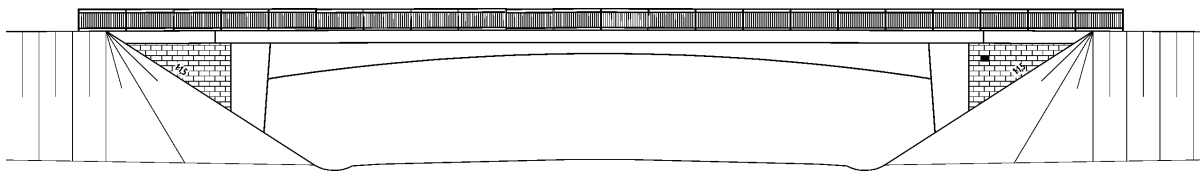


**Erweiterte Grundlagen
für integrale Straßenbrücken
in Stahlbetonbauweise**

**Anlage 2
Muster-Beispiel: Überführung einer Bundes-
straße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26**




Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Wiesbaden

Aktenzeichen: 05 0207 / AG, Bg, Zk


Datum: 11.04.2006

Diese Anlage umfasst 81 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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 - 4
1	Technische Vorschriften.....	1
2	Besondere Zulassungen	2
3	Gutachten.....	2
4	Literaturhinweise	3
5	Programmbeschreibung	4
IV	Abweichungen und Ergänzungen zu den Vorschriften einschl. Erläuterungen.....	1
V	Gesamtbauwerk	
1	Berechnungsgrundlagen	1 - 12
1.1	Einführung	1
1.2	Statisches System	1
1.3	Baustoffe.....	6
1.4	Querschnitte.....	8 - 12
2	Einwirkungen.....	1 - 14
2.1	Eigengewicht der Konstruktion	1
2.2	Zusatzeigengewicht	2
2.3	Erddruck aus Bodeneigengewicht / Hinterfüllung	3
2.4	Verkehr	6
2.5	Verkehrslasten für die Ermüdungsberechnung.....	9
2.6	Lastmodelle für die Hinterfüllung	10
2.7	Baugrundsetzungen	11
2.8	Temperatur.....	12

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	I Inhaltsverzeichnis	Seite: 1
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

2.9	Wind	13 - 14
3	Schnittgrößen.....	1 - 19
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.....	8
3.1.5	Schnittgrößen aus Ermüdungslastmodell 3	9
3.2	Einwirkungskombinationen für den GZG	10
3.3	Einwirkungskombinationen für den GZT.....	13
3.4	Einwirkungskombinationen für Nachweise nach DIN 1054	15
3.5	Lastfallindizierung für die Schnittgrößenermittlung	16 - 19
4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	1 - 9
4.1	Belastung des Baugrundes.....	1
4.2	Biegung und Längskraft	2
4.3	Querkraft.....	3
4.4	Ermüdung	6
4.5	Flügelwände Widerlager.....	8 - 9
5	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	1 - 14
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	Betongelenk.....	11
5.6	Durchbiegung und Verformungsverhalten	13 - 14
6	Bauliche Durchbildung.....	1

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	I Inhaltsverzeichnis	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

II Bauwerk

1 Bauwerksbeschreibung

Der vorliegende Musterentwurf behandelt die Überführung einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26 mit einem Kreuzungswinkel von 100 gon (vgl. Bauwerksplan, Blatt-Nr. 1). Die Brücke wird entsprechend den Vorgaben des hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen (vgl. [7], Anhang B.1, Blatt 1.1) bereits für einen Ausbau der Autobahn auf einen Querschnitt RQ 33 ausgelegt (vgl. Bauwerksplan, Blatt-Nr. 2). Das Überführungsbauwerk für die Bundesstraße wird als einfeldriges, integrales Rahmenbauwerk mit einer lichten Weite von ca. 35,00 m ausgeführt (Bild 1). Dies entspricht einer Stützweite (Achismaß) von ca. 38,00 m. Die Breite der Fahrbahn beträgt 8,00 m und die Breite der Straße zwischen den Geländern ergibt sich zu 13,25 m. Die Gesamtbreite des Überbaus inklusive Kappen beträgt 13,75 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.

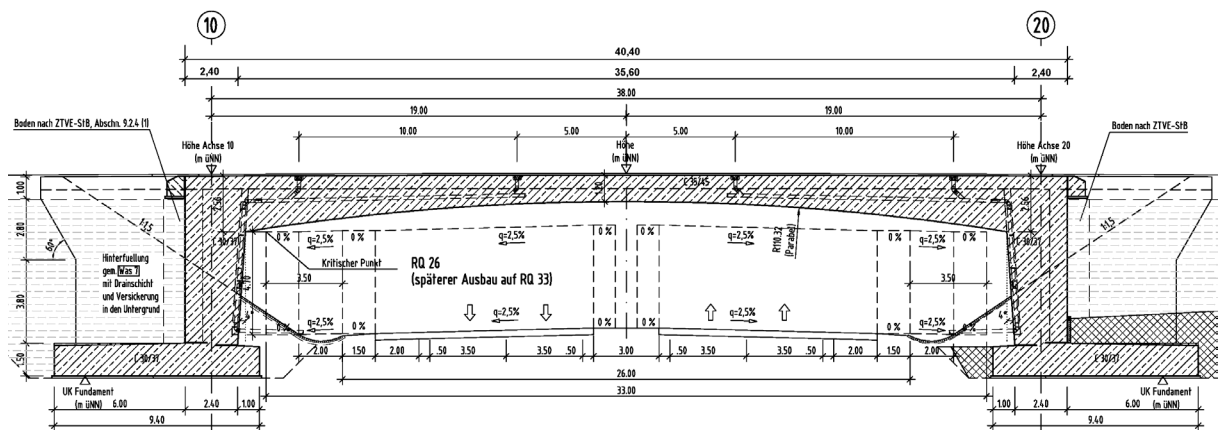


Bild 1 Längsschnitt

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	II	Bauwerk		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

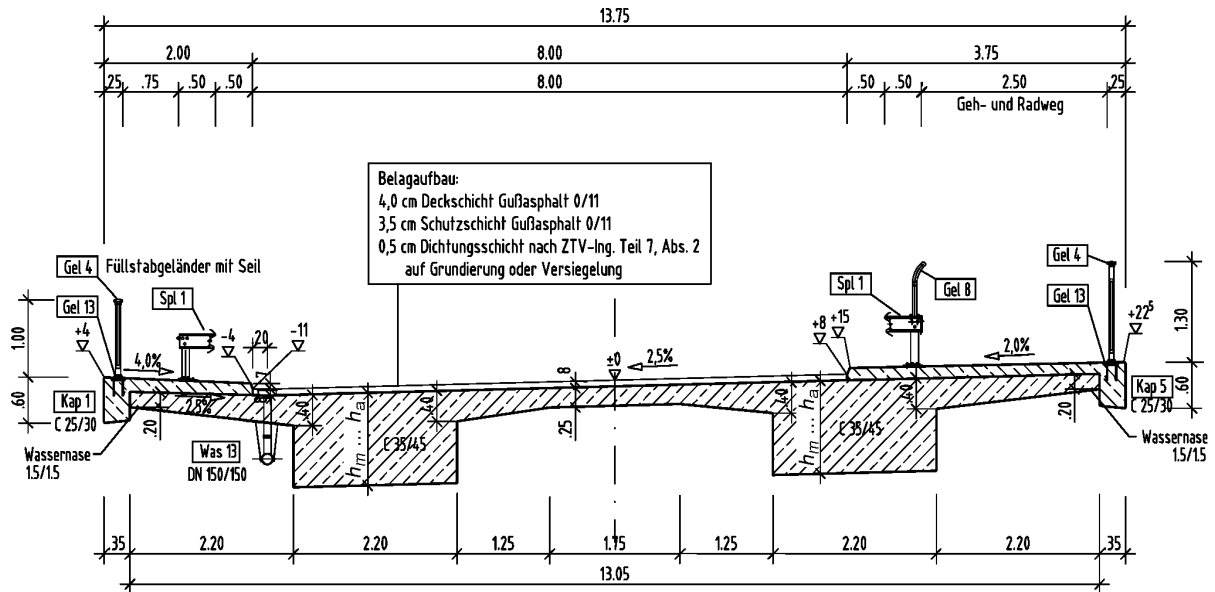



Bild 2 Querschnitt

Der Überbau besitzt einen zweistufigen Plattenbalkenquerschnitt mit jeweils 2,20 m Stegbreite und einer Konstruktionshöhe von 1,20 m in Feldmitte bis 2,80 m in den Widerlagerachsen. Die Widerlagerwände mit Rechteckquerschnitt besitzen eine Gesamtbreite von 12,01 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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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, XD2, 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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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, XD2, 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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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.


Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	III Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, ...	Seite: 2
Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

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.
- [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.
- [8] *Dix, J.*: Betongelenke unter oftmals wiederholter Druck- und Biegebeanspruchung. DAFStb (Hrsg.), Heft 150 der Schriftenreihe. Beuth, Berlin 1962.
- [9] *Leonhardt, F. und Reimann, H.*: Betongelenke. Versuchsbericht, Vorschläge zur Bemessung und konstruktiven Ausbildung. DAFStb (Hrsg.), Heft 175 der Schriftenreihe. Beuth, Berlin 1965.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	III	Technische Vorschriften, Gutachten, Literatur, ...	Seite: 3
Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006


- [10] *Franz, G. und Fein, H.-D.*: Betongelenke unter wiederholten Gelenkverdrehungen. DAfStb (Hrsg.), Heft 200 der Schriftenreihe. Beuth, Berlin 1968.
- [11] *Leonhardt, F. und Mönnig, E.*: Vorlesungen über Massivbau, Teil 2: Sonderfälle der Bemessung im Stahlbetonbau, 3. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg 1986.
- [12] *Leonhardt, F. und Mönnig, E.*: Vorlesungen über Massivbau, Teil 3: Grundlagen zum Bewehren im Stahlbetonbau, 3. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg 1977.
- [13] *Herzog, M.*: Die wirkliche Tragfähigkeit von Betongelenken. Bauingenieur 53 (1978), S. 255-261. Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf 1978.
- [14] *Maurer, R., Tue, N. V., Haveresch, K.-H. und Arnold, A.*: Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten bei dicken Wänden. Bauingenieur 80 (2005), S. 479-485. Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf 2005.

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: 4
Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

V Gesamtbauwerk

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Einführung

Die als Muster-Beispiel untersuchte Straßenbrücke im Zuge einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26 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

Im Rahmen dieser Voruntersuchung wird der zweistegige Plattenbalkenquerschnitt auf Grund seiner Symmetrie nur zur Hälfte, als einsteiger Plattenbalken, abgebildet. Maßgebend ist die Seite mit der Kappenausbildung gemäß RIZ-ING Kap 1, da die zugehörige Belastung aus der Querverteilung für diese Seite maximal ist. Der Fahrstreifen 1 hat in ungünstigster Lage noch eine kleine Ausmitte von 0,15 m bezogen auf die Stegachse.

Integrale Bauwerke müssen als Gesamttragwerk abgebildet werden. Im vorliegenden Fall wird am Fußpunkt der Rahmenstiele bzw. Widerlagerwände je ein Betongelenk ausgebildet (Bild 1.1). Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich der Stiel relativ zum Fundament verdrehen kann. Dadurch wirkt sich eine elastische Einspannung des Fundaments in den Boden nicht auf die Bemessung des Rahmens aus. Die Flügelwände sind ausschließlich in das Fundament eingespannt und von der Widerlagerwand durch eine Fuge getrennt (Bild 1.2).

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

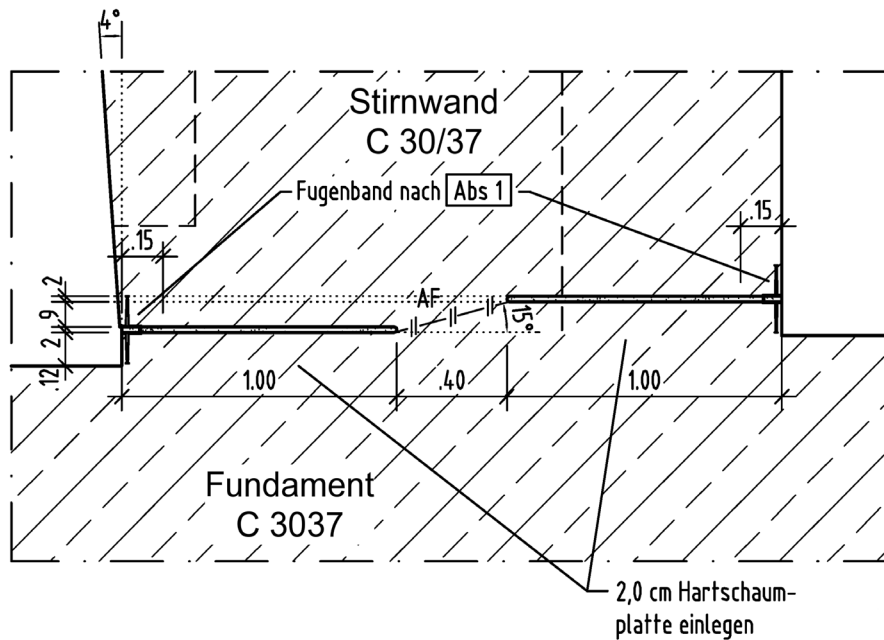


Bild 1.1 Detail Betongelenk

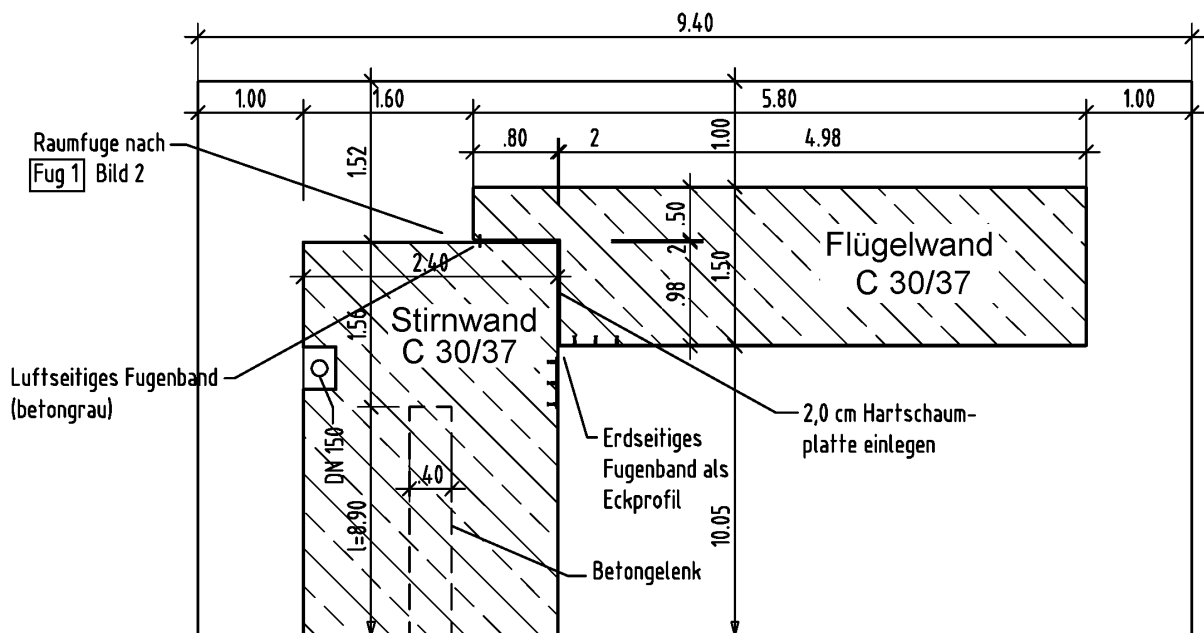



Bild 1.2 Grundriss Widerlager

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

Das statische System wird für die SOFiSTiK-Berechnung vereinfachend ohne Fundamentplatte, d.h. bis zum Betongelenk am Wandfuß abgebildet. Die Bemessung der Fundamentplatte einschließlich der auskragenden Flügelwände erfolgt separat. Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Hinterfüllung 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 dem Abschnitt V.2.3 als Einwirkungen behandelt. Die Nachgiebigkeit der Gründung kann über Bodenfedern abgebildet werden.

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 1.3). Die anschließenden Stäbe 1000 und 1011 dienen als Koppelstäbe und zum Aufnehmen von Verkehrslasten im Bereich der Stiele.

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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 3
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

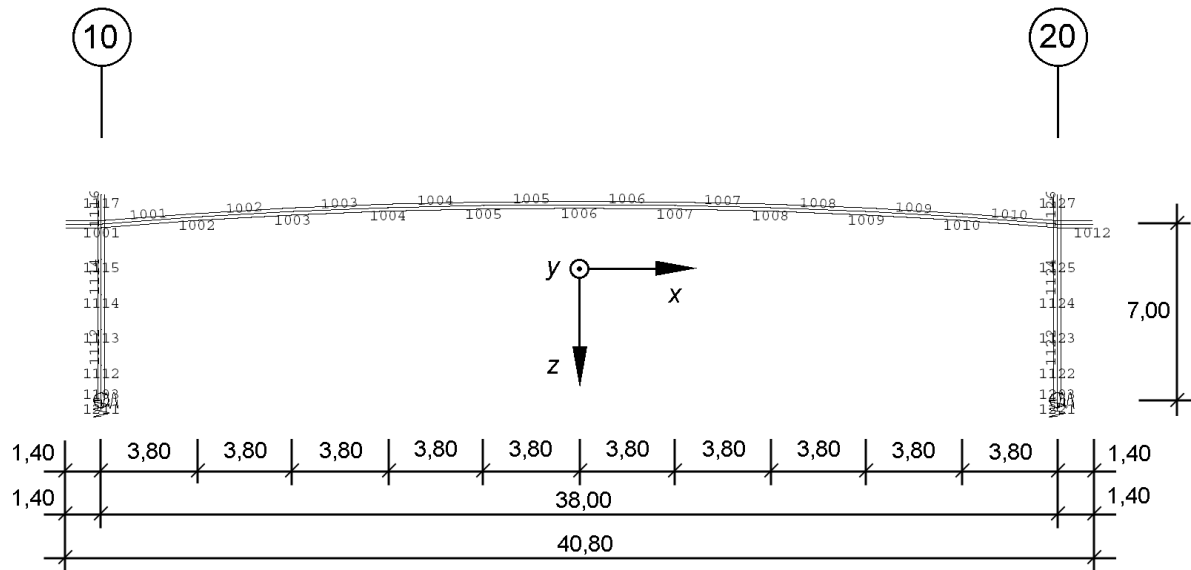



Bild 1.3 Statisches System, Ansicht

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

KNOTENKOORDINATEN

Nummer	X [m]	Y [m]	Z [m]
1000	33.963	0.000	-126.194
1001	35.363	0.000	-126.199
1002	39.163	0.000	-126.484
1003	42.963	0.000	-126.701
1004	46.763	0.000	-126.851
1005	50.563	0.000	-126.938
1006	54.363	0.000	-126.966
1007	58.163	0.000	-126.938
1008	61.963	0.000	-126.851
1009	65.763	0.000	-126.701
1010	69.563	0.000	-126.484
1011	73.363	0.000	-126.199
1012	74.763	0.000	-126.194
1111	35.363	0.000	-119.199
1112	35.363	0.000	-120.599
1113	35.363	0.000	-121.999
1114	35.363	0.000	-123.399
1115	35.363	0.000	-124.799
1001	35.363	0.000	-126.199
1117	35.363	0.000	-127.378

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 4
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

1121	73.363	0.000	-119.199
1122	73.363	0.000	-120.599
1123	73.363	0.000	-121.999
1124	73.363	0.000	-123.399
1125	73.363	0.000	-124.799
1011	73.363	0.000	-126.199
1127	73.363	0.000	-127.378
1211	35.363	0.000	-119.199
1221	73.363	0.000	-119.199

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. Es werden in SOFiSTiK nur horizontale und vertikale Federn modelliert. Auf Grund des Betongelenks hat eine Drehfeder für die Fundamentplatte keinen Einfluss auf die Bemessung des Rahmens. Da es sich bei der vorliegenden Berechnung um ein Musterbeispiel handelt, werden folgende Grenzwerte für locker bis dicht gelagerten Sand angesetzt [6]:

zulässige Sohlnormalspannung $\sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2$
Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 35^\circ$

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.

$$c_{fz,inf} \approx c_{fz,sup} = \frac{4,3 \text{ m} \cdot 6,475 \text{ m} \cdot 350 \text{ kN/m}^2}{0,015 \text{ m}} = 0,65 \cdot 10^6 \text{ kN/m}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 5
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006	

Die horizontale Festhalterung c_{fx} der Gründung wird im System mit dem oberen Grenzwert der Steifigkeit $c_{fx,sup}$ über eine annähernd starre Lagerung abgebildet. Die untere Grenze der Steifigkeit wird nicht über eine Feder $c_{fx,inf}$, 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).

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	1103	1211		0.000	0.000	1.000	6.497E+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	1203	1221		0.000	0.000	1.000	6.497E+05		

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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 6
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

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 $f_c = \alpha \cdot f_{ck}$).

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/m3]	5 % Zugfestigk. f_{ctk}	2.03 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	25.0 [kN/m3]	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/m3]	5 % Zugfestigk. f_{ctk}	2.25 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	25.0 [kN/m3]	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/m3]	Druckfestigkeit f_c	550.00 [MPa]
Wichte Auftrieb	ga	78.5 [kN/m3]	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: 7
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

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	ga	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]

1.4 Querschnitte

Die Überbauquerschnitte werden als polygonale Querschnitte abgebildet. Dabei wird die Querneigung vernachlässigt. Entsprechend der Stabteilung nach Bild 1.3 werden insgesamt sechs Überbauquerschnitte benötigt. Die zugehörigen Querschnittshöhen sind in Tabelle 1.1 zusammengefasst. Die Widerlager erhalten Rechteckquerschnitte mit den jeweils zutreffenden Abmessungen.

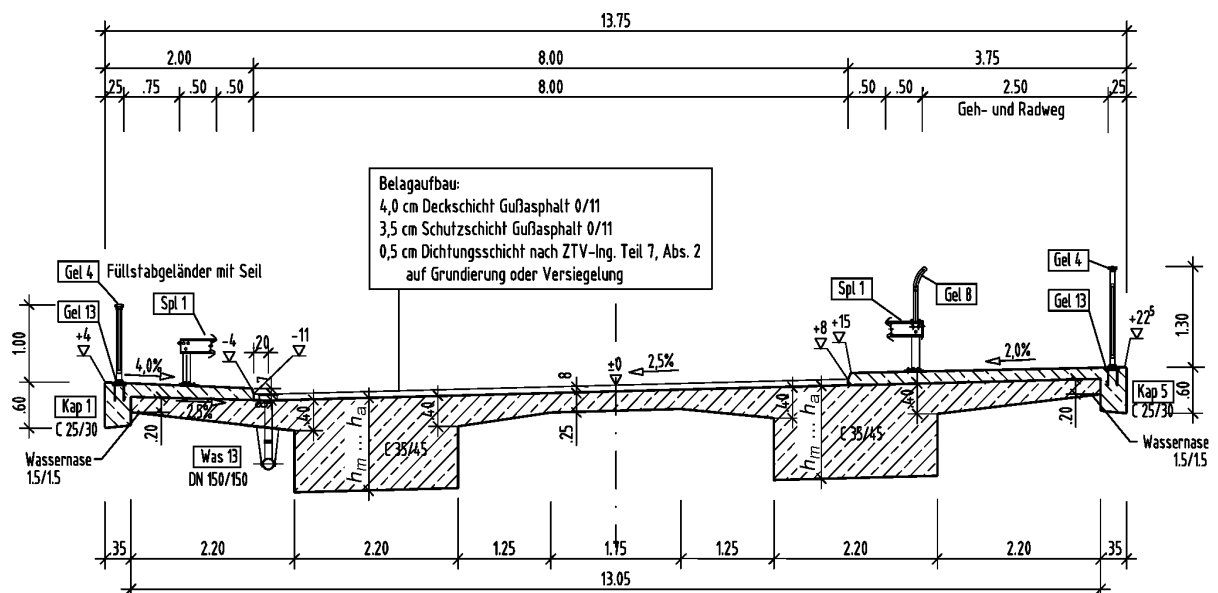


Bild 1.4 Überbauquerschnitt

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen	Seite: 8
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26		Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:

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 1.5 zeigt das Gesamtsystem mit Querschnitten, Federn und Knotennummern.

QUERSCHNITTSWERTE

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	3.9250E+00		5.005E-01	-0.017	-0.033	29878	98.12
	5	9.054E-01		7.077E+00 -2.055E-02	0.454	0.501	12449	
2	4	4.0658E+00		5.829E-01	-0.018	-0.034	29878	101.65
	5	1.022E+00		7.134E+00 -2.272E-02	0.481	0.518	12449	
3	4	4.4882E+00		8.800E-01	-0.020	-0.035	29878	112.21
	5	1.411E+00		7.304E+00 -2.936E-02	0.564	0.567	12449	
4	4	5.1922E+00		1.560E+00	-0.022	-0.037	29878	129.80
	5	2.181E+00		7.588E+00 -4.083E-02	0.706	0.642	12449	
5	4	6.1778E+00		2.963E+00	-0.024	-0.038	29878	154.44
	5	3.450E+00		7.986E+00 -5.740E-02	0.913	0.739	12449	
6	4	7.4450E+00		5.688E+00	-0.027	-0.039	29878	186.12
	5	5.282E+00		8.497E+00 -7.927E-02	1.185	0.864	12449	

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 9
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

7	=	B/H = 547.5 / 240 cm					
	=	(D-As 14 / 14 cm)					
3		1.3140E+01	6.307E+00	0.000	0.000	28309	328.50
5		1.806E+01	3.282E+01	0.000	0.000	11796	
8	=	B/H = 547.5 / 260 cm					
	=	(D-As 14 / 14 cm)					
3		1.4235E+01	8.019E+00	0.000	0.000	28309	355.88
5		2.238E+01	3.556E+01	0.000	0.000	11796	
9	=	B/H = 547.5 / 280 cm					
	=	(D-As 14 / 14 cm)					
3		1.5330E+01	1.002E+01	0.000	0.000	28309	383.25
5		2.717E+01	3.829E+01	0.000	0.000	11796	
10	=	B/H = 547.5 / 240 cm					
	=	(D-As 14 / 14 cm)					
3		1.3140E+01	6.307E+00	0.000	0.000	28309	328.50
5		1.806E+01	3.282E+01	0.000	0.000	11796	
11	6	7.4450E+00	5.688E+00	-0.027	-0.039	29878	0.00
	5	5.282E+00	8.497E+00	1.185	0.864	12449	
			-7.927E-02				

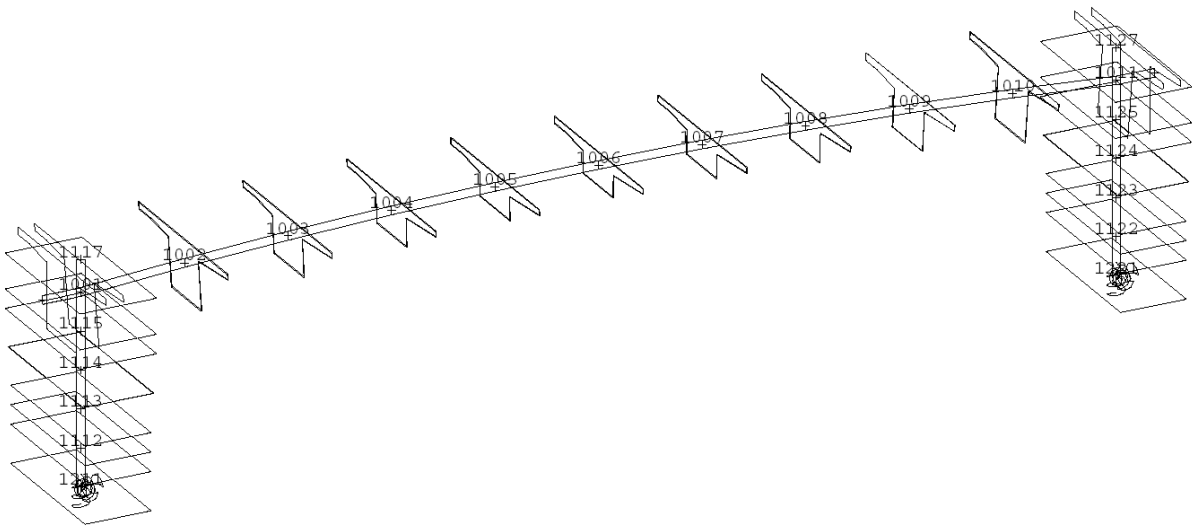



Bild 1.5 Statisches System mit Querschnitten, Isometrie

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.1 Berechnungsgrundlagen	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Als Ausgangswert für die Bemessung in den Grenzzuständen wird eine Grundbewehrung vorgesehen. Sie entspricht der Mindestbewehrung nach DIN-Fachbericht 102, Tabelle 5.7, wobei $\min a_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\emptyset 10 - 20$) nicht unterschritten werden darf. Eine Mindestoberflächenbewehrung über $\min a_s = 13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($\emptyset 16 - 15$) 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).

Tabelle 1.2 Betondeckung

Bauteil	min c	nom c	h - d
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	h [m]	min ρ [%]	b_w [m]	min $A_{s,u}$ [cm ²]	min $A_{s,o}$ [cm ²]
1	1,200	0,102	2,200	26,9	26,9
2	1,264	0,102	2,200	28,4	28,4
3	1,456	0,102	2,200	29,5	29,5
4	1,776	0,102	2,200	29,5	29,5
5	2,224	0,102	2,200	29,5	29,5
6	2,800	0,102	2,200	29,5	29,5
7	2,400	0,093	5,475	73,4	73,4
8	2,600	0,093	5,475	73,4	73,4
9	2,800	0,093	5,475	73,4	73,4
10	2,400	0,093	5,475	73,4	73,4

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 11
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 1.4 Mindestquerkraftbewehrung

Querschnitt	b_w [m]	min ρ_w [%]	min $a_{s,w}$ [cm ² /m]
1 - 6	2,200	0,102	22,44
7 - 10	5,475	0,093	50,92

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.1	Berechnungsgrundlagen		Seite: 12
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

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.


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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 1
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Die zugehörigen Lastvorgaben in STAR2 lauten:

```
LASTFALL 1 (G1 ) G1-weich
Faktor P und M Lasten 1.000
Faktor Eigengewicht EG-ZZ 1.000
```

```
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
```

2.2 Zusatzeigengewicht

Für eine Belagsdicke von ca. 8 cm und einer anteiligen Fahrbahnbreite von 4,90 m ergibt sich ein Zusatzeigengewicht von:

$$g_{2, \text{Belag}} = 4,90 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 24,0 \text{ kN/m}^3 = 9,41 \text{ kN/m}$$

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:

$$g_{2, \text{Mehreinbau}} = 4,90 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ kN/m}^2 = 2,45 \text{ kN/m}$$

Für Geländer und Distanzschutzplanken ergibt sich:


$$g_{2, \text{Gel. + Schutzplanke}} = 1,0 \text{ kN/m} + 0,50 \text{ kN/m} = 1,50 \text{ kN/m}$$

Das Eigengewicht der Kappe (Kap 1) berechnet sich zu:

$$g_{2, \text{Kappe}} = 0,43 \text{ m}^2 \cdot 25,0 \text{ kN/m}^3 = 10,75 \text{ kN/m}$$

Die zugehörigen Schnittgrößen werden unter LF 2 (weiche Gründung) und LF 102 (steife Gründung) berechnet. Die allgemein programmierte Eingabedatei für Rahmenbrücken trennt konsequent die Berechnung mit weicher und steifer Gründung. Im Fall dieser Musterberechnung am Rahmen mit Betongelenken unterscheiden sich jedoch nur die Lastfälle 1 und 101. Alternativ kann die Berechnung daher auch am System mit starrer Lagerung

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 2
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

durchgeführt werden, wenn die horizontale Nachgiebigkeit der Rahmenfußpunkte durch einen zusätzlichen Lastfall Auflagerverschiebung erfasst wird.

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 Erdruchedruck $E_0(z)$ wird in Abhängigkeit von der Wandverschiebung $s_h(z)$ der mobilisierte Erddruck getrennt für positive (luftseitige) und negative (erdseitige) Wandbewegungen ermittelt. Als Verschiebungsfigur wird eine Drehung der Widerlagerwände um den Wandfußpunkt (Betongelenk) angenommen. Die maximale Kopfverschiebung ergibt sich aus der Längenänderung des Überbaus infolge von Temperaturänderung $\Delta T_N = \pm 27$ K (siehe Abschnitt V.2.9). Die Zwischenwerte können linear interpoliert werden. Die benötigten Erddruckbeiwerte sind in Tabelle 2.2 zusammengestellt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 3
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

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]

$$\max s_h = 27 \text{ K} \cdot 38,00 \text{ m} / 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} / \text{K} = 0,0051 \text{ m} \quad \text{für: } \Delta T_{N,neg} = -27 \text{ K}$$

$$\min s_h = -27 \text{ K} \cdot 38,00 \text{ m} / 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} / \text{K} = -0,0051 \text{ m} \quad \text{für: } \Delta T_{N,pos} = 27 \text{ K}$$

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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

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	0,0051	–	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,179	0,14	0,0044	3,72	2,37	6,0	53,2	-3,6	9,6	43,5
2,579	0,32	0,0035	1,36	1,29	13,2	63,1	-7,8	21,1	42,1
3,979	0,49	0,0026	0,66	0,87	20,4	66,1	-12,1	32,5	33,6
5,379	0,66	0,0018	0,33	0,66	27,6	67,1	-16,4	43,9	23,1
6,779	0,83	0,0009	0,13	0,52	34,8	67,2	-20,6	55,4	11,8
8,179	1,00	0	0	0,43	42,0	66,8	-24,9	66,8	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.

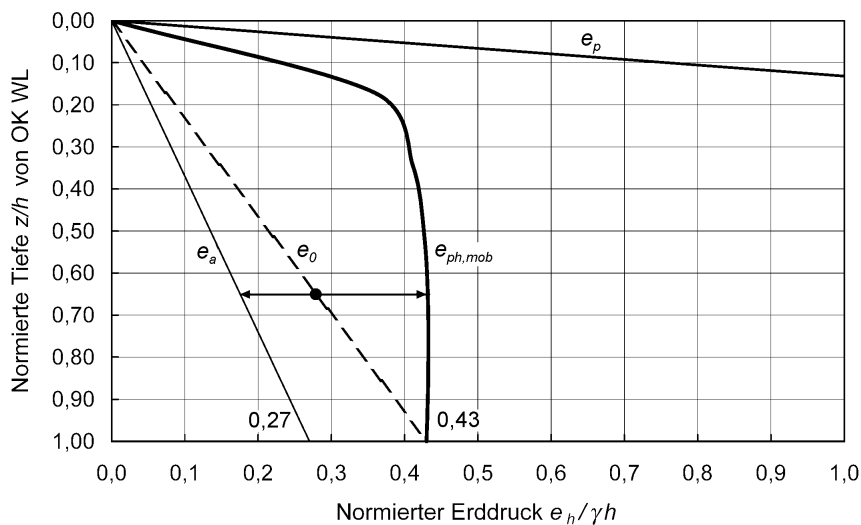


Bild 2.1 Normierter Erddruck $e_{ph} / \gamma h = K_{ph,mob} \cdot z/h$ aus der Hinterfüllung

Der Erddruck 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 Erddruck $e_{ph,mob} - e_0$ wird unter den Lastfällen 13 bzw. 113 berechnet. Sie wird der Erwärmung $\Delta T_{N,pos}$ zugeordnet (Sommerstellung). Die

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Seite: 5	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen		
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

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 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 $w = 8,00$ m ergeben sich nach FB 101, IV-4.2.3 zwei Fahrstreifen mit einer rechnerischen Breite von $w_l = 3,00$ m und eine Breite von 2,00 m für die Restfläche.

Für das Lastmodell 1 sind folgende Lasten anzusetzen (siehe Bild 2.2):

Fahrstreifen 1:

Doppelachse (TS) mit einer Achslast von	$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}$	=	$0,8 \cdot 300 \text{ kN}$	=	240 kN
Gleichmäßig verteilte Last (UDL)	$\alpha_{q1} \cdot q_{1k}$	=	$1,0 \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2$	=	9,0 kN/m ²

Fahrstreifen 2:

Doppelachse (TS) mit einer Achslast von	$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k}$	=	$0,8 \cdot 200 \text{ kN}$	=	160 kN
Gleichmäßig verteilte Last (UDL)	$\alpha_{q2} \cdot q_{2k}$	=	$1,0 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2$	=	2,5 kN/m ²

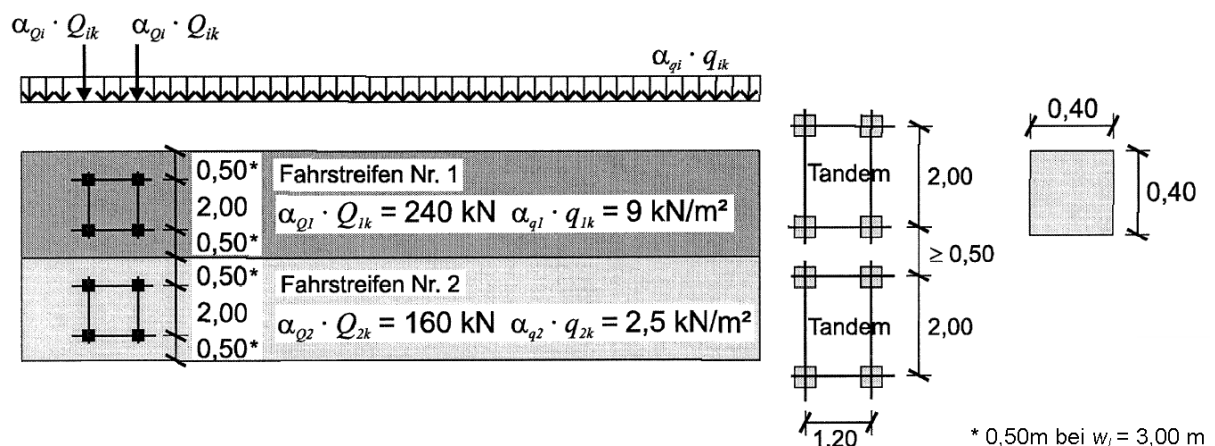



Bild 2.2 Lastansatz für Lastmodell 1 nach FB 101, IV-4.3.2

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 6
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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

Aus der Berechnung der Querverteilung (Träger auf zwei Stützen) ergibt sich für den maßgebenden Steg:

$$Q_{TS, \text{Steg}} = 334,9 \text{ kN (je Achse)}$$

$$q_{UDL, \text{Steg}} = 38,8 \text{ kN/m}$$

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
$

```

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 7
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26		Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:

```

LF 26 1.0 0. 0. 0. TS6
EL 1005          PZ  $(QTS)  0
   1005          PZ  $(QTS)  1.2
$
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)
$

```

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:	
Block:	V.2 Einwirkungen		Seite: 8
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

LF 45 1.0 0. 0. 0. qk5
GL (1006 1008 1) PZ \$(qud1)
\$
LF 46 1.0 0. 0. 0. qk6
GL 1009 PZ \$(qud1)
\$
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):

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot (2 \cdot 300 \text{ kN}) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,00 \text{ m} \cdot 40,40 \text{ m} = 397 \text{ kN}$$

2.5 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 einer Bundesstraße ist nach FB 101 der Verkehrskategorie 2 zuzuordnen. Daraus ergibt sich nach FB 101, Tabelle 4.5 der Zahlenwert $N_{obs} = 0,5 \cdot 10^6$ für die erwartete Anzahl von LKW-Überfahrten pro LKW-Fahrstreifen und Jahr. Auf dem zweiten Fahrstreifen wird ebenfalls LKW-Verkehr angesetzt. Die Vorgaben zum Ermüdungsnachweis sind in Tabelle 2.4 und Bild 2.3 zusammengestellt. Die rechnerische Nutzungsdauer für den Nachweis der Ermüdung beträgt $N_{years} = 100$ Jahre.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26		Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:

Tabelle 2.4 Vorgaben zum Ermüdungsnachweis

	Q_{ik}	$N_{obs,i}$
Fahrstreifen 1	480 kN	$0,5 \cdot 10^6$
Fahrstreifen 2	480 kN	$0,5 \cdot 10^6$
Verkehrsart	große Entfernung ($\bar{Q} = 1,00$)	
Nutzungsdauer	$N_{years} = 100$	

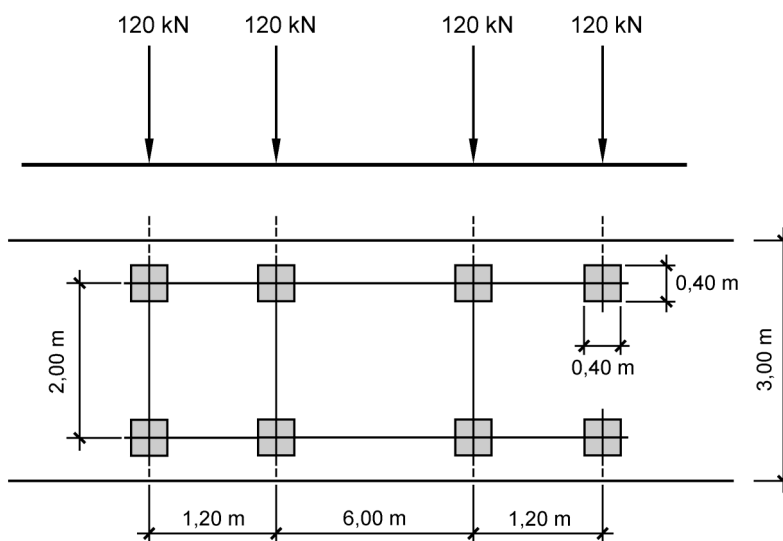


Bild 2.3 Lastansatz für das Ermüdungslastmodell 3 nach FB 101, IV-4.6.4

2.6 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 2.5 anzusetzen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Seite: 10	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen		
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	
		Datum: 11.04.2006

Tabelle 2.5 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


Die Widerlagerwand wird analog zum Überbauquerschnitt ebenfalls nur zur Hälfte abgebildet. Aus diesem Grund werden die in Tabelle 2.5 aufgeführten Lasten vereinfacht mit dem Quereinflussfaktor des Überbaus abgemindert.

2.7 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.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:	
Block:	V.2 Einwirkungen		Seite: 11
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

2.8 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 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):

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.2 Einwirkungen	Seite: 12
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

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:

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

2.9 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 2.6 zusammengestellt.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.2	Einwirkungen		Seite: 13
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 2.6 Windlasten auf den Überbau

Querschnitt	d [m]	b/d [-]	w [kN/m ²]	w [kN/m]
1	1,350	4,91	1,90	2,57
2	1,414	4,69	1,90	2,69
3	1,606	4,13	1,90	3,05
4	1,926	3,44	2,16	4,16
5	2,374	2,79	2,45	5,82
6	2,950	2,25	2,70	7,97

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: 14
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	
		Datum: 11.04.2006

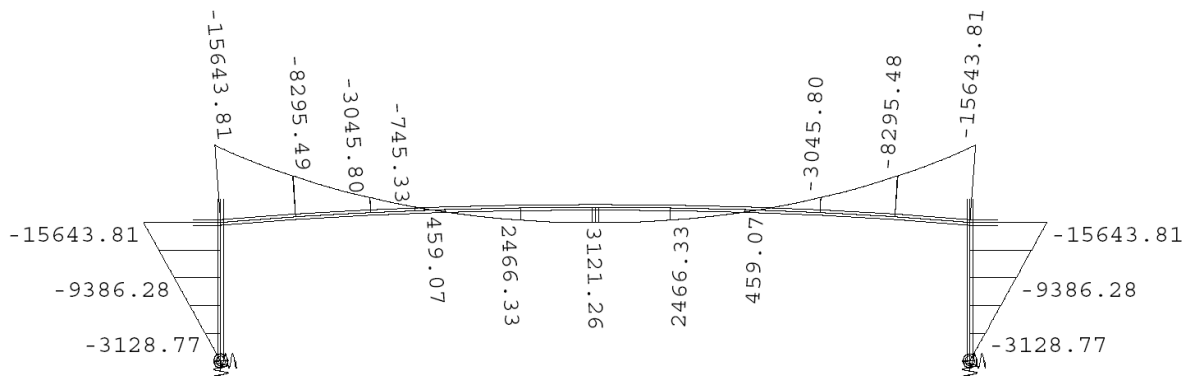
3 Schnittgrößen

3.1 Schnittgrößen der Grundlastfälle

Die Schnittgrößen der wichtigsten Grundlastfälle aus Block V.2 sind im Folgenden dargestellt. Für die Bemessung sind dabei vor allem die Normalkraft N , das Biegemoment M_y und die Querkraft V_z von Interesse. Bei veränderlichen Einwirkungen aus Verkehr und Temperatur mit mobilisiertem Erddruck werden dabei jeweils die Grenzlinien der minimalen und maximalen Werte aufbereitet.

Die folgenden Bilder zeigen die Schnittgrößen der einzelnen Lastfälle für die steife Gründung. Die parallel ermittelten Schnittgrößen für die weiche Gründung sind in die Bemessung des Tragwerks eingeflossen, werden aber aufgrund der geringen Abweichungen im vorliegenden Fall nicht dargestellt.

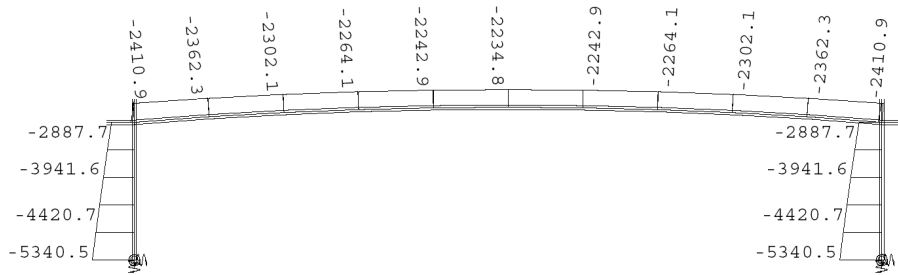
3.1.1 Eigengewicht der Konstruktion



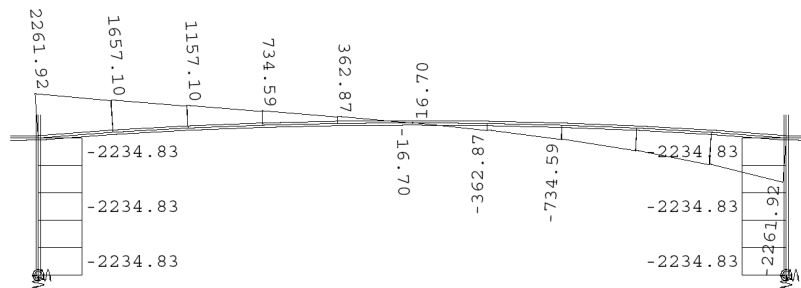
LF 101 Eigengewicht der Konstruktion steife Gründung M_y [kNm]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Seite: 1	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen		
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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

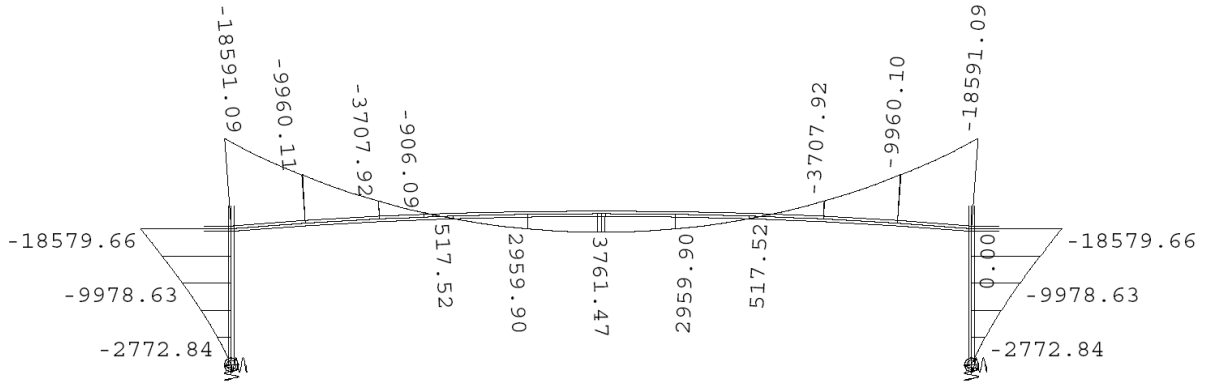
Zu den ständigen Einwirkungen zählt neben den Eigengewichtslastfällen 1 und 2 auch der Erddruck aus dem Eigengewicht der Hinterfüllung (LF 11) für den Fall $s_h = 0$. Folgende Kombinationen werden gespeichert:

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

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

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

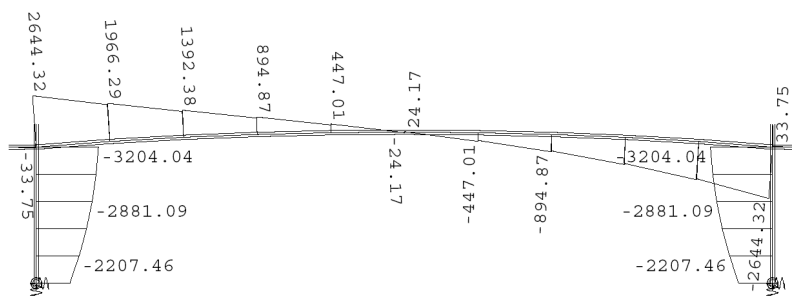
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung M_y [kNm]



LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung N [kN]

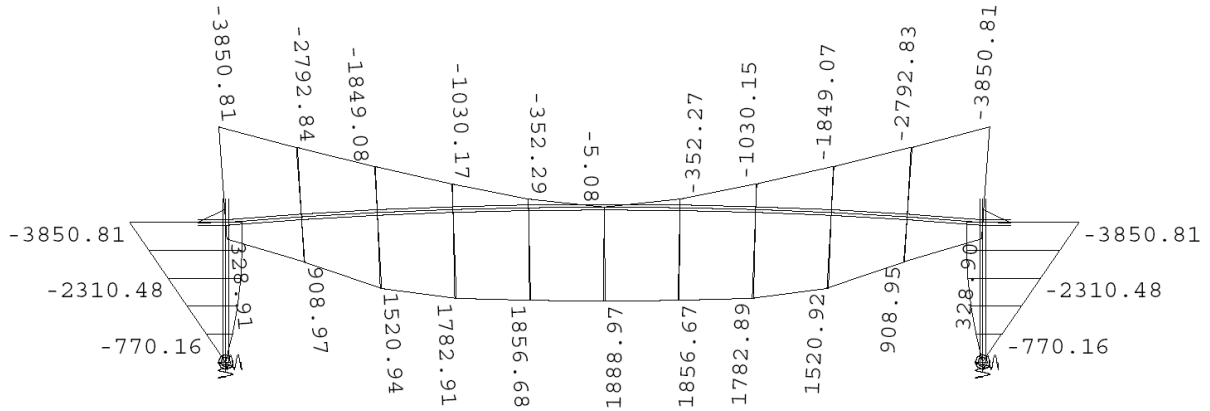


LF 191 Ständige Einwirkungen steife Gründung V_z [kN]

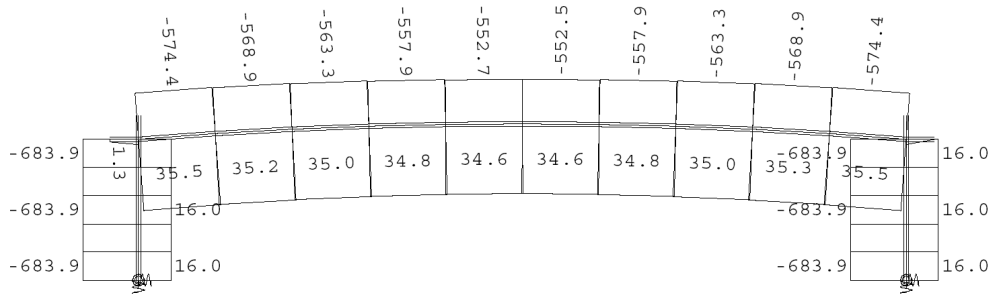
Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 3
Vorgang:	Anlage 2 zum Bericht vom 11.04.2006	

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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

3.1.3 Grenzschnittgrößen aus Verkehr



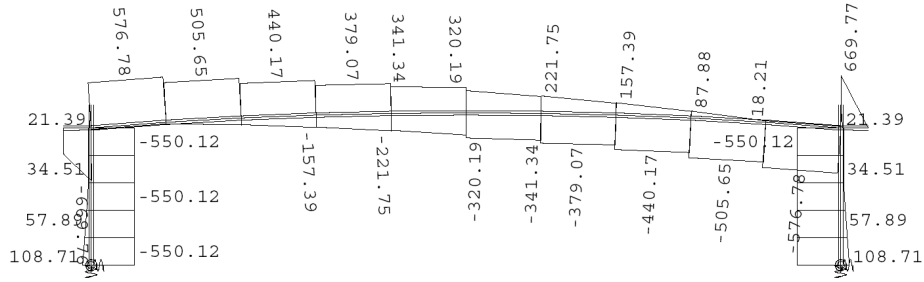
LF 701	Verkehr Q_{TS}	steife Gründung	max M_y [kNm]
LF 702	Verkehr Q_{TS}	steife Gründung	min M_y [kNm]



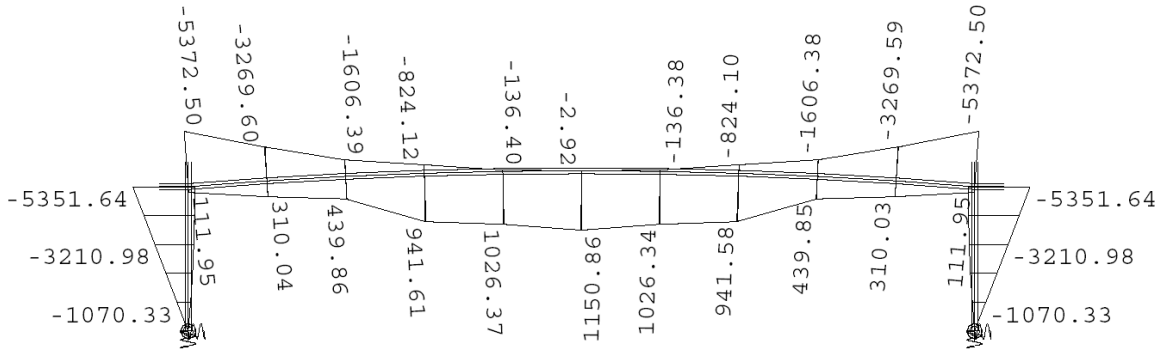
LF 703	Verkehr Q_{TS}	steife Gründung	max N [kN]
LF 704	Verkehr Q_{TS}	steife Gründung	min N [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 4
Vorgang:	Anlage 2 zum Bericht vom 11.04.2006	

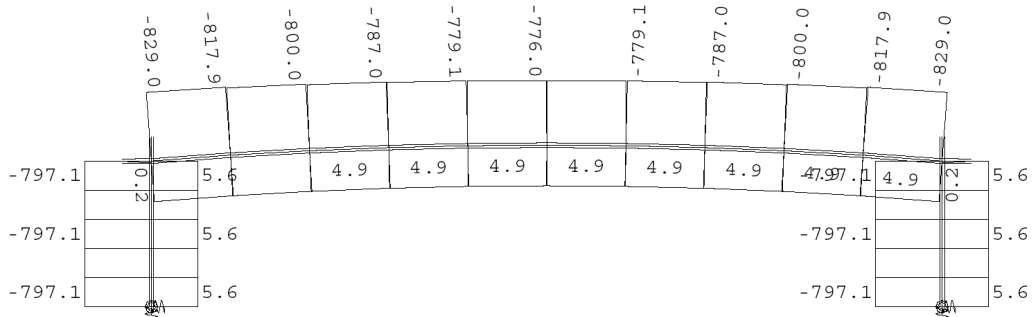
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



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



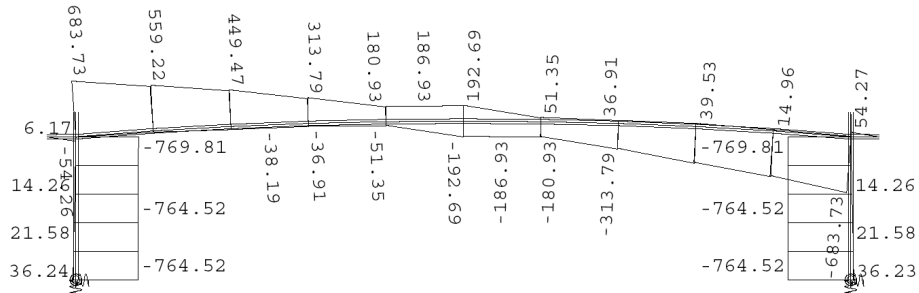
LF 707 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max M_y [kNm]
 LF 708 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung min M_y [kNm]



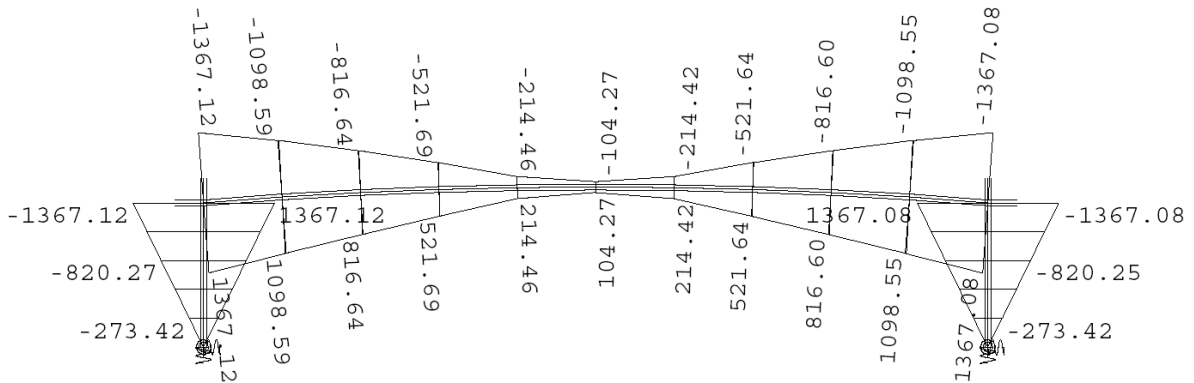
LF 709 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max N [kN]
 LF 710 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung min N [kN]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006



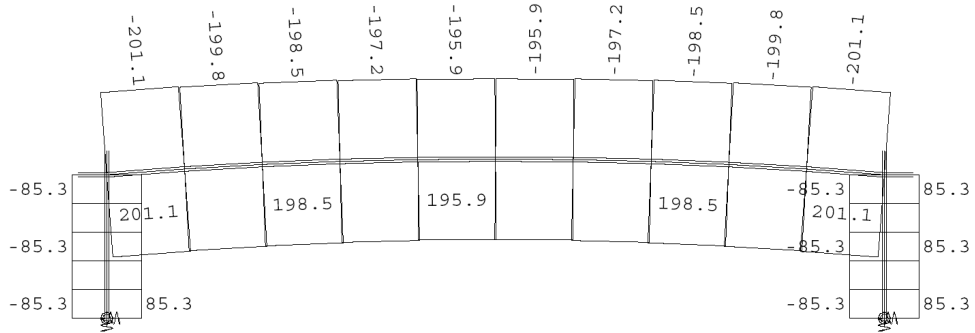
- LF 711 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max V_z [kN]
 LF 712 Verkehr Q_{UDL} steife Gründung max V_z [kN]



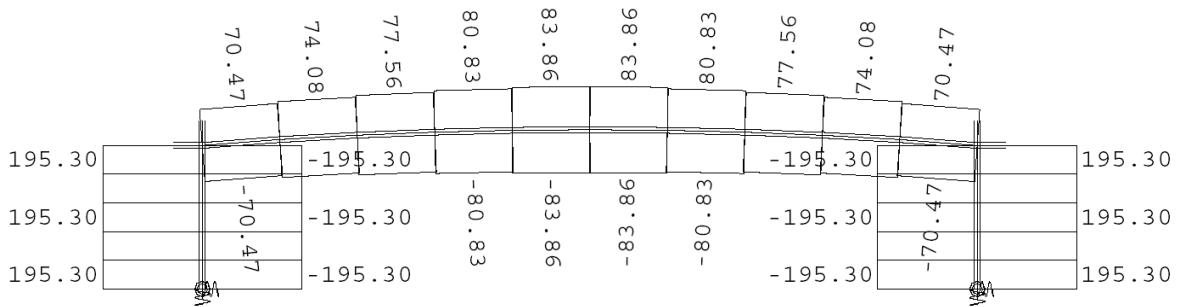
- LF 713 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max M_y [kNm]
 LF 714 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung min M_y [kNm]

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.3	Schnittgrößen	Seite: 6
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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]

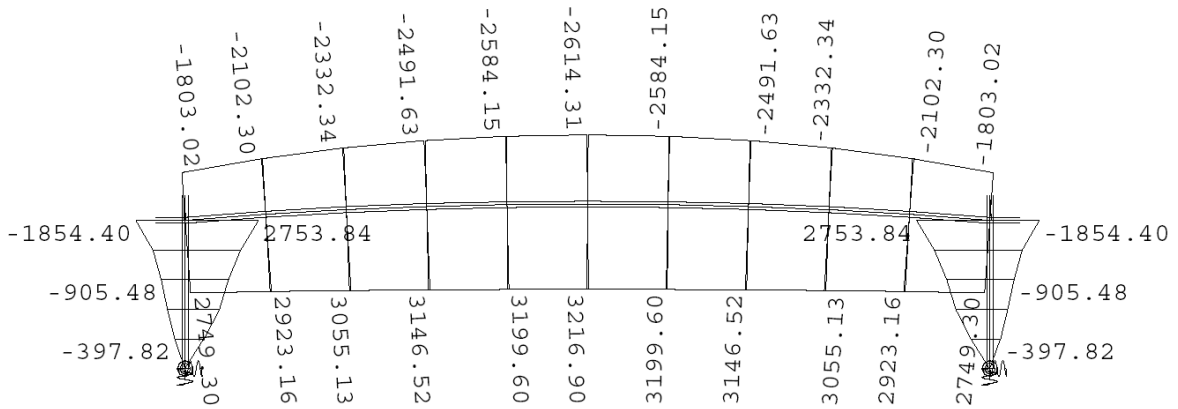


- LF 717 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max V_z [kN]
 LF 718 Verkehr Q_{lk} (Bremsen) steife Gründung max V_z [kN]

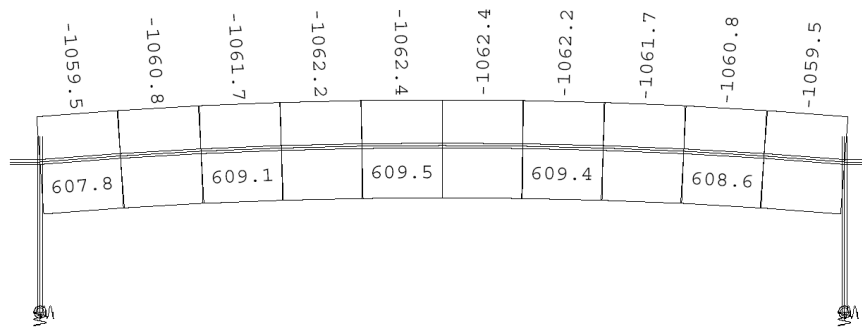
Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 7
Vorgang:	Anlage 2 zum Bericht vom 11.04.2006	

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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

3.1.4 Grenzschnittgrößen aus Temperatur und mobilisiertem Erddruck



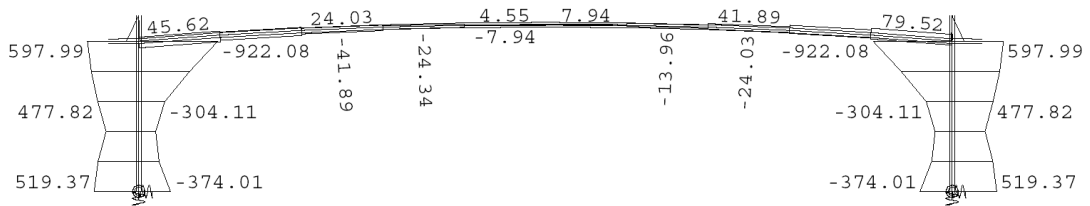
LF 719	Temperatur und mobil. Erddruck	steife Gründung	max M_y [kNm]
LF 720	Temperatur und mobil. Erddruck	steife Gründung	min M_y [kNm]



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: 8
Vorgang:	Anlage 2 zum Bericht vom 11.04.2006	

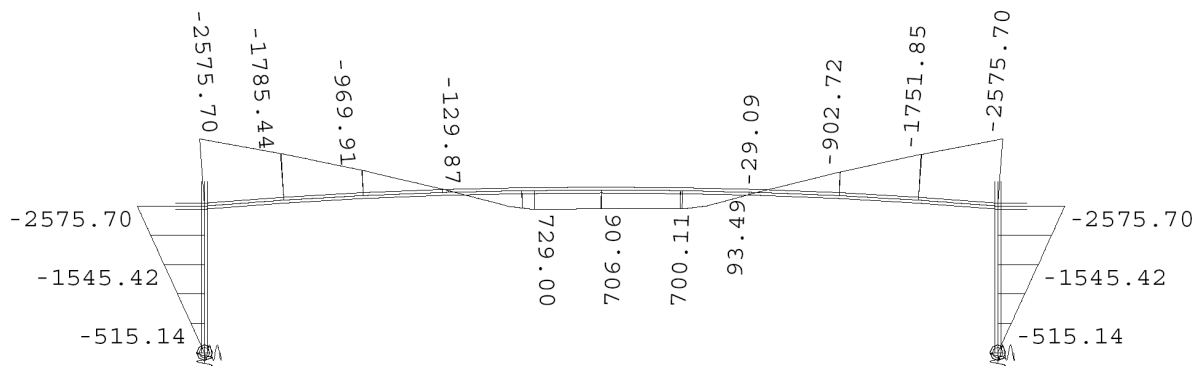
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006



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

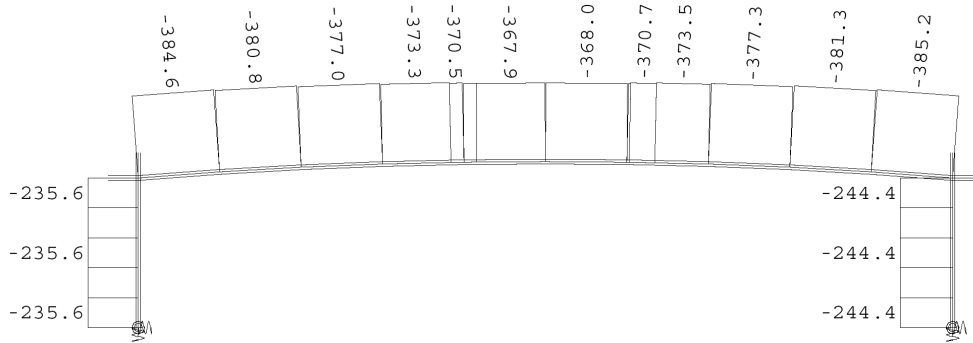
Der Nachweis der Ermüdung wird im Rahmen dieser Vorstatik exemplarisch nur für die gewählte Muffenverbindung der Bewehrung in der Rahmenecke geführt. Hierfür wurde das Ermüdungslastmodell in ungünstigster Stellung (ca. Feldmitte) angesetzt und die zugehörigen Schnittgrößen ermittelt (LF 99 bzw. 199).



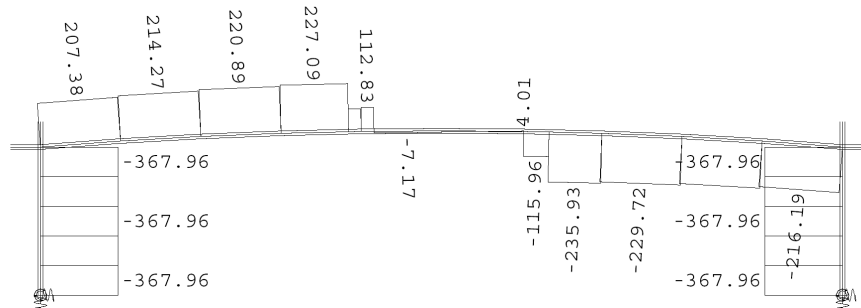
LF 199	ELM 3 (ungünstigste Stellung)	steife Gründung	M_y [kNm]
--------	-------------------------------	-----------------	-------------

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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]


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:

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

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006	

Nicht-häufige Kombinationen:

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

Häufige Kombinationen:

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

Quasi-ständige Kombination:

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


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

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.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 11
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006	

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.

Tabelle 3.2 Einwirkungskombinationen für veränderliche Einwirkungen im GZG

Einwirkungskombination	Kombinationsmöglichkeit	Q_{TS} <i>gr 1</i>	Q_{UDL} <i>gr 1</i>	Q_{lk} <i>gr 2</i>	Q_{tk} <i>gr 2</i>	T_k	F_{Wk}	Veränderliche Leiteinwirkung
selten	1	1,00	1,00	0	0	0,80	0	Verkehr <i>gr 1</i>
	2	1,00	1,00	0	0	0	0,30	Verkehr <i>gr 1</i>
	3	0,75	0,40	1,00	1,00	0,80	0	Verkehr <i>gr 2</i>
	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 <i>gr 1</i>
	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 <i>gr 1</i>
	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.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.3	Schnittgrößen		Seite: 12
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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:

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

- b) Kombinationen für außergewöhnliche Bemessungssituationen:

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

- c) Kombinationen für die Bemessungssituationen infolge Erdbeben:

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

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: 13
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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: 14
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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: 15
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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
- 13 E2 mobilisierter Erddruck bei Ausdehnung, erdseitig - E0
- 14 E3 aktiver Erddruck bei Abkühlung + k + s, erdseitig - E0
- 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
- 74 grT4
- 75 grT5

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 16
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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: 17
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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: 18
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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=0.20mm 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=0.20mm für steife Gründung
LFB 10 erf. Maximalbewehrung (aus LFB 2 bis 7 überlagert)

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.3 Schnittgrößen	Seite: 19
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	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 angesetzten 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 für die steife Gründung (LF 191 + LF 896).

$$\begin{aligned} \min R_{t,d} &= N_k \cdot \tan \varphi'_k / \gamma_{GI} &= (5833 \text{ kN} + 8634 \text{ kN}) \cdot \tan 35^\circ / 1,10 &= 9209 \text{ kN} \\ \max T_d &= T_{G,k} \cdot \gamma_G + T_{Q,k} \cdot \gamma_Q &= 1739 \text{ kN} \cdot 1,35 + 1882 \text{ kN} \cdot 1,50 &= 5171 \text{ kN} \end{aligned}$$


$$T_d = 5171 \text{ kN} < 9209 \text{ kN} = R_{t,d}$$

Dabei wurden folgende Eingangsgrößen verwendet:

$$\begin{aligned} N_{k,1} &= 5833 \text{ kN aus ständigen Lasten Überbau und Widerlager (LF 191, steife Gründung)} \\ N_{k,2} &= 8634 \text{ kN aus Eigengewicht von Flügelwand, Fundamentplatte und Bodenaufrost} \\ T_{G,k} &= 1739 \text{ kN aus ständigen Lasten (LF 191, steife Gründung)} \\ T_{Q,k} &= 1882 \text{ kN aus veränderlichen Lasten (LF 896, steife Gründung)} \end{aligned}$$

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 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Der Nachweis der Ausmitte unter der ungünstigsten Einwirkungskombination ist im Rahmen der Vorstatik entbehrlich, da aufgrund der großen Bodenauflast der Hinterfüllung davon ausgegangen werden kann, dass der zulässige Wert der Ausmitte von $e \leq b/3$ sicher eingehalten ist. 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.

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).

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 2
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

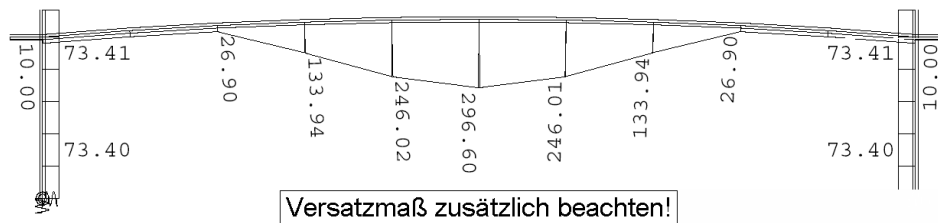


Bild 4.1 erforderliche Bewehrung im GZT, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm²]

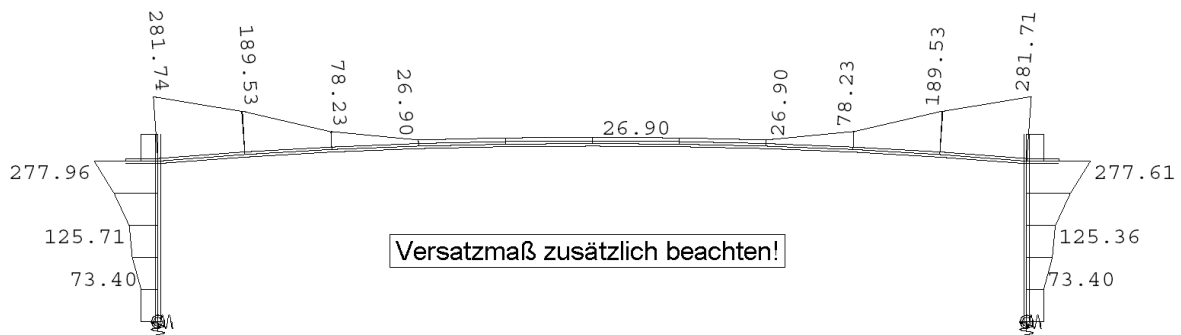


Bild 4.2 erforderliche Bewehrung im GZT, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm²]

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.

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).

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 3
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

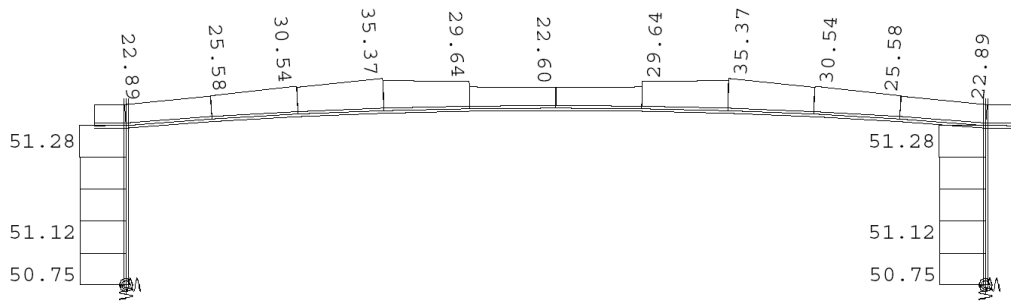


Bild 4.3 erforderliche Bügelbewehrung im GZT erf $A_{s,w}$ [cm²/m]

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 Zuggurtkräfte 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 auflagnahen 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.

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. Wegen der geringen Querkraftbeanspruchung wird immer die Mindestneigung der Druckstreben $\cot \theta = 7/4$ maßgebend.

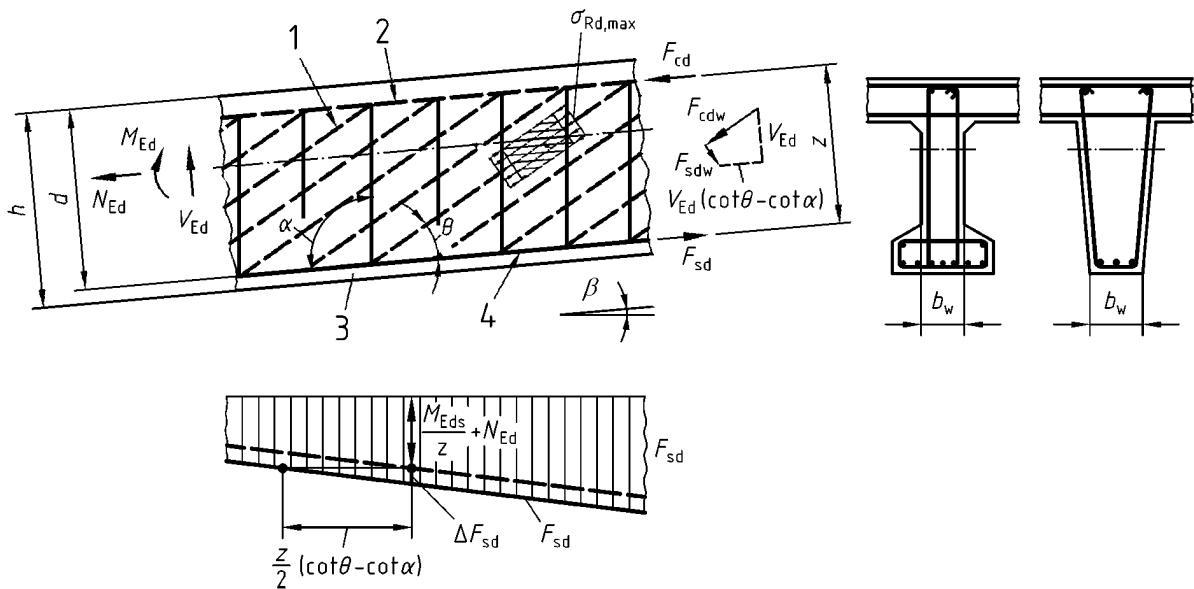
$$\text{erf } a_{s,w} = \frac{V_{Ed}}{f_{yd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 4
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

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

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



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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Tabelle 4.1 Erhöhungsfaktoren für die Querkraftbewehrung infolge Stabneigung

Stab		1001	1002	1003
Stabneigung β	[°]	4,29	3,27	2,26
cot θ aus Druckstrebenneigung		7/4	7/4	7/4
$a_{s,w} / a_{s,w}(\alpha = 90^\circ)$		1,048	1,035	1,024

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.

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

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 $A_s = \text{erf } A_s = 436 \text{ cm}^2$ angenommen.

Die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite beträgt damit:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{S,equ} (N = 10^6) &= \Delta\sigma_S \cdot \lambda_S = \Delta\sigma_S \cdot \varphi_{fat} \cdot \lambda_{S,1} \cdot \lambda_{S,2} \cdot \lambda_{S,3} \cdot \lambda_{S,4} \\ &= 34,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,2 \cdot 1,72 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,02 = 55,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 6
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

mit:

$$\Delta\sigma_S = 1,4 \cdot \frac{M_{ELM3,k}}{z} \cdot \frac{1}{\text{vorh } A_s} = 1,4 \cdot \frac{2,575 \text{ MNm}}{0,9 \cdot (2,80 \text{ m} - 0,14 \text{ m})} \cdot \frac{1}{0,0436 \text{ m}^2} = 34,5 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$\lambda_{S,1}$ = 1,72 nach FB 102, II-Anhang 106, Abb. A.106.2 für $N^* = 10^6$, $k_2 = 5$, Stützweite = 38,00 m

$$\lambda_{S,2} = \bar{Q}^{k_2} \sqrt{\frac{N_{obs}}{2,0}} = 1,00 \sqrt[5]{\frac{0,5}{2,0}} = 0,76 \text{ (siehe V.2.6)}$$

$$\lambda_{S,3} = \sqrt[k_2]{\frac{N_{years}}{100}} = \sqrt[5]{\frac{100}{100}} = 1,0 \text{ (siehe V.2.6)}$$

$$\lambda_{S,4} = \sqrt[k_2]{1 + \frac{\sum N_{obs,2}}{N_{obs,1}} \cdot \left(\frac{\eta_2 \cdot Q_{m2}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^{k_2}} = \sqrt[5]{1 + \frac{0,5 \cdot 10^6}{0,5 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{0,36 \cdot 1,00}{0,91 \cdot 1,00} \right)^5} = 1,02$$

für den Ansatz von zwei Fahrstreifen nach Bild 4.5

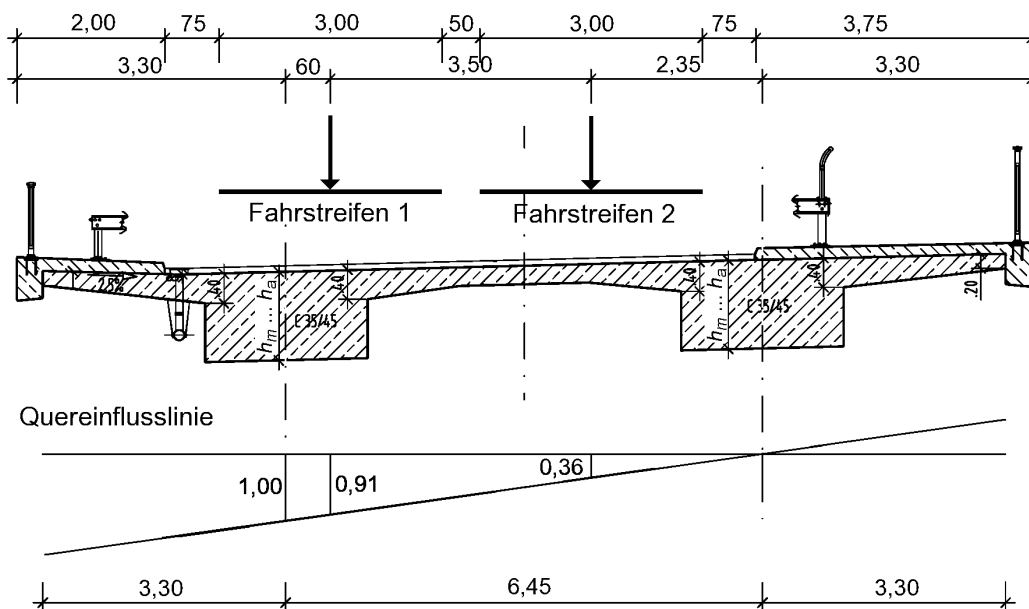



Bild 4.5 Quereinflusslinie für die Berechnung von $\lambda_{S,4}$

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 7
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

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:

$$\Delta\sigma_{S, equ} (N^* = 10^7) = 55,2 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[5]{\frac{10^6}{10^7}} = 34,8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

Der Nachweis gegen Ermüdung für die Schraubmuffen lautet damit:

$$\begin{aligned} \gamma_{F, fat} \cdot \gamma_{Ed, fat} \cdot \Delta\sigma_{S, equ} (N^* = 10^7) &\leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk} (N^* = 10^7)}{\gamma_{s, fat}} \\ 1,0 \cdot 1,0 \cdot 34,8 \text{ N/mm}^2 = 34,8 \text{ N/mm}^2 &\leq \frac{60 \text{ N/mm}^2}{1,15} = 52,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

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

4.5 Flügelwände Widerlager

Durch die zyklischen Längenänderungen des Überbaus infolge der Temperaturänderungen treten wiederholt horizontale Verschiebungen der Widerlager auf, die eine Verdichtung der Hinterfüllbereiche bewirken. Der hieraus resultierende mobilisierte Erddruck (vgl. V.2.3, Bild 2.1) wirkt innerhalb des gesamten Gleitkeils und ist auch bei der Bemessung der Flügelwände zu berücksichtigen. Zusätzlich ist der Erddruck aus Verkehrslasten auf der Hinterfüllung (vgl. V.2.6) anzusetzen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:	
Block:	V.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)		Seite: 8
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

Aus der Vorbemessung ergibt sich eine Einspannbewehrung der Flügelwände in die Fundamentplatte von $\varnothing 28 - 10$ ($a_{s,vorh} = 61,6 \text{ cm}^2/\text{m}$). Zusätzlich ist eine Querkraftbewehrung von $a_{sw,erf} = 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ vorzusehen.

Bei der Bewehrungsführung im Einspannbereich sollten nach *Leonhardt* und *Mönnig* [12] bzw. in Anlehnung an DIN 1045 (1988-07) Diagonalstäbe für die Aufnahme der Umlenkkräfte vorgesehen werden (vgl. Bild 4.6).

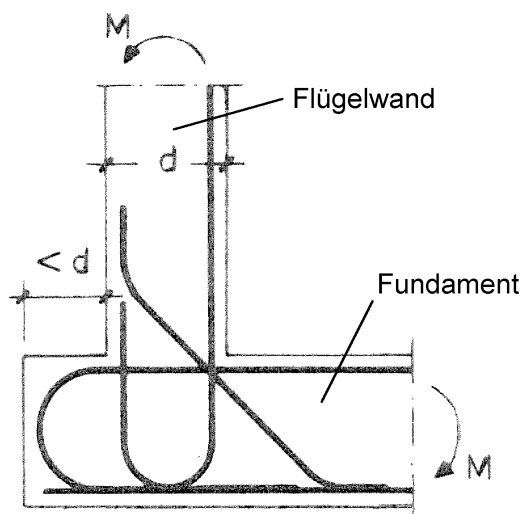



Bild 4.6 Prinzipskizze für die Bewehrungsanordnung nach [12]

Die Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite kann unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rissmechanismen bei dicken und dünnen Bauteilen und weiterer Einflussfaktoren, wie z.B. Zementart, Nachbehandlungsart und -dauer, nach [14] ermittelt werden.

Durch die Anordnung eines Riegels im oberen Wandbereich, der die beiden Flügelwände miteinander verbindet, kann das Einspannmoment am Wandfußpunkt deutlich reduziert werden. Demzufolge können ggf. sowohl die Wanddicke als auch die erforderliche Bewehrung verringert werden. Als ein deutlicher Nachteil ist bei dieser Ausführungsvariante der erschwerte Einbau der Hinterfüllung sowie deren Verdichtung anzusehen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	Seite: 9
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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.

Der Nachweis der Ausmitte unter ständigen Lasten ist im Rahmen der Vorstatik entbehrlich, da aufgrund der großen Bodenauflast der Hinterfüllung davon ausgegangen werden kann, dass der zulässige Wert der Ausmitte von $e \leq b/6$ (keine klaffende Fuge) sicher eingehalten ist.

Nachweis der mittleren Bodenpressung unter ungünstiger Einwirkungskombination:

Für die steife Gründung (LF 191 + LF 894) ergibt sich eine Bodenpressung unter der Widerlagerwand bei einer mitwirkenden Fundamentbreite von ca. $b_{WL} = 4,40$ m:


$$\sigma_{vorh,WL} = \frac{V_{G_{Fund.}+G+Q,k}}{a \cdot b_{WL}} = \frac{1242 \text{ kN} + 5833 \text{ kN} + 1566 \text{ kN}}{15,05 \text{ m} / 2 \cdot 4,40 \text{ m}} = 261 \text{ kN/m}^2$$

Im Bereich der Hinterfüllung resultiert die Bodenpressung aus dem Eigengewicht der Fundamentplatte und der Hinterfüllung:

$$\sigma_{vorh,HF} = \frac{V_{G_{Fund.}+G_{HF},k}}{a \cdot b} = \frac{38 \text{ kN} + 156 \text{ kN}}{1,0 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m}} = 194 \text{ kN/m}^2$$

Auf einem Streifen von ca. 1,0 m Breite ergibt sich eine Überlagerung der beiden Bodenpressungen. Für eine Vorstatik ausreichend genau wird vereinfacht der zusätzliche Term unter einem Lastausbreitungswinkel von 45° verteilt. Daraus ergibt sich eine maximale Bodenpressung von:

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 1
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

$$\begin{aligned}
\sigma_{vorh} &\approx \sigma_{vorh,WL} + \sigma_{vorh,HF} \cdot \frac{1,0\text{m}}{1,0\text{m} + 2 \cdot 1,50\text{m}} \\
&\approx 261 \text{ kN/m}^2 + 194 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1,0\text{m}}{4,0\text{m}} &= 310 \text{ kN/m}^2 \\
&< \sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

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 $w_k = 0,2 \text{ mm}$ 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. Folgende Kombinationslastfälle werden dafür unter der häufigen Einwirkungskombination ausgewertet:

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 2	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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)

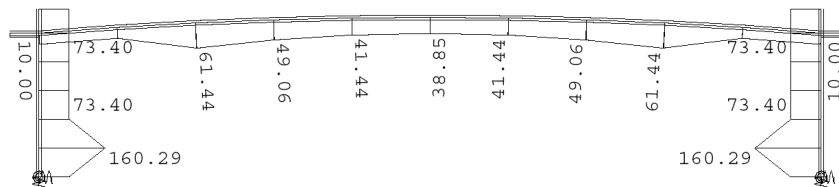


Bild 5.1 erforderliche Mindestbewehrung, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm²]

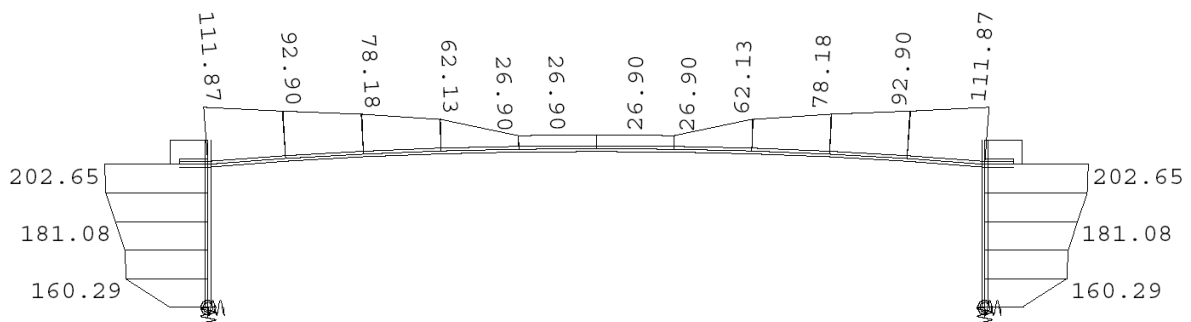


Bild 5.2 erforderliche Mindestbewehrung, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm²]

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:

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.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 3	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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

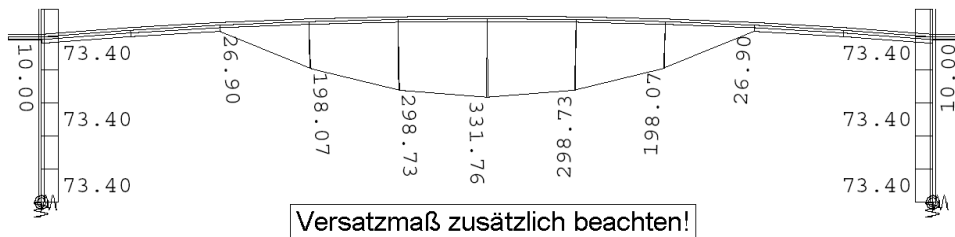


Bild 5.3 erforderliche Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite, Rang 1 („unten“ bzw. innen)

erf A_s [cm²]

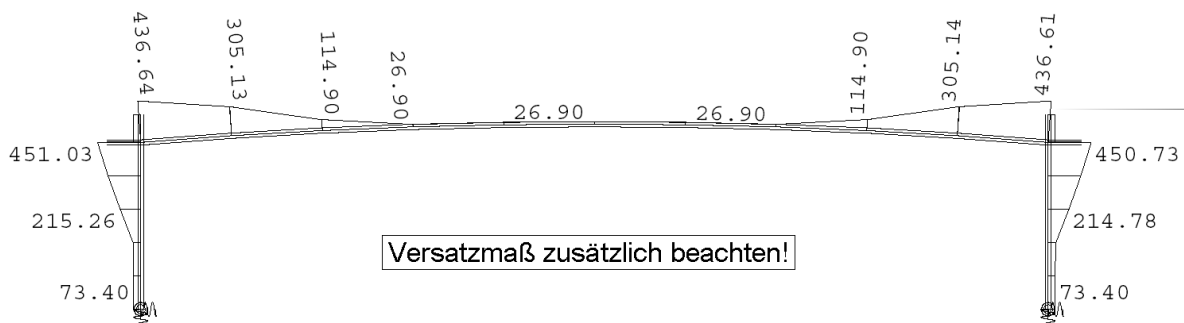


Bild 5.4 erforderliche Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite, Rang 2 („oben“ bzw. außen)

erf A_s [cm²]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 4
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

5.3 Maßgebliche und gewählte Bewehrung

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

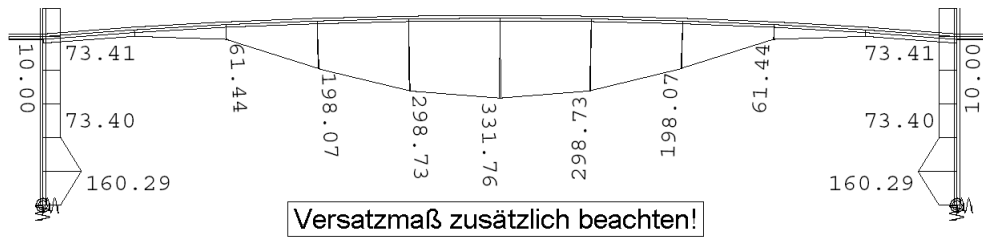


Bild 5.5 maßgebliche erforderliche Bewehrung, Rang 1 („unten“ bzw. innen) erf A_s [cm^2]

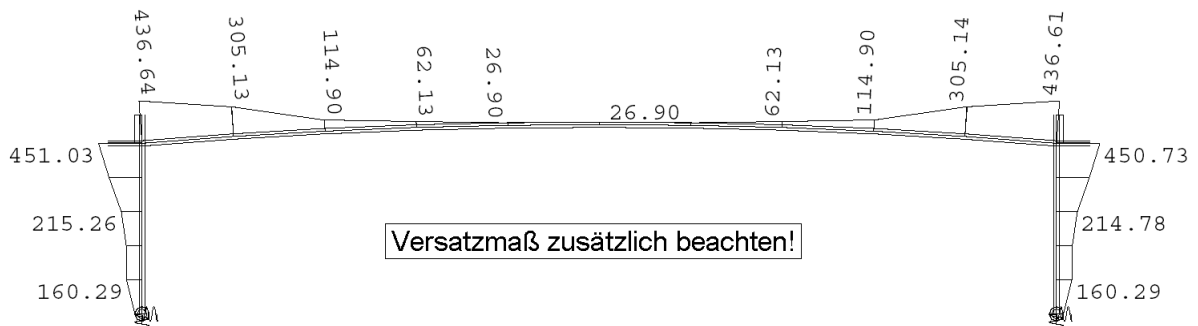


Bild 5.6 maßgebliche erforderliche Bewehrung, Rang 2 („oben“ bzw. außen) erf A_s [cm^2]

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 5
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

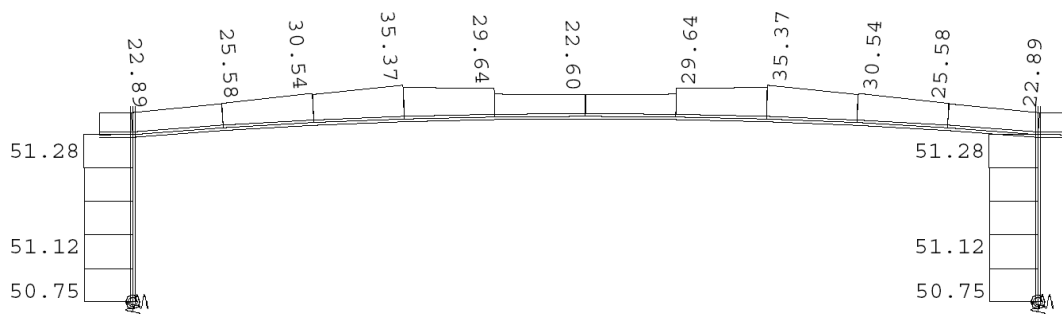


Bild 5.7 maßgebliche erforderliche Bügelbewehrung erf $A_{s,w}$ [cm²/m]

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	18 $\emptyset 28 - 12$	= 110,9 cm ²
	2. Lage	18 $\emptyset 28 - 12$	= 110,9 cm ²
	<u>3. Lage</u>	<u>18 $\emptyset 28 - 12$</u>	<u>= 110,9 cm²</u>
	Summe		= 332,6 cm ² > 331,8 cm ²

Rahmenecke oben:	1. Lage	24 $\emptyset 28 - 12$	= 147,8 cm ²
	2. Lage	24 $\emptyset 28 - 12$	= 147,8 cm ²
	<u>3. Lage</u>	<u>24 $\emptyset 28 - 12$</u>	<u>= 147,8 cm²</u>
	Summe		= 443,5 cm ² > 436,6 cm ²

Bügelbewehrung Überbau:

$$\text{Bügel } \emptyset 12 - 19, s=6 = 35,7 \text{ cm}^2/\text{m} > 34,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Die genaue Abstufung der unteren und oberen Bewehrung ist im Rahmen der Ausführungsstatik festzulegen. Das Versatzmaß a_l ist in den abgebildeten erforderlichen Bewehrungen nicht enthalten und muss bei der endgültigen Bewehrungswahl berücksichtigt werden. Für Übergreifungsstöße im Feld und für die erforderlichen Rüttellücken ist ausreichend Platz vorhanden.

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 6	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	

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).

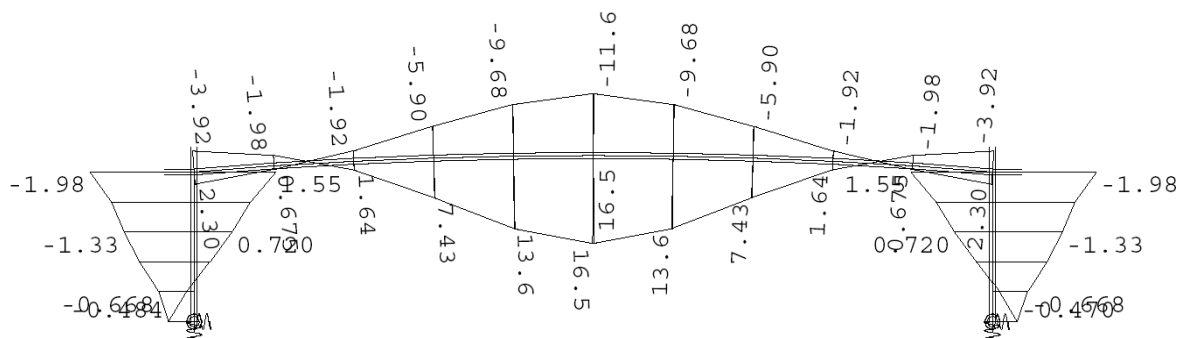


Bild 5.8 Randspannungen im ungerissenen Zustand max M_y / zug N LF 601
Seltene Einwirkungskombination weiche Gründung

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 7	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

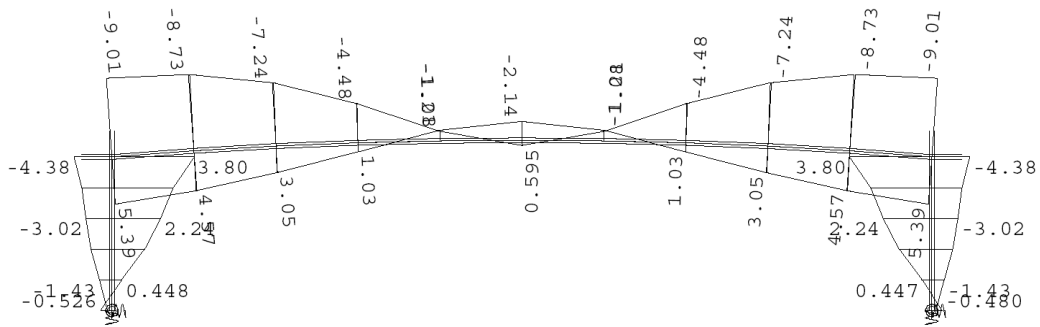


Bild 5.9 Randspannungen im ungerissenen Zustand $\min M_y / \text{zug } N$ LF 606
Seltene Einwirkungskombination steife Gründung

Am unteren Querschnittsrand wird in der Feldmitte und am oberen Querschnittsrand in der Rahmenecke der Wert $f_{ctm} = 3,21 \text{ N/mm}^2$ überschritten. Die Stahl- und Betonspannungen müssen folglich in diesen Bereichen im gerissenen Zustand ermittelt werden.

Begrenzung der Betondruckspannungen unter der nicht-häufigen EWK

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

611-612	GZG max/min M_y	weiche Gründung, gerissen, nicht-häufig
613-614	GZG max/min N	weiche Gründung, gerissen, nicht-häufig
615-616	GZG max/min M_y	steife Gründung, gerissen, nicht-häufig
617-618	GZG max/min N	steife Gründung, gerissen, nicht-häufig

Die betragsmäßig größte Betondruckspannung ergibt sich für die weiche Gründung im LF 611 (max M_y).

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 8
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

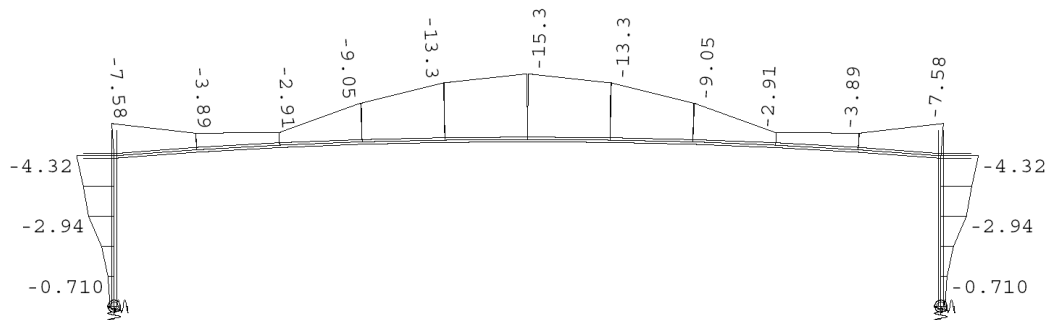


Bild 5.10 Betonrandspannungen im gerissenen Zustand $\max M_y / \text{zug } N$ LF 611
Nicht-häufige Einwirkungskombination weiche Gründung

$$\min \sigma_c = -15,27 \text{ N/mm}^2$$

$$> -0,6 \cdot f_{ck} = -21,0 \text{ N/mm}^2 \quad [\text{FB 102, II-4-4-1-2 (103) P}]$$

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 $A_{s,1} = 331,8 \text{ cm}^2$ im LF 611 ($\max M_y$, weiche Gründung).

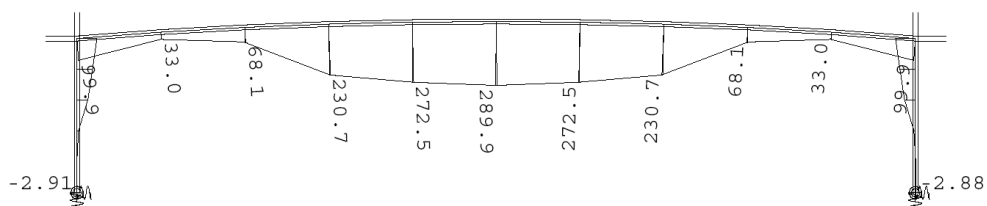


Bild 5.11 Stahlspannungen im gerissenen Zustand $\max M_y / \text{zug } N$ LF 611
Nicht-häufige Einwirkungskombination weiche Gründung

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 9	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

$$\max \sigma_{s,1} = 289,9 \text{ N/mm}^2$$

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

[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).

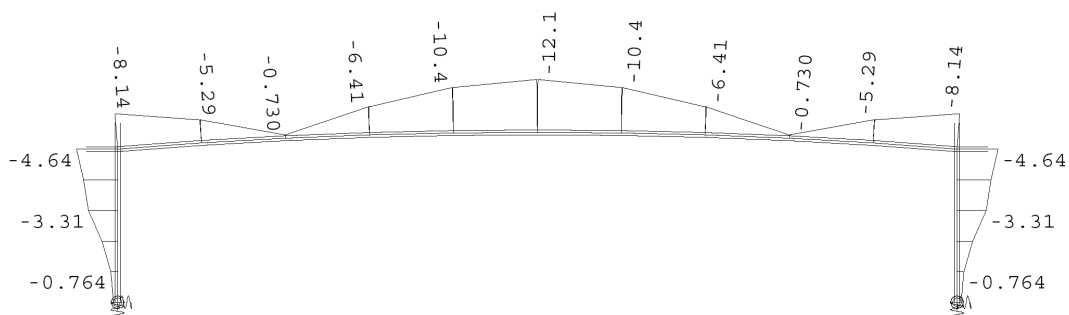


Bild 5.12 Betonrandspannungen im ungerissenen Zustand
Quasi-ständige Einwirkungskombination

max M_y / zug N

LF 631

weiche Gründung

$$\min \sigma_c = -12,12 \text{ N/mm}^2$$

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

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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 10
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

5.5 Betongelenk

Die gewählten Abmessungen für das Betongelenk am Widerlagerfußpunkt werden nach *Leonhardt* und *Mönnig* [11] überprüft. Dabei wird auch die Neigung der Gelenkfläche (Arbeitsfuge an Fundamentoberkante) von 15° berücksichtigt.

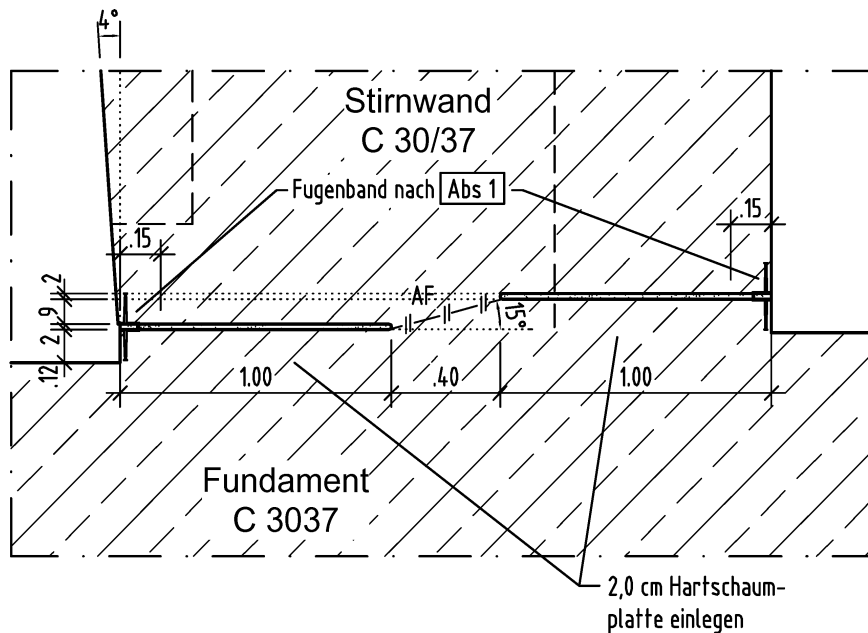



Bild 5.1 Geometrie des Betongelenks

Der Nachweis erfolgt vereinfachend mit der maximalen Belastung aus der Berechnung mit der steifen Gründung. Die maximal auftretenden Drehwinkel α werden der Berechnung mit Ansatz der weichen Gründung entnommen.

$$\begin{aligned}
 \min A_G &= \frac{10 \cdot \max N}{0,85 \cdot \beta_{WN} \left[1 + \lambda \left(1 - 0,47 \frac{\text{vorh } \alpha}{\sqrt{\beta_{WN}}} \eta \right) \right]} \\
 &= \frac{10 \cdot 7703 \text{ kN}}{0,85 \cdot 37 \text{ N/mm}^2 \left[1 + 0,533 \left(1 - 0,47 \frac{1,117\text{‰}}{\sqrt{37 \text{ N/mm}^2}} 1,266 \right) \right]} = 1.661 \text{ cm}^2 \\
 &< \text{vorh } A_G = 17.800 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Bauteil:	Gesamtbauwerk	Archiv-Nr.:
Block:	V.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	Seite: 11
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

$$\begin{aligned} \max A_G &= \frac{10 \cdot N_D}{0,40 \cdot \text{vorh} \alpha \cdot \sqrt{\beta_{WN}}} \\ &= \frac{10 \cdot 6084 \text{ kN}}{0,40 \cdot 1,117 \text{ ‰} \cdot \sqrt{37 \text{ N/mm}^2}} &= 22.386 \text{ cm}^2 \\ &> \text{vorh} A_G = 17.800 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dabei wurden folgende Eingangsgrößen verwendet:

$$a = 0,40 \text{ m Breite der Gelenkfläche}$$

$$b = 4,45 \text{ m Länge der Gelenkfläche}$$

$$d = 2,40 \text{ m Dicke der Widerlagerwand}$$

$\max N = 7703 \text{ kN}$ aus seltener Einwirkungskombination im GZG (LF 191 + LF 804) für die um 15° geneigte Gelenkfläche.

$N_D = 6084 \text{ kN}$ aus ständigen Lasten (LF 191) für die um 15° geneigte Gelenkfläche.

$$\eta = \frac{\max N}{N_D} = \frac{7703 \text{ kN}}{6084 \text{ kN}} = 1,266$$

$$\beta_{WN} \approx f_{ck, cube} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$\alpha_D = 1,209 \text{ ‰}$ aus ständigen Lasten (LF 91). Der größte Anteil der Verdrehung resultiert aus dem vorgegebenen horizontalen Verschiebungssprung am Widerlagerfußpunkt von 1 cm (zum Vergleich: $\alpha_D = 0,108 \text{ ‰}$ aus LF 191). Aus diesem Grund wird der Einfluss des Kriechens und Zustand II im Rahmen der Vorstatik an dieser Stelle vernachlässigt.


$\alpha_n = 0,512 \text{ ‰}$ aus häufiger Einwirkungskombination (LF 855).

$$\text{vorh} \alpha = \frac{1}{2} \cdot 1,209 \text{ ‰} + 0,512 \text{ ‰} = 1,117 \text{ ‰}$$

$$\lambda = 1,2 - 4 \cdot \frac{a}{d} = 1,2 - 4 \cdot \frac{0,40}{2,40} = 0,533$$

Eine Vergleichsrechnung nach dem Verfahren von *Herzog* [13] bestätigt die gewählten Abmessungen.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 12	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	

Aufgrund der geringen Aussagekraft der durchgeführten Versuche bezüglich der Schubtragfähigkeit von Betongelenken wird in [9] empfohlen die Querkraft auf 25 % der Normalkraft zu beschränken. Um diese Maßgabe bei der vorliegenden Brücke erfüllen zu können, wurde die Gelenkfläche um 15° geneigt. Hiermit ergibt sich aus der Berechnung mit der steifen Gründung für die seltene Einwirkungskombination im GZG (LF 191 + LF 806):

$$\frac{V_{k,15^\circ}}{N_{k,15^\circ}} = \frac{1452 \text{ kN}}{7531 \text{ kN}} = 0,193 \hat{=} 19,3 \% < 25 \%$$

Die Betongelenke an den Rahmenfußpunkten sind mit den gewählten Abmessungen somit ausführbar. Die erforderliche Dübel- und Spaltzugbewehrung kann im Rahmen einer Ausführungsstatik z.B. nach [11] ermittelt werden.


5.6 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

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 13	
Vorgang:	Anlage 2 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 einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.:	Datum: 11.04.2006

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.

$$\max v_{z,g} = 3,0 \cdot 29,55 \text{ mm} = 88,7 \text{ mm} \hat{=} \frac{l}{428} < \frac{l}{250}$$

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.

$$\max v_{z,q} = 3,0 \cdot 4,59 \text{ mm} = 13,8 \text{ mm} \hat{=} \frac{l}{2760} < \frac{l}{500}$$

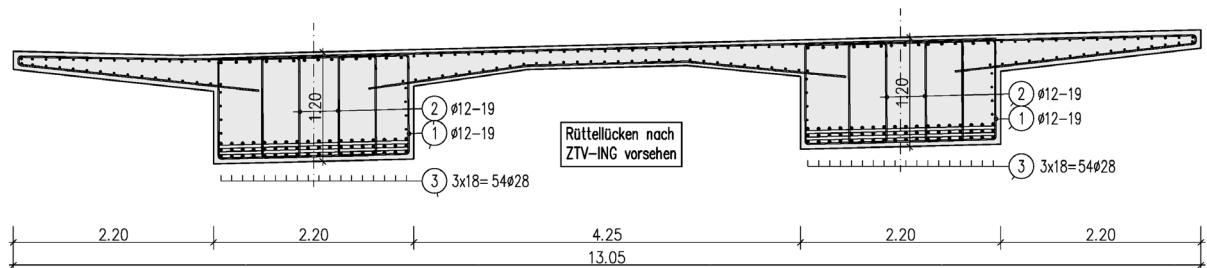
Damit sind die Durchbiegungsbeschränkungen in Anlehnung an DIN 1045-1, 11.3.1 für beide Einwirkungskombinationen eingehalten.

Bauteil:	Gesamtbauwerk		Archiv-Nr.:
Block:	V.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) Seite: 14	
Vorgang:	Anlage 2 zum Bericht vom 11.04.2006		

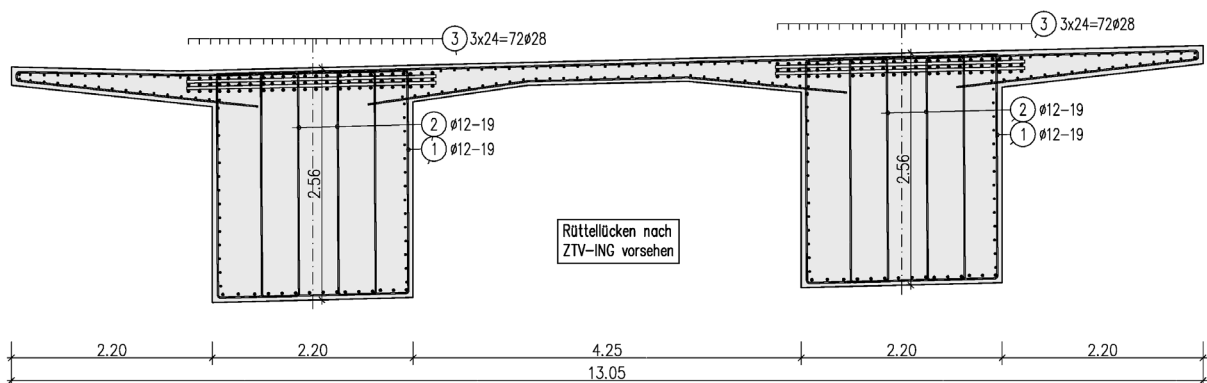
Verfasser:	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft Oskar-Sommer-Str. 15-17 • 60596 Frankfurt a. M. • Tel.: (069) 63 00 08-0	KHP
Bauwerk:	Muster-Beispiel: Überführung einer Bundesstraße (RQ 10,5) über eine Autobahn mit RQ 26	Proj.-Nr.: 05 0207 ASB-Nr.: Datum: 11.04.2006

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 2 zum Bericht vom 11.04.2006	