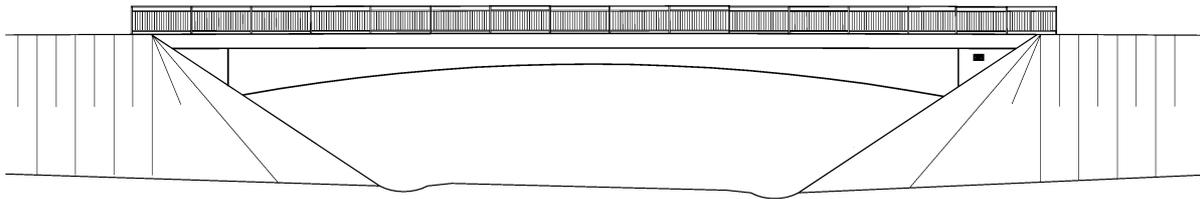


Erweiterte Grundlagen für integrale Straßenbrücken in Stahlbetonbauweise

Anlage 1 Muster-Beispiel: Überführung eines breiten Wirtschaftsweges über eine Bundesstraße mit RQ 15,5



Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Wiesbaden

Aktenzeichen: 05 0207 / AG, Bg, Zk

Datum: 11.04.2006

Diese Anlage umfasst 79 Seiten

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

I	Inhaltsverzeichnis	Seite
I	Inhaltsverzeichnis	1 - 2
II	Bauwerk	1 - 4
1	Bauwerksbeschreibung	1
2	Umweltbedingungen, Baustoffangaben und Anforderungsklasse.....	3 - 4
III	Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, Programmbeschreibung	1 - 3
1	Technische Vorschriften.....	1
2	Besondere Zulassungen	2
3	Gutachten.....	2
4	Literaturhinweise	2
5	Programmbeschreibungen	3
IV	Abweichungen und Ergänzungen zu den Vorschriften einschl. Erläuterungen.....	1
V	Gesamtbauwerk	
1	Berechnungsgrundlagen	1 - 11
1.1	Einführung	1
1.2	Statisches System	1
1.3	Baustoffe.....	5
1.4	Querschnitte.....	8 - 11
2	Einwirkungen.....	1 - 15
2.1	Eigengewicht der Konstruktion	1
2.2	Zusatzeigengewicht	2
2.3	Erddruck aus Bodeneigengewicht / Hinterfüllung	3
2.4	Erddruck aus Bodeneigengewicht / Anschüttung.....	6
2.5	Verkehr	8
2.6	Verkehrslasten für die Ermüdungsberechnung.....	11
2.7	Lastmodelle für die Hinterfüllung	12
2.8	Baugrundsetzungen	13

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	I Inhaltsverzeichnis	Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

2.9	Temperatur.....	13
2.10	Wind	15
3	Schnittgrößen.....	1 - 21
3.1	Schnittgrößen der Grundlastfälle.....	1
3.1.1	Eigengewicht der Konstruktion.....	1
3.1.2	Ständige Einwirkungen.....	2
3.1.3	Grenzschnittgrößen aus Verkehr	4
3.1.4	Grenzschnittgrößen aus Temperatur und mobilisiertem Erddruck.....	9
3.1.5	Schnittgrößen aus Ermüdungslastmodell 3	10
3.2	Einwirkungskombinationen für den GZG	12
3.3	Einwirkungskombinationen für den GZT.....	14
3.4	Einwirkungskombinationen für Nachweise nach DIN 1054	17
3.5	Lastfallindizierung für die Schnittgrößenermittlung	18 - 21
4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	1 - 8
4.1	Belastung des Baugrundes.....	1
4.2	Biegung und Längskraft	2
4.3	Querkraft.....	4
4.4	Ermüdung	6 - 8
5	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	1 - 12
5.1	Belastung des Baugrundes.....	1
5.2	Begrenzung der Rissbreite.....	2
5.2.1	Nachweisbedingungen.....	2
5.2.2	Mindestoberflächenbewehrung	2
5.2.3	Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite unter Zwang	2
5.2.4	Begrenzung der Rissbreite unter Last.....	3
5.3	Maßgebliche und gewählte Bewehrung.....	5
5.4	Spannungsbegrenzungen	7
5.5	Durchbiegung und Verformungsverhalten	11 - 12
6	Bauliche Durchbildung.....	1

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	I Inhaltsverzeichnis	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

II Bauwerk

1 Bauwerksbeschreibung

Der vorliegende Musterentwurf behandelt die Überführung einer Straße bzw. eines breiten Wirtschaftsweges über eine Bundesstraße (mit RQ 15,5 vgl. hierzu [7], Anhang B.1, Blatt 1.2) mit einem Kreuzungswinkel von 100 gon (vgl. Bauwerksplan). Das Überführungsbauwerk für den Wirtschaftsweg wird als einfeldriges, integrales Rahmenbauwerk mit einer lichten Weite von 30,50 m ausgeführt (Bild 1). Dies entspricht einer Stützweite (Achismaß) von ca. 32,50 m. Die Breite der Fahrbahn beträgt 5,50 m und die Breite des Weges zwischen den Geländern ergibt sich zu 6,50 m. Die Gesamtbreite des Überbaus inklusive Kappen beträgt 7,00 m (Bild 2). Die Achse der Straßenbrücke verläuft im Grundriss gerade, im Höhenplan liegt das gesamte Bauwerk im Bereich einer Kuppe mit $H = 5000$ m. Der Hochpunkt und der Tangentenschnittpunkt liegen in der Bauwerksmitte, so dass die Brücke symmetrisch ausgeführt werden kann.

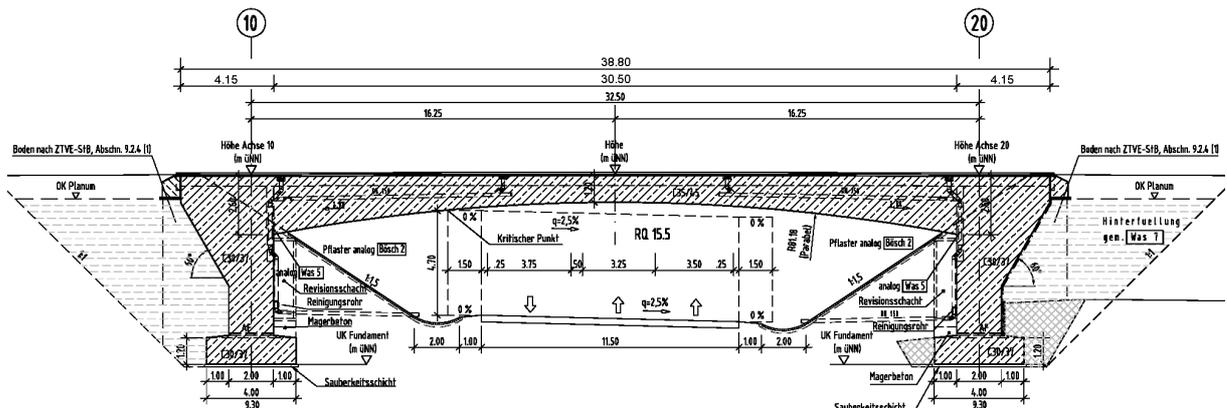


Bild 1 Längsschnitt

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	II	Bauwerk	Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

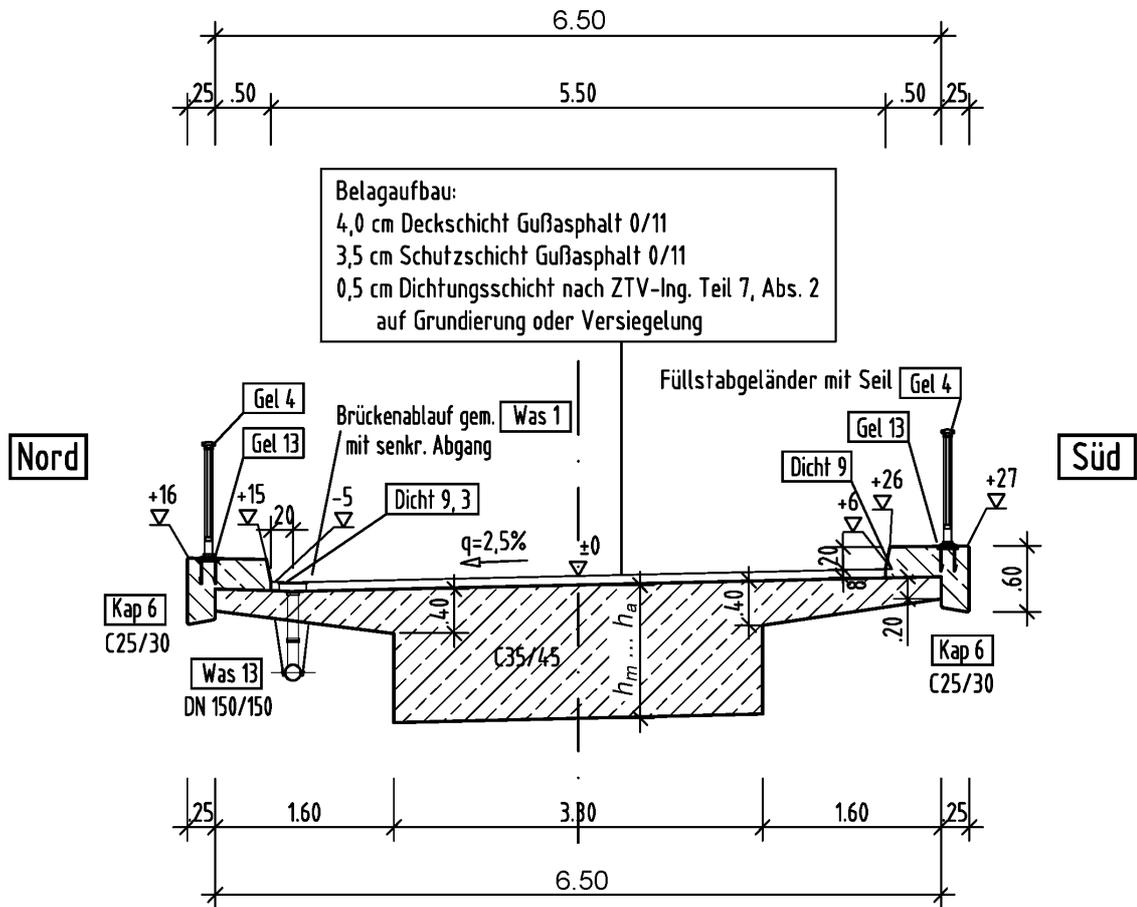


Bild 2 Querschnitt

Der Überbau besitzt einen Plattenbalkenquerschnitt mit 3,30 m Stegbreite und einer Konstruktionshöhe von 1,20 m in Feldmitte bis 2,80 m in den Widerlagerachsen. Die Widerlager mit Rechteckquerschnitt besitzen eine Breite von 6,30 m und sind flach gegründet. Überbau und Widerlager sind monolithisch verbunden und wirken zusammen als Rahmen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	II	Bauwerk		Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

2 Umweltbedingungen, Baustoffangaben und Anforderungsklasse

Die Betonbauteile der Straßenbrücke sind Umweltbedingungen ausgesetzt, die durch das Mittelgebirgsklima sowie durch den Einsatz von Taumitteln auf der Fahrbahn geprägt sind. Gemäß DIN-Fachbericht 100 und ZTV-ING sind die einzelnen Betonbauteile den Expositionsclassen nach Tabelle 1 zuzuordnen.

Tabelle 1 Expositionsclassen für Betonbauteile nach DIN-Fachbericht 100

Bauteil	Expositionsclassen(n)
Überbau, Stahlbeton	XC4, XD1, XF2
Kappen	XC4, XD3, XF4
Widerlager, sichtbare Seitenflächen	XC4, XD1, XF2
Widerlager, ab 80 cm unter GOK (frostfrei)	XC2, XD1
Fundamente (frostfrei)	XC2
Sauberkeitsschicht	X0

Die zugehörigen Grenzwerte für die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Festbetons sind dem allgemeinen DIN-Fachbericht 100, Anhang F zu entnehmen. Die ergänzenden Regelungen in ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 1 sind zu beachten.

Die Klassifizierung der Nachweisbedingungen von Betonbauteilen gemäß FB 102, 4.4.0.3 und ARS 11/2003, Anlage Abs. (2) wird vom Bauherrn durch Festlegung der in Tabelle 2 genannten Anforderungsklassen geregelt. Als Stahlbetonbauwerk ist die Anforderungsklasse D zutreffend. In Tabelle 2 sind die „Baustoffkennwerte“ zusammengefasst.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:	
Block:	II Bauwerk		Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

Tabelle 2 Baustoffangaben und Anforderungsklasse

Bauteil	Expositions- klasse(n)	Beton	Betonstahl (hochduktil)	Spannstahl	Anfor- derungs- klasse
Überbau	XC4, XD1, XF2	C 35/45	BSt 500 S	-	D
Kappen	XC4, XD3, XF4	C 25/30 ¹⁾	BSt 500 S		
Widerlager	XC4, XD1, XF2	C 30/37	BSt 500 S		
Fundament	XC2	C 30/37 ²⁾	BSt 500 S		
Sauberkeitssch.	X0	C 12/15	-		
Vorspannung	entfällt				

¹⁾ Mindestluftporengehalt nach DIN-Fachbericht 100, Tabelle F.2.2, Fußnote f und ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 1 beachten

²⁾ über die Anforderungen von FB 100, Anhang F und ZTV-ING hinaus

Für den Bauzustand ist entsprechend ARS 11/2003, Anlage Abs. (3) dieselbe Anforderungsklasse wie im Endzustand zugrunde zu legen.

Für den Überbaubeton ist im Rahmen der Erstprüfung der statische E -Modul zu bestimmen. Das Ergebnis der E -Modul Prüfung nach DIN 1048-5 entspricht dem Tangentenmodul E_{c0} im Ursprung der Spannungs-Dehnungslinie nach FB 102 (siehe auch DAfStb-Heft 525). Bei nennenswerten Abweichungen vom Erwartungswert $E_{c0,m}$ nach Kapitel 1 ist der Einfluss des abweichenden E -Moduls auf die Schnittgrößenverteilung und ggf. die Bemessung zu verfolgen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	II	Bauwerk		Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

III Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, Programmbeschreibung

1 Technische Vorschriften

Für die Berechnung des Bauwerks werden die folgenden, mit den ARS 8/2003 bis 11/2003 eingeführten DIN-Fachberichte (FB) zugrunde gelegt. Die eingeführten Ausgaben der DIN-Fachberichte 101 und 102 unterscheiden sich inhaltlich erheblich von der ersten Auflage aus dem Jahr 2001. Die zugehörigen ARS, die nachfolgend ebenfalls genannt sind, enthalten maßgebende Änderungen und Ergänzungen zu den DIN-Fachberichten:

ARS 8/2003 zur Umstellung auf europäische Regelungen im Brücken- und Ingenieurbau

DIN-Fachbericht 100: Beton – Zusammenstellung von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2. DIN (Hrsg.), Beuth, Berlin, 1. Auflage 2001, sowie

ARS 9/2003 zu DIN-Fachbericht 100

DIN-Fachbericht 101: Einwirkungen auf Brücken. DIN (Hrsg.), Beuth, Berlin, 2. Auflage 2003, sowie

ARS 10/2003 zu DIN-Fachbericht 101

DIN-Fachbericht 102: Betonbrücken. DIN (Hrsg.), Beuth, Berlin, 2. Auflage 2003, sowie

ARS 11/2003 zu DIN-Fachbericht 102

Für die Nachweise des Baugrundes wurde gemäß Erfahrungssammlung zum FB 101, Reg.-Nr. 056 und zum FB 102, Reg.-Nr. 059 [www.bast.de] folgende Norm verwendet:

DIN 1054 Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
Ausgabe Januar 2005

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	III Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, ... Seite: 1	
Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

2 Besondere Zulassungen

Felsanker:	–
Spannverfahren:	–
Schraubmuffen:	z.B. Halfen Schraubanschluss HBS-05 mit Zulassung Z-1.5-189 oder gleichwertig
Ankerschienen:	–
Transportanker:	–
Schalungsträger:	<i>NN</i>

3 Gutachten

Da es sich bei der vorliegenden Berechnung um ein Muster-Beispiel handelt, liegt kein konkretes Bodengutachten vor. In der Untersuchung wurden Grenzwerte abgeschätzt, um realistische Bodenverhältnisse abzubilden.

In einer Ausführungsstatik sind die tatsächlich vorliegenden Baugrundbedingungen auf der Grundlage eines Bodengutachtens zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Verformungskennwerte, zu denen z.B. die Setzungen oder der Steifemodul E_S zählen, sind obere und untere Grenzwerte anzusetzen.

4 Literaturhinweise

- [1] Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (HLSV): Fugenloses Bauen, Entwurfshilfen für integrale Straßenbrücken. Heft 50 der Schriftenreihe des HLSV. Bearbeitet in Zusammenarbeit mit König, Heunisch und Partner, Beratende Ingenieure für Bauwesen. Wiesbaden, Frankfurt, 2002.
- [2] Forschungsgruppe für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke. Ausgabe 1994. FGSV Heft 525, Juli 1994.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	III	Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, ... Seite: 2	
Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

- [3] *Pötzl, M., Schlaich, J. und Schäfer, K.*: Grundlagen für den Entwurf, die Berechnung und konstruktive Durchbildung lager- und fugenloser Brücken. DAFStb (Hrsg.), Heft 461 der Schriftenreihe. Beuth, Berlin 1996.
- [4] *Engelsmann, S., Schlaich, J. und Schäfer, K.*: Entwerfen und Bemessen von Betonbrücken ohne Fugen und Lager. DAFStb (Hrsg.), Heft 496 der Schriftenreihe. Beuth, Berlin 1999.
- [5] *Zilch, K. und Rogge, A.*: Bemessung der Stahlbeton- und Spannbetonbauteile nach DIN 1045-1 – Teil I. Betonkalender 2001, Band 1. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2001.
- [6] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“: EAU 1985, 7. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1985.
- [7] Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (HLSV): Erg ZTV-ING Hessen. Ausgabe 2005-11. Wiesbaden 2005. Download über <http://www.verkehr.hessen.de> unter der Rubrik: Service für Sie / Anträge, Formulare & Standards.

5 Programmbeschreibung

Die Berechnung des Bauwerks wurde mit den Stabstatikmodulen der SOFiSTiK Aktiengesellschaft durchgeführt. Folgende wesentlichen Programme wurden dabei verwendet:

AQUA	Version 13.02
GENF	Version 11.17
STAR2	Version 12.46
MAXIMA	Version 13.00
AQB	Version 12.56

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	III Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, ...	Seite: 3
Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

IV Abweichungen und Ergänzungen zu den Vorschriften einschl. Erläuterungen

Die in Block III aufgeführten Vorschriften und Regelungen geben eine ausreichende Bemessungsgrundlage.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	IV	Abweichungen und Ergänzungen		Seite: 1
Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006				

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

V Gesamtbauwerk

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Einführung

Die als Muster-Beispiel untersuchte Straßenbrücke für einen breiten Wirtschaftsweg über eine Bundesstraße (RQ 15,5) wird als integrales Bauwerk ausgeführt. Die vorliegende Musterberechnung hat den Umfang einer Vorstatik zum Bauwerksentwurf. Die Ausführbarkeit des Bauwerks sowie die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Berechnung integraler Bauwerke werden gezeigt. Dazu sind die maßgebenden Nachweise in knapper, praxisbezogener Form zusammengestellt. Im Rahmen der Vorstatik werden nur die maßgebenden Schnitte nachgewiesen. Nachweise in den Bauzuständen sind nicht Gegenstand dieser Vorstatik. Die Bauzustände, einschließlich der Herstellung der Hinterfüllung, sind im Rahmen der Ausführungsstatik nachzuweisen. Bei der Ausführung des Bauwerks ist darauf zu achten, dass das Traggerüst für den Überbau erst nach vollständigem Abbinden des Betons und bereits erfolgter Hinterfüllung der Widerlager abgelassen werden darf.

1.2 Statisches System

Integrale Bauwerke müssen als Gesamttragwerk abgebildet werden. Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund ist realitätsnah auf der Grundlage charakteristischer Baugrundkenngrößen zu erfassen. Nach [1] und [2] wird die Wirkung der Hinterfüllung über den Ansatz des mobilisierten Erddrucks erfasst. Die zugehörigen Ansätze werden in den Abschnitten V.2.3 und V.2.4 als Einwirkungen behandelt. Die Nachgiebigkeit der Gründung wird über Bodenfedern abgebildet.

Im statischen System wird der in der Ansicht gekrümmte Schwerachsenverlauf des Überbaus berücksichtigt. Im Muster-Beispiel fällt der Kuppenhochpunkt mit der Bauwerksmitte zusammen, so dass sich dort eine Symmetrieachse ergibt.

Der Überbau zwischen den Widerlagern wird für die hier durchgeführte Vorbemessung in 10 Stäbe Nr. 1001 bis 1010 gleichmäßig unterteilt (Bild 1.1). Die anschließenden Stäbe 1000 und 1011 dienen als Koppelstäbe und zum Aufnehmen von Verkehrslasten im Bereich der Stiele.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Die Widerlagerwände werden als vertikale Stäbe 1111-1116 bzw. 1121 bis 1126 ausgehend vom Schwerpunkt der Aufstandsfläche abgebildet. Die Stäbe 1116 und 1126 dienen dabei nur zur Aufnahme von Erddrucklasten aus der Hinterfüllung.

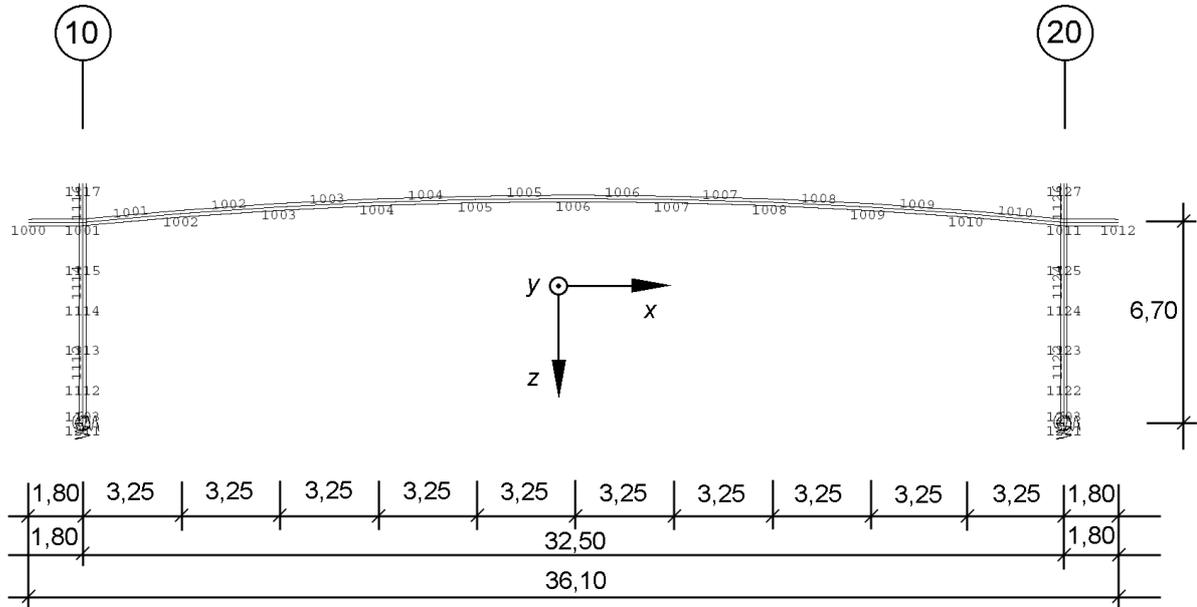


Bild 1.1 Statisches System, Ansicht

Folgende Knoten werden benötigt (Auszug der Ausgabedatei von GENF):

KNOTENKOORDINATEN			
Nummer	X [m]	Y [m]	Z [m]
1000	36.313	0.000	-126.098
1001	38.113	0.000	-126.104
1002	41.363	0.000	-126.396
1003	44.613	0.000	-126.620
1004	47.863	0.000	-126.778
1005	51.113	0.000	-126.871
1006	54.363	0.000	-126.902
1007	57.613	0.000	-126.871
1008	60.863	0.000	-126.778
1009	64.113	0.000	-126.620
1010	67.363	0.000	-126.396
1011	70.613	0.000	-126.104
1012	72.413	0.000	-126.098

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

1111	38.113	0.000	-119.404
1112	38.113	0.000	-120.744
1113	38.113	0.000	-122.084
1114	38.113	0.000	-123.424
1115	38.113	0.000	-124.764
1001	38.113	0.000	-126.104
1117	38.113	0.000	-127.387
1121	70.613	0.000	-119.404
1122	70.613	0.000	-120.744
1123	70.613	0.000	-122.084
1124	70.613	0.000	-123.424
1125	70.613	0.000	-124.764
1011	70.613	0.000	-126.104
1127	70.613	0.000	-127.387
1211	38.113	0.000	-119.404
1221	70.613	0.000	-119.404

Die Knoten 1111 bzw. 1121 sind mit den Knoten 1211 bzw. 1221 durch eine starre Kopplung miteinander verbunden, um eine mögliche, exzentrische Anordnung der Fundamentplatte des Widerlagers abbilden zu können. Bei der vorliegenden Musterberechnung wurde von dieser Möglichkeit allerdings kein Gebrauch gemacht (Koordinaten der gekoppelten Knoten sind identisch).

Die Knoten 1211 und 1221 werden durch Federn gehalten, welche die Nachgiebigkeit des Baugrundes realitätsnah abbilden. Da es sich bei der vorliegenden Berechnung um ein Musterbeispiel handelt, werden folgende Grenzwerte für locker bis dicht gelagerten Sand angesetzt [6]:

Steifemodul für locker gelagerten Sand: $E_{s,k} = 40 \text{ MN/m}^2$ ($= E_{s,k,inf}$)

Steifemodul für dicht gelagerten Sand: $E_{s,k} = 250 \text{ MN/m}^2$ ($= E_{s,k,sup}$)

zulässige Sohlnormalspannung $\sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2$

Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 35^\circ$

Hieraus ergeben sich folgende Drehfederkonstanten:

$$c_\varphi = \frac{a \cdot b^2 \cdot E_s}{f_\alpha \cdot (1 - \nu^2)}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

$$c_{\varphi, \text{inf}} = \frac{9,3 \text{ m} \cdot 4,0^2 \text{ m}^2 \cdot 40 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2}{5,174} = 1,15 \cdot 10^6 \text{ kNm}$$

$$c_{\varphi, \text{sup}} = \frac{9,3 \text{ m} \cdot 4,0^2 \text{ m}^2 \cdot 250 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2}{5,174} = 7,19 \cdot 10^6 \text{ kNm}$$

$$c_{\varphi, \text{sup}} - c_{\varphi, \text{inf}} = 6,04 \cdot 10^6 \text{ kNm}$$

mit: $a = 9,3 \text{ m}$

$b = 4,0 \text{ m}$

$\nu \approx 0$

$$f_{\alpha} = \frac{5,73}{1 + \frac{b}{4 \cdot a}} = 5,174$$

Im vorliegenden Fall wird für die Ermittlung der Vertikalfeder keine Grenzwertbetrachtung durchgeführt, sondern lediglich ein Mittelwert angesetzt. In einer Ausführungsstatik ist zumindest ein oberer und unterer Grenzwert für die Setzungen auf Grundlage des Bodengutachtens zu berücksichtigen. Die Vertikalfeder wird unter der Annahme abgebildet, dass bei Ausnutzung der zulässigen Sohlnormalspannung auf der gesamten Gründungsfläche eine Setzung von ca. 1,5 cm im Mittel möglich ist.

$$c_{fz, \text{inf}} \approx c_{fz, \text{sup}} = \frac{4,0 \text{ m} \cdot 9,3 \text{ m} \cdot 350 \text{ kN/m}^2}{0,015 \text{ m}} = 0,87 \cdot 10^6 \text{ kN/m}$$

Die horizontale Festhalterung c_{fx} der Gründung wird im System mit dem oberen Grenzwert der Steifigkeit $c_{fx, \text{sup}}$ über eine annähernd starre Lagerung abgebildet. Die untere Grenze der Steifigkeit wird nicht über eine Feder $c_{fx, \text{inf}}$, sondern auf der Einwirkungsseite über eine erdseitige Horizontalverschiebung der Auflager abgebildet (siehe V.2).

Für die jeweils ermittelten Auflagerkräfte muss später der Nachweis gegen Gleiten nach DIN 1054 geführt werden (siehe Block V.4.1).

Im statischen System wird die weiche Lagerung mit $c_{fz, \text{inf}}$ und $c_{\varphi, \text{inf}}$ als ständig vorhandene Federn modelliert. Wie alle Stäbe werden die Federn der Elementgruppe 1 zugeordnet.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0			
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006	

Die Differenzsteifigkeit zu den steifen Federn $c_{fz,sup}$ und $c_{\phi,sup}$ wird über parallele Federn als eigene Elementgruppe 2 definiert. Sie kann bei der Schnittgrößenermittlung wahlweise aktiviert oder deaktiviert werden. Die zugehörige Federdefinition in GENF lautet (Auszug):

FEDERN									
Grp	Nummer	Knoten	Knoten	dX [-]	dY [-]	dZ [-]	CP [kN/m]	CT [kN/m]	CM [kNm]
1	1101	1211		1.000	0.000	0.000	1.000E+12		1.000E+12
1	1102	1211		0.000	1.000	0.000	1.000E+12		1.150E+06
1	1103	1211		0.000	0.000	1.000	8.680E+05		
1	1201	1221		1.000	0.000	0.000	1.000E+12		1.000E+12
1	1202	1221		0.000	1.000	0.000	1.000E+12		1.150E+06
1	1203	1221		0.000	0.000	1.000	8.680E+05		
2	2102	1211		0.000	1.000	0.000			6.040E+06
2	2202	1221		0.000	1.000	0.000			6.040E+06

1.3 Baustoffe

Für die Definition der Querschnitte im statischen System werden die Baustoffangaben aus Kapitel II benötigt. Folgende Baustoffe nach DIN-Fachbericht 100 und DIN-Fachbericht 102 werden benötigt:

Beton:	C 30/37	SOFiSTiK:	BETO 3	C 30
	C 35/45		BETO 4	C 35
	C 35/45 (für Hilfsstäbe, $\gamma = 0$)		BETO 6	C 35 GAM 0
Bewehrung:	BSt 500 S hochduktil		STAH 5	BST 500SB

Die Spannungs-Dehnungslinien und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte sind programmintern gemäß DIN-Fachbericht 102 vorbelegt.

Die Werte für den E -Modul werden gemäß DIN-Fachbericht 102, (Gl. 3.5) als Mittelwert E_{c0m} für die jeweilige Festigkeitsklasse angesetzt. Die Rechenfestigkeit des Betons, die im Programm mit f_c bezeichnet wird, beinhaltet den Dauerstandsfaktor α , so dass programmintern bei der Bemessung $f_{cd} = f_c / \gamma_M$ gerechnet werden kann (mit $f_c = \alpha \cdot f_{ck}$).

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 5
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Datensätze aus der Materialdefinition (Auszug der Ausgabedatei von AQUA):

MATERIALIEN

Standardnorm ist DIN Fachbericht 102 Massivbrücken (2003) (Germany)
Klasse (Tab.4.118): D

Nr. 3 C 30/37 (DIN 1045-1)

Elastizitätsmodul	E	28309 [MPa]	Material-Sicherheit	1.50 [-]
Querdehnzahl	m	0.20 [-]	Rechenfestigkeit f_c	25.50 [MPa]
Schubmodul	G	11796 [MPa]	Nennfestigkeit f_{ck}	30.00 [MPa]
Kompressionsmodul	K	15727 [MPa]	Zugfestigkeit f_{ctm}	2.90 [MPa]
Wichte	g	25.0 [kN/m ³]	5 % Zugfestigk. f_{ctk}	2.03 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	25.0 [kN/m ³]	95 % Zugfestigk. f_{ctk}	3.77 [MPa]
Temperaturkoeffiz.	a	1.00E-05 [-]	Verbundspannung f_{bd}	3.04 [MPa]
			Gebrauchsfestigkeit	38.00 [MPa]
			Ermüdungsfestigkeit	14.96 [MPa]

Nr. 4 C 35/45 (DIN 1045-1)

Elastizitätsmodul	E	29878 [MPa]	Material-Sicherheit	1.50 [-]
Querdehnzahl	m	0.20 [-]	Rechenfestigkeit f_c	29.75 [MPa]
Schubmodul	G	12449 [MPa]	Nennfestigkeit f_{ck}	35.00 [MPa]
Kompressionsmodul	K	16599 [MPa]	Zugfestigkeit f_{ctm}	3.21 [MPa]
Wichte	g	25.0 [kN/m ³]	5 % Zugfestigk. f_{ctk}	2.25 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	25.0 [kN/m ³]	95 % Zugfestigk. f_{ctk}	4.17 [MPa]
Temperaturkoeffiz.	a	1.00E-05 [-]	Verbundspannung f_{bd}	3.37 [MPa]
			Gebrauchsfestigkeit	43.00 [MPa]
			Ermüdungsfestigkeit	17.06 [MPa]

Nr. 5 BST 500 SB (DIN 1045-1)

Elastizitätsmodul	E	200000 [MPa]	Material-Sicherheit	1.15 [-]
Querdehnzahl	m	0.30 [-]	Fließgrenze f_y	500.00 [MPa]
Schubmodul	G	76923 [MPa]	Druckfließgrenze f_{yc}	500.00 [MPa]
Kompressionsmodul	K	166667 [MPa]	Zugfestigk. f_t	550.00 [MPa]
Wichte	g	78.5 [kN/m ³]	Druckfestigkeit f_c	550.00 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	78.5 [kN/m ³]	Bruchdehnung	50.00 [o/oo]
Temperaturkoeffiz.	a	1.20E-05 [-]	Verbundwert relativ	1.00 [-]
			Verbundwert k_1 (EC2)	0.80 [-]
			Verfestigungs-Modul	0.00 [MPa]
			Schwingbreite	195.00 [MPa]

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 6
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Nr. 6 C 35/45 (DIN 1045-1)

Elastizitätsmodul	E	29878 [MPa]	Material-Sicherheit	1.50 [-]
Querdehnzahl	m	0.20 [-]	Rechenfestigkeit f_c	29.75 [MPa]
Schubmodul	G	12449 [MPa]	Nennfestigkeit f_{ck}	35.00 [MPa]
Kompressionsmodul	K	16599 [MPa]	Zugfestigkeit f_{ctm}	3.21 [MPa]
Wichte	g	0.0 [kN/m ³]	5 % Zugfestigk. f_{ctk}	2.25 [MPa]
Wichte Auftrieb	g _a	0.0 [kN/m ³]	95 % Zugfestigk. f_{ctk}	4.17 [MPa]
Temperaturkoeffiz.	a	1.00E-05 [-]	Verbundspannung f_{bd}	3.37 [MPa]
			Gebrauchsfestigkeit	43.00 [MPa]
			Ermüdungsfestigkeit	17.06 [MPa]

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 7
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

1.4 Querschnitte

Die Überbauquerschnitte werden als polygonale Querschnitte abgebildet. Dabei wird die Querneigung vernachlässigt. Entsprechend der Stabteilung nach Bild 1.1 werden insgesamt sechs Überbauquerschnitte benötigt. Die zugehörigen Querschnittshöhen sind in Tabelle 1.1 zusammengefasst. Die Widerlager erhalten Rechteckquerschnitte mit den jeweils zutreffenden Abmessungen.

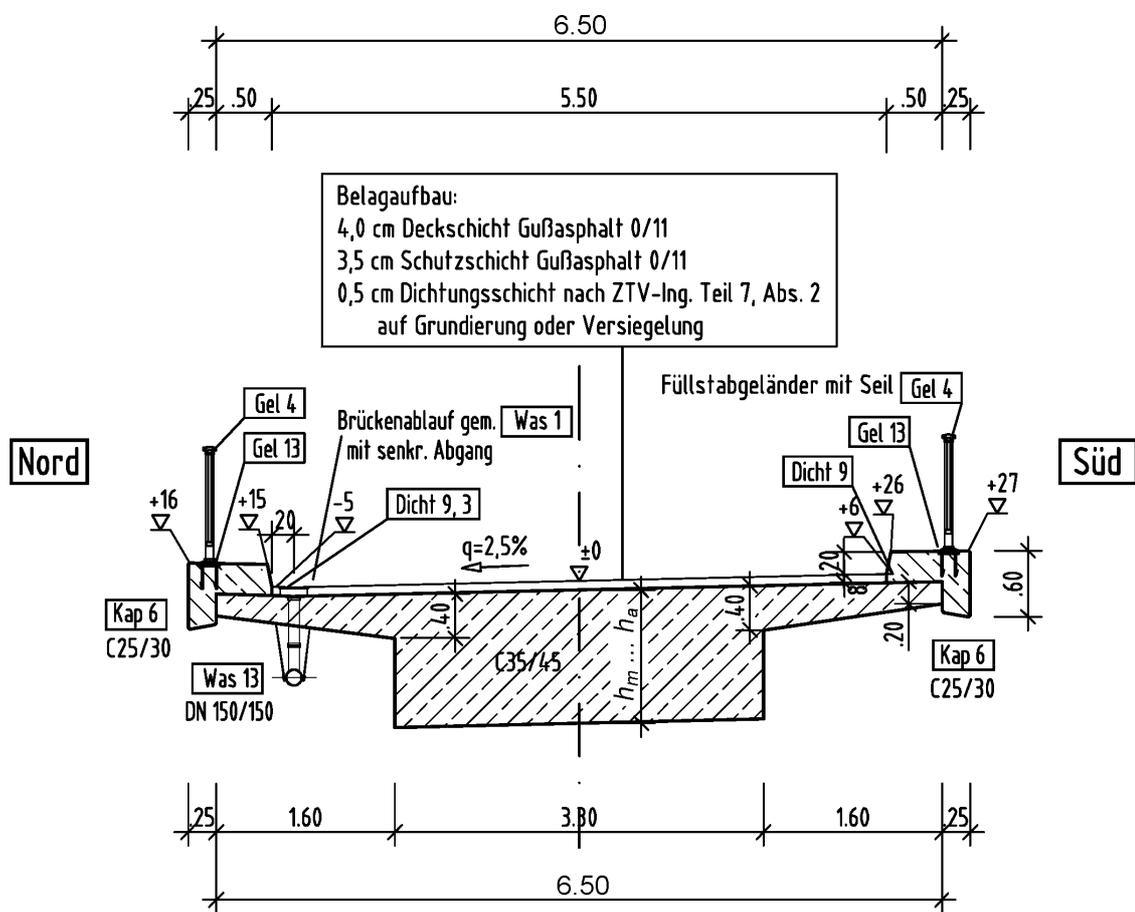


Bild 1.2 Überbauquerschnitt

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 8
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Tabelle 1.1 Querschnittshöhen Überbau

Querschnitt	h [m]	Anmerkung
1	1,200	Feldmitte (5/10-Punkt)
2	1,264	4/10-Punkt und 6/10-Punkt
3	1,456	3/10-Punkt und 7/10-Punkt
4	1,776	2/10-Punkt und 8/10-Punkt
5	2,224	1/10-Punkt und 9/10-Punkt
6	2,800	Achse Widerlager (fiktiv)

Die wichtigsten Querschnittswerte sind im Folgenden als Auszug der Ausgabedatei von AQUA zusammengestellt. Bild 1.3 zeigt das Gesamtsystem mit Querschnitten, Federn und Knotennummern.

QUERSCHNITTSWERTE ÜBERSICHT

Nr	MNr	A [m ²]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-smp	E/G-Modul	gam
	MBw	It [m ⁴]	[m ²]	[m ⁴]	[m]	[m]	[MPa]	[kN/m]
1	4	4.8600E+00		6.283E-01	0.000	0.000	29878	121.50
	5	1.529E+00		8.586E+00	0.518	0.637	12449	
2	4	5.0712E+00		7.316E-01	0.000	0.000	29878	126.78
	5	1.750E+00		8.778E+00	0.547	0.665	12449	
3	4	5.7048E+00		1.105E+00	0.000	0.000	29878	142.62
	5	2.521E+00		9.353E+00	0.638	0.748	12449	
4	4	6.7608E+00		1.967E+00	0.000	0.000	29878	169.02
	5	4.157E+00		1.031E+01	0.790	0.881	12449	
5	4	8.2392E+00		3.767E+00	0.000	0.000	29878	205.98
	5	7.135E+00		1.165E+01	1.008	1.060	12449	
6	4	1.0140E+01		7.315E+00	0.000	0.000	29878	253.50
	5	1.194E+01		1.338E+01	1.290	1.286	12449	
7	=	B/H = 630 / 200 cm						
	=	(D-As 8 / 8 cm)						
3		1.2600E+01		4.200E+00	0.000	0.000	28309	315.00
	5	1.339E+01		4.167E+01	0.000	0.000	11796	
8	=	B/H = 630 / 240 cm						
	=	(D-As 8 / 8 cm)						
3		1.5120E+01		7.258E+00	0.000	0.000	28309	378.00
	5	2.179E+01		5.001E+01	0.000	0.000	11796	

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

9	=	B/H = 630 / 280 cm					
	=	(D-As 8 / 8 cm)					
3	1.7640E+01	1.152E+01	0.000	0.000	28309	441.00	
5	3.285E+01	5.834E+01	0.000	0.000	11796		
10	=	B/H = 930 / 400 cm					
	=	(D-As 8 / 8 cm)					
3	3.7200E+01	4.960E+01	0.000	0.000	28309	930.00	
5	1.429E+02	2.681E+02	0.000	0.000	11796		
11	6	1.0140E+01	7.315E+00	0.000	0.000	29878	0.00
	5	1.194E+01	1.338E+01	1.290	1.286	12449	

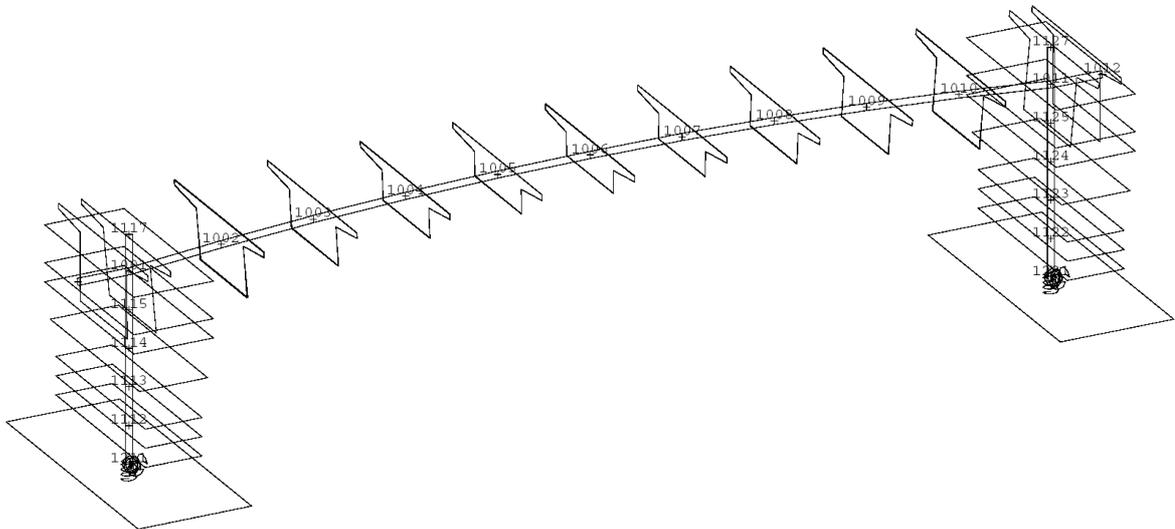


Bild 1.3 Statisches System mit Querschnitten, Isometrie

Als Ausgangswert für die Bemessung in den Grenzzuständen wird eine Grundbewehrung vorgesehen. Sie entspricht der Mindestbewehrung nach DIN-Fachbericht 102, Tabelle 5.7, wobei $\min a_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\varnothing 10 - 20$) nicht unterschritten werden darf. Eine Mindestoberflächenbewehrung über $\min a_s = 13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\varnothing 16 - 15$) wird nicht vorgesehen (Tabelle 1.3). Der Abstand der Bewehrung vom Querschnittsrand wird unter Annahme einer 3-lagigen Bewehrungsanordnung einheitlich mit 14,0 cm angenommen (Tabelle 1.2).

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Tabelle 1.2 Betondeckung

Bauteil	min <i>c</i>	nom <i>c</i>	<i>h</i> – <i>d</i>
Rahmen			
nicht erdberührte Flächen	4,0 cm	4,5 cm	14,0 cm
erdberührte Flächen	5,0 cm	5,5 cm	14,0 cm

Die Mindestquerkraftbewehrung wird nach DIN-Fachbericht 102, II-5.4.2.2 (4) P für allgemeine Querschnitte berechnet (Tabelle 1.4):

$$\min \rho_w = 1,0 \cdot \min \rho$$

Tabelle 1.3 Mindestbewehrung für den oberen und unteren Querschnittsrand

Querschnitt	<i>h</i> [m]	min ρ [%]	<i>b_w</i> [m]	min <i>A_{s,u}</i> [cm ²]	min <i>A_{s,o}</i> [cm ²]
1	1,200	0,102	3,30	40,4	40,4
2	1,264	0,102	3,30	42,5	42,5
3	1,456	0,102	3,30	44,2	44,2
4	1,776	0,102	3,30	44,2	44,2
5	2,224	0,102	3,30	44,2	44,2
6	2,800	0,102	3,30	44,2	44,2
7	2,000	0,093	6,30	84,4	84,4
8	2,400	0,093	6,30	84,4	84,4
9	2,800	0,093	6,30	84,4	84,4

Tabelle 1.4 Mindestquerkraftbewehrung

Querschnitt	<i>b_w</i> [m]	min ρ_w [%]	min <i>a_{s,w}</i> [cm ² /m]
1 - 6	3,30	0,102	33,66
7 - 9	6,30	0,093	58,59

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 11
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

2 Einwirkungen

2.1 Eigengewicht der Konstruktion

Das Eigengewicht der Betonkonstruktion (Überbau und Widerlager) wird von SOFiSTiK mit $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ automatisch ermittelt. Für die nicht abgebildete Auskragung der Widerlager erdseitig werden zusätzliche Einzellasten von je $G = 300 \text{ kN}$ eingegeben, die vereinfacht zentrisch wirkend angenommen werden.

Entsprechend der allgemeinen bei integralen Bauwerken erforderlichen Vorgehensweise wird jeweils für die weiche und die steife Gründung eine getrennte Schnittgrößenermittlung durchgeführt.

Die zu erwartende vertikale Setzung wird über die Steifigkeit der vertikalen Auflagerfedern in den Stielachsen gesteuert. Sie hat keine Beanspruchungen im Rahmen zur Folge. Maßgebend ist die horizontale, erdseitige Auflagerverschiebung, welche die Größe der Rahmeneckmomente steuert. Als oberer Grenzwert der Steifigkeit wurde im System eine horizontal unverschiebliche Festhaltung angenommen. Als untere Grenze für die Steifigkeit können folgende drei Fälle zutreffend sein:

- Die Verschiebung unter der seltenen Einwirkungskombination sollte nicht größer sein als die Verschiebung, die bei monotoner Bewegung im oberen Stielbereich etwa die Hälfte des passiven Erddrucks weckt. Diese Verschiebung ist abhängig von der Höhe des Stiels und beträgt ca. 2,5 ‰ der Stielhöhe.
- Für übliche Fälle braucht keine Verschiebung über 1,0 cm voll elastisch eingerechnet zu werden. Diese Grenze wird bei mittleren Rahmenspannweiten und üblichen Bauhöhen der Rahmen von mehr als 4,0 m meist maßgebend.
- Die horizontale, erdseitige Fußverschiebung sollte in der Kombination mit den ständigen Einwirkungen keine positiven Rahmeneckmomente ergeben. Insbesondere bei sehr kurzen Rahmenspannweiten ist damit der Grenzfall des frei verschieblichen Systems maßgebend.

Im vorliegenden Fall wird eine horizontale erdseitige Verschiebung der Gründungen von 1,0 cm als lokale Verschiebungssprung im untersten Stab angesetzt. Sie wird vereinfachend

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

im Lastfall 1 mit dem Eigengewicht für den Grenzfall weiche Gründung berücksichtigt. Im Lastfall 101 für die steife Gründung wird keine horizontale Fußverschiebung zugelassen.

Die zugehörigen Lastvorgaben in STAR2 lauten:

LASTFALL 1 G1-weich

Faktor P und M Lasten 1.000
Faktor Eigengewicht EG-ZZ 1.000

KNOTENLASTEN

Knoten	PX [kN]	PY [kN]	PZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
1001						
1001			300.0			
1011					0.00	
1011			300.0			

STABLASTEN

Stabnr	Typ	a [m]	l [m]	Wert1	Wert2 [dim]	ya [m]	za [m]	ye [m]	ze [m]
1111	ELW2	0.000		-10.000	[mm]				
1121	ELW2	0.000		-10.000	[mm]				

LASTFALL 101 G1-steif

Faktor P und M Lasten 1.000
Faktor Eigengewicht EG-ZZ 1.000

KNOTENLASTEN

Knoten	PX [kN]	PY [kN]	PZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
1001						
1001			300.0			
1011					0.00	
1011			300.0			

2.2 Zusatzeigengewicht

Für eine Belagsdicke von ca. 8 cm und einer Fahrbahnbreite von 5,50 m ergibt sich ein Zusatzeigengewicht von:

$$g_{2,Belag} = 5,50 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 24,0 \text{ kN/m}^3 = 10,56 \text{ kN/m}$$

Der Mehreinbau von Fahrbahnbelag wird nach DIN-Fachbericht 101, IV-4.10.1 (1) mit einer gleichmäßig verteilten Last von 0,5 kN/m² berücksichtigt:

$$g_{2,Mehreinbau} = 5,50 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ kN/m}^2 = 2,75 \text{ kN/m}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Für Geländer und Distanzschutzplanken ergibt sich:

$$g_{2, \text{Gel.} + \text{Schutzplanke}} = 2 \cdot (1,0 \text{ kN/m} + 0,50 \text{ kN/m}) = 3,00 \text{ kN/m}$$

Das Eigengewicht der Kappen (Kap 6) berechnet sich zu:

$$g_{2, \text{Kappe}} = 2 \cdot 0,29 \text{ m}^2 \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3 = 14,50 \text{ kN/m}$$

Die zugehörigen Schnittgrößen werden unter LF 2 (weiche Gründung) und LF 102 (steife Gründung) berechnet.

2.3 Erddruck aus Bodeneigengewicht / Hinterfüllung

Für allgemeine Entwurfshilfen können keine konkreten Baugrundkennwerte zugrunde gelegt werden. Daher werden im Folgenden realistische Annahmen für die benötigten Bodenkennwerte getroffen. Die wichtigsten Kenngrößen sind in Tabelle 2.1 zusammengestellt.

Tabelle 2.1 Baugrundannahmen nach DIN 1054

	γ [kN/m ³]	φ' [°]	δ [°]	$\tan \delta_{S,k}$ [-]	E_a, E_0, E_p [-]	σ_{zul} [kN/m ²]	c' [kN/m ²]
Fundamente	20	35	–	0,70	$k_{s,max}$ $k_{s,min}$	350	0
Hinterfüllung nach Was 7	19	35	0 $2/3 \cdot \varphi'$	0 0,43	$E_{mob}(s_h)$	–	0

Als integrale Brücke ist das Bauwerk zwischen die anschließenden Dämme eingebettet. Durch die zyklischen Längenänderungen des Überbaus infolge von Temperatur treten wiederholt horizontale Verschiebungen der Widerlager auf, die eine Verdichtung der Hinterfüllbereiche bewirken. Dieser Effekt wird entsprechend dem „Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke“ [2] durch die Ermittlung des mobilisierten Erddrucks erfasst.

Ausgehend vom Erdruehdruck $E_0(z)$ wird in Abhängigkeit von der Wandverschiebung $s_h(z)$ der mobilisierte Erddruck getrennt für positive (luftseitige) und negative (erdseitige)

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Wandbewegungen ermittelt. Als Verschiebungsfigur wird eine Drehung der Widerlager um die Mitte der Gründungsfläche angenommen. Die maximale Kopfverschiebung ergibt sich aus der Längenänderung des Überbaus infolge von Temperaturänderung $\Delta T_N = \pm 27 \text{ K}$ (siehe Abschnitt V.2.9). Die Zwischenwerte können linear interpoliert werden. Die benötigten Erddruckbeiwerte sind in Tabelle 2.2 zusammengestellt.

Tabelle 2.2 Grenzwerte des Erddruckbeiwertes für die drainierte Hinterfüllung mit $\varphi' = 35^\circ$

$\varphi' = 35^\circ$		δ_a [°]	$\tan \delta_{S,k}$ [-]	K [-]	Gleitfläche
Aktiver Erddruck	K_a	0	0	0,27	eben nach <i>Culmann</i>
Erdruhedruck	K_0	0	0	0,43	eben nach <i>Culmann</i>
Passiver Erddruck	K_{ph}	$-2/3 \cdot \varphi'$	-0,43	7,59	gekrümmt nach <i>Caquot / Kérisel</i>

$$e_{h,mob}(z) = K_{h,mob}(s_h/z) \cdot \gamma \cdot z$$

Für die aktive Mobilisierung gilt dabei, ausgehend vom Erdruhedruck [2]:

$$K_{a,mob}(z) = K_0 - (K_0 - K_{ah}) \cdot \frac{s_h/z}{b + s_h/z}$$

Für die passive Mobilisierung gilt entsprechend [2]:

$$K_{ph,mob}(z) = K_0 + (K_{ph} - K_0) \cdot \frac{s_h/z}{a + s_h/z}$$

mit: $a = 0,01$ [1]

$$b = a/10 = 0,001$$
 [2]

$$\max s_h = 27 \text{ K} \cdot 32,50 \text{ m} / 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} / \text{K} = 0,0044 \text{ m} \quad \text{für: } \Delta T_{N,neg} = -27 \text{ K}$$

$$\min s_h = -27 \text{ K} \cdot 32,50 \text{ m} / 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} / \text{K} = -0,0044 \text{ m} \quad \text{für: } \Delta T_{N,pos} = 27 \text{ K}$$

Für positive Wandverschiebungen wird sehr schnell der aktive Erddruck erreicht. Deshalb wird vereinfachend der aktive Erddruck als unterer Grenzwert angesetzt. In Tabelle 2.3 sind die wichtigsten Erddruckwerte für die Hinterfüllung zusammengestellt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Tabelle 2.3 Erddruck aus der Hinterfüllung

z [m]	z/h [-]	$v(z)$ [m]	$v(z)/z$ [‰]	K_{mob} [-]	e_a [kN/m ²]	e_{mob} [kN/m ²]	$e_a - e_0$ [kN/m ²]	e_0 [kN/m ²]	$e_{mob} - e_0$ [kN/m ²]
0	0	0,0044	–	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,283	0,16	0,0037	2,87	2,03	6,6	49,4	-3,9	10,5	38,9
2,623	0,33	0,0029	1,12	1,15	13,5	57,5	-8,0	21,4	36,0
3,963	0,50	0,0022	0,56	0,81	20,3	60,8	-12,0	32,4	28,5
5,303	0,66	0,0015	0,28	0,62	27,2	62,8	-16,1	43,3	19,5
6,643	0,83	0,0007	0,11	0,51	34,1	64,2	-20,2	54,3	9,9
7,983	1,00	0	0	0,43	41,0	65,2	-24,3	65,2	0,0

Bild 2.1 gibt den Verlauf des Erddrucks aus der Hinterfüllung für die betrachteten Grenzen wieder. Der Erddruck wird dabei auf die Wandhöhe h und die Wichte γ normiert.

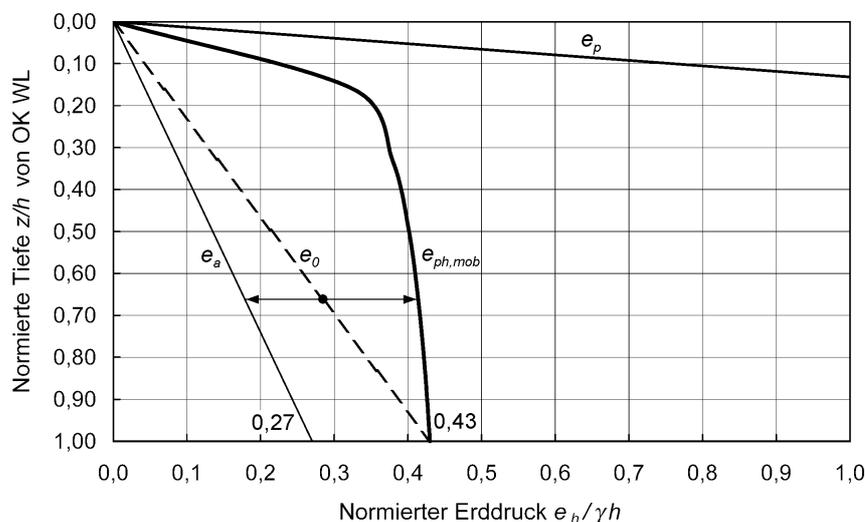


Bild 2.1 Normierter Erddruck $e_{ph} / \gamma h = K_{ph,mob} \cdot z/h$ aus der Hinterfüllung

Der Erdruhedruck e_0 erdseitig wird unter LF 11 für die weiche Gründung und LF 111 für die steife Gründung berechnet und jeweils als ständig wirkend angenommen. Die Differenz aus mobilisiertem passivem Erddruck zum Erdruhedruck $e_{ph,mob} - e_0$ wird unter den Lastfällen 13 bzw. 113 berechnet. Sie wird der Erwärmung $\Delta T_{N,pos}$ zugeordnet (Sommerstellung). Die

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5 Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Lastfälle 14 bzw. 114 enthalten die Schnittgrößen für die Differenz aus aktivem Erddruck (erdseitig) und Erdruhedruck $e_a - e_0$, die der Abkühlung $\Delta T_{N,neg}$ zugeordnet werden (Winterstellung).

2.4 Erddruck aus Bodeneigengewicht / Anschüttung

Luftseitig sind die Widerlagerwände bis etwa zur Schwerachse des Überbaus eingeschüttet. Der Böschungswinkel beträgt $\beta \approx 33,7^\circ$ und verhindert den Aufbau großer passiver Erddruckkräfte. Die maßgebenden Erddruckbeiwerte ergeben sich für $\alpha = \delta_a = 0$ zu:

$$K_{agh} = \frac{\cos^2(\varphi)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\beta)}}\right]^2} = 0,207$$

$$K_{pgh} = \frac{\cos^2(\varphi)}{\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\beta)}}\right]^2} = 0,878$$

Der Ruhedruckbeiwert wird vereinfachend wie bei $\beta = 0$ zu $K_0 = 0,43$ angenommen. Die Wandbewegung reicht bei der geringen Differenz zwischen K_{pgh} und K_0 nicht zu einer nennenswerten passiven Mobilisierung aus. Da die luftseitige Bewegung der Anschüttung nicht wesentlich behindert wird, ist unter ständigen Einwirkungen mit dem aktiven Erddruck zu rechnen. Für den Fall der Überbauverkürzung infolge $\Delta T_{N,neg}$ wird mit Erdruhedruck gerechnet.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:	
Block:	V.2 Einwirkungen		Seite: 6
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Tabelle 2.4 Erddruck aus der Anschüttung (luftseitig)

z [m]	z/h [-]	$v(z)$ [m]	$v(z)/z$ [‰]	K_{mob} [-]	e_a [kN/m ²]	$e_{ph,mob} \approx e_0$ [kN/m ²]	$e_{ph,mob} - e_a$ [kN/m ²]
0	0	0,0044	–	0	0,0	0,0	0,0
1,340	0,20	0,0035	2,62	0,52	5,3	13,3	8,0
2,680	0,40	0,0026	0,98	0,47	10,5	23,9	13,4
4,020	0,60	0,0018	0,44	0,45	15,8	34,2	18,4
5,360	0,80	0,0009	0,16	0,44	21,1	44,5	23,4
6,70	1,00	0	0	0,43	26,4	54,7	28,3

Der aktive Erddruck e_a luftseitig wird unter LF 12 für die weiche Gründung und LF 112 für die steife Gründung berechnet. Die Differenz aus mobilisiertem passivem Erddruck $e_{ph,mob} \approx e_0$ zum aktiven Erddruck e_a wird unter den Lastfällen 15 bzw. 115 berechnet. Sie wird der Abkühlung $\Delta T_{N,neg}$ zugeordnet (Winterstellung).

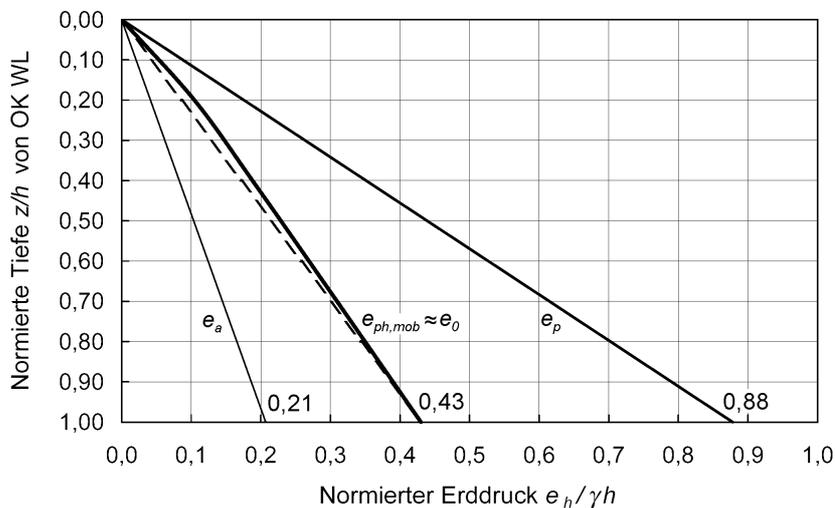


Bild 2.2 Normierter Erddruck $e_h / \gamma h$ aus der Anschüttung

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 7
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

2.5 Verkehr

Für alle Nachweise in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen, mit Ausnahme der Nachweise gegen Ermüdung, ist das Lastmodell 1 nach FB 101, IV-4.3.2 anzusetzen. Bei einer Fahrbahnbreite von $w = 5,50$ m ergeben sich nach FB 101, IV-4.2.3 zwei Fahrstreifen mit einer rechnerischen Breite von $w_l = 2,75$ m.

Für das Lastmodell 1 sind folgende Lasten anzusetzen (siehe Bild 2.3):

Fahrstreifen 1:

Doppelachse (TS) mit einer Achslast von $\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 0,8 \cdot 300 \text{ kN} = 240 \text{ kN}$

Gleichmäßig verteilte Last (UDL) $\alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 1,0 \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2 = 9,0 \text{ kN/m}^2$

Fahrstreifen 2:

Doppelachse (TS) mit einer Achslast von $\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 0,8 \cdot 200 \text{ kN} = 160 \text{ kN}$

Gleichmäßig verteilte Last (UDL) $\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 1,0 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$

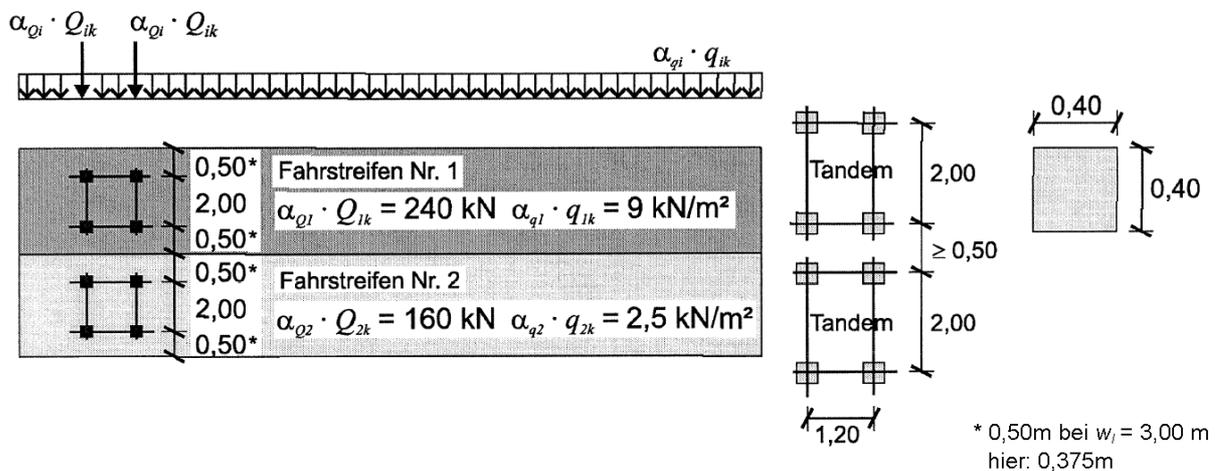


Bild 2.3 Lastansatz für Lastmodell 1 nach FB 101, IV-4.3.2

Im Kappenbereich ist die Verkehrslast mit $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 8
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Damit ergeben sich für den Gesamtquerschnitt:

$$Q_{TS} = \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} + \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 240 \text{ kN} + 160 \text{ kN} = 400 \text{ kN (je Achse)}$$

$$q_{UDL} = 2,75 \text{ m} \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2 + (6,50 \text{ m} - 2,75 \text{ m}) \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 34,125 \text{ kN/m}$$

Für die Berechnung des Längssystems müssen die Tandemlasten in den ungünstigsten Stellungen untersucht werden. In SOFiSTiK werden hierzu 14 verschiedene Laststellungen berechnet und ausgewertet (LF 21 bis 34 für weiche Gründung und LF 121 bis 134 für steife Gründung).

Die gleichmäßig verteilten Flächenlasten (UDL) werden in acht Abschnitte unterteilt (LF 41 bis 48 bzw. LF 141 bis 148), um die ungünstige Wirkung halbseitiger Belastung für den Rahmen erfassen zu können. Torsion wird im Rahmen der Vorstatik bei den vorliegenden Verhältnissen nicht näher untersucht.

Verkehrslasten in der Eingabedatei zu STAR2 für weiche Gründung (Auszug):

```

LF  21  1.0  0. 0. 0.  TS1
EL 1000          PZ  $(QTS)  0
    1000          PZ  $(QTS)  1.2
$
LF  22  1.0  0. 0. 0.  TS2
EL 1001          PZ  $(QTS)  0
    1001          PZ  $(QTS)  1.2
$
LF  23  1.0  0. 0. 0.  TS3
EL 1002          PZ  $(QTS)  0
    1002          PZ  $(QTS)  1.2
$
LF  24  1.0  0. 0. 0.  TS4
EL 1003          PZ  $(QTS)  0
    1003          PZ  $(QTS)  1.2
$
LF  25  1.0  0. 0. 0.  TS5
EL 1004          PZ  $(QTS)  0
    1004          PZ  $(QTS)  1.2
$
LF  26  1.0  0. 0. 0.  TS6
EL 1005          PZ  $(QTS)  0
    1005          PZ  $(QTS)  1.2
$

```

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

```

LF 27 1.0 0. 0. 0. TS7
EL 1005 PZ $(QTS) -1.2
1006 PZ $(QTS) 0
$
LF 28 1.0 0. 0. 0. TS8
EL 1006 PZ $(QTS) 0
1006 PZ $(QTS) 1.2
$
LF 29 1.0 0. 0. 0. TS9
EL 1006 PZ $(QTS) -1.2
1007 PZ $(QTS) 0
$
LF 30 1.0 0. 0. 0. TS10
EL 1007 PZ $(QTS) -1.2
1008 PZ $(QTS) 0
$
LF 31 1.0 0. 0. 0. TS11
EL 1008 PZ $(QTS) -1.2
1009 PZ $(QTS) 0
$
LF 32 1.0 0. 0. 0. TS12
EL 1009 PZ $(QTS) -1.2
1010 PZ $(QTS) 0
$
LF 33 1.0 0. 0. 0. TS13
EL 1010 PZ $(QTS) -1.2
1011 PZ $(QTS) 0
$
LF 34 1.0 0. 0. 0. TS14
EL 1011 PZ $(QTS) -1.2
1011 PZ $(QTS) -0.001
$
$
LF 41 1.0 0. 0. 0. qk1
GL 1000 PZ $(qudl)
$
LF 42 1.0 0. 0. 0. qk2
GL 1001 PZ $(qudl)
$
LF 43 1.0 0. 0. 0. qk3
GL 1002 PZ $(qudl)
$
LF 44 1.0 0. 0. 0. qk4
GL (1003 1005 1) PZ $(qudl)
$
LF 45 1.0 0. 0. 0. qk5
GL (1006 1008 1) PZ $(qudl)
$
LF 46 1.0 0. 0. 0. qk6
GL 1009 PZ $(qudl)
$

```

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

LF 47 1.0 0. 0. 0. qk7
GL 1010 PZ \$(qud1)
\$
LF 48 1.0 0. 0. 0. qk8
GL 1011 PZ \$(qud1)

Als Horizontalkraft Q_{lk} aus Bremsen und Anfahren sind insgesamt nach FB 101, IV-4.4.1 (2) anzusetzen (LF 51 bzw. 151):

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot (2 \cdot 300 \text{ kN}) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 38,80 \text{ m} = 384 \text{ kN}$$

2.6 Verkehrslasten für die Ermüdungsberechnung

Sofern im Grenzzustand der Ermüdung ein genauer Nachweis gemäß FB 102, Anhang 106 erforderlich ist, sind die ermüdungswirksamen Schnittgrößen mit Lastmodell 3 (FB 101, IV-4.6.4) zu ermitteln.

Die Brücke eines Wirtschaftsweges ist nach FB 101 der Verkehrskategorie 4 zuzuordnen. Daraus ergibt sich nach FB 101, Tabelle 4.5 der Zahlenwert $N_{obs} = 0,05 \cdot 10^6$ für die erwartete Anzahl von LKW-Überfahrten pro LKW-Fahstreifen und Jahr. Auf dem zweiten Fahstreifen wird ebenfalls LKW-Verkehr angesetzt. Die Vorgaben zum Ermüdungsnachweis sind in Tabelle 2.5 und Bild 2.4 zusammengestellt. Die rechnerische Nutzungsdauer für den Nachweis der Ermüdung beträgt $N_{years} = 100$ Jahre.

Tabelle 2.5 Vorgaben zum Ermüdungsnachweis

	Q_{ik}	$N_{obs,i}$
Fahstreifen 1	480 kN	$0,05 \cdot 10^6$
Fahstreifen 2	480 kN	$0,05 \cdot 10^6$
Verkehrsart	Lokalverkehr ($\bar{Q} = 0,73$)	
Nutzungsdauer	$N_{years} = 100$	

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 11
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

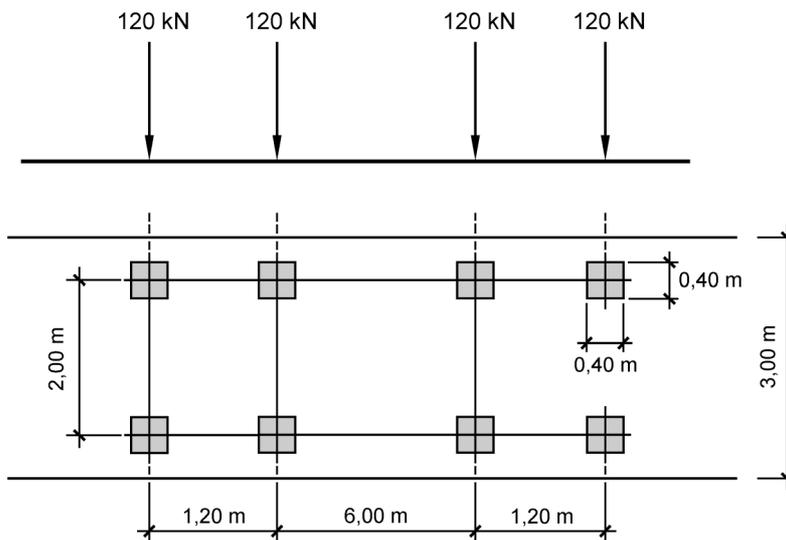


Bild 2.4 Lastansatz für das Ermüdungslastmodell 3 nach FB 101, IV-4.6.4

2.7 Lastmodelle für die Hinterfüllung

Die Vertikallasten im Bereich der Hinterfüllung sind direkt aus Lastmodell 1 abgeleitet. Die Tandemlasten dürfen in ihrem Fahrstreifen dabei auf eine Länge von 5,0 m verteilt werden. Die gleichmäßig verteilten Lasten q_{ik} in den Fahrstreifen laufen auch im Bereich der Tandemachsen durch. Es sind demnach im Bereich der Hinterfüllung Lasten nach Tabelle 2.6 anzusetzen.

Tabelle 2.6 Verkehrslasten im Bereich der Hinterfüllung

Bereich	Gleichmäßig verteilte Last im Tandembereich von (3,0 x 5,0 m)	Gleichmäßig verteilte Last außerhalb des Tandembereiches
Verlängerung von Fahrstreifen 1	$2 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} / 15 \text{ m}^2 + q_{1k}$ = 41,0 kN/m ²	9,0 kN/m ²
Verlängerung von Fahrstreifen 2	$2 \cdot \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} / 15 \text{ m}^2 + q_{2k}$ = 23,8 kN/m ²	2,5 kN/m ²
Kappen	2,5 kN/m ²	2,5 kN/m ²

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 12
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

2.8 Baugrundsetzungen

Das Bauwerk ist als integrales Rahmentragwerk unempfindlich gegenüber ungleichmäßigen Baugrundsetzungen. Der Einfluss der Nachgiebigkeit des Baugrundes und der Streuung der Baugrundeigenschaften wird durch die Lagerung und die getrennte Berechnung für weiche und steife Gründung berücksichtigt (siehe V.1.2). Auf den gesonderten Ansatz von Baugrundsetzungen kann im vorliegenden Fall verzichtet werden.

Für die Modellierung der horizontalen Verschieblichkeit (weiche Gründung) der Widerlager werden horizontale Auflagerverschiebungen von 1,0 cm auf der Einwirkungsseite angesetzt (siehe V.1.2 bzw. V.2.1). Diese Auflagerverschiebung wird im standardisierten Berechnungsverfahren für integrale Betonbrücken fest mit dem Lastfall Eigengewicht (LF 1) für die weiche Gründung verknüpft.

2.9 Temperatur

Die Temperatureinwirkungen sind für Betonbrücken nach FB 101, Kapitel V anzusetzen. Der vorliegende Rahmen gehört zur Gruppe 3. Es wird eine Aufstelltemperatur von $T_0 = 10 \text{ °C}$ angenommen. Die Schwankung des konstanten Temperaturanteils beträgt:

$$\Delta T_{N,neg} = T_{e,min} - T_0 = -17 - 10 = -27 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N,pos} = T_{e,max} - T_0 = 37 - 10 = 27 \text{ K}$$

Die mit der Verschiebung der Überbauenden mobilisierten Erddruckanteile werden mit den Schwankungen des konstanten Temperaturanteils kombiniert.

Die linearen Temperaturunterschiede ΔT_M im Überbau nach Tabelle 6.1 in FB 101, Kapitel V werden durch die Anpassungsfaktoren K_{sur} nach Tabelle 6.2 modifiziert. Dabei wird eine Belagsdicke von 80 mm berücksichtigt.

Zu beachten ist die Vorzeichendefinition von ΔT_M als Unterschied $T_{oben} - T_{unten}$. Die meisten Statikprogramme definieren dagegen eine in lokaler z -Richtung zunehmende Temperatur als

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 13
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

positiven Temperaturunterschied. Entsprechend den Konventionen der Statik ist die lokale z-Achse von Überbaustäben allgemein in Richtung der Gravitation orientiert. In der EDV ist also i. d. R. $\Delta T_{M,pos}$ aus FB 101 mit negativem Vorzeichen einzugeben und $\Delta T_{M,neg}$ mit positivem Vorzeichen.

Negativer, linearer Temperaturanteil (unten wärmer als oben):

$$\Delta T_{M,neg} = K_{sur} \cdot -8 \text{ K} = 1,0 \cdot -8 = -8 \text{ K} \quad \text{für STAR2: } \Delta T_{My} = +8 \text{ K}$$

Positiver, linearer Temperaturanteil (oben wärmer als unten):

$$\Delta T_{M,pos} = K_{sur} \cdot 15 \text{ K} = 0,82 \cdot 15 = 12,3 \text{ K} \quad \text{für STAR2: } \Delta T_{My} = -12,3 \text{ K}$$

Für die Widerlager wird auf der sicheren Seite liegend nach FB 101, V-6.3.2 ein linearer Temperaturunterschied von $\Delta T_{M,pos} = -\Delta T_{M,neg} = 5 \text{ K}$ ungünstig wirkend angenommen.

Temperaturgrundlastfälle in der Eingabedatei zu STAR2 für weiche Gründung (Auszug):

```

LF  61  1.0  0. 0. 0.  T1
GL  (1000 1011 1)      TS   27.0      $ DTN,pos
LC  13  1.0              $ Eph,mob - E0 Hinterfüllung
$
LF  62  1.0  0. 0. 0.  T2
GL  (1000 1011 1)      TS  -27.0      $ DTN,neg
LC  14  1.0              $ Ea - E0 Hinterfüllung
    15  1.0              $ Eph,mob-Ea Anschüttung
$
LF  63  1.0  0. 0. 0.  T3
GL  (1000 1011 1)      T2  -15.0*0.82  $ DTM,pos (Überbau oben wärmer)
    (1111 1116 1)      T2   -5.0      $ DTM,pos (WL 10 außen, erdseitig wärmer)
    (1121 1126 1)      T2   -5.0      $ DTM,pos (WL 20 außen, erdseitig wärmer)
$
LF  64  1.0  0. 0. 0.  T4
GL  (1000 1011 1)      T2   8.0      $ DTM,neg (Überbau unten wärmer)
    (1111 1116 1)      T2   5.0      $ DTM,pos (WL 10 innen, luftseitig wärmer)
    (1121 1126 1)      T2   5.0      $ DTM,pos (WL 20 innen, luftseitig wärmer)

```

Für die Überlagerung beider Temperaturanteile nach FB 101, V-6.3.1.5 (1) wird die jeweils ungünstigste von insgesamt 8 möglichen Kombinationen maßgebend:

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 14
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

$$\begin{aligned}
 \text{gr } T_1 &= \Delta T_{N, \text{pos}} + 0,75 \cdot \Delta T_{M, \text{pos}} && \rightarrow \text{LF 71 für weiche und LF 171 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_2 &= \Delta T_{N, \text{pos}} + 0,75 \cdot \Delta T_{M, \text{neg}} && \rightarrow \text{LF 72 für weiche und LF 172 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_3 &= \Delta T_{N, \text{neg}} + 0,75 \cdot \Delta T_{M, \text{pos}} && \rightarrow \text{LF 73 für weiche und LF 173 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_4 &= \Delta T_{N, \text{neg}} + 0,75 \cdot \Delta T_{M, \text{neg}} && \rightarrow \text{LF 74 für weiche und LF 174 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_5 &= 0,35 \cdot \Delta T_{N, \text{pos}} + \Delta T_{M, \text{pos}} && \rightarrow \text{LF 75 für weiche und LF 175 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_6 &= 0,35 \cdot \Delta T_{N, \text{neg}} + \Delta T_{M, \text{pos}} && \rightarrow \text{LF 76 für weiche und LF 176 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_7 &= 0,35 \cdot \Delta T_{N, \text{pos}} + \Delta T_{M, \text{neg}} && \rightarrow \text{LF 77 für weiche und LF 177 für steife Gründung} \\
 \text{gr } T_8 &= 0,35 \cdot \Delta T_{N, \text{neg}} + \Delta T_{M, \text{neg}} && \rightarrow \text{LF 78 für weiche und LF 178 für steife Gründung}
 \end{aligned}$$

2.10 Wind

Die Windeinwirkungen können aus FB 101, IV-Anhang N, Tabelle N.1 entnommen werden. Nach FB 101, IV-Anhang C müssen Windlasten bei Straßenbrücken nicht mit Temperatureinwirkungen kombiniert werden.

Die Windlasten für den Überbau sind in Tabelle 2.7 zusammengestellt.

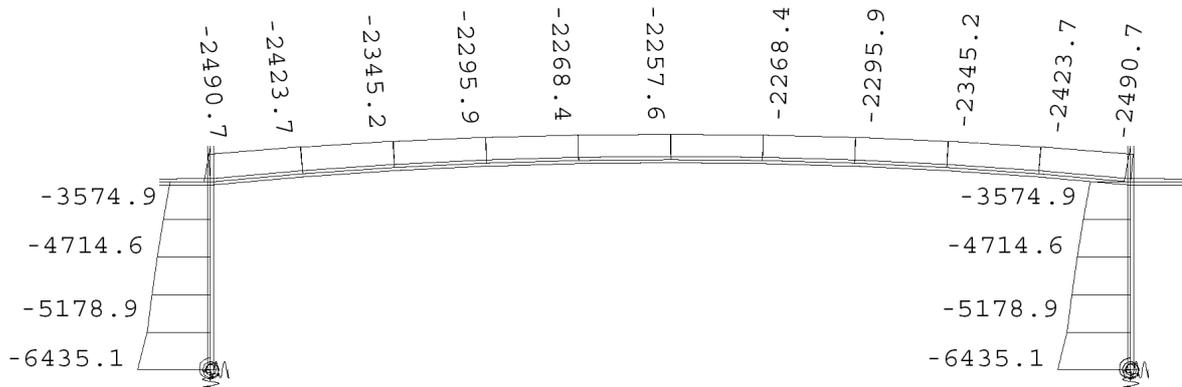
Tabelle 2.7 Windlasten auf den Überbau

Querschnitt	d [m]	b/d [-]	w [kN/m ²]	w [kN/m]
1	1,350	4,67	1,90	2,57
2	1,414	4,46	1,90	2,69
3	1,606	3,92	1,94	3,12
4	1,926	3,27	2,23	4,29
5	2,374	2,65	2,52	5,98
6	2,950	2,14	2,75	8,11

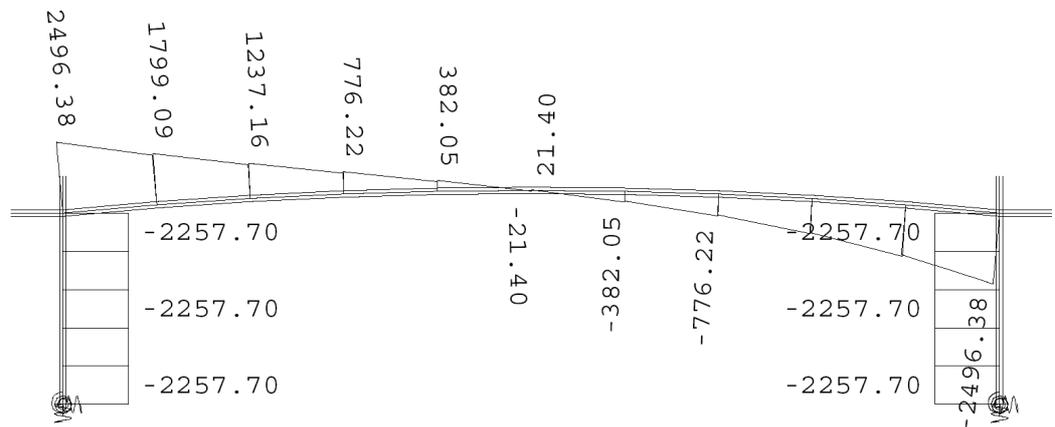
Im vorliegenden Fall sind die Windeinwirkungen nicht maßgebend für die Dimensionierung des Tragwerks. Die Schnittgrößen aus Wind werden deshalb im Rahmen der Vorstatik nicht weiter verfolgt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 15
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 101 Eigengewicht der Konstruktion steife Gründung N [kN]



LF 101 Eigengewicht der Konstruktion steife Gründung V_z [kN]

3.1.2 Ständige Einwirkungen

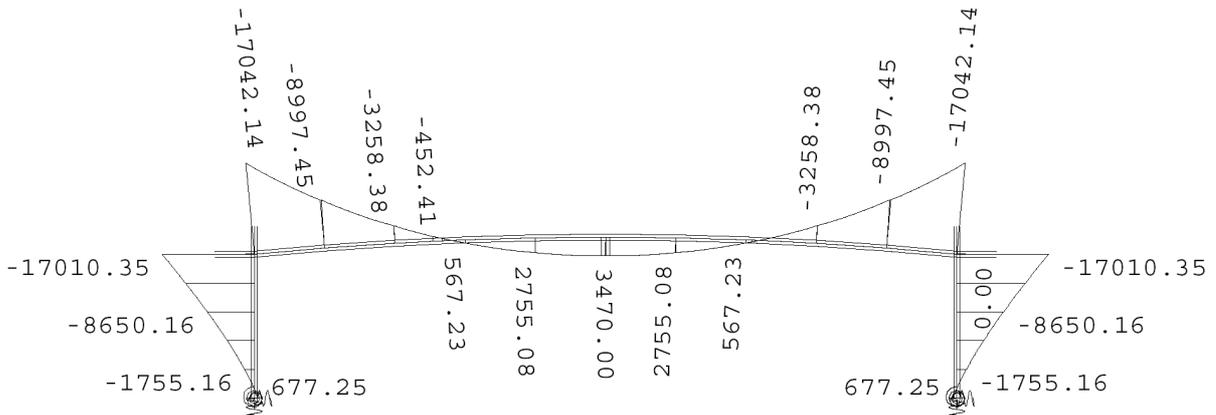
Zu den ständigen Einwirkungen zählt neben den Eigengewichtslastfällen 1 und 2 auch der Erddruck aus dem Eigengewicht der Hinterfüllung (LF 11) und Anschüttung (LF 12) für den Fall $s_h = 0$. Folgende Kombinationen werden gespeichert:

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

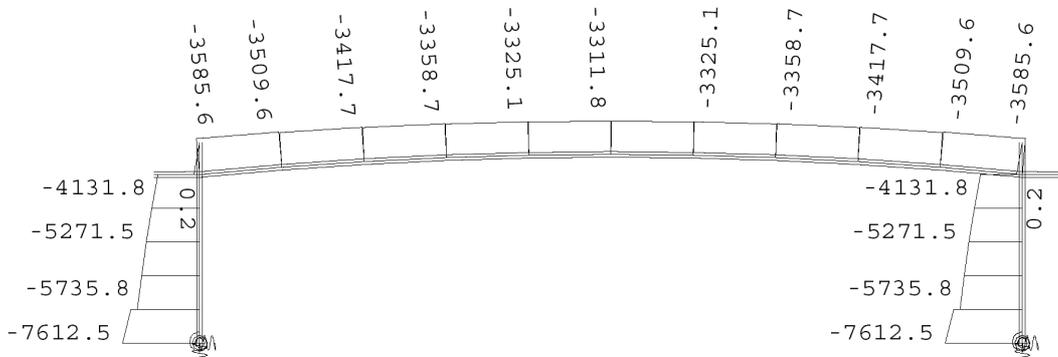
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

LF 91 = Σ LF 1, 2, 11, 12 für weiche Gründung

LF 191 = Σ LF 101, 102, 111, 112 für steife Gründung



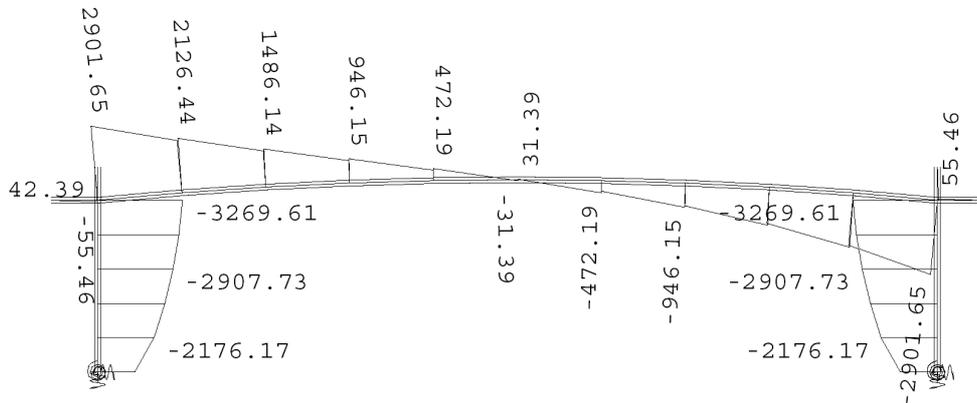
LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung M_y [kNm]



LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung N [kN]

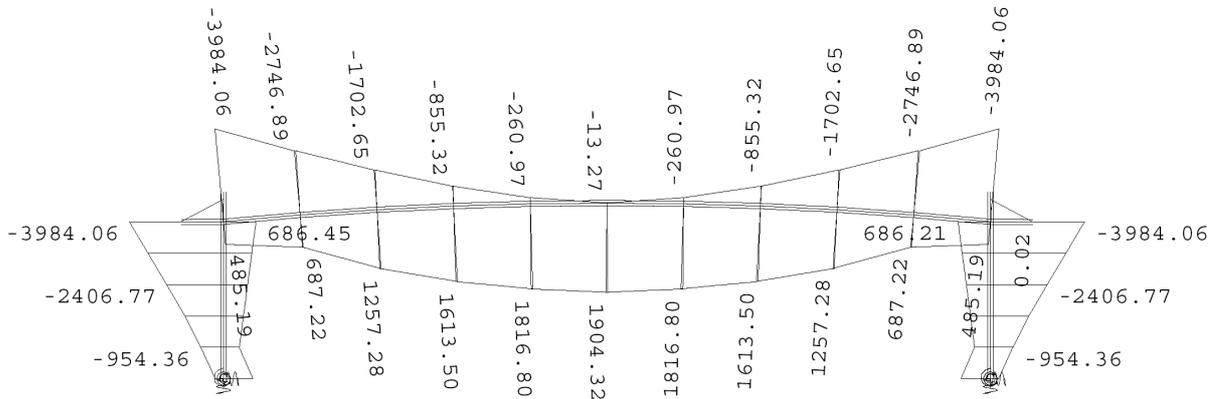
Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006



LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung V_z [kN]

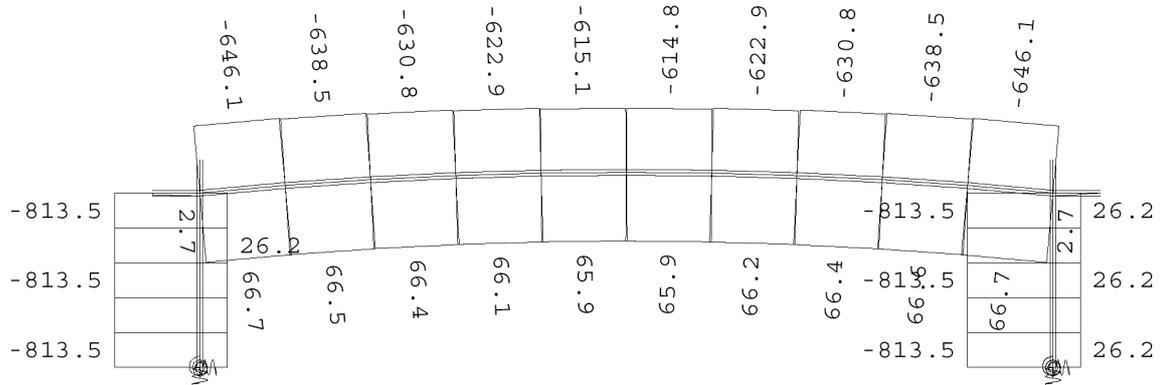
3.1.3 Grenzschnittgrößen aus Verkehr



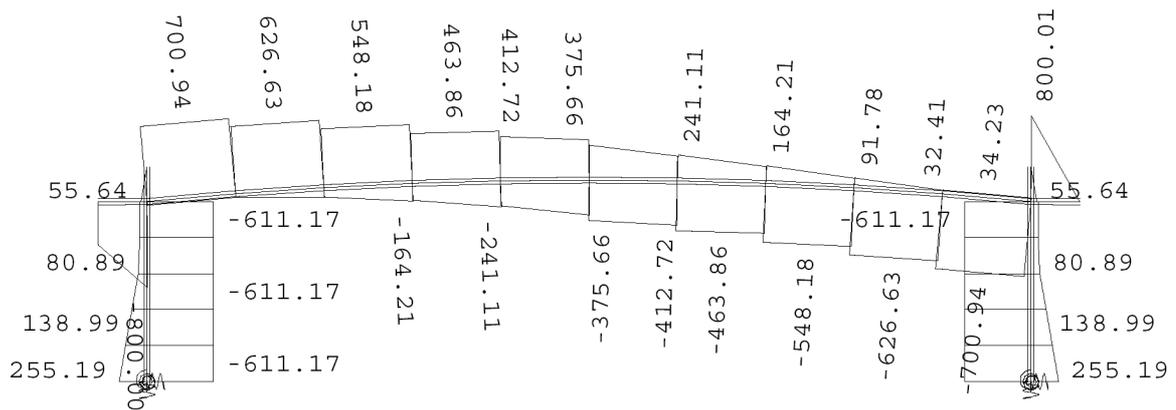
LF 701 Verkehr Q_{TS} steife Gründung max M_y [kNm]
 LF 702 Verkehr Q_{TS} steife Gründung min M_y [kNm]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



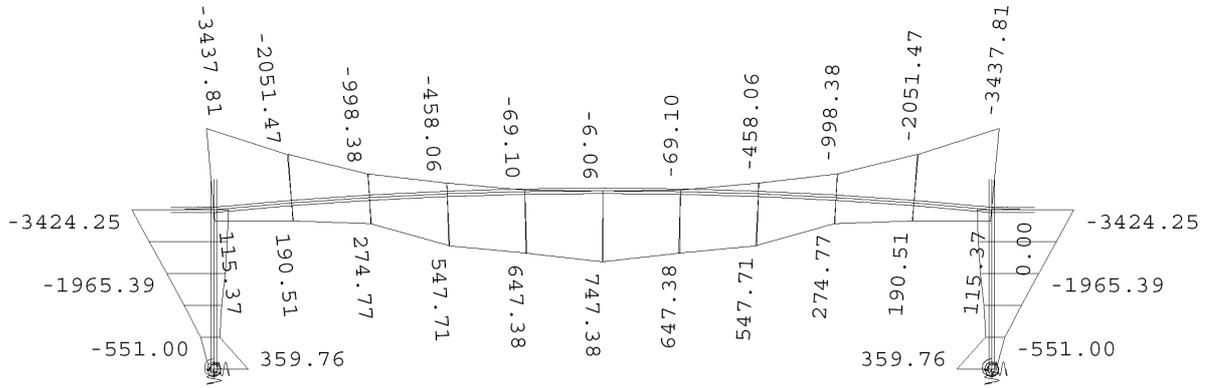
LF 703 Verkehr Q_{TS} steife Gründung max N [kN]
 LF 704 Verkehr Q_{TS} steife Gründung min N [kN]



LF 705 Verkehr Q_{TS} steife Gründung max V_z [kN]
 LF 706 Verkehr Q_{TS} steife Gründung max V_z [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 707 Verkehr Q_{UDL}

steife Gründung

max M_y [kNm]

LF 708 Verkehr Q_{UDL}

steife Gründung

min M_y [kNm]



LF 709 Verkehr Q_{UDL}

steife Gründung

max N [kN]

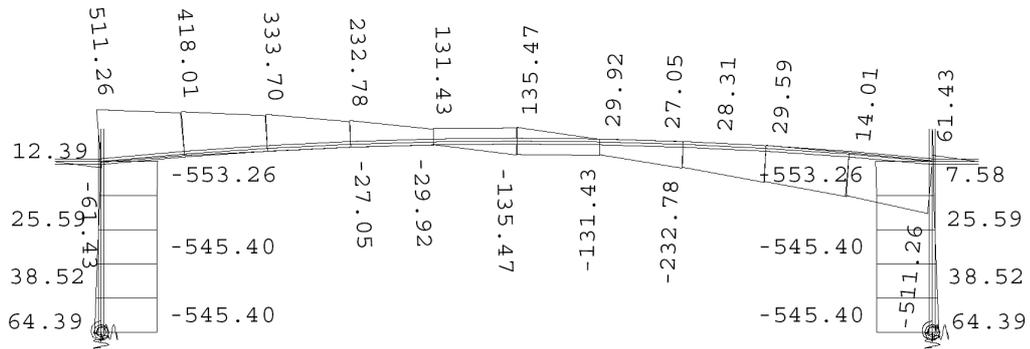
LF 710 Verkehr Q_{UDL}

steife Gründung

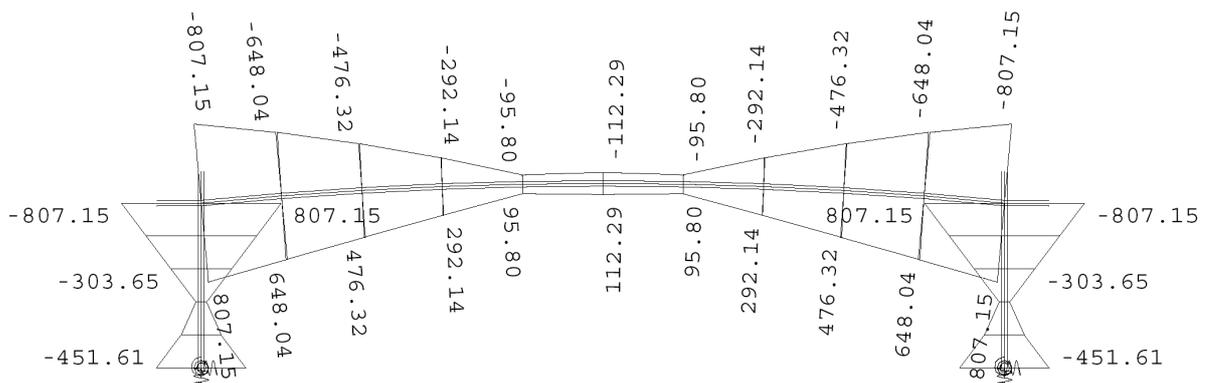
min N [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 6
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006



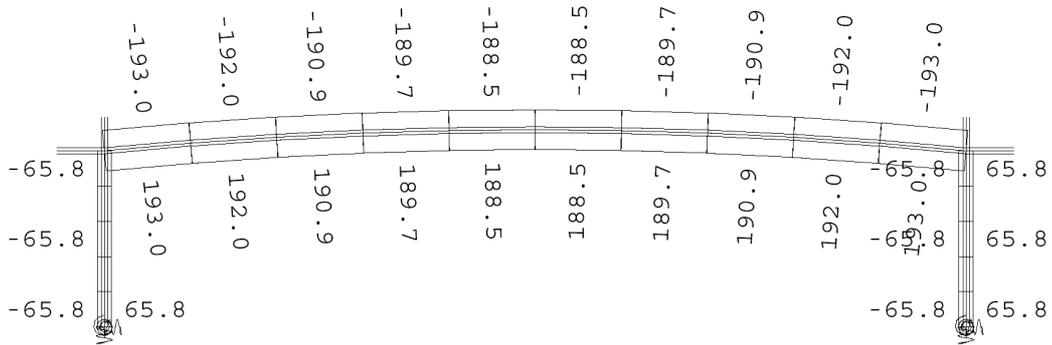
- LF 711 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max V_z [kN]
 LF 712 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max V_z [kN]



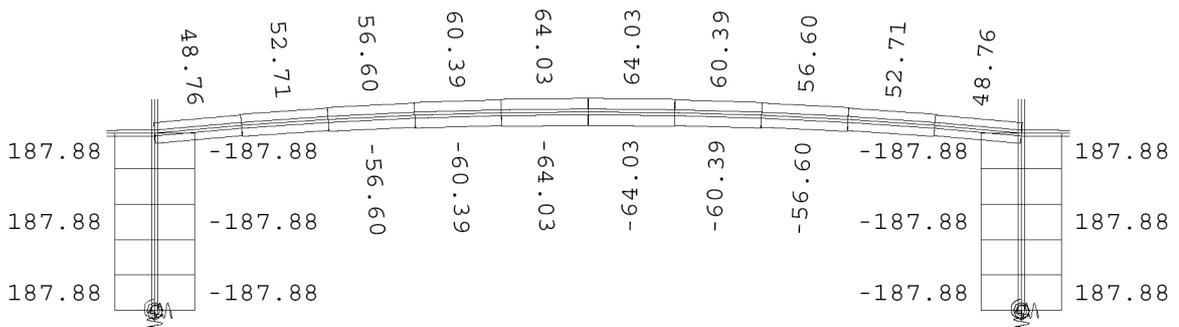
- LF 713 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max M_y [kNm]
 LF 714 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung min M_y [kNm]

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 7
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 715 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max N [kN]
 LF 716 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung min N [kN]

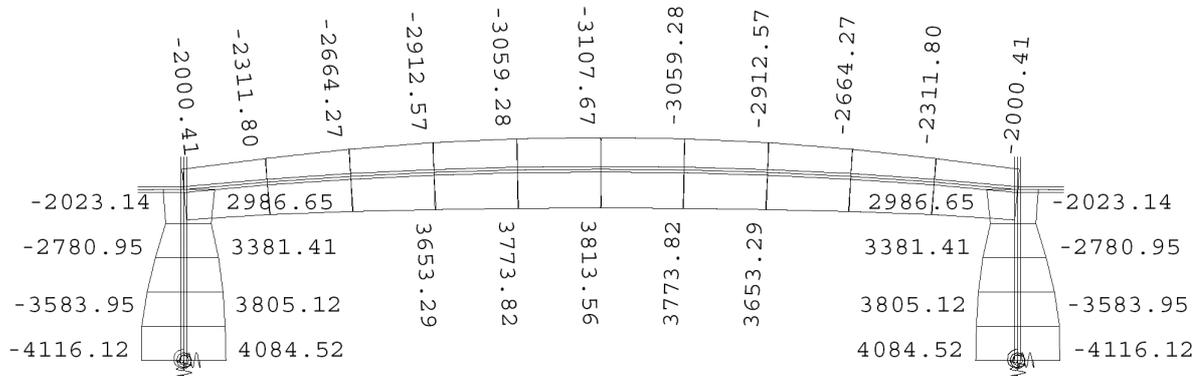


LF 717 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max V_z [kN]
 LF 718 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max V_z [kN]

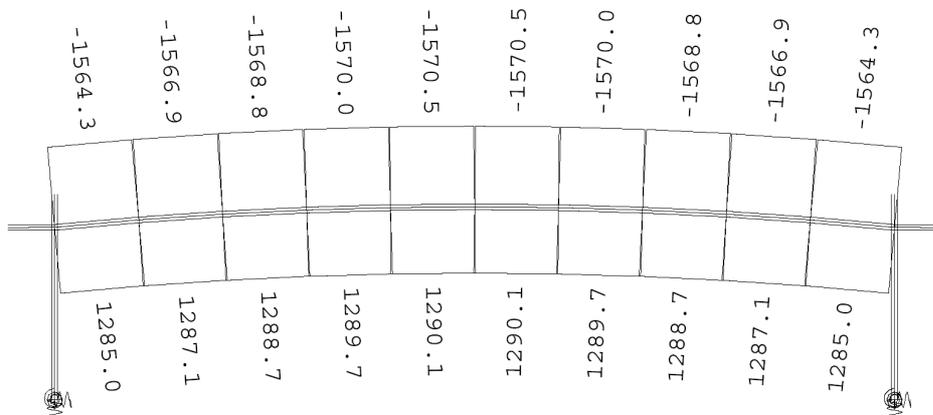
Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 8
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

3.1.4 Grenzschnittgrößen aus Temperatur und mobilisiertem Erddruck



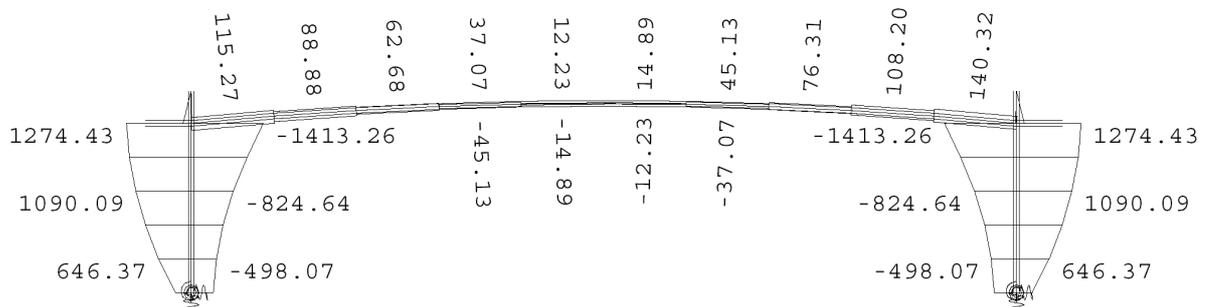
LF 719 Temperatur und mobil. Erddruck steife Gründung max M_y [kNm]
 LF 720 Temperatur und mobil. Erddruck steife Gründung min M_y [kNm]



LF 721 Temperatur und mobil. Erddruck steife Gründung max N [kN]
 LF 722 Temperatur und mobil. Erddruck steife Gründung min N [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

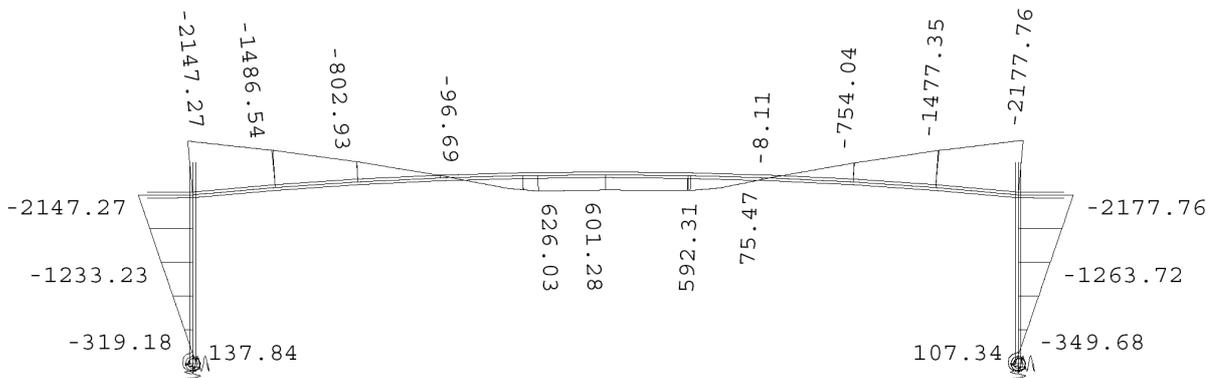
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 723	Temperatur und mobil. Erddruck	steife Gründung	max V_z [kN]
LF 724	Temperatur und mobil. Erddruck	steife Gründung	max V_z [kN]

3.1.5 Schnittgrößen aus Ermüdungslastmodell 3

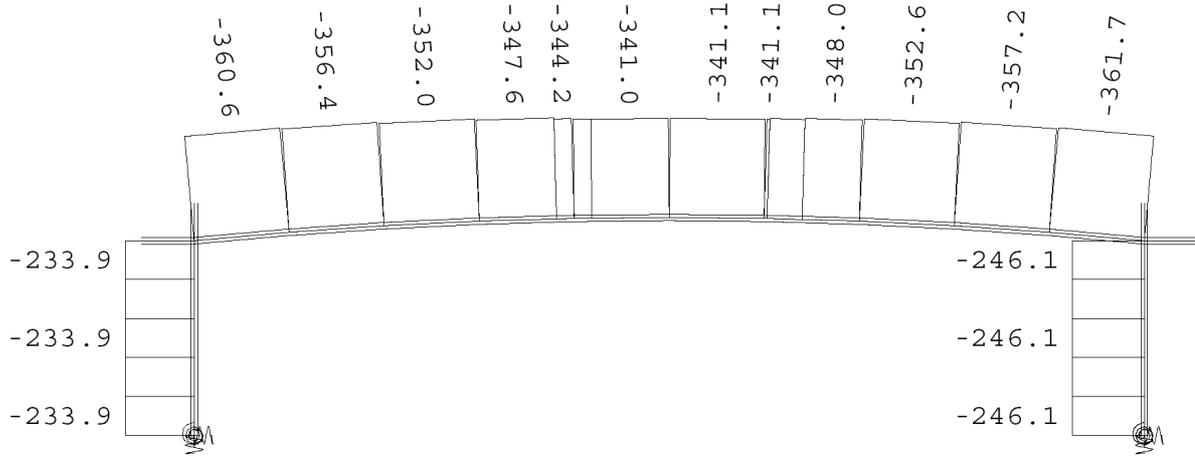
Der Nachweis der Ermüdung wird im Rahmen dieser Vorstatik exemplarisch nur für die gewählte Muffenverbindung der Bewehrung in der Rahmenecke geführt. Hierfür wurde das Ermüdungslastmodell in ungünstigster Stellung (ca. Feldmitte) angesetzt und die zugehörigen Schnittgrößen ermittelt (LF 99 bzw. 199).



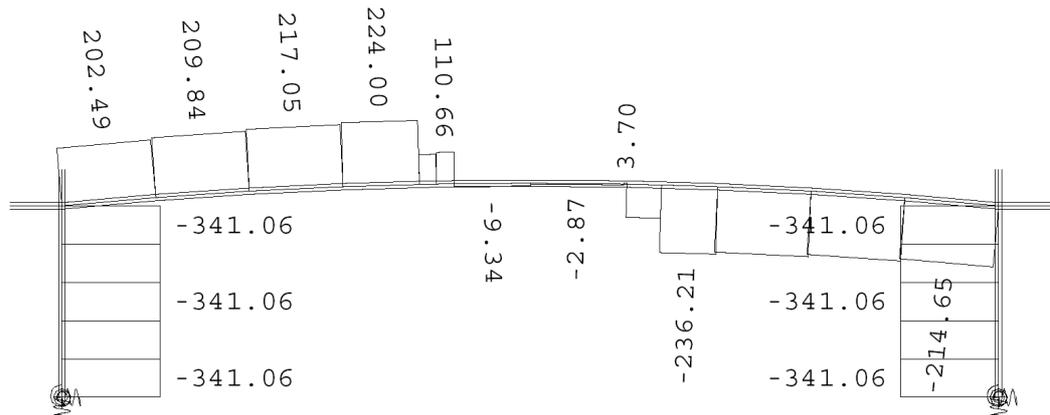
LF 199	ELM 3 (ungünstigste Stellung)	steife Gründung	M_y [kNm]
--------	-------------------------------	-----------------	-------------

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 199 ELM 3 (ungünstigste Stellung) steife Gründung N [kN]



LF 199 ELM 3 (ungünstigste Stellung) steife Gründung V_z [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 11
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

3.2 Einwirkungskombinationen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

Für die Kombination unterschiedlicher, veränderlicher Einwirkungen werden die sog. ψ -Faktoren benötigt (Tabelle 3.1). Folgende Kombinationen sind in den DIN-Fachberichten für Nachweise im GZG definiert:

Seltene Kombinationen:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Nicht-häufige Kombinationen:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi'_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}$$

Häufige Kombinationen:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Quasi-ständige Kombination:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 12
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 3.1 ψ -Faktoren zur Kombination der veränderlichen Einwirkungen

Einwirkung	Bezeichnung		ψ_0	ψ_1'	ψ_1	ψ_2
Verkehrslasten	gr 1 (LM 1)	TS	0,75	0,80	0,75	0,20
		UDL	0,40	0,80	0,40	0,20
	gr 2 (Horizontallasten)		0	0	0	0
	gr 3 (Fußgänger)		0	0,80	0	0
	Einzelachse LM 2		0	0,80	0,75	0
Horizontallasten	Q_{lk}, Q_{tk}		0	0	0	0
Windlasten	F_{Wk}		0,30	0,60	0,50	0
Temperatur	T_k		0,80	0,80	0,60	0,50

Die Temperatur hat bei integralen Brücken Einfluss auf die Bemessung und ist daher grundsätzlich zu berücksichtigen.

Einwirkungen aus Wind spielen für die Vorbemessung keine maßgebende Rolle und werden im Folgenden nicht näher untersucht. Der Vollständigkeit halber sind in Tabelle 3.2 jedoch die entsprechenden Kombinationsvorschriften aufgenommen.

Das Lastmodell 2 gilt nur für lokale Nachweise und wird im Rahmen dieser Vorstatik nicht weiter untersucht.

Bei den Einwirkungskombinationen im GZG werden die ständigen Lasten 1,0-fach berücksichtigt, die veränderlichen Einwirkungen werden, sofern sie ungünstig wirken, mit den Faktoren nach Tabelle 3.2 überlagert. Die zugehörigen Kombinationsvorschriften sind in FB 101, IV-Anhang C geregelt. Wind wird danach weder mit der Verkehrslast der gr 2 noch mit Temperatur überlagert.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 13
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 3.2 Einwirkungskombinationen für veränderliche Einwirkungen im GZG

Einwirkungskombination	Kombinationsmöglichkeit	Q_{TS} gr 1	Q_{UDL} gr 1	Q_{lk} gr 2	Q_{tk} gr 2	T_k	F_{Wk}	Veränderliche Leiteinwirkung
selten	1	1,00	1,00	0	0	0,80	0	Verkehr gr 1
	2	1,00	1,00	0	0	0	0,30	Verkehr gr 1
	3	0,75	0,40	1,00	1,00	0,80	0	Verkehr gr 2
	4	0,75	0,40	0	0	1,00	0	Temperatur
	–	0	0	0	0	0	1,00	Wind
nicht-häufig	5	0,80	0,80	0	0	0,60	0	Verkehr gr 1
	6	0,75	0,40	0	0	0,80	0	Temperatur
	–	0	0	0	0	0	0,60	Wind
häufig	7	0,75	0,40	0	0	0,50	0	Verkehr gr 1
	8	0,20	0,20	0	0	0,60	0	Temperatur
	–	0	0	0	0	0	0,50	Wind
quasi-ständig	9	0,20	0,20	0	0	0,50	0	–

Die Auswertung erfolgt getrennt für weiche und steife Gründung jeweils für die Grenzschnittgrößen $\max M_y$, $\min M_y$, $\max N$, $\min N$, $\max V_z$ und $\min V_z$. Die Lastfallindizierung ist dem Abschnitt V.3.5 zu entnehmen.

3.3 Einwirkungskombinationen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Für Straßen-, Gehweg-, Radweg- und Eisenbahnbrücken sind in DIN-Fachbericht 102, II-2.3.2.2 einheitlich die folgenden Kombinationen für Nachweise im GZT definiert:

- a) Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen, wenn sie sich nicht auf Materialermüdung beziehen:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P \cdot P_k \text{ "+" } \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 14
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

b) Kombinationen für außergewöhnliche Bemessungssituationen:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{GAj} \cdot G_{k,j} + \gamma_{PA} \cdot P_k + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

c) Kombinationen für die Bemessungssituationen infolge Erdbeben:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \gamma_1 \cdot A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Im vorliegenden Fall wird der Endzustand untersucht, der den ständigen Bemessungssituationen zuzuordnen ist. Die Teilsicherheitsbeiwerte können aus FB 101, IV Anhang C entnommen werden (Tabelle 3.3).

Nach ARS 11/2003 sind Zwangsschnittgrößen allgemein im GZT zu berücksichtigen. Der Abbau der Zwangsschnittgrößen beim Übergang in den gerissenen Zustand darf durch den Ansatz der 0,6-fachen Steifigkeiten im Vergleich zum ungerissenen Zustand berücksichtigt werden. Bei den Kombinationen im GZT werden deshalb nachfolgend die Schnittgrößen aus Temperatur und der damit verbundenen Zwangsschnittkräften aus mobilisiertem Erddruck mit dem Faktor 0,6 abgemindert.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 15
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Einwirkung	Bezeichnung	Bemessungssituation	
		S / V	A
Ständige Einwirkungen G , ungünstig	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,00
Ständige Einwirkungen G , günstig	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
Horizontaler Erddruck $G_{E,h}$, ungünstig	$\gamma_{G,sup}$	1,50	–
Horizontaler Erddruck $G_{E,h}$, günstig	$\gamma_{G,inf}$	1,00	–
Vorspannung P_k	γ_P	1,00	–
Setzungen G_{set}	$\gamma_{G,set}$	1,00	–
Verkehr Q der Gruppe $i = 1$, ungünstig	γ_Q	1,50	1,00
Verkehr Q der Gruppe $i = 1$, günstig		0	0
Andere variable Einwirkungen Q_i , ungünstig	γ_Q	1,50	1,00
Andere variable Einwirkungen Q_i , günstig		0	0
Außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A	–	1,00

Dem mit den ständigen Lasten kombinierten Erdruchdruck E_0 wird vereinfachend der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{G,sup} = 1,35$ zugeordnet.

Im vorliegenden Fall sind Verkehr und Temperatur die dominierenden veränderlichen Einwirkungen. Wind ist dagegen im vorliegenden Fall nicht maßgebend und wird im Rahmen der Vorstatik nicht untersucht. Die folgenden Überlagerungsregeln werden für den GZT ausgewertet, dabei stehen in den geschweiften Klammern oben die Teilsicherheitsbeiwerte für ungünstig wirkende Schnittgrößen, unten für günstig wirkende Schnittgrößen. Die Lastfallindizierung ist Abschnitt V.3.5 zu entnehmen.

Kombinationen für den GZT mit Leiteinwirkung Verkehr $gr\ 1$:

$$\sum \left\{ \begin{matrix} 1,35 \\ 1,00 \end{matrix} \right\} \cdot (G_{k,j} + E_0) + \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot (Q_{TS} + Q_{UDL}) + 0,6 \cdot 0,80 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot (T_k + E_{mob} - E_0)$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 16
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Kombinationen für den GZT mit Leiteinwirkung Verkehr *gr 2*:

$$\sum \left\{ \begin{matrix} 1,35 \\ 1,00 \end{matrix} \right\} \cdot (G_{k,j} + E_0) + 0,75 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot Q_{TS} + 0,40 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot Q_{UDL} + \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot Q_{lk} + \\ + 0,6 \cdot 0,80 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot (T_k + E_{mob} - E_0)$$

Kombinationen für den GZT mit Leiteinwirkung Temperatur T_k :

$$\sum \left\{ \begin{matrix} 1,35 \\ 1,00 \end{matrix} \right\} \cdot (G_{k,j} + E_0) + 0,75 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot Q_{TS} + 0,40 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot Q_{UDL} + 0,6 \cdot \left\{ \begin{matrix} 1,50 \\ 0 \end{matrix} \right\} \cdot (T_k + E_{mob} - E_0)$$

Die Auswertung erfolgt wieder getrennt für weiche und steife Gründung, jeweils für die Grenzschnittgrößen $\max M_y$, $\min M_y$, $\max N$, $\min N$, $\max V_z$ und $\min V_z$.

3.4 Einwirkungskombinationen für Nachweise nach DIN 1054

Die Nachweise zur Tragfähigkeit des Baugrundes, einschließlich Gleiten und Kippen, sind nach DIN 1054 (2005-01) zu führen. Für die Bemessung im Endzustand ist der Lastfall 1 maßgebend. Die Nachweise sind für den Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen (GZ 1B) bzw. im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) zu führen. Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände können der DIN 1054, 6.4 entnommen werden. Der Ansatz von Kombinationsbeiwerten ist nach DIN 1054, 6.3.3 (4) auf Grund der Definition der Lastfälle 1 bis 3 nicht zulässig.

Für die Nachweise werden in SOFiSTiK Lastgruppen für ständige Lasten (LF 91 bzw. LF 191) und veränderliche Lasten (LF 391 bis 398 für weiche Gründung und LF 891 bis 898 für steife Gründung) gebildet. Vereinfachend werden sämtliche veränderlichen Lasten ungünstig wirkend überlagert.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 17
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

3.5 Lastfallindizierung für Schnittgrößenermittlung

Im Folgenden sind zur Information alle Lastfälle aufgelistet, für die im Rahmen der Vorstatik Schnittgrößen ermittelt wurden:

Grundlastfälle mit weicher Gründung (GRUP 1)

- 1 G1 Eigengewicht der Konstruktion
- 2 G2 Zusatzeigengewicht
- 11 E0 Erdruchdruck erdseitig
- 12 E1 aktiver Erddruck, luftseitig Ea
- 13 E2 mobilisierter Erddruck bei Ausdehnung, erdseitig - E0
- 14 E3 aktiver Erddruck bei Abkühlung + k + s, erdseitig - E0
- 15 E4 mobilisierter Erddruck bei Abkühlung + k + s, luftseitig - Ea
- 16 E5 aktiver Erddruck erdseitig aus TS (WL10) auf Hinterfüllung
- 17 E6 aktiver Erddruck erdseitig aus TS (WL20) auf Hinterfüllung
- 18 E7 aktiver Erddruck erdseitig aus UDL (WL10) auf Hinterfüllung
- 19 E8 aktiver Erddruck erdseitig aus UDL (WL20) auf Hinterfüllung
- 21 TS1 Verkehr Tandem-System Stab 1000 (Rucksack 10)
- 22 TS2 Verkehr Tandem-System Stab 1001
- 23 TS3 Verkehr Tandem-System Stab 1002
- 24 TS4 Verkehr Tandem-System Stab 1003
- 25 TS5 Verkehr Tandem-System Stab 1004
- 26 TS6 Verkehr Tandem-System Stab 1005
- 27 TS7 Verkehr Tandem-System Stab 1005 (Mitte)
- 28 TS8 Verkehr Tandem-System Stab 1006 (Mitte)
- 29 TS9 Verkehr Tandem-System Stab 1006
- 30 TS10 Verkehr Tandem-System Stab 1007
- 31 TS11 Verkehr Tandem-System Stab 1008
- 32 TS12 Verkehr Tandem-System Stab 1009
- 33 TS13 Verkehr Tandem-System Stab 1010
- 34 TS14 Verkehr Tandem-System Stab 1011 (Rucksack 20)
- 41 qk1 Verkehr UDL Stab 1000 (Rucksack 10)
- 42 qk2 Verkehr UDL Stab 1001
- 43 qk3 Verkehr UDL Stab 1002
- 44 qk4 Verkehr UDL Stab 1003 bis 1005 (Mitte)
- 45 qk5 Verkehr UDL Stab 1006 bis 1008 (Mitte)
- 46 qk6 Verkehr UDL Stab 1009
- 47 qk7 Verkehr UDL Stab 1010
- 48 qk8 Verkehr UDL Stab 1011 (Rucksack 20)
- 51 Qbr Bremslast
- 61 T1 DTN.pos + E2
- 62 T2 DTN.neg + E3 + E4
- 63 T3 DTM.pos
- 64 T4 DTM.neg
- 71 grT1 Temperaturgruppen aus T1 bis T4 kombiniert
- 72 grT2
- 73 grT3

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 18
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

74 grT4
75 grT5
76 grT6
77 grT7
78 grT8
81 wy+ Wind ohne Verkehr +y
82 wy- Wind ohne Verkehr -y
83 wqy+ Wind mit Verkehr +y
84 wqy- Wind mit Verkehr -y
91 ständig
92 GZG-häufig (nur Verkehr: UDL + TS7) für Durchbiegungsnachweis
99 Ermüdungslastmodell 3 in ungünstigster Stellung (Nachweis Muffen)

Grundlastfälle mit steifer Gründung (GRUP 1+2)

Lastfallnummer w.v. +100

Kombinationslastfälle für weiche Gründung

201-206	max/min My, N, Vz	Verkehr TS
207-212	max/min My, N, Vz	Verkehr UDL
213-218	max/min My, N, Vz	Horizontallasten (Bremsen)
219-224	max/min My, N, Vz	Temperatur und mobilisierten Erddruck
225-230	max/min My, N, Vz	Windlasten ohne Verkehr
231-236	max/min My, N, Vz	Windlasten mit Verkehr
301-306	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Verkehr gr1 (mit Temperatur)
307-312	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Verkehr gr1 (mit Wind)
313-318	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Horizontallasten gr2 (mit Temp.)
325-330	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Temperatur
331-336	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Wind
337-342	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Verkehr gr1
343-348	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Temperatur
349-354	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Wind
355-360	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Verkehr gr1
361-366	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Temperatur
367-372	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Wind
373-378	max/min My, N, Vz	GZG-quasi-ständig
391-398	max/min My, N, Vz, F	Gebrauchslasten für Gründung
401-406	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Verkehr gr1 (mit Temperatur)
411-416	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Verkehr gr1 (mit Wind)
421-426	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Horizontallasten gr2
431-436	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Temperatur
441-446	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Wind

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 19
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Kombinationslastfälle für steife Gründung

701-706	max/min My, N, Vz	Verkehr TS
707-712	max/min My, N, Vz	Verkehr UDL
713-718	max/min My, N, Vz	Horizontallasten (Bremsen)
719-724	max/min My, N, Vz	Temperatur und mobilisierten Erddruck
725-730	max/min My, N, Vz	Windlasten ohne Verkehr
731-736	max/min My, N, Vz	Windlasten mit Verkehr
801-806	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Verkehr gr1 (mit Temperatur)
807-812	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Verkehr gr1 (mit Wind)
813-818	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Horizontallasten gr2 (mit Temp.)
825-830	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Temperatur
831-836	max/min My, N, Vz	GZG-selten, LEW = Wind
837-842	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Verkehr gr1
843-848	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Temperatur
849-854	max/min My, N, Vz	GZG-nicht-häufig, LEW = Wind
855-860	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Verkehr gr1
861-866	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Temperatur
867-872	max/min My, N, Vz	GZG-häufig, LEW = Wind
873-878	max/min My, N, Vz	GZG-quasi-ständig
891-898	max/min My, N, Vz, F	Gebrauchslasten für Gründung
901-906	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Verkehr gr1 (mit Temperatur)
911-916	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Verkehr gr1 (mit Wind)
921-926	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Horizontallasten gr2
931-936	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Temperatur
941-946	max/min My, N, Vz	GZT, LEW = Wind

Bemessung GZT

500	Vorlauf für Ausgabe der Grundbewehrung	
501-502	GZT max/min My	Regelbemessung weiche Gründung
503-504	GZT max/min N	Regelbemessung weiche Gründung
505-506	GZT max/min Vz	Regelbemessung weiche Gründung
511-512	GZT max/min My	Regelbemessung steife Gründung
513-514	GZT max/min N	Regelbemessung steife Gründung
515-516	GZT max/min Vz	Regelbemessung steife Gründung

Bemessung GZG

521-522	GZG max/min My	weiche Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
523-524	GZG max/min N	weiche Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
531-532	GZG max/min My	steife Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
533-534	GZG max/min N	steife Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
541-542	GZG max/min My	weiche Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
543-544	GZG max/min N	weiche Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
551-552	GZG max/min My	steife Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
553-554	GZG max/min N	steife Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 20
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Überlagerung maximale Bewehrung

561-562 GZT max/min My Überlagerung maximale Bewehrung
563-564 GZT max/min N Überlagerung maximale Bewehrung
565-566 GZT max/min Vz Überlagerung maximale Bewehrung

Spannungen GZG

601-602 GZG max/min My weiche Gründung, ungerissen, selten
603-604 GZG max/min N weiche Gründung, ungerissen, selten
605-606 GZG max/min My steife Gründung, ungerissen, selten
607-608 GZG max/min N steife Gründung, ungerissen, selten
611-612 GZG max/min My weiche Gründung, gerissen, nicht-häufig
613-614 GZG max/min N weiche Gründung, gerissen, nicht-häufig
615-616 GZG max/min My steife Gründung, gerissen, nicht-häufig
617-618 GZG max/min N steife Gründung, gerissen, nicht-häufig
621-622 GZG max/min My weiche Gründung, gerissen, häufig
623-624 GZG max/min N weiche Gründung, gerissen, häufig
625-626 GZG max/min My steife Gründung, gerissen, häufig
627-628 GZG max/min N steife Gründung, gerissen, häufig
631-632 GZG max/min My weiche Gründung, ungerissen, quasi-ständig
633-634 GZG max/min N weiche Gründung, ungerissen, quasi-ständig
635-636 GZG max/min My steife Gründung, ungerissen, quasi-ständig
637-638 GZG max/min N steife Gründung, ungerissen, quasi-ständig

Bemessungslastfälle

LFB 0 vorgegebene Mindestbewehrung (vorbelegt)
LFB 2 erf. Bewehrung aus GZT für weiche Gründung
LFB 3 erf. Mindestbewehrung (von SOFiSTiK ermittelt) für weiche Gründung
LFB 4 erf. Bew. aus Begrenzung der Rissbreite $w=0.20\text{mm}$ für weiche Gründung
LFB 5 erf. Bewehrung aus GZT für steife Gründung
LFB 6 erf. Mindestbewehrung (von SOFiSTiK ermittelt) für steife Gründung
LFB 7 erf. Bew. aus Begrenzung der Rissbreite $w=0.20\text{mm}$ für steife Gründung
LFB 10 erf. Maximalbewehrung (aus LFB 2 bis 7 überlagert)

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 21
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

4 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

4.1 Belastung des Baugrundes

Die Nachweise zur Belastung des Baugrundes werden nach DIN 1054 (2005-01) für Lastfall 1 im Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen (GZ 1B) geführt. Nur bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheiten gegen Gleiten, Kippen und Grundbruch sind die angenommenen Steifigkeiten der Gründung mit dem vorhandenen System ausführbar. Mit dem Nachweis gegen Gleiten wird im vorliegenden Fall geprüft, ob die angenommenen Horizontalfedern in der Gründungssohle ausreichend weich bzw. die angenommene horizontalen Auflagerverschiebungen ausreichend groß sind. Die Kontrolle der zugehörigen Verformungen zeigt, dass die Horizontalfedern steif genug für die Annahme einer Fußpunktdrehung der Widerlager sind.

Nachweis gegen Gleiten der Gründung in Achse 10:

Die maßgebende Beanspruchung ergibt sich erwartungsgemäß für die steife Gründung (LF 191 + LF 896).

$$\min R_{t,d} = N_k \cdot \tan \varphi'_k / \gamma_{Gl} = 7612 \text{ kN} \cdot \tan 35^\circ / 1,10 = 4845 \text{ kN}$$

$$\max T_d = T_{G,k} \cdot \gamma_G + T_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 1432 \text{ kN} \cdot 1,35 + 1781 \text{ kN} \cdot 1,50 = 4605 \text{ kN}$$

$$T_d = 4605 \text{ kN} < 4845 \text{ kN} = R_{t,d}$$

Auf die genaue Ermittlung mit zugehörigen Schnittgrößen kann verzichtet werden, da auch mit der ungünstigen Berücksichtigung von $\min R_{t,d}$ und $\max T_d$ die erforderliche Gleitsicherheit bereits ohne Ansatz des Erdwiderstands eingehalten ist. Wegen der Symmetrie muss die Achse 20 nicht gesondert untersucht werden.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Nachweis der Ausmitte unter ungünstiger Einwirkungskombination:

Das betragsmäßig größte Moment ergibt sich erwartungsgemäß für die steife Gründung (LF 191 + LF 891).

$$\max e = \frac{\max |M_{y,G+Q,k}|}{\text{zug } V_{G+Q,k}} = \frac{677 \text{ kNm} + 5521 \text{ kNm}}{7612 \text{ kN} + 487 \text{ kN}} = 0,765 \text{ m}$$

$$< \text{zul } e = b/3 = 1,333 \text{ m}$$

Für die weiche Gründung (LF 91 + LF 392) ergibt sich dagegen nur:

$$\max e = \frac{\max |M_{y,G+Q,k}|}{\text{zug } V_{G+Q,k}} = \frac{1420 \text{ kNm} + 992 \text{ kNm}}{7612 \text{ kN} + 956 \text{ kN}} = 0,282 \text{ m}$$

$$< \text{zul } e = b/3 = 1,333 \text{ m}$$

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) muss zusätzlich gewährleistet sein, dass infolge der ständigen Einwirkungen keine klaffende Fuge auftritt (siehe V.5.1). Die Aufnahme des zulässigen Sohldrucks wird ebenfalls im GZG nachgewiesen.

4.2 Biegung und Längskraft

Die Biegebemessung wird mit Hilfe des Programms AQB nach DIN-Fachbericht 102 durchgeführt. Die Bemessung wird für die elastisch ermittelten Schnittgrößen E_d aus den Bemessungslastfällen 501 bis 506 für die weiche Gründung und 511 bis 516 für die steife Gründung durchgeführt. Der Bemessungswert des Widerstandes R_d muss ausreichend groß sein, um die Bemessungsschnittgröße E_d aufnehmen zu können.

$$R_d \geq E_d$$

Als untere Grenze für die Biegebewehrung wurde dazu bereits in Abschnitt V.1.4 die Mindestoberflächenbewehrung vorgegeben. Sie ist i. d. R. auch ausreichend zur Sicherstellung der erforderlichen Robustheit.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Die Bemessung ergibt für den unteren (Rang 1) und oberen Querschnittsrand (Rang 2) die erforderliche Biegebewehrung für den GZT (Bild 4.1, Bild 4.2). Das Versatzmaß a_l aus der Querkraftbemessung ist bei der Wahl der Biegebewehrung zusätzlich zu berücksichtigen. Für die Einhaltung der rechnerischen Rissbreite $w_k = 0,2$ mm im GZG ist ggf. eine höhere Bewehrung erforderlich (siehe V.5).

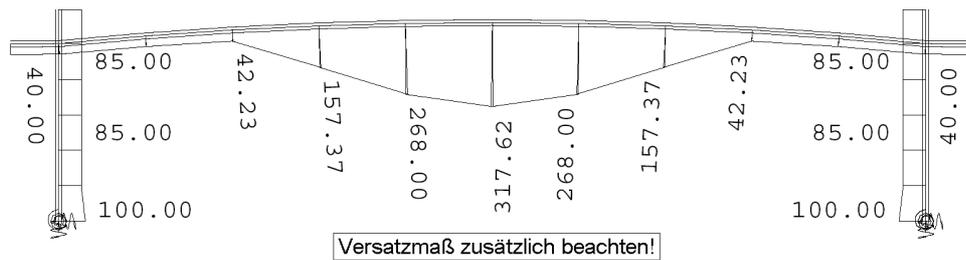


Bild 4.1 erforderliche Bewehrung im GZT, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm²]

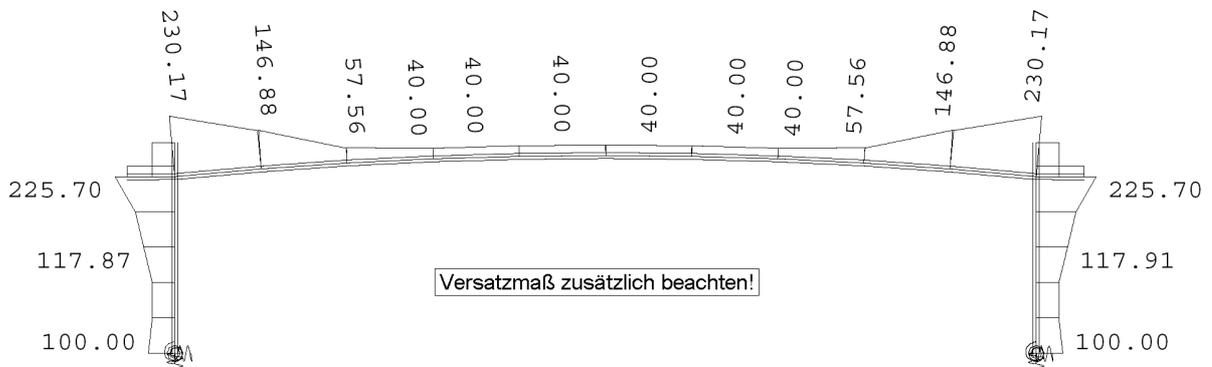


Bild 4.2 erforderliche Bewehrung im GZT, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm²]

Zulagen zu der in Abschnitt V.1.4 vorgegebenen Mindestbewehrung sind in den Wänden, in den Rahmenecken außen und in der Feldmitte des Überbaus unten erforderlich.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

4.3 Querkraft

Die vom SOFiSTiK-Modul AQB ermittelte Querkraftbewehrung ergibt in einigen Bereichen die Mindestquerkraftbewehrung, in anderen Bereichen eine durch die Bemessung im GZT erhöhte Querkraftbewehrung (Bild 4.3).

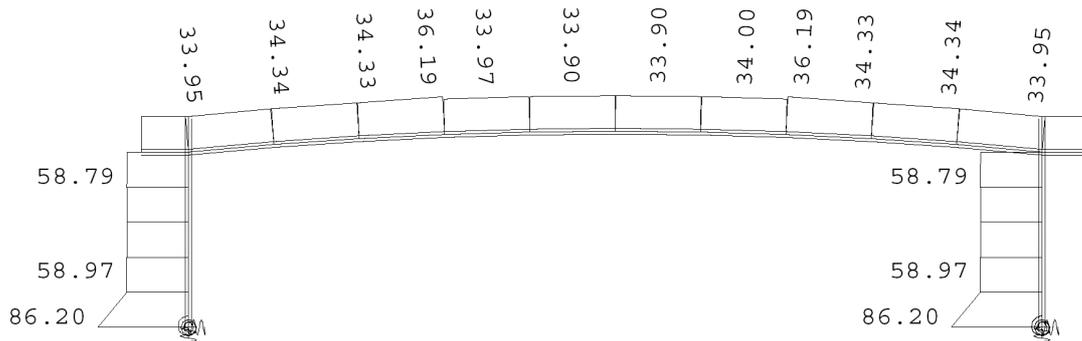


Bild 4.3 erforderliche Bügelbewehrung im GZT

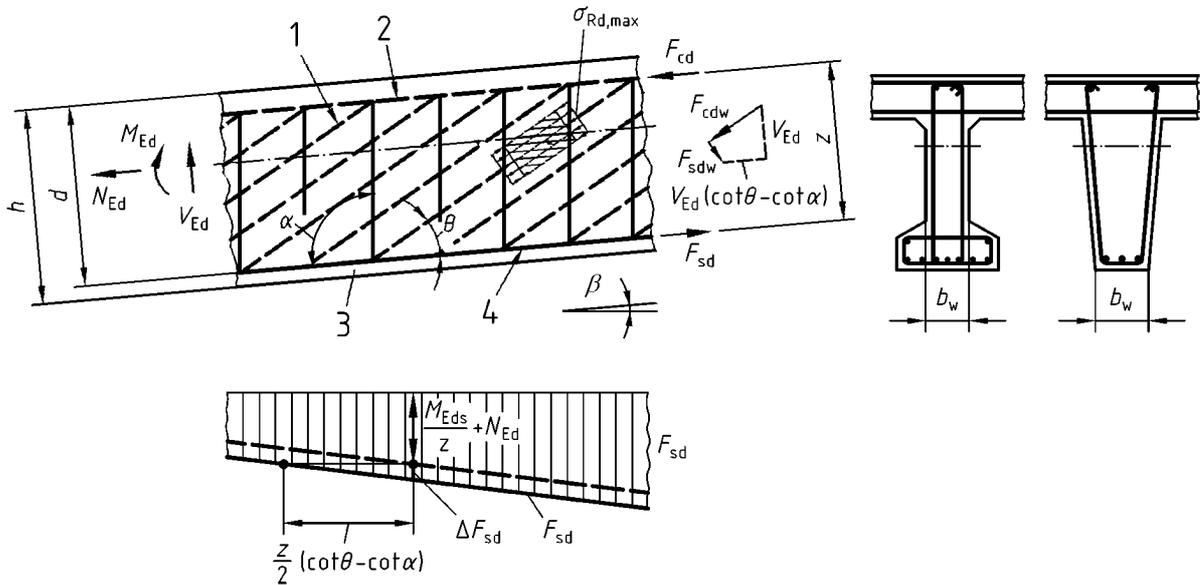
erf $A_{s,w}$ [cm²/m]

Wie die meisten Stabwerksprogramme ermittelt auch AQB die Querkraftbewehrung für jeden Bemessungsschnitt einzeln, wobei ein parallelgurtiges Fachwerk nach DIN-Fachbericht 102, Bild 4.13 zugrundegelegt wird. Die Druck- und Zuggurkräfte in den Gurten liefern rechnerisch dabei keine Komponenten zur Querkraft. Die Orientierung der Bügel wird mit $\alpha = 90^\circ$ angesetzt. Bei Rahmentragwerken mit veränderlicher Überbauhöhe liegen die Stabachsen der auflagernahen Stäbe nicht parallel zur Horizontalen (Bild 4.4). Durch die Neigung um den Winkel β aus dieser Ebene ergeben sich folgende Besonderheiten:

- Die vertikalen äußeren Einwirkungen erzeugen Querkräfte und Normalkräfte. Die Querkraft fällt dabei geringer aus als bei Lage der Stabachse senkrecht zur Wirkungsrichtung der Gravitation.
- Werden die Bügel wie üblich vertikal ausgerichtet, so ergibt sich der Winkel zwischen Stabachse und Bügel zu $\alpha = 90^\circ + \beta$, wobei der Winkel β die Neigung der Stabachse gegenüber der Horizontalen angibt.
- Die Bügelkräfte fallen bei gleicher Querkraft größer aus als für $\alpha = 90^\circ$, wie im Programm bei der Ermittlung der Bügelbewehrung unterstellt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006



Dabei ist

- 1 Druckstrebe
- 2 Druckgurt
- 3 Zugstrebe; Querkraftbewehrung
- 4 Zuggurt; Längsbewehrung
- α Winkel zwischen Schubbewehrung und Bauteilachse, hier: $\alpha = 90^\circ + \beta$
- θ Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Bauteilachse
- β Winkel zwischen der Bauteilachse und der Horizontalen
- F_{sd} Bemessungswert der Zugkraft in der Längsbewehrung
- F_{cd} Bemessungswert der Betondruckkraft in Richtung der Bauteilachse
- b_w kleinste Querschnittsbreite
- z innerer Hebelarm im betrachteten Bauteilabschnitt
- ΔF_{sd} Zugkraftanteil in der Längsbewehrung infolge Querkraft mit
 $\Delta F_{sd} = 0,5 \cdot V_{Ed} \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)$

Bild 4.4 Fachwerkmodell für querkraftbeanspruchte Bauteile mit parallelen Gurten und gegenüber der Horizontalen geneigten Stabachse

Die größeren Bügelzugkräfte für $\alpha = 90^\circ + \beta$ sind durch entsprechende Erhöhung des Bügelquerschnitts zu berücksichtigen. Die Erhöhungsfaktoren sind für die drei äußeren Stäbe in Tabelle 4.1 zusammengestellt.

$$\text{erf } a_{s,w} = \frac{V_{Ed}}{f_{yd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

$$\frac{\text{erf } a_{s,w}(\beta)}{\text{erf } a_{s,w}(\alpha = 90^\circ)} = \frac{\cot \theta}{(\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha}$$

mit: $\alpha = 90^\circ + \beta$

Tabelle 4.1 Erhöhungsfaktoren für die Querkraftbewehrung infolge Stabneigung

Stab	1001	1002	1003
Stabneigung β [°]	5,13	3,94	2,78
$\cot \theta$ aus Druckstrebenneigung	1,30	1,11	7/4
$a_{s,w} / a_{s,w}(\alpha = 90^\circ)$	1,079	1,069	1,030

Die Anforderungen an die Längs- und Querabstände der Bügel nach DIN-Fachbericht 102, II-5.4.2.2(5)*P sind bei der Wahl der Querkraftbewehrung zu beachten.

4.4 Ermüdung

Für den Bewehrungsstoß in der Rahmenecke sind unter Umständen Schraubmuffen erforderlich. Die Ausführung als Zugstoß mit den verwendeten Stabdurchmessern $\varnothing 28$ ergibt eine konstruktiv und baupraktisch nicht sinnvolle Übergreifungslänge der Bewehrungsstäbe, die beim weiteren Bewehren eine Behinderung in der Ausführung darstellen kann.

Bei der Verwendung von Schraubmuffen ist nach FB 102, II-4.3.7.5 ein Nachweis gegen Ermüdung zu führen.

$$\gamma_{F,fat} \cdot \gamma_{Ed,fat} \cdot \Delta \sigma_{S,eq} (N^* = 10^7) \leq \frac{\Delta \sigma_{Rsk} (N^* = 10^7)}{\gamma_{s,fat}}$$

Bei der Ermittlung der Spannungsschwingbreite infolge des Ermüdungslastmodells 3 wird, auf der sicheren Seite liegend, ein komplett gerissener Querschnitt angenommen (Zustand II). Als vorhandene Bewehrung wird die insgesamt nach Abschnitt V.5.3 erforderliche von vorh $A_s = \text{erf } A_s = 406 \text{ cm}^2$ angenommen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 6
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite beträgt damit:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{S, equ} (N = 10^6) &= \Delta\sigma_S \cdot \lambda_S = \Delta\sigma_S \cdot \varphi_{fat} \cdot \lambda_{S,1} \cdot \lambda_{S,2} \cdot \lambda_{S,3} \cdot \lambda_{S,4} \\ &= 31,4 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,2 \cdot 1,72 \cdot 0,35 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 26,1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

mit:

$$\Delta\sigma_S = 1,4 \cdot \frac{M_{ELM3,k}}{z} \cdot \frac{1}{\text{vorh } A_s} = 1,4 \cdot \frac{2,178 \text{ MNm}}{0,9 \cdot (2,80 \text{ m} - 0,14 \text{ m})} \cdot \frac{1}{0,0406 \text{ m}^2} = 31,4 \text{ N/mm}^2$$

mit Erhöhungsfaktor 1,4 nach FB 102, II-Anhang 106, A.106.2 (101)

$$\varphi_{fat} = 1,2 \text{ für Oberflächen mit geringer Rauigkeit nach ARS 11/2003, Anlage Abs. (13)}$$

$$\lambda_{S,1} = 1,72 \text{ nach FB 102, II-Anhang 106, Abb. A.106.2 für } N^* = 10^6, k_2 = 5, \text{ Stützweite} = 32,50 \text{ m}$$

$$\lambda_{S,2} = \bar{Q}^{k_2} \sqrt{\frac{N_{obs}}{2,0}} = 0,73 \sqrt[5]{\frac{0,05}{2,0}} = 0,35 \text{ (siehe V.2.6)}$$

$$\lambda_{S,3} = \sqrt[5]{\frac{N_{years}}{100}} = \sqrt[5]{\frac{100}{100}} = 1,0 \text{ (siehe V.2.6)}$$

$$\lambda_{S,4} = \sqrt[5]{1 + \frac{\sum N_{obs,2}}{N_{obs,1}} \cdot \left(\frac{\eta_2 \cdot Q_{m2}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}}\right)^{k_2}} = \sqrt[5]{1 + \frac{0,5 \cdot 10^6}{0,5 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 1,00}{1,0 \cdot 1,00}\right)^5} = 1,15$$

für den Ansatz von zwei Fahrstreifen

Für Muffenstöße ist die ertragene Schwingbreite für $N = 10^7$ Lastwechsel angegeben. Deshalb muss auch auf der Einwirkungsseite auf $N = 10^7$ Lastzyklen umgerechnet werden:

$$\Delta\sigma_{S, equ} (N^* = 10^7) = 26,1 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[5]{\frac{10^6}{10^7}} = 16,5 \text{ N/mm}^2$$

Gemäß Zulassung Nr. Z-1.5-189 ist für die Muffenverbindung (z.B. Halfen Schraubanschluss HBS-05 oder gleichwertig) eine Spannungsschwingbreite von $\Delta\sigma_{Rsk} = 60 \text{ N/mm}^2$ bei $N^* = 10^7$ Lastzyklen anzunehmen.

$$\Delta\sigma_{Rsk} (N^* = 10^7) = 60 \text{ N/mm}^2$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 7
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006			

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Der Nachweis gegen Ermüdung für die Schraubmuffen lautet damit:

$$\gamma_{F,fat} \cdot \gamma_{Ed,fat} \cdot \Delta\sigma_{S,eqv} (N^* = 10^7) \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk} (N^* = 10^7)}{\gamma_{s,fat}}$$

$$1,0 \cdot 1,0 \cdot 16,5 \text{ N/mm}^2 = 16,5 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{60 \text{ N/mm}^2}{1,15} = 52,2 \text{ N/mm}^2$$

Der Bewehrungsstoß mit Schraubmuffen ist in der Rahmenecke hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeit ausführbar.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 8
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	

5 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

5.1 Belastung des Baugrundes

Die Nachweise zur Belastung des Baugrundes werden nach DIN 1054 (Ausgabe 01.2005) für Lastfall 1 im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) geführt. Nur bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheiten gegen Kippen und Grundbruch sind die angenommenen Steifigkeiten der Gründung mit dem vorhandenen System ausführbar.

Nachweis der Ausmitte unter ständigen Lasten:

Für die weiche Gründung (LF 91) ergibt sich:

$$\max e = \frac{\max |M_{y,G,k}|}{\text{zug } V_{G,k}} = \frac{1420 \text{ kNm}}{7612 \text{ kN}} = 0,187 \text{ m}$$

$$< \text{zul } e = b/6 = 0,667 \text{ m}$$

Für die steife Gründung (LF 191) ergibt sich dagegen:

$$\max e = \frac{\max |M_{y,G,k}|}{\text{zug } V_{G,k}} = \frac{677 \text{ kNm}}{7612 \text{ kN}} = 0,089 \text{ m}$$

$$< \text{zul } e = b/6 = 0,667 \text{ m}$$

Nachweis der mittleren Bodenpressung unter ungünstiger Einwirkungskombination:

Für die weiche Gründung (LF 91 + LF 392) ergibt sich:

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{\text{zug } V_{G+Q,k}}{a \cdot (b - 2 \cdot \max e)} = \frac{7612 \text{ kN} + 956 \text{ kN}}{9,3 \text{ m} \cdot (4,0 - 2 \cdot 0,282 \text{ m})} = 268 \text{ kN/m}^2$$

$$< \sigma_{\text{zul}} = 350 \text{ kN/m}^2$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 1	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Für die steife Gründung (LF 191 + LF 891) ergibt sich dagegen:

$$\sigma_{vorh} = \frac{\text{zug } V_{G+Q,k}}{a \cdot (b - 2 \cdot \max e)} = \frac{7612 \text{ kN} + 487 \text{ kN}}{9,3 \text{ m} \cdot (4,0 \text{ m} - 2 \cdot 0,765 \text{ m})} = 352 \text{ kN/m}^2$$

$$\approx \sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2$$

5.2 Begrenzung der Rissbreite

5.2.1 Nachweisbedingungen

Als Stahlbetonbauwerk ist die Brücke der Anforderungsklasse D zugeordnet (siehe auch Abschnitt II.2, Tabelle 2). Nach Tabelle 4.118 in FB 102 ist daher der Nachweis der rechnerischen Rissbreite $w_k = 0,2$ mm unter der häufigen Einwirkungskombination zu führen. Ein Nachweis der Dekompression ist wegen der fehlenden Vorspannung nicht erforderlich.

5.2.2 Mindestoberflächenbewehrung

Die Mindestoberflächenbewehrung wurde bereits in Abschnitt V.1.4 ermittelt und als Ausgangswert für die Bemessung im GZT verwendet.

5.2.3 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite unter Zwang

Aus Gründen der Dauerhaftigkeit und des äußeren Erscheinungsbildes des Betons ist in bewehrten Brückentragwerken eine Mindestbewehrung anzuordnen, um zu verhindern, dass sich infolge rechnerisch nicht berücksichtigten Zwangs oder Eigenspannungen breite Einzelrisse bilden. Dies gilt vor allem für schwach beanspruchte Bereiche, wie z.B. Momentennullpunkte.

Die Ermittlung der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite unter Zwang wird mit Hilfe des Programms AQB nach DIN-Fachbericht 102, Abschnitt II-4.4.2.2 durchgeführt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Folgende Kombinationslastfälle werden dafür unter der häufigen Einwirkungskombination ausgewertet:

521-522	GZG max/min My	weiche Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
523-524	GZG max/min N	weiche Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
531-532	GZG max/min My	steife Gründung, häufig (Mindestbewehrung)
533-534	GZG max/min N	steife Gründung, häufig (Mindestbewehrung)

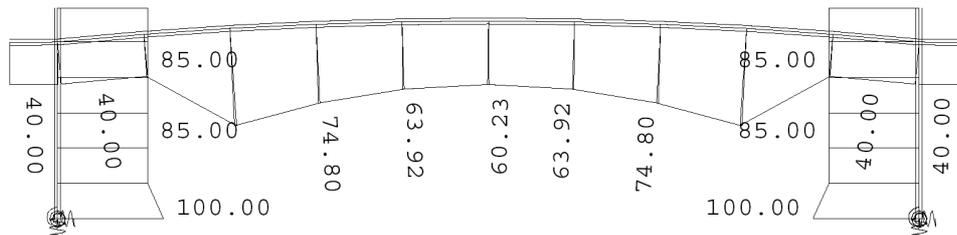


Bild 5.1 erforderliche Mindestbewehrung, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm²]

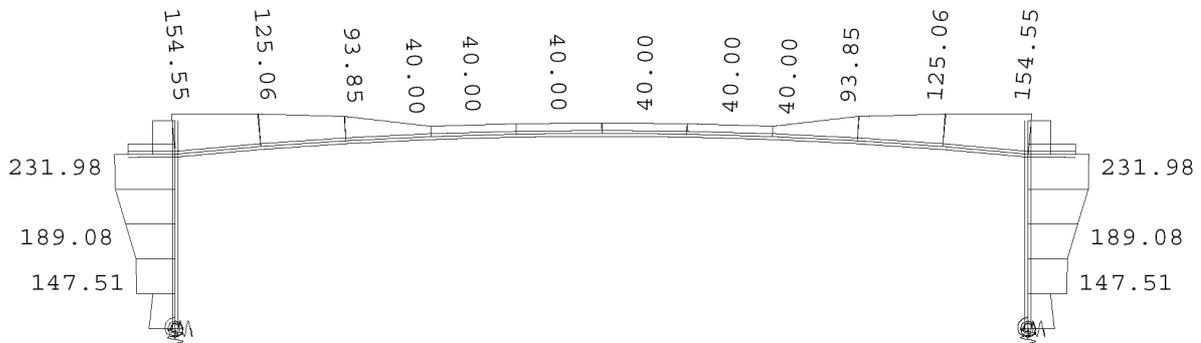


Bild 5.2 erforderliche Mindestbewehrung, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm²]

5.2.4 Begrenzung der Rissbreite unter Last

Für Anforderungsklasse D ist die rechnerische Rissbreite $w_k = 0,2$ mm unter der häufigen Einwirkungskombination nachzuweisen. Folgende Kombinationslastfälle werden dafür ausgewertet:

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 3
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

- 541-542 GZG max/min My weiche Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
543-544 GZG max/min N weiche Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
551-552 GZG max/min My steife Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)
553-554 GZG max/min N steife Gründung, häufig (Rissbreitenbegrenzung)

Die Bemessung erfolgt mit Hilfe des Programms AQB durch die direkte Berechnung der Rissbreite nach DIN-Fachbericht 102, Abschnitt 4.4.2.4.

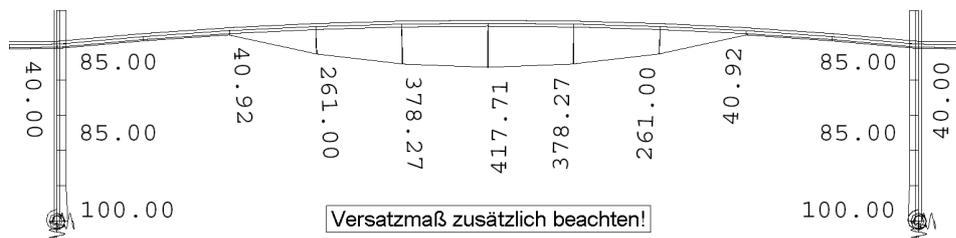


Bild 5.3 erforderliche Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite, Rang 1 („unten“ bzw. innen)

erf A_s [cm^2]

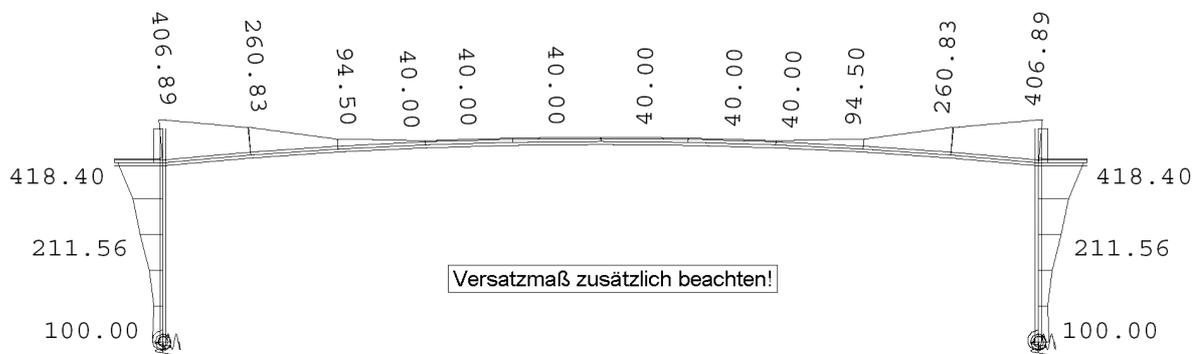


Bild 5.4 erforderliche Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite, Rang 2 („oben“ bzw. außen)

erf A_s [cm^2]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 4
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

5.3 Maßgebliche und gewählte Bewehrung

Die maßgebliche Bewehrung ergibt sich aus der vergleichenden Überlagerung der beiden Grenzzustände Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

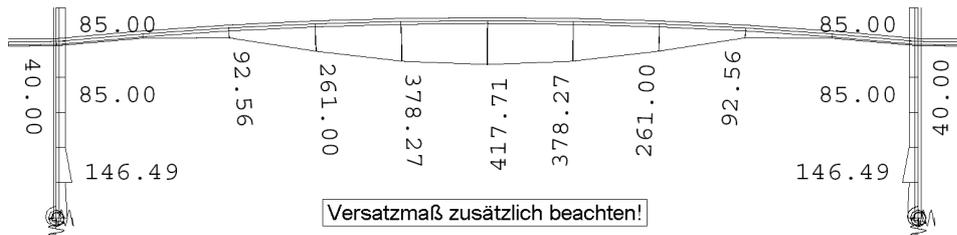


Bild 5.5 maßgebliche erforderliche Bewehrung, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm²]

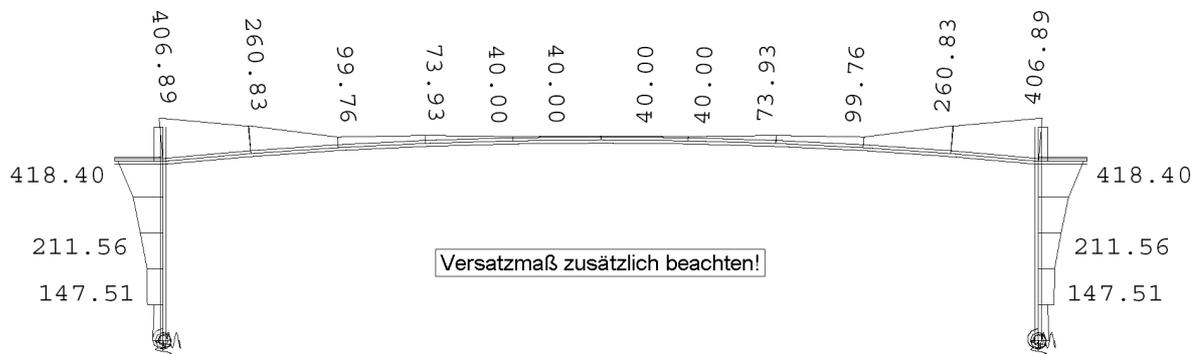


Bild 5.6 maßgebliche erforderliche Bewehrung, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm²]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

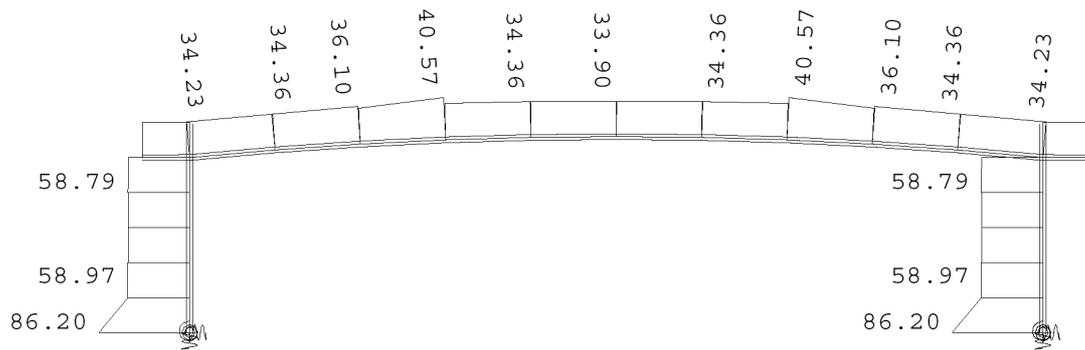


Bild 5.7 maßgebliche erforderliche Bügelbewehrung

erf $A_{s,w}$ [cm^2/m]

Auf Grundlage der als maßgebend ermittelten Bewehrung werden die nachfolgenden Spannungsnachweise durchgeführt. Ein eventueller Mehreinbau wirkt sich günstig auf die Spannungsermittlung aus und wird hier, auf der sicheren Seite liegend, nicht berücksichtigt.

Für die Ausführung werden in den maßgebenden Schnitten folgende Bewehrungen gewählt:

Feldmitte unten:

1. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
2. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
3. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
Summe		= 425,1 $\text{cm}^2 > 417,7 \text{ cm}^2$

Rahmenecke oben:

1. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
2. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
3. Lage	23 $\emptyset 28 - 14$	= 141,7 cm^2
Summe		= 425,1 $\text{cm}^2 > 418,4 \text{ cm}^2$

Bügelbewehrung Überbau:

$$\text{Bügel } \emptyset 12 - 15, s=6 = 45,2 \text{ cm}^2/\text{m} > 40,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Die genaue Abstufung der unteren und oberen Bewehrung ist im Rahmen der Ausführungsstatik festzulegen. Das Versatzmaß a_i ist in den abgebildeten erforderlichen Bewehrungen nicht enthalten und muss bei der endgültigen Bewehrungswahl berücksichtigt werden. Für

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 6	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Übergreifungsstöße im Feld und für die erforderlichen Rüttellücken ist ausreichend Platz vorhanden.

5.4 Spannungsbegrenzungen

Durch die Begrenzung der Spannungen im GZG sollen übermäßige Schädigungen des Betongefüges, z. B. durch nicht-lineares Kriechen, sowie nichtelastische Verformungen der Bewehrung, vermieden werden. Eine Begrenzung der Betonzugspannungen ist dabei für Stahlbetonbauwerke nicht erforderlich. Von der Höhe der Betonzugspannungen unter der seltenen Einwirkungskombination (EWK) hängt jedoch das Berechnungsverfahren für die Beton- und Stahlspannungen in den folgenden Nachweisen ab. Wird der Mittelwert der Zugfestigkeit $f_{ctm} = 3,21 \text{ N/mm}^2$ unter der seltenen EWK überschritten, so müssen die Spannungsnachweise unter Annahme des gerissenen Zustandes ermittelt werden. Im Rahmen der Vorstatik wird im Folgenden besonders der Überbau und dort vorrangig der Feldquerschnitt betrachtet.

Die größten Zugspannungen auf der Unterseite des Überbaus treten bei Annahme der weichen Gründung für $\max M_y$ und zug N auf (LF 601). Die größten Randspannungen oben ergeben sich für die Kombination $\min M_y$ und zug N bei Annahme der steifen Gründung (LF 606).

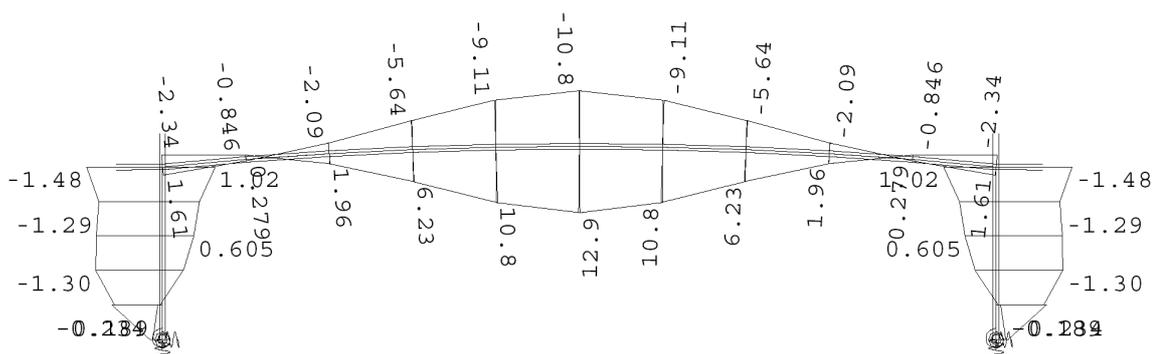


Bild 5.8 Randspannungen im ungerissenen Zustand $\max M_y$ / zug N LF 601
Seltene Einwirkungskombination weiche Gründung

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 7	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

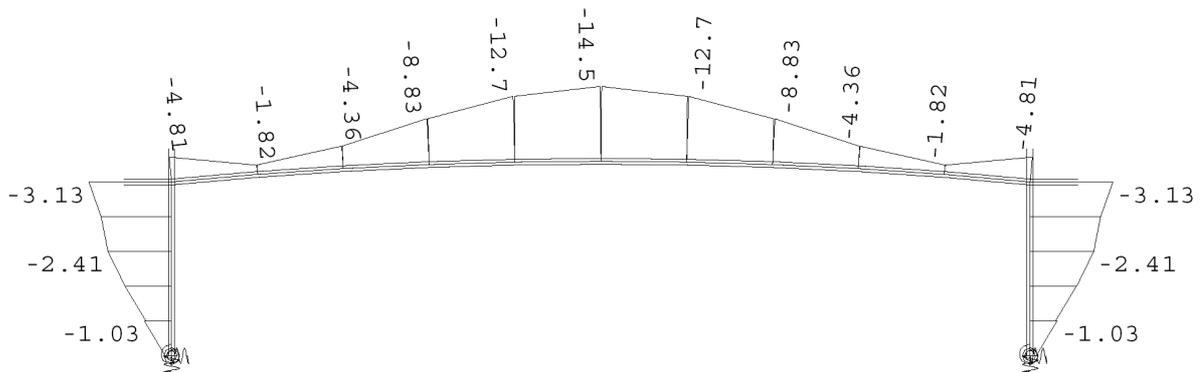


Bild 5.10 Betonrandspannungen im gerissenen Zustand $\max M_y$ / zug N LF 611
Nicht-häufige Einwirkungskombination weiche Gründung

$$\min \sigma_c = -14,45 \text{ N/mm}^2$$

$$> -0,6 \cdot f_{ck} = -21,0 \text{ N/mm}^2$$

[FB 102, II-4-4-1-2 (103) P]

Die Bedingung zur Vermeidung des nicht-linearen Kriechens wird eingehalten.

Begrenzung der Stahlspannungen unter der nicht-häufigen EWK

Auszuwerten sind die gleichen Lastfälle wie zuvor. Maßgebend wird der untere Querschnittsrand in der Feldmitte mit $A_{s,1} = 417,71 \text{ cm}^2$ im LF 611 ($\max M_y$, weiche Gründung).

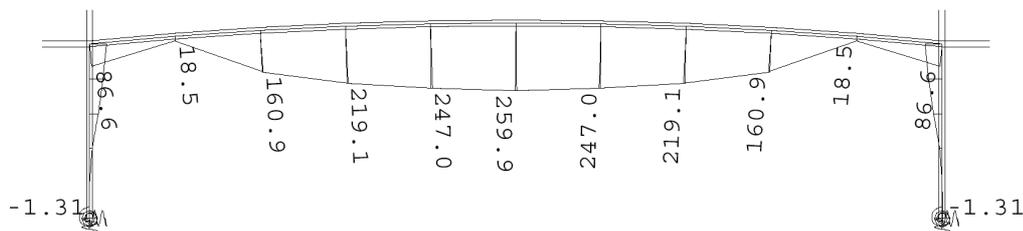


Bild 5.11 Stahlspannungen im gerissenen Zustand $\max M_y$ / zug N LF 611
Nicht-häufige Einwirkungskombination weiche Gründung

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 9	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

$$\max \sigma_{s,1} = 259,9 \text{ N/mm}^2$$

$$< 0,8 \cdot f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$$

[FB 102, II-4.4.1.3 (105)]

Begrenzung der Betondruckspannungen unter der quasi-ständigen EWK

Maßgebend sind die Betondruckspannungen am oberen Querschnittsrand in der Feldmitte. Die Berechnung erfolgt für die Lastfälle:

631-632	GZG max/min M_y	weiche Gründung, ungerissen, quasi-ständig
633-634	GZG max/min N	weiche Gründung, ungerissen, quasi-ständig
635-636	GZG max/min M_y	steife Gründung, ungerissen, quasi-ständig
637-638	GZG max/min N	steife Gründung, ungerissen, quasi-ständig

Die betragsmäßig größte Betondruckspannung ergibt sich für die weiche Gründung im LF 631 (max M_y).

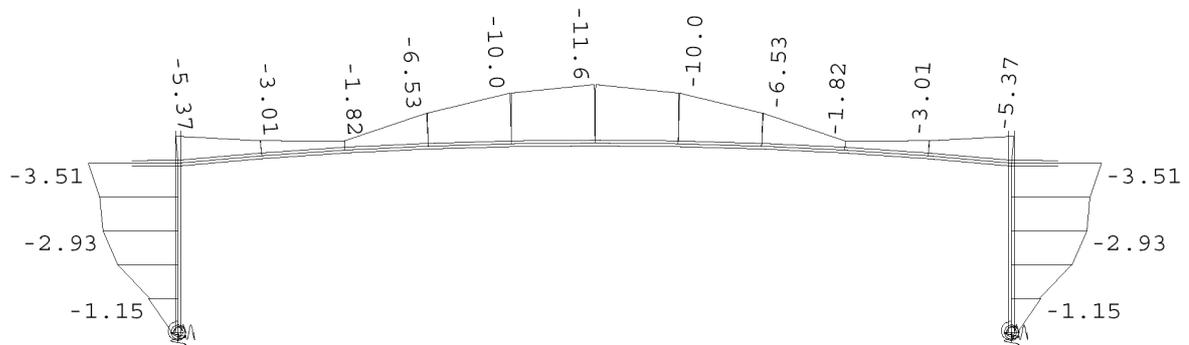


Bild 5.12 Betonrandspannungen im ungerissenen Zustand
Quasi-ständige Einwirkungskombination

max M_y / zug N
weiche Gründung

LF 631

$$\min \sigma_c = -11,58 \text{ N/mm}^2$$

$$> -0,45 \cdot f_{ck} = -15,75 \text{ N/mm}^2$$

[FB 102, II-4-4-1-2 (102) P]

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

5.5 Durchbiegung und Verformungsverhalten

Die Ermittlung der Durchbiegungen erfolgt mit SOFiSTiK für die Lastkombinationen ständige Einwirkungen (LF 91 bzw. 191) und häufige Einwirkungskombination Verkehr (LF 92 bzw. 192). Bei der Berechnung wird vereinfachend ein ungerissener Querschnitt (Zustand I) unterstellt. Als Durchbiegung wird im Sinne von DIN 1045-1, 11.3.1 (3) die vertikale Bauteilverformung bezogen auf die Systemlinie des Bauteils verstanden. Als Bauteil wird dafür der Überbau (Riegel) betrachtet, so dass sich die Durchbiegung als Differenz der Knotenverschiebungen v_z zwischen Feldmitte und Rahmenecken ergibt.

Zur Berücksichtigung der Effekte aus gerissenem Querschnitt (Zustand II) und Kriechen des Betons werden die mit SOFiSTiK ermittelten Durchbiegungen im Rahmen dieser Vorstatik pauschal um den Faktor 3,0 erhöht. In der Ausführungsstatik muss der Einfluss dieser Effekte unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen exakt ermittelt und bei der Überhöhung von Traggerüst und Schalung berücksichtigt werden.

Die Verformung unter ständigen Einwirkungen wird im Brückenbau allgemein überhöht, so dass nach Abklingen der zeitabhängigen Verformungen infolge Kriechen und Schwinden die Sollgradienten erreicht werden. Als Grenzwert wird deshalb eine maximal zulässige Überhöhung der Schalung in Anlehnung an DIN 1045-1, 11.3.1 (9) von 1/250 der Stützweite angenommen.

Für die ständigen Einwirkungen ergeben sich die größten Verformungen in der Feldmitte erwartungsgemäß für die weiche Gründung im LF 91.

$$\max v_{z,g} = 3,0 \cdot 22,91 \text{ mm} = 68,7 \text{ mm} \hat{=} \frac{l}{473} < \frac{l}{250}$$

Für die Einwirkungen aus Verkehr mit der häufigen Einwirkungskombination ergeben sich die größten Verformungen in der Feldmitte erwartungsgemäß für die weiche Gründung im LF 92.

$$\max v_{z,q} = 3,0 \cdot 2,74 \text{ mm} = 8,2 \text{ mm} \hat{=} \frac{l}{3952} < \frac{l}{500}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 11	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0		
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

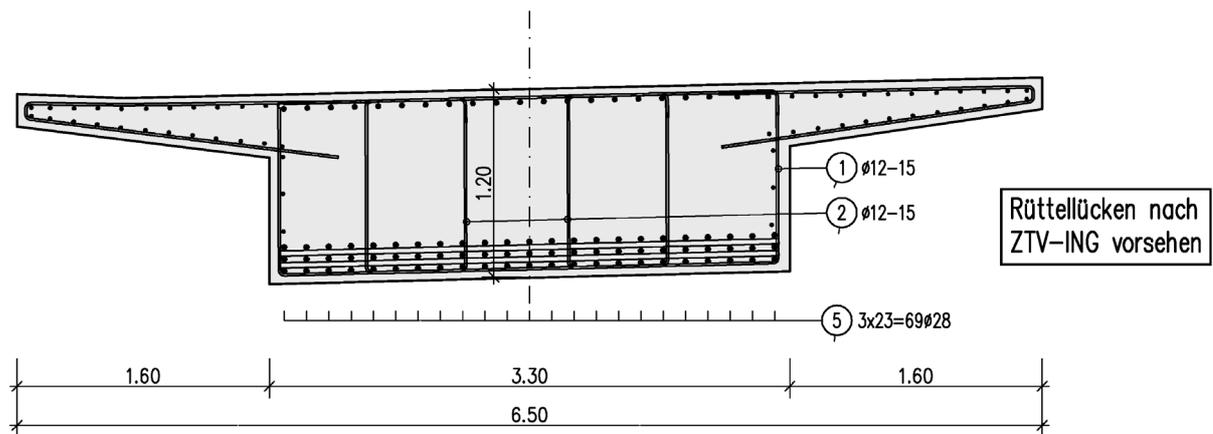
Damit sind die Durchbiegungsbeschränkungen in Anlehnung an DIN 1045-1, 11.3.1 für beide Einwirkungskombinationen eingehalten.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 12	
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006		

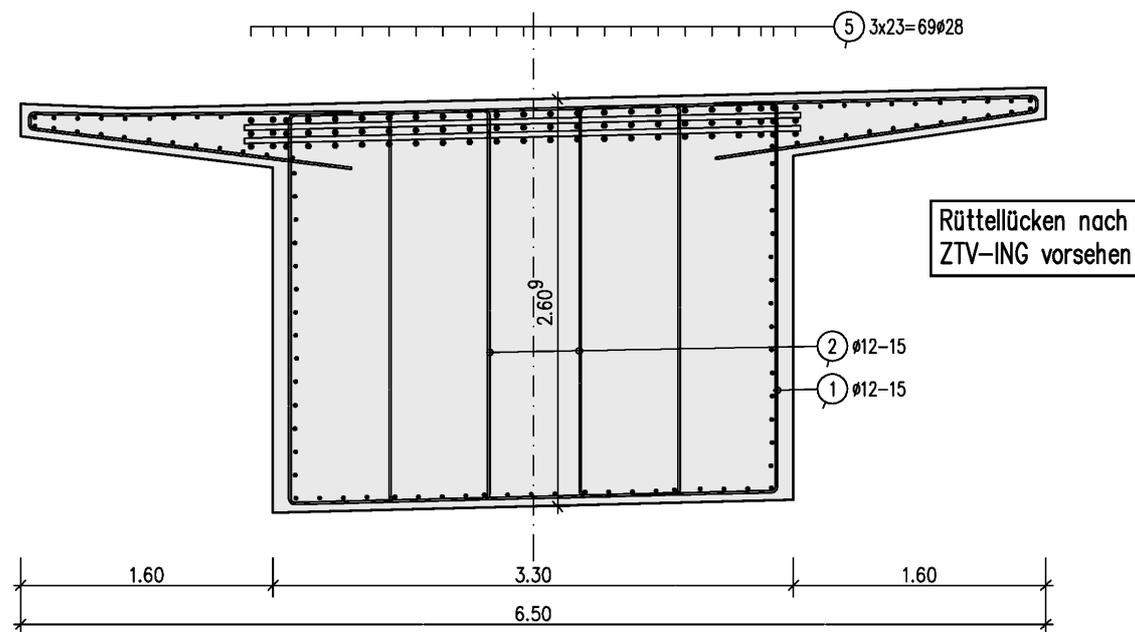
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung eines breiten WW über eine Bundesstraße mit RQ 15,5	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

6 Bauliche Durchbildung

Als Vorgabe für die Erstellung der Bewehrungspläne ist die in Kapitel 4 und 5 ermittelte Bewehrung zusammenzustellen. Als Beleg für die Ausführbarkeit sind im Folgenden der Feldquerschnitt und der Querschnitt in der Rahmenecke bzw. am Widerlageranschnitt dargestellt.



Querschnitt Nr. 1 (Feldmitte), Bewehrungsskizze



Querschnitt Nr. 2 (Rahmenecke bzw. Widerlageranschnitt), Bewehrungsskizze

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.6 Bauliche Durchbildung	Seite: 1
Vorgang:	Anlage 1 zum Bericht vom 11.04.2006	