

# Gotthard-Strassentunnel

Auswirkungen eines Ausbaus auf zwei Röhren auf die Verkehrssicherheit  
(Road Safety Impact Assessment)

Bern 2013

# Impressum

Herausgeberin	bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 8236 CH-3001 Bern Tel. +41 31 390 22 22 Fax +41 31 390 22 30 info@bfu.ch www.bfu.ch
Kontaktperson	Gianantonio Scaramuzza, dipl. Ing. ETH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu
© bfu 2013	Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe gestattet.  Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir darauf, konsequent die männliche und weibliche Formulierung zu verwenden.
Zitationsvorschlag	bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. <i>Gotthard-Strassentunnel: Auswirkungen eines Ausbaus auf zwei Röhren auf die Verkehrssicherheit (Road Safety Impact Assessment)</i> . Bern: bfu; 2013. bfu-Grundlagen. (basierend auf bfu-Positionspapier Revision Juni 2012)

# Inhalt

<b>I.</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>Auftrag</b>	<b>5</b>
<b>III.</b>	<b>Methode</b>	<b>6</b>
	1. Vorbemerkung	6
	2. Szenario 1: Einspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren	6
	3. Szenario 2: Doppelspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren	6
	4. Vorgehen	7
<b>IV.</b>	<b>Berechnungsgrundlagen</b>	<b>8</b>
	1. Vorbemerkung	8
	2. Gotthard-Strassentunnel	8
	2.1 Unfallgeschehen	8
	2.2 Formel für die Unfallprognose	8
	3. Autobahn A2 (Basel–Chiasso)	10
	3.1 Unfallgeschehen	10
	3.2 Formel für die Unfallprognose	10
<b>V.</b>	<b>Resultate</b>	<b>11</b>
	1. Analyse des Unfallgeschehens	11
	2. Wirtschaftliche Analyse	13
	2.1 Aktuelle Unfallfolgekosten	13
	2.1.1 Grundlage	13
	2.1.2 Gotthard-Strassentunnel	13
	2.1.3 A2 ausserhalb des Tunnels	13
	2.2 Monetarisierter Nutzen eines Ausbaus auf zwei Tunnelröhren	13
	2.2.1 Szenario 1	13
	2.2.2 Szenario 2	13
<b>VI.</b>	<b>Fazit</b>	<b>15</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>16</b>

# I. Ausgangslage

Der Gotthard-Strassentunnel wurde im Herbst des Jahres 1980 eröffnet. Dieser einröhrige Tunnel stellt das Kernstück der wichtigsten Nord-Süd-Route durch die Schweiz dar und ist knapp 17 km lang. Das Verkehrsaufkommen verdoppelte sich in den 30 Jahren des Betriebs und beträgt heute rund 6 Mio. Fahrzeuge jährlich. Das entspricht einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von knapp 17 000 Fahrzeugen. Rund 60 % des alpenquerenden Motorfahrzeugverkehrs in der Schweiz werden über den Gotthard-Strassentunnel abgewickelt, die restlichen 40 % verteilen sich auf die Routen über den Grossen Sankt Bernhard, den Simplon, die Gotthard-Passstrasse und den San-Bernardino-Tunnel [1].

30 Jahre Betrieb sind nicht spurlos an der Bausubstanz des Gotthard-Strassentunnels vorüber gegangen. Eine Totalsanierung dieses Bauwerks steht an und soll voraussichtlich zwischen 2020 und 2025 erfolgen. Zur Durchführung der Arbeiten wird es unumgänglich sein, den Gotthard-Strassentunnel zeitweise vollständig zu sperren.

In diesem Zusammenhang wurden im Jahr 2008 unter anderem sowohl eine Motion als auch ein Postulat – beide aus dem Kanton Tessin – eingereicht [2,3]. Sie forderten den Bau bzw. die Projektierung einer zweiten Tunnelröhre, um während der Sanierungsphase den Verkehrsfluss gewährleisten zu können. Diese Vorstösse wurden in der Folge zugunsten des Postulats 09.3000 [4] zurückgezogen. Darin wurde der Bundesrat beauftragt, bis Ende 2010 ein Sanierungskonzept für den Gotthard-Strassentunnel auszuarbeiten. Zudem wurden 13 Fragen zu verschiedenen Aspekten auf-

geworfen, wie etwa zum Zeithorizont, zum Betrieb während der Sanierung, zu finanziellen Aspekten, zur Sicherheit im Gotthard-Strassentunnel sowie zu politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Im Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 09.3000 werden 4 Sanierungsvarianten vorgeschlagen. Diese reichen von einer vollständigen Sperrung des Tunnels während einer Bauzeit von 2 ½ Jahren bis hin zu periodischen Teilsperren [5,6].

In Zusammenhang mit der Frage einer zweiten Tunnelröhre ist von zentraler Bedeutung, dass gemäss Art. 84 der Bundesverfassung die Transitstrassen-Kapazität im Alpengebiet nicht erhöht werden darf. Eine zweite Tunnelröhre müsste demnach ohne Kapazitätserweiterung – also einspurig – betrieben werden. Ein Betrieb mit zwei Spuren pro Richtung (also pro Röhre) wäre unumgänglich mit einer Kapazitätserweiterung verbunden, was einer Änderung von Art. 84 BV und des STVG bedürfte [6].

## II. Auftrag

Zum heutigen Zeitpunkt kann die bauliche und betriebliche Situation während und nach der Sanierung des Gotthard-Strassentunnels kaum abgeschätzt werden. Wird überhaupt eine zweite Tunnelröhre gebaut, um während der Sanierung den Verkehrsfluss auf der Gotthardachse durchgehend aufrechtzuerhalten? Wird eine allfällige zweite Tunnelröhre künftig ein- oder doppelspurig betrieben? Es ist durchaus nicht abwegig anzunehmen, dass – wenn erst einmal eine zweite Tunnelröhre gebaut ist – ein sehr starker politischer Druck für einen doppelspurigen Betrieb beider Röhren entstehen wird und eine Änderung der Bundesverfassung angestrebt werden könnte.

In diesem Zusammenhang wird in der Öffentlichkeit und in den zuständigen politischen Gremien nicht nur die Kapazitätsfrage, sondern auch immer wieder die Verkehrssicherheitsfrage aufgeworfen. Die bfu hat bereits im Jahr 2002 die sicherheitstechnischen Auswirkungen des Baus einer zweiten Tunnelröhre am Gotthard analysiert [7]. Damals wurde diese Frage wegen des sehr schweren Unfalls vom 24. Oktober 2001 mit 11 getöteten Personen in der Öffentlichkeit diskutiert. Die infolge der Sanierung wieder erlangte Aktualität dieser Fragestellung veranlasste die bfu, die Analyse von 2002 zu überprüfen und wo nötig zu aktualisieren.

# III. Methode

## 1. Vorbemerkung

Eine weitsichtige Beurteilung der Verkehrssicherheits-Auswirkungen eines Ausbaus des Gotthard-Strassentunnels auf zwei Röhren muss berücksichtigen, dass eine Änderung der Bundesverfassung den zukünftigen **Betrieb** (Anzahl Spuren pro Richtung) beeinflussen kann. Deshalb werden im Folgenden zwei Szenarien skizziert und beurteilt:

## 2. Szenario 1: Einspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren

Ein einspuriger Betrieb pro Tunnelröhre (Abbildung 1) stellt keine Erweiterung der Kapazität dar. Dies wird auch im Bericht des Bundesrates [6] festgehalten. Die Verkehrsbelastung dürfte sich demnach bei Szenario 1 sowohl im Gotthard-Strassentunnel als auch auf den Zufahrtsstrecken ungefähr gleichermassen entwickeln, wie wenn kein Ausbau erfolgen würde. Somit wird für die Berechnung der Unfallprognose davon ausgegangen, dass die Zweiröhrigkeit der einzige Unterschied zwischen dem heutigen Zustand und Szenario 1 ist. Diese Ausgangslage erlaubt es, bei der Abschätzung der Auswirkungen einer zweiten Tunnelröhre in Szenario 1 aus-

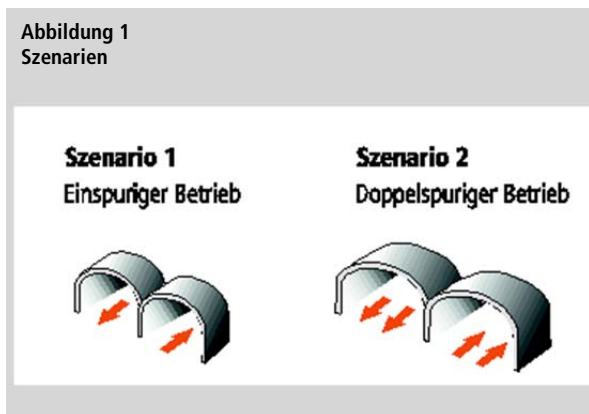
schliesslich das Unfallgeschehen im Tunnel selbst zu berücksichtigen.

## 3. Szenario 2: Doppelspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren

Ein doppelspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren (Abbildung 1) erhöht offenkundig die Kapazität auf der Gotthard-Achse. Denn im Vergleich zu einem einspurigen Betrieb dürfte dieser eine starke Signalwirkung (beispielsweise im deutschen Raum) ausüben und die Wahl des Verkehrsmittels und der Route beeinflussen. Ein doppelspuriger Betrieb des Gotthard-Strassentunnels verursacht demnach zusätzlichen Mehrverkehr, und zwar zusätzlich zur generellen Verkehrszunahme. Dieser direkt durch einen doppelspurigen Betrieb generierte Mehrverkehr wird zwangsläufig auch die Zufahrtsstrecken zum Gotthard-Strassentunnel befahren. Auf diesen Strecken unterliegt dieser Mehrverkehr ebenfalls einem Unfallrisiko und muss, weil direkt durch den doppelspurigen Betrieb bewirkt, mitberücksichtigt werden.

Die Unfallbilanz in Szenario 2 enthält somit zwei Komponenten:

- 1) die durch die Zweiröhrigkeit erzielte Unfallreduktion im Gotthard-Strassentunnel
- 2) die infolge doppelspurinduziertem Mehrverkehr verursachte Unfallzunahme sowohl im Gotthard-Strassentunnel als auch auf den Zufahrtsstrecken



Die Berücksichtigung des durch die Doppelspurigkeit generierten Mehrverkehrs in der Unfallprognose beruht auf folgenden Annahmen:

- 1) Die Auswirkungen des doppelspurinduzierten Mehrverkehrs werden lediglich auf der A2 (Chiasso–Basel) berücksichtigt, nicht aber auf dem übrigen Strassennetz in der Schweiz.
- 2) Der im Gotthard-Strassentunnel registrierte Mehrverkehr reduziert sich kontinuierlich bis zu den Landesgrenzen und beträgt in Chiasso bzw. in Basel noch 50 % der im Tunnel registrierten Zunahme. (Beispiel: Ist im Gotthard-Strassentunnel eine Zunahme von 1000 Fahrzeugen/Tag zu verzeichnen, so beträgt die Zunahme in Chiasso bzw. Basel noch 500 Fahrzeuge/Tag)<sup>1</sup>.

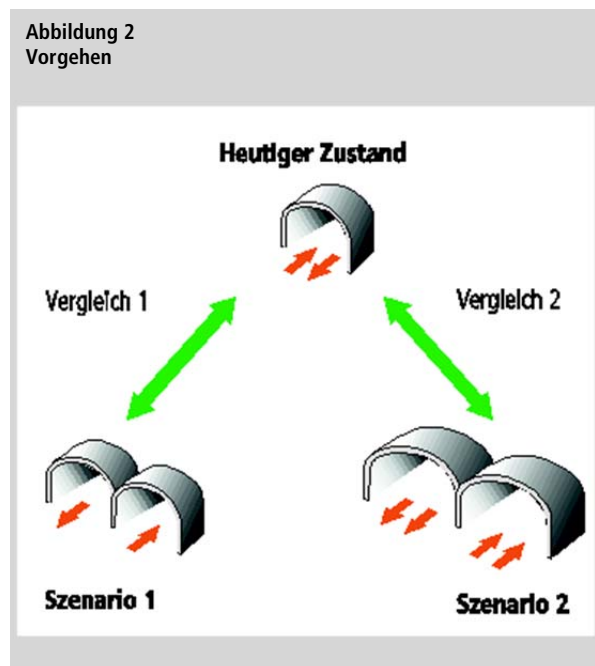
#### 4. Vorgehen

Die prognostizierten verkehrssicherheitstechnischen Auswirkungen in Szenario 1 und Szenario 2 wurden mit dem heutigen Zustand verglichen (Abbildung 2).

Dabei wurden einerseits die reinen Unfallfolgen (Getötete, Schwerverletzte, Leichtverletzte) und andererseits die Unfallfolgekosten beurteilt.

Die Resultate wurden zudem in Abhängigkeit unterschiedlicher Verkehrsmengen dargestellt. Denn infolge der kaum prognostizierbaren Entwicklung sind lediglich «Wenn-Dann»-Aussagen sinnvoll.

<sup>1</sup> Diese Annahme wurde getroffen, weil keine gesamtschweizerischen Verkehrsmodelle ausfindig gemacht werden konnten, die die verkehrlichen Auswirkungen eines Ausbaus des Gotthard-Strassentunnels auf zwei doppelspurige Röhren für das Jahr 2020 beschreiben. Die Annahme geht davon aus, dass realistischerweise nicht der gesamte, durch die Doppelspurigkeit generierte Mehrverkehr im Ausland generiert wird.



# IV. Berechnungsgrundlagen

## 1. Vorbemerkung

Die Prognose der verkehrssicherheitstechnischen Auswirkungen berücksichtigt folgende zwei Aspekte, die sowohl für den Gotthard-Strassentunnel als auch für die Zufahrtsstrecken Anwendung finden:

1. das gegenwärtige Sicherheitsniveau als Baseline,
2. eine Berechnungsformel, die es erlaubt, den Einfluss betriebstechnischer und infrastruktureller Faktoren auf das Unfallgeschehen abzuschätzen.

## 2. Gotthard-Strassentunnel

### 2.1 Unfallgeschehen

In den 11 Jahren von 1999 bis 2009 wurden im Gotthard-Strassentunnel 137 Unfälle polizeilich registriert. Dabei waren 53 leicht verletzte, 26 schwer verletzte und 17 getötete Verkehrsteilnehmer zu beklagen. Dies entspricht einem jährlichen Durchschnitt von rund 12 ½ Unfällen, 5 Leichtverletzten, 2 ½ Schwerverletzten und 1 ½ Getöteten (also 9 Verun-

**Tabelle 1**  
Unfallgeschehen im Gotthard-Strassentunnel, 1999–2009

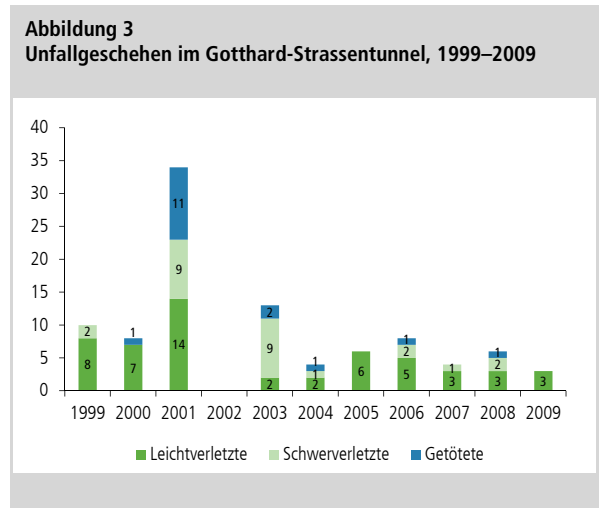
Unfalljahr	Unfallfolgen			Unfälle
	Leichtverletzte	Schwerverletzte	Getötete	
1999	8	2	0	15
2000	7	0	1	16
2001	14	9	11	19
2002	0	0	0	5
2003	2	9	2	13
2004	2	1	1	16
2005	6	0	0	16
2006	5	2	1	12
2007	3	1	0	9
2008	3	2	1	9
2009	3	0	0	7
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>137</b>
Jährlicher Durchschnitt	5	2	2	13

fallen). In diesen Zahlen eingerechnet ist der Grossunfall aus dem Jahr 2001 (Tabelle 1, Abbildung 3).

### 2.2 Formel für die Unfallprognose

Im bfu-Report Nr. 51 [8] wurden diverse Faktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Verkehrssicherheit in Autobahntunnel untersucht (untenstehende Liste). Die fett gedruckten zeigen gemäss dieser Studie einen signifikanten Einfluss auf das Unfallgeschehen, sodass die anderen für die Erklärung des Unfallgeschehens vernachlässigt werden können.

- Länge
- Röhrigkeit
- Kurvigkeit
- Längsneigung
- **Bankett** (Höhe und **Breite rechts**)
- Fahrstreifenbreite
- Raumhöhe
- **Durchschnittlicher Täglicher Verkehr (DTV)**
- **Anteil Schwerverkehr**
- Signalisierte bzw. zulässige Höchstgeschwindigkeit
- Leuchtdichte





In einem multifaktoriellen statistischen Regressionsmodell wurde des Weiteren der simultane Einfluss dieser Faktoren bestimmt. Konkret wurde ein Poisson-Modell erarbeitet. Dieses ermöglicht es, Ereignisse (Anzahl) zu modellieren bzw. vorausszusagen. Im vorliegenden Positionspapier wurde die Verunfalltenprognose für den Gotthard-Strassentunnel auf dieser Basis durchgeführt. Die Formel zur Berechnung der **prognostizierten Anzahl Verunfallter (V<sub>T</sub>)** pro Jahr in einer Tunnelanlage sowie die Bedeutung der einzelnen **Formelparameter** inkl. gültigem Wertebereich (Tabelle 2) sind nachfolgend aufgeführt.

Anmerkung: Ein nicht signifikantes Resultat bedeutet nicht, dass der entsprechende Faktor generell keinen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat. Der Faktor hat lediglich im untersuchten Wertebereich keinen unfallrelevanten Einfluss. Beliebige Werteveränderungen aller untersuchten Merkmale sind demnach ohne Sicherheitseinbuße nicht möglich.

Dabei zeigt sich, dass die Anzahl Verunfallte mit der Zunahme von Tunnellänge, Verkehrsmenge und Lastwagenanteil ansteigt und mit der Zunahme der Bankettbreite abnimmt. Ebenso weist ein zweiröhriger Tunnel eine geringere Anzahl Verunfallte auf als ein einröhriger (bei gleichbleibenden übrigen Parametern).

**Tabelle 2**  
**Poissonregression für Verunfalltenprognose in Tunnelanlagen – Formelparameter und Wertebereiche**

$$V_T = \exp [ -18.67 + (0.69 \cdot \ln(A)) + (-0.75 \cdot B) + (1.46 \cdot \ln(C)) + (0.39 \cdot \ln(D)) + (-0.47 \cdot \ln(E)) ]$$

**Formel 1: Poissonregression für Verunfalltenprognose in Tunnelanlagen**

Bedeutung der Formelparameter:	Gültige Wertebereiche:
V <sub>T</sub> = Anzahl Verunfallte im Tunnel	
A = Tunnellänge in Meter	200 bis 17 000 m
B = Anlagentyp (1= 1-röhrig/ 2= 2-röhrig)	1 bzw. 2
C = DTV (Durchschnittlicher Täglicher Verkehr)	2000 bis 100 000
D = Lastwagenanteil am DTV (in %)	2.5 bis 23 %
E = Bankettbreite in Meter	0.5 bis 2.8 m

Anmerkung:  
Die Anwendung dieses Regressionsmodells auf den spezifischen Fall des Gotthard-Strassentunnels (A= 17 000 m, B= 1, C= 16 200 Fahrzeuge/Tag, D= 10 %, E= 1.1 m) prognostiziert 11 Verunfallte pro Jahr, was die Realität recht gut abbildet.

### 3. Autobahn A2 (Basel–Chiasso)

#### 3.1 Unfallgeschehen

Von 1999 bis 2009 verunfallten auf der A2 zwischen Basel und Chiasso (exkl. Gotthard-Strassentunnel) 6773 Verkehrsteilnehmer (Tabelle 3). Dies entspricht einem jährlichen Durchschnitt von rund 616 Verunfallten (537 Leichtverletzte, 70 Schwerverletzte und 9 Getötete).

4192 Verkehrsteilnehmer verunfallten nördlich des Gotthard-Strassentunnels, 2581 südlich davon. Mit dem Ansatz der Verunfalltenrate gemäss der VSS-Norm [9] lässt sich das fahrleistungsbezogene Risiko quantifizieren, dem die Verkehrsteilnehmer auf einer bestimmten Strecke unterliegen. Die Verrechnung der Anzahl Verunfallten mit den Fahrleistungen gemäss den automatischen Strassenverkehrszählungen des Bundesamtes für Strassen ergibt folgende Verunfalltenraten ( $V_r$ ):

- $V_r$  für die A2 Chiasso–Airolo: 15,9 Verunfallte pro 100 Mio. Fahrzeugkilometer
- $V_r$  für die A2 Göschenen–Basel: 14,7 Verunfallte pro 100 Mio. Fahrzeugkilometer

#### 3.2 Formel für die Unfallprognose

Durch einfache Umrechnung lässt sich eine Formel zur Prognose der **Anzahl Verunfallter ( $V_A$ )** pro Jahr auf Autobahnen herleiten. Die Bedeutung der einzelnen Formelparameter kann Tabelle 4 entnommen werden.

**Tabelle 3**  
Unfallgeschehen auf der A2 (ausgenommen Gotthard-Strassentunnel), 1999–2009

Jahr	Unfallfolgen		
	Leichtverletzte	Schwerverletzte	Getötete
1999	655	105	14
2000	650	101	7
2001	694	100	15
2002	582	88	15
2003	525	74	13
2004	511	72	7
2005	439	33	2
2006	512	55	6
2007	484	54	10
2008	406	46	3
2009	449	40	6
<b>Total</b>	<b>5 907</b>	<b>768</b>	<b>98</b>
Jährlicher Durchschnitt	537	70	9

**Tabelle 4**  
Verunfalltenprognose auf Autobahnen – Formelparameter

$$V_A = (V_r * L * DTV * 365) / 10^8$$

Formel 2: Berechnung der Anzahl Verunfallter auf der freien Strecke

Bedeutung der Formelparameter:

$V_A$  = Anzahl Verunfallte auf der A2 (exkl. Gotthard-Strassentunnel)

$V_r$  = Verunfalltenrate

$L$  = Länge des Autobahnabschnittes



$DTV$  = Durchschnittlicher Täglicher Verkehr

# V. Resultate

## 1. Analyse des Unfallgeschehens

### Szenario 1: Einspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren

Tabelle 5 zeigt den Vergleich der prognostizierten Anzahl Verunfallter im Gotthard-Strassentunnel. Es zeigt sich, dass bei einer Verkehrsmenge von 16 800 Fahrzeugen/Tag (entspricht ungefähr der heutigen Verkehrsmenge) der Bau einer zweiten Röhre die jährliche Anzahl Verunfallte um rund 6 reduzieren (von rund 11 auf rund 5) kann.

Tabelle 5 Erwartete Anzahl jährlich Verunfallter (Verletzte + Getötete) im Gotthard-Strassentunnel (angenommener Lastwagenanteil: 10 %)	
	Erwartete Anzahl jährlich Verunfallter im Gotthard-Strassentunnel (DTV = 16 800; heutiger Stand)
Eine Tunnelröhre – zweispurig 	10,7
Szenario 1 	5

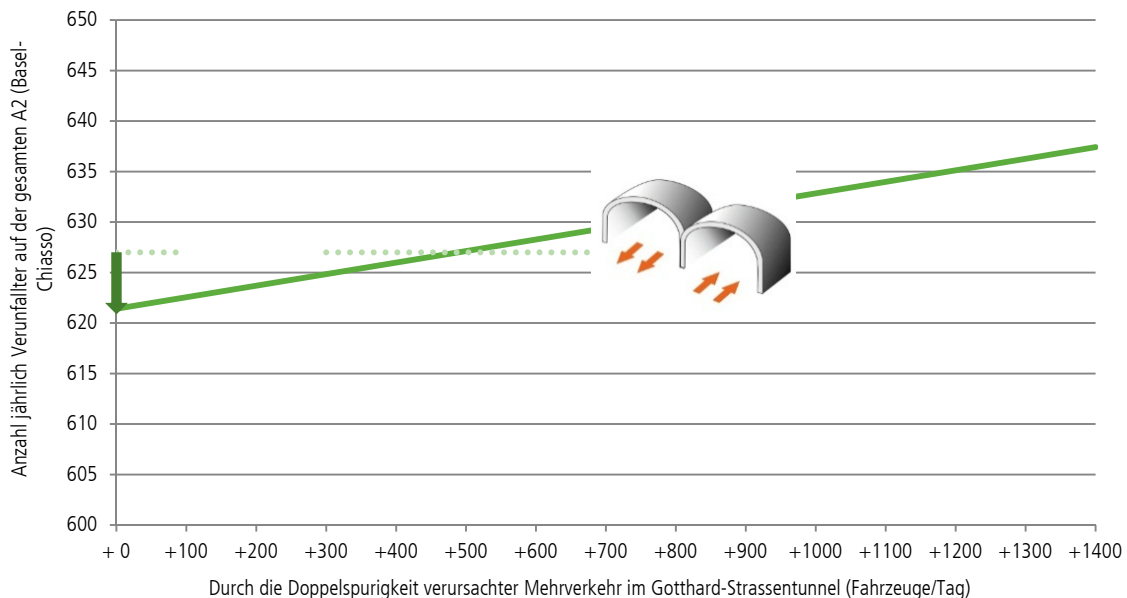
## Szenario 2: Doppelspuriger Betrieb der beiden Tunnelröhren

In Abbildung 4 visualisiert die ausgezogene Linie die prognostizierte Anzahl Verunfallte auf der gesamten A2 (Basel–Chiasso inkl. Gotthard-Strassentunnel) in Abhängigkeit der durch den doppelspurigen Betrieb direkt verursachten Verkehrszunahme im Gotthard-Strassentunnel. Die gestrichelte Linie stellt dabei das (modellierte) aktuelle Niveau des Unfallgeschehens dar (616 Verunfallte ausserhalb des Gotthard-Strassentunnels plus 11 im Tunnel).

1. Bei unveränderter Verkehrsmenge im Gotthard-Strassentunnel und folglich auch keinem Mehrverkehr auf der übrigen A2 wirkt lediglich der positive Einfluss der Zweiröhrigkeit, sodass eine Reduktion von rund 6 Verunfallten pro Jahr erwartet werden kann (grüner Pfeil).

2. Bereits geringe Mengen vom unmittelbar durch den doppelspurigen Betrieb generierten Mehrverkehr im Gotthard-Strassentunnel machen den durch die Zweiröhrigkeit erzielten Sicherheitsgewinn wieder zunichte. Bei einer doppelspurinduzierten Verkehrszunahme im Gotthard-Strassentunnel von 500 Fahrzeugen/Tag (resp. 3 %) gleicht der Sicherheitsverlust infolge Mehrverkehr den Sicherheitsgewinn der zweiten Röhre aus (Schnittpunkt der gestrichelten Linie mit der ausgezogenen Geraden). Bei 1000 Fahrzeugen/Tag (resp. 6 %) doppelspurinduziertem Mehrverkehr im Gotthard-Strassentunnel ist mit einer Zunahme von jährlich rund 6 Verunfallten zu rechnen.

**Abbildung 4**  
Erwartete Anzahl der jährlich Verunfallten (Verletzte + Getötete) auf der gesamten A2 (Basel–Chiasso) in Abhängigkeit der betriebsbedingten Verkehrszunahme im Gotthard-Strassentunnel (Lastwagenanteil im Tunnel: 10 %).



## 2. Wirtschaftliche Analyse

### 2.1 Aktuelle Unfallfolgekosten

#### 2.1.1 Grundlage

Die Berechnung der Unfallfolgekosten stützt sich auf die monetarisierten Ansätze gemäss [10]. Die zu erwartende Anzahl Verunfallte rechnet sich nach den bereits in Kapitel V.1, S. 11 verwendeten Prognoseformeln (Formeln 1 und 2). Zur Berechnung der Unfallfolgekosten muss jedoch die Anzahl der Verunfallten nach Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten aufgeteilt werden. Dies erfolgt im gleichen Verhältnis wie das registrierte Unfallgeschehen auf den entsprechenden Abschnitten (Tabelle 6).

#### 2.1.2 Gotthard-Strassentunnel

Bei einer Verkehrsbelastung in der heutigen Gröszenordnung verursachen die Unfälle im Gotthard-Strassentunnel **materielle Kosten** von jährlich rund 1,9 Mio. CHF. Wenn man jedoch die verursachten Kosten nach volkswirtschaftlichem Ansatz berechnet, führt dies gemäss [10] zu höheren Werten, weil bei dieser Betrachtungsweise auch immaterielle Kosten mitberücksichtigt werden. Jährlich ist mit **volkswirtschaftlichen Kosten** von rund 4,4 Mio. CHF zu rechnen.

#### 2.1.3 A2 ausserhalb des Tunnels

Bei einer Verkehrsbelastung in der heutigen Gröszenordnung ist auf der Strecke Basel–Chiasso mit **materiellen Kosten** von jährlich rund 31,1 Mio. CHF zu rechnen. Gemäss **volkswirtschaftlichem Ansatz** belaufen sich die Kosten auf rund 85,5 Mio. CHF.

## 2.2 Monetarisierter Nutzen eines Ausbaus auf zwei Tunnelröhren

### 2.2.1 Szenario 1

Für Szenario 1 genügt es, lediglich die Auswirkungen im Gotthard-Strassentunnel zu beurteilen (Kap. III.2, S. 6). Der jährliche Nutzen ergibt sich aus der Differenz zwischen den prognostizierten Unfallkosten für den einröhrigen und den zweiröhrigen Betrieb. Für die Berechnung des Nutzens über die gesamte Lebensdauer wird von einer Totalsanierung der zweiten Tunnelröhre in 40 Jahren ausgegangen (analog der Lebensdauer der heutigen Anlage). Gemäss Tabelle 6 resultiert aus einem Ausbau auf zwei Röhren bei einspurigem Betrieb für die gesamte Lebensdauer ein materieller Gewinn von 40 Mio. CHF bzw. ein volkswirtschaftlicher Gewinn von 93 Mio. CHF.

### 2.2.2 Szenario 2

Wie in Kapitel III.3, S. 6 erläutert, ist davon auszugehen, dass ein doppelspuriger Betrieb der zwei Tunnelröhren unmittelbar Mehrverkehr generiert (der konsequenterweise auf der gesamten Nord-Süd-Achse einem Unfallrisiko unterliegt). Deshalb umfasst eine Gesamtbetrachtung nicht nur den Sicherheitsgewinn der Zweiröhrigkeit, sondern auch den Sicherheitsverlust infolge Unfälle des durch Doppelspurigkeit verursachten Mehrverkehrs. Je nach Annahme über den Umfang dieses doppelspurbedingten Mehrverkehrs resultiert in Szenario 2 ein monetarisierte Gewinn oder Verlust. Der kritische Wert des durch Doppelspurigkeit verursachten Mehrverkehrs im Gotthard-Strassentunnel liegt bei der wirtschaftlichen Analyse bei rund 1400 Fahrzeugen/Tag (Tabelle 6).

Tabelle 6

Wirtschaftliche Analyse und Bilanz eines Ausbaus des Gotthard-Strassentunnels auf zwei Röhren für ausgewählte bauliche und betriebliche Zustände

	Heutige Situation		Szenario 1		Szenario 2								
													
	Tunnel	freie Strecke	Tunnel	freie Strecke	Durch Doppelspurigkeit generierter Mehrverkehr im Gotthard-Strassentunnel (Fz./Tag)								
				Annahme ± 0		Annahme + 500		Annahme + 1400		Annahme + 2000			
				Tunnel	freie Strecke	Tunnel	freie Strecke	Tunnel	freie Strecke	Tunnel	freie Strecke	Tunnel	freie Strecke
<b>Total Verunfallte (jährlich)</b>	<b>10.6</b>	<b>615.7</b>	<b>5</b>	<b>615.7</b>	<b>5</b>	<b>615.7</b>	<b>5.2</b>	<b>621.2</b>	<b>5.6</b>	<b>631.1</b>	<b>6.2</b>	<b>637.7</b>	
Leichtverletzte	7.7	537.0	3.6	537.0	3.6	537.0	3.8	541.8	4.0	550.4	4.5	556.2	
Schwerverletzte	1.9	69.8	0.9	69.8	0.9	69.8	0.9	70.4	1.0	71.6	1.1	72.3	
Getötete	1.0	8.9	0.5	8.9	0.5	8.9	0.5	9.0	0.5	9.1	0.6	9.2	
<b>Total Verunfallte (40 Jahre)</b>	<b>424</b>	<b>24 628</b>	<b>200</b>	<b>24 628</b>	<b>200</b>	<b>24 628</b>	<b>208</b>	<b>24 848</b>	<b>224</b>	<b>25 244</b>	<b>248</b>	<b>25 508</b>	
Leichtverletzte	306.1	21 479.0	144.4	21 479.0	144.4	21 479.0	150.2	21 670.9	161.7	22 016.3	179.1	22 246.5	
Schwerverletzte	76.7	2 792.6	36.2	2 792.6	36.2	2 792.6	37.6	2 817.5	40.5	2 862.5	44.9	2 892.4	
Getötete	41.1	356.3	19.4	356.3	19.4	356.3	20.2	359.5	21.7	365.3	24.1	369.1	
<b>Kosten (jährlich, in Mio. CHF)</b>													
Materielle Kosten	1.9	31.1	0.9	31.1	0.9	31.1	0.9	31.3	1.0	31.8	1.1	32.2	
Volkswirtschaftliche Kosten	4.4	85.5	2.1	85.5	2.1	85.5	2.2	86.3	2.3	87.6	2.6	88.6	
<b>Kosten (40 Jahre, in Mio. CHF)</b>													
Materielle Kosten	75.7	1 242.8	35.7	1 242.8	35.7	1 242.8	37.1	1 253.9	40.0	1 273.9	44.3	1 287.2	
Volkswirtschaftliche Kosten	176.9	3 419.8	83.4	3 419.8	83.4	3 419.8	86.8	3 450.4	93.4	3 505.3	103.4	3 542.0	
<b>Nutzen (materiell, 40 Jahre, in Mio. CHF)</b>			<b>40</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>39</b>	<b>-11</b>	<b>36</b>	<b>-31</b>	<b>31</b>	<b>-44</b>	
<b>Nutzen (volkswirtschaftl., 40 Jahre, in Mio. CHF)</b>			<b>93</b>	<b>0</b>	<b>93</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>-31</b>	<b>83</b>	<b>-86</b>	<b>73</b>	<b>-122</b>	

Anmerkungen:

DTV im Gotthard-Strassentunnel (Baseline): 16 800 Fahrzeuge/Tag

Die Anzahl Verunfallte wurde für jedes Szenario sowie für die aktuelle Situation aufgrund der Formeln 1 und 2 prognostiziert.

Die Verteilung der Verunfallten auf Leichtverletzte, Schwerverletzte und Getötete im Tunnel erfolgt auf der Basis der Verteilung der Unfallfolgen im Gotthard-Strassentunnel im Zeitraum 1992–2009.

Die Verteilung der Verunfallten auf Leichtverletzte, Schwerverletzte und Getötete auf der A2 erfolgt auf der Basis der Verteilung der Unfallfolgen auf der A2 im Zeitraum 1999–2009.

**Kostensätze**

	Materielle Kostensätze (CHF)	Volkswirtschaftliche Kostensätze (CHF)
Leichtverletzte	18 700	50 200
Schwerverletzte	110 300	442 900
Getötete	1 496 000	3 100 100

## VI. Fazit

1. Zwischen 1999–2009 waren im Gotthard-Strassentunnel jährlich durchschnittlich 9 Unfallopfer zu beklagen. Im Jahresdurchschnitt wurden 1-2 Personen getötet. Zum Vergleich: Im gleichen Zeitraum gab es in der gesamten Schweiz durchschnittlich pro Jahr über 28'000 Verkehrsunfallopfer (davon 470 Getötete).
2. Wissenschaftliche Analysen zeigen, dass der Ausbau eines einröhrigen Tunnels auf zwei Röhren die Anzahl Unfallopfer um 53% reduziert. Der zu erwartende Sicherheitsgewinn eines Ausbaus des Gotthard-Strassentunnels auf zwei einspurige Röhren (Szenario 1) beträgt jährlich rund 5 Verunfallte (4 Leichtverletzte, 1 Schwerverletzter und alle zwei Jahre 1 Getötete). Der volkswirtschaftliche Nutzen beträgt jährlich 2,3 Mio. CHF. Auf die 40 Jahre Lebensdauer des Gotthard-Strassentunnels gerechnet beträgt der verkehrssicherheitstechnische Gewinn bei dieser Betriebsart rund 220 Verunfallte (162 Leichtverletzte, 41 Schwerverletzte und 22 Getötete). Es kann mit der Einsparung materieller Kosten von 40 Mio. CHF bzw. volkswirtschaftlicher Kosten von 93 Mio. CHF gerechnet werden. Im Vergleich zum gesamtschweizerischen Unfallgeschehen ist das Rettungspotenzial also gering.
3. Würden die Kapazitäten (z. B. ein doppelspuriger Betrieb, Szenario 2) im Tunnel erhöht und käme es dadurch zu Neuverkehr auf den Zufahrtsstrecken und im Tunnel, so wäre dieser ebenfalls einem Unfallrisiko ausgesetzt. Die Betrachtung der gesamten Transitstrecke (Basel-Chiasso) zeigt, dass bereits ein Mehrverkehr von 3 % resp. 500 Fahrzeuge/Tag im Gotthard-Strassentunnel den durch die zweite Röhre erzielten Sicherheitsgewinn aufheben würde. Ein Neuverkehr von 1400 Fahrzeugen/Tag (+8 %) würde auch die durch die zweite Röhre eingesparten volkswirtschaftlichen Kosten der Unfälle kompensieren. Dieser Unterschied rührt daher, dass die – für die wirtschaftliche Analyse zu berücksichtigende – Verteilung der Anzahl Verunfallter in «Getötete», «Schwerverletzte» und «Leichtverletzte» im und ausserhalb des Tunnels differieren.

# Quellenverzeichnis

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA. *Gotthard-Strassentunnel: Faktenblatt 1*. ASTRA. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/21555.pdf>. Zugriff am 01.12.2011.
- [2] Marty D. *Motion 08.3594: Gotthard-Strassentunnel. Zweite Röhre mit einspuriger Verkehrsführung*. Curia Vista - Geschäftsdatenbank. [http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch\\_id=20083594](http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20083594). Zugriff am 01.12.2011.
- [3] Lombardi F. *Postulat 08.3745: Sanierung des Gotthard-Strassentunnels. Bau einer zweiten Röhre*. Curia Vista - Geschäftsdatenbank. [http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch\\_id=20083745](http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20083745). Zugriff am 01.12.2011.
- [4] Kommission für Verkehr und Fernmeldewesen SR (08.3594). *Postulat 09.3000: Sanierung des Gotthard-Strassentunnels*. Curia Vista Geschäftsdatenbank. [http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch\\_id=20093000](http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20093000). Zugriff am 01.12.2011.
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA. *Gotthard-Strassentunnel - die Sanierung: Faktenblatt 3*. ASTRA. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/21561.pdf>. Zugriff am 01.12.2011.
- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft. *Sanierung des Gotthard-Strassentunnels; Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 09.3000 der Kommission für Verkehr und Fernmeldewesens des Ständerates vom 12. Januar 2009*. Schweizerische Eidgenossenschaft. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/21569.pdf>. Zugriff am 01.12.2011.
- [7] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *Gotthardstrassentunnel - eine Risikoanalyse*. Bern: bfu; 2002. Argumentarium.
- [8] Salvisberg U, Allenbach R, Cavegn M, Hubacher M, Siegrist S. *Verkehrssicherheit in Autobahn- und Autostrassentunnels des Nationalstrassennetzes*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2004. bfu-Report 51.
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Auswertung von Strassenverkehrsunfällen; Kopfnorm*. Zürich: VSS; 1997. VSS-Norm SN 640 006.
- [10] Cavegn M, Ewert U, Allenbach R. *Auswirkungen der Via sicura-Massnahmen*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Grundlagen.