



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur • Postfach 20 01 00, 53170 Bonn

Oberste Straßenbaubehörden  
der Länder

Die Autobahn GmbH des Bundes

-ausschließlich per E-Mail -

Nachrichtlich

DEGES Deutsche Einheit  
Fernstraßenplanungs- und  
-bau GmbH

Bundesanstalt für Straßenwesen

Fernstraßen-Bundesamt

Bundesrechnungshof

Gerhard Rühmkorf  
Leiter der Unterabteilung StB 2

HAUSANSCHRIFT  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn

POSTANSCHRIFT  
Postfach 20 01 00  
53170 Bonn

TEL +49 (0)228 99-300-5272

ref-stb27@bmvi.bund.de  
www.bmvi.de

**Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 27/2020  
Sachgebiet 04.2.: Straßenbefestigungen;  
Bemessung, Standardisierung  
16.4.: Bauvertragsrecht und Vergabewesen;  
Abwicklung von Verträgen**

**(Dieses ARS wird im Verkehrsblatt veröffentlicht)**

**Betreff: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Ver-  
kehrsflächen; Ausgabe 2012 (RStO 12), - Korrekturen und Ergänzun-  
gen; Ausgabe 2021**

Bezug: Mein Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS Nr. 30/2012)  
vom 20.12.2012, Az.:StB 27/7182.8/3/01852046

Aktenzeichen: StB 27/7182.8/3-ARS-20/27/3426018

Datum: Bonn, den 11.12.2020

Seite 1 von 3

Anlagen: 2

Mit dem im Bezug genannten Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau  
(ARS) Nr. 30/2012 wurden die Richtlinien für die Standardisierung des





Seite 2 von 3

Oberbaus von Verkehrsflächen; Ausgabe 2012 (RStO 12), eingeführt. Während der mittlerweile über achtjährigen Anwendungszeit dieser Richtlinien wurden Erfahrungen gesammelt und in Forschungsprojekten neue und zu aktualisierende Erkenntnisse gewonnen, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt Änderungen in der Anwendung der RStO 12 erforderlich machen. Diese Änderungen betreffen im Wesentlichen die Eingangsgrößen für die Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung  $B$  und können somit durch einen Ersatz der bestehenden Tabellen übernommen werden.

- In den Tabellen A 1.1 und A 1.2 wurden erhöhte Achslastfaktoren  $f_A$  und Lastkollektivquotienten  $q_{Bm}$  auch für kommunale Straßen vorgegeben, wenn diese einen Schwerverkehrsanteil von mindestens 3% bzw. 6% aufweisen. Der grundsätzlich richtige Ansatz führte unbeabsichtigt dazu, dass kommunale Straßen teilweise dicker dimensioniert werden mussten als Bundesstraßen mit vergleichbarer oder gar höherer Belastung durch den Schwerverkehr. Die Neuformulierung in den beiden angeführten Tabellen schafft eine klare und nachvollziehbare Zuordnung der Faktoren und begrenzt diese gegenüber der bisherigen Form. Gleichzeitig wird durch einen zusätzlichen Absatz klargestellt, dass bei Vorliegen genauerer Informationen über den Verkehr die entsprechenden Daten zu verwenden sind.
- In einem von der Bundesanstalt für Straßenwesen betreuten Forschungsprojekt (83.0028/2013: „Ermittlung der realistischen Verkehrsverteilung auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen als Eingangsgröße für die rechnerische Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz“) konnte nachgewiesen werden, dass die Abhängigkeit des Fahrstreifenfaktors  $f_1$  von der Anzahl der Fahrstreifen nicht so stark ausgeprägt ist, wie bislang abgeschätzt wurde. Die überarbeitete Tabelle A 1.3 trägt den vorliegenden neuen Forschungsergebnissen Rechnung.
- Die in den RStO 12 angeführte Definition für die Asphaltdecke führte bei den Anwendern wiederholt zu Missverständnissen, die u. a. dazu führte, dass 12 cm dicke Schichten aus Deckschichtmaterial hergestellt werden sollten. Es wird deshalb nunmehr eine eindeutige Formulierung vorgesehen.
- Für die Dimensionierung von Busverkehrsflächen zeigte sich, dass zu häufig auf die einfache Bestimmung der Belastungsklasse anhand der tabellarischen Zuordnung auf der Grundlage der Anzahl täglich verkehrender Busse zurückgegriffen wurde. Die textliche Neuformulierung stellt klar, dass grundsätzlich eine rechnerische Ermittlung der



Seite 3 von 3

dimensionierungsrelevanten Beanspruchung (B-Zahl gemäß Variante 1 oder Variante 2) zu erfolgen hat.

- In Tafel 1 wird ein redaktioneller Fehler bei der Dicke der Frostschuttschicht korrigiert.

Die mit diesem ARS vorgenommenen Änderungen wirken sich direkt auf die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B und somit auf die auszuführende Belastungsklasse aus. Mit den neuen Eingangsgrößen wird deshalb eine den aktuellen Verkehrsverhältnissen angemessene Befestigung ermittelt und zur Ausführung vorgesehen. Zur Vermeidung etwaiger Unter- oder Überdimensionierungen mit entsprechenden wirtschaftlichen Folgen empfehle ich dringend die Anwendung der veränderten Tabellen.

Die Änderungen bzw. Korrekturen im Einzelnen sind in der Anlage 1 aufgeführt. Da die Beispiele im Anhang 2 der RStO die in den Tabellen A 1.1 bis A 1.3 definierten Eingangsgrößen nutzen, werden auch die Beispiele in aktualisierter Form in Anlage 2 beigegeben.

Ich bitte Sie, die Regelungen dieses Rundschreibens ergänzend zu denen meines Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau Nr. 30/2012 für den Bereich der Bundesfernstraßen einzuführen.

Im Interesse einer einheitlichen Handhabung empfehle ich, die vorstehenden Regelungen auch bei Straßenbaumaßnahmen in Ihrem Zuständigkeitsbereich einzuführen.

Zu meiner Kenntnis erbitte ich einen Abdruck Ihres Einführungsschreibens.

Im Auftrag  
Gerhard Rühmkorf



Beglaubigt:

*Dib*

Angestellte



## Anlage 1 zum ARS 27/2020

### Ergänzungen und Präzisierungen der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012

#### Abschnitt 2.1 - Begriffe

Die Definition des Begriffes „Asphaltdecke“ ist wie folgt zu ändern:

Die Asphaltdecke besteht in den Belastungsklassen Bk100 bis Bk3,2 (vollgebundener Oberbau: bis Bk1,8) aus der Asphaltdeck- und der Asphaltbinderschicht, in den Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk0,3 (vollgebundener Oberbau: ab Bk1,0 bis Bk0,3) aus der Asphaltdeckschicht.

#### Abschnitt 2.5.2 - Busverkehrsflächen

Der erste Absatz ist durch die folgende Formulierung zu ersetzen:

Generell ist die Ermittlung der Belastungsklasse gemäß dem Abschnitt 2.5.1 durchzuführen. Dabei ist die verkehrsflächenspezifische Abweichung von Fahrstreifenbreitenfaktor  $f_2$  (Spurtreue), Achszahlfaktor  $f_A$  und Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$  zu beachten. Sofern diese Ermittlung nicht möglich ist, können Busverkehrsflächen aufgrund ihrer Verkehrsbelastung den Belastungsklassen gemäß der Tabelle 3 zugeordnet werden.

Busverkehrsflächen unterliegen immer besonderen Beanspruchungen (vgl. Abschnitt 2.6).

### Abschnitt 3.3.3 – Asphaltdecken;

#### Tafel 1 – Bauweise mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3- Untergrund/Unterbau

Die Dicke der Frostschutzschicht für die Bauweise Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschutzschicht (Zeile 4) in der Belastungsklasse Bk1,0 ist durch 21, 31 und 41 cm zu ersetzen.

#### Anhang 1: Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung (B)

##### Tabellen A 1.1 bis A 1.3

Die Tabellen A 1.1 bis A 1.3 sind gegen die folgenden drei Tabellen zu ersetzen.

**Tabelle A 1.1 Achszahlfaktor  $f_A$**

Straßenklasse	Faktor $f_A$
Bundesautobahnen	4,5
Bundesstraßen bzw. Landes- und Kreisstraßen sowie kommunale Straßen mit SV-Anteil > 4%	4,0
Landes- und Kreisstraßen bzw. kommunale Straßen mit SV-Anteil $\leq$ 4%	3,3

**Tabelle A 1.2 Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$** 

Straßenklasse	Quotient $q_{Bm}$
Bundesautobahnen	0,33
Bundesstraßen bzw. Landes- und Kreisstraßen sowie kommunale Straßen mit SV-Anteil > 4%	0,25
Landes- und Kreisstraßen bzw. kommunale Straßen mit SV-Anteil $\leq$ 4%	0,23

**Tabelle A 1.3 Fahrstreifenfaktor  $f_1$  zur Ermittlung des DTV<sup>(SV)\*</sup>**

Zahl der Fahrstreifen im Querschnitt / in Fahrtrichtung	Faktor $f_1$ bei Erfassung des DTV für	
	beide Fahrrichtungen (Querschnitt)	jede Fahrrichtung getrennt (Fahrtrichtung)
1	-	1,0
2	0,5	
3		0,9
4		0,85
5		
6 und mehr	0,45	

Weiterhin ist der folgende Absatz hinzuzufügen:

Die in den Tabellen A1.1 bis A1.3 angegebenen Faktoren und Quotienten sind durchschnittliche Werte des Verkehrs auf Straßennetzen der entsprechenden Straßenklasse. Bei Vorliegen spezifischer Erkenntnisse zur Verkehrszusammensetzung auf zu bewertenden Straßenbefestigungen sollten der Achszahlfaktor  $f_A$ , der Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$  und der Fahrstreifenfaktor  $f_1$  angepasst werden.

## **Anlage 2 zum ARS 27/2020**

### **Ergänzungen und Präzisierungen der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012**

Aufgrund der veränderten Tabelle A 1.3 sind die neuen Faktoren in die Beispiele im Anhang 2 übernommen und die Rechenwege angepasst worden. Die überarbeiteten Beispiele werden als Anhang 2 zur RStO nachfolgend angehängt.

Die Beispiele werden zum kostenfreien Download im Internet unter [www.fgsv-verlag.de](http://www.fgsv-verlag.de) (Suche: 499) zur Verfügung gestellt. In der Version der RStO des FGSV Readers sind die Korrekturen und die geänderten Beispiele vollständig eingearbeitet.

## Anhang 2: Beispiele

Die Berechnungsbeispiele beinhalten in der Regel lange Betrachtungszeiträume, so dass Auf- und Abrundungen bei Anwendung der verschiedenen Methoden zu merklichen Unterschieden führen können. Daher sind die Berechnungen mit mehreren Stellen hinter dem Komma durchgeführt worden. Zum Vergleich werden hier die Berechnungen nach beiden Methoden dargestellt.

### Beispiel 1: Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung und der zuzuordnenden Belastungsklasse für einen Autobahneubau

#### 1. Ausgangsdaten

##### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Nutzungszeitraum:  $N = 30$  Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 4  $\Rightarrow f_1 = 0,5$  (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 3,75 m  $\Rightarrow f_2 = 1,0$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 4 %  $\Rightarrow f_3 = 1,05$  (Tabelle A 1.5)

##### 1.2 Verkehrsdaten

- DTV<sup>(SV)</sup> im 1. Nutzungsjahr: 3.900 Kfz/24h  $\Rightarrow p_1 = 0$
- Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs vom 2. bis 4. Nutzungsjahr:  $\Rightarrow p_{2...4} = 0,02$
- Der Neubauabschnitt erhält erst im 5. Jahr nach Verkehrsfreigabe die geplante Verkehrsbedeutung:  $\Rightarrow p_{5...30} = 0,03$  (Tabelle A 1.6)
- Die durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs  $f_A$  und der durchschnittliche Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$  sind aus Silhouetten- und Achslasterhebungen zum Zeitpunkt der Planung bekannt:  $\Rightarrow f_A = 4,5$  A/Kfz und  $q_{Bm} = 0,33$ .

#### 2. Berechnung

##### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)]$$

Die Berechnung ist in der Tabelle A 2.1 dargestellt.

##### Methode 1.2

Der Nutzungszeitraum von 30 Jahren wird in zwei Betrachtungszeiträume (Jahre 1 bis 4, Jahre 5 bis 30) mit jeweils konstanten Faktoren unterteilt.

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Zur Bestimmung des Zuwachsfaktors gilt:

$$f_z = \frac{(1 + p)^N - 1}{p \cdot N}$$

Damit ergibt sich

$$\text{für die Jahre 1 bis 4: } f_{z\ 1...4} = 1,030$$

$$\text{für die Jahre 5 bis 30: } f_{z\ 5...30} = 1,5273$$

$$DTV^{(SV)} = 3.900 \text{ Kfz/24h} \Rightarrow DTA^{(SV)}_1 = 17.550 \text{ Aü/24h}$$

$$\Rightarrow B_{1...4} = 4,57 \text{ Mio.}$$

$$DTA^{(SV)} \text{ im 4. Nutzungsjahr} \Rightarrow DTA^{(SV)}_4 = 17.550 \text{ Aü/24h} \cdot (1,02)^3 = 18.624,20 \text{ Aü/24h}$$

(Verkehrssteigerung in den Jahren 2 bis 4)

$$DTA^{(SV)} \text{ im 5. Nutzungsjahr} \Rightarrow DTA^{(SV)}_5 = DTA^{(SV)}_4 \cdot 1,03 = 19.182,93 \text{ Aü/24h}$$

$$\Rightarrow B_{5...30} = 46,77 \text{ Mio.}$$

$$B_{\text{ges.}} = B_{1...4} + B_{5...30} = 51,34 \text{ Mio.}$$

### 3. Ergebnis

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung beträgt nach beiden Methoden  $B = 51,34$  Mio. Dieser Beanspruchung ist die Belastungsklasse Bk100 zuzuordnen (siehe Tabelle 1).

**Tabelle A 2.1: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 1 nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV_{i-1}^{(SV)}$	$f_A$	$DTA_{i-1}^{(SV)}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
1	–	3.900,00	4,5	17.550,00	0,33	0,5	1	1,05	365	1,00	1.109.796,19
2	0,02	3.900,00		17.550,00						1,02	1.131.992,11
3	0,02	3.978,00		17.901,00						1,02	1.154.631,95
4	0,02	4.057,56		18.259,02						1,02	1.177.724,59
5	0,03	4.138,71		18.624,20						1,03	1.213.056,33
6	0,03	4.262,87		19.182,93						1,03	1.249.448,02
7	0,03	4.390,76		19.758,41						1,03	1.286.931,46
8	0,03	4.522,48		20.351,17						1,03	1.325.539,40
9	0,03	4.658,16		20.961,70						1,03	1.365.305,59
10	0,03	4.797,90		21.590,55						1,03	1.406.264,75
11	0,03	4.941,84		22.238,27						1,03	1.448.452,70
12	0,03	5.090,09		22.905,42						1,03	1.491.906,28
13	0,03	5.242,80		23.592,58						1,03	1.536.663,47
14	0,03	5.400,08		24.300,36						1,03	1.582.763,37
15	0,03	5.562,08		25.029,37						1,03	1.630.246,27
16	0,03	5.728,94		25.780,25						1,03	1.679.153,66
17	0,03	5.900,81		26.553,66						1,03	1.729.528,27
18	0,03	6.077,84		27.350,27						1,03	1.781.414,12
19	0,03	6.260,17		28.170,77						1,03	1.834.856,54
20	0,03	6.447,98		29.015,90						1,03	1.889.902,24
21	0,03	6.641,42		29.886,37						1,03	1.946.599,30
22	0,03	6.840,66		30.782,97						1,03	2.004.997,28
23	0,03	7.045,88		31.706,45						1,03	2.065.147,20
24	0,03	7.257,26		32.657,65						1,03	2.127.101,62
25	0,03	7.474,97		33.637,38						1,03	2.190.914,67
26	0,03	7.699,22		34.646,50						1,03	2.256.642,11
27	0,03	7.930,20		35.685,89						1,03	2.324.341,37
28	0,03	8.168,10		36.756,47						1,03	2.394.071,61
29	0,03	8.413,15		37.859,16						1,03	2.465.893,76
30	0,03	8.665,54		38.994,94						1,03	2.539.870,57
										<b><math>B_{1 \text{ bis } 30} = 51.341.156,80</math></b>	
										<b><math>B_{1 \text{ bis } 30} [\text{Mio.}] = 51,34</math></b>	

## Beispiel 2: Überprüfung, ob die 20 Jahre vor dem Betrachtungszeitpunkt nach Belastungsklasse Bk10 gebaute Autobahnbefestigung zur Aufnahme der Verkehrsbelastung in den nächsten 10 Jahren (Umbau geplant) ausreicht

### 1. Ausgangsdaten

#### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 4  $\Rightarrow f_1 = 0,5$  (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 3,50 m  $\Rightarrow f_2 = 1,1$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: unter 2 %  $\Rightarrow f_3 = 1,0$  (Tabelle A 1.5)

#### 1.2 Verkehrsdaten

- Für den Autobahnabschnitt liegen Verkehrszählergebnisse, u. a. DTV<sup>(SV)</sup>-Werte der letzten 20 Jahre vor, wie in der Tabelle A 2.2 aufgeführt.
- Da sich der Schwerverkehr auf der Autobahn bis zum Betrachtungszeitpunkt überwiegend aus 2- und 3-achsigen Einzelfahrzeugen und aus Lastzügen 2+2 zusammensetzt, wird die durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs, das heißt der Faktor  $f_A = 3,1$  A/Kfz gesetzt und für die vergangenen 20 Jahre als konstant angenommen. In den nächsten 10 Jahren erhöht sich der Faktor  $f_A$  auf durchschnittlich 4,5 A/Kfz (Tabelle A 1.1).
- Der durchschnittliche Lastkollektivquotient wird für die vergangenen 20 Jahre mit  $q_{Bm} = 0,26$  und für die nächsten 10 Jahre mit  $q_{Bm} = 0,33$  angenommen.
- Der mittlere jährliche Zuwachs des Schwerverkehrs lässt sich für die Vergangenheit aus den gemessenen DTV<sup>(SV)</sup>-Werten ableiten. Für den Schwerverkehr der nächsten 10 Jahre wird eine mittlere jährliche Zunahme von  $p = 0,03$  angesetzt.

### 2. Berechnung

Zur Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung der letzten 20 Jahre wird Methode 1.1 gewählt, da die Belastung durch die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs für jedes Jahr vorgegeben ist.

Für die nächsten 10 Jahre wird die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung mit Methode 1.1 und Methode 1.2 durchgeführt.

#### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)]$$

Die Berechnung für die vergangenen 20 Jahre ist in der Tabelle A 2.2 dargestellt.

$$B_{1...20} = 10,03 \text{ Mio.}$$

Die Berechnung für die nächsten 10 Jahre ist in der Tabelle A 2.3 dargestellt. Dabei ist der DTV<sup>(SV)</sup> des 20. Jahres als Ausgangswert für die Berechnungen im 21. Jahr einzusetzen.

$$B_{21...30} = 21,12 \text{ Mio.}$$

Die Gesamtbeanspruchung beträgt:

$$B_{1...30} = B_{1...20} + B_{21...30} = 10,03 \text{ Mio.} + 21,12 \text{ Mio.} = 31,15 \text{ Mio.}$$

### Methode 1.2

Für die 20 Jahre vor dem Betrachtungszeitpunkt liegen die  $DTV^{(SV)}$ -Werte vor.

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

mit

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_A$$

Zuwachs im 21. Nutzungsjahr, daher gilt:

$$DTA^{(SV)}_{21} = DTA^{(SV)}_{20} \cdot 1,03 = 29664,0 \text{ Aü/24h}$$

Für die Jahre 21 bis 30 gilt:

$$f_z = \frac{(1 + p)^N - 1}{p \cdot N}$$

$$f_z 21...30 = 1,146 \Rightarrow B_{21...30} = 21,12 \text{ Mio.}$$

### 3. Ergebnis

Die Gesamtbeanspruchung beträgt 31,15 Mio. Diese Beanspruchung erfordert einen Oberbau nach Belastungsklasse Bk32 (siehe Tabelle 1). Die vorhandene Befestigung, Belastungsklasse Bk10, ist dementsprechend zu verstärken.

**Tabelle A 2.2: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für die vergangenen 20 Jahre für Beispiel 2 nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV^{(SV)}_{i-1}$	$f_A$	$DTA^{(SV)}_{i-1}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$B_i$
1	–	1.000,00	3,1	3.100	0,26	0,5	1,1	1	365	161.804,50
2		1.200,00		3.720						194.165,40
3		1.400,00		4.340						226.526,30
4		1.600,00		4.960						258.887,20
5		1.800,00		5.580						291.248,10
6		2.000,00		6.200						323.609,00
7		2.200,00		6.820						355.969,90
8		2.400,00		7.440						388.330,80
9		2.600,00		8.060						420.691,70
10		2.800,00		8.680						453.052,60
11		3.000,00		9.300						485.413,50
12		3.200,00		9.920						517.774,40
13		3.500,00		10.850						566.315,75
14		3.800,00		11.780						614.857,10
15		4.100,00		12.710						663.398,45
16		4.300,00		13.330						695.759,35
17		4.600,00		14.260						744.300,70
18		5.000,00		15.500						809.022,50
19		5.500,00		17.050						889.924,75
20		6.000,00		18.600						970.827,00
<b><math>B_{1 \text{ bis } 20} = 10.031.879,00</math></b>										
<b><math>B_{1 \text{ bis } 20} [\text{Mio.}] = 10,03</math></b>										

**Tabelle A 2.3: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für die nächsten 10 Jahre für Beispiel 2 nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV_{i-1}^{(SV)}$	$f_A$	$DTA_{i-1}^{(SV)}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
21	0,03	6.000,00	4,5	27.000,00	0,33	0,5	1,1	1	365	1,03	1.842.342,98
22	0,03	6.180,00		27.810,00						1,03	1.897.613,26
23	0,03	6.365,40		28.644,30						1,03	1.954.541,66
24	0,03	6.556,36		29.503,63						1,03	2.013.177,91
25	0,03	6.753,05		30.388,74						1,03	2.073.573,25
26	0,03	6.955,64		31.300,40						1,03	2.135.780,45
27	0,03	7.164,31		32.239,41						1,03	2.199.853,86
28	0,03	7.379,24		33.206,59						1,03	2.265.849,48
29	0,03	7.600,62		34.202,79						1,03	2.333.824,96
30	0,03	7828,64		35.228,88						1,03	2.403.839,71
<b><math>B_{21 \text{ bis } 30} = 21.120.397,52</math></b>											
<b><math>B_{21 \text{ bis } 30} \text{ [Mio.]} = 21,12</math></b>											

### Beispiel 3: Überprüfung des vorhandenen Oberbaus der Belastungsklasse Bk1,0 einer Landesstraße auf seine Eignung als Umleitungsstrecke

#### 1. Ausgangsdaten

##### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Nutzungszeiträume
  - Geplant bei Verkehrsfreigabe: 20 Jahre
  - Zwischen Verkehrsfreigabe und Beginn der Umleitungsmaßnahme: 12 Jahre
  - Dauer der Umleitungsmaßnahme: 4 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 2  $\Rightarrow f_1 = 0,5$  (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 3,50 m  $\Rightarrow f_2 = 1,1$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: unter 2 %  $\Rightarrow f_3 = 1,0$  (Tabelle A 1.5)

##### 1.2 Verkehrsdaten

- $DTV^{(SV)}$  im Jahr der Verkehrsfreigabe: 200 Kfz/24h  $\Rightarrow p_1 = 0$
- $DTV^{(SV)}$  im ersten Jahr der Umleitung: 240 Kfz/24h  $\Rightarrow p_{13} = 0$
- Für die Zeiten ohne und mit Umleitungsverkehr werden  $f_A = 3,3 \text{ A/Kfz}$  und  $q_{Bm} = 0,23$  als konstant angenommen. Die mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs beträgt  $p = 0,01$  (Tabelle A 1.6).

#### 2. Berechnung

Die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung kann mit den Methoden 1.1 und 1.2 bei Unterteilung in Betrachtungszeiträume mit jeweils konstanten Faktoren erfolgen.

##### - Vor der Umleitung

###### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)]$$

$$B_{1...12} = 0,39 \text{ Mio.}$$

Die Berechnung ist in der Tabelle A 2.4 dargestellt.

### Methode 1.2

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Für die Jahre 1 bis 12 (ohne Zuwachs im 1. Jahr) gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$$

$$f_z 1...12 = 1,057 \Rightarrow B_{1...12} = 0,39 \text{ Mio.}$$

### - Während der Umleitung

#### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p)]$$

$$DTV_{13}^{(SV)} = 240 \quad (DTV^{(SV)} \text{ unmittelbar vor der Umleitung})$$

$$B_{13...16} = 0,15 \text{ Mio.}$$

Die Berechnung ist in der Tabelle A 2.5 dargestellt.

#### Methode 1.2

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Für die Jahre 13 bis 16 (ohne Zuwachs im 13. Jahr) gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$$

$$f_z 13...16 = 1,015 \Rightarrow B_{13...16} = 0,15 \text{ Mio.}$$

### - Nach der Umleitung

#### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p)]$$

$$B_{17...20} = 0,15 \text{ Mio.}$$

Die Berechnung ist in der Tabelle A 2.6 dargestellt.

#### Methode 1.2

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Für die Jahre 17 bis 20 gilt:

- Zuwachs im 17. Nutzungsjahr  $\Rightarrow DTA_{17}^{(SV)} = DTA_{16}^{(SV)} \cdot 1,01 = 773,90 \text{ Äü/24h}$

- $f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$

$$f_z 17...20 = 1,015 \Rightarrow B_{17...20} = 0,14 \text{ Mio.}$$

### - Gesamtbeanspruchung B

$$B_{\text{ges}} = B_{1...12} + B_{13...16} + B_{17...20} = 0,39 + 0,15 + 0,14 = 0,68 \text{ Mio.}$$

## 3. Ergebnis

Für die Dimensionierung der Straße ist eine Bauweise zu wählen, die mindestens den Anforderungen der Belastungsklasse Bk1,0 entspricht. Die vorhandene Bauweise hält deshalb auch dem Umleitungsschwerverkehr stand.

**Tabelle A 2.4: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 3 für die Zeit vor der Umleitung nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV_{i-1}^{(SV)}$	$f_A$	$DTA_{i-1}^{(SV)}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
1	–	200,00	3,3	660,00	0,23	0,5	1,1	1	365	–	30.473,85
2	0,01	200,00		660,00						1,01	30.778,59
3	0,01	202,00		666,60						1,01	31.086,37
4	0,01	204,02		673,27						1,01	31.397,24
5	0,01	206,06		680,00						1,01	31.711,21
6	0,01	208,12		686,80						1,01	32.028,32
7	0,01	210,20		693,67						1,01	32.348,61
8	0,01	212,30		700,60						1,01	32.672,09
9	0,01	214,43		707,61						1,01	32.998,81
10	0,01	216,57		714,69						1,01	33.328,80
11	0,01	218,74		721,83						1,01	33.662,09
12	0,01	220,92		729,05						1,01	33.998,71
<b><math>B_{1 \text{ bis } 12} = 386.484,69</math></b> <b><math>B_{1 \text{ bis } 12} \text{ [Mio.]} = 0,39</math></b>											

**Tabelle A 2.5: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 3 für die Zeit während der Umleitung nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV_{i-1}^{(SV)}$	$f_A$	$DTA_{i-1}^{(SV)}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
13	–	240,00	3,3	792,00	0,23	0,5	1,1	1	365	–	36.568,62
14	0,01	240,00		792,00						1,01	36.934,31
15	0,01	242,40		799,92						1,01	37.303,65
16	0,01	244,82		807,92						1,01	37.676,69
<b><math>B_{13 \text{ bis } 16} = 148.483,26</math></b> <b><math>B_{13 \text{ bis } 16} \text{ [Mio.]} = 0,15</math></b>											

**Tabelle A 2.6: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 3 für die Zeit nach der Umleitung nach Methode 1.1**

Jahr	$p_i$	$DTV_{i-1}^{(SV)}$	$f_A$	$DTA_{i-1}^{(SV)}$	$q_{Bm}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
17	0,01	232,19	3,3	766,24	0,23	0,5	1,1	1	365	1,01	35.732,99
18	0,01	234,52		773,90						1,01	36.090,32
19	0,01	236,86		781,64						1,01	36.451,22
20	0,01	239,23		789,46						1,01	36.815,73
<b><math>B_{17 \text{ bis } 20} = 145.090,25</math></b> <b><math>B_{17 \text{ bis } 20} \text{ [Mio.]} = 0,15</math></b>											

## Beispiel 4: Stufenweiser Aufbau einer Befestigung

Im Rahmen der Erschließung eines Baugebietes in geschlossener Ortslage ist ein stufenweiser Aufbau einer Befestigung vorzusehen, die nach Abschluss der Baumaßnahmen die Funktion einer Wohnstraße erfüllen soll. Die erste Baustufe ist so tragfähig herzustellen, dass der in der Bauzeit von drei Jahren zu erwartende Baustellenverkehr aufgenommen werden kann.

### 1. Ausgangsdaten

#### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Der vollständige Oberbau der Wohnstraße wird der Belastungsklasse Bk0,3 zugeordnet.
- Es wird ein Oberbau gemäß Tafel 1, Zeile 5, gewählt, mit einer 8 cm dicken Asphalttragschicht auf einer 25 cm dicken Schottertragschicht (1. Ausbaustufe).
- Der Untergrund ist der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zuzuordnen.
- Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus beträgt gemäß Tabelle 6 somit 40 cm.
- Die Faktoren zur Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse bei der Ermittlung der Mehr- oder Minderdicken gemäß Tabelle 7 ergeben sich wie folgt:
  - A = + 15 cm (Frosteinwirkungszone III)
  - B = ± 0 cm (keine besonderen Klimaeinflüsse)
  - C = ± 0 cm (kein Grund-/Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum)
  - D = ± 0 cm (Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m)
  - E = – 5 cm (Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen).
- Es ergibt sich somit eine Dicke des frostsicheren Oberbaus von 40 + 10 = 50 cm.
- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 2 ⇒  $f_1 = 0,5$  (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 2,60 m ⇒  $f_2 = 1,8$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 1 % ⇒  $f_3 = 1,0$  (Tabelle A 1.5)

#### 1.2 Verkehrsdaten während des Baustellenverkehrs

- Der DTV<sup>(SV)</sup>-Wert wird für die gesamte Bauzeit von drei Jahren konstant mit 30 Kfz/24h angenommen ⇒  $p_i = 0$ ,  $f_z = 1$ .
- Die durchschnittliche Achszahl pro Baustellenfahrzeug ist mit  $f_A = 3,5$  A/Kfz (projektbezogen bestimmt) anzusetzen, der durchschnittliche Lastkollektivquotient mit  $q_{Bm} = 0,33$ .

### 2. Berechnung

#### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)]$$

$$B_{1...3} = 0,03 \text{ Mio.}$$

Die Berechnung ist in der Tabelle A 2.7 dargestellt.

#### Methode 1.2

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

$$f_z = 1 \Rightarrow B_{1...3} = 0,03 \text{ Mio.}$$

### 3. Überprüfung der beanspruchungsadäquaten Dimensionierung der 1. Baustufe

- Der Oberbau der ersten Baustufe setzt sich aus einer 8 cm dicken Asphalttragschicht und einer 25 cm dicken Schottertragschicht zusammen. Er ist damit der Belastungsklasse Bk0,3 unter Beachtung des Abschnitts 3.3.3 (z. B. Tafel 1, Zeile 5) zuzuordnen.
- Da nur 8 cm Asphalttragschicht verwendet werden, können bis etwa 100.000 äquivalente 10-t-Achsübergänge entsprechend dem Abschnitt 3.3.3 in einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren aufgenommen werden. Damit stände für die erste Baustufe als Teil des vollständigen Oberbaus noch eine „Restbeanspruchung“ von 65.852 äquivalenten 10-t-Achsübergängen zur Verfügung.

### 4. Beurteilung der verkehrsadäquaten Dimensionierung des vollständigen Oberbaus

Bis auf oberflächennahe Schäden, welche vor Einbau der 2. Baustufe (2 cm Asphaltdeckschicht auf der Asphalttragschicht) beseitigt werden könnten, ist keine Beeinträchtigung der Nutzungsdauer für die vollständige Befestigung zu befürchten.

**Tabelle A 2.7: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 4 nach Methode 1.1**

Jahr	p <sub>i</sub>	DTV <sup>(SV)</sup> <sub>i-1</sub>	f <sub>A</sub>	DTA <sup>(SV)</sup> <sub>i-1</sub>	q <sub>Bm</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Tage/Jahr	1+p <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>
1	0	30,00	3,5	105,00	0,33	0,5	1,8	1	365	1,00	11.382,53
2	0	30,00		105,00						1,00	11.382,53
3	0	30,00		105,00						1,00	11.382,53
										<b>B<sub>1 bis 3</sub> = 34.147,58</b>	
										<b>B<sub>1 bis 3</sub> [Mio.] = 0,03</b>	

**Beispiel 5: Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung und der zuzuordnenden Belastungsklasse für eine kommunale Busverkehrsfläche**

**1. Ausgangsdaten**

1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Nutzungszeitraum: 30 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 1 ⇒ f<sub>1</sub> = 1,0 (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 3,0 m ⇒ f<sub>2</sub> = 1,4 (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 3 % ⇒ f<sub>3</sub> = 1,02 (Tabelle A 1.5)

1.2 Verkehrsdaten

- Anzahl der Busüberfahrten (entspricht DTV<sup>(SV)</sup>) 150 Kfz/24h ⇒ p<sub>1...6</sub> = 0
- Aufteilung des Schwerverkehrs, 2 verschiedene Fahrzeugtypen:
  - 100 Kfz 3-Achser, Achslast
    - Vorderachse: 6,6 t
    - hintere Doppelachse
      - 1. Achse: 10,0 t
      - 2. Achse: 11,0 t
  - 50 Kfz 2-Achser, Achslast
    - Vorderachse: 6,6 t
    - Hinterachse: 11,0 t
- Nach 6 Jahren kommt eine Buslinie mit 2-Achsern gleicher Achslast dazu, wodurch sich der DTV<sup>(SV)</sup> um 20 Kfz/24h erhöht (⇒ p<sub>7...30</sub> = 0).

**2. Berechnung**

**Methode 2.1**

In den Teilbetrachtungszeiträumen (Jahre 1 bis 6 und 7 bis 30) bleibt die jeweilige Verkehrsbelastung (Busüberfahrten) konstant.

$$B = 365 \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [EDTA^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i}]$$

$$\text{mit } EDTA^{(SV)} = \sum_k \left[ DTA_{ik}^{(SV)} \cdot \left( \frac{L_k}{L_0} \right)^4 \right]$$

Die Berechnungen der äquivalenten durchschnittlichen täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs sowie die dimensionierungsrelevante Beanspruchung sind in den Tabellen A 2.8 bis A 2.11 dargestellt.

$$EDTA_{1...6}^{(SV)} = \left[ \left( \frac{6,6}{10} \right)^4 + \left( \frac{10}{10} \right)^4 + \left( \frac{11}{10} \right)^4 \right] \cdot 100 + \left[ \left( \frac{6,6}{10} \right)^4 + \left( \frac{11}{10} \right)^4 \right] \cdot 50 = 348,08 \text{ äquiv. Aü/24h}$$

$$B_{1...6} = 1,09 \text{ Mio.}$$

$$EDTA_{7...30}^{(SV)} = \left[ \left( \frac{6,6}{10} \right)^4 + \left( \frac{10}{10} \right)^4 + \left( \frac{11}{10} \right)^4 \right] \cdot 100 + \left[ \left( \frac{6,6}{10} \right)^4 + \left( \frac{11}{10} \right)^4 \right] \cdot 70 = 381,07 \text{ äquiv. Aü/24h}$$

$$B_{7...30} = 4,77 \text{ Mio.}$$

$$B_{\text{ges}} = B_{1...6} + B_{7...30} = 1,09 + 4,77 = 5,86 \text{ Mio.}$$

### Methode 2.2

Die Berechnungen der äquivalenten durchschnittlichen täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs sind in den Tabellen A 2.8 und A 2.10 dargestellt.

$$B = N \cdot \text{EDTA}^{(\text{SV})} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

$$B_{\text{ges}} = B_{1...6} + B_{7...30} = 1,09 + 4,77 = 5,86 \text{ Mio.}$$

### 3. Ergebnis

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung beträgt  $B = 5,86$  Mio. Diese Beanspruchung ist der Belastungsklasse Bk10 zuzuordnen.

**Tabelle A 2.8: Berechnung der äquivalenten durchschnittlichen täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs für Beispiel 5 für die Jahre 1 bis 6**

SV	L <sub>k</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub>	(L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub> ) <sup>4</sup>	DTA <sup>(SV)</sup>	(L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub> ) <sup>4</sup> · DTA <sup>(SV)</sup>	EDTA <sup>(SV)</sup>
3-Achser	6,60	10	0,66	0,19	100	18,97	
	10,00		1,00	1,00		100,00	
	11,00		1,10	1,46		146,41	265,38
2-Achser	6,60	10	0,66	0,19	50	9,49	
	11,00		1,10	1,46		50	73,21
<b>EDTA<sup>(SV)</sup><sub>1 bis 6</sub> =</b>							<b>348,08</b>

**Tabelle A 2.9: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 5 nach Methode 2.1 für die Jahre 1 bis 6**

Jahr	EDTA <sub>i-1</sub> <sup>(SV)</sup>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Tage/Jahr	f <sub>z</sub>	B <sub>i</sub>
1	348,08	1,0	1,4	1,02	365	1,0	181.426,26
2	348,08						181.426,26
3	348,08						181.426,26
4	348,08						181.426,26
5	348,08						181.426,26
6	348,08						181.426,26
<b>B<sub>1 bis 6</sub> = 1.088.557,55</b>							
<b>B<sub>1 bis 6</sub> [Mio.] =</b>							<b>1,09</b>

**Tabelle A 2.10: Berechnung der äquivalenten durchschnittlichen täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs für Beispiel 5 für die Jahre 7 bis 30**

SV	L <sub>k</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub>	(L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub> ) <sup>4</sup>	DTA <sup>(SV)</sup>	(L <sub>k</sub> /L <sub>0</sub> ) <sup>4</sup> · DTA <sup>(SV)</sup>	EDTA <sup>(SV)</sup>
3-Achser	6,60	10	0,66	0,19	100	18,97	
	10,00		1,00	1,00		100,00	
	11,00		1,10	1,46		146,41	265,38
2-Achser	6,60	10	0,66	0,19	70	13,28	
	11,00		1,10	1,46		70	102,49
<b>EDTA<sup>(SV)</sup><sub>7 bis 30</sub> =</b>							<b>381,15</b>

**Tabelle A 2.11: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 5 nach Methode 2.1 für die Jahre 7 bis 30**

Jahr	EDTA <sub>i-1</sub> <sup>(SV)</sup>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Tage/Jahr	B <sub>i</sub>
7	381,15	1	1,4	1,02	365	198.663,00
8	381,15					198.663,00
9	381,15					198.663,00
10	381,15					198.663,00
11	381,15					198.663,00
12	381,15					198.663,00
13	381,15					198.663,00
14	381,15					198.663,00
15	381,15					198.663,00
16	381,15					198.663,00
17	381,15					198.663,00
18	381,15					198.663,00
19	381,15					198.663,00
20	381,15					198.663,00
21	381,15					198.663,00
22	381,15					198.663,00
23	381,15					198.663,00
24	381,15					198.663,00
25	381,15					198.663,00
26	381,15					198.663,00
27	381,15					198.663,00
28	381,15					198.663,00
29	381,15					198.663,00
30	381,15					198.663,00
<b>B<sub>7 bis 30</sub> = 4.767.912,07</b>						
<b>B<sub>7 bis 30</sub> [Mio.] = 4,77</b>						

**Beispiel 6: Erneuerung eines Autobahnabschnittes mit bekannten Achslastdaten bei vollständigem Ersatz der vorhandenen Befestigung**

**1. Ausgangsdaten**

1.1 Allgemeine Daten

- Nutzungszeitraum N: 30 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen (konstant): 6 ⇒ f<sub>1</sub> = 0,45 (Tabelle A 1.3)
- Breite der Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung (konstant): 3,75m ⇒ f<sub>2</sub> = 1,0 (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 4 % ⇒ f<sub>3</sub> = 1,05 (Tabelle A 1.5)

1.2 Verkehrsdaten

EDTA<sup>(SV)</sup> im Jahr der Erneuerung: 11.260 äquiv. Aü/24h ⇒ p<sub>1</sub> = 0  
 Die mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs beträgt p = 0,03 (siehe Tabelle A 1.6).

**2. Berechnung**

**Methode 2.1**

Eine detaillierte Berechnung ist in der Tabelle A 2.12 dargestellt.

B<sub>1...30</sub> = 92,39 Mio.

### Methode 2.2

$$B = N \cdot \text{EDTA}^{(\text{SV})} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Für die Jahre 1 bis 30 (ohne Zuwachs im 1. Jahr) gilt:

$$f_z = \frac{(1 + p)^N - 1}{p \cdot N}$$

$$f_{z\ 1...30} = 1,58585 \Rightarrow B_{1...30} = 92,39 \text{ Mio.}$$

### 3. Ergebnis

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung beträgt  $B = 92,39$  Mio. Dieser Beanspruchung ist die Belastungsklasse Bk100 zuzuordnen.

**Tabelle A 2.12: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 6 nach Methode 2.1**

Jahr	$p_i$	$\text{EDTA}_{i-1}^{(\text{SV})}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Tage/Jahr	$1+p_i$	$B_i$
1	0,00	11.260,00	0,45	1,0	1,05	365	1,00	1.941.927,75
2	0,03	11.260,00					1,03	2.000.185,58
3	0,03	11.597,80					1,03	2.060.191,15
4	0,03	11.945,73					1,03	2.121.996,88
5	0,03	12.304,11					1,03	2.185.656,79
6	0,03	12.673,23					1,03	2.251.226,49
7	0,03	13.053,43					1,03	2.318.763,29
8	0,03	13.445,03					1,03	2.388.326,19
9	0,03	13.848,38					1,03	2.459.975,97
10	0,03	14.263,83					1,03	2.533.775,25
11	0,03	14.691,75					1,03	2.609.788,51
12	0,03	15.132,50					1,03	2.688.082,17
13	0,03	15.586,47					1,03	2.768.724,63
14	0,03	16.054,07					1,03	2.851.786,37
15	0,03	16.535,69					1,03	2.937.339,96
16	0,03	17.031,76					1,03	3.025.460,16
17	0,03	17.542,71					1,03	3.116.223,96
18	0,03	18.068,99					1,03	3.209.710,68
19	0,03	18.611,06					1,03	3.306.002,00
20	0,03	19.169,40					1,03	3.405.182,06
21	0,03	19.744,48					1,03	3.507.337,53
22	0,03	20.336,81					1,03	3.612.557,65
23	0,03	20.946,92					1,03	3.720.934,38
24	0,03	21.575,32					1,03	3.832.562,41
25	0,03	22.222,58					1,03	3.947.539,29
26	0,03	22.889,26					1,03	4.065.965,46
27	0,03	23.575,94					1,03	4.187.944,43
28	0,03	24.283,22					1,03	4.313.582,76
29	0,03	25.011,71					1,03	4.442.990,24
30	0,03	25.762,07					1,03	4.576.279,95
<b><math>B_{1 \text{ bis } 30} = 92.388.019,98</math></b>								
<b><math>B_{1 \text{ bis } 30} [\text{Mio.}] = 92,39</math></b>								

## Beispiel 7: Überprüfung des Oberbaus im Zuge einer Ausbauplanung

Aufgrund des gestiegenen Verkehrsaufkommens auf  $DTV^{(SV)}$  1.710 Kfz/24h soll der Querschnitt einer Bundesstraße, Belastungsklasse Bk10, um je einen Fahrstreifen je Fahrtrichtung erweitert werden. Es ist zu überprüfen, ob der vorhandene Oberbau nach bereits 3,80 Mio. ertragenen gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergängen die Zeit bis zum Umbau schadlos aufnehmen kann. Für den Umbau ist die zuzuordnende Belastungsklasse, unter Annahme einer mittleren jährlichen Zuwachsrate von  $p = 0,02 \%$  für den Nutzungszeitraum von weiteren 20 Jahren, zu ermitteln.

### 1. Ausgangsdaten

#### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

Vor Umbau

- Zeitraum zwischen Bestimmung des  $DTV^{(SV)}$  und des Baubeginns: 5 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen: 2  $\Rightarrow f_1 = 0,50$  (Tabelle A 1.3)
- Breite des Fahrstreifens mit der höchsten Belastung: 3,00 m  $\Rightarrow f_2 = 1,40$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 4 %  $\Rightarrow f_3 = 1,05$  (Tabelle A 1.5)

Nach Umbau

- Nutzungsdauer nach Umbau: 20 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen: 4  $\Rightarrow f_1 = 0,5$  (Tabelle A 1.3)
- Da der Fahrstreifen mit der höchsten Belastung nach dem Umbau des 2-streifigen Querschnittes zum Überholfahrstreifen wird, ist hier anzusetzen:  $\Rightarrow f_1 = 0,05$  (0,50 – 0,45)
- Breite des Fahrstreifens mit der höchsten Belastung: 3,50 m  $\Rightarrow f_2 = 1,10$  (Tabelle A 1.4)
- Höchstlängsneigung: 4 %  $\Rightarrow f_3 = 1,05$  (Tabelle A 1.5)

#### 1.2 Verkehrsdaten

Vor Umbau

- Bereits ertragene gewichtete äquivalente 10-t-Achsübergänge in beiden Fahrtrichtungen: 3,80 Mio.
- $DTV^{(SV)}$  nach Anstieg: 1.710 Kfz/24h  $\Rightarrow p_1 = 0$
- Mittlere jährliche Zuwachsrate: 2 %  $\Rightarrow p = 0,02$  (Tabelle A 1.6)
- Durchschnittlicher Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$ : 0,25 (Tabelle A 1.2)
- Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug: 4,0  $\Rightarrow f_A = 4,0 A/Kfz$  (Tabelle A 1.1)

Nach Umbau

- Mittlere jährliche Zuwachsrate: 2 %  $\Rightarrow p = 0,02$  (Tabelle A 1.6)
- Durchschnittlicher Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$ : 0,25 (Tabelle A 1.2)
- Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug: 4,0  $\Rightarrow f_A = 4,0 A/Kfz$  (Tabelle A 1.1)

## 2. Berechnung

Die dimensionierungsrelevanten Beanspruchungen müssen für die Fälle „alter Fahrstreifen“ und „neuer Fahrstreifen“ berechnet werden.

### Methode 1.1

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N [DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i)]$$

Die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung ist in der Tabelle A 2.13 dargestellt.

### Alter Fahrstreifen

$$B_{\text{bereits ertragen}} = 3,80 \cdot 0,5 = 1,9 \text{ Mio.}$$

$$B_{1...5} = 2,39 \text{ Mio.}$$

$$B_{\text{vor Umbau}} = B_{\text{bereits ertragen}} + B_{1...5} = 4,29 \text{ Mio.}$$

Keine Betrachtung des alten Fahrstreifens nach dem Umbau, da dieser nach neuer Aufteilung des Schwerverkehrs von diesem nicht mehr genutzt wird.

### Neuer Fahrstreifen

$$B_{\text{nach Umbau}} = B_{6...25} = 9,67 \text{ Mio.}$$

### Methode 1.2

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

### Alter Fahrstreifen

$$B_{\text{bereits ertragen}} = 3,80 \cdot 0,5 = 1,9 \text{ Mio.}$$

$$f_z 1...5 = 1,041 \quad \Rightarrow \quad B_{1...5} = 2,39 \text{ Mio.}$$

$$B_{\text{vor Umbau}} = B_{\text{bereits ertragen}} + B_{1...5} = 4,29 \text{ Mio.}$$

Keine Betrachtung des alten Fahrstreifens nach dem Umbau, da dieser nach neuer Aufteilung des Schwerverkehrs von diesem nicht mehr genutzt wird.

### Neuer Fahrstreifen

$$B_{\text{nach Umbau}} = B_{6...25}$$

$$\text{Zuwachs im 6. Nutzungsjahr} \Rightarrow DTA^{(SV)} = DTA_5^{(SV)} \cdot 1,02 = 7.403,84 \text{ Aü/24h}$$

$$f_z 6...25 = 1,239 \quad \Rightarrow \quad B_{\text{nach Umbau}} = 9,67 \text{ Mio.}$$

## 3. Ergebnis

### Alter Fahrstreifen

Bis zum Zeitpunkt des Umbaus beträgt die dimensionierungsrelevante Beanspruchung = 4,29 Mio. Diese kann von dem vorhandenen Oberbau der Belastungsklasse Bk10 ohne strukturelle Schädigung aufgenommen werden (siehe Tabelle 1). Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung für den Gesamtzeitraum beträgt B = 4,29 Mio. Dieser dimensionierungsrelevanten Beanspruchung ist die Belastungsklasse Bk10 zuzuordnen (siehe Tabelle 1).

### Neuer Fahrstreifen

Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung beträgt B = 9,67 Mio. Diese entspricht Belastungsklasse Bk10 (siehe Tabelle 1).

### Schlussfolgerung

Der Oberbau der beiden neuen Fahrstreifen soll dem des vorhandenen Fahrstreifens entsprechen.

**Tabelle A 2.13: Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung für Beispiel 7 nach Methode 1.1**

Jahr	p <sub>i</sub>	DTV <sup>(SV)</sup> <sub>(-1)</sub>	f <sub>Ai</sub>	DTA <sup>(SV)</sup> <sub>(-1)</sub>	q <sub>Bm</sub>	f <sub>1i</sub>	f <sub>2i</sub>	f <sub>3i</sub>	Tage/Jahr	1+p <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>
Vor Umbau											
1	0,00	1.710,00	4,0	6.840,00	0,25	0,5	1,4	1,05	365	1,00	458.750,25
2	0,02	1.710,00		6.840,00						1,02	467.925,26
3	0,02	1.744,20		6.976,80						1,02	477.283,76
4	0,02	1.779,08		7.116,34						1,02	486.829,44
5	0,02	1.814,67		7.258,66						1,02	496.566,02
<b>B<sub>1 bis 5</sub> = 2.387.354,72</b>											
<b>B<sub>1 bis 5</sub> [Mio.] = 2,39</b>											

Nach Umbau – alter Fahrstreifen

Der alte Fahrstreifen muss nach dem Umbau nicht mehr betrachtet werden, da nach neuer Aufteilung des Schwerverkehrs dieser den 2. Fahrstreifen nicht nutzt.

Jahr	p <sub>i</sub>	DTV <sup>(SV)</sup> <sub>(-1)</sub>	f <sub>Ai</sub>	DTA <sup>(SV)</sup> <sub>(-1)</sub>	q <sub>Bm</sub>	f <sub>1i</sub>	f <sub>2i</sub>	f <sub>3i</sub>	Tage/Jahr	1+p <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>
Nach Umbau – neuer Fahrstreifen											
6	0,02	1.850,96	4,0	7.403,84	0,25	0,05	1,1	1,05	365	1,02	397.962,20
7	0,02	1.887,98		7.551,91						1,02	405.921,44
8	0,02	1.925,74		7.702,95						1,02	414.039,87
9	0,02	1.964,25		7.857,01						1,02	422.320,67
10	0,02	2.003,54		8.014,15						1,02	430.767,08
11	0,02	2.043,61		8.174,43						1,02	439.382,42
12	0,02	2.084,48		8.337,92						1,02	448.170,07
13	0,02	2.126,17		8.504,68						1,02	457.133,47
14	0,02	2.168,69		8.674,77						1,02	466.276,14
15	0,02	2.212,07		8.848,27						1,02	475.601,67
16	0,02	2.256,31		9.025,23						1,02	485.113,70
17	0,02	2.301,43		9.205,74						1,02	494.815,97
18	0,02	2.347,46		9.389,85						1,02	504.712,29
19	0,02	2.394,41		9.577,65						1,02	514.806,54
20	0,02	2.442,30		9.769,20						1,02	525.102,67
21	0,02	2.491,15		9.964,59						1,02	535.604,72
22	0,02	2.540,97		10.163,88						1,02	546.316,82
23	0,02	2.591,79		10.367,16						1,02	557.243,15
24	0,02	2.643,63		10.574,50						1,02	568.388,02
25	0,02	2.696,50		10.785,99						1,02	579.755,78
<b>B<sub>6 bis 25</sub> = 9.669.434,72</b>											
<b>B<sub>6 bis 25</sub> [Mio.] = 9,67</b>											

## Beispiel 8: Erneuerung einer Bundesstraße außerhalb der geschlossenen Ortslage bei Ausführung der Erneuerungsschichten auf der vorhandenen Befestigung

### 1. Ausgangsdaten

#### 1.1 Allgemeine Planungsdaten

- Zeitraum seit der Verkehrsfreigabe: 25 Jahre
- Vorgesehener Nutzungszeitraum nach der Erneuerung: 20 Jahre
- Vorgesehener Oberbau: Belastungsklasse Bk1,8
- Besondere Beanspruchungen durch Schwerverkehr

#### 1.2 Bewertung der strukturellen Substanz der vorhandenen Befestigung

- Oberflächenzustand  
Das Zustandsmerkmal AUN (Längsunebenheit) weist einen Zustandswert von 4,7 auf und liegt damit über dem Warnwert von 4,5. Daneben gibt es einige Bereiche mit Netzfalten, teilweise behandelt (Flickstellen).
- Tragfähigkeit  
In den Bereichen mit Netzfalten, teilweise behandelt (Flickstellen), wurden Verformungsmessungen mit dem Benkelman-Balken durchgeführt, welche die vermuteten Schwachstellen bestätigen.
- Art und Zustand der vorhandenen Befestigung
  - Vorhandene Befestigung

Asphaltdeckschicht	3,0 cm
Asphaltbinderschicht	5,0 cm
Asphalttragschicht	6,0 cm
Schottertragschicht	10,0 cm
<u>Frostschuttschicht</u>	<u>25,0 cm</u>
Gesamtdicke	49,0 cm
  - Untergrund  
Überwiegend Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3; Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum.
  - Schichtenverbund  
Bis auf die Bereiche mit Flickstellen scheint ein ausreichender Schichtenverbund vorhanden zu sein.
  - Entwässerungseinrichtungen  
Die Einrichtungen für die Längsentwässerung (Mulden und Gräben) sollen mit der Erneuerungsmaßnahme instand gesetzt werden.

### 2. Auswahl einer zweckmäßigen Erneuerungsart und -bauweise

#### 2.1 Erneuerungsart

Da keine Höhenzwangspunkte einzuhalten sind und keine dichte Folge von Überführungsbauwerken mit begrenzter Höhe vorhanden ist, wird die Ausführung der Asphaltsschichten für die Erneuerung auf der vorhandenen Befestigung gewählt. Dies erfolgt nacheinander in beiden Fahrstreifen.

#### 2.2 Erneuerungsbauweise

Die vorhandene Befestigung wird in Asphaltbauweise erneuert, wobei in den Bereichen mit Flickstellen die Decke auszubauen und durch geeignetes Asphaltmischgut zu ersetzen ist.

### 3. Festlegung der Erneuerungsbauweise

Es sind Bereiche mit Netzfalten ohne und mit Flickstellen vorhanden.  
Die Erneuerung soll in Asphaltbauweise erfolgen.

### 4. Erforderliche Dicke der Erneuerungsschichten aus Gründen des Tragverhaltens

#### 4.1 Bereiche mit Netzfalten ohne Flickstellen

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphalttragschicht	10 cm
	<hr/>
	14 cm

#### 4.2 Bereiche mit Netzlissen und Flickstellen

Ersatz der vorhandenen Decke mit Asphalttragschichtmischgut; weiterer Aufbau wie unter Abschnitt 4.1.

### 5. Erforderliche Dicke der Erneuerungsschichten aus Gründen der Frostsicherheit

#### 5.1 Solldicke des frostsicheren Bodens

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F3 und die Belastungsklasse Bk1,8 ergibt sich die Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von 60 cm.

Die örtlichen Verhältnisse bedingen folgende Mehrdicken:

- Frosteinwirkungszone II: + 5 cm
- Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum: + 5 cm

Damit ergibt sich eine Solldicke von 70 cm.

#### 5.2 Istdicke des frostsicheren Oberbaus nach erfolgter Erneuerung:

- Bereiche mit Netzlissen (ohne/mit Flickstellen) 14 + 49 = 63 cm

Damit ist die Dicke der aufzubringenden Schichten aus Frostsicherungsgründen um 7 cm zu erhöhen.

### 6. Gewählte Dicken der Erneuerungsschichten

Da die Flickstellen zum großen Teil der Beseitigung von Frostschäden dienten, andererseits in den Bereichen ohne Flickstellen mehr als 10 Jahre lang keine Frostschäden beobachtet wurden, wird eine zusätzliche Dicke der aufzubringenden Erneuerungsschichten von 4 cm (größere Dicke der Asphalttragschicht als erforderlich) als ausreichend erachtet.

#### 6.1 Bereiche mit Netzlissen (ohne/mit Flickstellen)

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphalttragschicht	14 cm
	<hr/>
	18 cm

Es ist zu prüfen, inwieweit es wirtschaftlich ist, die größere Dicke der Erneuerungsschichten über die gesamte zu erneuernde Fläche einzubauen.

## Beispiel 9: Erneuerung einer Asphaltbefestigung bei Ersatz der vorhandenen Asphaltsschichten

### 1. Ausgangsdaten

– Vorhandene Befestigung	
Asphaltdeckschicht	4,0 cm
Asphaltbinderschicht	8,0 cm
Asphalttragschicht	10,0 cm
Verfestigung	15,0 cm
Frostunempfindliches Material	43,0 cm
Gesamtdicke	<hr/>
	80,0 cm

Dieser Oberbau ist der Bauweise gemäß Tafel 1, Zeile 2.2, der Belastungsklasse Bk10 zuzuordnen.

- Zukünftige Belastungsklasse: Bk100

- Bewertung der strukturellen Substanz der vorhandenen Befestigung

Der Oberflächenzustand (strukturell bedingte Verformungen in Quer- und Längsrichtung, gelegentliche Netzlisse in den Verformungsmulden) wies auf tiefer greifende Schäden hin. Aufgrabungen und Sondierungen bestätigten die Vermutung, dass neben der Asphaltbinderschicht auch die Asphalttragschicht Schäden aufwies. Die Verfestigung zeigte dagegen keine Schäden.

## 2. Auswahl einer zweckmäßigen Erneuerungsart und -bauweise

Die Erneuerung kann gemäß Tafel 1, Zeile 2.2, Belastungsklasse Bk100 erfolgen, wobei die Asphaltsschichten einschließlich der Asphalttragschicht auszubauen und zu ersetzen sind (keine Höhenzwangspunkte und keine dichte Folge von Überführungsbauwerken mit begrenzter Höhe).

## 3. Gewählter Aufbau

– Erneuerungsschichten	
Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
<u>Dicke der Erneuerungsschichten</u>	<u>30 cm</u>
– Im Oberbau verbleibende Schichten	
Verfestigung	15 cm
Frostunempfindliches Material	43 cm
<u>Dicke der verbleibenden Schichten</u>	<u>58 cm</u>
– Gesamtdicke	88 cm

Der Straßenaufbau erfüllt damit nicht nur die Anforderungen an einen ausreichenden Ermüdungswiderstand sowie eine ausreichende Tragfähigkeit, sondern auch die an eine ausreichende Frostsicherheit.