

Florian Degiuli M.Sc.

# Vollständiger Nachweis von Aussteifungskernen nach EC 2

## Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls U450.de Stahlbeton-Aussteifungskern mit Erdbebenbemessung

Stahlbetonkerne haben als Aussteifungsbauteile die Aufgabe, die Horizontal- und Vertikallasten eines Bauwerks sicher in den Baugrund abzutragen. Bei der Stahlbetonbemessung eines Kerns ergeben sich für alle Wände des Kerns eine Vielzahl an Einzelnachweisen, welche im Modul U450.de zusammengefasst sind und kompakt in einer Position abgehandelt werden.

The screenshot displays the mbAEC software interface. The left sidebar contains the 'Eingabe' (Input) section for '450 - Stahlbeton-Aussteifungskern, Erdbebenbemessung (U450.de)'. It includes fields for 'Übernahme aus Position', 'Positionstyp' (Wandpolygon U-förmig), dimensions (L1, L2, L3, phi), and material properties. The right sidebar shows the 'Ausgabe' (Output) section, including a 'Pos. 450' title, 'System' (Aussteifungskern Draufsicht), and a 2D plan view of the U-shaped core with dimensions and wall labels (W1, W2, W3).

## Allgemeines

### Leistungsmerkmale U450.de

Das Modul U450.de führt die Stahlbetonbemessung des Kerns getrennt für alle Wandbereiche durch. Sofern eine Windlastverteilung mit dem Modul „S811.de Aussteifungssystem mit Windlastverteilung“ durchgeführt wurde, kann U450.de als Detailmodul genutzt werden. Für den Fall, dass Kerne im StrukturEditor modelliert werden, können deren Be-

rechnungsmodelle für die Stahlbetonbemessung in U450.de verwendet werden.

Nach der Bemessung des Kerns in U450.de kann die ermittelte Bewehrungswahl und -verlegung zur weiteren Bewehrungsplanung in ViCADO übernommen werden.

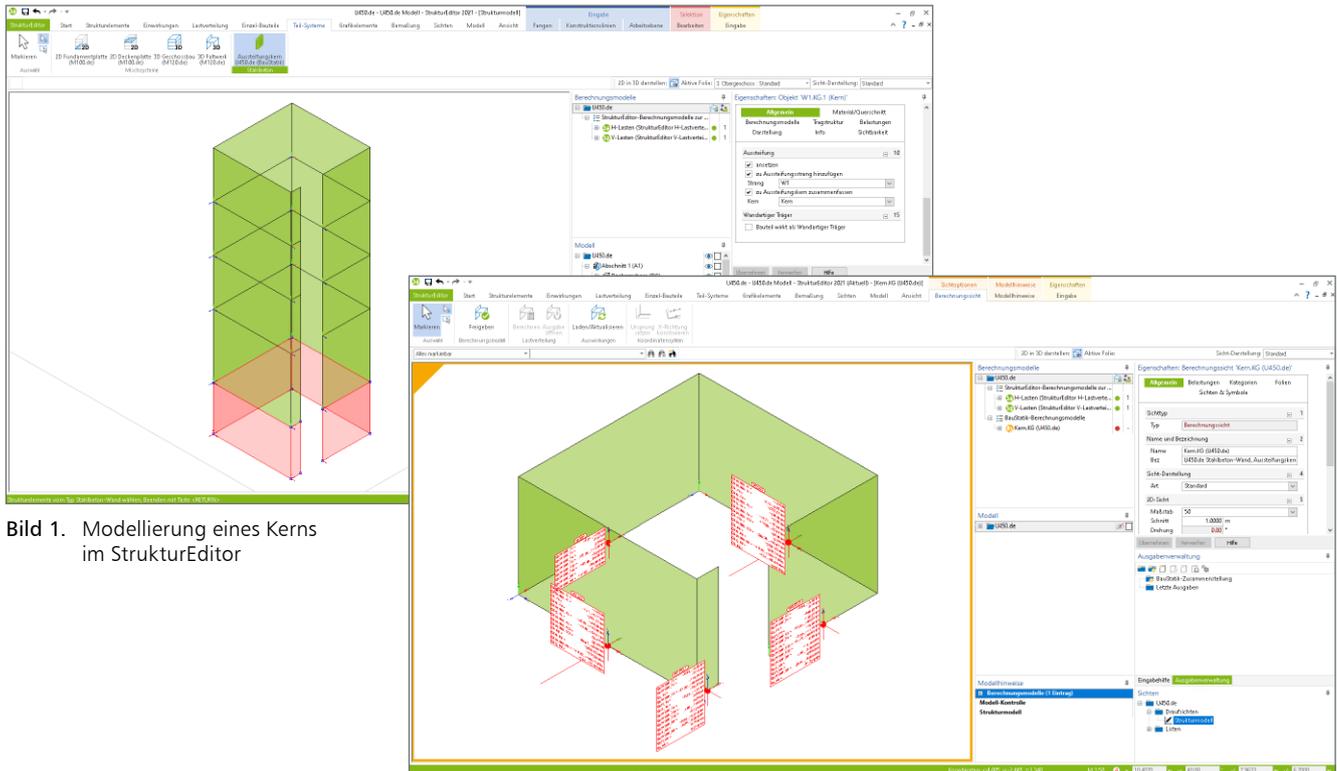


Bild 1. Modellierung eines Kerns im StrukturEditor

**Verwendung von StrukturEditor-Berechnungsmodellen**

Mit dem StrukturEditor können komplette Tragwerke als Systemlinienmodell, dem Strukturmodell, abgebildet werden. Die daraus abgeleiteten Berechnungsmodelle können zur Bemessung einzelner Bauteile, z.B. für das BauStatik-Modul U450.de, verwendet werden.

Um im StrukturEditor mehrere Stahlbetonwände zu einem Kern zusammenzufassen, müssen diesen im selektierten Zustand die Eigenschaft „zu Aussteifungskern zusammenfassen“ aus dem Kapitel „Allgemein“ zugewiesen werden. Darüber hinaus ist für den Kern eine Bezeichnung vorzugeben. Im Register „Teil-Systeme“ kann mit der Schaltfläche „Aussteifungskern U450.de (BauStatik)“ ein Berechnungsmodell für das BauStatik-Modul U450.de erzeugt werden. Das Belastungsniveau, das sich infolge der horizontalen und vertikalen Lastverteilung auf den Kern einstellt, kann in der Berechnungssicht grafisch dargestellt werden. Per Klick auf die Schaltfläche „Freigeben“ im Kontextregister „Berechnungssicht“ wird das zuvor erzeugte Berechnungsmodell zur Bemessung mit dem BauStatik-Modul U450.de freigegeben.

Mit der Verwendung des Berechnungsmodells werden alle Bauteilinformationen, z.B. die Bauteillängen, die Querschnitte oder die Lastdefinition, aus dem Strukturmodell in das Modul U450.de übernommen, wodurch sich der Tragwerksplaner viel redundante Eingabearbeit spart.

**Bewehrungsübernahme in ViCADO**

Die im Modul U450.de ermittelte Bewehrungswahl kann in ViCADO verwendet werden. In ViCADO wird die Bewehrungsübernahme über die Option „Bewehrung übernehmen“ aus dem Register „Bewehrung“ gesteuert. Nach Auswahl der ge-

wünschten Quellposition (U450.de) aus der Baustatik kann im ViCADO-Modell die Bewehrung platziert werden.

Nach der Bewehrungsübernahme aus U450.de stehen in ViCADO vollwertige Bewehrungsobjekte und Verlegungen zur Verfügung. Die vorhandenen Verlegungen können individuell angepasst werden, falls z.B. die Schenkellängen oder die Randabstände verändert werden sollen.

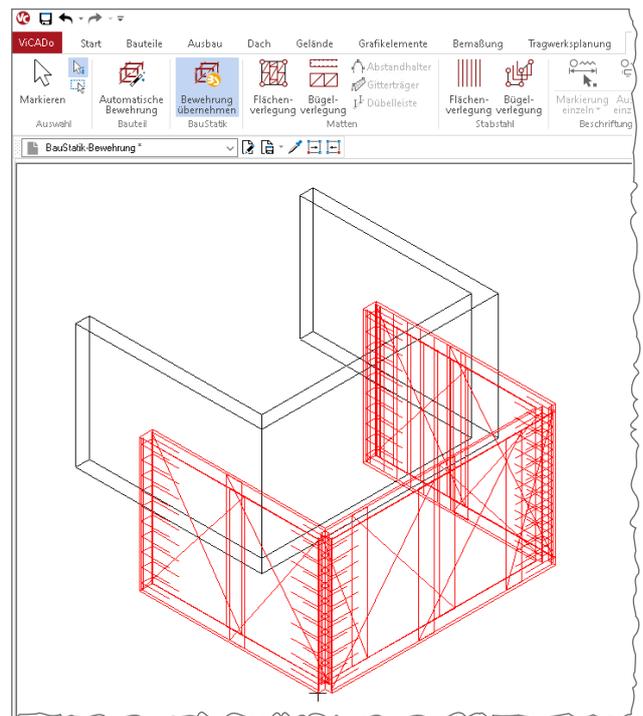


Bild 2. Bewehrungsübernahme in ViCADO

**System**

**Koordinatensysteme**

Im Modul wird zwischen dem globalen Koordinatensystem (XYZ) des Kerns und den lokalen Koordinatensystemen (xyz) der Wände unterschieden.

Bei den lokalen Koordinatensystemen zeigt die y-Achse immer in Richtung der Wandlängsachse, die z-Achse ist quer zur Wand ausgerichtet. Die x-Achse entspricht der vertikalen Achse.

Im Ausgabedokument sind die Systemgrafiken sowohl für den Kern (globales System), als auch für die Wände (lokale Systeme) abgebildet (vgl. Bild 3).

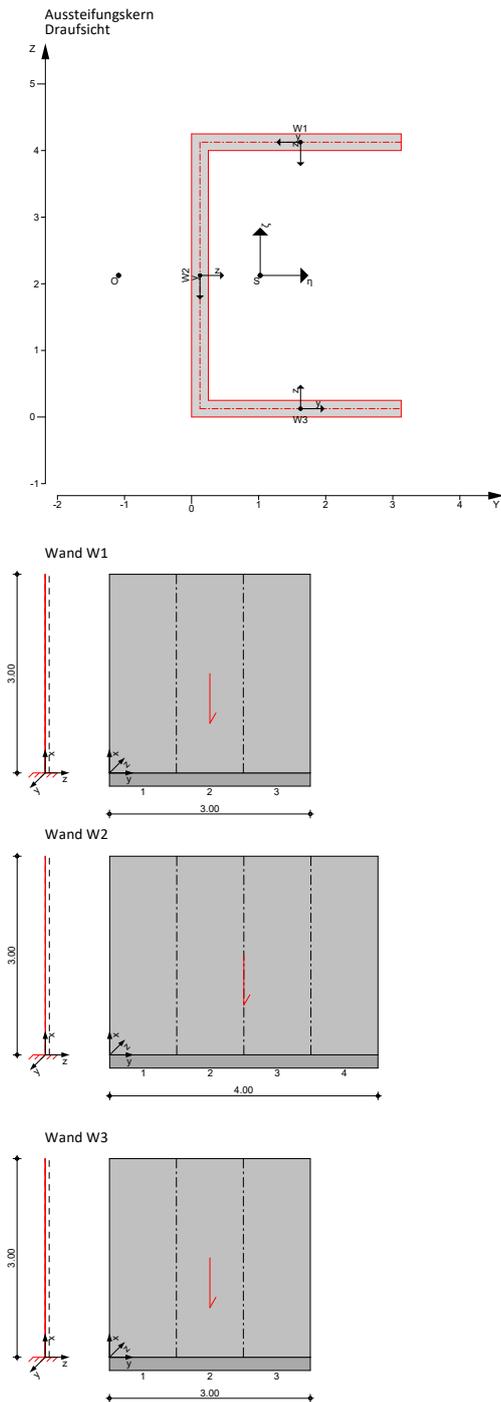


Bild 3. Systemgrafiken

**Positionstyp**

Über den Positionstyp wird die Form des Aussteifungskerns definiert. Neben einer allgemeinen Eingabe können vorkonfigurierte Kerne als Positionstyp gewählt werden (vgl. Bild 4).

Die vorkonfigurierten Kerne unterscheiden sich in ihrer Form. Zur Auswahl stehen L-, T-, U- und C-förmige Kerne. In Abhängigkeit des gewählten Positionstyps sind mehrere Wandlängen des Kerns vorzugeben. Über die Eingabe des Drehwinkels  $\phi$  kann der Kern im globalen Koordinatensystem um die X-Achse gedreht werden.

Mit der allgemeinen Eingabe können beliebige polygonale Kerne erzeugt werden. Für jede Wand des Kerns wird per Koordinateneingabe ein Anfangs- und Endpunkt vorgegeben.

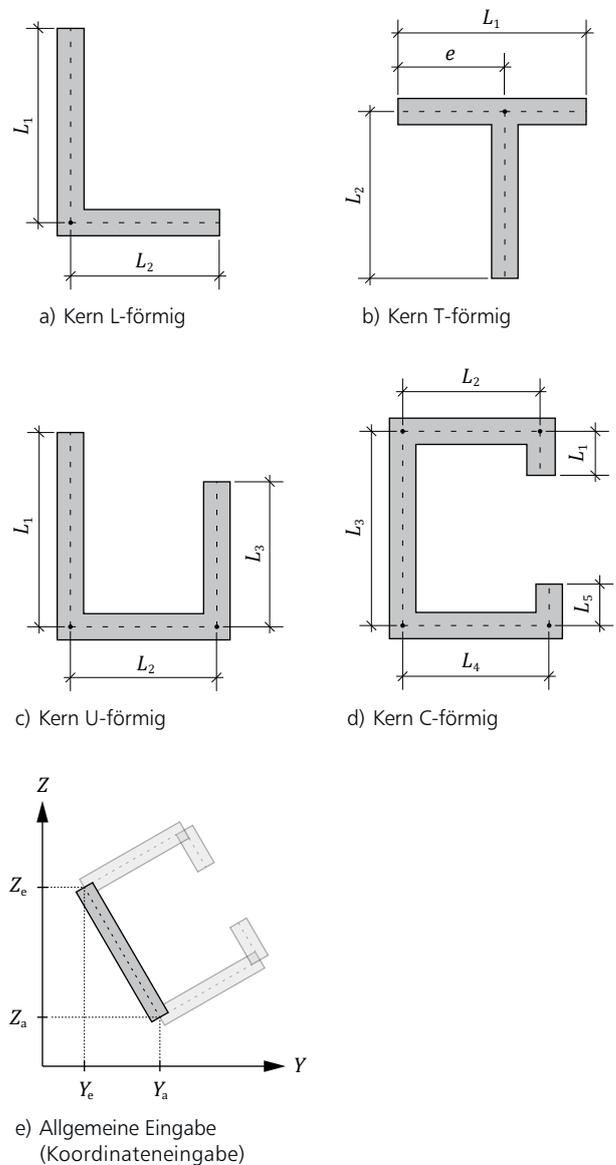


Bild 4. Positionstypen

**Nachweisabschnitte**

Die Wandscheiben werden über die lichte Geschosshöhe und die Wandbreite definiert. Da die Normalkraft über die Wandbreite veränderlich ist, wird jede Wand in Nachweisabschnitte aufgeteilt, für die jeweils getrennt Nachweise geführt werden

und die auch als Bereiche konstanter Vertikalbewehrung behandelt werden. Die Breite der Nachweisabschnitte ist bei automatischer Aufteilung maximal auf die 4-fache Wandstärke festgelegt. Bei manueller Vorgabe können die Abschnittsgrenzen frei gewählt und den Bedürfnissen individuell angepasst werden.

### Lagerungsbedingungen

Die Wände des Kerns können ein- (Einspannung unten) oder zweiseitig (gelenkige Lagerung oben und unten) gehalten sein. Zusätzliche Lagerungen, z.B. durch Querwände, können über die manuelle Vorgabe der Knicklängen berücksichtigt werden.

### Knicklängenermittlung

Die Ermittlung der Knicklängen wird nach EC 2 [1], [2], 5.8.3.2 (7) durchgeführt. Dabei wird zunächst die Knicklänge aus den Lagerungsbedingungen oben und unten ermittelt. Alternativ können die Knicklängen je Wand manuell vorgegeben werden, wenn beispielsweise der Einfluss der Querwände berücksichtigt werden soll.

Vorbemerkung	<b>System</b>	Erdbeben	Belastungen
Material/Querschnitt	Bewehrung	Nachweise	Details
	Erläuterung		Ausgabe

Übernahme aus Position		
J/N	<input type="checkbox"/> Übernahme durchführen	
Positionstyp		
Typ	Wandpolygon U-förmig	
L <sub>1</sub>	3.000 m	
L <sub>2</sub>	4.000 m	
L <sub>3</sub>	3.000 m	
φ	0 ° Drehwinkel um X-Achse	
Abmessungen des Wandpolygons		
l <sub>w</sub>	3.000 m	lichte Höhe
H <sub>w</sub>	4.000 m	Gesamthöhe
Gebäude		
n	6	Anzahl der Geschosse
H	12.000 m	Höhe
Lagerung		
Typ	frei stehende Wände	
J/N	<input type="checkbox"/> Knicklängen manuell vorgeben	

Bild 5. Eingabe „System“

### Erdbeben

Der Nachweis der Erdbebensicherheit wird gem. DIN EN 1998-1 [3], [4] geführt. Der Aussteifungskern kann dafür in die Duktilitätsklassen DCL und DCM eingestuft werden.

### Duktilitätsklasse DCL

Hierbei handelt es sich um den Standardfall für den Nachweis von Tragwerken aus Stahlbeton. An die konstruktive Durchbildung werden keine besonderen Anforderungen gestellt, die Anwendbarkeit ist aber an bestimmte Randbedingungen gebunden. Die Prüfung der Randbedingungen erfolgt programmseitig. Zusätzlich zu den Nachweisen der Tragfähigkeit in der Grundkombination werden die Tragfähigkeitsnachweise in der Erdbebenkombination geführt.

### Duktilitätsklasse DCM

Diese Duktilitätsklasse ist anzuwenden, wenn die Randbedingungen für die Auslegung des Tragwerks nach Duktilitätsklasse DCL nicht mehr eingehalten werden können. Durch besondere konstruktive Maßnahmen soll sichergestellt werden, dass das Tragwerk ein duktileres und damit gutmütigeres Verhalten im Fall einer Erdbebenbeanspruchung aufweist. Bei Wänden wird dies im Wesentlichen durch Anordnung einer Umschnürungsbewehrung und Begrenzung der Längsdruckkraft sichergestellt. Neben den Tragfähigkeitsnachweisen wird in der Duktilitätsklasse DCM daher noch die erforderliche Umschnürungsbewehrung ermittelt, die an den Wandenden zu verlegen ist.

Weitere Informationen können aus dem mb-news Artikel 04/2014 [5] entnommen werden.

### Belastungen

#### Belastungen auf den Kern

Lasten, die auf den gesamten Kern wirken, werden am Kopf im Schubmittelpunkt angesetzt. Diese werden bei der Schnittgrößenermittlung anteilig auf die Wände des Kerns verteilt.

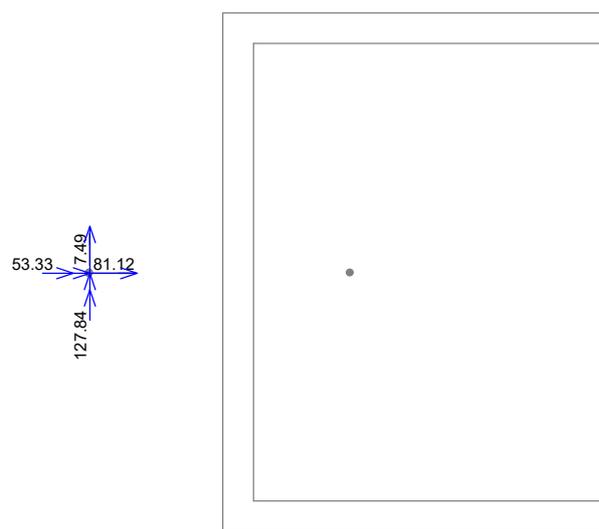


Bild 6. Belastungsgrafik (Kern)

#### Belastungen auf die Wände

Neben den globalen Belastungen auf den Kern können Lasten auch wandweise definiert werden. Die Ermittlung des Eigengewichts der Wände erfolgt für jede Wand automatisch.

In Scheibenebene können folgende Lasten angesetzt werden:

- Vertikale und horizontale Einzellasten
- Vertikale Linien-, Block- und Trapezlasten
- Einzelmomente in Scheibenebene

Senkrecht zur jeweiligen Wand können folgende Lasten angesetzt werden, die jeweils über die gesamte Wandbreite wirken:

- Linienlasten am Wandkopf und in beliebiger Höhe
- Linienmomente am Wandkopf und -fuß
- Flächen-, Block- und Trapezlasten

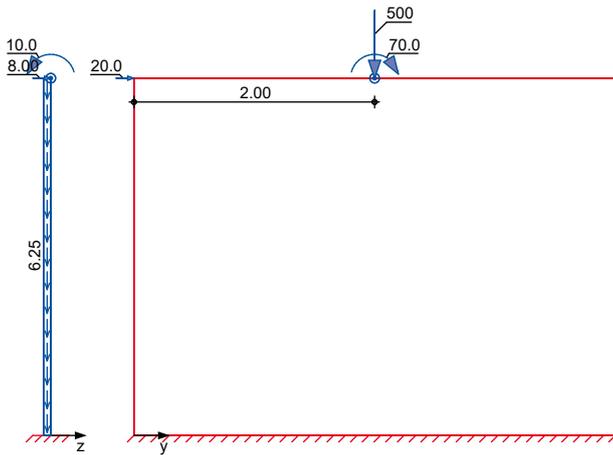


Bild 7. Belastungsgrafik (Wand)

**Lastabtrag**

Weitere Belastungen können als „Lastabtrag“ aus einer anderen Position komfortabel eingegeben werden. Hierfür kann in der Eingabe direkt auf die Auflagerreaktionen von ausgewählten BauStatik-Modulen sowie MicroFe-Ergebnissen zugegriffen werden.

**Material/Querschnitt**

Für den Kern sind je Wand das Material, die Wanddicke und die Betondeckung zu definieren.

Als Material können den Wänden alle Festigkeitsklassen von Normal- und Leichtbeton zugewiesen werden. Zur Ermittlung der Längs- und Querkraftbewehrung ist die Stahlgüte der Betonstäbe gemäß DIN 488-1 [6] vorzugeben.

Die Betondeckung der Wände können für alle Bauteilseiten durch die Vorgabe der Expositionsklassen nach EC 2, Tabelle 4.1 ermittelt werden. Die daraus resultierenden Anforderungen an das Bauteil bezüglich Betondeckung und Mindestfestigkeitsklasse werden automatisch berücksichtigt.

Vorbemerkung	System	Erdbeben	Belastungen			
<b>Material/Querschnitt</b>	Bewehrung	Nachweise	Details			
	Erläuterung					
Wandart						
Art: Normalbeton						
J/N: <input type="checkbox"/> Luftporenbeton						
Normalbetonwände						
	von Wand	bis Wand	C			
1	ERSTE	LETZTE	C 20/25			
			d [cm]			
			25,0			
Festigkeitsklasse Betonstahl						
Bew: B 500SB						
Längs- und Querkraftbewehrung						
Betondeckung						
Art: <input checked="" type="radio"/> Ermittlung über Expositionsklassen						
<input type="radio"/> manuelle Vorgabe						
Expositionsklassen						
	von Wand	bis Wand	Seiten	Kl.	$c_{min,dur}$ [mm]	$\Delta c_{dev}$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	links	XC1	...	
2	ERSTE	LETZTE	rechts	XC1	...	

Bild 8. Eingabe „Material/Querschnitt“

Die Lage der Längsbewehrung wird aus den gewählten Durchmessern und der Betondeckung zurückgerechnet und bildet die Grundlage für die Stahlbetonbemessung. Alternativ kann anstelle der Expositionsklassen der Achsabstand der Bewehrung zum Bauteilrand direkt manuell vorgegeben werden.

**Schnittgrößen**

**Schnittgrößen auf den Kern**

Infolge der Belastungen auf den Kern werden die Trapezlasten je Wand und der Schubfluss ermittelt. Hierzu werden die Schnittgrößen auf die Hauptachsen  $\eta$  und  $\zeta$  transformiert.

Die Anteile des Schubflusses werden je Wand integriert. Die daraus resultierenden Längs- und Querschubkräfte werden im Ausgabedokument dokumentiert und wirken als Belastung auf die jeweiligen Wände.

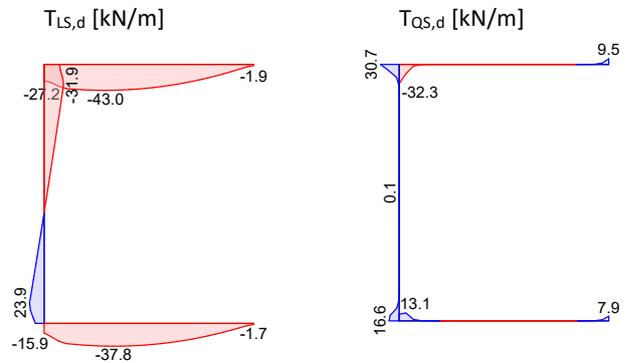


Bild 9. Schubflussermittlung

**Schnittgrößen auf die Wände**

In Plattenrichtung wird der Momenten- und Querkraftverlauf über die Wandhöhe ermittelt, wobei durch die Lasteingabe vorgegeben ist, dass diese Verläufe über die Wandbreite konstant sind.

In Scheibenrichtung erfolgt die Ermittlung der Normalkräfte am Wandfuß. Es wird ein trapezförmiger Verlauf vorausgesetzt.

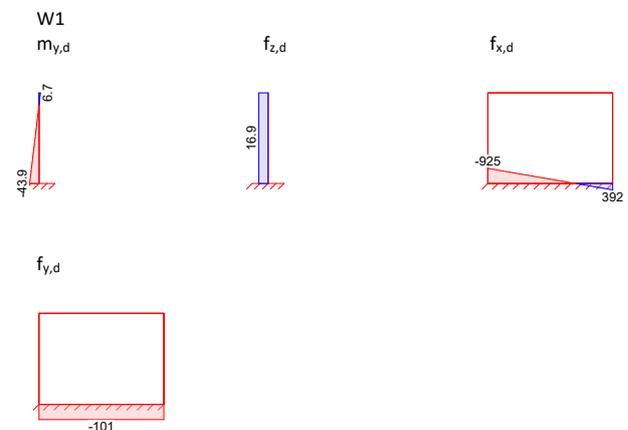


Bild 10. Ausgabe der Bemessungsschnittgrößen

**Bemessung**

Der statische Nachweis des Stahlbetonkerns erfolgt getrennt für jede Wand. Schnittgrößen infolge globaler Lasten werden daher anteilig auf die Wände umgerechnet. Aufgrund der Scheibenwirkung entstehen in der Regel Zug- und Druckbereiche, die einer differenzierten Betrachtungsweise bedürfen. Dadurch ergeben sich eine Vielzahl von Einzelnachweisen, welche nachfolgend erläutert werden.

**Biegung mit Druckkraft**

Für diesen Nachweis wird jede Wand in Nachweisabschnitte aufgeteilt, deren Breite bei automatischer Aufteilung maximal der vierfachen Wandstärke entspricht. Es wird mit einer über die Abschnittslänge gemittelten Normalkraft gerechnet.

Zunächst wird für jeden Abschnitt in jeder Kombination überprüft, ob die Schlankheit kleiner der Grenzschlankheit nach EC 2 [2], 5.8.3.1 ist.

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn gilt:

$\lambda \leq \lambda_{lim}$

Dabei bedeutet:

$\lambda$  Schlankheit der Wand  

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{\sqrt{12} \cdot l_0}{h}$$

$\lambda_{lim}$  Grenzschlankheit  
 $\lambda_{lim} = 25$  für  $|n| \geq 0,41$   
 $\lambda_{lim} = 16/\sqrt{n}$  für  $|n| < 0,41$

$n$  Bezogene Normalkraft  

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

Sofern Nachweise nach Theorie II. Ordnung erforderlich sind, wird das „Verfahren mit Nennkrümmung“ angewendet. Dabei wird zunächst eine Tabelle mit den Ausmitten und Krümmungsbeiwerten nach EC 2 [1], 5.8.8 ausgegeben. Sie beinhaltet die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung ( $e_0$ ), die Ausmitte aus Imperfektionen ( $e_a$ ), und die Zusatzausmitte nach Theorie II. Ordnung ( $e_2$ ). Die Auswirkungen des Kriechens können am Beiwert  $K_\phi$  abgelesen werden, der zu einer Vergrößerung der Ausmitte nach Theorie II. Ordnung führt.

Mit den so ermittelten Ausmitten wird das Bemessungsmoment ermittelt, das in der Tabelle „Biegung mit Druckkraft“ ausgegeben wird.

Es gilt:

$M_{Ed} = M_{0ED} + M_2$

Dabei bedeutet:

$M_{0ED}$  Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich Imperfektionen  

$$M_{Ed} = N_{ED} \cdot (e_0 + e_a)$$

$M_2$  Das Nennmoment nach Theorie II. Ordnung  

$$M_2 = N_{ED} \cdot e_2$$

Sofern Theorie II. Ordnung nicht berücksichtigt werden muss, wird mit den Momenten nach Theorie I. Ordnung ohne Imperfektionen gerechnet.

Treten in einem Abschnitt Zugkräfte und Momente auf, erfolgt die Bemessung nur für die Momentenbelastung, da hier die innere und äußere Plattenbewehrung nachgewiesen wird. Die Zugkräfte werden separat nachgewiesen (siehe nächster Abschnitt) und von einer konzentriert an den Wandenden angeordneten Bewehrung aufgenommen.

Die Ausgabe der erforderlichen Vertikalbewehrung erfolgt für den Gesamtquerschnitt, d.h. jeweils die Hälfte muss auf jeder Wandseite angeordnet werden.

Nachweise (GZT)		Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1						
Stabilität Abs. 5.8.3.2(1)		Nachweis der Knicksicherheit im Druckkeil						
	$\beta_0$	$\beta_1$	$l_0$	$i$	$\lambda$			
	[-]	[-]	[m]	[cm/m]	[-]			
W1	1.00	2.00	6.00	7.23	83.14			
W2	1.00	2.00	6.00	7.23	83.14			
Grenzwerte Abs. 5.8.3.1(1)		Abs.	Ek	$n_{Ed}$	$n_{Ed}$	$v_d$	$\lambda_{lim}$	
				[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	
W1	1	1	-200.81	-362.81	-0.10	50.73		
	2	1	-362.81	-524.81	-0.16	40.43		
W2	1	1	-403.31	-451.31	-0.15	41.20		
	2	1	-451.31	-499.31	-0.17	39.06		
	3	1	-499.31	-547.31	-0.18	37.23		
Exzentrizitäten Abs. 5.8.8.2		Abs.	Ek	$e_0$	$e_a$	$K_r$	$K_\phi$	$e_2$
				[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
W1	1	1	0.862	1.50	1.00	1.00	7.51	
	2	1	0.426	1.50	1.00	1.00	7.64	
W2	1	1	1.032	1.50	1.00	1.00	7.64	
	2	1	0.928	1.50	1.00	1.00	7.64	
	3	1	0.843	1.50	1.00	1.00	7.64	
Biegung Abs. 6.1		Abs.	Ek	$m_{yd}$	$n_d$	$a_{sv}$	$a_{sh}$	
				[kNm/m]	[kN/m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	
W1	1	1	27.82	-281.81	3.75 <sup>M</sup>	1.88 <sup>H</sup>		
	2	1	42.44	-443.81	3.75 <sup>M</sup>	1.88 <sup>H</sup>		
W2	1	1	43.45	-427.31	3.75 <sup>M</sup>	1.88 <sup>H</sup>		
	2	1	47.84	-475.31	3.75 <sup>M</sup>	1.88 <sup>H</sup>		
	3	1	52.22	-523.31	3.75 <sup>M</sup>	1.88 <sup>H</sup>		

M: Mindestbewehrung nach 9.6.2(1)  
H: Mindestbewehrung nach 9.6.3(1)

Bild 11. Ausgabe zum Knicknachweis

**Zugkeildeckung**

Der Nachweis der Zugkeildeckung erfolgt nicht mit den Nachweisabschnitten des Knicknachweises, sondern wird für den gesamten Zugkeil geführt. Die Länge des Zugkeils ist von der Kombination abhängig. Maßgebend wird die Kombination, die die maximale Zugkraft liefert, nicht diejenige, die die maximale Randspannung liefert.

Die erforderliche Bewehrung ermittelt sich wie folgt:

$$erf.A_s = \frac{q \cdot l_y}{2 \cdot f_{yd}}$$

Dabei bedeutet:

- $q$  Trapezlastordinate des Zugkeils
- $l_y$  Länge des Zugkeils
- $f_{yd}$  Bemessungswert der Stahlfestigkeit

Für die Zugkeildeckung werden neben den Grundkombinationen noch die Kombinationen der Lagesicherheit (EQU) gebildet.

Normalkraft	Abdeckung der Zugkeilkraft						
	$y_A$	$y_E$	Ek	$n_{Ed}$	$n_{Ed}$	R	erf. $A_s$
	[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[cm <sup>2</sup> ]
W1	0.00	0.85	3	189.32	0.00	80.77	1.86
	0.00	0.62	5	75.91	0.00	23.72	0.55
	0.00	1.10	3	69.42	0.00	38.33	0.88
W2	3.15	4.00	3	0.00	227.69	97.21	2.24
	2.66	4.00	5	0.00	492.80	330.83	7.61

Bild 12. Ausgabe zur Zugkeildeckung

**Querkraft**

Da die Wand auch in Plattenrichtung (z.B. durch Erddruck) belastet sein kann, wird auch ein Querkraftnachweis geführt. Es sind die Regeln für Platten hinterlegt, so dass in der Mehrzahl der Fälle eine Querkraftbewehrung nicht erforderlich sein wird.

**Schubkraftübertragung in den Wandanschlüssen**

In den Anschlusspunkten zweier Wände ist eine kraftschlüssige Verbindung gefordert. Die Anschlüsse bzw. Nachweisstellen werden in der Eingabe durch Vorgabe der „durchgehenden Wand“ und der „Querwand“ definiert.

	Name	Durchgehende Wand	Querwand
1	A	W1	W2

Bild 13. Eingabe der Wandanschlüsse

Die erforderliche Bewehrung, welche die Schubkraftermittlung zwischen den Wänden sicherstellt, wird infolge der Normalkraftdifferenz des jeweiligen Wandanschlusses ermittelt. Die Bemessung erfolgt über den Nachweis der Schubkraftübertragung nach DIN EN 1992-1-1, Abs. 6.2.5.

**Mindestbewehrung**

Die Mindestbewehrung in vertikaler und horizontaler Richtung wird nach EC 2 [1], [2], 9.6.2 und 9.6.3 ermittelt.

Dabei gilt:

	$\lambda < \lambda_{lim}$ und $ N_{Ed}  < 0,3 \cdot f_{cd} \cdot A_c$	$\lambda \geq \lambda_{lim}$ oder $ N_{Ed}  \geq 0,3 \cdot f_{cd} \cdot A_c$
$A_{s,vmin}$	$\frac{0,15 \cdot  N_{Ed} }{f_{yd}} \geq 0,0015 \cdot A_c$	
$A_{s,hmin}$	$0,2 \cdot A_{s,v}$	$0,5 \cdot A_{s,v}$

Tabelle 1. Mindestbewehrungsgrade

Dabei bedeutet:

- $A_{s,vmin}$  Mindest-Vertikalbewehrung
- $A_{s,hmin}$  Mindest-Horizontalbewehrung
- $A_c$  Betonquerschnittsfläche

**Randeinfassung**

Gemäß EC 2 [2], 9.6.4 sind freie Ränder mit Steckbügeln zu schließen, wenn  $A_{s,v} \geq 0,003 \cdot A_c$ .

Der erforderliche Bewehrungsgehalt ist im EC 2 [1] nicht geregelt. In [7] wird folgende Empfehlung gegeben, die im Modul U450.de Berechnungsgrundlage ist:

$h \leq 300 \text{ mm} \quad a_{s,R} \geq 1,25 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h \geq 800 \text{ mm} \quad a_{s,R} \geq 3,50 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Zwischenwerte werden interpoliert.

**Bewehrungswahl**

**Allgemeines**

Die Bewehrungswahl erfolgt getrennt für jede Wand. Es wird stets von einer symmetrischen Bewehrungsanordnung innen und außen ausgegangen. Die gewählte Grundbewehrung wird als in der gesamten Wandfläche vorhanden vorausgesetzt. Die Zulagen werden nur bei Bedarf innerhalb der vom Anwender definierten Grenzen der Durchmesser, Stabzahlen und -abstände gewählt.

Mit der Option „Symmetrisch in Längsrichtung“ werden die Wandenden gleich bewehrt, d.h. Zulagen und Zugbänder werden symmetrisch angeordnet. Maßgebend ist das Wandende, das die größere Bewehrungsmenge liefert.

**Bewehrungswahl**

Art:  keine;  automatische Abschnittsgrenzen;  manuelle Vorgabe der Abschnittsgrenzen

Steuerung der Bewehrungsführung:  Symmetrisch in Längsrichtung

Grundbewehrung:  keine;  Stäbe;  Matten;  Stäbe und Matten

Matten:

	von Wand	bis Wand	Typ	Richt
1	ERSTE	LETZTE	Q 257A	vertikal

Zulagen:

Vertikalbewehrung:

	von Wand	bis Wand	min s [cm]	max s [cm]	$\Delta s$ [cm]	min $\emptyset$ [mm]	max $\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	5.0	30.0	5.0	8	12

Horizontalbewehrung:

	von Wand	bis Wand	min s [cm]	max s [cm]	$\Delta s$ [cm]	min $\emptyset$ [mm]	max $\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	5.0	30.0	5.0	8	12

Zugbänder:

	von Wand	bis Wand	Seite	min n	min s [cm]	$\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	beide	2		16

Querkraftbewehrung:

	von Wand	bis Wand	$s_h$ [cm]	min $s_v$ [cm]	max $s_v$ [cm]	$\Delta s_v$ [cm]	$\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	50.0	5.0	30.0	5.0	8

Umschnürungsbewehrung:

	von Wand	bis Wand	min $s_v$ [cm]	max $s_v$ [cm]	$\Delta s_v$ [cm]	$\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	5.0	30.0	5.0	10

Steckbügel für die Wandränder:

	von Wand	bis Wand	min $s_v$ [cm]	max $s_v$ [cm]	$\Delta s_v$ [cm]	$\emptyset$ [mm]
1	ERSTE	LETZTE	5.0	30.0	5.0	8

Bild 14. Eingabe „Bewehrung“

### Grundbewehrung

Als Grundbewehrung stehen Q- und R-Matten oder Stabstahl oder eine Kombination aus Stabstahl und Matten zur Verfügung. Die Tragrichtung der R-Matten kann vertikal oder horizontal vorgegeben werden. Die Stabstahlbewehrung wird über Durchmesser und Abstand für jede Richtung getrennt definiert.

### Zulagen

Die Zulagen zur vertikalen und horizontalen Grundbewehrung werden bedarfsorientiert abschnittsweise ermittelt. Die Zulagen dienen zusammen mit der Grundbewehrung der Abdeckung des Bewehrungsgehaltes aus Knicknachweis und Mindestbewehrung. Die Zulagen werden auf jeder Wandseite angeordnet. Über minimale und maximale Stababstände und -durchmesser kann der Suchbereich so vorgegeben oder eingeschränkt werden, dass sich baupraktisch sinnvolle Verlegungen ergeben.

Sind in benachbarten Abschnitten horizontale Zulagen erforderlich, so wird die Zulage so gewählt, dass der maximal erforderliche Bewehrungsgrad abgedeckt ist. Für alle benachbarten Abschnitte wird aus konstruktiven Gründen die gleiche Bewehrung gewählt.

### Zugbänder

Die Zugbänder dienen der Aufnahme der Zugkräfte aus dem Nachweis der Zugkeildeckung. Die Bewehrung wird konzentriert am Wandende angeordnet.

Die Zugbänder werden ebenfalls als Zulage zur Grundbewehrung betrachtet, wobei nur der Anteil der Grundbewehrung angerechnet wird, der nicht für den Nachweis auf Biegung benötigt wird. Ist rechnerisch kein Zugband erforderlich, besteht die Option, die in der Eingabe vorgesehene Mindestanzahl konstruktiv anzuordnen.

### Querkraftbewehrung

Als Biegeformen für die Querkraftbewehrung werden geschlossene, liegende Bügel angenommen. Die Wahl erfolgt über Vorgabe der horizontalen Bügelabstände. Die vertikalen Abstände werden programmseitig innerhalb der festgelegten Grenzen ermittelt.

### Umschnürungsbewehrung

Die Umschnürungsbewehrung wird an den Wandenden angeordnet. Da die Längsbewehrung einen Einfluss auf die Verteilungslänge der Umschnürungsbewehrung hat, wird zur Bewehrungsermittlung ein Iterationsprozess durchgeführt.

Dieser ist in U450.de so optimiert, dass eine Lösung gesucht wird, die mit einem möglichst kleinen Bewehrungsgrad sowohl für die Längs- als auch für die Umschnürungsbewehrung auskommt. Weitere Ausführungen sind in [8] enthalten.

### Steckbügel für die Wandränder und -anschlüsse

An den freien Wandrändern werden die Randstecker gemäß EC 2 [1], Bild 9.8 ausgebildet. Auch wenn rechnerisch keine Steckbügel erforderlich sind, kann konstruktiv die Anordnung erzwungen werden.

Zudem werden Steckbügel an den Anschlusspunkten zweier oder mehrerer Wände angeordnet, um eine kraftschlüssige Verbindung zu gewährleisten.

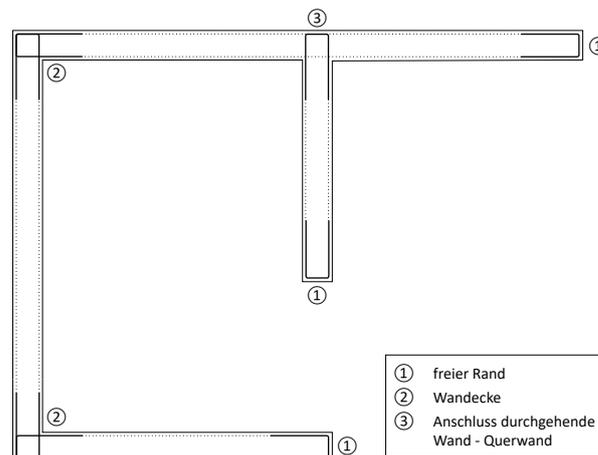


Bild 15. Anordnung der Steckbügel

### Bewehrungsskizze

Für jede Wand wird die gewählte Bewehrung in einer Bewehrungsskizze in Ansicht und Schnitten vollständig dargestellt. Die Ansicht enthält die gesamte Bewehrung. In Schnitten werden nur die Bereiche dargestellt, die Zulagen zur Grundbewehrung enthalten.

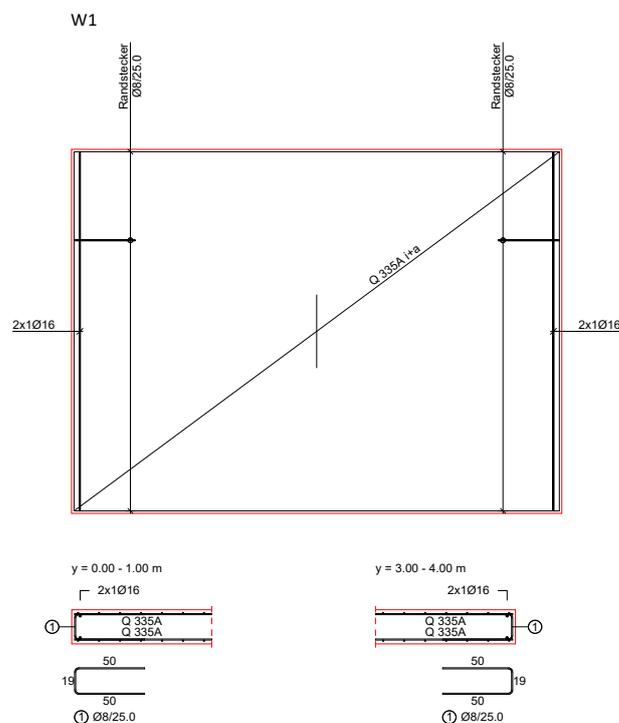


Bild 16. Bewehrungsskizze eines Wandabschnittes

**Details**

Rückbiegeanschlüsse können zum Einsatz kommen, wenn der Kern in unterschiedlichen Betonierabschnitten hergestellt wird. Diese können mit dem Modul „S717.de Stahlbeton-Rückbiegeanschluss“ bemessen werden. Hierfür stellt das Modul U450.de Informationen zu Material, Querschnitt, Schnittgrößen und Bemessungsergebnissen bereit, die vom Detailmodul S717.de übernommen und zur Bemessung verwendet werden können.

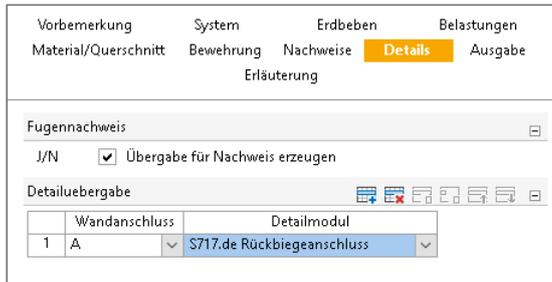


Bild 17. Eingabe „Details“

**Ausgabe**

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Neben maßstabsgetreuen Skizzen werden die Schnittkräfte, Spannungen und Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und Einstellungen des Anwenders tabellarisch und grafisch ausgegeben.

Florian Degiuli M.Sc.  
mb AEC Software GmbH  
mb-news@mbaec.de

**Literatur**

- [1] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1998-1:2010-12, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten.
- [4] DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Nationaler Anhang National festgelegte Parameter Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten.
- [5] Heuß, S.: Auslegung für Erdbeben nach EC 8. mb-news Nr. 4/2014. mb AEC Software GmbH.
- [6] DIN 488-1:2009-08, Betonstahl – Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung.
- [7] Leonhardt, F.; Mönning, E.: Vorlesungen über Massivbau – Dritter Teil: Grundlagen zum Bewehren im Stahlbetonbau. Berlin: Springer-Verlag 1974
- [8] Heuß, S.: Erdbebensichere Aussteifungswände. mb-news Nr. 4/2013. mb AEC Software GmbH.

**Preise und Angebote**

**U450.de Stahlbeton-Aussteifungskern mit Erdbebenbemessung**  
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/U450de>

**S443.de Stahlbeton-Aussteifungswand, Erdbebenbemessung**  
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S443de>

**S717.de Stahlbeton-Rückbiegeanschluss**  
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S717de>

**S811.de Aussteifungssystem mit Windlastverteilung**  
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S811de>

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Februar 2021

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)