenieurgemeinschaft IBV/ZPP/IMM/IN-VER
Grundlagen zur Anwendung von QRAM 4.04	Benutzerhandbuch Referenzhandbuch	Ineris (Programmentwickler)
Allgemein	Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR2007	öffentlich (BASt)

Tabelle 4.1: Quellenangaben

Bei der Berechnung werden insgesamt 13 bzw. 11 Schadensszenarien mit verschiedenen Gefahrgütern berechnet⁵:

1. Brand 20MW (Wird gem. Vorgaben des Schlussberichtes nicht berücksichtigt)

⁵die Brandszenarien ohne Gefahrgut werden hier nicht berücksichtigt

2. Brand 100MW (Wird gem. Vorgaben des Schlussberichtes nicht berücksichtigt)
3. Heiße Gasdruckexplosion (BLEVE⁶) von 50kg-Propangasflaschen
4. Kraftstoff-Lachenbrand (pool-fire)
5. heiße Gaswolkenexplosion von austretenden Benzindämpfen (VCE⁷)
6. Austreten giftiger Gase - Chlortank 20t
7. Heiße Gasdruckexplosion (BLEVE) von 18t-Propangastank
8. Heiße Gaswolkenexplosion von ausgetretenem Propan aus 18t-Tank (VCE)
9. Freistrahllbrand von unter Druck austretendem Propan aus einem 18t-Tank
10. Austreten giftiger Gase (Ammoniak) aus einem 18t-Tank
11. Austreten giftiger Flüssigkeiten (Acrolein) aus einem 25t-Tank
12. Austreten giftiger Flüssigkeiten (Acrolein) aus 100l-Flaschen
13. Druckwirkung einer Gasexplosion von 20t verflüssigtem CO₂ (kalte BLEVE)

Die Ergebnisse der Berechnung für die einzelnen Szenarien werden in Form eines Häufigkeitsausmaßdiagramms (F/N-Kurve⁸) mit einem entsprechenden Erwartungswert (EV-Wert) ausgegeben. Der Erwartungswert stellt das gesellschaftliche Risiko dar und ist das mathematisch eindeutige Ergebnis des Integrals einer F/N-Kurve. Er wird, den Wirkungsarten entsprechend, aufsummiert, auf 1km Tunnellänge normiert und danach mit einem festgelegten Vergleichswert aus dem Schlussbericht verglichen. Hierbei handelt es sich um rein statistische Werte, die im Zusammenhang mit den Vergleichswerten entsprechende Aussagekraft haben, jedoch als Modellwerte weder die Realität widerspiegeln, noch als Vorhersagewerte verwertet werden können.

4.4.2 Eingabeparameter Bauwerk

In der Tabelle 4.2 auf der nächsten Seite sind die der Berechnung mit QRAM zugrundeliegenden Bauwerksparemeter zusammengefasst:

⁶Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

⁷Vapour Cloud Explosion

⁸function versus number

Parameter	Wert
Anzahl der Fahrspuren	1 je Fahrtrichtung (FR)
Längsneigung	max 2 ‰
Länge	ca. 2280 m
Lichte Weite (LW)	> 9,50 m
Lichte Höhe	4,85 m
Querschnittsfläche	ca. 50 m ²
Umfang	o.A.
Querneigung	2,5‰ in Richtung der Kurveninnenseite
Lüftung	Absaugung 200 m ³
Entwässerung	einseitige Schlitzrinne mit Einlaufschächten
Abstand Notausgänge	293 m
Zeitverzögerung bis zur Sperrung	600 Sekunden (Sperranlage)
Notfallkommunikation	Lautsprecher, Notrufkabinen
Brandschutzverkleidung	nein

Tabelle 4.2: Ausgangsdaten

Detailliertere Angaben sind der Anlage A auf Seite 40 zu entnehmen. Der Tunnel wurde in QRAM als einröhriger Gegenverkehrstunnel mit zusammengefassten Eingabedaten der Fahrtrichtung abgebildet.

4.4.3 Verkehrsführung und Besonderheiten

Der Tunnel wird als Gegenverkehrstunnel betrieben. Die Gefahr eines Rückstaus in den Tunnel wegen der angrenzenden Knotenpunkte ist beim augenblicklichen Planungsstand nicht gegeben. Weitere Besonderheiten sind zur Zeit nicht bekannt.

4.4.4 Eingabeparameter Verkehrsdaten

Es wurden für die Betrachtung des Verkehrsaufkommens drei Zeitperioden zugrunde gelegt:

- Periode 1 (P1 normal) von 06.00 - 21.00 Uhr 14 (15)⁹ Std. verkehrsreichere Zeitperiode
- Periode 2 (P2 nachts) von 21.00 - 06.00 Uhr 9 Std. verkehrsärmere Zeitperiode.
- Periode 3 (P3 Peak) Spitzenstunde 1 Std.

Die Parameter für den Verkehr wurden gemäß Tabelle 4.3 angesetzt. Die Vorgaben des Schlussberichtes wurden dabei beachtet.

Parameter Verkehr	Wert	Herkunft
DTV	siehe B auf Seite 42	
Gefahrgutanteil am SV-Verkehr	6%	Schlussbericht
Busanteil am SV-Verkehr	5%	Schlussbericht
Verkehrsstärke Tag pro Stunde	$1,23 \cdot DTV_w/24$	Schlussbericht
Verkehrsstärke Nacht pro Stunde	$0,5 \cdot DTV_w/24$	Schlussbericht
Verkehrsstärke Peak pro Stunde	$0,1 \cdot DTV$	Schlussbericht
Personenbesetzungsgrad PKW	1,5	Schlussbericht
Personenbesetzungsgrad LKW	1,1	Schlussbericht
Personenbesetzungsgrad Busse	40	Schlussbericht
Korrekturfaktor Unfallrate für GG-Transporte	1	Schlussbericht
Geschwindigkeit PKW	$v_{zul} = 80 \text{ km/h}$	Gesamtsicherheitskonzept
Geschwindigkeit LKW	$v_{zul} = 80 \text{ km/h}$	Gesamtsicherheitskonzept

Tabelle 4.3: Parameter Verkehr

Weitere Details sind der Anlage B auf Seite 42 zu entnehmen.

⁹plus 1 Stunde Peak in diesem Zeitraum

Anteile der Gefahrgüter nach ADR Klassen

Das Spektrum der auf den Straßen transportierten Gefahrgüter, ihrer transportierten Mengen und Gebinden sowie ihrer Wirkarten im Ereignisfall ist sehr breit und kann im Rahmen einer Risikoanalyse nicht vollständig abgebildet werden. Deshalb wird die Untersuchung mit repräsentativen Leitstoffen, die die maßgebenden Gefahrgutwirkungen abbilden, geführt. Dazu werden aus den insgesamt neun unterschiedlichen Gefahrgutklassen (Tabelle 1.1 auf Seite 8) die für die Wirkarten maßgebenden ausgewählt. Hierbei stehen gemäß Schlussbericht die Klassen 1, 2 und 3 im Vordergrund. Die prozentuale Aufteilung der Klassen 1 bis 3 am Gefahrgutaufkommen ist wie folgt:

- Gefahrgutklasse 1 : 1 %
- Gefahrgutklasse 2 : 15 %
- Gefahrgutklasse 3 : 68 %.

Die in der Tabelle 4.4 auf der nächsten Seite aufgeführten Verteilungen der Gefahrgüter, sind dem Schlussbericht entnommen. Eine Gefahrgutrisikoanalyse wurde nicht durchgeführt. Im Hinblick auf die Risiken, die von Gefahrgut auf Personen ausgehen können, wurden die nachfolgend aufgeführten maßgeblichen Szenarien ermittelt und den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt:

- Brand von Flüssigkeiten
- Brand und/oder Explosion von Gasen
- toxische Wirkung von Gasen und Flüssigkeiten

Um die oben genannten prozentualen Anteile der Gefahrgutklassen 1 bis 3 in QRAM einzuarbeiten, ist eine Zuordnung der Gefahrgüter und/oder ähnlicher Ladungen zu den dort hinterlegten Unfallszenarien vorzunehmen (siehe Tabelle 4.4 auf der nächsten Seite).

Für genauere Angaben zu den genannten Grundlagen wird auf die Ausführungen im Schlussbericht verwiesen.

Gefahrgut	Anteil
brennbare Flüssigkeiten (Benzin, Diesel, etc.)	0,2450
- davon Anteil brennbarer Flüssigkeiten, die zu einer Explosion führen können (VCE)	0,500
brennbare flüssige Gase in Flaschen (Propan)	0,0090
brennbare flüssige Gase in Tanks (Propan)	0,0280
hochgiftige Gase in Tanks (Chlor)	0,0002
giftige Gase in Tanks (Ammoniak)	0,0110
giftige Flüssigkeiten in Tanks (Acrolein)	0,0010
giftige Flüssigkeiten in Flaschen (Acrolein)	0,0010
nicht brennbare, nicht giftige Gase in Tanks(CO ₂)	0,0100

Tabelle 4.4: Anteile Gefahrgut und vergleichbarer Ladungen bezogen auf die hinterlegten Szenarien (Quelle: Schlussbericht)

Unfalldaten

Liegen für den zu betrachtenden Tunnel keine spezifischen Unfalldaten vor, können laut Schlussbericht die Unfalldaten aus Tabelle 4.5 genommen werden.

Betriebsart	Einfluss von Zu-/Abfahrten	Wert für $h_{Kollision}$
Gegenverkehrstunnel	ohne Einfluss	6.81×10^{-7}
Gegenverkehrstunnel	mit Einfluss	9.81×10^{-7}
Richtungsverkehrstunnel	ohne Einfluss	2.28×10^{-7}
Richtungsverkehrstunnel	mit Einfluss	5.28×10^{-7}

Tabelle 4.5: Unfallraten $[1/(Fz \cdot km)]$, Quelle Schlussbericht

Für den Tunnel Wernigerode liegen natürlich noch keine Unfallzahlen vor. Daher wurde nach den Vorgaben des Schlussberichtes mit einer Unfallrate¹⁰ von 9.81×10^{-7} gerechnet.

¹⁰Gegenverkehrstunnel mit Einfluss von Zu- und Abfahrten

Dabei wurden der zur Zeit noch nicht genau bekannte Einfluss der Knotenpunkte vor und hinter dem Bauwerk konservativ berücksichtigt.

4.4.5 Lüftung

Der Tunnel Wernigerode erhält eine Absaugung über eine Zwischendecke in der Firste. In der Berechnung wird angenommen, dass zwischen zwei Notausgängen jeweils 200 m³ Luft abgesaugt werden können. Diese Annahme ist konservativ.

4.4.6 Sonstiges

Mittels QRAM kann der Staufall nicht korrekt abgebildet werden. Das Programm geht davon aus, dass der Verkehr in Fahrtrichtung hinter der Unfallstelle frei abfließen kann, was ja bei einem Stau nicht der Fall ist. Für den Tunnel Wernigerode sind derartige Stausituationen beim derzeitigen Planungsstand im Normalbetrieb auszuschließen.

Berechnungsergebnisse

5.1 Allgemein

Zur Auswertung der Ergebnisse werden die berechneten Erwartungswerte¹ (Expected Value = EV-Werte) mit den im Schlussbericht angegebenen Vergleichswerten verglichen. Die im Schlussbericht festgelegten Vergleichswerte sind der nachstehenden Tabelle 5.1 auf der nächsten Seite zu entnehmen. Die Werte sind auf 1 km Tunnellänge normiert.

Die berechneten EV-Werte der einzelnen Szenarien werden nach ihren Wirkungsarten zusammengefasst und dann für den Vergleich mit den vorgeschriebenen Erwartungswerten ebenfalls auf 1 km Tunnellänge normiert.

Jeder Vergleichswert muss einzeln betrachtet und mit dem zugehörigen normierten Erwartungswert verglichen werden. Überschreitet einer der Erwartungswerte den vorgegebenen Vergleichswert, muss laut dem Schlussbericht eine vertiefte Analyse nach Stufe 2 erfolgen.

¹Der Erwartungswert gibt dabei die statistisch zu erwartende Anzahl an Todesopfern pro Jahr an.

EV-Wert Wirkung (normiert auf 1km)	Zuordnung der OECD/PIARC QRAM- Szenarien	zulässiger EV-Vergleichswert [Tote/a*km]
alle Wirkungen	3 – 13	6.2×10^{-3}
Druck	3, 13	1.0×10^{-6}
Brandwirkungen	4, 5	5.0×10^{-3}
Toxizität	6, 10, 11, 12	4.0×10^{-4}
Druck-/Brandwirkungen	3, 7, 8, 9	1.2×10^{-3}

Tabelle 5.1: Vergleichswerte und Szenarien zur Bewertung des Risikos mit OECD/PIARC QRAM (Quelle: Schlussbericht)

5.2 Ergebnis der normierten und zusammengefassten Erwartungswerte

Eingabedaten und Ergebnisse der Berechnung mit QRAM sind diesem Gutachten im Anhang C auf Seite 44 beigelegt.

In der Tabelle 5.2 auf der nächsten Seite sind die Erwartungswerte der einzelnen Szenarien aufgelistet, sowohl die nicht normierten, als auch die normierten.

Die Tabelle 5.3 auf der nächsten Seite zeigt die Summen, gemäß ihrer Zuordnung zusammengefasst und auf 1 km Tunnellänge normiert. Man erkennt, dass die zulässigen Vergleichswerte weit unterschritten werden. Der maximale Ausnutzungsgrad ergibt sich für das Szenario Druck mit etwas über 53%.

Die Berechnung wurde für den prognostizierten Verkehr 15 Jahre nach Inbetriebnahme durchgeführt. Voraussetzung für die Prognose ist eine jährliche Zunahme des DTV von maximal 1% bzw. bei konstantem Anteil des Schwerverkehrs. Bei größeren Steigerungsraten ist die Berechnung ggf. zu überprüfen und mit aktuellen Werten zu wiederholen.

Beim aktuellen Stand der Vorplanung und unter den beschriebenen Voraussetzungen kann der Tunnel OU Wernigerode in die Tunnelkategorie A nach ADR eingestuft werden. Gefahrguttransporte durch den Tunnel unterliegen dann keinen Beschränkungen.

5.2 Ergebnis der normierten und zusammengefassten Erwartungswerte

Beschreibung	EV	EV/1 km
Scenario 1 (HGV fire 20 MW):	<i>nicht berechnet</i>	nicht berechnet
Scenario 2 (HGV fire 100 MW):	<i>nicht berechnet</i>	nicht berechnet
Scenario 3 (BLEVE of a 50kg LPG cylinder):	<i>0,0000E+00</i>	0,0000E+00
Scenario 4 (Motor spirit pool fire):	<i>1,6261E-03</i>	7,1793E-04
Scenario 5 (VCE of motor spirit):	<i>6,8146E-05</i>	3,0086E-05
Scenario 6 (Chlorine release from a 20 tons tank):	<i>3,2220E-06</i>	1,4225E-06
Scenario 7 (BLEVE of an 18 tons LPG tank):	<i>7,4780E-05</i>	3,3015E-05
Scenario 8 (VCE from an 18 tons LPG tank):	<i>3,7318E-05</i>	1,6476E-05
Scenario 9 (Torch fire from an 18 tons LPG tank):	<i>7,4780E-04</i>	3,3015E-04
Scenario 10 (Ammonia release from an 18 tons tank):	<i>1,4812E-04</i>	6,5395E-05
Scenario 11 (Acrolein release from a 25 tons tank):	<i>1,7510E-06</i>	7,7308E-07
Scenario 12 (Acrolein release from a 100 l cylinder):	<i>0,0000E+00</i>	0,0000E+00
Scenario 13 (BLEVE of a 20 ton liquefied CO2 tank):	<i>1,2064E-06</i>	5,3262E-07
Summe	2,7084E-03	1,1958E-03

Tabelle 5.2: Einzelwerte der Szenarien

	Szenarien	EV Ist	EV Ist norm	EV Soll	EV Ist / EV Soll
Gesamt	3 bis 13	2,708E-03	1,20E-03	6,20E-03	19,29%
Brand	4 , 5	1,694E-03	7,48E-04	5,00E-03	14,96%
Druck/Brand	(3),7, 8, 9	8,599E-04	3,80E-04	1,20E-03	31,64%
Toxizität	6, 10, 11, 12	1,531E-04	6,76E-05	4,00E-04	16,90%
Druck	(3), 13	1,206E-06	5,33E-07	1,00E-06	53,26%

Tabelle 5.3: Erwartungswerte der zusammengefassten Szenarien

Ergebnis der Analyse

Unter Berücksichtigung der prognostizierten Verkehrsstärken, des akt. Planungsstandes¹ und der o.g. Ausführungen ergibt die Berechnung nach Stufe 1b mittels QRAM für den Tunnel Wernigerode i.Z.d. B244 folgendes Ergebnis (s. auch 5.3 auf der vorherigen Seite):

Für die gruppierten Szenarien Brand, Druck/Brand und Toxizität, Druck (ohne Feuer) sowie die Summe aus allen 11 Szenarien werden die Vergleichswerte weit unterschritten.

Entsprechend den Vorgaben des Schlussberichtes kann daher empfohlen werden, das Bauwerk in die Tunnelkategorie A gem. ADR einzustufen.

In Deutschland müssen Gefahrguttransporter und LKW auf Autobahnen bei einer Geschwindigkeit von mehr als 50 km/h einen Abstand von 50 m einhalten. Die Untersuchungen des Schlussberichtes und die ermittelten Parameter beruhen weiterhin im Wesentlichen auf Autobahntunnel. Daher schlägt der Verfasser vor, vor dem Tunnel das Verkehrszeichen 273 *Abstand halten* mit Zusatzzeichen *auch bei Stau* anzubringen, damit LKW den nötigen Abstand auch auf dieser Bundesstraße einhalten.

¹die QRAM-Berechnungen wurden noch mit einer Tunnellänge von 2.265 m durchgeführt. In Anbetracht des geringen Ausnutzungsgrades und der geringen Änderung der Länge ändert sich das Ergebnis nicht.

Kapitel 7

Verzeichnis der Abkürzungen

ADR	Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße ¹
AGAP	Alarm- und Gefahrenabwehrplan
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BLEVE	Explosion eines Tanks in Folge der Erhitzung darin befindlicher Flüssigkeiten (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)
BMVBS	Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EV	Expected Value, Erwartungswert in Anzahl der Toten pro Jahr und km Tunnellänge
ERS2	Forschungsbericht zum Transport gefährlicher Güter durch Straßentunnel (OECD/PIARC)
GG (engl. DG)	Gefahrgut
MW	Megawatt
NRW	Bundesland Nordrhein-Westfalen
OECD	Organisation für wirtschaftliche Kooperation und Entwicklung
PIARC	Weltstraßenverband (Komitee für Straßentunnel)
GRAM	Quantitatives Risikoanalysemodell
RABT 2006	Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (Ausgabe 2006)
SVG	Schwerlastverkehr
SV	Schwerlastverkehr inklusive Bussen
VCE	Explosion eines Gas-Luft-Gemisches (Vapour Cloud Explosion)

Kapitel A

Eingabedaten für das Bauwerk

Ortsumgehung Wernigerode - Tunnel B244

Zusammenstellung der Eingabedaten

Bauweise	Geschlossen
Verkehrsart	Gegenverkehr
Tunnellänge [m]	2.280
Fahrstreifen Je Richtung	1
Breite [m]	3,5
Standstreifen	nein
Breite [m]	-
Lichte Breite [m]	> 10m
Lichte Höhe [m]	> 4,85
Querschnittsfläche [m²]	50
Querneigung [%]	2,5
Längsneigung [%]	max 2
Zu-/Abfahrten vorhanden	nein
Notgewehge	ja
Breite der Notgehwege [m]	1 bzw. 1,20
Abstand der Notausgänge [m]	283
Ausstattung nach EABT 80/100	ja
Video	ja
Lautsprecher	ja
Notrufsäulen	ja
Einsprechen in Verkehrsfunk	ja
Tunnelüberwachung	24/7
Tunnelsperranlage	ja
zul. Geschwindigkeit PKW [km/h]	80
zul. Geschwindigkeit LKW [km/h]	80
mechanische Lüftung	ja
Strahlventilatoren	nein
Absaugung über Zwischendecke [m³/s]	200
Personenbesetzungsgrad PKW	1,5
Personenbesetzungsgrad LKW	1,1
Personenbesetzungsgrad Busse	40

Kapitel B

Verkehrsstärke

Ermittlung der Eingabedaten

OU Wernigerode B244

Quelle Verkehrsgutachten

Prognose 2030 Inbetriebnahme		
DTV		
DTV_w	5000	
DTV_SV		
DTV_w_SV	600	12%
DTV_Busse	30	5%
DTV_w_HDGV	36	6%

Prognose	2045	
Jahre	15	
Steigerung pro Jahr	0,01	
Steigerung gesamt	1,16	
DTV		
DTV_w	5805	
DTV_SV		
DTV_w_SV	697	12%
DTV_Busse	35	5%
DTV_w_HDGV	42	6%

Anm. nur Werte für Werktags -> gleichgesetzt

Eingabedaten QRAM gem. Schlussbericht

	Faktor	Fzg/h Werktags	davon SV	Gefahrgut- transporte	Busse
normal 1.23/24	0,051	297	36	2	2
quiet 0.5/24	0,021	121	15	1	1
peak 0.1*DTV	0,100	0	0	0	0

Probe: 5253,38452 Fehler! Kleiner als DTVw

Aufteilung auf die Fahrtrichtungen, falls erforderlich

FR 1 100%

	Faktor	Fzg/h Werktags	davon SV	Gefahrgut- transporte	Busse
normal 1.23/24	0,051	297	36	2	2
quiet 0.5/24	0,021	121	15	1	1
peak 0.1*DTV	0,100	0	0	0	0

FR 2 0%

	Faktor	Fzg/h Werktags	davon SV	Gefahrgut- transporte	Busse
normal 1.23/24	0,051	0	0	0	0
quiet 0.5/24	0,021	0	0	0	0
peak 0.1*DTV	0,100	0	0	0	0

Stand: 29.09.2020

K a p i t e l C

Ein- und Ausgabe QRAM

When finished to modify inputs related to the current case in every sheets, come back to this one and click below



File Name:	WernigerodeV01 .xlsm
Possibility to use the Fortan program ?	No
Direction A and B described indistinctly ?	Yes
Number of sections:	3
Country where section 1 is located:	Germany
Number of periods:	3
Scenario 1 (HGV fire 20 MW):	No
Scenario 2 (HGV fire 100 MW):	No
Scenario 3 (BLEVE of a 50kg LPG cylinder):	Yes
Scenario 4 (Motor spirit pool fire):	Yes
Scenario 5 (VCE of motor spirit):	Yes
Scenario 6 (Chlorine release from a 20 tons tank):	Yes
Scenario 7 (BLEVE of an 18 tons LPG tank):	Yes
Scenario 8 (VCE from an 18 tons LPG tank):	Yes
Scenario 9 (Torch fire from an 18 tons LPG tank):	Yes
Scenario 10 (Ammonia release from an 18 tons tank):	Yes
Scenario 11 (Acrolein release from a 25 tons tank):	Yes
Scenario 12 (Acrolein release from a 100 l cylinder):	Yes
Scenario 13 (BLEVE of a 20 ton liquefied CO2 tank):	Yes
Calculations for fatalities only (1) or for fatalities + injuries (2) ?	1
Calculations for road users only (2), population only (3) or both (1) ?	2
Date of file opening	04.06.2020 10:04:23,9
Date of end of calculations	04.06.2020 10:09:57,9
execution time hh:mm:ss.000	00:05:34,010

1) Data that are constant all along a route, but that can be modified as a function of time period and travel direction																						
Route name		B244n_QUIET																				
Route description		OU Wernigerode																				
Average number of persons in a car		1,5																				
Average number of persons in a HGV		1,1																				
Average number of persons in a Bus/Coach		40																				
HDGV traffic (veh/h)		1	Scen:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Proportion of each DG type in the whole for :		Consider fires for Non-DG HGV? No																				
		DG potentially leading to a large (100MW) fire (except liquids)	Propane 50kg	Flammable liquids in bulk (Motor spirit, diesel oil,...)	Fraction of flammable liqs potentially leading to VCE (excl diesel oil)	Chlorine in bulk	Propane in Bulk	Propane in bulk	Propane in bulk	Ammonia in Bulk	Acrolein in bulk	Acrolein in cylinder	Liquefied refrigerated CO2 in bulk									
Ratio:		0,000	0,009	0,245	0,5	0,0002	0,028	0,028	0,028	0,011	0,001	0,001	0,010	0	0	0	0	0				
Remaining part:		0,695																				
Period number:		2	Direction: A+B																			
Time ratio for this period		0,375																				

Data that are modifiable as a function of the route, the time period and the travel direction																					
Route characteristics	Section #	Tunnel? (0=NO) (1=YES)	X (m)	Y (m)	Straight line (m)	User defined length (m)	Urban / Rural?	Rk-DG use?	Total traffic (veh/h)	HGV ratio (adim)	Bus / coaches Ratio (adim)	Light vehicles speed (km/h)	HGV/Bus speed (km/h)	Delay (s) for stopping approaching traffic	Number of lanes	First run: User defined or Default frequency?	Accident frequency (veh.km)	DG transport correction factor	Density of population (inhab/km²)	Country	Reserved
	0	0	0	0																	
	1	0	0	0	0	0	Rural	Sk	104	0,12	0,009615	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0
	2	1	2265	0	2265	2265	Rural	Sk	104	0,12	0,009615	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0
	3	0	2265	0	0	0	Rural	Sk	104	0,12	0,009615	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0

1) Data that are constant all along a route, but that can be modified as a function of time period and travel direction																					
Route name		B244n_PEAK																			
Route description		OU Wernigerode																			
Average number of persons in a car		1,5																			
Average number of persons in a HGV		1,1																			
Average number of persons in a Bus/Coach		40																			
HDGV traffic (veh/h)		3																			
Scen:		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Proportion of each DG type in the whole for :		Consider fires for Non-DG HGV?																			
		No																			
		DG potentially leading to a large (100MW) fire (except liquids)	Propane 50kg	Flammable liquids in bulk (Motor spirit, diesel oil,...)	Fraction of flammable liqs potentially leading to VCE (excl diesel oil)	Chlorine in bulk	Propane in Bulk	Propane in bulk	Propane in bulk	Ammonia in Bulk	Acrolein in bulk	Acrolein in cylinder	Liquefied refrigerated CO2 in bulk								
Ratio:		0,000	0,009	0,245	0,5	0,0002	0,028	0,028	0,028	0,011	0,001	0,001	0,010	0	0	0	0	0			
Remaining part:		0,695																			
Period number:		3																			
		Direction: A+B																			
Time ratio for this period		0,04167																			

2) Data that are modifiable as a function of the route, the time period and the travel direction																					
Route characteristics	Section #	Tunnel? (0=NO) (1=YES)	X (m)	Y (m)	Straight line (m)	User defined length (m)	Urban / Rural?	Rk-DG use?	Total traffic (veh/h)	HGV ratio (adim)	Bus / coaches Ratio (adim)	Light vehicles speed (km/h)	HGV/Bus speed (km/h)	Delay (s) for stopping approaching traffic	Number of lanes	First run: User defined or Default frequency?	Accident frequency (/veh.km)	DG transport correction factor	Density of population (inhab/km²)	Country	Reserved
	0	0	0	0																	
	1	0	0	0	0	0	Rural	Sk	500	0,12	0,006	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0
	2	1	2265	0	2265	2265	Rural	Sk	500	0,12	0,006	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0
	3	0	2265	0	0	0	Rural	Sk	500	0,12	0,006	80	80	600	2	2	6,81E-07	1,00E+00	1,00E-02	Germany	0

1) Data that are constant all along a route, but that can be modified as a function of time period and travel direction																				
Route name																				
Route description																				
Average number of persons in a car		2																		
Average number of persons in a HGV		1,1																		
Average number of persons in a Bus/Coach		40																		
HDGV traffic (veh/h)		10																		
Scen:		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Proportion of each DG type in the whole for :		Consider fires for Non-DG HGV?																		
		No																		
		DG potentially leading to a large (100MW) fire (except liquids)	Propane 50kg	Flammable liqs in bulk (Motor spirit, diesel oil,...)	Fraction of flammable liqs potentially leading to VCE (excl diesel oil)	Chlorine in bulk	Propane in Bulk	Propane in bulk	Propane in bulk	Ammonia in Bulk	Acrolein in bulk	Acrolein in cylinder	Liquefied refrigerated CO2 in bulk							
Ratio:		0,000	0,000	0,000	1	0	0,000	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0		
Remaining part:		1,000																		
Period number:		1																		
		Direction:																		
Time ratio for this period		0,58333																		

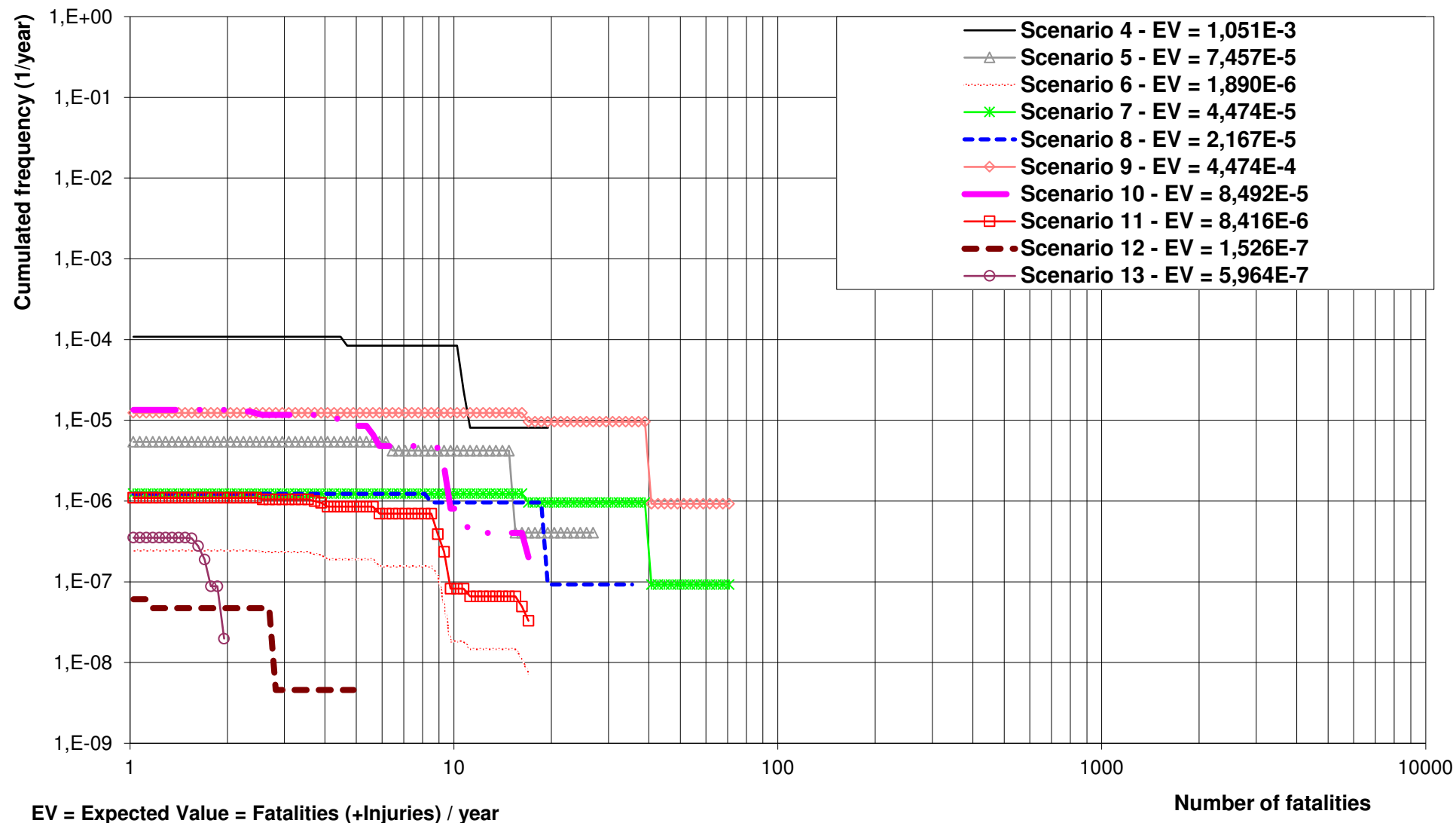
2) Data that are modifiable as a function of the route, the time period and the travel direction																					
Route characteristics	Section #	Tunnel? (0=NO) (1=YES)	X (m)	Y (m)	Straight line (m)	User defined length (m)	Urban / Rural?	Rk-DG use?	Total traffic (veh/h)	HGV ratio (adim)	Bus / coaches Ratio (adim)	Light vehicles speed (km/h)	HGV/Bus speed (km/h)	Delay (s) for stopping approaching traffic	Number of lanes	First run: User defined or Default frequency?	Accident frequency (/veh.km)	DG transport correction factor	Density of population (inhab/km²)	Country	Reserved
	0		0	0																	
	1	0	0	0	0	0	Urban	Sk	0	0	0	0	0	9000	2	User defined	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-30	Germany	0

1) Data that are constant all along a route, but that can be modified as a function of time period and travel direction																					
Route name																					
Route description																					
Average number of persons in a car		2																			
Average number of persons in a HGV		1,1																			
Average number of persons in a Bus/Coach		40																			
HDGV traffic (veh/h)		10																			
		Scen:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Proportion of each DG type in the whole for :			DG potentially leading to a large (100MW) fire (except liquids)	Propane 50kg	Flammable liquids in bulk (Motor spirit, diesel oil,...)	Fraction of flammable liqs potentially leading to VCE (excl diesel oil)	Chlorine in bulk	Propane in Bulk	Propane in bulk	Propane in bulk	Ammonia in Bulk	Acrolein in bulk	Acrolein in cylinder	Liquefied refrigerated CO2 in bulk							
		Ratio:	0,000	0,000	0,000	1	0	0,000	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0		
Remaining part:		1,000																			
Period number:		2	Direction:																		
Time ratio for this period		0,375																			

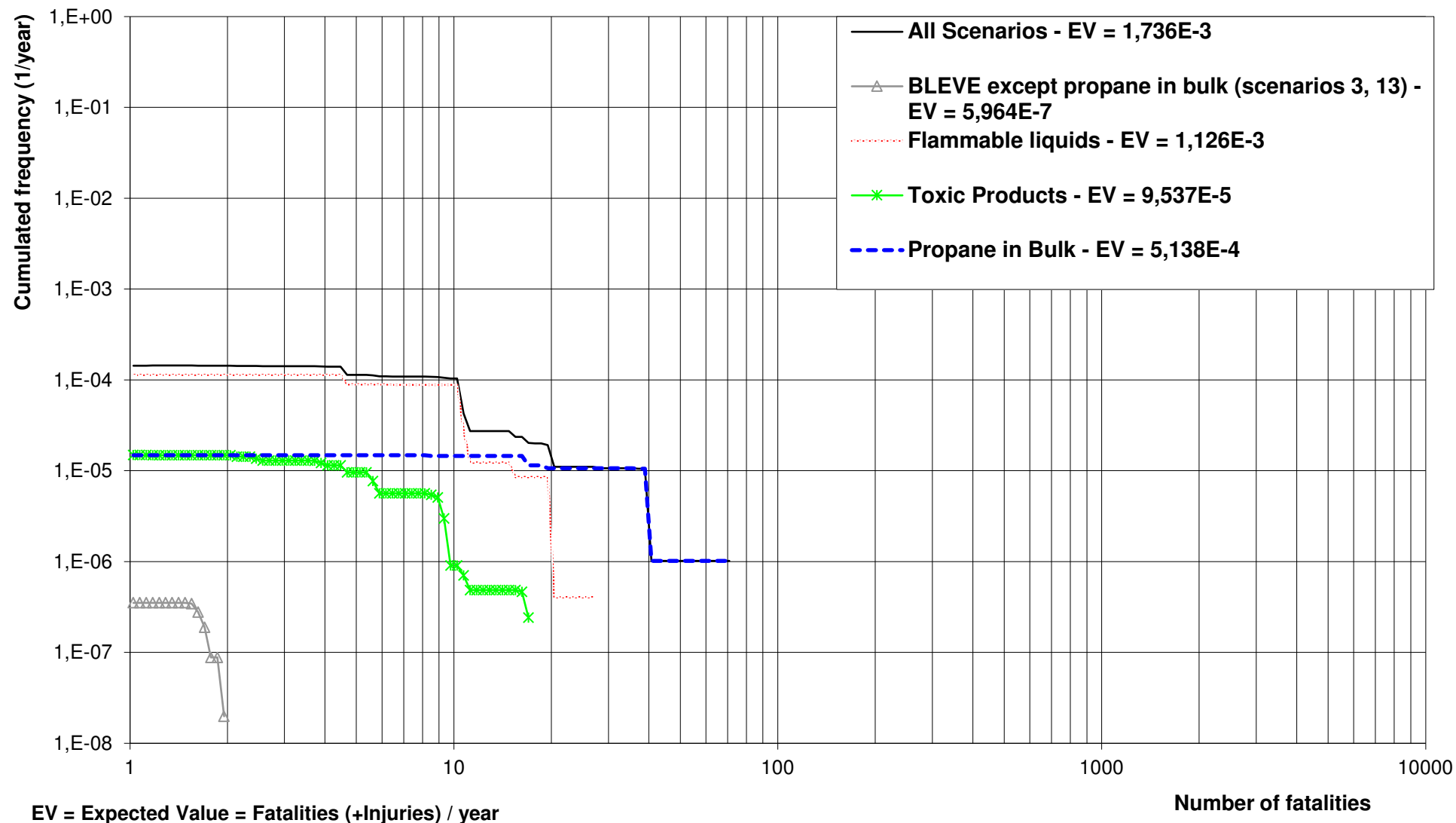
2) Data that are modifiable as a function of the route, the time period and the travel direction																					
Route characteristics	Section #	Tunnel? (0=NO) (1=YES)	X (m)	Y (m)	Straight line (m)	User defined length (m)	Urban / Rural?	Rk-DG use?	Total traffic (veh/h)	HGV ratio (adim)	Bus / coaches Ratio (adim)	Light vehicles speed (km/h)	HGV/Bus speed (km/h)	Delay (s) for stopping approaching traffic	Number of lanes	First run: User defined or Default frequency?	Accident frequency (/veh.km)	DG transport correction factor	Density of population (inhab/km²)	Country	Reserved
	0		0	0																	
	1	0	0	0	0	0	Urban	Sk	0	0	0	0	0	9000	2	User defined	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-30	Germany	0

1) Data that are constant all along a route, but that can be modified as a function of time period and travel direction																						
Route name																						
Route description																						
Average number of persons in a car		2																				
Average number of persons in a HGV		1,1																				
Average number of persons in a Bus/Coach		40																				
EDGV traffic (veh/h)		10																				
		Scen	2	Consider fires for Non-DG HGV?				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
				No																		
Proportion of each DG type in the whole for			DG potentially leading to a large (100MW) fire (except liquids)	Propane 50kg	Flammable liquids in bulk (Motor spirit, diesel oil,...)	Fraction of flammable liqs potentially leading to VCE (excl diesel oil)		Chlorine in bulk	Propane in Bulk	Propane in bulk	Propane in bulk	Ammonia in Bulk	Acrolein in bulk	Acrolein in cylinder	Liquefied refrigerated CO2 in bulk							
		Ratio:	0,000	0,000	0,000	1		0	0,000	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0	0
Remaining part:		1,000																				
Period number:		1																				
Time ratio for this period		0,58333																				
2) Data that are modifiable as a function of the route, the time period and the travel direction																						
Route characteristics		Section #	Tunnel? (b=NO) (t=YES)	X (m)	Y (m)	Straight line (m)	User defined length (m)	Urban / Rural?	Rk-DG use?	Total traffic (veh/h)	HGV ratio (adm)	Bus / coaches Ratio (adm)	Light vehicles speed (km/h)	HGV/Bus speed (km/h)	Delay (s) for stopping approaching traffic	Number of lanes	First run: User defined or Default frequency?	Accident frequency (veh&km)	DG transport correction factor	Density of population (inhab&km²)	Country	Reserved
		0	0	0	0																	
		1	0	0	0	0	0	Urban	Sk	0	0	0	0	0	9000	2	User defined	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-30	Germany	0

Computed scenarios : ; ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; ; ; ; ;



Computed scenarios : ; ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; ; ; ; ;



Versionskontrolle

Index	Datum	Version Nr.	bear.	gepr.	Bemerkungen
ohne	Juni 2020	0.0	vi	ip	keine
ohne	01.09.2020	1.0	vi	ip	keine
ohne	29.09.2020	1.1	vi	ip	Trassenänderung ohne Einfluss
ohne	16.06.2021	1.2	vi	ip	Aktualisierung der Anhänge
ohne	01.08.2022	1.3	vi	ip	Aktualisierung des Planungsstandes ohne Einfluss

- Version 0.9: Entwurf zur Abstimmung
- Version 1.0: Einarbeitung der Änderungen
- Version 1.1: Änderung der Trasse nach Abstimmung BMVI ohne Einfluss auf das Ergebniss (siehe Kap. 1.1 auf Seite 10)
- Version 1.2: Aktualisierung der Anhänge
- Version 1.3: Unwesentliche Aktualisierung des Planungsstandes. Die Änderungen haben keinen Einfluss auf die Kategorisierungsberechnung nach ADR 2007.