The cover features a background of diagonal lines in shades of green and blue. On the left side, there are several horizontal bars: a blue bar, a white bar, a blue bar, a blue bar, a blue bar, a blue bar, and a blue bar. The authors' names are listed to the right of these bars.

Bauer
Müller
Hensel
Leinweber
Lubinski

Verbundbrückenbau nach Eurocode

Beispiele prüffähiger
Stand sicherheitsnachweise

Verbundüberbau und Überbau mit
teilweise einbetonierten Stahlträgern
nach Eurocode 0 bis 4

2. Auflage

Bauwerk
Beuth

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauer
Prof. Dr.-Ing. Michael Müller
M. Eng. Thomas Hensel
M. Eng. Jacob Leinweber
M. Eng. Stefan Lubinski

Verbundbrückenbau nach Eurocode

Beispiele prüffähiger Stand sicherheitsnachweise

**Verbundüberbau und Überbau mit
teilweise einbetonierten Stahlträgern
nach Eurocode 0 bis 4**

2. Auflage

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Bauwerk

© 2019 Beuth Verlag GmbH

Berlin · Wien · Zürich

Saatwinkler Damm 42/43

13627 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: www.beuth.de

E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden vom Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Druck und Bindung:

Zakład Graficzny Colonel S.A., Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

ISBN 978-3-410-29074-2

Vorwort

Dieses Buch enthält zwei prüffähige Beispiele von Standsicherheitsnachweisen aus dem Verbundbrückenbau:

Teil 1: Bemessung einer zweifeldrigen Straßenbrücke in Verbundbauweise
(offener Querschnitt mit Walzträgern)

Teil 2: Bemessung einer einfeldrigen Eisenbahnüberführung mit einbetonierten Walzträgern („Walzträger in Beton“).

Die Bemessung erfolgt auf Grundlage der im Jahr 2013 im Brückenbau eingeführten EUROCODES (DIN EN 1990 bis DIN EN 1994, einschließlich zugehöriger Nationaler Anhänge), sowie den aktuellen eisenbahnspezifischen Richtlinien.

Die praxisnahen Beispiele sind so ausgewählt, dass die komplette Bemessung mit Handrechnungen nachvollzogen werden kann. Ziel dieses Buches ist es, durch die direkten Verweise auf die Normtexte eine schnelle und effektive Einarbeitung in die aktuelle Normgeneration zu ermöglichen.

Das Buch richtet sich an die erfahrenen Planungsingenieure, denen die Brückenbauverwaltungen ein Hilfsmittel zur Anfertigung von prüffähigen statischen Berechnungen nach den EUROCODES an die Hand geben wollten. Damit ist das Buch zwar nicht in erster Linie als Lehrbuch gedacht, wird aber auch Studenten einen praxisnahen Einstieg in das Aufstellen von Standsicherheitsnachweisen ermöglichen.

Da sich die EUROCODES von den DIN-Fachberichten in vielen Punkten unterscheiden sowie die Richtlinie 804 der DB AG und die Eisenbahnspezifische Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB) eingearbeitet werden musste, wurde beide Beispiele komplett überarbeitet und ergänzt.

Gerne benutzen die Verfasser die Gelegenheit, dem Beuth-Verlag für die angenehme und unkomplizierte Zusammenarbeit zu danken. Dank sagen wir auch Herrn N. Bauer, Herrn Dr. h.c. M. Wimmer und Frau M. Müller für die wertvolle Zuarbeit.

Dank sagen wir auch unseren Familien und unseren Eltern.

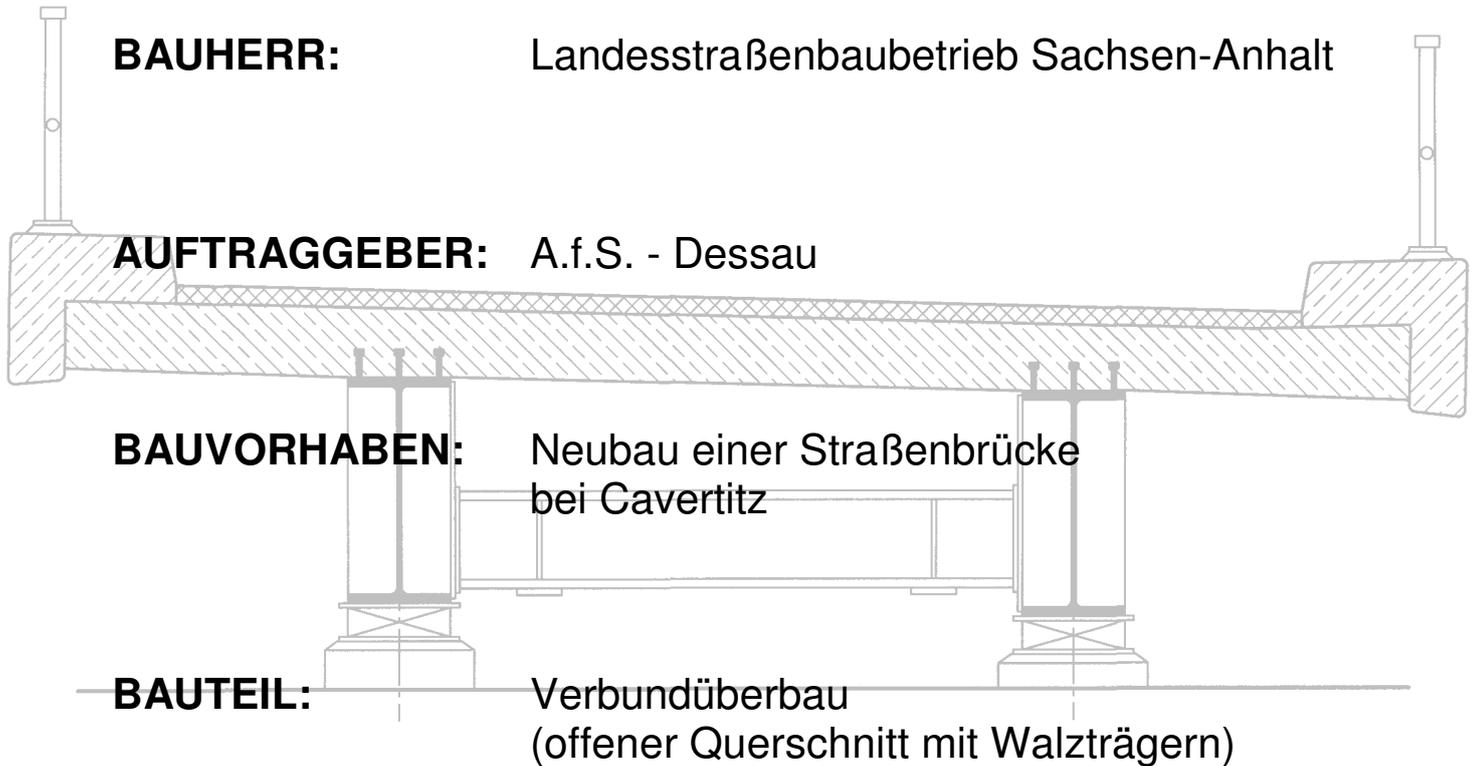
Magdeburg/Bad Kreuznach, im September 2018

Michael Müller
Thomas Bauer
Thomas Hensel
Stefan Lubinski
Jacob Leinweber

Gesamtinhaltsverzeichnis

Teil 1:	STATISCHE BERECHNUNG des Neubaus einer Straßenbrücke bei Cavertitz	Seite 1-1 – 1-12
	Bauteil: Überbau in Verbundbauweise	2-1 – 2-297
Teil 2:	STATISCHE BERECHNUNG des Ersatzneubaus einer Eisenbahnüberführung bei Leitzkau	Seite 1 - 146
	Bauteil: WIB-Überbau („Walzträger in Beton“)	

TEIL 1: STATISCHE BERECHNUNG - VERBUNDÜBERBAU



AUFSTELLER: Planungsgemeinschaft

h² Hochschule Magdeburg – Stendal

DATUM: 30.09.2018

Bearbeiter:

Prof. Dr.-Ing. Michael Müller
Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstr. 2
39114 Magdeburg

M. Eng. Thomas Hensel
Müller + Hirsch Ingenieurgesellschaft mbH
Große Diesdorfer Straße 21
39108 Magdeburg

M. Eng. Stefan Lubinski
Müller + Hirsch Ingenieurgesellschaft mbH
Große Diesdorfer Straße 21
39108 Magdeburg

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz		Bauwerksnummer (ASB)																																																																																																
Straßenverwaltung																																																																																																			
Aufsteller	h ² Hochschule Magdeburg – Stendal		Datum: 30.09.2018																																																																																																
<h1>1 Allgemeines</h1> <p>Die Gliederung der statischen Berechnung erfolgt gemäß ZTV-Ing Teil 1 Abschnitt 2 Anhang A (Ausgabe 01/2018).</p> <h2>1.1 Inhaltsverzeichnis</h2> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abschnitt</th> <th>Bezeichnung</th> <th>Seite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Allgemeines</td> <td>1-1</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Inhaltsverzeichnis</td> <td>1-1</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Beschreibung des Gesamtbauwerkes, Allgemeines zum Herstellungsprinzip</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>Abweichungen von Regelwerken</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bauteil: Verbundüberbau</td> <td>2-1</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Berechnungsgrundlagen</td> <td>2-1</td> </tr> <tr> <td>2.1.1</td> <td>Darstellung und Beschreibung des statischen Systems</td> <td>2-3</td> </tr> <tr> <td>2.1.2</td> <td>Eingabedaten für EDV-Rechenverfahren</td> <td>2-5</td> </tr> <tr> <td>2.1.3</td> <td>Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.1</td> <td>Geometrische Systemgrößen</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.2</td> <td>Geometrische Querschnittsgrößen</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.2.1</td> <td>Stahlträger</td> <td>2-6</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.2.2</td> <td>Verbundplatte</td> <td>2-7</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.3</td> <td>Kenngrößen der Baustoffe</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.3.1</td> <td>Betonstahl</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.3.2</td> <td>Beton</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.3.3</td> <td>Baustahl (Walzprofil)</td> <td>2-9</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.3.4</td> <td>Kopfbolzendübel</td> <td>2-9</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.4</td> <td>Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung</td> <td>2-10</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.4.1</td> <td>Ermittlung der Kriechzahlen und der Schwinddehnung</td> <td>2-10</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.4.2</td> <td>Ermittlung der zeit- und lastabhängigen Reduktionszahlen</td> <td>2-15</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.4.3</td> <td>Ermittlung der mittragenden Breiten</td> <td>2-18</td> </tr> <tr> <td>2.1.3.4.4</td> <td>Ermittlung der Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung</td> <td>2-22</td> </tr> <tr> <td>2.1.4</td> <td>Detaillierte Beschreibung des Montage- oder Herstellungsverfahrens</td> <td>2-34</td> </tr> <tr> <td>2.1.5</td> <td>Sonstiges</td> <td>2-34</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Einwirkungen</td> <td>2-35</td> </tr> <tr> <td>2.2.1</td> <td>Charakteristische Werte der Einwirkungen</td> <td>2-35</td> </tr> <tr> <td>2.2.1.1</td> <td>Ständige Einwirkungen</td> <td>2-35</td> </tr> <tr> <td>2.2.1.1.1</td> <td>Stahlträgereigengewicht</td> <td>2-35</td> </tr> </tbody> </table>							Abschnitt	Bezeichnung	Seite	1	Allgemeines	1-1	1.1	Inhaltsverzeichnis	1-1	1.2	Beschreibung des Gesamtbauwerkes, Allgemeines zum Herstellungsprinzip	1-6	1.3	Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise	1-10	1.4	Abweichungen von Regelwerken	1-12	2	Bauteil: Verbundüberbau	2-1	2.1	Berechnungsgrundlagen	2-1	2.1.1	Darstellung und Beschreibung des statischen Systems	2-3	2.1.2	Eingabedaten für EDV-Rechenverfahren	2-5	2.1.3	Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	2-6	2.1.3.1	Geometrische Systemgrößen	2-6	2.1.3.2	Geometrische Querschnittsgrößen	2-6	2.1.3.2.1	Stahlträger	2-6	2.1.3.2.2	Verbundplatte	2-7	2.1.3.3	Kenngrößen der Baustoffe	2-8	2.1.3.3.1	Betonstahl	2-8	2.1.3.3.2	Beton	2-8	2.1.3.3.3	Baustahl (Walzprofil)	2-9	2.1.3.3.4	Kopfbolzendübel	2-9	2.1.3.4	Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung	2-10	2.1.3.4.1	Ermittlung der Kriechzahlen und der Schwinddehnung	2-10	2.1.3.4.2	Ermittlung der zeit- und lastabhängigen Reduktionszahlen	2-15	2.1.3.4.3	Ermittlung der mittragenden Breiten	2-18	2.1.3.4.4	Ermittlung der Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung	2-22	2.1.4	Detaillierte Beschreibung des Montage- oder Herstellungsverfahrens	2-34	2.1.5	Sonstiges	2-34	2.2	Einwirkungen	2-35	2.2.1	Charakteristische Werte der Einwirkungen	2-35	2.2.1.1	Ständige Einwirkungen	2-35	2.2.1.1.1	Stahlträgereigengewicht	2-35
Abschnitt	Bezeichnung	Seite																																																																																																	
1	Allgemeines	1-1																																																																																																	
1.1	Inhaltsverzeichnis	1-1																																																																																																	
1.2	Beschreibung des Gesamtbauwerkes, Allgemeines zum Herstellungsprinzip	1-6																																																																																																	
1.3	Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise	1-10																																																																																																	
1.4	Abweichungen von Regelwerken	1-12																																																																																																	
2	Bauteil: Verbundüberbau	2-1																																																																																																	
2.1	Berechnungsgrundlagen	2-1																																																																																																	
2.1.1	Darstellung und Beschreibung des statischen Systems	2-3																																																																																																	
2.1.2	Eingabedaten für EDV-Rechenverfahren	2-5																																																																																																	
2.1.3	Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	2-6																																																																																																	
2.1.3.1	Geometrische Systemgrößen	2-6																																																																																																	
2.1.3.2	Geometrische Querschnittsgrößen	2-6																																																																																																	
2.1.3.2.1	Stahlträger	2-6																																																																																																	
2.1.3.2.2	Verbundplatte	2-7																																																																																																	
2.1.3.3	Kenngrößen der Baustoffe	2-8																																																																																																	
2.1.3.3.1	Betonstahl	2-8																																																																																																	
2.1.3.3.2	Beton	2-8																																																																																																	
2.1.3.3.3	Baustahl (Walzprofil)	2-9																																																																																																	
2.1.3.3.4	Kopfbolzendübel	2-9																																																																																																	
2.1.3.4	Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung	2-10																																																																																																	
2.1.3.4.1	Ermittlung der Kriechzahlen und der Schwinddehnung	2-10																																																																																																	
2.1.3.4.2	Ermittlung der zeit- und lastabhängigen Reduktionszahlen	2-15																																																																																																	
2.1.3.4.3	Ermittlung der mittragenden Breiten	2-18																																																																																																	
2.1.3.4.4	Ermittlung der Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung	2-22																																																																																																	
2.1.4	Detaillierte Beschreibung des Montage- oder Herstellungsverfahrens	2-34																																																																																																	
2.1.5	Sonstiges	2-34																																																																																																	
2.2	Einwirkungen	2-35																																																																																																	
2.2.1	Charakteristische Werte der Einwirkungen	2-35																																																																																																	
2.2.1.1	Ständige Einwirkungen	2-35																																																																																																	
2.2.1.1.1	Stahlträgereigengewicht	2-35																																																																																																	
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt		Seite: 1-1																																																																																																
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.1 Inhaltsverzeichnis		Archiv Nr.:																																																																																																

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Abschnitt	Bezeichnung	Seite
2.2.1.1.2	Betonierlast	2-36
2.2.1.1.3	Ausbaulasten	2-37
2.2.1.1.4	Abfließende Hydratationswärme	2-39
2.2.1.2	Vorspannung	2-40
2.2.1.3	Veränderliche Lasten	2-40
2.2.1.3.1	Verkehrslasten	2-40
2.2.1.3.1.1	Allgemeines	2-40
2.2.1.3.1.2	Lastmodell 1	2-44
2.2.1.3.1.3	Lastmodell 4 (Menschenansammlungen)	2-48
2.2.1.3.1.4	Einwirkungen auf Fußgänger- oder Radweg	2-48
2.2.1.3.1.5	Lasten aus Bremsen und Anfahren	2-49
2.2.1.3.1.6	Fliehkraft und andere Querlasten	2-51
2.2.1.3.1.7	Einwirkungen auf Geländer	2-51
2.2.1.3.2	Temperatureinwirkungen	2-52
2.2.1.3.3	Windeinwirkungen	2-57
2.2.1.3.4	Schneelasten	2-60
2.2.1.3.5	Anheben zum Auswechseln von Lagern	2-61
2.2.1.4	Zeitlich veränderliche Lasten	2-62
2.2.1.4.1	Zwangsschnittgrößen aus Kriechen	2-62
2.2.1.4.1.1	Zwangsschnittgrößen aus Kriechen infolge Betonierlasten	2-62
2.2.1.4.1.2	Zwangsschnittgrößen aus Kriechen infolge Ausbaulasten	2-64
2.2.1.4.2	Schwinden des Betons	2-65
2.2.1.4.2.1	Schwinden zum Zeitpunkt $t = 28$ Tage	2-65
2.2.1.4.2.2	Schwinden zum Zeitpunkt $t = \infty$	2-67
2.2.1.4.3	Baugrundbewegungen	2-69
2.2.1.5	Ermüdungswirksame Lasten	2-71
2.2.1.5.1	Allgemeines	2-71
2.2.1.5.2	Lastmodell 3 für Ermüdungsberechnungen	2-72
2.2.1.6	Außergewöhnliche Lasten	2-74
2.2.1.6.1	Allgemeines	2-74
2.2.1.6.2	Anpralllasten aus Fahrzeuge unter der Brücke	2-75
2.2.1.6.2.1	Anprall an Überbauten	2-75
2.2.1.6.2.2	Anprall an Unterbauten	2-76
2.2.1.6.3	Einwirkungen aus Fahrzeugen auf der Brücke	2-77
2.2.1.6.3.1	Fahrzeuge auf Fuß- und Radwegen	2-77
2.2.1.6.3.2	Anpralllasten auf Schramborde	2-80
2.2.1.6.3.3	Anpralllasten auf Fahrzeugrückhaltesysteme	2-84
2.2.1.6.3.4	Anpralllasten an tragende Bauteile	2-85
2.2.2	Lastfallkombinationen	2-86
2.2.2.1	Allgemeines	2-86
2.2.2.2	Nachweise für Grenzzustände der Tragfähigkeit	2-88
2.2.2.3	Nachweise für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	2-90
2.2.2.4	Gruppen von Verkehrslasten auf Straßenbrücken	2-91
2.2.2.5	Kombinationsregeln	2-93

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-2
Kapitel / Vorgang:	1. Allgemeines 1.1 Inhaltsverzeichnis	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
Abschnitt	Bezeichnung	Seite
2.2.2.6	Zahlenwerte für ψ -Faktoren	2-95
2.2.2.7	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	2-96
2.3	Schnitt-, Auflager- und Weggrößen	2-99
2.3.1	Schnittgrößen der Einzellastfälle	2-99
2.3.1.1	Ständige Einwirkungen	2-100
2.3.1.1.1	Stahlträgereigengewicht	2-100
2.3.1.1.2	Betonierlasten	2-101
2.3.1.1.3	Ausbaulasten	2-102
2.3.1.2	Vorspannung, Kriechen, Schwinden und Relaxation	2-103
2.3.1.2.1	Vorspannung	2-103
2.3.1.2.2	Kriechen, Schwinden und Relaxation	2-103
2.3.1.3	Verkehrslasten	2-107
2.3.1.4	Temperatureinwirkungen	2-110
2.3.1.5	Wahrscheinliche und mögliche Baugrundbewegungen	2-111
2.3.1.6	Windeinwirkungen	2-113
2.3.1.7	Außergewöhnliche Einwirkungen	2-114
2.3.2	Lastfallkombinationen	2-116
2.3.2.1	Ständige und vorübergehende Bemessungskombination	2-116
2.3.2.2	Außergewöhnliche Bemessungskombination	2-118
2.3.2.3	Grundkombination für Ermüdung	2-120
2.3.2.4	Charakteristische Kombination	2-122
2.3.2.5	Häufige Kombination	2-124
2.3.2.6	Quasi-ständige Kombination	2-126
2.3.3	Schnittgrößen an Bemessungspunkten	2-128
2.3.3.1	Schnittgrößen der Einzellastfälle	2-128
2.3.3.2	Bemessungsschnittgrößen im GZT inkl. Ermüdung	2-130
2.3.3.3	Bemessungsschnittgrößen im GZG	2-132
2.3.4	Ausgabe der Lagerlisten	2-134
2.3.5	Verformungen im Bereich der Übergangskonstruktionen	2-143
2.4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) (ohne Ermüdung)	2-145
2.4.1	Allgemeines	2-145
2.4.2	Querschnittsklassen	2-146
2.4.2.1	Allgemeines	2-146
2.4.2.2	Einstufung der Querschnitte	2-148
2.4.3	Nachweis für Biegung	2-155
2.4.3.1	Allgemeines	2-155
2.4.3.2	Ermittlung der Biegetragfähigkeit	2-155
2.4.4	Nachweis für Querkraft	2-165
2.4.4.1	Allgemeines	2-165
2.4.4.2	Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit	2-166
2.4.5	Nachweis für Biegung und Querkraft	2-168
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-3
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.1 Inhaltsverzeichnis	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
Abschnitt	Bezeichnung	Seite
2.4.6	Stege mit Querbelastrung	2-170
2.4.7	Nachweis gegen Biegedrillknicken	2-172
2.4.7.1	Allgemeines	2-172
2.4.7.2	Ermittlung des Biegedrillknickmoments	2-175
2.5	Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit (mit Ermüdung)	2-183
2.5.1	Allgemeines	2-183
2.5.2	Teilsicherheitsbeiwerte	2-184
2.5.3	Einwirkende Spannungen	2-185
2.5.3.1	Allgemeines	2-185
2.5.3.2	Spannungen im Baustahlquerschnitt	2-187
2.5.3.2.1	Ermittlung der Spannungen infolge LM3	2-187
2.5.3.2.2	Ermittlung des Anpassungsfaktors λ	2-190
2.5.3.2.3	Ermittlung der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_E$	2-192
2.5.3.3	Spannungen im Betonstahlquerschnitt	2-193
2.5.3.3.1	Ermittlung der Spannungen infolge LM3	2-195
2.5.3.3.2	Ermittlung des Anpassungsfaktors λ_s	2-197
2.5.3.3.3	Ermittlung der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{s, equ}$	2-199
2.5.3.4	Spannungen im Betonquerschnitt	2-200
2.5.4	Ermüdungswiderstände	2-201
2.5.4.1	Allgemeines	2-201
2.5.4.2	Ermüdungswiderstand des Baustahls	2-201
2.5.4.2.1	Allgemeines	2-201
2.5.4.2.2	Festlegung der Kerbgruppen	2-202
2.5.4.2.3	Ermittlung des Ermüdungswiderstandes	2-203
2.5.4.3	Ermüdungswiderstand des Betonstahls	2-207
2.5.4.4	Ermüdungswiderstand des Betons	2-208
2.6	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	2-209
2.6.1	Allgemeines	2-209
2.6.2	Begrenzung der Spannungen	2-210
2.6.2.1	Allgemeines	2-210
2.6.2.2	Spannungsgrenzen und maßgebende EWK	2-211
2.6.2.3	Begrenzung der Betondruckspannung	2-212
2.6.2.4	Begrenzung der Betonstahlspannung	2-218
2.6.2.5	Begrenzung der Baustahlspannung	2-221
2.6.3	Nachweis der Begrenzung des Stegblechatmens	2-231
2.6.4	Verformungen	2-232
2.6.5	Schwingungen	2-234
2.6.5.1	Dynamische Tragwerksanalyse	2-234
2.6.6	Rissbildung im Beton	2-239
2.6.6.1	Allgemeines	2-239
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-4
Kapitel / Vorgang:	1. Allgemeines 1.1 Inhaltsverzeichnis	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
Abschnitt	Bezeichnung	Seite
2.6.6.2	Mindestbewehrung	2-240
2.6.6.3	Begrenzung der Rissbreite	2-246
2.6.7	Anforderungen nach ZTV-ING	2-251
2.7	Verbundsicherung	2-252
2.7.1	Allgemeines	2-252
2.7.1.1	Verformungsvermögen von Verbundmitteln	2-252
2.7.1.2	Tragfähigkeit gegen Abheben der Betonplatte	2-252
2.7.1.3	Längsschubkräfte	2-253
2.7.1.4	bauliche Durchbildung der Verdübelung	2-254
2.7.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit (ohne Ermüdung)	2-258
2.7.2.1	Allgemeines	2-258
2.7.2.2	Ermittlung der Längsschubkräfte	2-260
2.7.2.3	Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbundmittel	2-267
2.7.2.4	Erforderliche Dübelanzahl	2-269
2.7.2.5	Längsschubtragfähigkeit des Betongurts	2-270
2.7.2.5.1	Allgemeines	2-270
2.7.2.5.2	Ermittlung der Längsschubtragfähigkeit des Betons	2-272
2.7.3	Grenzzustand der Tragfähigkeit (mit Ermüdung)	2-274
2.7.3.1	Allgemeines	2-274
2.7.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte	2-274
2.7.3.3	Einwirkende Spannungen	2-275
2.7.3.3.1	Allgemeines	2-275
2.7.3.3.2	Ermittlung der Spannungen infolge LM3	2-277
2.7.3.3.3	Ermittlung des Anpassungsfaktors λ	2-281
2.7.3.3.4	Ermittlung der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_E$ und $\Delta\tau_E$	2-282
2.7.3.4	Ermüdungswiderstände	2-284
2.7.4	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	2-287
2.7.4.1	Allgemeines	2-287
2.7.4.2	Ermittlung der Längsschubkräfte	2-287
2.7.4.3	Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbundmittel	2-291
2.7.4.4	Erforderliche Dübelanzahl	2-291
2.8	Schlussblatt	2-293
Anhänge		
Anhang 1:	Verzeichnis der Tabellen	2-294
Anhang 2:	Verzeichnis der Abbildungen	2-295
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-5
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.1 Inhaltsverzeichnis	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

1.2 Beschreibung des Gesamtbauwerkes, Allgemeines zum Herstellungsprinzip

Bei dem Bauwerk handelt es sich um die Überführung eines Wirtschaftsweges über eine Landstraße bei Cavertitz. Das zweifeldrige Bauwerk kreuzt die Landstraße in einem Winkel von 100 gon.

Die beiden Stützweiten betragen $L_1 = L_2 = 15,00$ m.

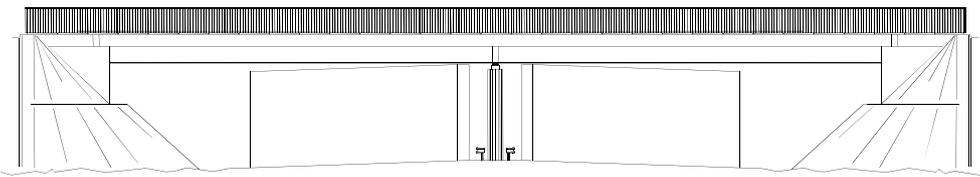


Abbildung 1 Bauwerksansicht

Die Fahrbahnbreite zwischen den Schrammborden beträgt 5,00 m. Mit den beidseitigen angeordneten Kappen ergibt sich eine Brückenbreite zwischen den Innenkanten der Geländer von 6,00 m und eine Breite zwischen den Außenkanten der Kappen von 6,50 m. Die Fahrbahn hat ein Quergefälle von 2,5 % und eine Längsneigung von 1 %.

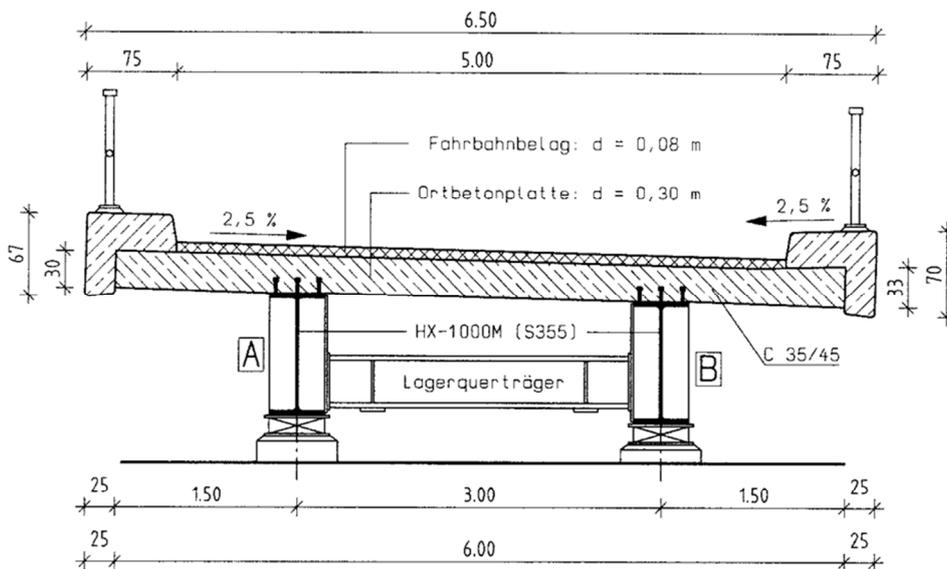


Abbildung 2 Überbauquerschnitt

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-6
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.2 Beschreibung des Gesamtbauwerkes	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p>Das Haupttragwerk besteht aus zwei Walzträgern (HX 1000 M) aus Baustahl S355J2+N, die mit der Stahlbetonfahrbahn durch aufgeschweißte Kopfbolzendübel schubfest verbunden sind und in Brückenlängsrichtung als Stahlverbundträger wirken. Beide Walzträger besitzen die gleiche Querschnittsgeometrie, so dass die Schnittgrößenermittlung und Bemessung nur für den am stärksten beanspruchten Hauptträger durchgeführt wird.</p>		ZTV-ING Teil 4 Abs.1 Kap. 2 Abs. (5)
<p>Die Fahrbahnplatte besteht aus einer 30 cm dicken Ort betonplatte aus Beton der Festigkeitsklasse C35/45 und einer 8 cm dicken Fahrbahn, die sich in eine 1 cm starke Abdichtung, eine 3,5 cm dicke Schutzschicht und eine 3,5 cm starke Deckschicht unterteilt.</p>		ZTV-ING Teil 4 Abs.2 Kap. 2.3 Abs. (3)
<p>Die Brücken- und Fahrbahnachse verlaufen im Grundriss gerade ($R = \infty$).</p>		
<p>Die beiden Hauptträger sind in Querrichtung durch die Fahrbahnplatte und über den Auflagerachsen zusätzlich durch Querträger verbunden. Diese Querträger werden ohne Verbund mit der Fahrbahnplatte ausgeführt und dienen zur Stabilisierung der Hauptträger im Bauzustand und zur Weiterleitung der Horizontallasten in Brückenquerrichtung zu den Widerlagern.</p>		
<p>Es werden bewehrte Elastomerlager verwendet. Zur Aufnahme der Horizontalkräfte sind stählerne Festhaltekonstruktionen vorgesehen. Der Festpunkt in Brückenlängsrichtung befindet sich auf dem Mittelpfeiler. Die Horizontalkräfte quer zur Brückenachse werden nur an den Widerlagern abgetragen.</p>		
<p>Als Entwurfsvorgabe wird der Überbau für das Lastmodell 1 (Doppelachsfahrzeug) bemessen. Das Lastmodell 4 (Menschengedränge) war nach Vorgabe des Bauherrn nicht zu berücksichtigen. Die Ermüdungsnachweise werden mit dem Ermüdungslastmodell 3 geführt.</p>		EC-1-2 4.3.1
<p>Im Rahmen der vorliegenden statischen Berechnung werden alle wesentlichen Nachweise des Längssystems des Überbaus geführt.</p>		
<p>Die statischen Nachweise des Quersystems und der Widerlager werden in separaten Berechnungsteilen geführt und sind nicht Bestandteil der vorliegenden Unterlage.</p>		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-7
Kapitel / Vorgang:	1. Allgemeines 1.2 Beschreibung des Gesamtbauwerkes	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Expositionsklassen

Unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen wird der Überbau in die folgenden Expositionsklassen eingestuft.

XC4	Außenbauteile mit direkter Beregnung	DIN-FB 100 Tabelle 1
XD3	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung	DIN-FB 100 Tabelle 1
XF2	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen	DIN-FB 100 Tabelle 1
WA	Bauteile unter Tausalzeinwirkungen	ZTV-ING Teil 3 Abs.1 Kap. 4 Abs. (1)

Als Mindestbetondruckfestigkeitsklasse des Überbaus in Abhängigkeit von den Expositionsklassen ergibt sich damit:

XC4	⇒	C 25/30	DIN-FB 100 Tabelle F.2.1
XD3	⇒	C 35/45	DIN-FB 100 Tabelle F.2.1
XF2	⇒	C 30/37	ZTV-ING Teil 3 Abs.1 Kap. 4 Abs. (5)

Mindestbetondruckfestigkeitsklasse allgemein: C35/45 ZTV-ING Teil 4 Abs.2 Kap. 2.3 Abs. (3)

Absturzsicherungen, Schutzeinrichtungen

Die Gehwegbereiche erhalten auf den Außenseiten ein Füllstabgeländer mit einer Geländerhöhe von 1,00 m.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-8
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.2 Beschreibung des Gesamtbauwerkes	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Tabelle 1 Entwurfsparameter

Geometrie	
Gesamtlänge	$L = 30,80 \text{ m}$
Einzelstützweiten	$l = 15,00/15,00 \text{ m}$
Gesamtbreite	$B = 6,50 \text{ m}$
Breite zwischen den Geländern	$b_{\text{Gel}} = 6,00 \text{ m}$
Breite zwischen den Schrammborden	$b_{\text{SB}} = 5,00 \text{ m}$
Bauhöhe (OK Kappe bis UK Walzträger)	$H = 1,62 \text{ m}$
Höhe der Fahrbahnplatte	$h_c = 0,30 \text{ m}$
Höhe vom Walzprofil HX 1000 M ARBED	$h_a = 1,008 \text{ m}$
Konstruktionshöhe	$h = 1,308 \text{ m}$
Biegeschlankheit	$\lambda = 11,5$
Fahrbahnradius	$R = \infty$
Kreuzungswinkel	$\alpha = 100 \text{ gon}$
Kleinste lichte Höhe	$H_{\text{li}} = 6,00 \text{ m}$
Baustoffe	
Baustahl	S355J2+N
Kopfbolzendübel	S235J2+C450
Beton der Fahrbahnplatte	C35/45
Betonstahl	B500B, hochduktil
Umweltbedingungen	XD3, XC4, XF2, WA
Sonstige Randbedingungen	
Verkehrskategorie	örtliche Straße mit geringem LKW-Anteil
Entwurfsgeschwindigkeit	100 km/h
Anzahl der LKW-Fahrstreifen	1
Anzahl LKW pro Jahr N_{obs}	$0,05 \cdot 10^6$
Beiwert der Verkehrsart Q	0,82
Beiwert der Oberflächenrauigkeit φ_{fat}	1,20
Bemessungslebensdauer N_{years}	100 Jahre
Projektspezifische Einwirkungen	
Lastmodell 1	$\alpha_{Q1} = 1,00$
	$\alpha_{q1} = 1,33$
	$\alpha_{qr} = 1,20$
Ermüdungslastmodell 3	

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-9
Kapitel / Vorgang:	1. Allgemeines 1.2 Beschreibung des Gesamtbauwerkes	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

1.3 Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise

Nachfolgend werden die im Rahmen dieser Berechnung zugrunde gelegten Regelwerke und verwendeten Unterlagen aufgeführt.

Tabelle 2 Normen, Vorschriften und verwendete Unterlagen

	verw. Abk.	Bezeichnung	Fassung
Eurocode 0	EC-0	Grundlagen der Tragwerksplanung	
	EC-0	Grundlagen der Tragwerksplanung	12/2010
	EC-0/NA	Grundlagen der Tragwerksplanung – NA	12/2010
	EC-0/NA/A1	Grundlagen der Tragwerksplanung – NA A1	08/2012
Eurocode 1	EC-1	Einwirkungen auf Tragwerke	
	EC-1-1-1	Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten	12/2010
	EC-1-1-1/NA	Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten – NA	12/2010
	EC-1-1-1/NA/A1	Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten – NA A1	05/2015
	EC-1-1-4	Windeinwirkungen	12/2010
	EC-1-1-4/NA	Windeinwirkungen – NA	12/2010
	EC-1-1-5	Temperatureinwirkungen	12/2010
	EC-1-1-5/NA	Temperatureinwirkungen – NA	12/2010
	EC-1-1-7	Außergewöhnliche Einwirkungen	12/2010
	EC-1-1-7/A1	Außergewöhnliche Einwirkungen A1	08/2014
	EC-1-1-7/NA	Außergewöhnliche Einwirkungen – NA	12/2010
	EC-1-2	Verkehrslasten auf Brücken	12/2010
	EC-1-2/NA	Verkehrslasten auf Brücken – NA	08/2012
Eurocode 2	EC-2	Bemessung u. Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken	
	EC-2-1-1	Allg. Bemessungsregeln	01/2011
	EC-2-1-1/A1	Allg. Bemessungsregeln A1	03/2015
	EC-2-1-1/NA	Allg. Bemessungsregeln – NA	04/2013
	EC-2-1-1/NA/A1	Allg. Bemessungsregeln – NA A1	12/2015
	EC-2-2	Bemessung von Betonbrücken	12/2010
	EC-2-2/NA	Bemessung von Betonbrücken – NA	04/2013
Eurocode 3	EC-3	Bemessung u. Konstruktion von Stahlbauten	
	EC-3-1-1	Allg. Bemessungsregeln	12/2010
	EC-3-1-1/A1	Allg. Bemessungsregeln – A1	07/2014
	EC-3-1-1/NA	Allg. Bemessungsregeln – NA	09/2017
	EC-3-1-5	Anschlüsse	12/2010
	EC-3-1-5/NA	Anschlüsse – NA	12/2010
	EC-3-1-8	Plattenförmige Bauteile	12/2010
	EC-3-1-8/NA	Plattenförmige Bauteile – NA	04/2016
	EC-3-1-9/NA	Ermüdung – NA	12/2010
	EC-3-1-10	Stahlsortenauswahl	12/2010

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-10
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.3 Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)									
Straßenverwaltung											
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018									

Tabelle 2 Normen, Vorschriften und verwendete Unterlagen (fortgesetzt)

	verw. Abk.	Bezeichnung	Fassung
	EC-3-1-10/NA	Stahlsortenauswahl – NA	04/2016
	EC-3-2	Bemessung von Stahlbrücken	12/2010
	EC-3-2/NA	Bemessung von Stahlbrücken – NA	10/2014
Eurocode 4	EC-4	Bemessung u. Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton	
	EC-4-1-1	Allg. Bemessungsregeln	12/2010
	EC-4-1-1/NA	Allg. Bemessungsregeln – NA	12/2010
	EC-4-2	Bemessung von Verbundbrücken	12/2010
	EC-4-2/NA	Bemessung von Verbundbrücken – NA	12/2010
Beton	DIN EN 206-1	Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität	01/2001
	DIN EN 206-1/A1	Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität A1	10/2004
	DIN EN 206-1/A2	Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität A2	09/2005
	DIN 1045-2	Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1	08/2008
Baustahl	DIN EN 10025	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustahl	
	DIN EN 10025-1	Allgemeine technische Lieferbedingungen	02/2005
	DIN EN 10025-2	Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle	04/2005
	DBS 918 002-02	Deutsche Bahn Standard – Technische Lieferbedingungen Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen	01/2013
Kopfbolzen	DIN EN ISO 13918	Schweißen – Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenschweißen	10/2008
ZTV-ING	ZTV-ING	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten	01/2018
RIZ-ING	RIZ-ING	Richtzeichnungen für Ingenieurbauten	12/2014
ARS 22/2012	ARS 22/2012	Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 22/2012 inkl. Anlagen 1 bis 6	11/2012
DAfStb-Heft 600	Heft 600	Erläuterung zur DIN EN 1992-1-1 und NA	2012
DIN EN 1090-2	DIN EN 1090-2	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken	09/2018

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-11
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.3 Technische Vorschriften, Gutachten und Literaturhinweise	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Literatur	[U1]	„Zum Biegedrillknicken von Verbundträgern“ (Hanswille, Lindner, Münich, Stahlbau, Jahrgang Nr. 67, Heft 7, Ernst & Sohn, 1998)	1998
	[U2]	„Zur Frage des Biegedrillknickens bei Stahlverbundträgern“ (Roik, Hanswille, Kina, Stahlbau 59 (1990) Heft 11 Seite 327-333, Verlag Ernst und Sohn)	1990
	[U3]	„Neue Verbundbaunorm E DIN 18800-5 mit Kommentar und Beispiel“ (Hanswille, Bergmann, Stahlbau-Kalender, Ernst & Sohn, 2000)	2000
	[U4]	„Leitfaden zum DIN Fachbericht 104 Verbundbrücken“ (Hanswille, Stranghöner, Ernst & Sohn, 2003)	2003

1.4 Abweichungen von Regelwerken

Abweichungen von den eingeführten technischen Regelwerken sind nicht vorhanden.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 1-12
Kapitel / Vorgang:	1 Allgemeines 1.4 Abweichungen vom Regelwerk	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<h2>2 Verbundüberbau</h2> <h3>2.1 Berechnungsgrundlagen</h3> <p>Das statische Modell und die grundlegenden Annahmen müssen den Anforderungen nach EC-0 Kapitel 5.1.1 entsprechen. Das Modell muss das Verhalten von Querschnitten, Bauteilen, Verbindungen und Lagern ausreichend genau abbilden.</p> <p>Die Schnittgrößen dürfen auch dann nach der Elastizitätstheorie berechnet werden, wenn die Beanspruchbarkeit der Querschnitte vollplastisch oder nichtlinear ermittelt wird.</p> <p>Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu berechnen, wobei Einflüsse aus nichtlinearem Verhalten, wie z. B. die Rissbildung des Betons, zu berücksichtigen sind.</p> <p>Für den Nachweis des Grenzzustandes der Ermüdung sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu bestimmen.</p> <p>Bei der Berechnung müssen die Einflüsse aus der Schubweichheit breiter Gurte (mittragende Breite) und aus lokalen Beulen von Stahlquerschnittsteilen berücksichtigt werden, wenn sie die Schnittgrößenverteilung nennenswert beeinflussen.</p> <p>Einflüsse aus dem Verformungsverhalten (Schlupf, Abheben) der Verbundfuge dürfen bei der Schnittgrößenermittlung vernachlässigt werden, wenn die Verdübelung nach EC-4-2 Kapitel 6.6 ausgeführt wird.</p> <p>Bei der Berechnung sind im Allgemeinen die Einflüsse aus der Rissbildung im Beton, aus dem Kriechen und Schwinden, aus der Belastungsgeschichte sowie aus Vorspannmaßnahmen zu berücksichtigen.</p> <p>Mit Ausnahme von Doppelverbundquerschnitten dürfen die Einflüsse aus Kriechen des Betons mit Hilfe von Reduktionszahlen n_L, die von der Beanspruchungsart (Indizes L) abhängig sind, berücksichtigt werden.</p>		
		EC4-2, 5.1.1 (1)P
		EC4-2, 5.4.1 (1)
		EC4-2, 5.4.1 (2)
		EC4-2, 5.4.1 (3)
		EC4-2, 5.4.1 (4)P
		EC4-2, 5.4.1 (8)
		EC4-2, 5.4.2.1 (1)
		EC4-2, 5.4.2.2 (2)
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-1
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1 Berechnungsgrundlagen	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p>In Trägerbereichen, in denen der Betongurt als gerissen angenommen wird, dürfen bei der Ermittlung der sekundären Beanspruchungen aus dem Schwinden die Auswirkungen aus den primären Beanspruchungen infolge Schwinden vernachlässigt werden.</p>		<p>EC4-2, 5.4.2.2 (1)P</p> <p>EC4-2, 5.4.2.5 (1)</p>
<p>Die Einflüsse aus der Rissbildung des Betons sind bei der Berechnung ausreichend genau zu berücksichtigen.</p>		EC4-2, 5.4.2.3 (1)P
<p>Zur Berücksichtigung der Einflüsse aus der Rissbildung darf für Verbundträger mit Betongurten das nachfolgend angegebene Verfahren verwendet werden. Im ersten Schritt werden für die charakteristische Kombination der Einwirkungen nach EC-0 Kapitel 6.5.3 die extremalen Schnittgrößen (Momentengrenzlinie) mit den Biegesteifigkeiten E_{a1} der ungerissenen Querschnitte und unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons bestimmt. Diese Berechnung wird als „Tragwerksberechnung ohne Berücksichtigung der Rissbildung“ bezeichnet.</p>		EC4-2, 5.4.2.3 (2)
<p>In Trägerbereichen, in denen infolge der aus der Haupttragwerkswirkung resultierenden extremalen Schnittgrößen die Randzugspannung des Betongurtes für Normalbeton den zweifachen Wert von f_{ctm} nach EC-2-1-1, Tabelle 3.1 und für Leichtbeton den zweifachen Wert von f_{lctm} nach EC-2-1-1, Tabelle 11.3.1 überschreitet, ist die Biegesteifigkeit auf den Wert E_{a2} abzumindern. Die hieraus resultierende Steifigkeitsverteilung darf für Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zugrunde gelegt werden. Anschließend sind die Schnittgrößen und gegebenenfalls die Verformungen mit dieser Steifigkeitsverteilung erneut zu ermitteln. Diese Berechnung wird als „Tragwerksberechnung unter Berücksichtigung der Rissbildung“ bezeichnet.</p>		
<p>Für durchlaufende Verbundträger ohne Vorspannmaßnahmen und mit oberhalb des Stahlquerschnitts angeordneten Betongurten darf das nachfolgend angegebene Näherungsverfahren verwendet werden. Wenn das Verhältnis der an eine Innenstütze angrenzenden Stützweiten (l_{min}/l_{max}) nicht kleiner als 0,6 ist, darf der Einfluss der Rissbildung durch Ansatz der Biegesteifigkeit E_{a2} über 15 % der Stützweite der an die betrachtete Innenstütze angrenzenden Feldern und durch Ansatz der Steifigkeit E_{a1} in den restlichen Bereichen erfasst werden.</p>		EC4-2, 5.4.2.3 (3)
$L_{min}/L_{max} = 15,0/15,0 = 1,0 > 0,6$		<p>Stützweite Feld 1: 15,0 m</p> <p>Stützweite Feld 2: 15,0 m</p>
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-2
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1 Berechnungsgrundlagen	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p><u>Anmerkung:</u></p> <p>Im vorliegenden Fall wird von der oben genannten Regelung nach EC-4 Abschnitt 5.4.2.3 (3) Gebrauch gemacht. Die dort angegebenen Anwendungsgrenzen sind erfüllt.</p> <p>Bei der Tragwerksberechnung müssen die Einflüsse aus der Belastungsgeschichte ausreichend genau berücksichtigt werden. Hierzu zählen Einflüsse aus einer abschnittswisen Herstellung des Tragwerks, aus Systemwechseln und gegebenenfalls Einflüsse aus Einwirkungen, die teilweise auf das Stahl- oder Verbundtragwerk wirken (Herstellung mit oder ohne Eigen-gewichtsverbund)</p> <p>Einflüsse aus Temperatureinwirkungen sind in der Regel nach EC-1-5 zu berücksichtigen.</p> <p style="text-align: right;">EC4-2, 5.4.2.4 (1)P</p> <p style="text-align: right;">EC4-2, 5.4.2.5 (1)</p> <p>2.1.1 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems</p> <p>Der Überbau kann prinzipiell als Trägerrost nach Theorie I. Ordnung berechnet werden. Da nur zwei Hauptträger vorhanden sind und diese nur eine geringe Torsionssteifigkeit aufweisen, wird das System als Durchlaufträger mit zwei Feldern und kurzen Kragarmen an den Endfeldern idealisiert.</p> <p><u>Anmerkung:</u></p> <p>Die Lasten können damit nach dem Hebelgesetz auf die beiden Hauptträger verteilt werden.</p> <p>Die Querschnittswerte werden unter Berücksichtigung der mit-tragenden, bzw. wirksamen Querschnittsflächen ermittelt. Quer-schnittsteile aus Stahlbeton werden in ideale Stahlquerschnitte umgerechnet.</p> <p>Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt nach der Elastizitäts-theorie.</p> <p>Während die Geometrie des Systems für den untersuchten Bauzustand und Endzustand gleichbleibt, werden die Quer-schnittswerte entsprechend angepasst.</p> <p>Die Geometrie des statischen Längssystems kann der folgenden Abbildung entnommen werden.</p>		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-3
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.1 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

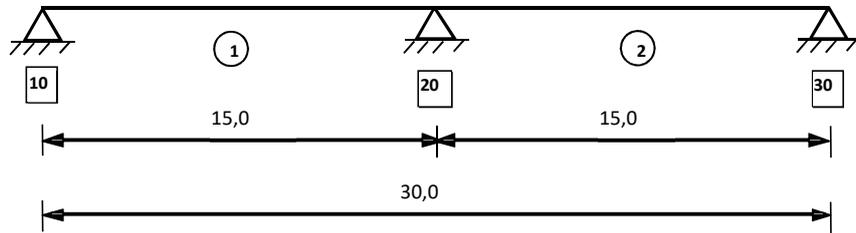


Abbildung 3 Statisches System in Längsrichtung

Die Nachweise für das Tragsystem in Querrichtung werden im Rahmen dieses Beispiels nicht ausgegeben.

In den Achsen 10, 20 und 30 ist das System vertikal unverschieblich gelagert.

In Achse 20 befindet sich der Festpunkt des Überbaus in Längsrichtung. Er ist hier in Lagerreihe 1 in Längsrichtung unverschieblich gelagert.

In den Achsen 10 und 30 ist der Überbau in Lagerreihe 1 querfest gelagert.

Die Lagerung erfolgt auf bewehrten Elastomerlagern.

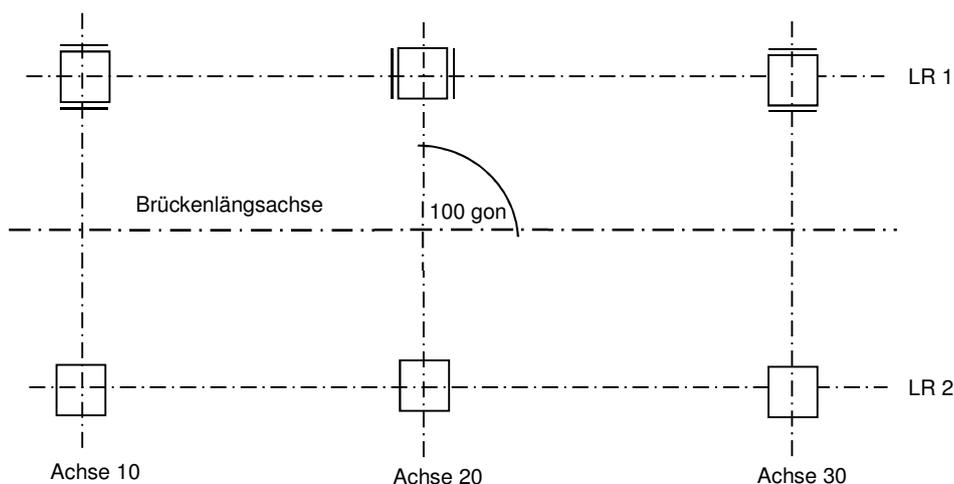


Abbildung 4 Lagerschema

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-4
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.1 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.2 Eingabedaten für EDV-Rechenverfahren

Die Berechnung des Stabwerks erfolgt mit Hilfe des Programms InfoCAD Version 17.20a der Firma InfoGraph GmbH. Dieses Programmsystem ist eine speziell für das Bauwesen entwickelte Softwarelösung zur Analyse ebener und räumlicher Tragwerke.

Die Eingabe des Systems erfolgt über Stäbe mit frei wählbaren Querschnittswerten. Die Ermittlung der Querschnittswerte erfolgt „händisch“ unter Verwendung von Microsoft Excel.

Vereinfachend wird nur ein Stahlträger modelliert. Die Berechnung der Schnitt-, Auflager- und Weggrößen erfolgt mithilfe eines Stabwerks in InfoCAD nach der Elastizitätstheorie.

Die Geometrie sowie die Knoten- und Elementunterteilung können der folgenden Abbildung entnommen werden.

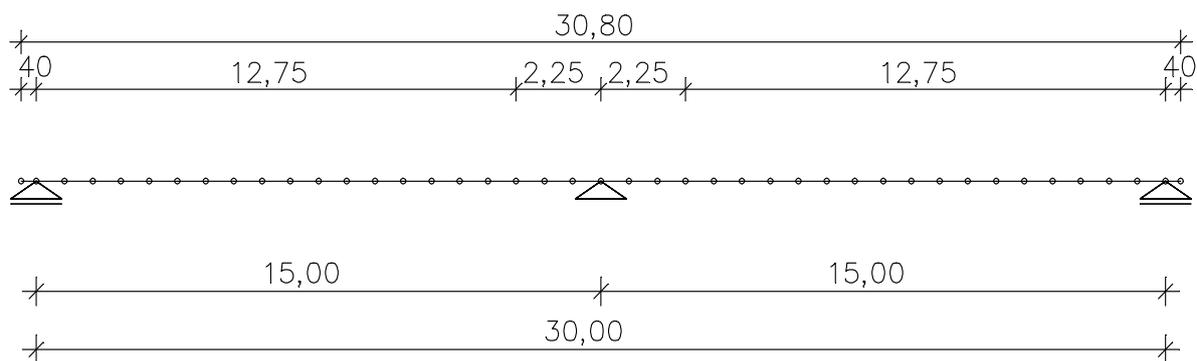


Abbildung 5 Statisches System in Längsrichtung (EDV)

Auf den Ansatz der Lagersteifigkeiten wird im Rahmen der Berechnungen mittels InfoCad verzichtet.

Die Kombinationen der Schnitt-, Auflager- und Weggrößen erfolgt programintern. Die Nachweisführung erfolgt „händisch“ bzw. unter Verwendung von Microsoft Excel.

Die Ermittlung der Querschnittswerte sowie die berechneten Schnitt-, Auflager- und Weggrößen werden in den folgenden Kapiteln ausgegeben.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-5
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.2 Eingabedaten für EDV-Rechenverfahren	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe

2.1.3.1 Geometrische Systemgrößen

Das statische System in Längsrichtung ist in Abbildung 5 dargestellt. Es ergeben sich folgende Größen:

Gesamtstützweite	L	= 30,00 m
Stützweite Feld 1	L_1	= 15,00 m
Stützweite Feld 2	L_2	= 15,00 m
seitlicher Kragarm	L_3	= 0,40 m
Radius der Fahrbahn	R	= ∞
Kreuzungswinkel	α	= 100 gon

Für das Quersystem ergeben sich gemäß Abbildung 2 folgende Größen:

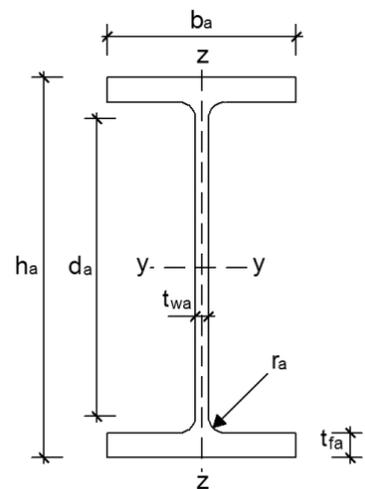
Brückenbreite ohne Randkappen	B	= 6,00 m
Brückenbreite mit Randkappen	B_{Ka}	= 6,50 m
Kleinste lichte Höhe	H_1	= 6,00 m
Höhe über Gelände/OK Kappe	H_2	= 7,68 m

2.1.3.2 Geometrische Querschnittsgrößen

2.1.3.2.1 Stahlträger

Die Formelzeichen des Stahlträgers werden zusätzlich mit dem Index „a“ versehen.

Stahlträgertyp	HX 1000 M	
Stahlgüte	S355J2+N	
Anzahl	zwei Stück	
Höhe	h_a	= 1008 mm
Breite	b_a	= 453 mm
Stegdicke	t_{wa}	= 21,0 mm
Flanschdicke	t_{fa}	= 40,0 mm
Walzradius	r_a	= 30 mm
Steghöhe	d_a	= 868 mm
Stahlträgerfläche	A_a	= 565 cm ²
Trägheitsmoment (y-Achse)	I_{ya}	= 1005400 cm ⁴
Trägheitsmoment (z-Achse)	I_{za}	= 62070 cm ⁴
Torsionsträgheitsmoment	I_{Ta}	= 2346 cm ⁴



Der horizontale Achsabstand der Stahlträger beträgt $a_a = 3,00$ m.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-6
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.2.2 Verbundplatte

Breite der Verbundplatte $b_c = 6,00 \text{ m}$
 Dicke der Verbundplatte $h_c = 0,30 \text{ m}$

Die Bewehrung der Ortbetonverbundplatte wird wie folgt festgelegt:

Tabelle 3 Bewehrung der Ortbetonverbundplatte

	Φ_s [mm]	n_{As} [Stück]	e [cm]	b_{eff} [m]	A_s [cm ²]
Auflager (10)	16	2	15,0	2,44	65,2
Feld 1	16	2	15,0	3,00	80,5
Stütze (20)	20	2	10,0	2,23	140,0
Feld 2	16	2	15,0	3,00	80,5
Auflager (30)	16	2	15,0	2,44	65,2

- mit:
- Φ_s Bewehrungsstabdurchmesser
 - n_{As} Anzahl der Bewehrungslagen
 - e horizontaler Stababstand
 - b_{eff} mittragende Breiten gemäß Kapitel 2.1.3.4.3
 - A_s Bewehrungsfläche des jeweiligen Querschnittes

Anmerkung:

In Querrichtung sind oben und unten jeweils $\emptyset 12-20$ vorgesehen. Es ergibt sich somit eine Querbewehrung von $11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-7
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.3 Kenngrößen der Baustoffe

2.1.3.3.1 Betonstahl

Betonstahlsorte:	B500B	EC2-2 NCI zu 3.2.2 (3)P
Streckgrenze:	$f_{yk} = 500 \text{ MN/m}^2$	EC2-2 NDP zu 3.2.2 (3)P
Rechner. Zugfestigkeit:	$f_{tk,cal} = 525 \text{ MN/m}^2$	EC2-2 NDP zu 3.2.7 (2)
Duktilitätsklasse:	hoch (Klasse B)	EC2-2 NCI zu 3.2.4 (101)P EC2-2 NCI zu 3.2.2 (3)P
Betondeckung		EC2-2 NDP zu 4.4.1.2 (5) Tab 4.3.1DE
Überbau:	$C_{min,dur} = 40 \text{ mm}$ $C_{nom} = 45 \text{ mm}$	
Kappen bei Straßenbrücken: nicht beton- berührte Flächen	$C_{min,dur} = 40 \text{ mm}$ $C_{nom} = 50 \text{ mm}$	
betonberührte Flächen	$C_{min,dur} = 20 \text{ mm}$ $C_{nom} = 25 \text{ mm}$	
Teilsicherheitsbeiwerte		EC2-2 NDP zu 2.4.2.4 (1) Tab. 2.1DE
ständig und vorübergehend:	$\gamma_s = 1,15$	
außergewöhnlich:	$\gamma_s = 1,00$	
Ermüdung:	$\gamma_s = 1,15$	
Elastizitätsmodul:	$E_s = 200000 \text{ MN/m}^2$	EC2-1-1 3.2.7 (4)

2.1.3.3.2 Beton

Betonfestigkeitsklasse:	C35/45	EC2-1-1 3.1.2 Tab. 3.1 ZTV-ING Teil 4 Abs. 2 Kap. 2.3 Abs. (3)
charakt. Druckfestigkeit:	$f_{ck} = 35 \text{ MN/m}^2$	EC2-1-1 3.1.2 Tab. 3.1 f_{ck} entspricht der Zylinder- druckfestigkeit
Mittelwert der Zugfestigkeit:	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MN/m}^2$	
Teilsicherheitsbeiwerte		
ständig und vorübergehend:	$\gamma_c = 1,50$	EC2-2 NDP zu 2.4.2.4 (1) Tab. 2.1DE
außergewöhnlich:	$\gamma_c = 1,30$	
Ermüdung:	$\gamma_c = 1,50$	
Elastizitätsmodul:	$E_c = 34000 \text{ MN/m}^2$	EC2-1-1 3.1.2 Tab. 3.1 E_{cm} entspricht dem mittleren Sekantenmodul

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-8
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz		Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung			
Aufsteller	h ² Hochschule Magdeburg – Stendal		Datum: 30.09.2018
2.1.3.3 Baustahl (Walzprofil)			
Stahlgüte:	S355J2+M	EC3-2 Tab NA.1 ZTV-ING Teil 4 Abs. 1 Kap. 2 Abs. (5)	
Nennstreckgrenze:	$f_{yk} = 355 \text{ MN/m}^2$ für $t \leq 40 \text{ mm}$	EC3-2 Tab. 3.1	
	$f_{yk} = 335 \text{ MN/m}^2$ für $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$		
charakt. Zugfestigkeit:	$f_{uk} = 490 \text{ MN/m}^2$ für $t \leq 40 \text{ mm}$	EC3-2 3.2.1 (1) Tab. 3.1	
	$f_{uk} = 470 \text{ MN/m}^2$ für $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$		
Teilsicherheitsbeiwerte		EC3-2 6.1 (1) Tab. 6.1 EC3-2 NDP zu 9.3 (2)P	
ständig und vorübergehend:	$\gamma_{M0} = 1,00$ $\gamma_{M1} = 1,10$ $\gamma_{M2} = 1,25$	γ_{M0} für Tragsicherheitsnachweise ohne Berücksichtigung der Stabilität γ_{M1} für Stabilitätsnachweise γ_{M2} für Anschlüsse	
außergewöhnlich:	$\gamma_{M0} = 1,00$ $\gamma_{M1} = 1,00$		
Ermüdung:	$\gamma_{Mf} = 1,15$		
Elastizitätsmodul:	$E_a = 210000 \text{ MN/m}^2$	EC3-2 3.2.6 (1)	
Schubmodul:	$G_a = 81000 \text{ MN/m}^2$	EC3-2 3.2.6 (1)	
2.1.3.3.4 Kopfbolzendübel			
Stahlgüte:	S235J2+C450	ZTV-ING Teil 4 Abs. 2 Kap. 2.1	
charakt. Zugfestigkeit:	$f_{uvk} = 450 \text{ MN/m}^2$	DIN EN ISO 13918	
Teilsicherheitsbeiwerte		EC4-2 NDP zu 6.6.3.1 (1) EC3-2 NDP zu 9.3 (2)P	
ständig und vorübergehend:	$\gamma_v = 1,25/1,50$	ständig und vorübergehend: $\gamma_v = 1,25$ für EC4-2 Gl. (6.18) $\gamma_v = 1,50$ für EC4-2 Gl. (6.19)	
außergewöhnlich:	$\gamma_v = 1,00$		
Ermüdung:	$\gamma_{Mf} = 1,15$		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt		Seite: 2-9
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe		Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.4 Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung

Die Querschnittswerte sind abhängig von:

- den mittragenden Breiten b_{eff} ,
- dem betrachteten Zeitpunkt t ,
- der betrachteten Einwirkung.

2.1.3.4.1 Ermittlung der Kriechzahlen und der Schwinddehnung

Es wird angenommen, dass die Brücke 28 Tage nach dem Baubeginn des Überbaus durch die Ausbaulasten belastet und anschließend für den Verkehr freigegeben wird.

Die Nutzungsdauer der Brücke beträgt 100 Jahre.

EC3-2 NDP Zu 2.1.3.2 (1)
Anmerkung 1

Die Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung werden für die beiden Zeitpunkte t_{28} und t_{∞} ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons hängen hauptsächlich von der Umgebungsfeuchte, den Bauteilabmessungen und der Betonzusammensetzung ab. Das Kriechen wird auch vom Grad der Erhärtung des Betons beim erstmaligen Aufbringen der Last sowie von der Dauer und der Größe der Beanspruchung beeinflusst.

EC2-2 3.1.4 (1)P

Bei der Ermittlung der Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ und der Schwinddehnung ϵ_{cs} sind diese Einflüsse zu berücksichtigen.

Wenn kein genaueres Berechnungsverfahren angewendet wird, darf das Kriechen des Betons bei Verbundbrücken mit Hilfe von Reduktionszahlen n_L für die Betonquerschnittsteile erfasst werden.

Die Kriechzahlen werden nach EC-2-1-1 Kapitel 3.1.4 ermittelt. Sie können aus Diagrammen im EC2-1-1 3.1.4 abgelesen oder rechnerisch gemäß EC2-1-1 und EC2-2, jeweils Anhang B, bestimmt werden.

Zur Berechnung der Kriechzahl für $t = \infty$ darf die geplante Nutzungsdauer rechnerisch mit 70 Jahren angenommen werden.

EC2-2 NCI zu Bild 3.1

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-10
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p>Benötigt werden folgende Kriechzahlen:</p> <p>$\varphi(t_{\infty}, t_{28})$ Erfassung der Kriecheinflüsse t_{∞}: betrachteter Zeitpunkt t_{28}: Betonalter bei Belastungsbeginn</p> <p>$\varphi(t_{\infty}, t_1)$ Erfassung der Schwindeinflüsse t_{∞}: betrachteter Zeitpunkt t_1: Betonalter bei Schwindbeginn</p> <p>Ermittlung der Eingangsgrößen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bestimmung der wirksamen Querschnittsdicke EC2-1-1 3.1.4 (5) <p>mit: $h_0 = 2 \cdot A_c / u$</p> <p>Fläche des gesamten Betonquerschnittes:</p> $A_c = b \cdot h_c$ $A_c = 6,00 \cdot 0,30 = 1,80 \text{ m}^2$ <p style="text-align: right;">$b = 6,00 \text{ m}$, geometrische Breite des Betongurtes $h_c = 0,30 \text{ m}$, Dicke des Betongurtes</p> <p>Abwicklung der der Austrocknung ausgesetzten Begrenzungsfläche des gesamten Betonquerschnittes</p> $u = 2 \cdot (b + h_c) - 2 \cdot b_a$ $u = 2 \cdot (6,00 + 0,3) - 2 \cdot 0,453 = 11,69 \text{ m}$ <p style="text-align: right;">$b_a = 0,453 \text{ m}$, Flanschbreite des Stahlprofils</p> $h_0 = 2 \cdot 1,80 / 11,69$ $\Rightarrow h_0 = 308 \text{ mm}$ <ul style="list-style-type: none"> relative Luftfeuchte RH = 80%, Außenluft EC2-2 NCI zu 3.1.4 (1)P Beton C35/45 Festigkeitsklasse des Zementes 32,5 N <p>Es wird für die zu berücksichtigen Einflüsse Folgendes ermittelt:</p> <p>a) Kriechzahl für $t_0 = t_{28}$</p> <p>mit: $h_0 = 308 \text{ mm}$ $t_0 = 28 \text{ Tage}$</p> <p>ergibt sich nach Abbildung 6:</p> $\varphi(t_{\infty}, t_{28}) \approx 1,50$		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-11
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)									
Straßenverwaltung											
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum:	30.09.2018								

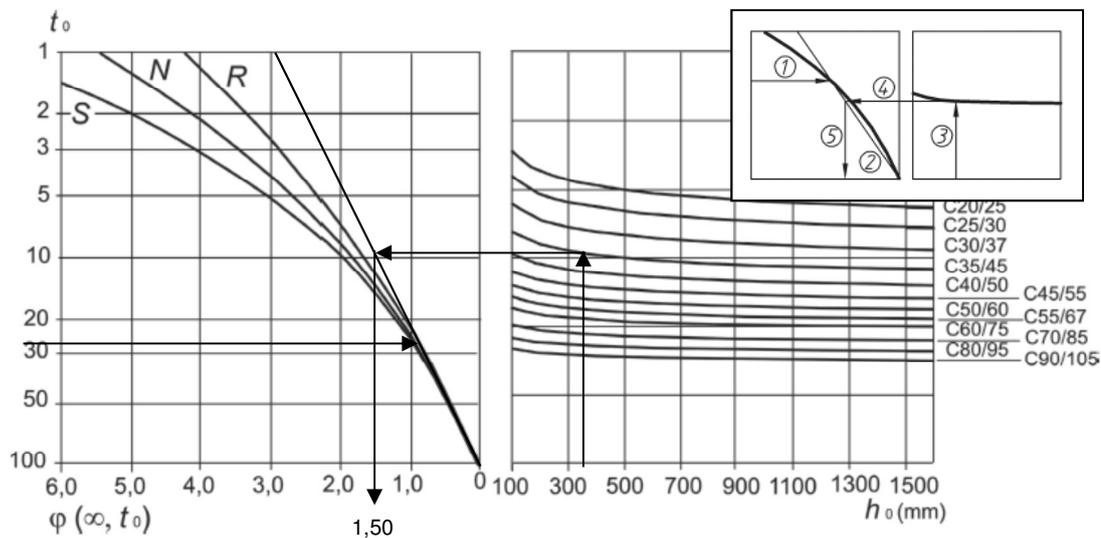


Abbildung 6 Ermittlung der Endkriechzahl $\phi(t_{\infty}, t_{28})$ nach Bild 3.1, EC2-1-1

b) Kriechzahl für $t_0 = t_s$

mit: $h_0 = 308 \text{ mm}$
 $t_0 = t_s = 1 \text{ Tag}$

ergibt sich Abbildung 7:

$$\phi(t_{\infty}, t_1) \approx 2,78$$

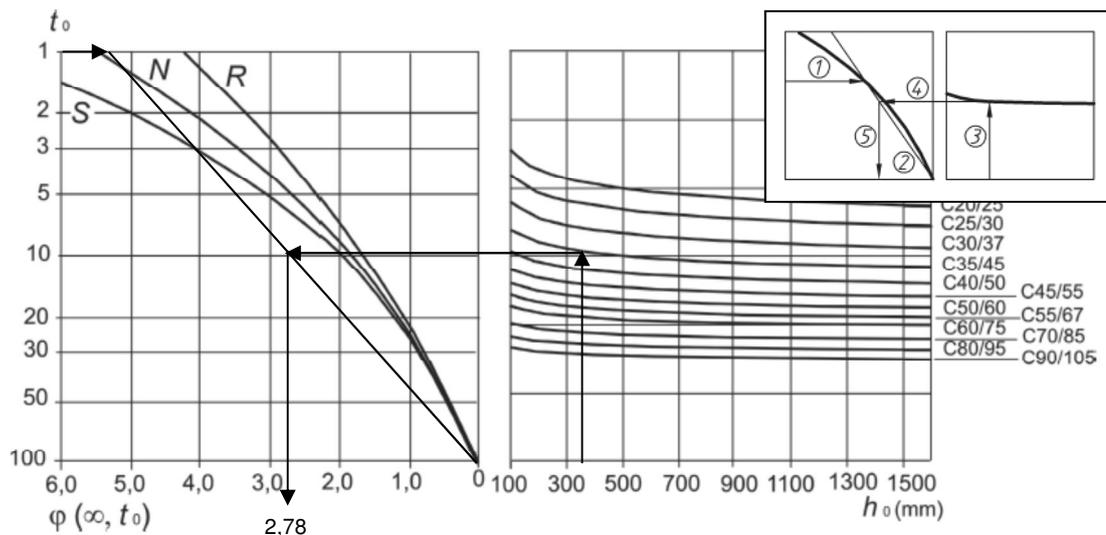


Abbildung 7 Ermittlung der Endkriechzahl $\phi(t_{\infty}, t_1)$ nach Bild 3.1, EC2-1-1

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-12
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz		Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung			
Aufsteller	h ² Hochschule Magdeburg – Stendal		Datum: 30.09.2018
<p>Die Gesamtschwinddehnung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: der Trocknungsschwinddehnung und der autogenen Schwinddehnung. Die Trocknungsschwinddehnung bildet sich langsam aus, da sie eine Funktion der Wassermigration durch den erhärteten Beton ist. Die autogene Schwinddehnung bildet sich bei der Betonerhärtung aus: Der Hauptanteil bildet sich bereits in den ersten Tagen nach dem Betonieren aus. Das autogene Schwinden ist eine lineare Funktion der Betonfestigkeit. Es sollte insbesondere dort berücksichtigt werden, wo Frischbeton auf bereits erhärteten Beton aufgebracht wird.</p> <p>$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$</p> <p>Dabei ist: ϵ_{cs} die Gesamtschwinddehnung ϵ_{cd} die Trocknungsschwinddehnung ϵ_{ca} die autogene Schwinddehnung</p> <p>Somit ergibt sich die Gesamtschwinddehnung zum Zeitpunkt $t = 28$ d, bezeichnet als ϵ_{cs28}, aus:</p> <p>$\epsilon_{cs28} = \epsilon_{cd28} + \epsilon_{ca28}$</p> <p>Eingangsgrößen:</p> <p>$h_0 = 308$ mm</p> <p>relative Luftfeuchte RH = 80 %, Außenluft</p> <p>Beton C35/45 mit $f_{ck} = 35$ N/mm²</p> <p>Zeitpunkt des Beginns des Trocknungsschwindens $t_s = 1$ d</p> <p>Das Trocknungsschwinden des Betons zum Zeitpunkt $t = 28$ d errechnet sich zu:</p> <p>$\epsilon_{cd28} = \gamma_{lt} \cdot \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd0}$</p> <p>mit: $\gamma_{lt} = 1,00$</p> $\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$ $\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(28 - 1)}{(28 - 1) + 0,04 \cdot \sqrt{308^3}} = 0,11$			<p>EC2-1-1 3.1.4 (6)</p> <p>EC2-1-1 3.1.4 (6) Gl. (3.8)</p> <p>EC2-2 NCI zu 3.1.4 (1)P</p> <p>EC4-2 5.4.2.2 (4)</p> <p>EC2-2 NCI zu 3.1.4 (6) Gl. (NA.103.9)</p> <p>EC2-2 NCI zu B.105 Gl. (B.128)</p> <p>EC2-1-1 3.1.4 (6) Gl. (3.10)</p>
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt		Seite: 2-13
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe		Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p> $k_h = 0,75$ $\epsilon_{cd0} = 0,25 \text{ ‰}$ </p> <p> $\epsilon_{cd28} = 1,00 \cdot 0,11 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 0,021 \text{ ‰}$ </p> <p> Die autogene Schwinddehnung zum Zeitpunkt $t = 28 \text{ d}$ errechnet sich zu: </p> <p> $\epsilon_{ca28} = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \cdot (1 - e^{-0,2 \cdot \sqrt{t}}) = 0,041 \text{ ‰}$ </p> <p> Die Gesamtschwinddehnung ergibt sich somit zu: </p> <p> $\epsilon_{cs28} = 0,021 + 0,041 = 0,062 \text{ ‰} = 0,000062$ </p> <p> Die Gesamtschwinddehnung zum Zeitpunkt $t = \infty$, bezeichnet als $\epsilon_{cs\infty}$, ergibt sich zu: </p> <p> $\epsilon_{cs\infty} = \epsilon_{cd\infty} + \epsilon_{ca\infty}$ </p> <p> Die Eingangsgrößen entsprechen der vorangegangenen Berechnung. </p> <p> Das Trocknungsschwinden des Betons zum Zeitpunkt $t = \infty$ errechnet sich zu: </p> <p> $\epsilon_{cd\infty} = \gamma_{lt} \cdot \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd0}$ </p> <p> mit: $\gamma_{lt} = 1,20$ $\beta_{ds}(t, t_s) = 1,0 \text{ (} t = \infty \text{)}$ $k_h = 0,75$ $\epsilon_{cd0} = 0,25 \text{ ‰}$ </p> <p> $\epsilon_{cd\infty} = 1,20 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 0,225 \text{ ‰}$ </p> <p> Die autogene Schwinddehnung zum Zeitpunkt $t = \infty$ errechnet sich zu: </p> <p> $\epsilon_{ca\infty} = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 0,0625 \text{ ‰}$ </p> <p> Die Gesamtschwinddehnung ergibt sich somit zu: </p> <p> $\epsilon_{cs\infty} = 0,208 + 0,0625 = 0,288 \text{ ‰} = 0,000288$ </p>		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-14
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

EC2-1-1 3.1.4 Tab. 3.3
EC2-2 NCI zu B.2 Tab.
NA.B.2

EC2-1-1 3.1.4 (6) Gl. (3.11)
bis (3.13)

EC2-1-1 3.1.4 (6) Gl. (3.8)

EC2-2 NCI zu 3.1.4 (6)
Gl. (NA.103.9)

EC2-2 NCI zu B.105 Gl.
(B.128)
Heft 600 zu 3.1.4 (6)
EC2-1-1 3.1.4 Tab. 3.3
EC2-2 NCI zu B.2 Tab.
NA.B.2

EC2-1-1 3.1.4 (6) Gl. (3.12)

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.4.2 Ermittlung der zeit- und lastabhängigen Reduktionszahlen

Die Ermittlung der Querschnittswerte des Verbundquerschnittes, dessen Betongurt in der Druckzone liegt (Zustand I), erfolgt mithilfe von ideellen Querschnittskenngößen. Diese werden auf den Elastizitätsmodul des Baustahls bezogen. Die Querschnittsfläche A_c und das Trägheitsmoment I_c des Betongurtes werden dabei mithilfe der Reduktionszahlen umgerechnet. Das Ebenbleiben des Gesamtquerschnittes sowie die Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes für Beton und Baustahl werden vorausgesetzt.

Für kurzzeitige Beanspruchungen aus Verkehr, Temperatur und Wind sowie für ständige Einwirkungen zu Belastungsbeginn (ohne Berücksichtigung von Kriech- und Schwindeinflüssen) ergibt sich die Reduktionszahl n_0 zu:

$$n_0 = \frac{E_a}{E_{cm}}$$

Die Kriecheinflüsse aus den ständigen Einwirkungen sowie die aus Vorspannung infolge planmäßig eingebrachter Deformationen und die primären und sekundären Schwindeinflüsse des Betongurtes werden durch die Reduktionszahlen n_L berücksichtigt:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \Psi_L \cdot \varphi_t)$$

mit:

φ_t Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ nach EC2-1-1 Kapitel 3.1.4 in Abhängigkeit vom betrachteten Betonalter (t) und vom Alter (t_0) bei Belastungsbeginn,

Ψ_L ein von der Beanspruchungsart abhängiger Kriechbeiwert, der für ständige Beanspruchungen mit 1,10, für primäre und sekundäre Beanspruchungen aus dem Schwinden mit 0,55 und für Beanspruchungen aus Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter Deformationen mit 1,50 angenommen werden darf.

EC4-2 5.4.2.2 (2)

n_0 – Reduktionszahl für kurzzeitige Beanspruchungen

E_a – E-Modul vom Baustahl
 E_{cm} – mittlerer Sekantenmodul vom Beton

n_L – beanspruchungsartabhängige Reduktionszahl

EC4-2 5.4.2.2 Gl. (5.6)

EC4-2 5.4.2.2 (2)

EC4-2 5.4.2.2 (2)

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-15
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018
<p>Wenn bei Brückentragwerken die zum Zeitpunkt t_0 vorhandene Momentenverteilung durch das Kriechen des Betons nennenswert verändert wird, wie z. B. bei Durchlaufträgern, die abschnitts- oder feldweise aus Verbund- und reinen Stahlquerschnitten bestehen, sind die zeitabhängigen sekundären Beanspruchungen (Zwangsschnittgrößen) aus dem Kriechen zu berücksichtigen. Die zugehörige Reduktionszahl darf mit dem Kriechbeiwert $\psi_L = 0,55$ ermittelt werden. Für Bauteile, bei denen alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen, dürfen die zeitabhängigen Zwangsschnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit bei Trägern ohne Biegedrillknickgefahr vernachlässigt werden.</p> <p>Die für die Umrechnung des Betonquerschnitts in einen äquivalenten Stahlquerschnitt zum Zeitpunkt t_{28} und t_∞ erforderlichen Reduktionszahlen ergeben sich zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • n_0 für Kurzzeitlasten <p style="text-align: right;">EC4-2 5.4.2.2 (6)</p> $n_0 = E_a / E_{cm} = 210000 / 34000 = 6,16$ <p style="text-align: right;">$E_a = 210000 \text{ MN/m}^2$ $E_{cm} = 34000 \text{ MN/m}^2$</p> • n_B für ständige Einwirkungen <p>$t_0 = 28 \text{ Tage}$</p> $n_B = n_0 (1 + \psi_L \cdot \varphi(t_\infty, t_{28}))$ $n_B = 6,16 \cdot (1 + 1,10 \cdot 1,50) = 16,31$ <p style="text-align: right;">$n_0 = 6,16$ $\varphi(t_\infty, t_{28}) = 1,50$ $\psi_L = 1,10$ für ständige Beanspruchungen</p> • n_{PT} für zeitabhängige sekundäre Belastungen zum Zeitpunkt $t = \infty$ <p>$t_0 = 28 \text{ Tage}$</p> $n_{PT,28} = n_0 (1 + \psi_L \cdot \varphi(t_\infty, t_{28}))$ $n_{PT,28} = 6,16 \cdot (1 + 0,55 \cdot 1,50) = 11,24$ <p style="text-align: right;">$n_0 = 6,16$ $\varphi(t_\infty, t_{28}) = 1,50$ $\psi_L = 0,55$ für zeitabhängige sekundäre Beanspruchungen</p> • n_S für primäre und sekundäre Schwindbeanspruchungen <p>$t_0 = 1 \text{ Tag}$</p> $n_S = n_{PT,1}$ $n_S = n_0 (1 + 0,55 \cdot \varphi(t_\infty, t_1))$ $n_S = 6,16 \cdot (1 + 0,55 \cdot 2,78) = 15,61$ <p style="text-align: right;">$n_0 = 6,16$ $\varphi(t_\infty, t_1) = 2,78$ $\psi_L = 0,55$ für primäre und sekundäre Schwindbeanspruchungen</p> 		
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-16
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz		Bauwerksnummer (ASB)			
Straßenverwaltung						
Aufsteller	h ² Hochschule Magdeburg – Stendal		Datum: 30.09.2018			
<p>• n_A für Vorspannungsmaßnahmen aus planmäßig eingepprägten Deformationen</p> <p>$t_0 = 28$ Tage</p> <p>$n_A = n_0 (1 + 1,50 \cdot \varphi_{(t_\infty, t_{28})})$</p> <p>$n_A = 6,16 \cdot (1 + 1,50 \cdot 1,50) = 20,01$</p> <p>$n_0 = 6,16$ $\varphi_{(t_\infty, t_1)} = 1,50$ $\psi_L = 1,50$ für Vorspannungsmaßnahmen aus planmäßig eingepprägte Deformationen</p> <p>In Trägerbereichen, in denen infolge der aus der Haupttragwerkswirkung resultierenden extremalen Schnittgrößen die Randzugspannung des Betongurtes für Normalbeton den zweifachen Wert von f_{ctm} nach EC-2-1-1, Tabelle 3.1 überschreitet, ist die Biegesteifigkeit auf den Wert $E_a I_2$ abzumindern. EC4-2 5.4.2.3 (2)</p> <p>Der Betongurt befindet sich dabei im gerissenen Zustand II.</p> <p>Die Zugfestigkeit des Betons darf nicht berücksichtigt werden. EC4-2 6.2.1.1(4)P</p> <p>Der Einfluss der Rissbildung wird durch das Näherungsverfahren nach EC4.2 Kapitel 5.4.2.3 (3) berücksichtigt. Der Betonquerschnitt wird dabei auf 15 % der Stützweite über der Mittelstütze als gerissen angenommen (siehe Abschnitt 2.1).</p> <p>Die Biegesteifigkeiten eines Verbundquerschnittes sind definiert als $E_a I_1$ und $E_a I_2$. Dabei ist:</p> <p>E_a der Elastizitätsmodul des Baustahls.</p> <p>I_1 das Flächenmoment zweiten Grades des ideellen Verbundquerschnittes unter der Annahme, dass Betonquerschnittsteile nicht gerissen sind. Dabei sollten die Reduktionszahlen zugrunde gelegt werden.</p> <p>I_2 das Flächenmoment zweiten Grades des ideellen Verbundquerschnittes, bestehend aus Baustahl und Beton- und Spannstahl innerhalb der mittragenden Breite. Zugbeanspruchte Betonquerschnittsteile werden nicht berücksichtigt.</p>						
Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt		Seite: 2-17			
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe		Archiv Nr.:			

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.4.3 Ermittlung der mittragenden Breiten

Der Einfluss aus der Schubweichheit breiter Gurte ist entweder durch eine genauere Berechnung oder durch eine mittragende Gurtbreite zu berücksichtigen. EC4-2 5.4.1.2 (1)P

a) Mittragende Breite des Betongurts

Bei der globalen Tragwerksberechnung darf eine feldweise konstante mittragende Breite angenommen werden. Diese ergibt sich für Träger mit beidseitiger Auflagerung aus dem Wert $b_{\text{eff},1}$ in Feldmitte und für Kragarme aus dem Wert $b_{\text{eff},2}$ am Auflager. EC4-2 5.4.1.2 (4)

In Feldbereichen und an Auflagern ergibt sich die gesamte mittragende Breite b_{eff} zu: EC4-2 5.4.1.2 (5)

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{ei} \quad \text{EC4-2 5.4.1.2 Gl. (5.3)}$$

Dabei ist:

- b_0 der Achsabstand zwischen den äußeren Dübelreihen,
- b_{ei} die mittragende Breite der Teilgurte beidseits des Trägersteges, die mit $L_e/8$, jedoch nicht größer als die geometrische Teilgurtbreite b_i angenommen werden darf. Für die geometrische Teilgurtbreite b_i ist im Allgemeinen die Hälfte des in der Gurtmittelfläche vorhandenen Abstandes zwischen den äußeren Dübelreihen benachbarter Träger anzunehmen. Bei Randträgern ist b_i der Abstand zwischen der äußeren Dübelreihe und dem freien Betonrand. Als äquivalente Stützweite L_e ist im Allgemeinen der Abstand der Momentennullpunkte anzunehmen. Für typische durchlaufende Verbundträger, bei denen die Momentengrenzlinie aus unterschiedlichen Laststellungen resultiert, sowie für Kragarme darf L_e nach Bild 5.1 der DIN EN 1994-2 angenommen werden.

EC4-2 5.4.1.2 (6)

Die mittragende Breite an Endauflagern darf wie folgt bestimmt werden:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum (\beta_i \cdot b_{ei}) \quad \text{EC4-2 5.4.1.2 Gl. (5.4)}$$

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-18
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

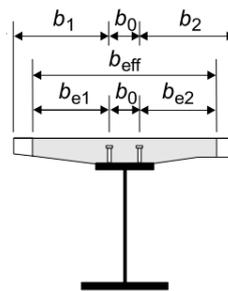
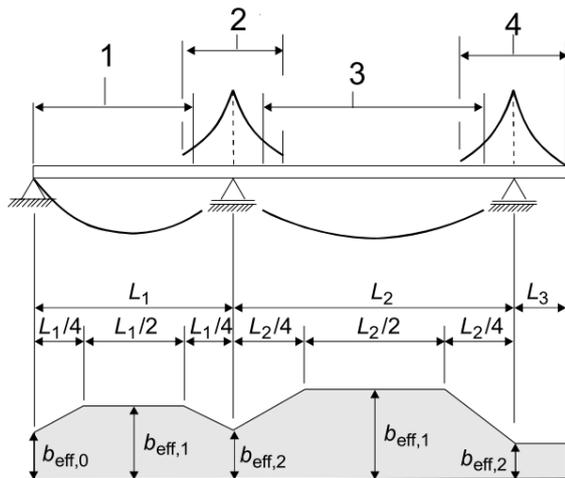
Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)								
Straßenverwaltung										
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018								

mit:

$$\beta_i = (0,55 + 0,025 \cdot L_e / b_{ei}) \leq 1,0$$

EC4-2 5.4.1.2 Gl. (5.5)

Dabei ist b_{ei} die mitttragende Breite in Feldmitte des Endfeldes und L_e die äquivalente Stützweite des Endfeldes nach Bild 5.1.



Legende

- 1 $L_e = 0,85 L_1$ für $b_{eff,1}$
- 2 $L_e = 0,25 (L_1 + L_2)$ für $b_{eff,2}$
- 3 $L_e = 0,70 L_2$ für $b_{eff,1}$
- 4 $L_e = 2 L_3$ für $b_{eff,2}$

Abbildung 8 Äquivalente Stützweiten zur Ermittlung der mitttragenden Gurtbreiten nach Bild 5.1, EC4-2

Der Verlauf der mitttragenden Gurtbreite in Trägerlängsrichtung darf nach Bild 5.1 angenommen werden.

EC4-2 5.4.1.2 (7)

- Statisches System 1:

Stahlträger ohne Betongurt → kein mitwirkender Betongurt

- Statisches System 2:

Eingangsgrößen:

- $b_0 = 35,5 \text{ cm}$ (Abstand der äußeren Dübelreihen)
- $L_1 = 15,0 \text{ m}$ (Stützweite Feld 1)
- $L_2 = 15,0 \text{ m}$ (Stützweite Feld 2)
- $b = 3,0 \text{ m}$ (Gurtbreite je Verbundträger)

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-19
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Ermittlung der geometrischen Teilgurtbreiten b_1 und b_2 :

$$b_1 = b_2 = \frac{(b-b_0)}{2} = \frac{(3,00-0,355)}{2} = 1,322 \text{ m}$$

Feldbereich

Berechnung der äquivalenten Stützweite sowie der mittragenden Breiten der Teilgurte:

$$\begin{aligned} L_e &= 0,85 \cdot L_1 = 0,85 \cdot 15,00 = 12,75 \text{ m} \\ b_{e1} &= L_e/8 = 12,75 \text{ m} / 8 = 1,594 \text{ m} \end{aligned}$$

Die ermittelte Breite darf die vorhandene geometrische Breite jedoch nicht überschreiten.

$$\begin{array}{ccc} b_{e1} & \leq & b_1 \\ 1,594 \text{ m} & >! & 1,322 \text{ m} \end{array}$$

Die Bedingung ist nicht erfüllt. Die mittragende Breite der Teilgurte ist zu reduzieren.

$$b_{e1} = 1,335 \text{ m}$$

Ermittlung der mittragenden Breite:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{ei} = 0,355 + 2 \cdot 1,322 = 3,00 \text{ m}$$

Im Feldbereich trägt somit der gesamte Betongurt des Verbundquerschnitts.

Zwischenaufleger

Berechnung der äquivalenten Stützweite sowie der mittragenden Breiten der Teilgurte:

$$\begin{aligned} L_e &= 0,25 \cdot (L_1+L_2) = 0,25 \cdot (2 \cdot 15) = 7,50 \text{ m} \\ b_{e1} &= L_e/8 = 7,50 \text{ m} / 8 = 0,938 \text{ m} \end{aligned}$$

Die ermittelte Breite darf die vorhandene geometrische Breite jedoch nicht überschreiten.

$$b_{e1} \leq b_i$$

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-20
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

$$0,938 \text{ m} < 1,335 \text{ m}$$

$$b_{e1} = 0,938 \text{ m}$$

Ermittlung der mittragenden Breite:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{ei} = 0,355 + 2 \cdot 0,938 = 2,23 \text{ m}$$

Im Bereich des Zwischenauflegers trägt somit ein „reduzierter“ Betongurt des Verbundquerschnitts.

Endauflager

Es dürfen die äquivalente Stützweite und die mittragende Breite des Feldbereiches verwendet werden.

$$L_e = 12,75 \text{ m}$$

$$b_{e1} = 1,335 \text{ m}$$

Für β_i ergibt sich:

$$\beta_1 = (0,55 + 0,025 \cdot L_e / b_{ei}) \leq 1,0$$

$$\beta_1 = (0,55 + 0,025 \cdot 12,75 \text{ m} / 1,335 \text{ m}) = 0,78$$

Ermittlung der mittragenden Breite:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum (\beta_i \cdot b_{ei})$$

$$b_{\text{eff}} = 0,355 + 2 \cdot 0,78 \cdot 1,335 = 2,44 \text{ m}$$

Im Bereich der Endauflager trägt somit ein „reduzierter“ Betongurt des Verbundquerschnitts.

b) Mittragende Breite der Stahlflansche

EC3-1-1 5.2.1 (5)

Mittragende Breiten und wirksame Breiten aus örtlichen Beulen sind in der Regel zu berücksichtigen, falls sie die globale Tragwerksberechnung beeinflussen, siehe EC3-1-5.

ANMERKUNG Bei gewalzten Profilen und geschweißten Profilen mit walzprofilähnlichen Abmessungen kann der Einfluss der mittragenden Breite vernachlässigt werden.

In diesem Fall werden die Stahlflansche als voll mittragend angesetzt.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-21
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

2.1.3.4.4 Ermittlung der Querschnittswerte für die Schnittgrößenermittlung

Grenzzustand der Tragfähigkeit

EC4-2 5.4.1.1 (1)

Die Schnittgrößen dürfen auch dann nach der Elastizitätstheorie berechnet werden, wenn die Beanspruchbarkeit der Querschnitte vollplastisch oder nichtlinear ermittelt wird.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

EC4-2 5.4.1.1 (2)

Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu berechnen, wobei Einflüsse aus nichtlinearem Verhalten, wie z. B. die Rissbildung des Betons, zu berücksichtigen sind.

Grenzzustand der Ermüdung

EC4-2 5.4.1.1 (3)

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Ermüdung sind die Schnittgrößen in der Regel nach der Elastizitätstheorie zu bestimmen.

Die Schnittgrößen dürfen demnach auf der Grundlage einer elastischen Tragwerksberechnung ermittelt werden.

Der Einfluss der Rissbildung wird durch den Ansatz der Biegesteifigkeiten E_{a2} nach Kapitel 2.1.3.1.2 berücksichtigt.

Folgendes ist zu beachten:

- Die Querschnittswerte für das statische System 1 (Bauzustand) sind identisch mit den Werten des Stahlträgers.
- Bei dem System 2 werden die Querschnittswerte für den Zustand I (Betongurt nicht gerissen) und Zustand II (Betongurt gerissen) ermittelt. Die Querschnittswerte im Zustand II sind unabhängig vom untersuchten Zeitpunkt und den Reduktionszahlen der Verbundquerschnitte.

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-22
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)
Straßenverwaltung		
Aufsteller	 Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018

Querschnittswerte im Zustand I

Nachfolgend erfolgt die Berechnung der Querschnittswerte für den Feldquerschnitt im Zustand I für Kurzzeitlasten.

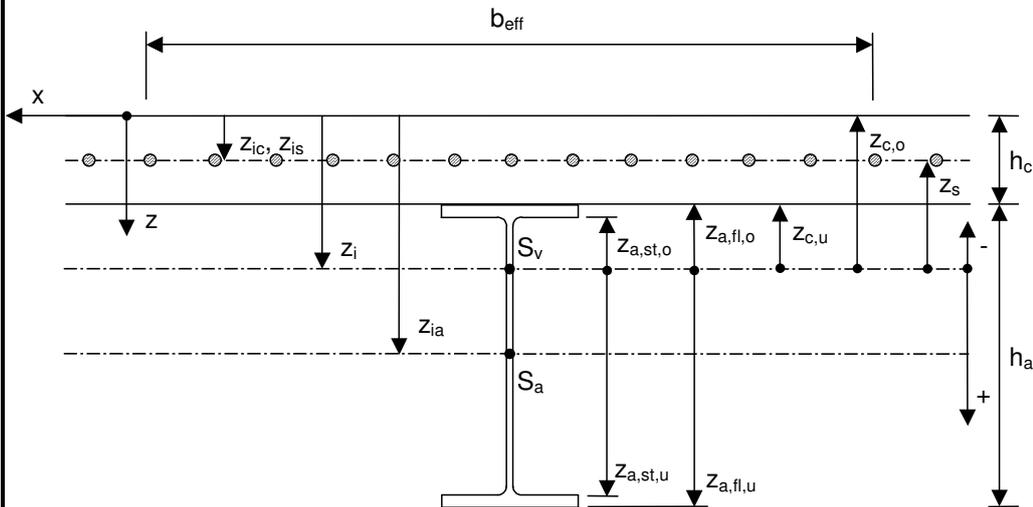


Abbildung 9 Mittragender Verbundquerschnitt im Zustand I zur Ermittlung der Widerstandsmomente

Die elastischen Verbundquerschnittswerte für **Kurzzeitlasten** im Zustand I werden nach folgenden Gleichungen mit der Reduktionszahl n_0 ermittelt.

- Äquivalente Betonquerschnittswerte

$$A_{c,i,0} = \frac{A_c}{n_0} = \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_c}{n_0} = \frac{300 \cdot 30}{6,16} = 1461,0 \text{ cm}^2$$

$$I_{c,i,0} = \frac{I_c}{n_0} = \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_c^3}{n_0 \cdot 12} = \frac{300 \cdot 30^3}{6,16 \cdot 12} = 109578 \text{ cm}^4$$

$A_c = 300 \text{ cm}^2$
 $b_{\text{eff}} = 3,00 \text{ m}$
 $h_c = 0,30 \text{ m}$
 $h_a = 1,008 \text{ m}$
 $n_0 = 6,16$

- Elastische Verbundquerschnittswerte

$$A_{i,0} = A_{c,i,0} + A_a + A_s = 1461,0 + 565 + 80,5 = 2106,5 \text{ cm}^2$$

$$z_{i,0} = \frac{A_{c,i,0} \cdot z_{ci} + A_a \cdot z_{ai} + A_s \cdot z_{si}}{A_{i,0}}$$

$A_a = 565 \text{ cm}^2$
 $A_s = 80,5 \text{ cm}^2$
 $z_{ci} = 30/2 = 15 \text{ cm}$
 $z_{ai} = 100,8/2 + 30 = 80,4 \text{ cm}$
 $z_{si} = 30/2 = 15 \text{ cm}$

$z_{i,0}$: Abstand des ideellen Schwerpunktes zum oberen Rand

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-23
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.:

Baumaßnahme	Straßenbrücke bei Cavertitz	Bauwerksnummer (ASB)								
Straßenverwaltung										
Aufsteller	H ² Hochschule Magdeburg – Stendal	Datum: 30.09.2018								

$$z_{i,0} = \frac{1461,0 \cdot 15,0 + 565 \cdot 80,4 + 80,5 \cdot 15,0}{2106,5} = 32,5 \text{ cm}$$

$$I_{i,0} = I_{c,i,0} + A_{c,i,0} \cdot (z_{i,0} - z_{ci})^2 + I_a + A_a \cdot (z_{i,0} - z_{ai})^2 + A_s \cdot (z_{i,0} - z_{si})^2$$

$$I_a = 1005400 \text{ cm}^4$$

$$A_a = 565 \text{ cm}^2$$

$$I_{i,0} = 109578 + 1461,0 \cdot (32,5 - 15,0)^2 + 1005400 + 565 \cdot (32,5 - 80,4)^2 + 80,5 \cdot (32,5 - 15,0)^2$$

$I_{i,0}$: Trägheitsmoment des ideellen Verbundquerschnitts

$$I_{i,0} = 2883404 \text{ cm}^4$$

• Widerstandsmomente

$$z_{c,o} = -z_{i,0} = -32,5 \text{ cm}$$

$z_{c,o}$: Koordinate des oberen Randes des Betongurts

$$z_{c,u} = -z_{i,0} + h_c = -32,5 + 30,0 = -2,5 \text{ cm}$$

$z_{c,u}$: Koordinate des unteren Randes des Betongurts

$$z_s = -z_{i,0} + \frac{h_c}{2} = -32,5 + \frac{30}{2} = -17,5 \text{ cm}$$

z_s : Koordinate des Betonstahls

$$z_{a,fl,o} = z_{c,u} = -2,5 \text{ cm}$$

$z_{a,fl,o}$: Koordinate des oberen Randes des Stahlflansches

$$z_{a,st,o} = z_{c,u} + t = -2,5 + 4,0 = 1,5 \text{ cm}$$

$z_{a,fl,u}$: Koordinate des unteren Randes des Stahlflansches

$$z_{a,st,u} = -z_{i,0} + h_c + h_a - t = -32,5 + 30 + 100,8 - 4,0 = 94,3 \text{ cm}$$

$z_{a,st,o}$: Koordinate des oberen Randes des Stegs

$$z_{a,fl,u} = -z_{i,0} + h_c + h_a = -32,5 + 30 + 100,8 = 98,3 \text{ cm}$$

$z_{a,st,u}$: Koordinate des unteren Randes des Stegs

$$W_{c,o} = \frac{I_{i,0} \cdot n_0}{z_{c,o}} = \frac{2883404 \cdot 6,16}{-32,5} = -546516 \text{ cm}^3$$

$W_{c,o}$: Widerstandsmoment des oberen Rands des Betongurts

$$W_{c,u} = \frac{I_{i,0} \cdot n_0}{z_{c,u}} = \frac{2883404 \cdot 6,16}{-2,5} = -7104707 \text{ cm}^3$$

$W_{c,u}$: Widerstandsmoment des unteren Rands des Betongurts

$$W_s = \frac{I_{i,0}}{z_s} = \frac{2883404}{-17,5} = -164766 \text{ cm}^3$$

W_s : Widerstandsmoment des Betonstahls

$$W_{a,fl,o} = \frac{I_{i,0}}{z_{a,fl,o}} = \frac{2883404}{-2,5} = -1153362 \text{ cm}^3$$

$W_{a,fl,o}$: Widerstandsmoment des oberen Randes des Stahlflansches

$$W_{a,st,o} = \frac{I_{i,0}}{z_{a,st,o}} = \frac{2883404}{1,5} = 1922269 \text{ cm}^3$$

$W_{a,st,o}$: Widerstandsmoment des oberen Randes des Stegs

Bauteil:	Teil A: Verbundüberbau mit offenem Querschnitt	Seite: 2-24
Kapitel / Vorgang:	2 Verbundüberbau 2.1.3 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe	Archiv Nr.: