



Dr.-Ing. Joachim Kretz

Zur Bemessung von typisierten, momententragfähigen Stirnplattenanschlüssen

Berechnungsmodelle für biegesteife Anschlüsse im Stahlhochbau

Momententragfähige Anschlüsse wirtschaftlich auszulegen ist eine anspruchsvolle und – ohne weitere Berechnungshilfen (z. B. Tabellenwerke, Software) – zeitaufwändige Aufgabe. Für häufig in der Praxis verwendete biegesteife Stirnplattenanschlüsse wurden standardisierte Anschlusskonfigurationen in Form von Tabellenwerken erstellt.

Die am häufigsten verwendeten Tabellenwerke sind die vom DSTV herausgebrachten „Ringbücher“ von Sedlacek et al [1] und Oberegge et al [4]. Beide Tabellenwerke sind typengeprüft. In den Bemessungstabellen nach Oberegge [4] werden die Beanspruchbarkeiten nach DIN 18800 [5] ermittelt, wobei die ausgewiesenen Tragfähigkeiten der Anschlüsse an Tragfähigkeitsversuchen kalibriert wurden. Grundlage des Tabellenwerkes von Sedlacek et al [1] sind Berechnungsmodelle nach Eurocode 3 [7], die neben den Tragfähigkeiten

des Anschlusses auch dessen Verformungsverhalten berücksichtigen. Der Anwendungsbereich beider Tabellenwerke ist jedoch auf kleine Normalkräfte ($N/N_{pl} \leq 0,1$) beschränkt. Mit einem weiteren Tabellenwerk, den Bemessungstabellen von Uth [6], sind biegesteife Anschlüsse unter Berücksichtigung von Normalkräften möglich. Die den zuvor genannten Tabellenwerken zugrunde liegenden Berechnungsmodelle werden nachfolgend kurz erläutert.

1. Einführung

Bei starren, biegesteifen Anschlüssen kann das klassische Bemessungskonzept beibehalten werden, bei dem die Anschlüsse bei der Tragwerksberechnung unberücksichtigt bleiben. Dieses Verfahren setzt ausgesteifte Träger-Stützenanschlüsse (Bild 1) und ausreichende Stirnplattendicken voraus. Unter einer Biegebeanspruchung tritt dabei keine bzw. nur eine sehr geringe Rotation auf. Bei Anwendung der Tabellenwerke nach [4] und [6] werden starre Anschlüsse vorausgesetzt.

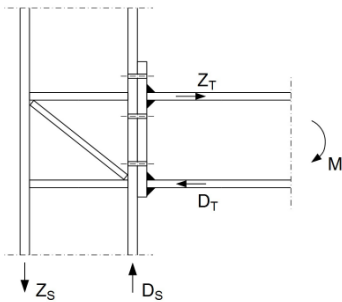


Bild 1. Beispiel eines voll ausgesteiften Träger-Stützenanschlusses

Wird beispielsweise die Diagonalsteife im Stützensteg (aus Bild 1) entfernt, kann immer noch – verglichen mit den vorhandenen Beanspruchungen – eine ausreichende Beanspruchbarkeit vorliegen, wobei die vorhandene Rotationssteifigkeit noch eine Einstufung als starrer Anschluss nach [7] zulässt. Die Einstufung (Klassifizierung) eines Anschlusses setzt die Kenntnis der Momenten-Rotationscharakteristik voraus. In dem „neuen DSTV-Ringbuch“ [1] „Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau“ sind Angaben zu den erforderlichen Stützenprofilen und zu den Steifigkeiten des Anschlusses (elastische Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$) gemacht.

Bei nachgiebigen Anschlüssen – die auf der Grundlage von Eurocode 3 [7] nachweisbar sind – entziehen sich die Anschlüsse teilweise der Lastabtragung. Dies führt beispielsweise bei einer Rahmenecke zu geringeren Eckmomenten und einer Vergrößerung der Feldmomente im Riegel. Diese veränderte Steifigkeitsverteilung wirkt sich auf die Schnittgrößenverteilung und damit auch auf die Stabilitätsnachweise aus.

2. Typisierte Verbindungen

Mit der Erstaufgabe der „Typisierten Verbindungen im Stahlbau“ [2] wurde 1974 erstmals eine Bemessungshilfe für die Konstruktion und Berechnung starrer, biegesteifer Anschlüsse veröffentlicht. Inhalt dieses Tabellenwerkes sind neben Formeln zur Durchführung der Tragfähigkeitsnachweise die Bemessungstabellen für standardisierte Anschlusstypen, die alle relevanten geometrischen Daten des Anschlusses und dessen Tragfähigkeiten enthalten.

Die typisierten, biegesteifen Stirnplattenanschlüsse werden in vier verschiedene Typenreihen (Bild 2) eingeteilt. Unterschieden wird in Anschlüsse mit zwei bzw. vier Schrauben in einer Reihe und in Anschlüsse mit bündiger und überstehender Stirnplatte. Anhand vorgegebener Anschlussschnittgrößen und der Anschlussquerschnitte kann mit diesen typisierten Verbindungen der erforderliche Anschlusstyp bestimmt werden.

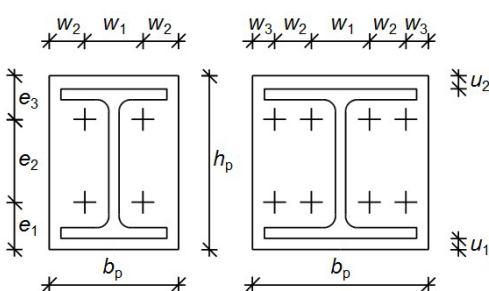
Jeder Anschlusstyp ist durch eine alphanumerische Code-Nummer eindeutig bezeichnet. Die Typenbezeichnung ist nach folgendem Muster aufgebaut:

Bauteilgruppe: Momententragfähiger Stirnplattenanschluss für I-Profile
 Stirnplattenform
 (1, 2: bündig; 3,4: überstehend)
 Revisions-Nr. der Typisierung
 Kennzeichen für Profilreihe des Trägers (Ea: IPEa, E: IPE, Eo: IPEo, Ev: IPEv, AA: HEAA, A: HEA, B: HEB, M: HEM)
 Trägerprofilnennhöhe in cm
 Schraubengröße
 (Gewindeaußendurchmesser in mm)

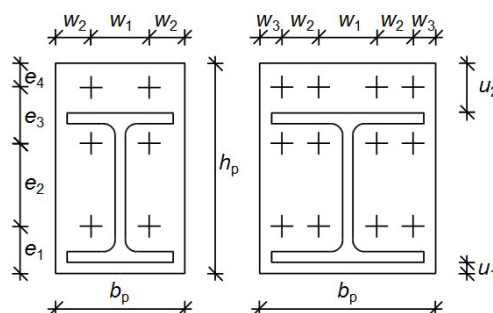
IH 1.1 Ea ## ##
 2.1 E
 3.1 Eo
 4.1 Ev
 AA
 A
 B
 M

Bild 3. Allgemeine Typenbezeichnung eines momententragfähigen Stirnplattenanschlusses für I-Profile nach [1]

Typen IH1 und IH2: (bündige Stirnplatte)



Typen IH3 und IH4: (überstehende Stirnplatte)



a_t Kehlnahtdicke an den Trägerflanschen
 a_w Kehlnahtdicke am Trägersteg
 t_p Stirnplattendicke
 $S_{j,ini}$ elastische Steifigkeit (Mit Hilfe dieses Wertes ist der Anschluss hinsichtlich der Steifigkeit zu klassifizieren)

Bild 2. Typen IH1 bis IH4 der typisierten Anschlüsse

2.1 Bemessungsmodell / Bemessungstabeln nach Oberegge für profilorientiertes Konstruieren

Das Bemessungsmodell wurde speziell für die typisierten Verbindungen entwickelt und mit Hilfe von Tragfähigkeitsversuchen kalibriert. Die Beanspruchbarkeiten werden auf der Grundlage der DIN 18800 [5] berechnet.

Für die Anwendung des Berechnungsmodells nach Oberegge [4] gelten folgende Voraussetzungen:

- Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch (E-E) oder Elastisch-Plastisch (E-P)
- Vorwiegend ruhende Belastung
- Geringe Normalkräfte: $N_d/N_{pl,Rd} \leq 0,1$
- Stirnplatten aus S 235
- Walzträger IPE, HEAA, HEA, HEB und HEM aus S 235
- Planmäßig vorgespannte hochfeste Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 als SL-Verbindung

Erläuterungen zum Berechnungsmodell

Grundlage dieses einfachen Berechnungsmodells für momententragfähige Anschlüsse ist die Aufteilung des Bemessungsmomentes in eine Druck- und eine Zugkomponente mit dem inneren Hebelarm h_s , der durch die Schwerachsen der Profilgurte gegeben ist (Bild 4).

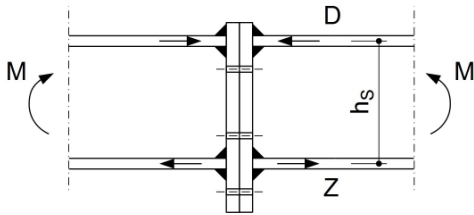


Bild 4. Typischer momententragfähiger Stirnplattenanschluss mit überstehender Stirnplatte

Die Druckkraftübertragung erfolgt über Kontakt zwischen den Stirnplatten, während die Zugkraft über die angeschweißten Stirnplatten in die benachbarten Schraubenreihen übertragen wird. Für die Kraftübertragung sind hochfeste vorgespannte Schrauben vorgeschrieben, um eine Klaffung der Stirnplatte im Gebrauchszustand zu vermeiden.

Das Versagen des Anschlusses kann allgemein durch Erreichen der plastischen Biegetragfähigkeit und Scherbruch in den Stirnplatten auftreten oder durch Erreichen der Zugtragfähigkeit der Schrauben. Bei den nach [4] typisierten Anschlüssen ist meist ein Versagen der Schrauben zu erwarten, da die Stirnplatten relativ dick ausgeführt werden.

Für den Versagensmechanismus einer überstehenden Stirnplatte ist das Berechnungsmodell in Bild 5 dargestellt.

Unter Zugbeanspruchung entsteht am Stirnplattenrand infolge der eintretenden Verformung der Stirnplatte eine Abstützkraft K , die mit der Zugkraft Z der Schraube und der Gurtkraft $Z_t/2$ im Gleichgewicht steht. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit stellt sich in der Stirnplatte ein kinematischer Tragzustand ein.

Dieser kinematische Tragzustand wird durch die Bildung von plastischen Gelenken in den Schnitten I-I und II-II charakterisiert.

Da das zugrundeliegende Berechnungsmodell ausschließlich an durchgeführten Versuchsreihen kalibriert wurde, ist eine Abänderung auf andere Anschlusskonfigurationen nicht möglich. Die in dem vereinfachten Gesamtsystem (Bild 5) angegebenen Hebelarme c_1 und c_3 entsprechen dabei nicht den tatsächlichen Hebelarmen, sondern wurden rechnerisch aus den Versuchsergebnissen ermittelt.

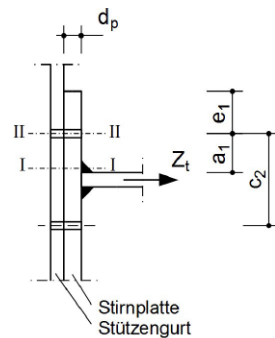
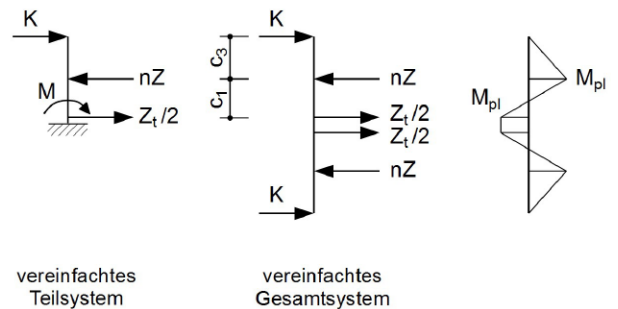


Bild 5. Berechnungsmodell nach [2] bei überstehender Stirnplatte



Das erläuterte Bemessungsmodell der Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren [4] deckt den Nachweis eines Träger-Trägeranschlusses im Grenzzustand der Tragfähigkeit vollständig ab. Durch das Bemessungsmodell nicht abgedeckt sind hingegen Träger-Stützenanschlüsse, da bei diesen Verbindungen neben der Beanspruchbarkeit der Stirnplatte weitere Beanspruchbarkeiten im Stützenbereich nachzuweisen sind. Diese sind:

- Zugtragfähigkeit des Stützensteges im Einleitungsbereich der Zugkraft
- Schubtragfähigkeit des Stützensteges
- Biegetragfähigkeit des Stützengurtes infolge Schraubenzugkraft
- Drucktragfähigkeit des Stützensteges im Einleitungsbereich der Druckkraft

Wegen der in [4] fehlenden Rechenmodelle für Träger-Stützenanschlüsse sind diese Anschlüsse in der Praxis so „mit Steifen“ zu konstruieren, dass der Stützenbereich nicht maßgebend wird. Um die zu erwartenden Verformungen bei Träger-Stützenanschlüssen möglichst klein zu halten, müssen nach [4] Mindestdicken t für den Stützenflansch eingehalten werden.

In Abhängigkeit vom Schraubendurchmesser des gewählten Anschlusstyps kann der Nachweis der Mindestdicke t des Stützenflansches in zwei Stufen erfolgen:

Nachweisstufe 1: Die Mindestdicke t muss den Angaben in Tabelle 1 entsprechen.

Stirnplattenform	Schraubengröße					
	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30	
bündig	IH 1	16,0	20,0	24,0	27,0	30,0
	IH 2	20,8	26,0	31,2	35,1	39,0
überstehend	IH 3	17,6	22,0	26,4	29,7	33,0
	IH 4	22,4	28,0	33,6	37,8	42,0

Tabelle 1: Mindestdicke t [mm] des Stützenflansches bei nicht ausgesteiftem Anschluss nach [4]

Wird die Mindestdicke t nach Nachweisstufe 1 nicht eingehalten ist der Stützbereich durch Steifen in Höhe der Riegel-flansche zu verstärken.

Nachweisstufe 2: Die Mindestdicke t muss den Angaben in Tabelle 2 entsprechen.

Stirnplattenform	Schraubengröße					
	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30	
bündig	IH 1	16,0	20,0	24,0	27,0	30,0
	IH 2	20,0	25,0	30,0	33,8	37,5
überstehend	IH 3	12,8	16,0	19,2	21,6	24,0
	IH 4	16,0	20,0	24,0	27,0	30,0

Tabelle 2: Mindestdicke t [mm] des Stützenflansches bei ausgesteiftem Anschluss nach [4]

Sollte der Stützenflansch die Mindestdicke t immer noch nicht einhalten, können zusätzliche Unterlegbleche (Futter) angeordnet werden (Bild 6).

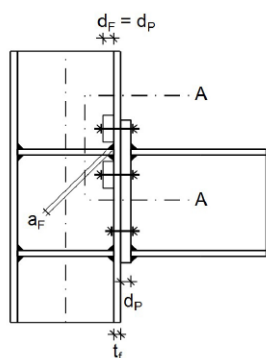
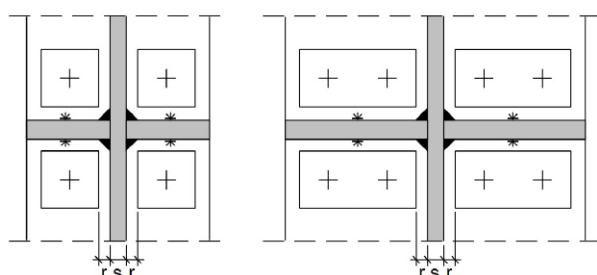


Bild 6. Anordnung von Unterlegblechen bei dünnen Stützenflanschen nach [4] und [6]

Schnitt A-A



2.2 Bemessungsmodell / Bemessungstabeln nach Sedlacek für „Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau“

Das Berechnungsmodell im neuen DSTV-Ringbuch „Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau“ [1] beruht auf allgemeingültigen Regelungen im Eurocode 3 [7], die die Anschlüsse als ein Element im Gesamtsystem betrachten. Dieses Berechnungsmodell beruht vollständig auf mechanischen Modellen, die durch Versuche überprüft wurden. In diesem Modell wird neben den Tragfähigkeiten des Anschlusses auch dessen Verformungsverhalten erfasst.

Bevor jedoch die Berechnungsgrundlagen näher beschrieben werden, werden die Voraussetzungen für die Anwendung der Berechnungstabellen zusammengestellt. Als Voraussetzungen gelten nach [1]:

- Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch (E-E) oder Elastisch-Plastisch (E-P)
- vorwiegend ruhende Belastung
- geringe Normalkräfte im Träger: $N_d/N_{pl,Rd} \leq 0,1$
- durchlaufende Stütze
- nur geringfügige Unterschiede in den Trägerhöhen bei beidseitigem Träger-Stützenanschluss
- Stirnplatten, Träger und Stützen aus S 235 oder S 355 nach [5] bzw. [7]
- Druckspannung im Stützensteg $\sigma_{com,wc} \leq 0,5 f_{y,wc}$ (Streckgrenze im Stützensteg)
- Druckspannung im Stützenflansch $\sigma_{com,fc} \leq 180 \text{ N/mm}^2$
- Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9
- Stirnplatte und Kehlnähte sind gemäß Abmessungen in den Tabellen auszuführen
- bei Stirnplatten, die seitlich mehr als $1,4 a_f$ überstehen, sind die Flanschnähte umlaufend zu schweißen
- ist ein Stützenprofil in den Tabellen mit „St“ gekennzeichnet, so ist eine Aussteifung der Stütze erforderlich (immer bei den Typen IH2 und IH4):
 - es ist eine Steife auf Höhe des oberen und unteren Riegeflansches vorzusehen
 - die Dicke der Steifen ist gleich der Dicke des Riegeflansches zu wählen
 - die Breite der Steifen ist so zu wählen, dass die Stütze auf der gesamten Flanschbreite ausgesteift ist
 - die Schweißnähte an den Steifen sind als Doppelkehlnähte mit einer Nahtdicke entsprechend der Schweißnahtdicke zwischen den Flanschen und der Kopfplatte auszuführen.

Angaben zum Aufbau der Bemessungstabeln

Die Profilreihe und die Nennhöhe des Trägers dienen als Eingangsparameter in die Tabellen. Das aufnehmbare Grenzmoment des Anschlusses $M_{y,1,Rd}$ ist zunächst mit dem Grenzmoment des Trägers $M_{c,y,Rd}$ zu vergleichen, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Als weiterer Wert ist die Grenzquerkraft $V_{z,Rd}$ zugehörig zu $M_{y,1,Rd}$ angegeben. Die Tragfähigkeit bei negativer Momentenbelastung ist mit dem Wert des Umkehrmomentes $M_{y,2,Rd}$ angegeben.

Die Tabellen sind so aufgebaut, dass für jede Anschlusskonfiguration vier Zeilen mit Tragfähigkeiten und Steifigkeiten angegeben werden. Die Werte der Verbindung eines Trägerstoßes sind in der jeweils ersten Zeile eingetragen. Die Zeilen zwei bis vier gelten für Träger-Stützenanschlüsse. Für einen einseitigen oder beidseitigen Träger-Stützenstoß sind in der zweiten Zeile in der Spalte „erf. Stütze“ für die Profilreihen IPE, HEA, HEB und HEM jeweils die kleinsten möglichen Stützenprofile angegeben. Sofern die dort angegebenen Stützenprofile verwendet werden, muss die positive Momententragfähigkeit des Anschlusses, verglichen mit der des Trägerstoßes, nicht reduziert werden. Es können auch andere, größere Stützenprofile verwendet werden. Diese Stützen müssen dann aber gesondert nachgewiesen werden, da sich die Anschlusssteifigkeit ggf. reduzieren kann, z. B. durch fehlende Duktilität oder durch eine reduzierte Schubtragfähigkeit des Stützensteges.

In Fällen, in denen die positive Momententragfähigkeit aus Träger und Stirnplatte nicht voll ausgenutzt wird, sind in den Zeilen drei und vier entsprechend die kleinsten möglichen Stützenprofile angegeben, die das geringere Lastniveau sicherstellen. Als mögliche Ausnutzungsgrade sind 80% bzw. 60% wählbar. Das Bemessungsverfahren setzt keine Vorspannung der Schrauben voraus. Um eine klaffende Fuge im Gebrauchszustand zu vermeiden, ist eine Vorspannung der Schrauben jedoch zu empfehlen. In der Spalte „Grenz-zustand“ wird das maßgebende Versagenskriterium des Anschlusses dokumentiert.

Momententragfähige I-Trägeranschlüsse Anlage 1.299 zum Prüfbescheid II B 2-543-778 vom 04.11.2002

Momententragfähige Träger-Stützenanschlüsse mit Stirnplatte

Beanspruchbarkeiten

Typen IH1 und IH2: (bündige Stirnplatte)

Typen IH3 und IH4: (überstehende Stirnplatte)

Grenzzustände (Trägerstoß):
 EPB : Störstelle auf Biegung
 BT : Schrauben auf Zug
 BFC : Trägerfisch und -steg auf Druck
 BWT : Trägersteg auf Zug

Hinweise:
 St : Stelle in Stütze (siehe Erläuterungsabschnitt)
 / : keine Stütze für dieses Lastniveau möglich
 Maßgebend für die Biegetragfähigkeit ist das Minimum aus $M_{j,Rd}$ und $M_{j,Ed}$ bzw. $M_{j,Rd}$ und $M_{j,Ed}$

Beanspruchbarkeiten (in kN und kNm)																
Nr.	Anschluss	%	Anschluss nach DIN		Anschluss nach EC 3		Träger		erf. Stütze (S 235)							
	Trägerprofil S 235	Typ	Schr. 10.9	$M_{j,Rd}$ kNm	Grenz-zust. kNm	$M_{j,Ed}$ kNm	Grenz-zust. kNm	$M_{j,Rd}$ kNm	$V_{j,Rd}$ kN	$M_{j,Rd}$ kNm	IPE	HEA	HEB	HEM		
501	HEA 450	IH3.1	M 20	261,0	EPB	127,7	392,7	261,0	EPB	127,7	411,4	755,7	/	600	400	300
				100	261,0	127,7	392,7	261,0	127,7	411,4	755,7	/	600	400	300	
				80	208,8	105,2	392,7	208,8	105,2	411,4	755,7	600-St	400	300	200	
502	HEA 450	IH3.1	M 24	364,9	EPB	180,3	446,1	364,9	EPB	180,3	446,1	755,7	/	900	600	300
				100	364,9	180,3	446,1	364,9	180,3	446,1	755,7	/	900	600	300	
				80	291,9	166,5	446,1	291,9	166,5	446,1	755,7	/	650	400	240	
503	HEA 450	IH3.1	M 27	467,5	EPB	231,0	446,1	467,5	EPB	231,0	446,1	755,7	/	900-St	900	320
				100	467,5	231,0	446,1	467,5	231,0	446,1	755,7	/	900-St	900	320	
				80	374,0	221,1	446,1	374,0	221,1	446,1	755,7	/	900	550	280	

Tabelle 3: Bemessungstabelle (auszugsweise) IH 3.1 A 45 nach [1]

Neben den Tragfähigkeitsangaben des Anschlusses enthalten die Bemessungstabellen auch Angaben zur Steifigkeit des Anschlusses. Mit Hilfe der elastischen Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$ ist durch einen Vergleich mit der Trägersteifigkeit eine Einstufung (Klassifizierung) des Anschlusses nach Eurocode 3 als verformbar bzw. starr möglich (siehe Berechnungsmodell). Dabei gelten die angegebenen Steifigkeitswerte nur für durchlaufende Stützen. Im Falle eines Trägeranschlusses am Stützenkopf, wie bei eingeschossigen Rahmen, ist dieser gesondert nach den Vorgaben im EC3 Anhang J nachzuweisen.

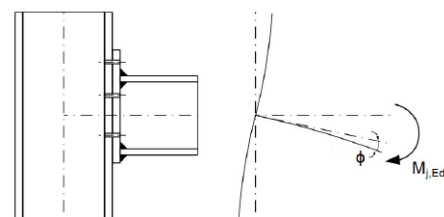
Erläuterungen zum Berechnungsmodell

Im Eurocode 3 Anhang J [7] ist ein Bemessungsmodell für Träger-Stützenanschlüsse angegeben, mit dem sowohl die Tragfähigkeit (Beanspruchbarkeit) als auch die Verformbarkeit des Anschlusses berechnet werden kann. Die DIN 18800 beinhaltet kein vergleichbares Modell. Sehr wohl wird aber in verschiedenen Elementen auf gleiche Grundprinzipien verwiesen, z. B. dass Abstützkräfte K in einem T-Stummel zu berücksichtigen sind.

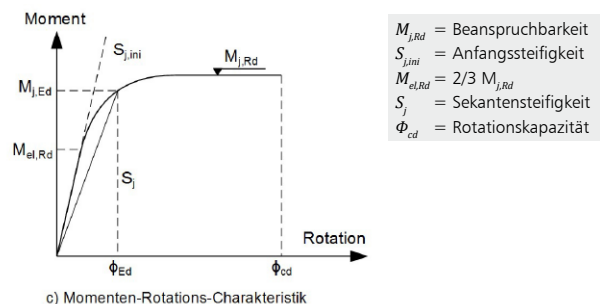
Das in den Bemessungstabellen nach [1] verwendete Modell zur Berechnung der Momententragfähigkeit beruht vollständig auf dem Modell des Eurocodes. Nach EC3 wird ein Anschluss durch drei Kenngrößen charakterisiert. Diese sind:

- Tragfähigkeit
- Rotationssteifigkeit
- Rotationskapazität

Die Grundlage der Charakterisierung ist die Momenten-Rotations-Kurve des Anschlusses (Bild 7), die die Verformung eines Anschlusses unter Momentenbeanspruchung als relative Verdrehung Φ zwischen Stützenachse und Trägerachse angibt. Diese Charakteristik eines Anschlusses ist im allgemeinen ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen dem einwirkenden Moment $M_{j,Ed}$ und der relativen Verdrehung Φ . Zu Beginn stellt sich zunächst ein elastisches Verhalten ein, gefolgt von einem nichtlinearen Verlauf, der infolge von plastischen Verformungen einzelner Anschlusskomponenten entsteht. Beschrieben wird der Verlauf durch die Kenngrößen der Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$ und der Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$ (maximal vom Anschluss zu übertragendes Moment). Bei ausreichender Rotationskapazität (maximal mögliche Verdrehung vor Eintritt des Versagens \equiv Duktilität) wird mit dem Erreichen von $M_{j,Rd}$ für größere Verformungen ein Fließplateau angenommen.



a) Träger-Stützenanschluss b) Modellierung



c) Momenten-Rotations-Charakteristik

Bild 7. Momenten-Rotations-Charakteristik eines Anschlusses nach [8]

Sofern die Anschlusskenngrößen Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$ und die Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$ ermittelt sind, lässt sich der Anschluss klassifizieren. Mithilfe der Klassifizierung des An-

schluss kann bestimmt werden, ob die Anschlussverformungen bei der Berechnung des Tragwerks berücksichtigt werden müssen. Die Klassifizierung, d.h. die Einstufung der Anschlüsse in verschiedene Klassen, kann auf drei verschiedene Arten erfolgen:

- Klassifizierung nach der Tragfähigkeit
- Klassifizierung nach der Steifigkeit
- Klassifizierung nach der Rotationskapazität

Für die Klassifizierung nach der Tragfähigkeit wird die Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$ mit der Tragfähigkeit der angeschlossenen Bauteile verglichen. Hierbei werden drei Klassen unterschieden:

- **volltragfähig, starr**
Die Tragfähigkeit des Anschlusses $M_{j,Rd}$ ist größer als die Tragfähigkeit der angeschlossenen Bauteile. Bei einer plastischen Schnittgrößenermittlung bilden sich die plastischen Gelenke immer im Bauteil und nie im Anschluss aus (Aufgrund möglicher Materialüberfestigkeiten kann ggf. ein Nachweis der Duktilität erforderlich sein).
- **teiltragfähig**
Die Tragfähigkeit des Anschlusses ist kleiner als die Tragfähigkeit der angeschlossenen Bauteile, so dass die aufnehmbaren Schnittgrößen durch $M_{j,Rd}$ begrenzt werden und sich bei plastischer Tragwerksberechnung Fließgelenke im Anschluss bilden können, so dass hier ausreichende Rotationskapazität gefordert werden muss.
- **gelenkig**
Der Anschluss kann keine signifikanten Momente übertragen und lässt beliebige Rotationen zu (z. B. typisierte Anschlüsse der Typen IW oder IS im Band 1 „Gelenkige I-Trägeranschlüsse“).

Bei der Klassifizierung nach der Steifigkeit wird der Anschluss aufgrund seiner elastischen Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$ durch Vergleich mit Grenzwerten, die sich aus der Steifigkeit der angeschlossenen Träger ergeben, in drei Klassen eingeteilt:

- gelenkig
- starr
- verformbar

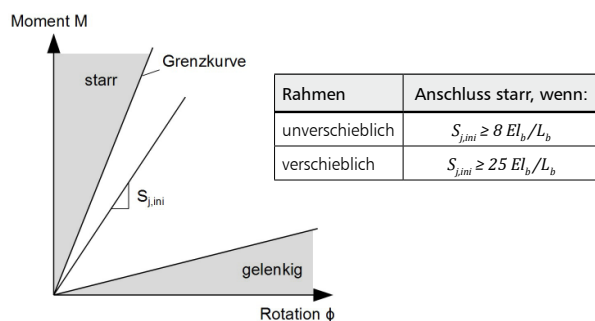


Bild 8. Klassifizierung nach der Steifigkeit nach [1]

Bei dem Vergleich mit Grenzwerten ist zwischen ausgesteiften und nicht ausgesteiften Rahmentragwerken zu unterscheiden. Erfolgt die Einstufung des Anschlusses als starr, so sind die relativen Verformungen (Rotationen) unabhängig vom übertragenen Moment so klein, dass sie bei der Berechnung am Gesamtsystem vernachlässigt werden können.

Bei verformbaren Anschlüssen haben die Rotationen Einfluss auf die Schnittgrößenverteilung in den Bauteilen und müssen bei der Modellierung des Tragwerks über Drehfedern berücksichtigt werden. Für verformbare Anschlüsse ist in der Tragwerksberechnung bei Ausnutzung der elastischen Tragfähigkeit die elastische Steifigkeit $S_{j,ini}$ bei Ausnutzung der plastischen Tragfähigkeit $S_j = S_{j,ini} / \eta$ anzusetzen. Dabei ist $\eta = 3$ für einen Trägerstoß und $\eta = 2$ bei einem Träger-Stützenanschluss zu berücksichtigen.

Nach EC3 basiert die Nachweisführung eines Anschlusses auf der sogenannten Komponentenmethode. Bei dieser Methode wird ein Anschluss in einzelne Grundkomponenten zerlegt, wobei jeder Komponente im Anschluss eine klar definierte Beanspruchung zugeordnet wird. Für jede Komponente wird die Beanspruchbarkeit und die Steifigkeit ermittelt. Über Federmodelle wird dann der Kraftfluss in einem Anschluss berechnet und dessen Tragfähigkeit und Steifigkeit ermittelt. Die Grundkomponenten können zusammen mit ihren Beanspruchungen drei Bereichen des Anschlusses zugeordnet werden. Nachfolgend erfolgt deren Auflistung:

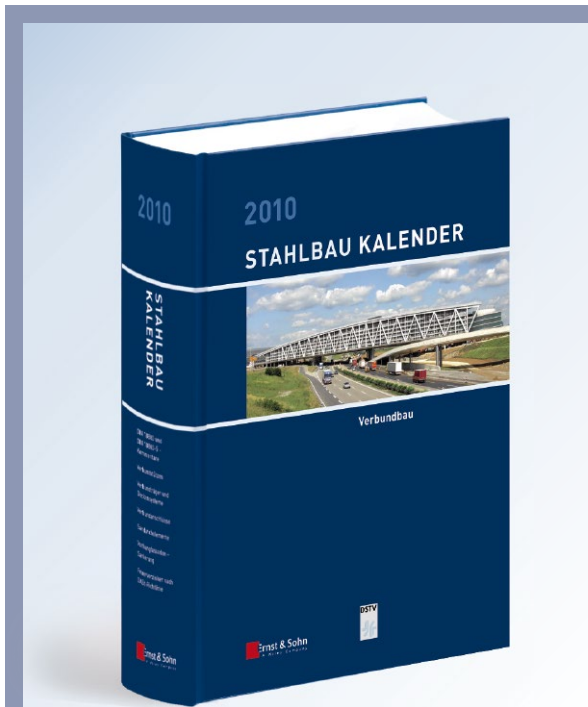
- **Zugbereich:**
 - CWT Stützensteg auf Zug beansprucht
 - CFB Stützenflansch auf Biegung beansprucht
 - BT Schrauben auf Zug beansprucht
 - EPB Stirnplatte auf Biegung beansprucht
 - BWT Trägersteg auf Zug beansprucht
- **Druckbereich:**
 - CWC Stützensteg auf Druck beansprucht
 - BFC Trägerflansch und -steg auf Druck beansprucht
- **Schubbereich:**
 - CWS Stützensteg auf Schub beansprucht

Die Momententragfähigkeit $M_{j,Rd}$ sowie die Steifigkeit S_j eines momententragfähigen Träger-Stützenanschlusses mit überstehender oder bündiger Stirnplatte hängt damit von den Beanspruchungen, Tragfähigkeiten und Steifigkeiten der einzelnen im Anschluss vorhandenen Komponenten ab. In den Bemessungstabellen sind das jeweilig maßgebende Versagen des Anschlusses sowie die elastische Anfangssteifigkeit angegeben.

2.3 Bemessungsmodell / Bemessungstabellen nach Uth für typisierte biegesteife Rahmenecken unter Berücksichtigung der Normalkraft

Die Ausführungen im Kapitel 2.1 zeigen, dass für die momententragfähigen Träger-Stützenanschlüsse nach [4] in aller Regel weitere Nachweise zwingend erforderlich sind. In den Bemessungstabellen von Uth [6] sind diese Nachweise weitestgehend eingearbeitet.

Darüber hinaus werden die Grenztragfähigkeiten bei **gleichzeitig vorhandener Normalkraft (Zug- oder Druckkraft)** angegeben. Damit wird der Anwendungsbereich im Vergleich zu den Bemessungstabellen nach [4] deutlich erweitert. Die den Tabellenwerten zugrunde liegenden Nachweise umfassen den Anschluss (auf der Grundlage des Bemessungsmodells nach [4]), den Riegel und die Stütze, soweit dies mit dem Eingangswert (Normalkraft im Riegel) möglich ist. Die gegenüber [4] zusätzlich untersuchten Nachweise werden auf der Grundlage der DIN 18800 ([5], [9],[10] und [11]) geführt.



ULRIKE KUHLMANN (HRSG.)

Stahlbau-Kalender 2010
Schwerpunkt: Verbundbau

2010. ca. 800 Seiten, ca. 800 Abb.,
 ca. 130 Tab., Gebunden.
 ca. € 135,-* / sFr 213,-
 Fortsetzungspreis:
 ca. € 115,-* / sFr 182,-
 ISBN 978-3-433-02939-8

Erscheint April 2010

■ Für die neue Ausgabe des Stahlbau-Kalenders wurde ein Schwerpunkt gesetzt, der in der Planungspraxis zunehmend eine Rolle spielt. Die Verbundbauweise bietet innovative Tragwerkslösungen für den Hoch- und Industriebau. Die erfolgreiche Verbreitung im Hochhaus- und Geschossbau in den letzten 20 Jahren ist den zahlreichen Vorteilen dieser Bauweise geschuldet: Wirtschaftlichkeit durch kurze Montagezeiten mit fortschrittlicher Anschlusstechnik, mehr Gestaltungs"freiraum" mit großen Spannweiten und geringen Bauhöhen. Gegenüber dem reinen Stahlbau ermöglicht der Verbund von Stahl und Beton intelligente ganzheitliche Lösungen durch integrierten Brandschutz.

Für den jüngeren Gebäudebestand mit Stahl-Glas-Fassaden ergeben sich vor dem Hintergrund der Energieeinsparverordnung (EnEV) Fragen und nicht selten die Notwendigkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen.

Zukünftig Sanierungsfälle vermeiden und den Bestand untersuchen hilft die neue DAST-Richtlinie 022 „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“, deren Hintergründe ausführlich erläutert werden.

Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG

Kundenservice: Wiley-VCH
 Boschstraße 12
 D-69469 Weinheim

Tel. +49 (0)6201 606-400
 Fax +49 (0)6201 606-184
 service@wiley-vch.de

Online-Bestellung: www.ernst-und-sohn.de



* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland, inkl. MwSt.-zzgl. Versandkosten. Irrtum und Änderungen vorbehalten. 01482 10016_dp

Die Tabellen für die Anschlussstypen IH1 bis IH4 sind unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

- Vorwiegend ruhende Belastung
- Nur rippenversteifte Anschlüsse
- Stirnplatten aus S 235 JRG2 bzw. S 235 JO
- Walzträger IPE, HEAA, HEA, HEB und HEM aus S 235 JRG2 oder S 235 JO
- Planmäßig vorgespannte hochfeste Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 als SL-Verbindung
- Der Schaft der Schrauben liegt in der Scherfuge

Die detaillierte Beschreibung zum Gebrauch der Bemessungstabellen sowie die Beschreibung der Berechnungsgrundlagen sind in [6] enthalten, weshalb an dieser Stelle nur auf diese Literaturstelle verwiesen wird.

Angaben zum Aufbau der Bemessungstabeln:

Die Bemessungstabeln sind in Spalten von $N_d/N_{pl,d} = -0,30$ bis $N_d/N_{pl,d} = +0,30$ eingeteilt. Diese Begrenzung wird als ausreichend betrachtet, da größere Normalkräfte im Riegel in der Praxis selten zu erwarten sind. Die Bemessungstabeln sind in Doppelzeilen unterteilt. In der jeweiligen oberen Zeile werden die aufnehmbaren Grenzmomente der Verbindung angegeben. Der angegebene Index gibt an, welcher Teil der Verbindung maßgebend für das rechnerische Versagen ist.

In der unteren Zeile werden die aufnehmbaren Grenzerkräfte angegeben. Auch hier weist der Index auf die Versagensursache hin. Bei den Anschlussstypen IH3 und IH4 werden unterhalb der Tafel in einer zusätzlichen Zeile die Umkehrmomente des Anschlusses (positive Momente) angegeben. In der letzten Spalte der Bemessungstabeln ist mit $N_d/N_{pl,d}$ die Grenznormalkraft (im Riegel) angegeben, bei der ein zusätzliches Moment des Anschlusses nicht mehr aufnehmbar ist oder die Grenzquerkraft des Stützenprofils erreicht ist. Die obere Zeile gibt das maximale Verhältnis für Zug-, die untere für Drucknormalkräfte im Riegel an.

Die auszugsweise Darstellung einer Bemessungstafel zeigt den prinzipiellen Aufbau des Tabellenwerkes mit den aufnehmbaren Grenzschnittgrößen (Moment und Querkraft bei zugehöriger Normalkraft) und der maßgebenden Versagensursache.

Riegel: HEA 400 **IH 3A 40**

Schrauben: M20-10.9

$w_1 = 150$ $e_1 = 30$ $h_1 = 480$
 $w_2 = 75$ $e_2 = 100$ $h_2 = 300$
 $a_1 = 6$ $e_3 = 270$ $dp = 20$
 $a_2 = 3$ $u = 20$ $c = 113$
 $a_{11} = -$ $a_4 = 40$
 $a_{12} = -$ $a_5 = 60$

Grenznachschlummern im Gebrauchszustand [KNm]
 $M_{1,R,d} = N_d \cdot e$ $0,1855 \cdot 189,95$
 $M_{2,R,d} = N_d \cdot c$ $-0,1603 \cdot 82,05$
 (neg N_d = Druckkraft)

1. Zeile: $M_{1,R,d}$ $N_{d,R,d} = 3.468,6$ KN max
 2. Zeile: $V_{R,d}$ $N_d/N_{pl,d}$ $N_d/N_{pl,d}$

	N_d [KN]	1040,8	-693,7	-520,3	-346,9	-173,4	-34,7	0,0	34,7	173,4	346,9	520,3	693,7	1040,8	d_p	Zug
Stütze		-0,30	-0,20	-0,15	-0,10	-0,05	-0,01	0,00	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	as	Druck
IPE 550	s	-332,7	-347,2a	-315a	-282,9a	-257,1a	-250,7a	-244,3a	-218,5a	-186,3a	-154,2a	-122a	as	as	as	0,189
IPE 600	s	-332,7	-347,2a	-315a	-282,9a	-257,1a	-250,7a	-244,3a	-218,5a	-186,3a	-154,2a	-122a	as	as	as	0,215
HEA 220	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	as	20
HEA 240	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	as	20
HEB 340	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	as	139

Umkehrmoment $M_{2,R,d}$ des Anschlusses.

	$M_{2,R,d}$ [KNm]	314,7	250,3	218,1	186,0	153,8	128,1	121,6	115,2	89,5	57,3	25,1	0,0	0,0
Stütze		0,30	0,20	0,15	0,10	0,05	0,01	0,00	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30

b = die Stütze ist zu schmal c = die Bedingung c 2) + s) ist nicht erfüllt
 s = Stütze ist maßgebend a = Anschluss ist maßgebend + = Riegel ist maßgebend - = der Stützenzug muss verstärkt werden
 0a = vorh. Zugkraft ist so groß, dass kein neg. Moment aufgenommen werden kann.
 as = vorh. Zugkraft ist so groß, dass kein neg. Moment aufgenommen werden kann und die Stütze kann die vorh. Querkraft nicht aufnehmen.

Tabelle 4: Bemessungstabelle (auszugsweise) für den Anschlussstyp IH 3A 40 nach [6]

2.4 Zusammenfassung / Vergleich der Tabellenwerke

Die Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren (Bemessungstabellen nach Oberegge [4]) enthalten die Beanspruchbarkeiten nach DIN 18800, wobei die Schrauben für die Bemessung planmäßig vorzuspannen sind. Das verwendete Modell deckt den Nachweis eines Träger-Trägeranschlusses im Grenzzustand der Tragfähigkeit vollständig ab. Durch das Bemessungsmodell nicht abgedeckt sind hingegen Träger-Stützenanschlüsse, da bei diesen Verbindungen neben der Beanspruchbarkeit der Stirnplatte weitere Beanspruchbarkeiten im Stützenbereich nachzuweisen sind. Weiterhin ist bei der Anwendung des Bemessungsmodells gemäß der Ergänzung zum Prüfbescheid (II B 3 – 543 – 384) vom Juni 1998 noch ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis zu führen, der oft maßgebend wird.

Die typisierten Anschlüsse im Stahlhochbau (Bemessungstabellen nach Sedlacek [1]) beinhalten neben den Beanspruchbarkeiten auch die Steifigkeiten der Anschlüsse. In den Tabellenwerken sind zusätzlich die Stahlfestigkeit S 355 und die Schraubenfestigkeitsklasse 8.8 berücksichtigt worden. Um den Bedingungen des Eurocode 3 zu genügen, mussten die Anschlussgeometrien leicht verändert und die Schweißnahtdicken teilweise vergrößert werden (Duktilität). Deshalb unterscheiden sich die nach [1] und nach [4] typisierten Stirnplatten geringfügig in ihrer Geometrie. Damit Verwechslungen vermieden werden, wurden die typisierten Anschlüsse nach [1] einheitlich mit der Revisionsnummer .1 versehen. Das Bemessungsmodell setzt im Gegensatz zu dem Bemessungsmodell nach Oberegge [4] keine Vorspannung der Schrauben voraus. Aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit (Klaffung, Rotationssteifigkeit) wird jedoch eine Vorspannung empfohlen.

Aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsmodelle ergeben sich für die gleichen Anschlüsse nach den beiden Tabellenwerken unterschiedliche Beanspruchbarkeiten. Nach [12] ist aber festzustellen:

Die Tabellenwerke zu [1] und [4] basieren auf allgemein anerkannten Regeln der Technik bzw. gültigen Normen, sind typengeprüft und deshalb uneingeschränkt anwendbar. Die Entscheidung, welches Tabellenwerk verwendet werden soll, liegt beim jeweiligen Anwender.

Im Tabellenwerk nach Uth [6] „Typisierte biegesteife Rahmen-ecken unter Berücksichtigung von Normalkräften“ werden die Grenztragfähigkeiten der typisierten Anschlüsse bei gleichzeitig vorhandener Normalkraft (Zug- oder Druckkraft) angegeben. Damit wird der Anwendungsbereich der zuvor genannten Tabellenwerke deutlich erweitert. Im Vergleich zu [4] beinhalten die Bemessungshilfen auch die zusätzlichen Nachweise für Träger-Stützenanschlüsse.

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

Literatur

- [1] Sedlacek, G., Weynand, K., Klinkhammer, R., Hüller, V.: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau, 2. Auflage, Band 2. Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Deutscher Stahlbau-Verband DSTV, Düsseldorf, 2002.
- [2] Typisierte Verbindungen im Stahlbau. 1. Auflage. Stahlbau Verlagsgesellschaft mbH, Köln 1974.
- [3] Oberegge, O., Hockelmann, H.-P., Russnak: Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren. Stahlbau Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 1986.
- [4] Oberegge, O., Hockelmann, H.-P., Dorsch, L.: Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren. Stahlbau Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 1997.
- [5] DIN 18800-1: Stahlbauten Bemessung und Konstruktion, Ausgabe Nov. 1990 mit Änderung A1, Februar 1996. Beuth Verlag.
- [6] Uth, H.-J., Schlesinger, F.: Typisierte biegesteife Rahmenecken unter Berücksichtigung von Normalkräften. Bauwerk Verlag GmbH, Berlin 2006.
- [7] DIN V ENV 1993-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau. Ausgabe April 1993 Annex J: Joints in building frames, CEN Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 1998.
- [8] Ungermann, D. Weynand, K., Jaspert, J.-P., Schmidt, B.: Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen. In: Stahlbau Kalender 2005, Seiten 599 – 670, Ernst & Sohn, Berlin 2005.
- [9] DIN 18800-3: Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Plattenbeulen. Ausgabe Nov. 1990. Beuth Verlag.
- [10] DIN 18800-7: Stahlbauten; Ausführung und Herstellerqualifikation, Ausgabe Sept. 2002. Beuth Verlag.
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik: Mitteilungen, Anpassungsrichtlinie Stahlbau, Herstellungsrichtlinie Stahlbau, Sonderheft Nr. 11/2, 3. Auflage Dezember 1998; Ernst und Sohn Verlag.
- [12] Oberegge, O.; Weynand, K.; Schulte, U.; Hüller, V.: Bemessung von typisierten, momententragfähigen Verbindungen mit Tabellenwerken – eine Klarstellung. Stahlbau Verlagsgesellschaft mbH, 1. Juli 2004.