



Volkswirtschaftliche Analyse der Errichtung von Infrastruktur: Berechnungen und Ergebnisvergleich anhand zweier alternativer Brückenbauvarianten

Von

Friedrich Schneider & Christian E. Wall

Gliederung

- 1. Ausgangslage und Bauvarianten**
- 2. Berechnungen von externen Kosten**
 - 2.1 Zeitverlustkosten**
 - 2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden**
 - 2.3 Unfallkosten**
 - 2.4 Zusammenfassung der Kosten**
- 3. Ganzheitliche Bewertung der Bauvarianten**
- 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**

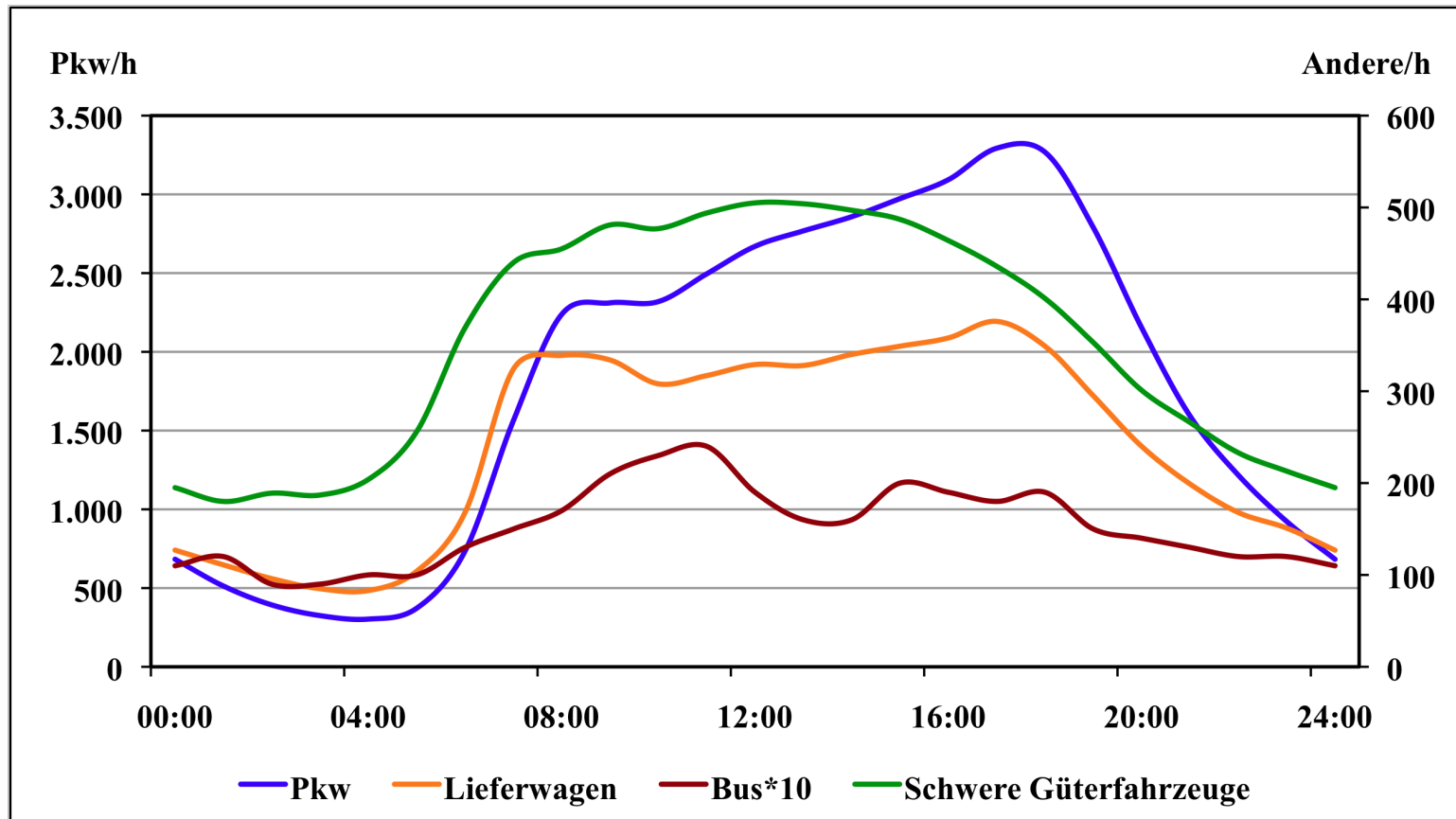
1. Ausgangslage und Bauvarianten

1.1 Ausgangslage

- Fallbeispiel:** **Neubau einer Straßenbrücke über eine bestehende 6-streifige Autobahn**
- Referenzabschnitt:** **A1 Westautobahn, Anschlussstelle Enns-West**
- DTV_{Autobahn} :** **58.680 Kfz / Tag**
(DTV = durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke)
- Tageszeitliche Verteilung gemäß beiliegendem Datenblatt (siehe Appendix Figur A.1¹⁾)**
- Untersuchungsziel:** **Einbeziehung externer Kosten zur ganzheitlichen Bewertung der Errichtung von Infrastruktur**

¹⁾ **Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein/OÖ im Zeitraum 05.2009 bis 04.2010.**

Figur A.1: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)



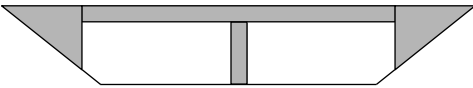
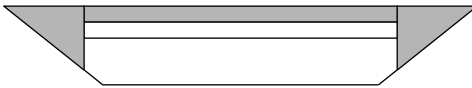
Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)

A1 (05.2009-04.2010)	Pkw	Lieferwagen	Bus	Schwere Güterfahrzeuge	Kfz gesamt
Jahresmittel (DTV)	43.848 74,7%	5.878 10,0%	367 0,6%	8.587 14,6%	58.680 100,0%

1. Ausgangslage und Bauvarianten (Forts.)

1.2 Alternative Konstruktionsarten bzw. Bauvarianten

Tabelle 1.2: Bauzeit und Verkehrsführung der Bauvarianten

Dauer	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze 	Verbundbrücke ohne Mittelstütze 
Netto-Bauzeit	35 Wochen	21 Wochen
Verkehrsführung		
3 + 3	5 Wochen	21 Wochen
2 + 2	5 Wochen	–
4 + 0	25 Wochen	–
Brutto-Bauzeit ¹⁾	41 Wochen (08.2009-05.2010)	23 Wochen (07/08.2009-12.2009)

¹⁾ Inkl. Stillstandszeiten (Feiertage und Schlechtwetter)

(Siehe auch Tabelle A.2
im Appendix)

Tabelle A.2: Bauen am Bestand: Bauzeit und Verkehrseinschränkung

Tätigkeit	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	
	Dauer [Wochen]	Verkehrseinschränkung
Verkehrsumlegung	1	2 + 2
Herstellung Mittelpfeiler inkl. Pfähle	4	2 + 2
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Herstellung Widerlager 1 inkl. Pfähle	4	4 + 0
Lehrgerüst	2	4 + 0
Herstellung Tragwerk Feld 1	5	4 + 0
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Herstellung Widerlager 2 inkl. Pfähle	4	4 + 0
Lehrgerüst	2	4 + 0
Herstellung Tragwerk Feld 2	5	4 + 0
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Abdichtung, Brückenausrüstung	4	3 + 3
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Netto-Bauzeit [Wochen]:	35	
Verkehrsführung [Wochen]:	3 + 3	5
	2 + 2	5
	4 + 0	25

Tätigkeit	Verbundbrücke ohne Mittelstütze	
	Dauer [Wochen]	Verkehrseinschränkung
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Herstellung Widerlager inkl. Pfähle	10	3 + 3
Herstellung Tragwerk	5	3 + 3
Abdichtung, Brückenausrüstung	4	3 + 3
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Netto-Bauzeit [Wochen]:	21	
Verkehrsführung [Wochen]:	3 + 3	21
	2 + 2	0
	4 + 0	0

Anmerkungen:

- Ausführung der Brücken mit integralen Widerlagern.
- Die angegebene Bauzeit bzw. Abschnittsdauer beschreibt die reine Bauzeit (Netto-Bauzeit) – feiertags- und witterungsbedingte Stillstandszeiten sind hier noch nicht inkludiert und müssen noch entsprechend hinzugezählt werden.
- Bei der Variante "Verbundbrücke ohne Mittelstütze" wurde ein erhöhter Fertigungsaufwand bei den Widerlagern angenommen.
- Die angegebenen Bauzeiten stellen Richtgrößen im Variantenvergleich dar. Bei beiden Varianten besteht noch Forcierungspotenzial. So wurden etwa Verbundbrücken ohne Mittelstütze bereits in 14 Wochen Gesamtbauzeit errichtet.
- Die konkrete Form der 3+3-Verkehrsführung bei der Variante "Verbundbrücke ohne Mittelstütze" kann – abhängig von den situativen Gegebenheiten des Baufelds – sehr unterschiedlich ausgestaltet sein. So können etwa die Arbeiten an den Widerlagern mitunter ganz ohne Einschränkung (Tempolimits) für den unterführten Verkehr durchgeführt werden.

2. Berechnungen von externen Kosten

2.1 Zeitverlustkosten

2.1 Zeitverlustkosten durch die baustellenbedingte Verkehrsführung

Rahmendaten:

Arten der Verkehrsführung

3 + 3 : Auf beiden Richtungsfahrbahnen werden je drei Fahrstreifen geführt.

Variante Verbund: Während der gesamten Bauzeit

Variante Ortbeton: Während der Abschlussarbeiten

2 + 2 : Auf beiden Richtungsfahrbahnen werden je zwei Fahrstreifen geführt.

Variante Ortbeton: Während der Errichtung des Mittelpfeilers

4 + 0 : Vier Fahrstreifen werden auf einer Richtungsfahrbahn konzentriert, zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung.

Variante Ortbeton: Während der Errichtung der Widerlager und Tragwerksfelder

2.1 Zeitverlustkosten (Forts.)

Tabelle 2.1.1: Geschwindigkeitseinschränkung aufgrund der Verkehrsführung

Verkehrsführung	max. 100 km/h	max. 80 km/h	max. 60 km/h
3 + 3	0,200 km	1,280 km	–
2 + 2	0,200 km	1,730 km	–
4 + 0	0,200 km	1,735 km	0,470 km

(Siehe auch Tabelle A.3 im Appendix)

Tabelle A.3: Schematische Darstellung der Verkehrsführung

Lage der Baustelle			Verkehrsführung											
			Keine Verkehrseinschränkung				4 + 0 (Bauphase 1) ¹⁾				2 + 2 (Bauphase 0)			
			RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit	RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit	RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit
KM														
156,300														
156,400		∅	↑↑↑			∅	↑↑↑			∅	↑↑↑			
156,500						100								
156,600						80								
156,700														
156,800														
156,900									156,900	100				
157,000						↓↓↓								
157,100									157,100	80				
157,200														
157,300														
157,400	157,400	Mittelstreifenüberfahrt				60	157,300	∅						
157,500									↓↓↓		157,400	∅		
157,600						80	157,350		157,500					
157,700							↑↑				157,450			
157,800											↑↑			
157,900	157,967	Brückenbaustelle												
158,000														
158,100														
158,200														
158,300														
158,400														
158,500														
158,600									↓↓					
158,700	158,700	Mittelstreifenüberfahrt				60	158,600	80	158,780					
158,800							↓↓				158,730			
158,900							∅		158,830	∅	↑↑↑			
159,000														
159,100														
159,200											80			
159,300												100		
159,400														
159,500														
159,600														
159,700														
159,800														
159,900			↓↓↓		∅	↓↓↓		∅	↓↓↓			∅		

Länge der Streckenabschnitte mit Tempo-	100	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200
limits [km]	80	-	-	1,620	1,850	1,730	1,730
	60	-	-	0,560	0,380	-	-

¹⁾ Entsprechend gegengleich in Bauphase 2.

2.1 Zeitverlustkosten (Forts.)

Tabelle 2.1.2: Zeitverlust durch die baustellenbedingte Verkehrsführung

Verkehrsführungsart	pro Tag (58.680 Kfz)	pro Woche (7 Tage)
3 + 3 ¹⁾	352 Stunden	2.464 Stunden
2 + 2 ²⁾	469 Stunden	3.283 Stunden
4 + 0 ³⁾	704 Stunden	4.928 Stunden

- 1) **3 + 3 : 0,36 Minuten/Kfz** = 60 Minuten x [0,2 km / (100 km x 85,4 % + 80 km x 14,6 %) + 1,28 km / 80 km – (0,2 km + 1,28 km) / 122,5 km ⁴⁾]
- 2) **2 + 2 : 0,48 Minuten/Kfz** = 60 Minuten x [0,2 km / (100 km x 85,4 % + 80 km x 14,6 %) + 1,73 km / 80 km – (0,2 km + 1,73 km) / 122,5 km ⁴⁾]
- 3) **4 + 0 : 0,72 Minuten/Kfz** = 60 Minuten x [0,2 km / (100 km x 85,4 % + 80 km x 14,6 %) + 1,735 km / 80 km + 0,47 km / 60 km – (0,2 km + 1,735 km + 0,47 km) / 122,5 km ⁴⁾]

⁴⁾ Gewichtete durchschnittliche Regulärgeschwindigkeit = 122,5 km/h

2.1 Zeitverlustkosten (Forts.)

Tabelle 2.1.3: Zeitverlustkosten

Verkehrsführungsart	pro Tag (58.680 Kfz)	pro Woche (7 Tage)
3 + 3	9.710 € ¹⁾	67.970 €
2 + 2	12.940 € ²⁾	90.580 €
4 + 0	19.420 € ³⁾	135.940 €

(gerundet)

Ansatz unproduktive Zeit: 20,- €/h für Pkws (74,7 %)
50,- €/h für alle übrigen Kfz (25,3 %)

1) 3 + 3 : 9.710 € = 352 Stunden x (20 €/h x 74,7 % + 50 €/h x 25,3 %)

2) 2 + 2 : 12.940 € = 469 Stunden x (20 €/h x 74,7 % + 50 €/h x 25,3 %)

3) 4 + 0 : 19.420 € = 704 Stunden x (20 €/h x 74,7 % + 50 €/h x 25,3 %)

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden

- (1) Staus und Umleitungen werden durch Verkehrsüberlastung, Unfälle oder sonstige Verkehrsbehinderungen ausgelöst.**
- (2) Verkehrsüberlastung ist abhängig vom Ausmaß des Verkehrsaufkommens sowie vom Ausmaß der (baustellenbedingten) Verkehrseinengung.**
- (3) Unfallereignisse sind hingegen von einer Vielzahl von situativen Faktoren (Fahrbahnbeschaffenheit, Verkehrsführung, Verkehrsaufkommen, etc.) abhängig.**

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

- (4) Im Folgenden wird das baustellenbedingt veränderte Ausmaß der Kosten aus Stau- und Umleitungsstunden bei einer 4+0-Verkehrsführung im Zuge einer Realdatenanalyse¹⁾ zum konkreten Referenzbeispiel mittels Vergleich mit der Vorperiode abgeschätzt.
- (5) Die hieraus gewonnenen Daten erlauben eine erste grobe Abschätzung der Stau- und Umleitungskosten. Eine präzisere Bewertung bedarf jedoch der Untersuchung mehrerer Beispielfälle bei unterschiedlicher Verkehrsführung.
- (6) **Primäre Ausgangsparameter der Kostenschätzung:**
- Dauer der Stauereignisse
 - Maximale Staulänge
 - Betroffene Fahrtrichtungen
 - Einrichtung einer Umleitung
- ¹⁾ *Quelle:* Verkehrsdaten der Ö3-Verkehrszentrale (ORF Mediaservice).

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

Tabelle 2.2.1: Stau- und Umleitungskosten der Bauphase bei 4+0-Verkehrsführung (Auszug Berechnungstabelle)

Nr.	Zeitpunkt (Staubeginn)	Unfall als Auslöser	Baustelle	Dauer des Stauereignisses [Minuten]	Maximale Staulänge [km]	Betroffene Fahrtrichtungen	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau [Minuten/Kfz]	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Umleitung [Minuten/Kfz]	Anzahl der betroffenen Pkw	Anzahl der betroffenen sonstigen Kfz	Stau- und Umleitungskosten
	Mo 14.09.2009	Beginn	Bauphase 1 (Errichtung Widerlager Nord und Tragwerk Feld 1; 4+0-Verkehrsführung)								
1	Do 16.09.2009 20:22		1	83	1	1	2,9		1.414	390	2.540
2	Sa 19.09.2009 09:49		1	65	2	1	5,9		1.400	492	5.720
3	Fr 02.10.2009 19:10		1	33	0,5	1	1,5		767	182	670
...
8	Di 03.11.2009 08:02	1		261	6	1	17,6	3,1	5.363	1.893	77.090
...
12	Sa 12.12.2009 10:24		1	87	0,5	1	1,5		1.756	597	1.800
	Mo 11.01.2010	Beginn	Bauphase 2 (Errichtung Widerlager Süd und Tragwerk Feld 2 sowie abschließende Komplettierungsarbeiten; 4+0-Verkehrsführung)								
13	Do 14.01.2010 17:44	1	1	74	7	1	20,6		2.430	586	29.280
14	Do 14.01.2010 19:56	1	1	0	0	1	0		0	0	0
15	So 16.01.2010 16:14		1	189	2	2	5,9		10.773	2.708	37.820
...
23	Mo 12.04.2010 08:38	1		409	8	1	23,5	22,5	9.209	3.010	283.350
24	Mi 14.04.2010 13:02		1	28	0,5	1	1,5		646	198	630
25	Fr 16.04.2010 16:08	1		0	0	1	0		0	0	0
26	Di 27.04.2010 15:10	1		2	0,5	1	1,5		50	14	50
27	Fr 07.05.2010 13:33		1	19	2	1	5,9		438	134	1.680
28	Fr 14.05.2010 10:10			0	0	1	0		0	0	0
	Fr 21.05.2010	Fertigstellung der Brücke (anschließende Verkehrsfreigabe)									
Gesamte Stau- und Umleitungskosten (36 Wochen):											462.000
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Woche:											12.830
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Tag:											1.833

(gerundet)

(Siehe auch Tabelle A.4 im Appendix)

Tabelle A.4: Stau- und Umleitungskosten der Bauphase

Nr.	Zeitpunkt (Staubeginn)	Unfall als Auslöser	Baustelle	Dauer des Stauereignisses [Minuten]	Maximale Staulänge [km]	Betroffene Fahr-richtungen	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau [Minuten/Kfz]	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Umleitung [Minuten/Kfz]	Anzahl der betroffenen Pkw	Anzahl der betroffenen sonstigen Kfz	Stau- und Umleitungskosten
	Mo 10.08.2009		Beginn Bauphase 0 (Mittelpfeiler; 2+2-Verkehrsführung)								
1	Do 27.08.2009 15:22		1	47	0,5	1	1,5		1.173	334	1.100
2	So 06.09.2009 11:49	1		12	0,5	1	1,5		251	84	250
	Mo 14.09.2009		Beginn Bauphase 1 (Errichtung Widerlager Nord und Tragwerk Feld 1; 4+0-Verkehrsführung)								
3	Do 16.09.2009 20:22		1	83	1	1	2,9		1.414	390	2.540
4	Sa 19.09.2009 09:49		1	65	2	1	5,9		1.400	492	5.720
5	Fr 02.10.2009 19:10		1	33	0,5	1	1,5		767	182	670
6	Mi 14.10.2009 11:49			8	0,5	1	1,5		166	56	170
7	Do 29.10.2009 13:24	1		56	3	1	8,8		2.016	610	11.450
8	Do 29.10.2009 18:00	1		52	0,5	1	1,5		1.416	333	1.230
9	So 01.11.2009 17:17	1		0	0	1	0		0	0	0
10	Di 03.11.2009 08:02	1		261	6	1	17,6	3,1	5.363	1.893	77.090
11	Fr 13.11.2009 09:11	1		16	0,5	1	1,5		308	111	320
12	Mi 18.11.2009 06:55		1	29	0,5	1	1,5		343	179	440
13	Fr 04.12.2009 16:33	1		100	0,5	1	1,5		2.696	688	2.420
14	Sa 12.12.2009 10:24		1	87	0,5	1	1,5		1.756	597	1.800
	Mo 11.01.2010		Beginn Bauphase 2 (Errichtung Widerlager Süd und Tragwerk Feld 2 sowie abschließende Komplettierungsarbeiten; 4+0-Verkehrsführung)								
15	Do 14.01.2010 17:44	1	1	74	7	1	20,6		2.430	586	29.280
16	Do 14.01.2010 19:56	1	1	0	0	1	0		0	0	0
17	So 16.01.2010 16:14		1	189	2	2	5,9		10.773	2.708	37.820
18	Sa 30.01.2010 10:36	1		25	0,5	1	1,5		485	169	500
19	Fr 05.02.2010 18:43		1	30	0,5	1	1,5		765	181	670
20	Do 18.03.2010 21:51	1	1	0	0	1	0		0	0	0
21	Fr 26.03.2010 07:03	1		15	0,5	1	1,5		195	97	240
22	Mi 31.03.2010 16:48	1		35	0,5	2	1,5		1.881	486	1.700
23	Mi 31.03.2010 17:49		1	21	0,5	1	1,5		574	140	510
24	Di 06.04.2010 15:34			71	0,5	1	1,5		1.804	501	1.680
25	Mo 12.04.2010 08:38	1		409	8	1	23,5	22,5	9.209	3.010	283.350
26	Mi 14.04.2010 13:02		1	28	0,5	1	1,5		646	198	630
27	Fr 16.04.2010 16:08	1		0	0	1	0		0	0	0
28	Di 27.04.2010 15:10	1		2	0,5	1	1,5		50	14	50
29	Fr 07.05.2010 13:33		1	19	2	1	5,9		438	134	1.680
30	Fr 14.05.2010 10:10			0	0	1	0		0	0	0
	Fr 21.05.2010		Fertigstellung der Brücke (Verkehrsfreigabe beider Richtungsfahrbahnen)								
Gesamte Stau- und Umleitungskosten (41 Wochen):											463.300
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Woche:											11.300
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Tag:											1.614
											(gerundet)

Kostenart	Pkw [EUR/h]	Sonstige Kfz [EUR/h]
Verspätungskostensatz	20	50
Energiekostensatz	0,82	4,46
Umweltkostensatz	0,12	4,26
Gesamtkostensatz	20,94	58,72

Angenommene mittlere Durchfahrungs-geschwindigkeit (Stau):	17,5 km/h
Angenommene mittlere Regulärgeschwindigkeit:	122,5 km/h

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

Tabelle 2.2.2: Stau- und Umleitungskosten des Vergleichszeitraums vor der Bauphase (Auszug Berechnungstabelle)

Nr.	Zeitpunkt (Staubeginn)	Unfall als Auslöser	Baustelle	Dauer des Stauereignisses [Minuten]	Maximale Staulänge [km]	Betroffene Fahr-richtungen	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau [Minuten/Kfz]	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Umleitung [Minuten/Kfz]	Anzahl der betroffenen Pkw	Anzahl der betroffenen sonstigen Kfz	Stau- und Umleitungs-kosten
	Mo 11.08.2008			Beginn Vergleichszeitraum vor der Baumaßnahme							
V1	Mi 25.02.2009 20:34	1		42	0,5	1	1,5		679	184	600
	Fr 22.05.2009			Ende Vergleichszeitraum vor der Baumaßnahme							
Gesamte Stau- und Umleitungskosten (41 Wochen):											600
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Woche:											15
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Tag:											2
											(gerundet)
Kostenart				Pkw	Sonstige Kfz						
				[EUR/h]	[EUR/h]						
Verspätungskostensatz				20	50						
Energiekostensatz				0,82	4,46						
Umweltkostensatz				0,12	4,26						
Gesamtkostensatz				20,94	58,72						
Angenommene mittlere Durchfahrgeschwindigkeit (Stau):							17,5 km/h				
Angenommene mittlere Regulärgeschwindigkeit:							122,5 km/h				

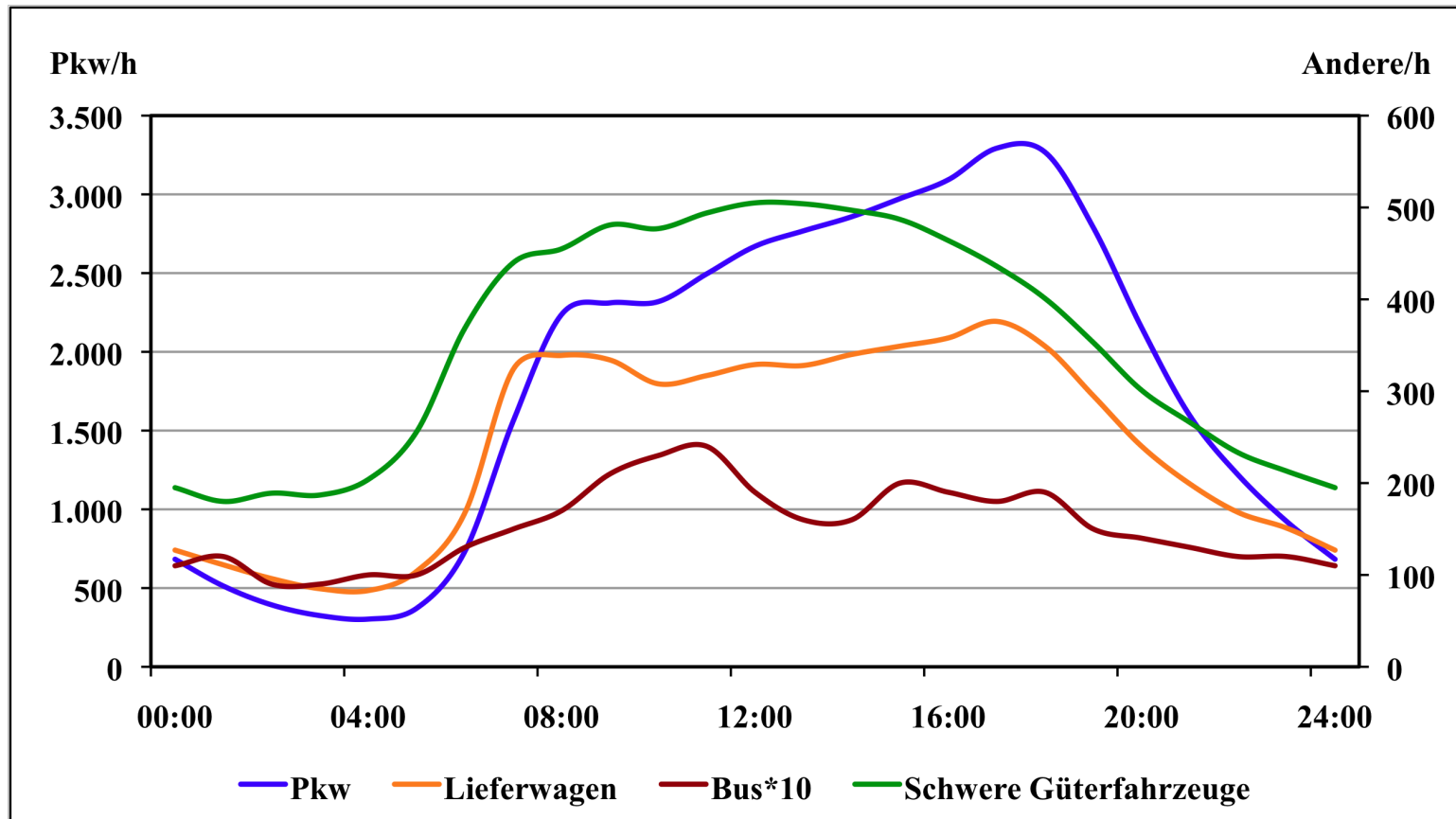
2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

- (7) Die mittlere Durchfahrgeschwindigkeit bezogen auf die maximale Staulänge wurde mit 17,5 km/h angenommen.
- (8) Als gewichtete durchschnittliche Regulärgeschwindigkeit wurde 122,5 km/h festgelegt. Man geht hier davon aus, dass Pkws und Lieferwagen (zusammen 84,7 % der Kfz) im Mittel mit der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h unterwegs sind, Busse (0,6 % der Kfz) mit 100 km/h und Lkws (14,6 % der Kfz) mit 80 km/h.
- (9) Die durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Staus errechnet sich wie folgt:
- $$= 60 \text{ Minuten} \times \text{Maximale Staulänge [km]} \\ \times \left(\frac{1}{\text{Mittlere Durchfahrgeschwindigkeit [km/h]}} - \frac{1}{\text{Mittlere Regulärgeschwindigkeit [km/h]}} \right)$$

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

- (10) Umleitungen wurden im Zuge von zwei Stauereignissen während der Bauphase jeweils temporär eingerichtet.**
- (11) Die Anzahl der betroffenen Kfz ergibt sich aus dem Zeitpunkt des Staus sowie seiner dokumentierten Dauer entsprechend der in diesem Zeitraum im Mittel passierenden Kfz gemäß dem mittleren Tagesgang des Fahrzeugaufkommens (siehe Appendix Figur A.1).**

Figur A.1: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)



Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)

A1 (05.2009-04.2010)	Pkw	Lieferwagen	Bus	Schwere Güterfahrzeuge	Kfz gesamt
Jahresmittel (DTV)	43.848 74,7%	5.878 10,0%	367 0,6%	8.587 14,6%	58.680 100,0%

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

(12) Die Stau- und Umleitungskosten der Einzelereignisse errechnen sich wie folgt:

$$\begin{aligned} &= (\text{Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau und ggf.} \\ &\quad \text{Umleitung [Minuten/Kfz]} \\ &\quad / 60 \text{ [Minuten]} \\ &\quad \times \text{Anzahl der betroffenen Pkws} \\ &\quad \times \text{Gesamtkostensatz Pkws [€/h]} \\ &+ \text{Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau und ggf.} \\ &\quad \text{Umleitung [Minuten/Kfz]} \\ &\quad / 60 \text{ [Minuten]} \\ &\quad \times \text{Anzahl der betroffenen sonstige Kfz} \\ &\quad \times \text{Gesamtkostensatz sonstige Kfz [€/h])} \end{aligned}$$

2.2 Kosten der Stau- und Umleitungsstunden (Forts.)

Tabelle 2.2.3: Zunahme der Stau- und Umleitungskosten im Zuge der Baumaßnahme im Rahmen der 4+0-Verkehrsführung

Gesamte Stau- und Umleitungskosten (36 Wochen)¹⁾:	€ 461.400
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Woche:	€ 12.820
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Tag:	€ 1.830

(gerundet)

¹⁾ = Kosten der Bauphase (€ 462.000) – Kosten Vergleichsperiode (€ 600)

Tabelle 2.2.4: Kostensätze

Kostenart	Pkw [€/h]	Sonstige Kfz [€/h]
Verspätungskostensatz	20	50
Energiekostensatz	0,82	4,46
Umweltkostensatz	0,12	4,26
Gesamtkostensatz	20,94	58,72

2.3 Unfallkosten

(1) Während der Dauer der 4+0-Verkehrsführung von 36 Wochen wurden 15 Stauereignisse durch Unfälle ausgelöst. Darüber hinaus ereigneten sich (Folge-)Unfälle in Staubereichen. In der Vergleichsperiode vor der Bauphase wurde hingegen nur ein Unfallereignis registriert.

(2) Statistische Grundlagen zur Berechnung von Unfallkosten bietet die „Unfallkostenrechnung Straße 2007“ des BMVIT:

Demnach kam es bei insgesamt 780.370 Unfällen auf Österreichs Straßen im Jahr 2004 zu 42.657 Unfällen mit Personenschäden (Anteil UPS: 5,47 %).

Durchschnittlich verunglückten im Jahr 2004 pro Unfall mit Personenschaden (UPS) auf Autobahnen in Österreich 1,56 Personen, davon kamen 0,05 Personen ums Leben, 0,42 Personen waren schwer und 1,10 Personen waren leicht verletzt.

2.3 Unfallkosten (Forts.)

Tabelle 2.3.1: Durchschnittliche Unfallkosten eines Kostenträgers bzw. einer Schadensart

Unfallkosten	Preisstand 2004 (inkl. menschlichen Leids)
Getötete	2.461.345 €
Schwerverletzte (SVL)	291.275 €
Leichtverletzte (LVL)	20.896 €
Sachschäden (pro Unfall)	4.075 €

Quelle: Unfallkostenrechnung Straße 2007 (BMVIT)

2.3 Unfallkosten (Forts.)

(3) Steigerung der Unfallkosten bei 4+0-Verkehrsführung pro Woche (inkl. Wert des menschlichen Leids):

$$\begin{aligned} &= [(15 \text{ Unfälle in der Bauphase} - 1 \text{ Unfall in der Vergleichsperiode}) \\ &\quad \times 5,47 \% \text{ UPS-Anteil} \\ &\quad \times (0,05 \text{ Personen} \times 2.461.345 \text{ €} + 0,42 \text{ Personen} \times 291.275 \text{ €} \\ &\quad \quad + 1,10 \text{ Personen} \times 20.896 \text{ €}) \\ &\quad + (15 \text{ Unfälle in der Bauphase} - 1 \text{ Unfall in der Vergleichsperiode}) \\ &\quad \times 4.075 \text{ €}] \\ &\quad / 36 \text{ Wochen} \\ &\quad / 108,1 (\text{VPI 2000:2004}) \times 125,0 (\text{VPI 2000:2011}) \\ &= \underline{\underline{8.430 \text{ € pro Woche bei 4+0-Verkehrsführung}}} \quad \text{(gerundet)} \\ &\quad (1.200 \text{ € pro Tag bei 4+0-Verkehrsführung}) \end{aligned}$$

2.4 Zusammenfassung der Kosten

**Tabelle 2.4.1: Baustellenbedingte externe Kosten pro Zeiteinheit
(unvollständig)**

Externe Kosten pro Zeiteinheit	Verkehrsführung	pro Tag	pro Woche
Zeitverlustkosten	3 + 3	9.710 €	67.970 €
	2 + 2	12.940 €	90.580 €
	4 + 0	19.420 €	135.940 €
Stau- und Umleitungskosten	3 + 3
	2 + 2
	4 + 0	1.830 €	12.820 €
Unfallkosten	3 + 3
	2 + 2
	4 + 0	1.200 €	8.430 €

2.4 Zusammenfassung der Kosten (Forts.)

- (1) Das vorliegende Datenmaterial lässt hinsichtlich der Stau- und Umleitungskosten sowie der Unfallkosten lediglich eine Abschätzung der Kosten der 4+0-Verkehrsführung für das konkrete Referenzbeispiel zu. Zur vorläufigen Bewertung der beiden anderen untersuchten Verkehrsführungsarten bedarf es an dieser Stelle einer Annahme.**
- (2) Begründet durch die größeren Fahrstreifenbreiten, die höhere Verkehrssicherheit durch das Fahren auf getrennten Richtungsfahrbahnen sowie der im Falle einer 3+3-Verkehrsführung zur Verfügung stehenden zusätzlichen Fahrstreifen wird von folgenden Verhältniswerten ausgegangen:**

2 + 2 : 50 % des Ausmaßes der 4+0-Verkehrsführung

3 + 3 : 5 % des Ausmaßes der 4+0-Verkehrsführung

2.4 Zusammenfassung der Kosten (Forts.)

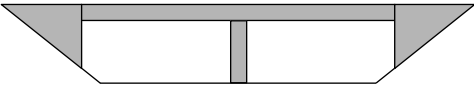
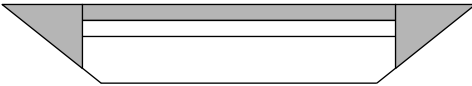
Tabelle 2.4.2: Baustellenbedingte externe Kosten pro Zeiteinheit

Externe Kosten pro Zeiteinheit	Verkehrsführung	pro Tag	pro Woche
Zeitverlustkosten	3 + 3	9.710 €	67.970 €
	2 + 2	12.940 €	90.580 €
	4 + 0	19.420 €	135.940 €
Stau- und Umleitungskosten	3 + 3	90 €	640 €
	2 + 2	920 €	6.410 €
	4 + 0	1.830 €	12.820 €
Unfallkosten	3 + 3	60 €	420 €
	2 + 2	600 €	4.210 €
	4 + 0	1.200 €	8.430 €
Summe der externen Kosten pro Zeiteinheit	3 + 3	9.860 €	69.030 €
	2 + 2	14.460 €	101.200 €
	4 + 0	22.450 €	157.190 €

(gerundet)

2.4 Zusammenfassung der Kosten (Forts.)

Tabelle 2.4.3: Summe der baustellenbedingten externen Kosten je Bauvariante

Externe Kosten je Bauvariante auf Basis der Netto-Bauzeit	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze 	Verbundbrücke ohne Mittelstütze 
Verkehrsführung 3 + 3	345.000 € (5w)	1.450.000 € (21w)
2 + 2	506.000 € (5w)	
4 + 0	3.930.000 € (25w)	–
Summe der externen Kosten je Bauvariante	4.781.000 € (35w)	1.450.000 € (21w)

(gerundet)

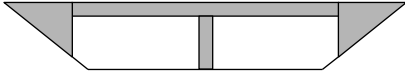
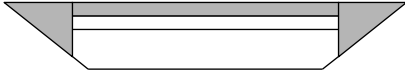
Ersparnis externer Kosten Verbundbrücke: € 3,331 Mio.

3. Ganzheitliche Bewertung der Bauvarianten

- (1) Eine ganzheitliche Bewertung der Bauvarianten beinhaltet die Errichtungs- und Erneuerungskosten, die Instandhaltungskosten, die externen Kosten, die mit der Errichtung der Brücke verbunden sind.**
- (2) Errichtungs- und Erneuerungskosten beinhalten Errichtungskosten sowie abgezinste Abbruch- und Erneuerungskosten der unterschiedlichen Bauteile inklusive des hierfür jeweils erforderlichen Verwaltungsaufwands. Hierbei sind auch unterschiedliche (interne) Kosten der Verkehrsführung zu berücksichtigen.**
- (3) Instandhaltungskosten sind kapitalisierte jährlich anfallende Kosten des Unterhalts (Wartung und Inspektion) der einzelnen Brückenbauteile.**
- (4) Externe Kosten können den obigen Berechnungen entnommen werden (siehe Folien 22f.) und setzen sich aus Zeitverlust-, Stau- und Umleitungskosten sowie Unfallkosten der Errichtung zusammen.**

3. Ganzheitliche Bewertung der Bauvarianten (Forts.)

Tabelle 3: Gesamtkosten der Bauvarianten

Kosten	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze  ND = 70 Jahre	Verbundbrücke ohne Mittelstütze  ND = 100 Jahre
Errichtung/Erneuerung	1.900.000 €	2.380.000 €
+ Verkehrsführung	340.000 €	–
+ Instandhaltung	490.000 €	540.000 €
+ Externe Effekte	4.780.000 €	1.450.000 €
= Gesamtkosten	7.510.000 €	4.370.000 €

Kostensparnis Verbundbrücke: € 3,140 Mio.

(Siehe auch
Tabelle A.5
im Appendix)

Tabelle A.5: Berechnungsansätze der Lebenszykluskostenrechnung

Berechnungsansätze (Annahmen)	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	Stahlverbundbrücke ohne Mittelstütze
Errichtungs- und Erneuerungskosten:		
Unterbau	280.000 EUR	430.000 EUR
Rohtragwerk	430.000 EUR	800.000 EUR
Brückenausrüstung	140.000 EUR	140.000 EUR
Abbruchkosten bei Erneuerung (in % der Errichtungskosten)	20 %	20 % (13,5 % ¹⁾)
Verwaltungskosten (in % der Errichtungs- und Abbruchkosten)	20 %	20 %
Verkehrsführungskosten:		
Mehrkosten der Errichtung und Unterhaltung der Verkehrsführung	210.000 EUR ²⁾	–
Verwaltungskosten (in % der Errichtungs- und Unterhaltungskosten)	20 %	20 %
Theoretische Nutzungsdauer:		
Unterbau	110 Jahre	110 Jahre
Rohtragwerk	70 Jahre³⁾	100 Jahre³⁾
Bei 30 % der Brückenausrüstung	20 Jahre	20 Jahre
Bei 70 % der Brückenausrüstung	30 Jahre	30 Jahre
Jährliche Instandhaltungskosten:		
Unterbau (in % der Errichtungs- einschließlich Verwaltungskosten)	0,5 %	0,5 %
Rohtragwerk (in % w.o.)	0,8 %	0,8 % Tragwerk Ort beton ⁴⁾
30 % der Brückenausrüstung (in % w.o.)	1,5 %	1,5 %
70 % der Brückenausrüstung (in % w.o.)	1,2 %	1,2 %

Tabelle A.5: Berechnungsansätze der Lebenszykluskostenrechnung (Forts.)

Berechnungsansätze (Annahmen)	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	Stahlverbundbrücke ohne Mittelstütze
Diskontierungszinssatz:⁵⁾		
Nominelle Verzinsung	4,0 % p.a.	4,0 % p.a.
Baupreisindex Brückenbau	2,5 % p.a.	2,5 % p.a.
Inflationsangepasster Diskontierungszinssatz	1,5 % p.a.	1,5 % p.a.

¹⁾ Annahme: Bei den Abbruchkosten des Rohtragwerks werden 20 % der Errichtungskosten an Abbruchkosten abzüglich 6,5 % der Errichtungskosten als Erlös für den Baustahlschrott angenommen. Ein allfälliger Bewehrungsschrotterlös trifft beide Varianten im gleichen Ausmaß (die Menge an Bewehrungsstahl ist bei beiden Varianten über sämtliche Bauteile gerechnet – mit Ausnahme der Bohrpfähle – in etwa gleich hoch). Das Ausmaß des Schrotterlöses in % der Errichtungskosten des Rohtragwerks ist abhängig vom Anteil des Baustahls an den Errichtungskosten sowie vom Schrottpreis pro Tonne.

²⁾ Beinhaltet unter anderem: Herstellung von Mittelstreifenüberfahrten für die 4+0-Verkehrsführung; mehrmaliges Versetzen und Umstellen von Betonleitwänden und sonstigen Verkehrsleiteinrichtungen.

³⁾ Annahme: Totalerneuerung der Brücke am Ende der theoretischen Nutzungsdauer des Rohtragwerks.

⁴⁾ Annahme: Bei wetterfester Ausführung der Stahlverbundträger sind die jährlichen Instandhaltungskosten des Tragwerks bei beiden Varianten absolut gesehen gleich hoch. Durch die gleiche Dimension der beiden Brücken bei gleichzeitig höheren Errichtungskosten der Stahlverbundvariante ist für die Stahlverbundvariante ein geringerer Prozentsatz heranzuziehen.

⁵⁾ Bewusst konservative Annahme in Hinblick auf den Variantenvergleich.

Weitere Annahmen:

- Beide Brücken werden mit integralen Widerlagern errichtet.
- Die Lichtraumprofilbreite der überführten Autobahn wurde mit 46,50 m angenommen.
- Immer wiederkehrende Erneuerung der Brücken.
- Zahlungsgleiche Kosten.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- (1) Baumaßnahmen am Bestand verursachen beträchtliche externe Kosten (im Beispielfall zwischen T€ 69 und T€ 157 pro Woche bzw. bis zu € 4,781 Mio. insgesamt)!**
- (2) Durch Monetarisierung dieser Kosten können externe Effekte in Entscheidungsprozessen der Planung Berücksichtigung finden.**
- (3) Geringe Baufeldbeanspruchung und kurze Bauzeiten können externe Kosten drastisch reduzieren (im Beispielfall bis zu € 3,331 Mio.)!**

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Forts.)

- (4) Bei einer ganzheitlichen Bewertung der Bauvariante Ort betonbrücke mit Mittelstütze und Verbundbrücke ohne Mittelstütze beträgt die gesamte Kostenersparnis der Verbundbrücke ohne Mittelstütze ca. € 3,140 Mio.**
- (5) Daraus kann man eindeutig die Schlussfolgerung ziehen, dass die Verbundbrücke ohne Mittelstütze gewählt werden soll, nicht nur würden € 3,140 Mio. eingespart, sondern es käme auch zu weniger Staus und Umleitungen.**

Appendix

INHALT

Figur A.1: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)

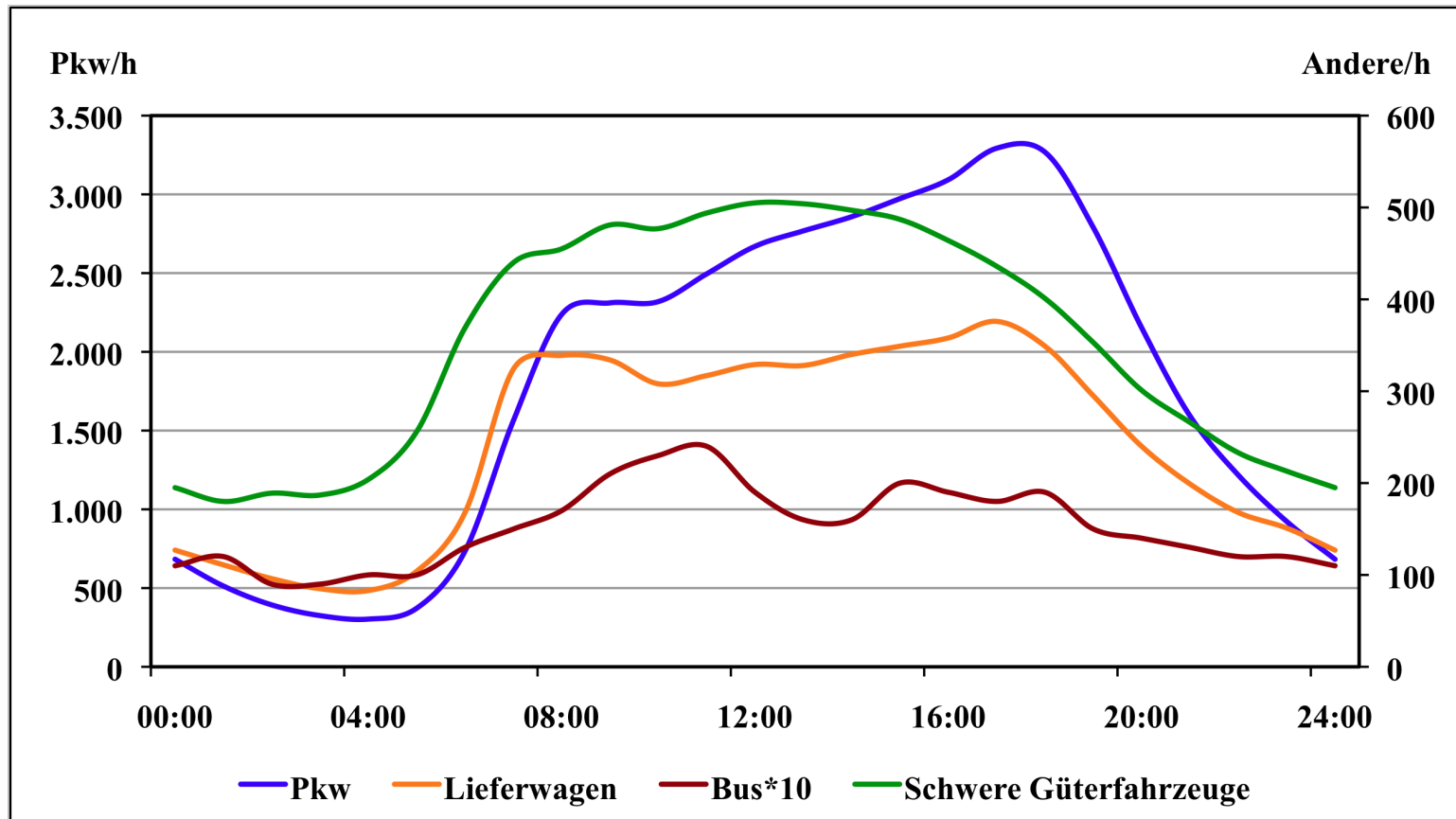
Tabelle A.2: Bauen am Bestand: Bauzeit und Verkehrseinschränkung

Tabelle A.3: Schematische Darstellung der Verkehrsführung

Tabelle A.4: Stau- und Umleitungskosten der Bauphase

Tabelle A.5: Berechnungsansätze der Lebenszykluskostenrechnung

Figur A.1: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)



Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Kristein (05.2009-04.2010)

A1 (05.2009-04.2010)	Pkw	Lieferwagen	Bus	Schwere Güterfahrzeuge	Kfz gesamt
Jahresmittel (DTV)	43.848 74,7%	5.878 10,0%	367 0,6%	8.587 14,6%	58.680 100,0%

Tabelle A.2: Bauen am Bestand: Bauzeit und Verkehrseinschränkung

Tätigkeit	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	
	Dauer [Wochen]	Verkehrseinschränkung
Verkehrsumlegung	1	2 + 2
Herstellung Mittelpfeiler inkl. Pfähle	4	2 + 2
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Herstellung Widerlager 1 inkl. Pfähle	4	4 + 0
Lehrgerüst	2	4 + 0
Herstellung Tragwerk Feld 1	5	4 + 0
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Herstellung Widerlager 2 inkl. Pfähle	4	4 + 0
Lehrgerüst	2	4 + 0
Herstellung Tragwerk Feld 2	5	4 + 0
Verkehrsumlegung	1	4 + 0
Abdichtung, Brückenausrüstung	4	3 + 3
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Netto-Bauzeit [Wochen]:	35	
Verkehrsführung [Wochen]:	3 + 3	5
	2 + 2	5
	4 + 0	25

Tätigkeit	Verbundbrücke ohne Mittelstütze	
	Dauer [Wochen]	Verkehrseinschränkung
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Herstellung Widerlager inkl. Pfähle	10	3 + 3
Herstellung Tragwerk	5	3 + 3
Abdichtung, Brückenausrüstung	4	3 + 3
Verkehrsumlegung	1	3 + 3
Netto-Bauzeit [Wochen]:	21	
Verkehrsführung [Wochen]:	3 + 3	21
	2 + 2	0
	4 + 0	0

Anmerkungen:

- Ausführung der Brücken mit integralen Widerlagern.
- Die angegebene Bauzeit bzw. Abschnittsdauer beschreibt die reine Bauzeit (Netto-Bauzeit) – feiertags- und witterungsbedingte Stillstandszeiten sind hier noch nicht inkludiert und müssen noch entsprechend hinzugezählt werden.
- Bei der Variante "Verbundbrücke ohne Mittelstütze" wurde ein erhöhter Fertigungsaufwand bei den Widerlagern angenommen.
- Die angegebenen Bauzeiten stellen Richtgrößen im Variantenvergleich dar. Bei beiden Varianten besteht noch Forcierungspotenzial. So wurden etwa Verbundbrücken ohne Mittelstütze bereits in 14 Wochen Gesamtbauzeit errichtet.
- Die konkrete Form der 3+3-Verkehrsführung bei der Variante "Verbundbrücke ohne Mittelstütze" kann – abhängig von den situativen Gegebenheiten des Baufelds – sehr unterschiedlich ausgestaltet sein. So können etwa die Arbeiten an den Widerlagern mitunter ganz ohne Einschränkung (Tempolimits) für den unterführten Verkehr durchgeführt werden.

Tabelle A.3: Schematische Darstellung der Verkehrsführung

Lage der Baustelle			Verkehrsführung											
			Keine Verkehrseinschränkung				4 + 0 (Bauphase 1) ¹⁾				2 + 2 (Bauphase 0)			
			RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit	RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit	RFB SZB	Tempolimit	RFB WIE	Tempolimit
KM														
156,300														
156,400		∅	↑↑↑			∅	↑↑↑			∅	↑↑↑			
156,500						100								
156,600						80								
156,700														
156,800														
156,900									156,900	100				
157,000						↓↓↓								
157,100									157,100	80				
157,200														
157,300														
157,400	157,400	Mittelstreifenüberfahrt				60	157,300	∅						
157,500									↓↓↓		157,400	∅		
157,600						80	157,350		157,500					
157,700							↑↑				157,450			
157,800											↑↑			
157,900	157,967	Brückenbaustelle												
158,000														
158,100														
158,200														
158,300														
158,400														
158,500														
158,600									↓↓					
158,700	158,700	Mittelstreifenüberfahrt				60	158,600	80	158,780					
158,800							↓↓				158,730			
158,900							∅		158,830	∅	↑↑↑			
159,000														
159,100														
159,200											80			
159,300												100		
159,400														
159,500														
159,600														
159,700														
159,800														
159,900			↓↓↓		∅	↓↓↓		∅	↓↓↓			∅		

Länge der Streckenabschnitte mit Tempo-	100	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200
limits [km]	80	-	-	1,620	1,850	1,730	1,730
	60	-	-	0,560	0,380	-	-

¹⁾ Entsprechend gegengleich in Bauphase 2.

Tabelle A.4: Stau- und Umleitungskosten der Bauphase

Nr.	Zeitpunkt (Staubeginn)	Unfall als Auslöser	Baustelle	Dauer des Stauereignisses [Minuten]	Maximale Staulänge [km]	Betroffene Fahr-richtungen	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Stau [Minuten/Kfz]	Durchschnittliche Verzögerung pro Kfz aus Umleitung [Minuten/Kfz]	Anzahl der betroffenen Pkw	Anzahl der betroffenen sonstigen Kfz	Stau- und Umleitungskosten
	Mo 10.08.2009		Beginn Bauphase 0 (Mittelpfeiler; 2+2-Verkehrsführung)								
1	Do 27.08.2009 15:22		1	47	0,5	1	1,5		1.173	334	1.100
2	So 06.09.2009 11:49	1		12	0,5	1	1,5		251	84	250
	Mo 14.09.2009		Beginn Bauphase 1 (Errichtung Widerlager Nord und Tragwerk Feld 1; 4+0-Verkehrsführung)								
3	Do 16.09.2009 20:22		1	83	1	1	2,9		1.414	390	2.540
4	Sa 19.09.2009 09:49		1	65	2	1	5,9		1.400	492	5.720
5	Fr 02.10.2009 19:10		1	33	0,5	1	1,5		767	182	670
6	Mi 14.10.2009 11:49			8	0,5	1	1,5		166	56	170
7	Do 29.10.2009 13:24	1		56	3	1	8,8		2.016	610	11.450
8	Do 29.10.2009 18:00	1		52	0,5	1	1,5		1.416	333	1.230
9	So 01.11.2009 17:17	1		0	0	1	0		0	0	0
10	Di 03.11.2009 08:02	1		261	6	1	17,6	3,1	5.363	1.893	77.090
11	Fr 13.11.2009 09:11	1		16	0,5	1	1,5		308	111	320
12	Mi 18.11.2009 06:55		1	29	0,5	1	1,5		343	179	440
13	Fr 04.12.2009 16:33	1		100	0,5	1	1,5		2.696	688	2.420
14	Sa 12.12.2009 10:24		1	87	0,5	1	1,5		1.756	597	1.800
	Mo 11.01.2010		Beginn Bauphase 2 (Errichtung Widerlager Süd und Tragwerk Feld 2 sowie abschließende Komplettierungsarbeiten; 4+0-Verkehrsführung)								
15	Do 14.01.2010 17:44	1	1	74	7	1	20,6		2.430	586	29.280
16	Do 14.01.2010 19:56	1	1	0	0	1	0		0	0	0
17	So 16.01.2010 16:14		1	189	2	2	5,9		10.773	2.708	37.820
18	Sa 30.01.2010 10:36	1		25	0,5	1	1,5		485	169	500
19	Fr 05.02.2010 18:43		1	30	0,5	1	1,5		765	181	670
20	Do 18.03.2010 21:51	1	1	0	0	1	0		0	0	0
21	Fr 26.03.2010 07:03	1		15	0,5	1	1,5		195	97	240
22	Mi 31.03.2010 16:48	1		35	0,5	2	1,5		1.881	486	1.700
23	Mi 31.03.2010 17:49		1	21	0,5	1	1,5		574	140	510
24	Di 06.04.2010 15:34			71	0,5	1	1,5		1.804	501	1.680
25	Mo 12.04.2010 08:38	1		409	8	1	23,5	22,5	9.209	3.010	283.350
26	Mi 14.04.2010 13:02		1	28	0,5	1	1,5		646	198	630
27	Fr 16.04.2010 16:08	1		0	0	1	0		0	0	0
28	Di 27.04.2010 15:10	1		2	0,5	1	1,5		50	14	50
29	Fr 07.05.2010 13:33		1	19	2	1	5,9		438	134	1.680
30	Fr 14.05.2010 10:10			0	0	1	0		0	0	0
	Fr 21.05.2010		Fertigstellung der Brücke (Verkehrsfreigabe beider Richtungsfahrbahnen)								
Gesamte Stau- und Umleitungskosten (41 Wochen):											463.300
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Woche:											11.300
Durchschnittliche Stau- und Umleitungskosten pro Tag:											1.614
											(gerundet)

Kostenart	Pkw [EUR/h]	Sonstige Kfz [EUR/h]
Verspätungskostensatz	20	50
Energiekostensatz	0,82	4,46
Umweltkostensatz	0,12	4,26
Gesamtkostensatz	20,94	58,72

Angenommene mittlere Durchfahrungs-geschwindigkeit (Stau):	17,5 km/h
Angenommene mittlere Regulärgeschwindigkeit:	122,5 km/h

Tabelle A.5: Berechnungsansätze der Lebenszykluskostenrechnung

Berechnungsansätze (Annahmen)	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	Stahlverbundbrücke ohne Mittelstütze
Errichtungs- und Erneuerungskosten:		
Unterbau	280.000 EUR	430.000 EUR
Rohtragwerk	430.000 EUR	800.000 EUR
Brückenausrüstung	140.000 EUR	140.000 EUR
Abbruchkosten bei Erneuerung (in % der Errichtungskosten)	20 %	20 % (13,5 % ¹⁾)
Verwaltungskosten (in % der Errichtungs- und Abbruchkosten)	20 %	20 %
Verkehrsführungskosten:		
Mehrkosten der Errichtung und Unterhaltung der Verkehrsführung	210.000 EUR ²⁾	–
Verwaltungskosten (in % der Errichtungs- und Unterhaltungskosten)	20 %	20 %
Theoretische Nutzungsdauer:		
Unterbau	110 Jahre	110 Jahre
Rohtragwerk	70 Jahre³⁾	100 Jahre³⁾
Bei 30 % der Brückenausrüstung	20 Jahre	20 Jahre
Bei 70 % der Brückenausrüstung	30 Jahre	30 Jahre
Jährliche Instandhaltungskosten:		
Unterbau (in % der Errichtungs- einschließlich Verwaltungskosten)	0,5 %	0,5 %
Rohtragwerk (in % w.o.)	0,8 %	0,8 % Tragwerk Ort beton ⁴⁾
30 % der Brückenausrüstung (in % w.o.)	1,5 %	1,5 %
70 % der Brückenausrüstung (in % w.o.)	1,2 %	1,2 %

Tabelle A.5: Berechnungsansätze der Lebenszykluskostenrechnung (Forts.)

Berechnungsansätze (Annahmen)	Ortbetonbrücke mit Mittelstütze	Stahlverbundbrücke ohne Mittelstütze
Diskontierungszinssatz:⁵⁾		
Nominelle Verzinsung	4,0 % p.a.	4,0 % p.a.
Baupreisindex Brückenbau	2,5 % p.a.	2,5 % p.a.
Inflationsangepasster Diskontierungszinssatz	1,5 % p.a.	1,5 % p.a.

¹⁾ Annahme: Bei den Abbruchkosten des Rohtragwerks werden 20 % der Errichtungskosten an Abbruchkosten abzüglich 6,5 % der Errichtungskosten als Erlös für den Baustahlschrott angenommen. Ein allfälliger Bewehrungsschrotterlös trifft beide Varianten im gleichen Ausmaß (die Menge an Bewehrungsstahl ist bei beiden Varianten über sämtliche Bauteile gerechnet – mit Ausnahme der Bohrpfähle – in etwa gleich hoch). Das Ausmaß des Schrotterlöses in % der Errichtungskosten des Rohtragwerks ist abhängig vom Anteil des Baustahls an den Errichtungskosten sowie vom Schrottpreis pro Tonne.

²⁾ Beinhaltet unter anderem: Herstellung von Mittelstreifenüberfahrten für die 4+0-Verkehrsführung; mehrmaliges Versetzen und Umstellen von Betonleitwänden und sonstigen Verkehrsleiteinrichtungen.

³⁾ Annahme: Totalerneuerung der Brücke am Ende der theoretischen Nutzungsdauer des Rohtragwerks.

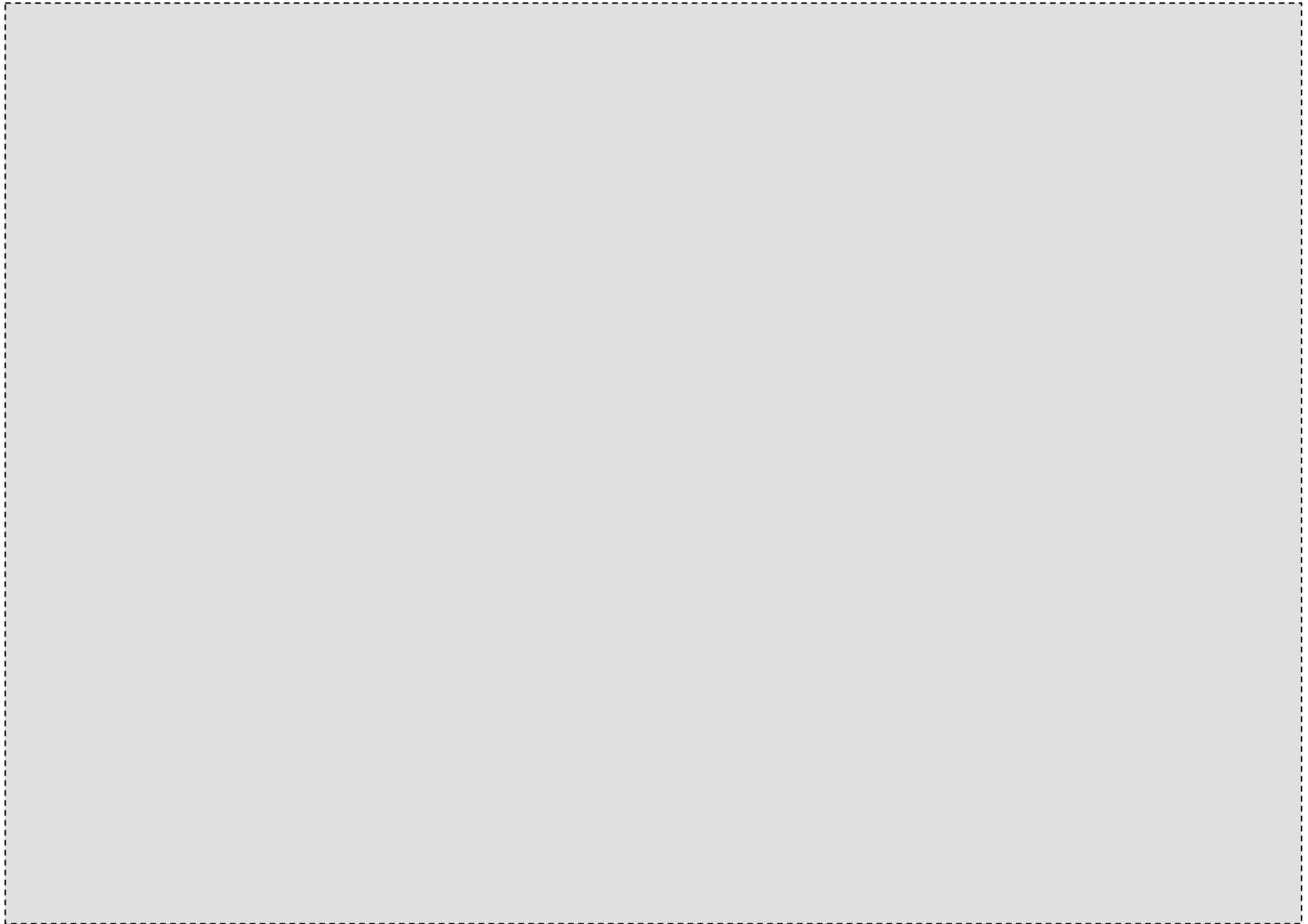
⁴⁾ Annahme: Bei wetterfester Ausführung der Stahlverbundträger sind die jährlichen Instandhaltungskosten des Tragwerks bei beiden Varianten absolut gesehen gleich hoch. Durch die gleiche Dimension der beiden Brücken bei gleichzeitig höheren Errichtungskosten der Stahlverbundvariante ist für die Stahlverbundvariante ein geringerer Prozentsatz heranzuziehen.

⁵⁾ Bewusst konservative Annahme in Hinblick auf den Variantenvergleich.

Weitere Annahmen:

- Beide Brücken werden mit integralen Widerlagern errichtet.
- Die Lichtraumprofilbreite der überführten Autobahn wurde mit 46,50 m angenommen.
- Immer wiederkehrende Erneuerung der Brücken.
- Zahlungsgleiche Kosten.

Notizen:

A large, empty rectangular area with a dashed border, intended for taking notes. The area is currently blank and occupies most of the page below the header.