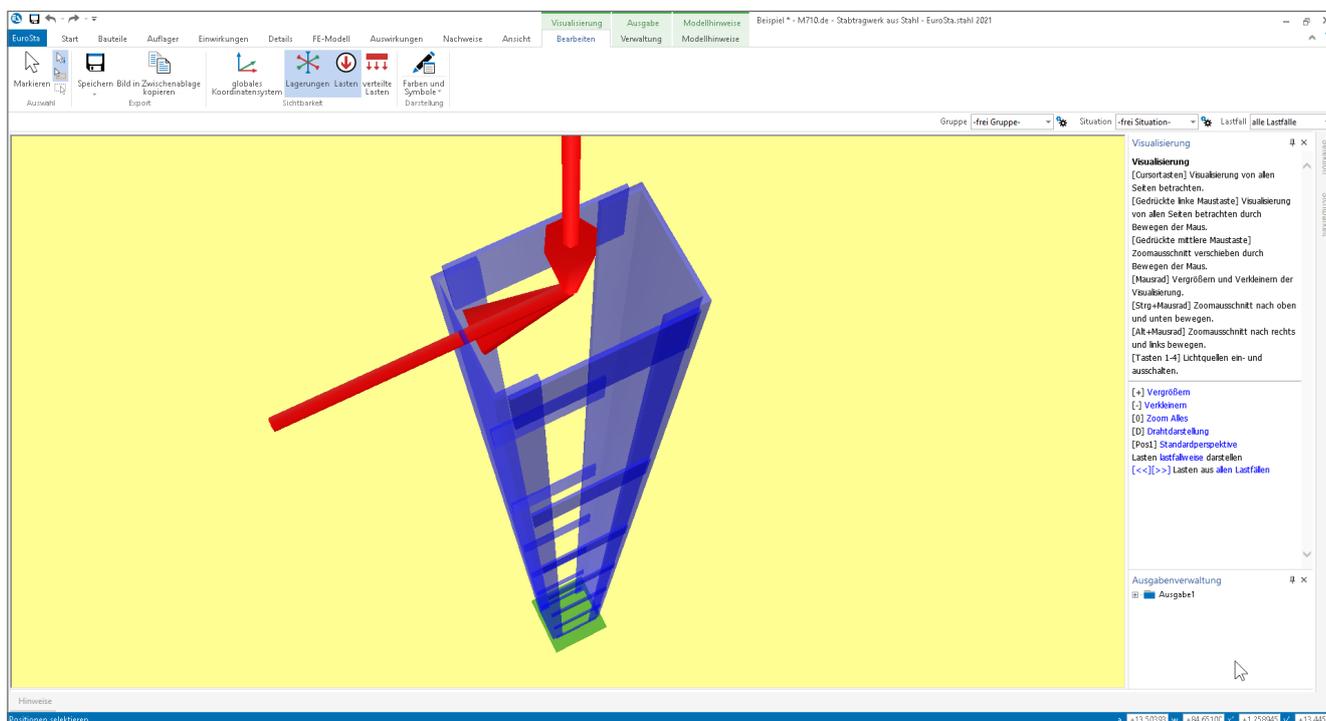


Dipl.-Ing. Sven Hohenstern

Mehrteilige Rahmenstäbe in EuroSta

Leistungsbeschreibung des EuroSta.stahl-Moduls M710.de Mehrteilige Rahmenstäbe

Gleichförmige mehrteilige druckbeanspruchte Stäbe, wie Gitter- oder Rahmenstäbe, dürfen gemäß DIN EN 1993-1-1 nach einem vereinfachten Bemessungsverfahren nachgewiesen werden. Mit dem Modul M710.de lassen sich in MicroFe und EuroSta.stahl Rahmenstäbe mit Bindeblechen berechnen und nachweisen.



Einleitung

Obwohl heutzutage im Stahlbau aufgrund des geringen Fertigungsaufwands überwiegend einteilige Stäbe zum Einsatz kommen, haben mehrteilige Bauteile nach wie vor ihre Daseinsberechtigung verloren. Vor allem wenn das Gewicht der Konstruktion eine Rolle spielt, können mehrteilige Bauteile eine sinnvolle Alternative darstellen.

Wer auf eine exakte Modellierung eines Rahmenstabes mit Stabpositionen für jeden Einzelgurt und jedes Bindeblech verzichten möchte, kann mit M710.de den Rahmenstab mit einer einzigen Stabposition modellieren und nachweisen.

Eingabe

In MicroFe und Eurosta.stahl können mehrteilige Querschnitte aus L- oder U-Profilen zusammengesetzt, mit ein oder zwei stofffreien Achsen und mit in ein oder zwei Ebenen angeordneten Bindeblechen definiert werden.

Für die Querschnittswahl einer Stahlstab- und Stahlstützen-Position stehen folgende mehrteilige Querschnitte zur Verfügung:

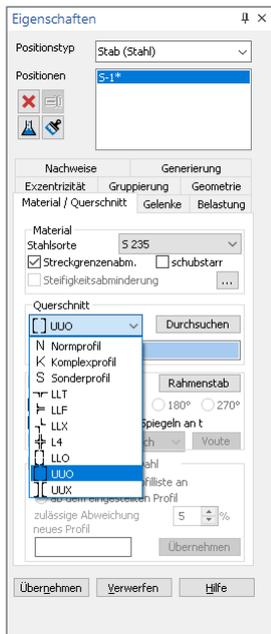


Bild 1. Querschnittswahl in den Stahlstab-Positionseigenschaften

Typ	Anzahl Gurtstäbe	Stofffreie Achse	Anzahl Bindeblech-ebenen je stofffreier Achse
LLT	2	z	1
LLF	2	y	1
LLX	2	y+z	1
L4	4	y+z	1
LLO	4	y+z	2
UUO	2	z	2
UUX	2	z	2

Tabelle 1. Übersicht der Rahmenstab-Typen in MicroFe und EuroSta.stahl

Die Varianten LLT, LLF, LLX und L4 verwenden Bindebleche mit einer Bindeblechebene je stofffreier Achse. Die Varianten LLO, UUO und UUX verwenden außenliegende Bindebleche in zwei Bindeblechebenen je stofffreier Achse. Die Varianten LLX, L4 und LLO besitzen zwei stofffreie Achsen, die übrigen nur eine.

Für die Profilauswahl der Gurtstäbe stehen alle U- und L-Profile der Stammdaten zur Verfügung.

Über die Schaltfläche „Rahmenstab“ (vgl. Bild 1) ist ein Dialog zu öffnen, in welchem weitere Parameter zu den Bindeblechen und die lichten Abstände der einzelnen Gurtstäbe zueinander zu definieren sind.



Bild 2. Rahmenstab-Parameter in den Stahlstab-Positionseigenschaften

Das vereinfachte Bemessungsverfahren erlaubt eine verschmierte kontinuierliche Schubsteifigkeit S_V anzusetzen. Dies setzt jedoch eine gleichartige wiederkehrende Anordnung von Bindeblechen voraus, weshalb ein Stab aus mindestens drei Feldern bestehen sollte, d.h. die Stablänge sollte größer als der dreifache Bindeblechabstand sein.

Nachweise

Das Nachweisverfahren nach DIN EN 1993-1-1 [1], Kap. 6.4 hat sich zu DIN 18800-2 [2], Kap. 4 nicht geändert. Dort, wo die Angaben in EC 3 [1] nicht definiert sind, wird deshalb auf die Regelungen in DIN 18800-2 [2] zurückgegriffen.

Mehrteilige Stäbe, deren Querschnitte eine Stoffachse haben, sind für das Ausweichen rechtwinklig zu dieser Stoffachse wie einteilige Stäbe zu berechnen.

Für das Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse dürfen mehrteilige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt ersatzweise wie einteilige Stäbe berechnet werden, wobei neben den Momenten- auch die Querkraftverformungen zu berücksichtigen sind. Dabei sind die Einzelglieder für ihre Schnittgrößen zu bemessen, die sich aus den Gesamtschnittgrößen ergeben.

Es sind im Wesentlichen die Nachweise für das Biegeknicken um die Stoffachse, das Biegeknicken um die stofffreie(n) Achse(n), der Querschnittsnachweis der Gurtstäbe und der Spannungsnachweis der Bindebleche zu führen. Nachfolgend wird auf diese Nachweise näher eingegangen.

Querschnittswerte des Rahmenstabes

Wenn nachfolgend auf Querschnittsachsen Bezug genommen wird, stellt die y-Achse die Stoffachse und die z-Achse die stofffreie Achse dar (vgl. Bild 3). Bei gedrehten Querschnitten oder zwei stofffreien Achsen gelten die Formeln analog auch für die andere Querschnittsachse.

Das Ersatz-Flächenträgheitsmoment des Rahmenstabes um die stofffreie Achse wird analog EC 3 [1], Gl. (6.74) ermittelt.

Flächenträgheitsmoment um stofffreie Achse eines Rahmenstabes

$$I_{\text{eff}} = n_{\text{ch}} \left[\left(\frac{h_0}{2} \right)^2 A_{\text{ch}} + \mu I_{\text{ch}} \right] \quad (1)$$

mit

- n_{ch} Anzahl der Gurtstäbe
- h_0 Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe, vgl. Bild 3
- A_{ch} Querschnittsfläche eines Gurtstabes
- I_{ch} Flächenträgheitsmoment eines Gurtstabes in der Nachweisebene
- μ Wirkungsgrad nach EC 3 [1], Tab. 6.8

Wirkungsgrad μ nach EC 3 [1], Tab. 6.8

Kriterium	Wirkungsgrad μ
$\lambda \geq 150$	0
$75 < \lambda < 150$	$\mu = 2 - \lambda/75$
$\lambda \leq 75$	1,0

mit

$$\lambda = \frac{L_{\text{cr}}}{i_0} \quad (2)$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_1}{n_{\text{ch}} A_{\text{ch}}}} \quad (3)$$

$$I_1 = n_{\text{ch}} \left[\left(\frac{h_0}{2} \right)^2 A_{\text{ch}} + I_{\text{ch}} \right] \quad (4)$$

Die Ersatz-Schubsteifigkeit $S_V = GA_V$ senkrecht zur stofffreien Achse analog EC 3 [1], Gl. (6.73) berücksichtigt die Biegeverformung der Gurte und der Bindebleche. Die Querkraftverformung der Bindebleche wird hierbei vernachlässigt (vgl. PETERSEN) Stahlbau [4]. Der anzusetzende Wert der Schubsteifigkeit wird begrenzt, um reines Schubknicken zu verhindern (vgl. Erläuterung zu DIN 18800 Teil 2 [3]).

Schubsteifigkeit senkrecht zur stofffreien Achse eines Rahmenstabes

$$S_V = \frac{12 n_{\text{ch}} E I_{\text{ch}}}{a^2 \left[1 + \frac{n_{\text{ch}} I_{\text{ch}} h_0}{n_b I_b a} \right]} \leq \frac{n_{\text{ch}} \pi^2 E I_{\text{ch}}}{a^2} \quad (5)$$

mit

- n_{ch} Anzahl der Gurtstäbe
- n_b Anzahl der parallelen Ebenen mit Bindeblechen
- h_0 Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe
- a Abstand der Bindebleche
- A_{ch} Querschnittsfläche eines Gurtstabes
- I_{ch} Flächenträgheitsmoment eines Gurtstabes in der Nachweisebene
- I_b Flächenträgheitsmoment eines Bindeblechs in der Nachweisebene

Die Stabposition in MicroFe wird mit dem Flächenträgheitsmoment I_{eff} (um die stofffreie Achse) und der Schubfläche $A_V = S_V/G$ (senkrecht zur stofffreien Achse) generiert. Somit basieren die Schnittgrößen des Gesamtstabes auf diesen Ersatz-Querschnittswerten.

Nachweis für Biegeknicken um die Stoffachse

Der Nachweis für Biegeknicken um die Stoffachse erfolgt für die Knicklänge und die Schnittgrößen des Gesamtstabes. Die Schnittgrößen (N_{Ed} und ggf. $M_{y,\text{Ed}}$) teilen sich hierbei gleichmäßig auf die einzelnen Gurtstäbe auf, und der Nachweis wird für einen der Gurtstäbe gemäß EC 3 [1], Kap. 6.3 geführt.

Nachweis für Biegeknicken um die stofffreie(n) Achse(n)

Der Nachweis für Biegeknicken um eine stofffreie Achse erfolgt für den einzelnen Gurtabschnitt gemäß EC 3 [1], Kap. 6.3 mit der Gurtnormalkraft $N_{\text{ch,Ed}}$ und ggf. dem Gurtbiegemoment um die stofffreie Achse $M_{\text{ch,Ed}}$. Unter Annahme beidseitig gelenkiger Lagerung des Einzelfeldes zwischen zwei Bindeblechen wird als Knicklänge der Bindeblechabstand a angesetzt.

Die Gurtnormalkraft $N_{\text{ch,Ed}}$, welche sich aus der Normalkraft und dem Moment nach Theorie II. Ordnung um die stofffreie Achse des schubweichen Gesamtstabes ergibt, wird nach Gl. (6) ermittelt. Das Gurtbiegemoment um die stofffreie Achse $M_{\text{ch,Ed}}$ errechnet sich aus der Querkraft nach Theorie II. Ordnung nach Gl. (7).

Als anzusetzende Imperfektion für eine Pendelstütze sieht EC 3 [1] eine Vorkrümmung von $e_0 = L/500$ vor (vgl. Bild 3). Imperfektionen für eine Berechnung nach Theorie II. Ordnung lassen sich in MicroFe und EuroSta einfach mit dem Positionstyp „Imperfektion“ definieren, deren Anwendung in mb-news 7/2016 [5] erläutert wurde.

Querschnittsnachweis Gurtstab

Für das zwischen zwei Bindeblechen liegende Einzelfeld ist die Tragfähigkeit des maximal belasteten Gurtstabes mit einer N-M-V-Interaktion nachzuweisen, wobei auch hier die Schnittgrößen des Gesamtstabes nach Theorie II. Ordnung die Grundlage bilden. Dieser Nachweis kann nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch oder Elastisch-Plastisch erfolgen.

Schnittkräfte eines Gurtstabes

$$N_{\text{ch,Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{n_{\text{ch}}} \pm \frac{M_{z,\text{Ed}}^{\text{II}} h_0 A_{\text{ch}}}{2 I_{\text{eff}}} \quad (6)$$

$$M_{\text{ch,Ed}} = \frac{V_{y,\text{Ed}}^{\text{II}} a}{n_{\text{ch}}} \quad (7)$$

$$V_{\text{ch,Ed}} = \frac{V_{y,\text{Ed}}^{\text{II}}}{n_{\text{ch}}} \quad (8)$$

mit

- n_{ch} Anzahl der Gurtstäbe
- h_0 Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe
- a Abstand der Bindebleche

In Bild 4 sind die Gurtstabkräfte und die Schnittkräfte der Bindebleche für $n_{\text{ch}}=2$ und $n_b=1$ dargestellt.

Spannungsnachweis Bindeblech

Der Tragfähigkeitsnachweis der Bindebleche ist mit den dort maßgebenden Momenten und Querkraften zu führen, welche an der Stelle der maximalen Querkraft des Gesamtstabes auftreten.

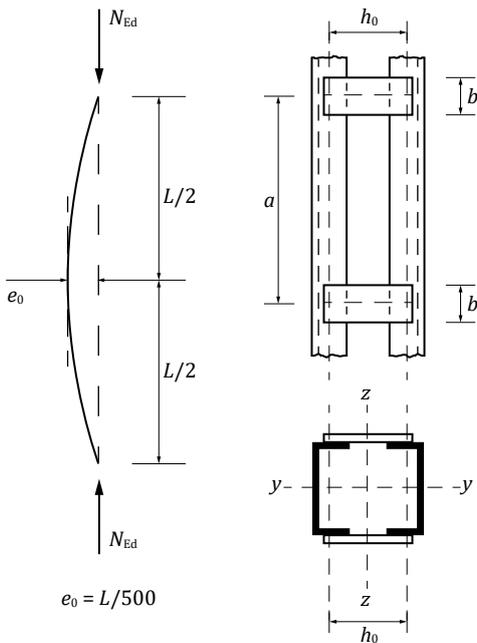


Bild 3. Beispiel für einen Rahmenstab gemäß EC 3 [1], Bild 6.7

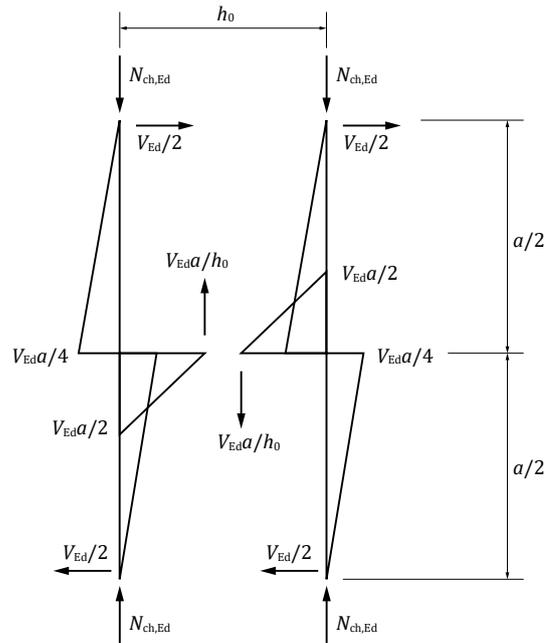


Bild 4. Schnittkräfte in Gurtstab und Bindeblech eines Rahmenstabes gemäß EC 3 [1], Bild 6.11

Schnittkräfte des Bindeblechs

$$M_{b,Ed} = \frac{V_{y,Ed}^{II} a}{n_b} \cdot \frac{a}{2} \quad (9)$$

$$V_{b,Ed} = \frac{V_{y,Ed}^{II} a}{n_b} \cdot \frac{a}{h_0} \quad (10)$$

mit

- n_b Anzahl der Bindeblechebenen
- a Abstand der Bindebleche
- h_0 Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurtstäbe

Mit den Schnittkräften wird ein Vergleichsspannungsnachweis geführt.

Der Anschluss der Bindebleche an die Gurtstäbe ist gesondert nachzuweisen.

Ausgabe

Die Nachweise des Rahmenstabes sind in den Stahlstab-Nachweisausgaben Stab(Stahlprofil)-Nachweis(E-E) und Stab(Stahlprofil)-Nachweis(E-P) integriert. Der Nachweis für Biegeknicken um die Stoffachse wird im üblichen Nachweisformat der einteiligen Stäbe dokumentiert.

Die Dokumentation der Gurtstab-Nachweise erfolgt immer im Anschluss an die Nachweise der einteiligen Stäbe in einem separaten Nachweis-Kapitel. Hierbei wird jeweils die maßgebende Nachweisstelle der gesamten Position ausgegeben.

Der Nachweis der Bindebleche erfolgt im Anschluss an die Querschnittsnachweise.

Dipl.-Ing. Sven Hohenstern
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [2] DIN 18800-2: Stahlbauten - Teil 2: Stabilitätsfälle - Knicken von Stäben und Stabwerken. Ausgabe November 2008. Beuth Verlag.
- [3] Stahlbauten: Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4 1. Auflage 1993. Beuth Verlag.
- [4] Petersen, Christian. Stahlbau: Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage 1993, 2. durchgesehener Nachdruck 1997. Vieweg & Sohn Verlag.
- [5] Hohenstern, Sven. Imperfektionen in EuroSta. mb-news 7/2016.

Preise und Angebote

M710.de Mehrteilige Rahmenstäbe – EC 3, DIN EN 1993-1-1:2010-12
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/M710de>

EuroSta.stahl compact 2021
EuroSta.stahl-Paket für ebene Stabwerke
M700.de

EuroSta.stahl classic 2021
EuroSta.stahl-Paket für ebene und räumliche Stabwerke
M700.de, M701, M720

EuroSta.stahl comfort 2021
EuroSta.stahl-Paket für ebene und räumliche Stabwerke mit dynamischer Untersuchung
M700.de, M701, M710, M711, M714, M715, M719, M720

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenzen je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: August 2021
Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de