

Erfahrungen mit der rechnerischen Dimensionierung

Chancen und Nutzen für die Praxis?!

Dipl.-Ing. Volker Schäfer

Beratender Ingenieur

von der Oldbg.-IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Asphaltbauweisen im Verkehrswegebau

26135 Oldenburg (Oldb)

www.schaefer-consult.com

v.schaefer@schaefer-consult.com

Inhaltsübersicht

- **Einleitung**
- **Beispiel BAB 2**
- **Beispiel BAB 14**
- **Schlussfolgerungen – Hinweise für die Praxis**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

Verkehrsbelastungen

- **Belastungsklasse Bk100:** über **32 Mio.** äquivalente
10-t-Achsübergänge in 30 Jahren
- **BAB 7 bei Neumünster (1971):** ca. **34 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 2 bei Peine (1998):** ca. **92 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 1 bei Maschen (2005):** ca. **120 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 1 bei HH-Billstedt (2014):** ca. **263 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 27 bei Bremerhaven (2011):** ca. **96 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 14 bei Könnern (2014):** ca. **122 Mio.** [äq-10-t-Aü]
- **BAB 10 bei Michendorf (2016):** ca. **206 Mio.** [äq-10-t-Aü]

Verkehrsbelastungen ermittelt gemäß RStO 01 und RStO 12

Verkehrsbelastungen

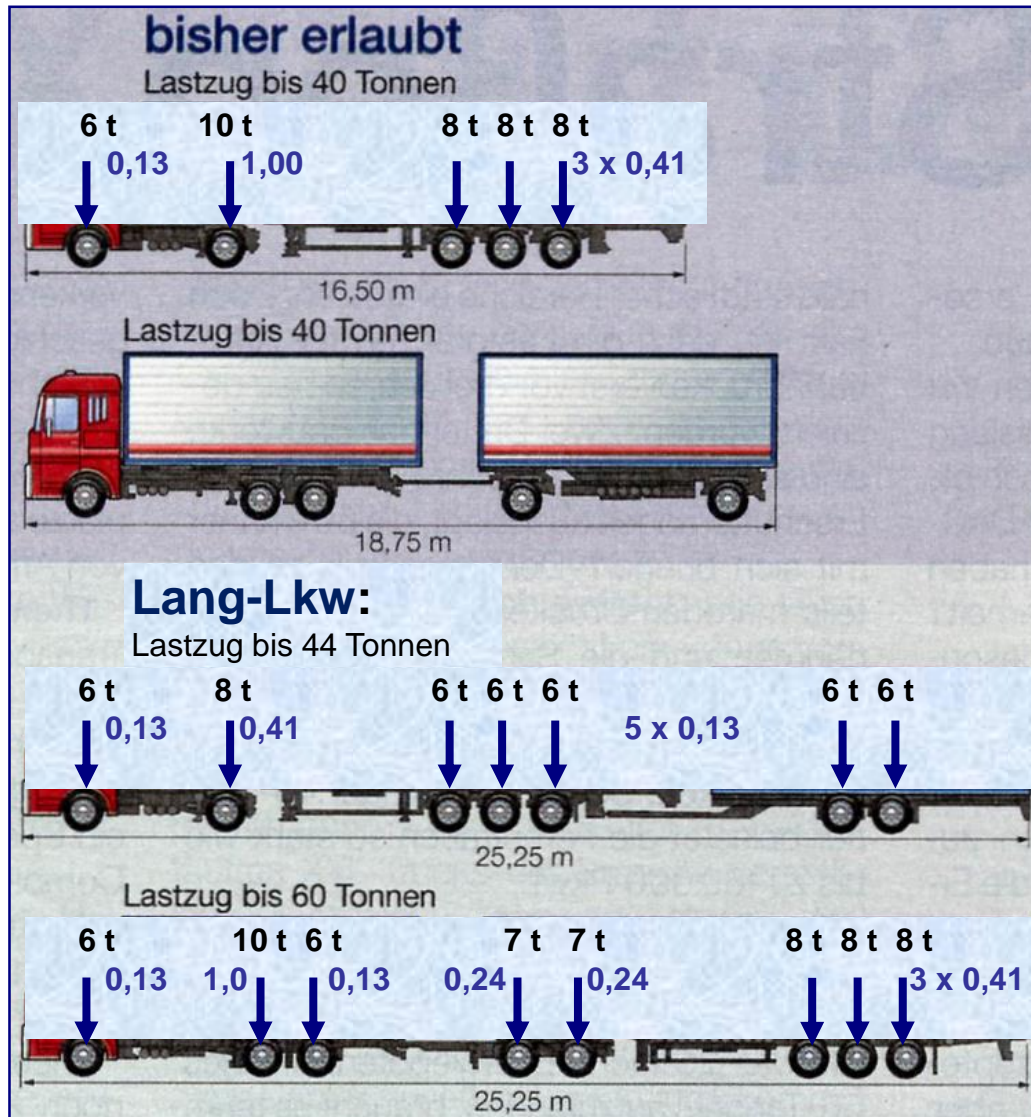
- **Belastungsklasse Bk100:** über 32 Mio. äquivalente
10-t-Achsübergänge in 30 Jahren
- **BAB 7 bei Neumünster (1971):** ca. 34 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 2 bei Peine (1998):** ca. 92 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 1 bei Maschen (2005):** ca. 120 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 1 bei HH-Billstedt (2014):** ca. 263 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 27 bei Bremerhaven (2011):** ca. 96 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 14 bei Könnern (2014):** ca. 122 Mio. [äq-10-t-Aü]
- **BAB 10 bei Michendorf (2016):** ca. 206 Mio. [äq-10-t-Aü]

Verkehrsbelastungen ermittelt gemäß RStO 01 und RStO 12

BAB 2 bei Braunschweig heute



Exkurs – Straßenbeanspruchung durch Lkw



Äquiv. 10-t-Achsübergänge:

➤ leer: 0,02; beladen: **2,36**

$$q_b = 0,47$$

➤ leer: 0,02; beladen: **1,19**

$$q_b = 0,24$$

➤ leer: 0,03; beladen: **2,97**

$$q_b = 0,37$$

→ 48 % weniger
Beanspruchung
gegenüber 40 t !

RDO Asphalt 09 – Verkehrsbelastung

- Achslastklassen und zugeordnete Häufigkeiten

Achslastklasse [t] Häufigkeit [%]	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20	> 20
							6,61				
A 1 HH – HB (PPP)	4,66	19,41	23,14	35,81	10,35	5,04	1,39	0,17	0,01	13,6	
A 15 Maasvlakte	4,00	15,0	26,0	27,0	14,0	8,40	4,00	1,00	0,12	0,08	
BAB Fernverkehr	2,84	21,5	26,5	30,7	11,7	4,91	1,65	0,21	0,013	0,0007	0,0001
BAB Mischverkehr	3,49	24,9	27,5	26,3	11,1	4,66	1,72	0,27	0,026	0,0031	
BAB Stadtnaher Verkehr	4,01	36,8	29,4	17,1	7,5	3,89	1,14	0,14	0,0031		

- Vergleich der q_{BM} :

RStO 01 BAB	A 1 HH-HB	A 15 (NL)	BAB Fernv.	BAB Mischv.	BAB Stadtv.
0,26	0,3612	0,7176	0,4632	0,4441	0,3270

BAB – Verkehrsbelastung

Ermittlung der Lkw-Grenzbelastung für einen Fahrstreifen

		Szenario 1	Szenario 2
Anzahl Lkw/24h	Lastzug	8.489.891 Lkw/304 Tagen $\triangleq 27.927 \text{ Lkw/24h}$	13.341.257 Lkw/304 Tagen $\triangleq 43.886 \text{ Lkw/24h}$
EDTA ^(SV)	Lastzug	27.927 Lkw/24h · 2,3584 = 65.864 äquiv. Aü/24h	43.886 Lkw/24h · 2,3584 = 103.500 äquiv. Aü/24h
B-Zahl	Lastzug	245,1 Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge	385,1 Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge

		Szenario 3	Szenario 4
Anzahl Lkw/24h	Sattelzug	8.777.143 Lkw/304 Tagen $\triangleq 28.872 \text{ Lkw/24h}$	14.064.578 Lkw/304 Tagen $\triangleq 46.265 \text{ Lkw/24h}$
EDTA ^(SV)	Sattelzug	28.872 Lkw/24h · 2,3584 = 68.092 äquiv. Aü/24h	46.265 Lkw/24h · 2,3584 = 109.112 äquiv. Aü/24h
B-Zahl	Sattelzug	253,4 Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge	406,0 Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge

BAB 2 – Eckdaten Asphaltbefestigung (1995)

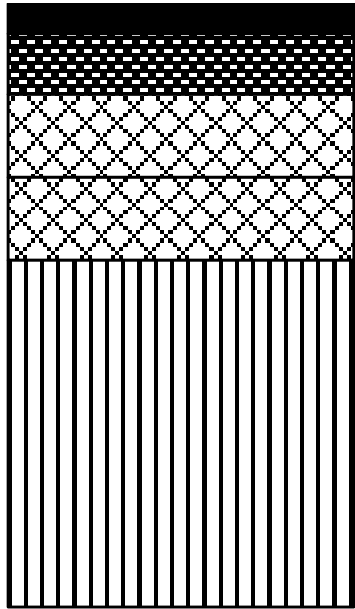
- SMA 11 S mit 25/55-55 A: 6,5 M.-% Bindemittelgehalt
+/- 0,5 M.-% Toleranz Bindemittel
- PA 8 mit 40/100-65 A: 6,5 M.-% Bindemittelgehalt,
+/- 0,5 M.-% Toleranz Bindemittel
- AC 22 B S mit 25/55-55 A: 4,0 M.-% Bindemittelgehalt
+/- 0,5 M.-% Toleranz Bindemittel
ohne Asphaltgranulat
- AC 32 T S mit 50/70: 3,6 M.-% Bindemittelgehalt
+/- 0,6 M.-% Toleranz Bindemittel
30 M.-% Asphaltgranulat

BAB 2 – Asphalteinbau 1998



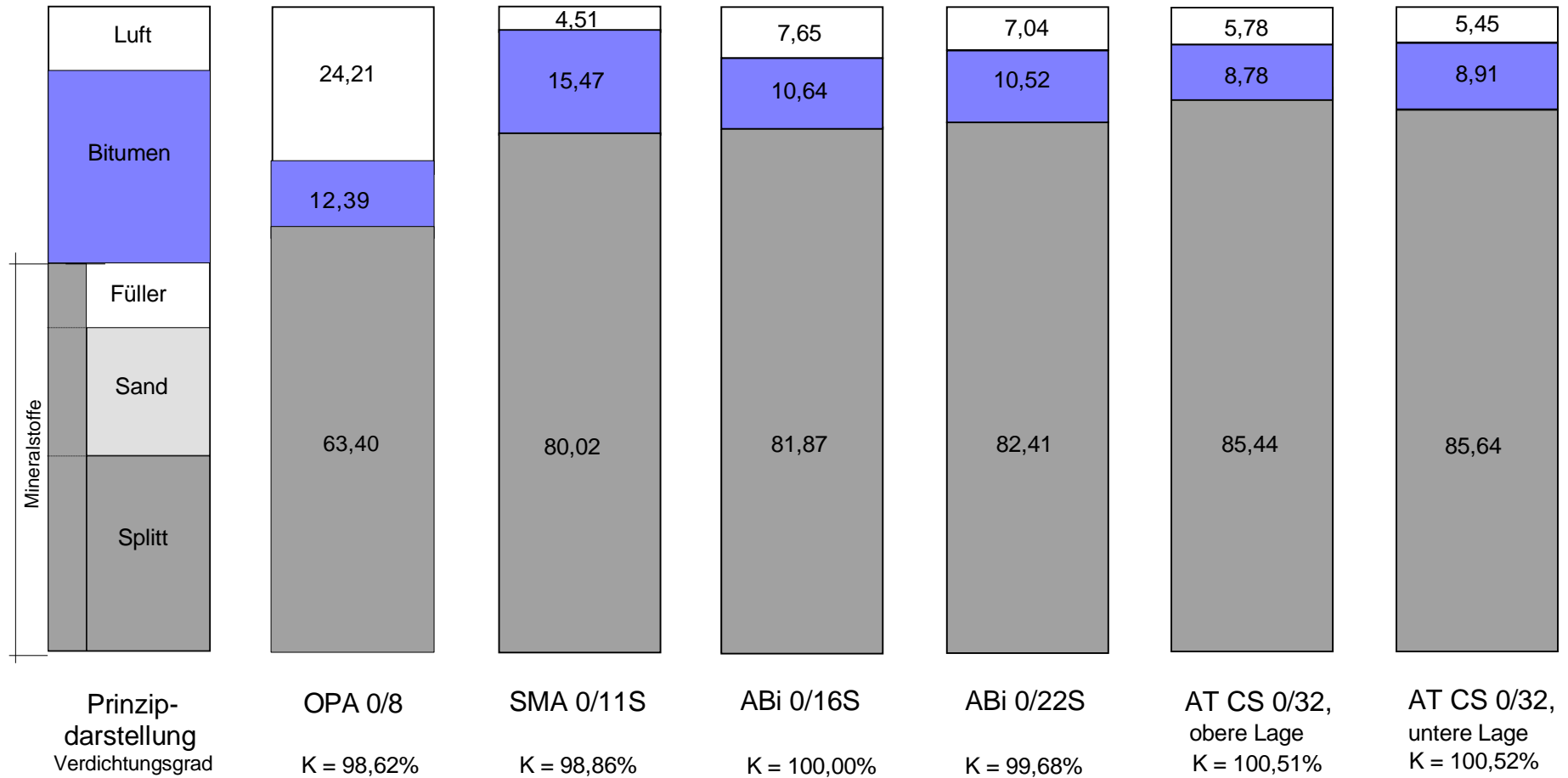
BAB 2 – Fahrbahnaufbau ab 1996

RStO 86/89, Tafel 1, Zeile 1:



4,0 cm	Asphaltdeckschicht, SMA 0/11 S oder OPA 0/8
8,0 cm	Asphaltbinderschicht, ABi 0/22 S
11,0 cm	Asphalttragschicht, obere Lage, CS 0/32
11,0 cm	Asphalttragschicht, untere Lage, CS 0/32
46,0 cm	Frostschutzschicht 0/32, $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (obere 15 cm als Schottertragschicht aus Betonaufbruch)
80,0 cm	Gesamtdicke Fahrbahnkonstruktion

BAB 2 – Eigenschaften Schichten 1999



BAB 2 – RF Berlin, km 201+150 (Hämelerwald)



BAB 2 – RF Berlin, km 201+150 (Hämelerwald)



BAB 2 – RF Berlin, km 166+800 (Braunschweig)



BAB 2 – RF Berlin, km 166+800 (Braunschweig)



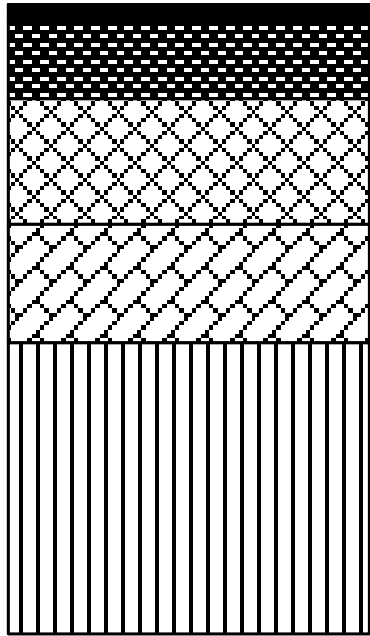
BAB 2 – Ergebnisse der rechn. Dimensionierung

Merkmal	Entnahmestelle 1 (SMA)	Entnahmestelle 2 (OPA)
vergangener Nutzungszeitraum ¹⁾	ca. 11 Jahre	ca. 12,5 Jahre
Ermüdungszustand Asphalt <ul style="list-style-type: none">- Asphalt (Jahr 2030, B =)- Restnutzungsdauer (Asphalt = 100 %)	136 % ca. 15,5 Jahre	650 % ca. 3,5 Jahre
Kriterium maximale Druckspannung <ul style="list-style-type: none">- Tragschicht ohne Bindemittel- Planum	0 % 0 %	0 % 1 %
Spurrinnenfördernde Deviatorspannung <ul style="list-style-type: none">- Asphaltdeckschicht- Asphaltbinderschicht	1,315 MPa 1,053 MPa	0,157 MPa 1,165 MPa

1) zum Zeitpunkt der Bohrkernentnahme **April 2010**

BAB 14 – Fahrbahnaufbau

RStO 86/89, Tafel 1, Zeile 3:



2,0 cm	Asphaltdeckschicht SMA 8 S 10/40-65 A *)
10,0 cm	Asphaltbinderschicht AC 22 B S res. 10/40-65 A *)
16,0 cm	Asphalttragschicht AC 32 T S res. 30/45
15,0 cm	Schottertragschicht 0/32, $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$
35,0 cm	Frostschutzschicht 0/32, $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$
80,0 cm	Gesamtdicke Fahrbahnkonstruktion

*) eingebaut als Kompakte Asphaltbefestigung

BAB 14 – Dimensionierung für 40 Jahre, B = 270 Mio.

Merkmal	Variante 1 (STS)			Variante 2 (Verfestigung und STS)	
	a) Kalibrier- asphalt	b) Kalku- lation ²⁾	c) Eign.- nachweis	a) Verf. intakt ²⁾	b) Verf. mit Initialriss bildung ²⁾
Asphaltbefestigung mit Kompakter Asphaltbefestigung					
Ermüdungszustand (in %)					
- Asphalt	238	34	100	26	31
- Verfestigung	n.v. ¹⁾	n.v. ¹⁾	n.v. ¹⁾	1.000	1.000
Kriterium maximale Druckspannung (in %)					
- Tragschicht ohne Bindemittel (STS)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Planum	329,0	0,1	0,2	0,1	0,2
Spurrinnenfördernde Deviatorspannung (in Mpa)					
- Asphaltdeckschicht	0,389	0,378	0,171	0,420	0,391
- Asphaltbinderschicht	0,820	0,911	0,600	0,986	0,938

1) n.v. nicht vorhanden

2) Abbildung der Asphaltbefestigung mit zunächst hilfsweise herangezogenen Kenndaten aus einer anderen Baumaßnahme

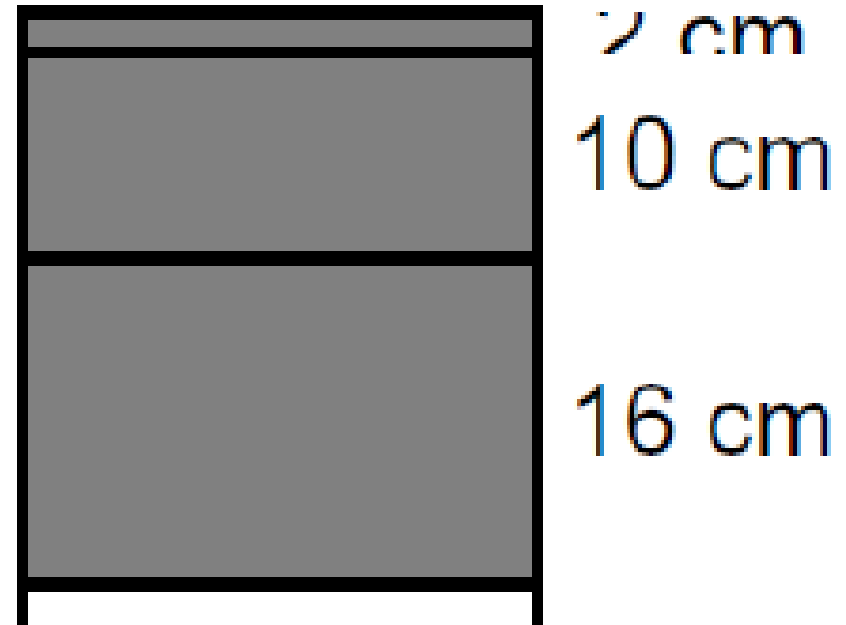
BAB 14 – Eckdaten Asphaltbefestigung (2014)

- **SMA 8 S mit 10/40-65 A:** 7,3 M.-% Bindemittelgehalt
 +/- 0,3 M.-% Toleranz Bindemittel
- **AC 22 B S mit 10/40-65 A:** 4,6 M.-% Bindemittelgehalt
 +/- 0,4 M.-% Toleranz Bindemittel
 20 M.-% Asphaltgranulat
- **AC 32 T S mit 30/45:** 4,1 M.-% Bindemittelgehalt
 +/- 0,4 M.-% Toleranz Bindemittel
 30 M.-% Asphaltgranulat

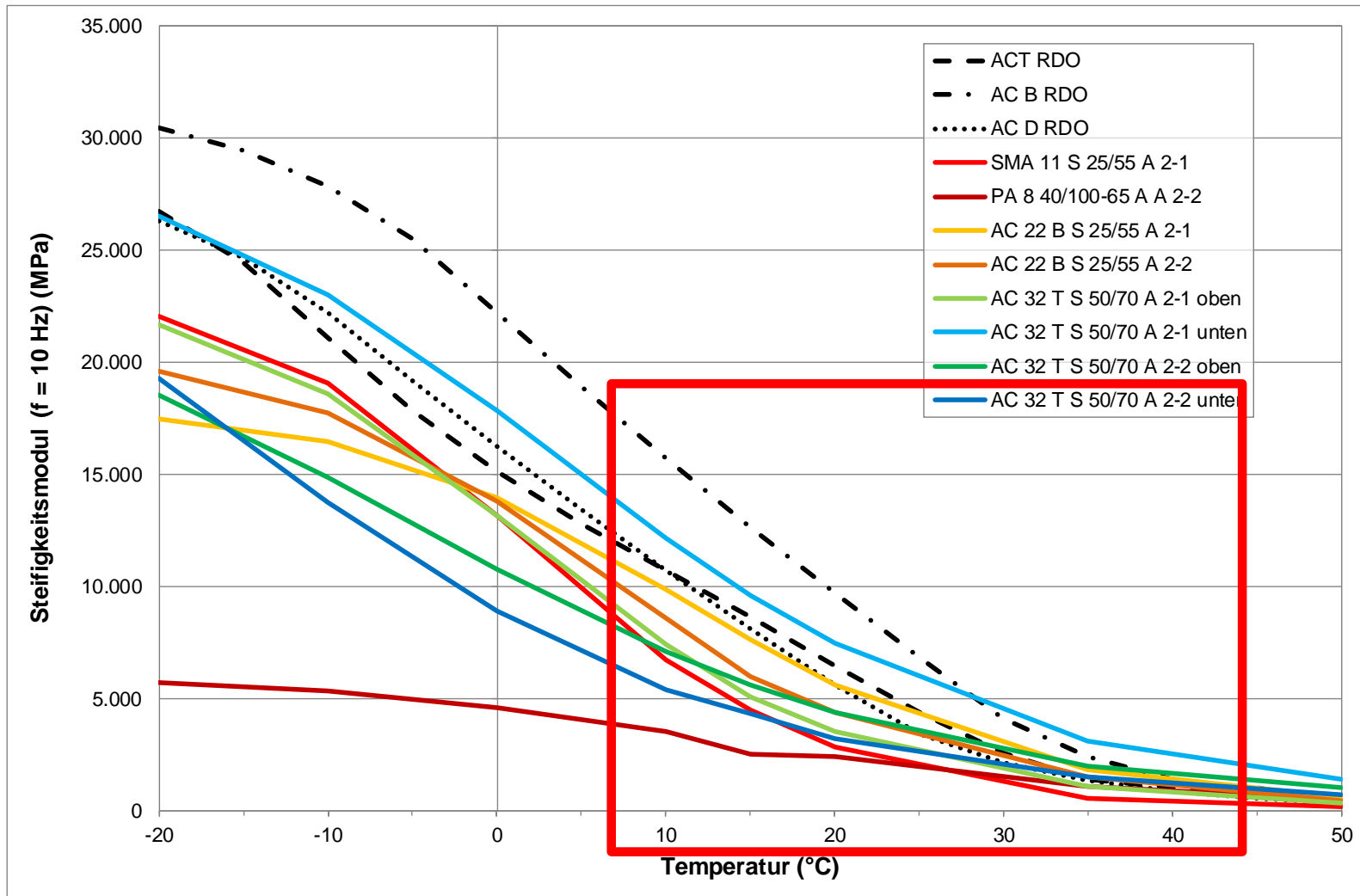
BAB 14 – Kompakte Asphaltbefestigung



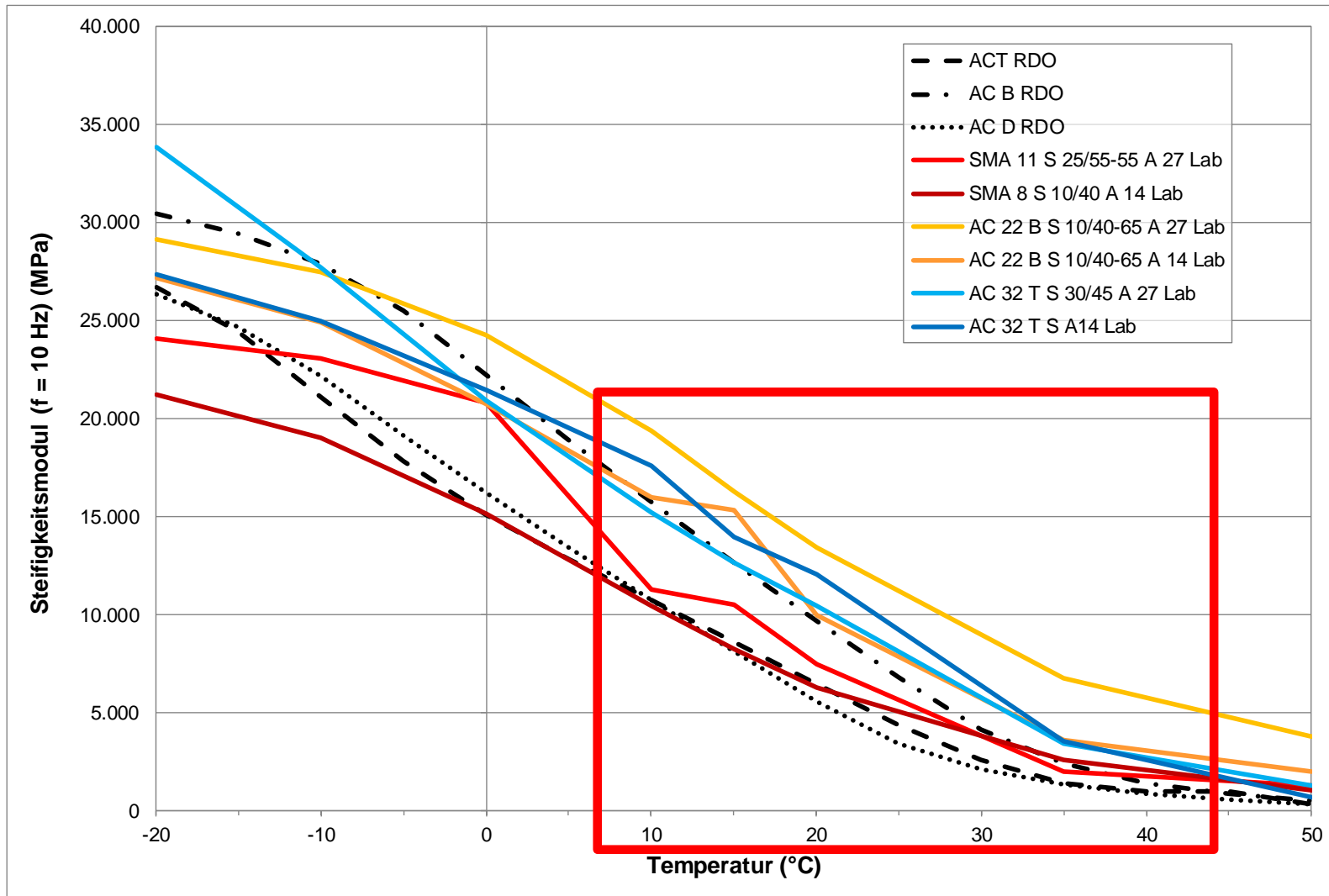
Sollaufbau:



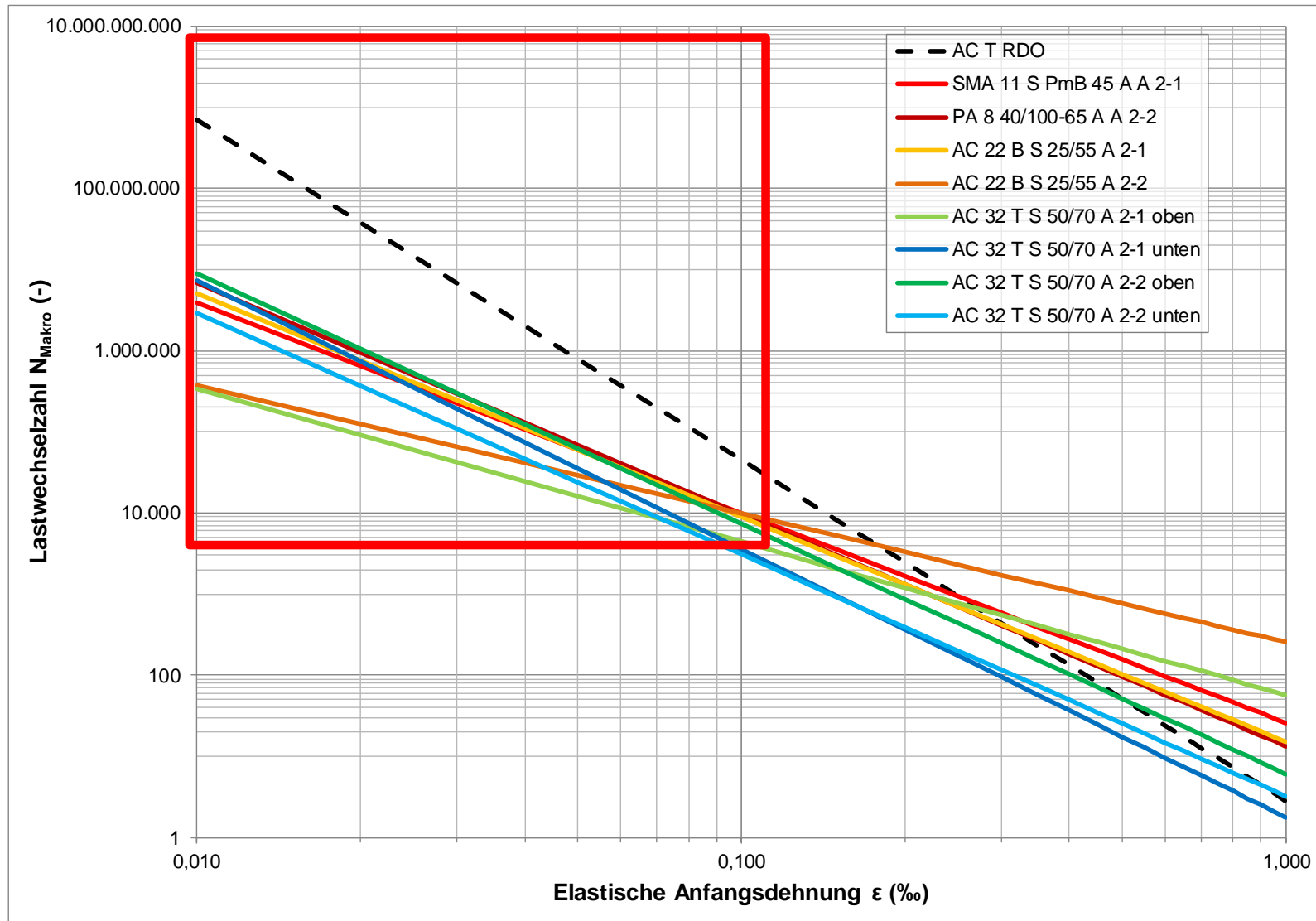
BAB 2 – Steifigkeitsfunktionen Übersicht



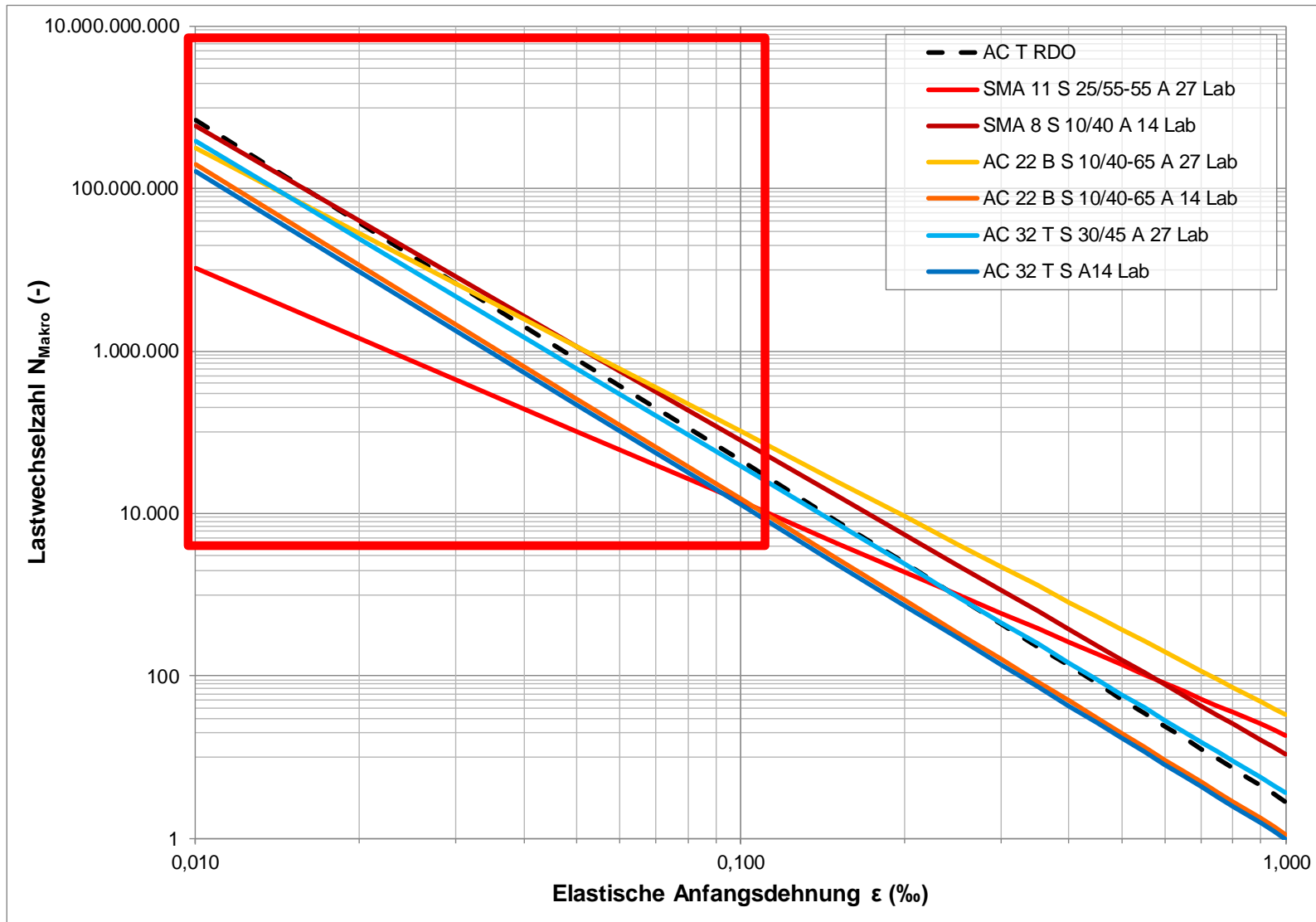
BAB 14 – Steifigkeitsfunktionen Übersicht



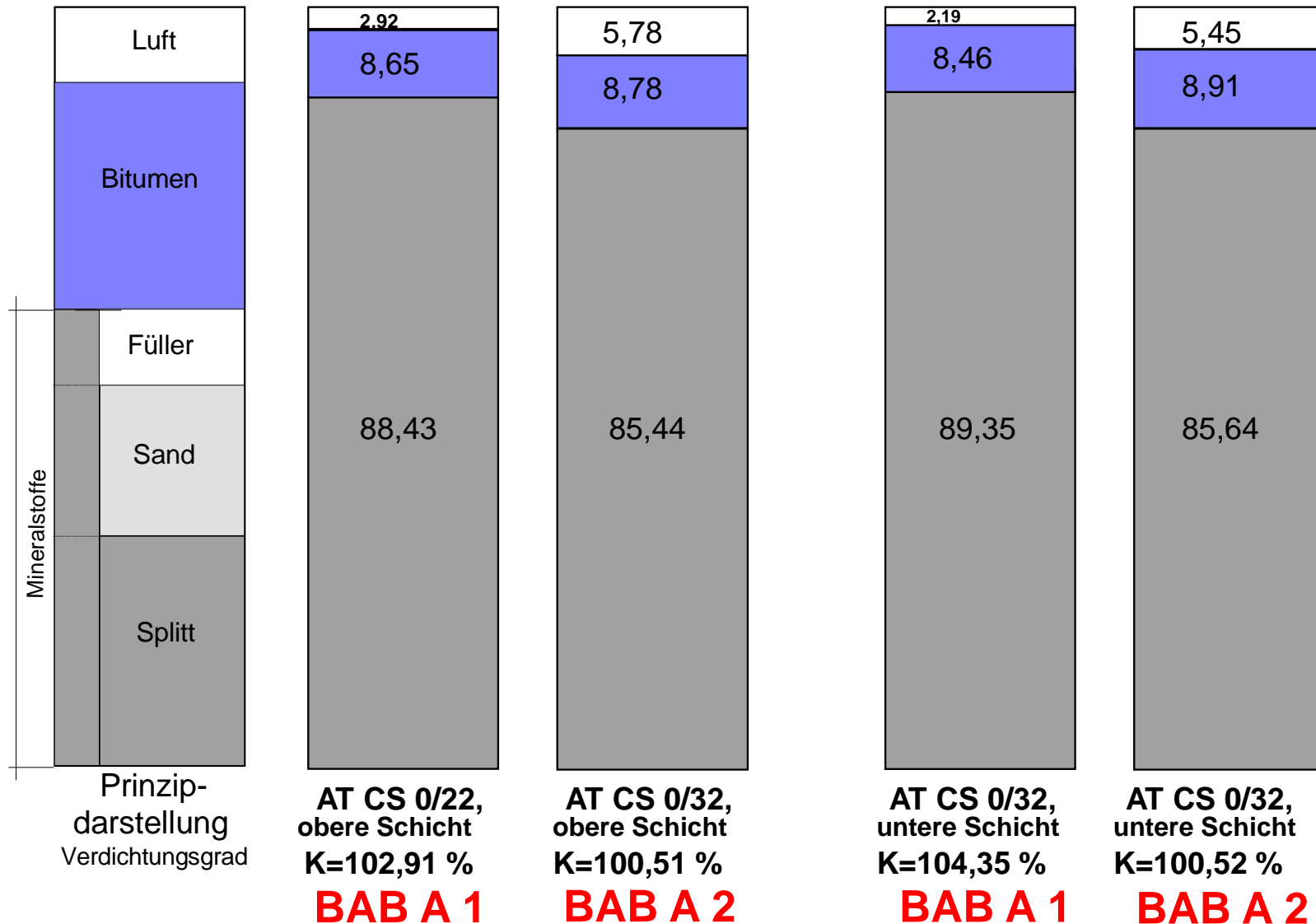
BAB 2 – Ermüdungsfunktionen alle



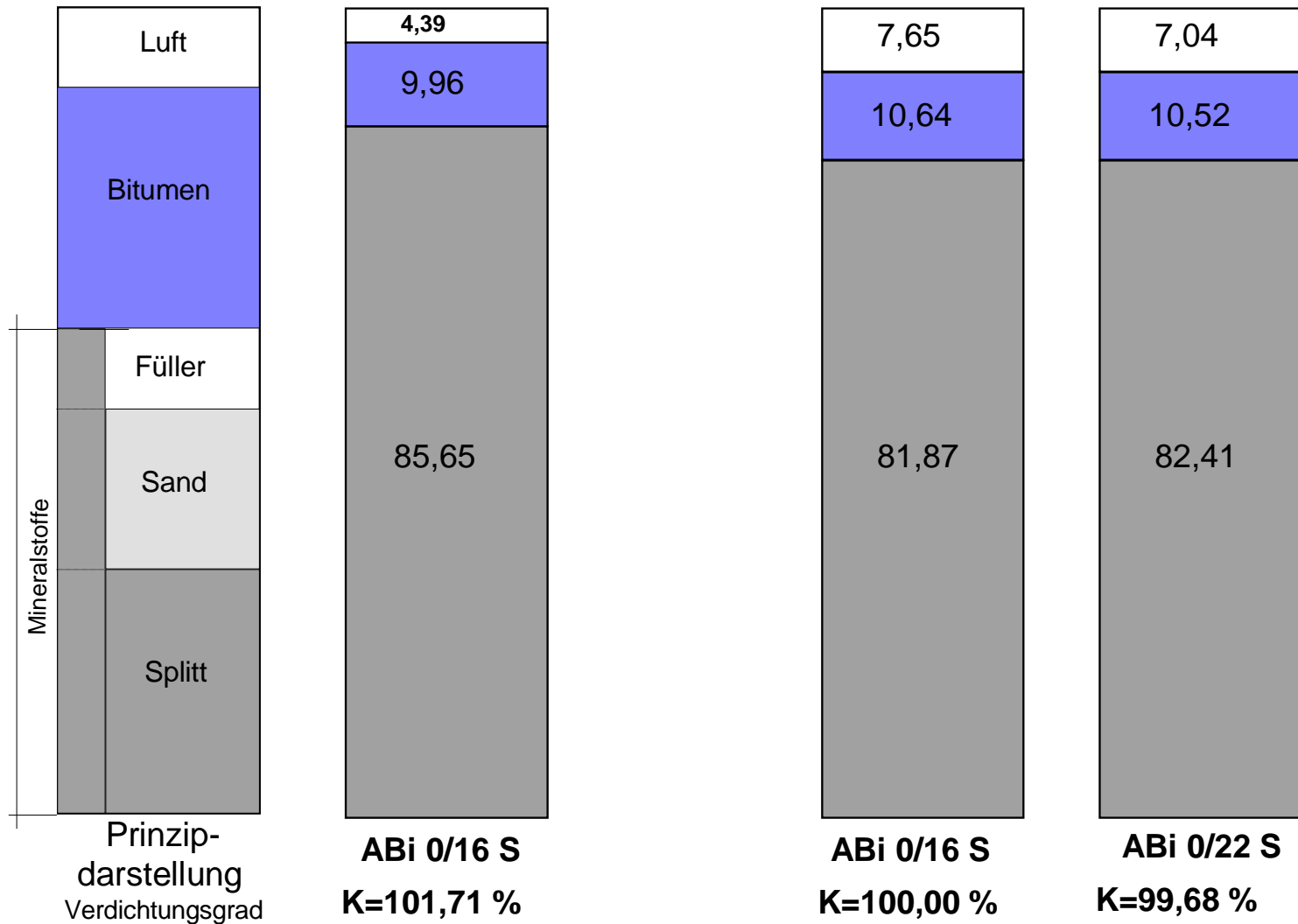
BAB 14 – Ermüdungsfunktionen alle



Vergleich Asphalttragschichten



Vergleich Asphaltbinderschichten



BAB A 1

BAB A 2

Verfahren 1 – Modulfertiger



Verfahren 2 – Einbauzug InlinePave



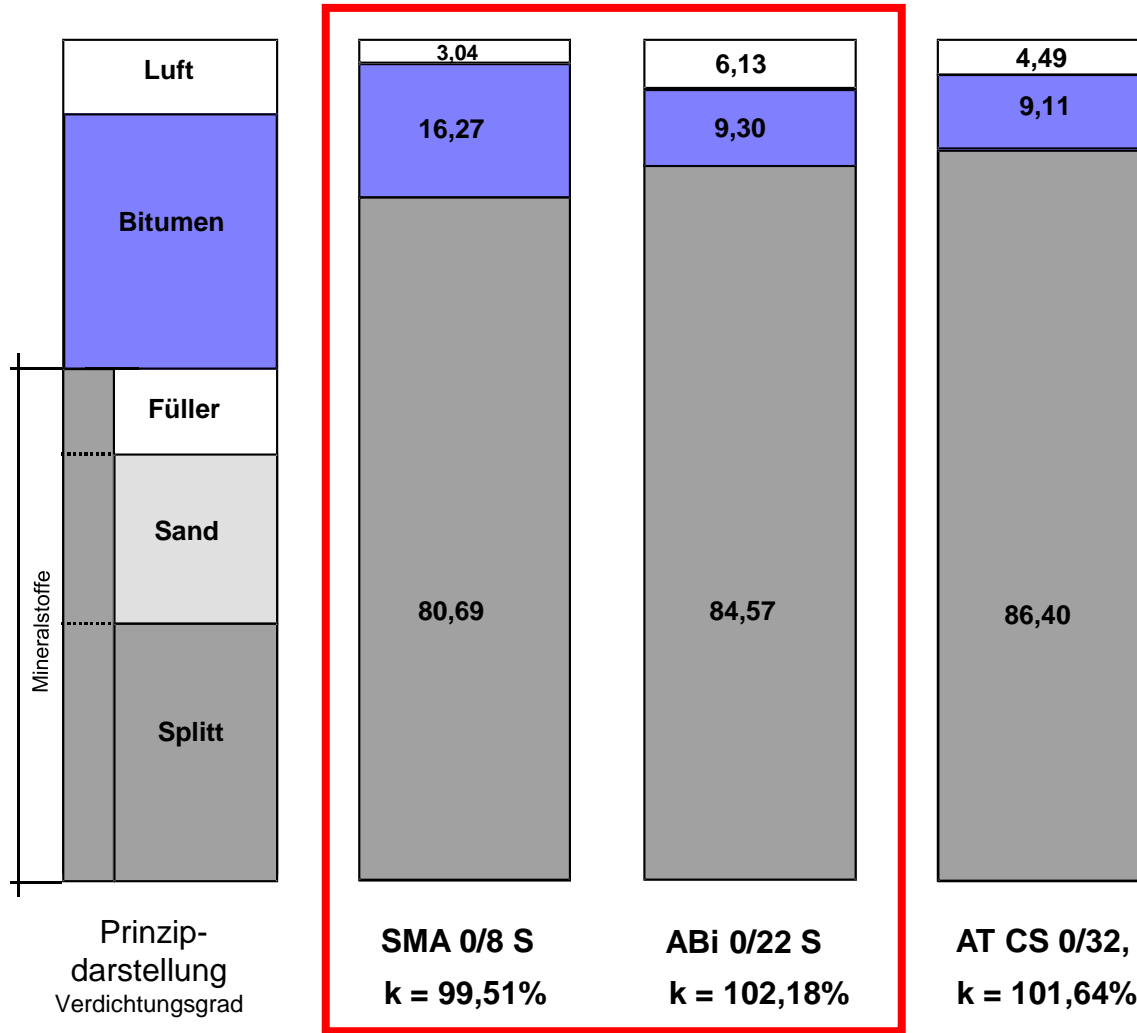
BAB 1 – Kompakte Asphaltbefestigung n. 6 Jahr.



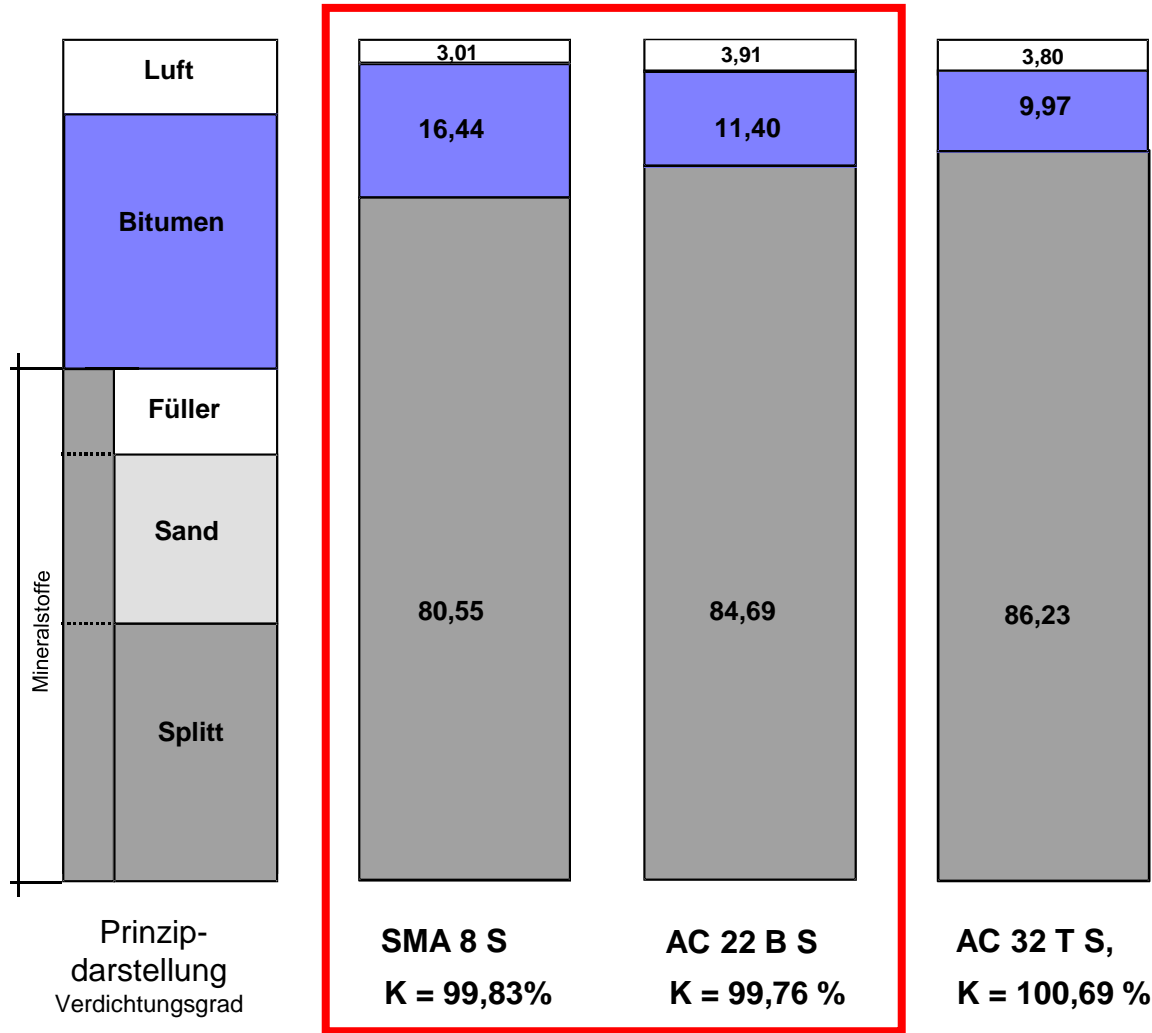
BAB 31 – Kompakte Asphaltbefestigung n. 11 Jahren



BAB 31 – Volumenverhältnisse Asphalt 2004



Volumenverhältnisse BAB A 14 (2014)



Einfluss der Zusammensetzung von Walzasphalt

Eigenschaft	Veränderung der Eigenschaft	Einfluss auf	
		Steifigkeit	Ermüdungsverhalten
Bindemittel			
- Viskosität	+	+	
- Modifizierung (Polymer/Gummi)	+	+	
- Bindemittelgehalt	+	+ 1)	+
Gestein			
- Größtkorndurchmesser	+	+	-
- Korngrößenverteilung	- 2)		-
Hohlraumgehalt	+	-	-
Verdichtungsgrad	+	+	+

- + Erhöhung der Eigenschaft/des Kennwertes
 - Reduzierung der Eigenschaft/des Kennwertes

- 1) Zunahme der Steifigkeit nur bis zu einem bestimmten Bindemittelgehalt, zugleich abhängig von Temperatur und Gestein
 2) gröbere Korngrößenverteilung mit geringerem Feinkornanteil und höherem Grobkornanteil

(Quellen: Leutner 2000, Khodary 2010, Wellner 2011, Dragon 2015a, Dragon 2015b, Roos 2015)

Einfluss der Zusammensetzung von Walzasphalt

Eigenschaft	Veränderung der Eigenschaft	Einfluss auf	
		Steifigkeit	Ermüdungsverhalten
Bindemittel			
- Viskosität	+	+	
- Modifizierung (Polymer/Gummi)	+	+	
- Bindemittelgehalt	+	+ 1)	+
Gestein			
- Größtkorndurchmesser	+	+	-
- Korngrößenverteilung	- 2)		-
Hohlraumgehalt	+	-	-
Verdichtungsgrad	+	+	+

- + Erhöhung der Eigenschaft/des Kennwertes
 - Reduzierung der Eigenschaft/des Kennwertes

- 1) Zunahme der Steifigkeit nur bis zu einem bestimmten Bindemittelgehalt, zugleich abhängig von Temperatur und Gestein
 2) gröbere Korngrößenverteilung mit geringerem Feinkornanteil und höherem Grobkornanteil

(Quellen: Leutner 2000, Khodary 2010, Wellner 2011, Dragon 2015a, Dragon 2015b, Roos 2015)

Schlussfolgerungen – Hinweise für die Praxis

- Anhebung Mindest-Bindemittelgehalt beim **Asphalttragschichtmischgut auf 4,1 M.-%**
- Anhebung Mindest-Bindemittelgehalt beim **Asphaltbinder auf 4,5 M.-%**
- **Toleranzen Bindemittelgehalt:** +/- 0,3 M.-% bei SMA / MA / PA
+/- 0,4 M.-% bei AC T
- **Anforderungen an Hohlraumgehalt** von Asphaltbinderschichten und Asphalttragschichten:
1,0 M.-% bis 6,0 M.-%
- **Asphaltgranulat dritte Baustoffkomponente** beim Asphalt
- Herstellen von Asphaltbinder- und Asphaltdeckschicht bei Walzasphalt nur noch in **Kompakter Bauweise**

Zusammenfassung und Ausblick

- Asphaltbefestigungen sind auch heute schon für **schwerste Beanspruchungen** geeignet
- **Rechnerische Dimensionierung** das Werkzeug für die Konstruktion und Bewertung von Asphaltbefestigungen
- Schichten unter der Asphaltbefestigung (**Verfestigung oder Schottertragschicht**) ebenfalls wichtige Elemente des Gesamtsystems
- **Asphaltgranulat** dritte Baustoffkomponente beim Asphalt
- Größere Baumaßnahme nur **noch mit Bestimmung der Performance-Kenndaten** der einzusetzenden Asphalte

Zusammenfassung und Ausblick

- Asphalt einzig mit **höchster Lärminderung**
- **Rechnerische Dimensionierung und Performance-Untersuchungen** unabdingbare **Schlüssel zum Potential** der Asphaltbauweise
- Intelligent zusammengesetzter Asphalt lässt sich **intelligent erhalten**
- Bauen mit **Asphalt** heißt **nachhaltig bauen!!**
- Asphalt bei **Hafen- und Logistikflächen: Betriebsmittel**

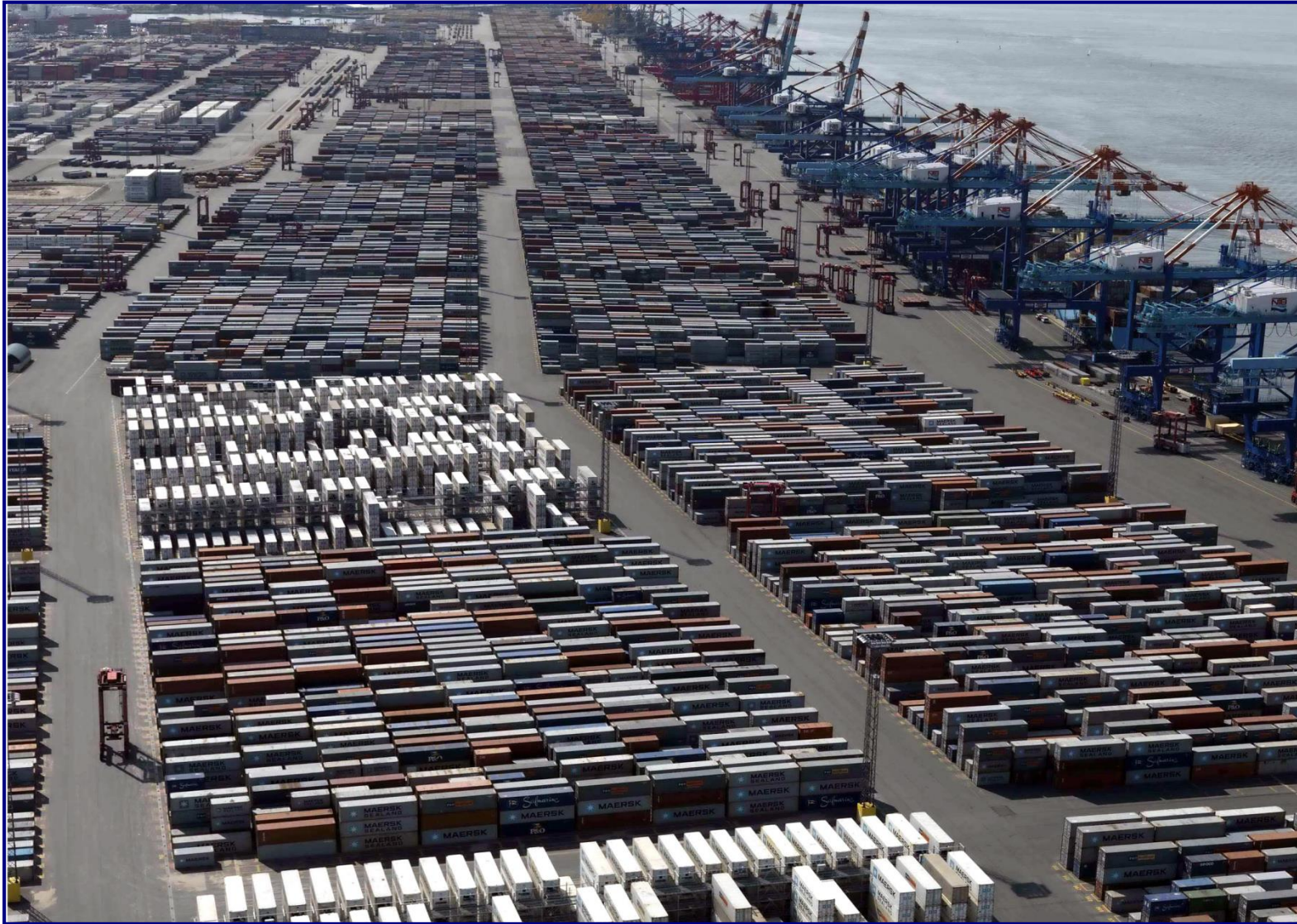
Niedersachsenkai – Terminalübersicht 2014



Steelwind – Monopile-Transport zur Kaje



Containerterminals – Straßen und Blocklager



Verkehrsbeanspruchungen und Asphalttechnik

Verkehrsbeanspruchungen

Asphalttechnik

RDO Asphalt und gute Performance der Asphalte sind von großem Nutzen und bieten neue Chancen für den Asphalt!!



und für den Verkehr im 21. Jahrhundert!!

www.schaefer-consult.com

v.schaefer@schaefer-consult.com



Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!