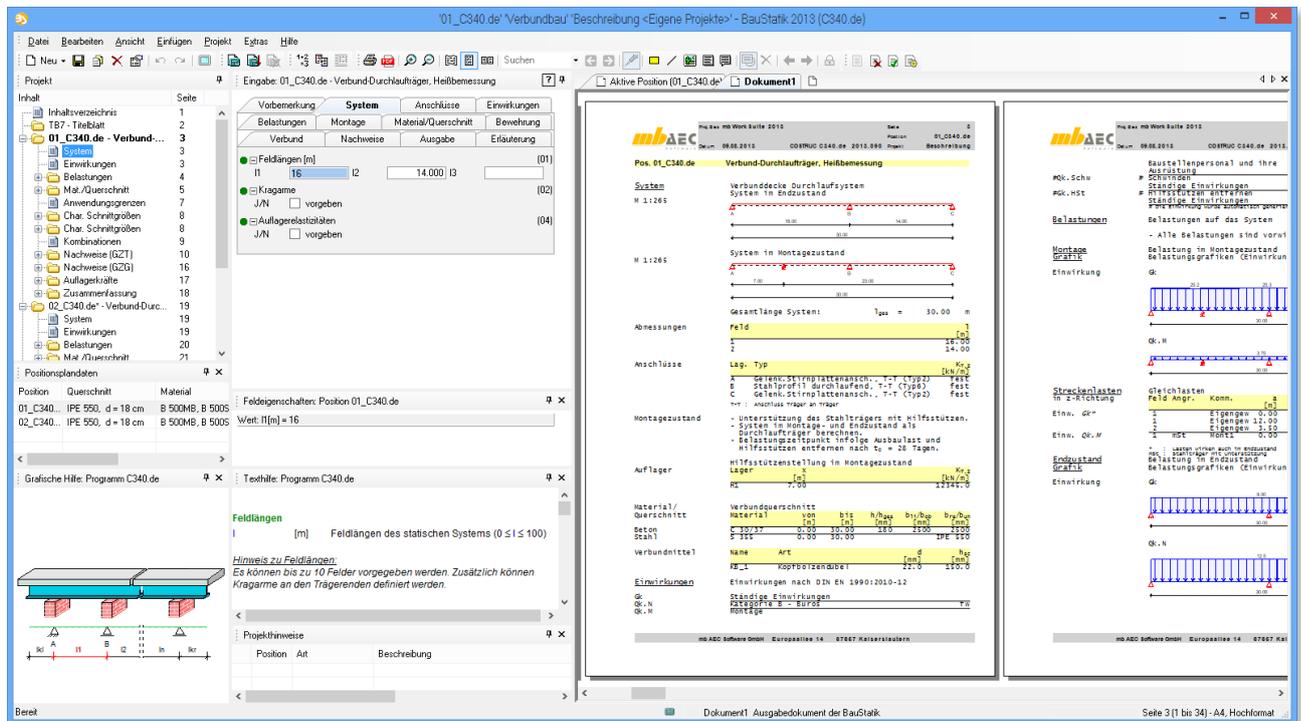


Dr.-Ing. Joachim Kretz

# Verbund-Durchlaufträger

## Leistungsbeschreibung des CoStruc-Moduls C340.de Verbund-Durchlaufträger mit Heißbemessung – EC 4, DIN EN 1994-1-1 und 1-2

Verbundbauteile sind Bauteile, die aus verschiedenen Materialien bestehen und über Verbundmittel zu einer gemeinsamen Tragwirkung veranlasst werden. Verbundträger aus Stahl und Beton nutzen das Positive beider Werkstoffe und bieten dadurch viele wirtschaftliche und konstruktive Vorteile. Über die Verbundwirkung entstehen Träger mit vergleichsweise geringen Querschnittsabmessungen, aber hoher Trag- und Feuerwiderstandsfähigkeit. Kurze Bauzeiten, geringe Herstellungstoleranzen und eine einfache Verstärkung bei späterer Nutzungsänderung sind nur einige der Vorteile der Verbundbauweise.



Bei durchlaufenden Verbundträgern ist die genaue Berechnung der Schnittgrößen mit einem sehr großen Aufwand verbunden, da die Einflüsse vieler Faktoren zu berücksichtigen sind. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit beeinflussen die Schubverformung der Betongurte (mitttragende Gurtbreite), das Langzeitverhalten des Betons (Kriechen und Schwinden), die Rissbildung im Betongurt und der Einfluss der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen, die Ausbildung von Fließzonen im Stahlträger, die Nachgiebigkeit der Verbundmittel sowie die Herstellungs- und Belastungs-

geschichte die Schnittgrößenermittlung. Im Eurocode 4 (DIN EN 1994-1-1) werden deshalb zur Berechnung der Schnittgrößen von Durchlaufträgern Näherungsverfahren auf der Grundlage der Elastizitätstheorie und der Fließgelenktheorie angegeben, die eine auf der sicheren Seite liegende Abschätzung des Beanspruchungszustandes erlauben. Diese Verfahren sind Grundlage der Schnittgrößenermittlung des CoStruc-Moduls C340.de Verbund-Durchlaufträger mit Heißbemessung.

## Allgemein

Das Modul C340.de ist sowohl geeignet „einfachste“ Einfeldträgerkonstruktionen als auch nahezu beliebige Durchlaufträgerkonstruktionen nach dem Regelwerk des Eurocode 4 nachzuweisen. Über die vollkommen flexible und freie abschnittsweise Beschreibung der einzelnen Komponenten eines Verbundträgers (Betonplatte, Plattenbewehrung, Stahlprofil, Verstärkungsbleche, Kammerbeton, Kammerbewehrung, Druckstücke und Verbundmittel) lässt sich dieser in Systemlängsrichtung beliebig abstufen.

Mit der zusätzlichen Möglichkeit, an beliebigen Stellen Stegöffnungen oder Deckendurchbrüche definieren zu können, wird der Anwendungsbereich nochmals erweitert. In vielen praktischen Anwendungsfällen sind Brandschutzanforderungen zu erfüllen. Die brandschutztechnischen Nachweise werden auf der Grundlage eines Rechenverfahrens nach DIN EN 1994-1-2 [3] mit dem zugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1994-1-2/NA erbracht.

## System

Die Systemdefinitionen umfassen die Angaben zu den einzelnen Feldlängen, der Definition gegebenenfalls vorhandener Kragarme sowie die Angaben zu Auflagerelastizitäten. Sind die Auflager nicht starr sondern elastisch ausgeführt, wie dies beispielsweise innerhalb eines Trägerrostsystems der Fall ist, ist diese Eigenschaft über die Eingabe einer Dehnfedersteifigkeit festzulegen.

## Anschlüsse

Die Anschlussausführung bei üblichen Verbundbauten ist sehr vielfältig. Diesem Umstand trägt das Modul über die Auswahlmöglichkeit der typischen Anschlüsse Rechnung. An den Endauflagern sind gelenkige Anschlussarten auswählbar, an den Innenauflagern bei Durchlaufträgern biegesteife Anschlüsse. Die standardmäßige Ausführung eines Durchlaufträgers, so wie im EC 4 beschrieben, ist der über den Innenstützen durchlaufende Verbundquerschnitt. Für diesen Fall sind die Regelungen in DIN EN 1994-1-1 und NA bezüglich des anzuwendenden Nachweisverfahrens mit den zugehörigen möglichen Momentenumlagerungen eindeutig beschrieben. Für andere biegesteife Ausführungen der Anschlüsse an Innenstützen, wie beispielsweise die Ausführung mit Fahnenblech oder Winkelanschluss mit Druckstück (Typ 7, Typ 8 und Typ 9) sind keine expliziten Regelungen im EC 4 bzgl. der möglichen Momentenumlagerungen enthalten.

Die Flexibilität des Moduls zeigt sich an dieser Stelle darin, dass der Anwender in diesen Fällen die in Abhängigkeit des gewählten Verfahrens maximal mögliche Momentenumlagerung eigenverantwortlich definieren kann. Auf diese Weise sind auch diese Ausführungsvarianten mit dem Modul C340.de nachweisbar.

## Einwirkungen

Als Einwirkungen können projektweite Einwirkungen aus dem Modul S030.de übernommen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Einwirkungstypen nach Eurocode 0, Tab. NA.A.1.1 manuell zu definieren. Anhand dieser Einwirkungstypen werden programmseitig die Kombinationsbeiwerte zugewiesen und die Kombinationen automatisch gebildet. Um die Belastungsgeschichte eines Verbundträgers genau abbilden zu können, sind Montageeinwirkungen definierbar.

C340.de ermöglicht auch die Vorgabe von Bemessungslasten. Die Kombinationszuordnung (Grundkombination, außergewöhnliche Kombination) ist durch den Anwender vorzunehmen.

## Belastung

Bei der Belastung wird im Verbundbau grundsätzlich zwischen Belastungen im Montagezustand und Belastungen im Endzustand unterschieden, da die Herstellungsgeschichte das Trag- und Verformungsverhalten wesentlich beeinflusst.

Bild 1. Eingabe von Belastungen

Eigengewichtslasten des kompletten Verbundträgers oder des Trägers ohne Betonplatte können aus den definierten geometrischen Abmessungen der Querschnittsdefinitionen in Längsrichtung und den jeweiligen Materialwichten programmseitig automatisch berücksichtigt werden. Diese Eigengewichtslasten wirken immer auf das im Montagezustand definierte System (mit oder ohne Unterstützung oder kontinuierlich unterstutzt).

Alle weiteren Lastdefinitionen unter „Belastung“ beziehen sich immer auf das statische System im Endzustand. Dies gilt auch für Lasten, die über den Lastabtrag auf das Verbundsystem aufgebracht werden. Als Belastung stehen die Lastarten Einzellast, Gleichlast, Blocklast, Trapezlast und Temperaturgradient zur Auswahl.

## Montage

Das zu berechnende statische System im Montagezustand unterscheidet sich sowohl von den Lagerungsbedingungen als auch von den „aktiven“ Querschnittsteilen, also der Steifigkeit, von dem System im Endzustand. Als Definitionen im Bauzustand werden unterschieden:

- Träger mit Hilfsstützen im Bauzustand
- Träger ohne Hilfsstützen im Bauzustand
- Träger mit kontinuierlicher Unterstützung im Bauzustand

In Abhängigkeit der gewählten Herstellung im Montagezustand wird das statische System im Bauzustand programmseitig erzeugt, auf das die Lasten im Montagezustand aufgebracht werden. Je nach Ausführung des Verbundträgers im Montagezustand (über den Innenstützen durchlaufendes Stahlprofil oder durchlaufende Innenstütze mit gestoßenem Stahlträger) kann auch das System im Montagezustand entweder als Durchlaufträger oder als Einfeldträgerkette generiert werden.

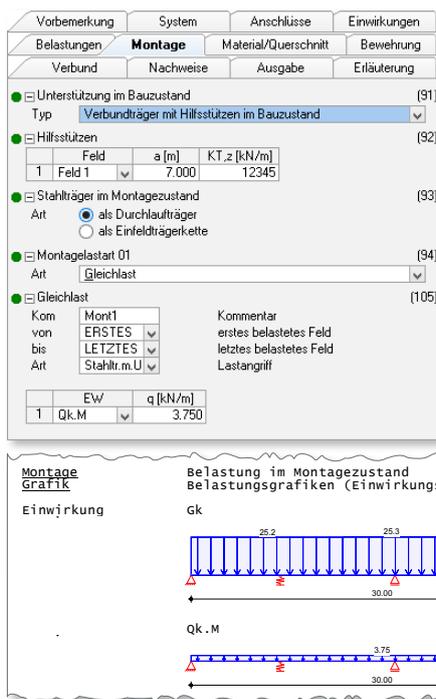


Bild 2. Definitionsmöglichkeiten im Montagezustand; mit federnder Hilfsstütze und Montagelast und EG

Belastungen, die im Montagezustand aufgebracht werden können, sind entweder ständige Lasten aus dem Eigengewicht der Konstruktion oder sogenannte Montagelasten. Die korrekten Lastdefinitionen sind entscheidend für die endgültige Bemessung des Verbundträgersystems, da deren Wirkungen unterschiedlich sind. Lasten, die im Montagezustand als ständige Lasten definiert werden, bleiben auch bei Systemwechsel erhalten und werden im Endzustand über die „Gesamtkombinationsbildung“ aus Montage- und Endzustand berücksichtigt. Hingegen wirken Montagelasten nur im Bauzustand. Für die Bemessung des Verbundträgers im Endzustand werden diese Lastanteile nicht angesetzt.

## Material / Querschnitt

Die einzelnen Komponenten eines Verbundträgers (Betonplatte, Stahlprofil, ...) sind bereichsweise beliebig definierbar, so dass über die Systemlänge nahezu jede Querschnittsausbildung möglich ist. Die geometrischen Abmessungen der Betonplatte werden über die Breite links und rechts bezogen auf die Mittellinie des Stahlprofils und über die Angabe der Deckenstärke festgelegt.

Der Deckenaufbau lässt sich für alle verbundbautypischen Ausführungsformen abbilden als:

- Massivdecke
- Filigranplatte mit Ortbetonergänzung
- Profilblech mit Ortbetonergänzung
- Additivdecke

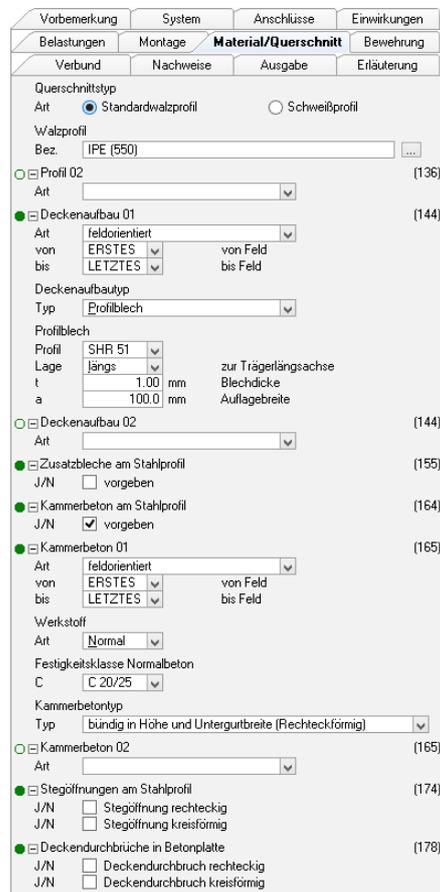


Bild 3. Auszug aus der Eingabe der Querschnittsbeschreibung

Das Stahlprofil, das als Walz- oder Schweißprofil ausführt werden kann, lässt sich zusätzlich mit Zusatzlaschen an den Gurten zur Erhöhung der Biegetragfähigkeit verstärken. Verstärkungen mit Zusatzlaschen am Steg erhöhen die Feuerwiderstandstragfähigkeit in Verbindung mit Kammerbeton. Eine Maßnahme zur Vergrößerung der Querkrafttragfähigkeit ist bei einer Anordnung einer Zusatzlasche, die am Steg und über die gesamte Steghöhe anzuordnen ist, möglich. Als Brandschutzmaßnahme und/oder zur Druckkraftübertragung im negativen Momentenbereich kann Kammerbeton definiert werden. Dieser kann entweder bündig mit den Profilaußenkanten oder entsprechend eigenen Vorgaben der Betonabmessungen angesetzt werden.

Runde oder rechteckige Stegöffnungen und Deckendurchbrüche sind an beliebigen Stellen platzierbar. Die dadurch entstehenden lokalen Querschnittsschwächungen werden programmseitig berechnet und in den Nachweisen berücksichtigt.

### Bewehrung

Bewehrungstechnisch kann die Betonplatte mit Stab- und Mattenbewehrung, der Kammerbeton nur mit Stabbewehrung versehen werden. Die Verlegung ist auch für die Bewehrung abschnittsweise möglich, so dass beispielsweise in der Betonplatte eine konstante Bewehrung über die Systemlänge angeordnet wird, die im Stützbereich lokal durch Zusatzbewehrung zu verstärken ist. Über die Definitionen zum Abstand von der Betonoberkante, dem Abstand von seitlichen Rand, dem Stabdurchmesser und dem Stababstand ist eine entsprechend der geplanten Ausführung zielgenaue Eingabe der Bewehrung möglich. Mithilfe dieser Eingaben ist die Bewehrungsdefinition gezielt innerhalb der mittragenden Breiten anzuordnen.

⇒ Nur die Bewehrung innerhalb der mittragenden Breite ist traglaststeigernd.

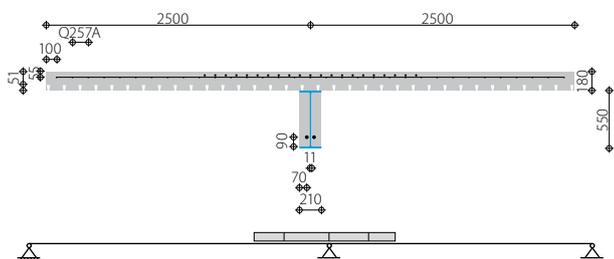
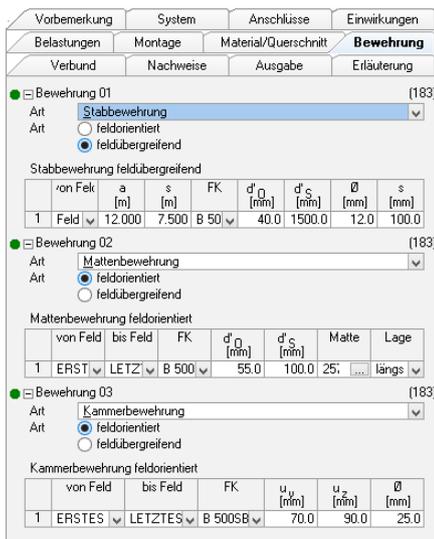


Bild 4. Bewehrungsdefinitionen

Kammerbewehrung, die im Wesentlichen aus Brandschutzgründen eingelegt wird, ist über die Definition der Lage im Kammerbeton zu platzieren. Dabei sei angemerkt, dass sich im Brandfall die Anordnung der Kammerbewehrung deutlich auf die Tragfähigkeit auswirkt. Bei gleicher Bewehrungsmenge lassen sich je nach Anordnung der Kammerbewehrung unterschiedliche Tragfähigkeiten erzielen.

### Verbund

Über die Verbundmittel (Kopfbolzendübel) wird der Verbund zwischen den Betonquerschnittsteilen und dem Stahlprofil hergestellt. Die Beschreibung der Kopfbolzendübel erfolgt über den Schaftdurchmesser und die Dübelhöhe. C340.de ermöglicht einerseits die Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Verbundmittel sowie deren Anordnung über die Systemlänge (Aufsteller) andererseits ist ein Nachweis der Tragfähigkeit bei vorgegebener Verbundmittelanordnung zu führen (Prüfer).

Die Verbundsicherung kann bei Berechnung der erforderlichen Verbundmittel und deren Verteilung mit C340.de bestimmt werden für:

- vollen Verbund ( $M_{pl,Rd}$ )
- vorhandene Beanspruchung

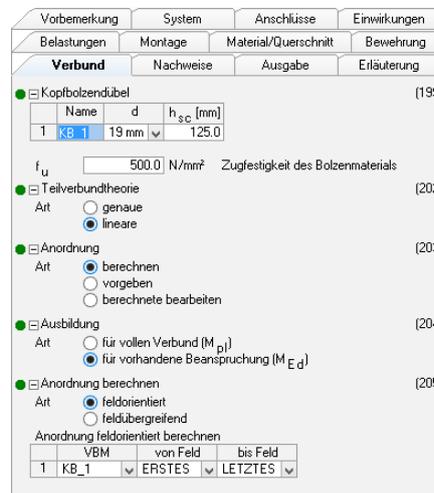


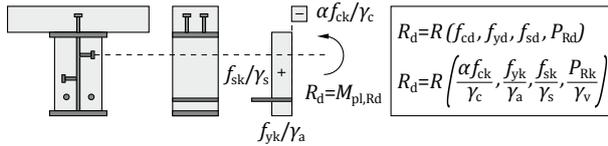
Bild 5. Definitionen zum Verbund

### Grundlagen der Bemessung

Für die Bemessung im Normaltemperaturbereich („Kaltzustand“) bildet die DIN 1994-1-1 [1] in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1994-1-1/NA [2] die Berechnungsgrundlage für Verbundträger im Hochbau. Nachweise für den Brandfall sind nach DIN EN 1994-1-2 [3] und zugehörigem NA , DIN EN 1994-1-2/NA [4], zu führen.

Der Bemessungswert des Tragwiderstandes eines Verbundträgers wird mit den Bemessungswerten der verschiedenen Werkstofffestigkeiten  $f_{i,d}$  ermittelt. Diese ergeben sich aus den charakteristischen Werten der Festigkeiten  $f_{i,k}$  und den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_M$  des Materials. Die Tabelle 1 zeigt die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte für die verschiedenen Bemessungssituationen nach EC 4.

Das Tragverhalten von Verbundträgern wird wesentlich durch die Rotationskapazität sowie örtliche und globale Instabilitäten (Beulen) bestimmt. Der EC 4 unterscheidet vier Querschnittsklassen. Die Tabelle 2 zeigt den Zusammenhang zwischen Querschnittsklasse und Querschnittstragfähigkeit.

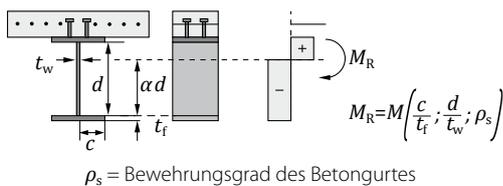


Kombination	Baustahl, Profilbleche $\gamma_a$	Betonstahl $\gamma_s$	Beton $\gamma_c$	Verbundmittel $\gamma_v$
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	1,1 (1,0)*	1,15	1,5	1,25 bzw. 1,5
außergewöhnliche Kombinationen	1,0	1,0	1,3	1,0

\* Bei Anwendung des Nachweisverfahrens Elastisch-Elastisch, wenn keine globale und lokale Stabilitätsgefahr besteht.

Tabelle 1: Bemessungswert des Tragwiderstandes und Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  nach EC 4

Mithilfe der Querschnittsklassen wird die Methode der Schnittgrößenermittlung und der Querschnittstragfähigkeit festgelegt. Diese Zusammenhänge zwischen Querschnittsklasse, möglichem Nachweisverfahren, sowie die Berücksichtigung von Kriechen, Schwinden und der Belastungsgeschichte sind in Tabelle 3 dargestellt.



Klasse	Querschnittstragfähigkeit
1 und 2	plastisch
3	elastisch
4	elastisch unter Berücksichtigung örtlicher Instabilität

Tabelle 2. Rotationskapazität und Querschnittsklassifizierung

Querschnittsklasse	Nachweisverfahren nach EC 4	Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden und der Belastungsgeschichte	Beanspruchung $E_d$	Beanspruchbarkeit $R_d$
1	Plastisch-Plastisch	nein	Fließgelenktheorie	vollplastisch
2	Elastisch-Plastisch	nein	elastisch mit Momentenumlagerung	vollplastisch
3	Elastisch-Elastisch	ja	elastisch	elastisch oder plastisch
4	Elastisch-Elastisch	ja	elastisch	elastisch unter Berücksichtigung des Beulens

Tabelle 3. Rotationskapazität – Querschnitts- u. Systemtragfähigkeit

### Nachweise

Die Nachweisführung im Grenzzustand der Tragfähigkeit, im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und im Brandfall ist über die in Bild 6 auszugsweise dargestellten Parameter und Einstellungen vielfältig steuerbar.

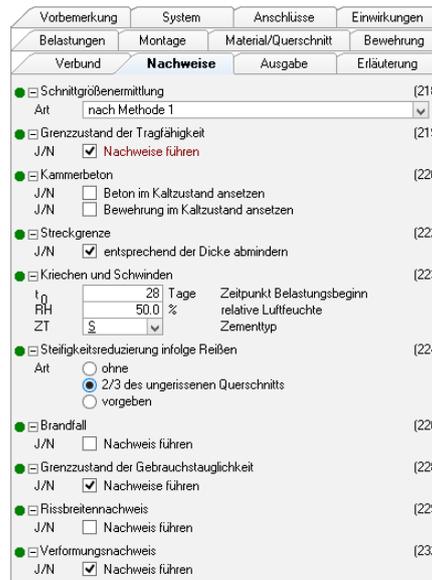
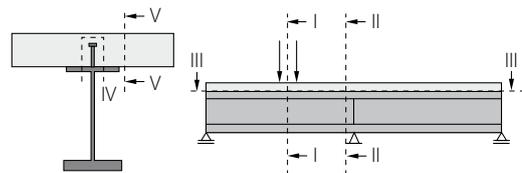


Bild 6. Nachweissteuerung

### Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit sind entsprechend den in Bild 7 dargestellten kritischen Schnitten zu führen.



- I-I Querschnittstragfähigkeit für Biegung ( $M_{Rd}$ ) und Querkraft ( $V_{Rd}$ )
- II-II Querschnittstragfähigkeit  $M_{Rd}$  und  $V_{Rd}$
- III-III Längsschubtragfähigkeit der Verdübelung
- IV-IV Längsschubtragfähigkeit der Dübelumrissfläche
- V-V Längsschubtragfähigkeit des Betongurtes

Bild 7. Erforderliche Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Auszugsweise werden einige Nachweise der Ausgabe des Moduls C340.de aufgelistet.

### Querschnittstragfähigkeit von Verbundträgern (nach Abschnitt 6.2 in [1, 2])

Tragfähigkeit Bruchzustand für $v=0$					
Ber.-Nr.	Mom. Ber.	QS-Kl.	$M_{ed, v, ob}$ [kNm]	$M_{pl, rd}$ [kNm]	$V_{Rd}$ [kN]
1	p	-	1009.1	1983.2	1482.7
2	n	2	-1117.1	-1379.9	1482.7
2	p	-	1017.8	1913.1	1482.7
3	n	2	-1117.1	-1379.9	1482.7
4	n	2	-1117.1	-1379.9	1482.7
5	p	-	1017.8	1913.1	1482.7
6	n	1	-1025.4	-1110.0	1482.7
6	p	-	1005.7	1957.2	1482.7

Ber.-Nr.	Mom. Ber.	$Z = D$ [kN]	$Z_{pl}$ [mm]	$V_{1, ed}$ [kN]
1	p	4771.4	76.2	-4771.4
2	n	2961.8	308.9	1151.8
2	p	4771.4	115.0	-4771.4
3	n	2961.8	308.9	1151.8
4	n	2961.8	308.9	1151.8
5	n	2961.8	308.9	1151.8
5	p	4771.4	115.0	-4771.4
6	n	2544.8	414.7	317.9
6	p	4771.5	88.3	-4771.5

$m_{ed, v, ob}$  : plastische Momentenragfähigkeit ohne Betonplatte  
 $m_{pl, rd}$  : plastische Momentenragfähigkeit des Verbundquerschnittes  
 $v_{Rd}$  : Querkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnittes  
 $v_{1, ed}$  : Längsschubkraft in der Verbundfuge

Bild 8. Plastische Querschnittstragfähigkeiten

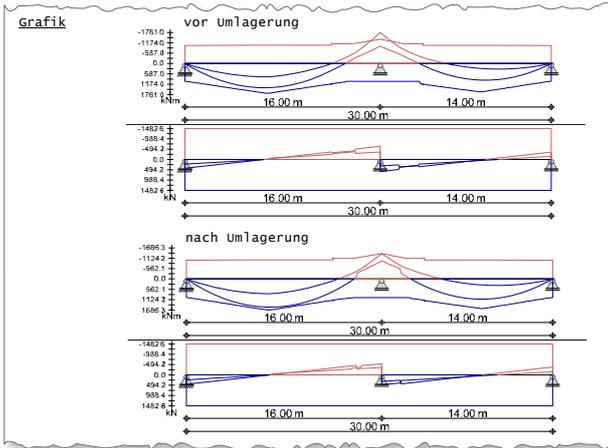


Bild 9. Schnittgrößen und Tragfähigkeiten „vor“ und „nach“ dem Umlagern von Schnittgrößen

**Verformungsnachweis** für quasi-ständige Bemessungssituation

NW	W <sub>quasi</sub> [m]	W <sub>quasi</sub> [-]	W <sub>zul</sub> [mm]	W <sub>zul</sub> [mm]	η
Feld 1 (L = 16.00m)					
(a)	6.90	20	68.1	64.0	1.06
(b)	6.90	20	19.3	64.0	0.30
(c)	6.90	20	3.1	32.0	0.10
Feld 2 (L = 14.00m)					
(a)	8.10	19	48.5	56.0	0.87
(b)	8.10	19	7.6	56.0	0.14
(c)	8.10	19	1.9	28.0	0.07

\* : Überhöhung erforderlich

Überhöhung

Mindestwert der Überhöhung	f <sub>ub,min</sub>	=	15	mm
Schrittweite	Δf <sub>ub</sub>	=	5	mm
Maximalwert der Überhöhung	f <sub>ub,max</sub>	=	200	mm

Überhöhung f<sub>ub,va</sub> für Anteile aus

Montage	f <sub>mont</sub>	=	0.0	%
Bauzustand	f <sub>bau</sub>	=	100.0	%
ständigen Einwirkungen	f <sub>G</sub>	=	100.0	%
Kriechen	f <sub>K</sub>	=	100.0	%
Schwinden	f <sub>sch</sub>	=	100.0	%
veränderl. Einwirkungen	f <sub>o</sub>	=	25.0	%
Teilverbund	f <sub>TV</sub>	=	100.0	%

gewählte Überhöhung

Feld	x [m]	f <sub>ub,(a)</sub> [mm]	f <sub>ub,va</sub> [mm]	f <sub>ub</sub> [mm]
1	6.90	4.1	69.5	70.0
2	8.10	0.0	49.6	50.0

f<sub>ub,(a)</sub> : Überhöhung infolge Nachweis (a)  
 f<sub>ub,va</sub> : Überhöhung infolge Verformungsanteile  
 f<sub>ub</sub> : gewählte Überhöhung

Bild 13. Verformungsnachweis mit Überhöhungen

**Verdübelung (nach Abschnitt 6.6 in [1, 2])**

Verbundmittel	Name	Art	d [mm]	h <sub>vc</sub> [mm]	P <sub>ed</sub> [kN]
	KB_1	Kopfbolzendübel	22.0	150.0	93.1

Tragfähigkeiten je Bereich

Feld	Nr.	Bereich			Name	P <sub>ed</sub> [kN]	n <sup>o</sup> P <sub>ed</sub> [kN]
		von [m]	bis [m]	n			
Feld 1	1	0.00	6.87	37	KB_1	93.1	3444.9
	2	6.87	12.00	28			2606.9
	3	12.00	12.73	4			372.4
	4	12.73	13.60	3			279.3
	5	13.60	16.00	13			1210.4
Feld 2	6	0.00	2.10	13	KB_1	93.1	1210.4
	7	2.10	2.85	4			372.4
	8	2.85	3.25	2			186.2
	9	3.25	3.50	2			186.2
	10	3.50	4.10	4			372.4
	11	4.10	8.18	20			1862.1
	12	8.18	14.00	33			3072.4

Bild 10. Verbundmittel und Bereichsaufteilung der Verbundmittelanordnung

Schubkräfte (Bereich)	Schubkräfte je Bereich (Umhüllende)						
	Nr.	von [m]	bis [m]	V <sub>l,ed,p</sub> [kN]	V <sub>l,ed,n</sub> [kN]	V <sub>l,min</sub> [kN]	ΔV <sub>l</sub> [kN]
Feld 1	1	0.00	6.87	2571.5	3375.2	803.7	0.0
	2	6.87	12.00	2571.5	3371.5	372.4	372.4
	3	12.00	12.73	0.0	258.9	258.9	258.9
	4	12.73	13.60	0.0	258.9	258.9	258.9
	5	13.60	16.00	1151.6	1151.6	0.0	0.0
Feld 2	6	0.00	2.10	1151.6	1151.6	0.0	0.0
	7	2.10	2.85	0.0	372.4	372.4	372.4
	8	2.85	3.25	0.0	186.2	186.2	186.2
	9	3.25	3.50	0.0	186.2	186.2	186.2
	10	3.50	4.10	60.4	289.4	229.0	229.0
	11	4.10	8.18	408.0	1862.1	1454.1	1454.1
	12	8.18	14.00	468.4	3049.4	2581.0	2581.0

V<sub>l,ed,p</sub> : Schubkräfte infolge positivem Moment (rel. Moment)  
 V<sub>l,ed,n</sub> : Schubkräfte infolge negativem Moment (stütz. Moment)  
 V<sub>l,min</sub> : Mindestwert der Schubkräfte DIN EN 1994-1-1  
 ΔV<sub>l</sub> : Differenz zwischen Mindest- und vorhandener Schubkraft

Schubkräfte (Feld)	Ber.	V <sub>l,p</sub> [kN]	V <sub>l,n</sub> [kN]	ΣV <sub>l</sub> [kN]	V <sub>l,rd</sub> [kN]	V <sub>l,rd,vor</sub> [kN]
Feld 1	1..5	6577.9	1151.6	7729.5	7913.9	6634.9
Feld 2	6..12	5945.7	1151.6	7097.3	7262.1	6076.3

V<sub>l,p</sub> : Schubkräfte im positiven Momentenbereich  
 V<sub>l,n</sub> : Schubkräfte im negativen Momentenbereich  
 ΣV<sub>l</sub> : Summe der Schubkräfte im Feld  
 V<sub>l,rd</sub> : theoretisch ausnehmbare Schubkräfte im Feld  
 V<sub>l,rd,vor</sub> : tatsächlich übertragbare Schubkräfte im Feld

Bild 11. Schubkräfte in den einzelnen Bereichen

Schubkr.-ausleitung	Nachweis der Schubkraftausleitung in den Betongurt					
	Ort	A [cm <sup>2</sup> ]	V <sub>sd</sub> [kN]	V <sub>sd,max</sub> [kN]	V <sub>sd,s</sub> [kN]	errf <sub>sd,s</sub> η [-]
Bereich 1	Du. umr	466.7	93.1	292.6	93.1	4.80 1.00
	Pla. li	239.9	46.6	150.5	46.6	4.80 1.00
	Pla. re	239.9	46.6	150.5	46.6	4.80 1.00
Bereich 2	Du. umr	459.2	93.1	287.9	93.1	4.88 1.00
	Pla. li	236.1	46.6	148.0	46.6	4.88 1.00
	Pla. re	236.1	46.6	148.0	46.6	4.88 1.00

Bild 12. Nachweis der Schubkraftausleitung mit Angabe der erforderlichen Schubbewehrung

**Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden nach Abschnitt 7 in [1, 2] nachgewiesen:

- Verformungen / Überhöhungen
- Rissbreitenbegrenzung
- Schwingungsverhalten (Eigenfrequenz)

**Nachweise im Brandfall**

Die Nachweise im Brandfall werden nach DIN EN 1994-1-2 [3] mitzugehörigem NA [4] nach dem im Anhang F angegebenen Rechenverfahren geführt.

Dr.-Ing. Joachim Kretz  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de

**Literatur**

- [1] DIN EN 1994-1-1:2010-12, Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau. Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004 + AC:2009
- [2] DIN EN 1994-1-1/NA:2010-12, Eurocode 4: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1994-1-2:2010-12, Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Deutsche Fassung EN 1994-1-2:2005 + AC:2008
- [4] DIN EN 1994-1-2/NA:2010-12: Eurocode 4: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [5] Hanswille, G.; Schäfer, M.; Bergmann, M.: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion. In Stahlbau Kalender 2010, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2010.

**! Aktuelle Angebote**

<b>C300.de Verbund-Durchlaufträger EC 4, DIN EN 1994-1-1 und 1-2</b>	<b>1.499,- EUR</b>
<b>C340.de Verbund-Durchlaufträger mit Heißbemessung – EC 4, DIN EN 1994-1-1 und 1-2</b>	<b>1.999,- EUR</b>

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: November 2020

Unterstützte Betriebssysteme:  
 Windows Vista (32/64), SP2 / Windows 7 (32/64) / Windows 8 (32/64) / Windows 8.1 (32/64)

Preisliste: Seite 43 | Bestellformular: Seite 47