



Dr.-Ing. Joachim Kretz

Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau

Tragfähigkeitstabellen für geschraubte, momententragfähige Stirnplattenverbindungen und deren Bemessungsgrundlagen nach DIN EN 1993-1-8

Für häufig in der Praxis verwendete Stahlbau-Anschlüsse liegt mit der Gesamtausgabe 2013 des Standardwerkes „Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau“ ein umfangreiches Tabellenwerk (Datenbank) für Anschlusskonstruktionen zur Wahl und Bemessung von gelenkigen und momententragfähigen Anschlüssen vor. Die Tragfähigkeitstabellen sind vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) typengeprüft und können gemäß Prüfbericht TP-12-001 vom 28.03.2013 ohne nochmalige Prüfung durch die Bauaufsichtsbehörde verwendet werden. Sämtliche Anschlussnachweise wurden auf die Regelungen der DIN EN 1993-1-8 [1] umgestellt.

In der neuen Ausgabe der „Typisierten Anschlüsse im Stahlhochbau“ [5] wurden die Inhalte der beiden Bände (Band 1, 1. Auflage 2000 [7] und Band 2, 2. Auflage 2002 [6]) zu einer Gesamtausgabe 2013 zusammengefasst. Das neue Tabellenwerk enthält keine Änderungen in der Typisierung, d. h. die Anschlussgeometrien bleiben unverändert erhalten. Damit kann auch die Typbezeichnung des Anschlusses als alphanumerische Code-Nummer beibehalten werden (z. B. IH 3.1 A 26 24).

Die wesentliche Änderung der aktuellen Ausgabe der „Typisierten Anschlüsse im Stahlhochbau“ [5] besteht in einem neuen, abgesicherten Bemessungsverfahren auf der Grundlage der Komponentenmethode nach EC 3 Teil 1-8 zur Ermittlung der Momententragfähigkeit und Anschlusssteifigkeit von momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe. Damit lassen sich die Anschlusskonstruktionen wirtschaftlicher ausführen.

Nachfolgend wird der Aufbau des neuen Tabellenwerks erläutert. Die Berechnungs- und Bemessungsgrundlage, die Komponentenmethode einschließlich der Anpassung des Modells auf 4-reihige Verbindungen werden nur in dem Maße behandelt, wie sie für das Verständnis des Verfahrens nötig sind.

1 Typisierte Verbindungen

1.1 Allgemeines

Die typisierten, biegesteifen Stirnplattenanschlüsse werden in vier verschiedene Typenreihen (Bild 1) eingeteilt. Unterschieden wird in Anschlüsse mit zwei bzw. vier Schrauben in einer Reihe und in Anschlüsse mit bündiger und überstehender Stirnplatte. Anhand vorgegebener Anschlusschnittgrößen und der Anschlussquerschnitte kann mit diesen Typisierten Verbindungen der erforderliche Anschlussstyp bestimmt werden.

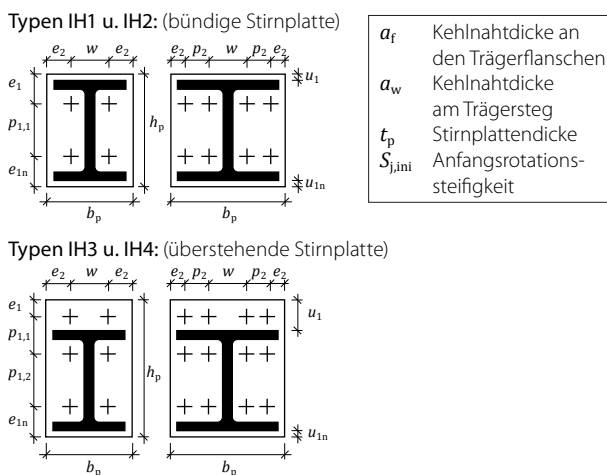


Bild 1. Typen IH1 bis IH4 der typisierten Anschlüsse

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

Typ: Momententragfähiger Stirnplattenanschluss für I- oder H-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
 (Nenn Durchmesser in mm)

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

Bild 2. Allgemeine Typbezeichnung eines momententragfähigen Stirnplattenanschlusses für I-Profile nach [5]

Für momententragfähige Anschlüsse lagen nach der bisherigen Ausgabe [7] zwei Tabellenwerke auf der Grundlage unterschiedlicher Nomen vor (nach DIN 18800 und Entwurf zum Eurocode 3 Teil 1-8).

Da die Komponentenmethode nach EC 3, die eine detaillierte Analyse des Trag- und Verformungsverhaltens von momententragfähigen Anschlüssen ermöglicht, jedoch auf Anschlussgeometrien mit zwei vertikalen Schraubenreihen beschränkt ist, konnten die in der Praxis gebräuchlichen Anschlussstypen IH2 und IH4 nicht nach DIN EN 1993-1-8 bemessen werden.

Um die Anwendung dieser Anschlussstypen in [7] dennoch zu ermöglichen, wurde die Komponentenmethode nach einem unveröffentlichten Bemessungsmodell von Sedlacek und Weyand erweitert.

Da für die Entwicklung des Bemessungsmodells keine ausreichenden Versuchsergebnisse zur Verifikation zur Verfügung standen, wurde ein konservatives Modell gewählt. Grundgedanke des Bemessungsmodells ist eine fiktive Zerlegung der Stirnplatte in einen inneren und einen äußeren Bereich.

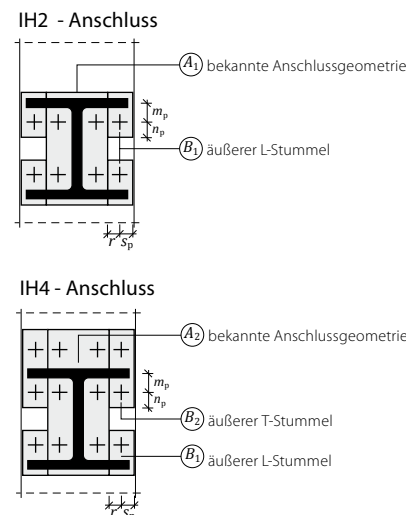


Bild 3. Darstellung des Modells der Anschlusskonfigurationen IH2 und IH4 nach [9]

Eine Anschlussauslegung auf Basis dieses Modells mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe führt zu konservativen Tragfähigkeiten.

Das in dem aktuellen Tabellenwerk [5] enthaltene Bemessungsmodell wird durch experimentelle und numerische Untersuchungen gestützt. Die Tragfähigkeit der biegebeanspruchten Bauteile (Stützengurt und Stirnplatte) bei 4-reihigen Anschlusskonstruktionen wird mittels eines analytischen Ansatzes berechnet. Das Bemessungsmodell untersucht das Versagen der Platte, der Schrauben sowie eine Kombination aus beiden in Analogie zu den Regeln des EC 3-1-8.

2 Tragfähigkeitstabellen / Bemessungsmodell nach EC 3-1-8

2.1 Anwendungsgrenzen

Für die Anwendung der Tragfähigkeitstabellen sind nachfolgende Voraussetzungen einzuhalten:

- Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch oder Elastisch-Plastisch
- Vorwiegend ruhende Belastung
- durchlaufende Stütze
- geringe Normalkräfte im Träger mit: $N/N_{pl} \leq 0,05$
- gleiche Trägerhöhen und -lagen bei beidseitigem Träger-Stützenanschluss
- Stützen, Träger und Kopfplatten aus S 235 oder S 355 nach DIN EN 1993 Teil 1-1
- Träger- und Stützenprofile:
 - HEB, HEA, HEM, IPE: Walzträger nach DIN 1025 Teil 2, 3, 4 und 5
- Trägerprofile:
 - IPEa, IPEo, IPEv, HEAA: nicht genormte Walzträger
- Druckspannungen im Stützensteg
 - $\sigma_{com,wc} \leq 0,7 \cdot f_{y,wc}$ (Streckgrenze im Stützensteg), d. h. $k_{wc} = 1,0$
- Schrauben:
 - hochfeste Schrauben M16 bis M30 der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9
 - Scherfuge im Schaft der Schraube (anderenfalls ist die Abschertragfähigkeit zu reduzieren)
 - Nennlochspiel:
 - 2 mm für M16, M20, M22 und M24
 - 3 mm für M27 und M30
 - Schrauben können vorgespannt oder nicht vorgespannt werden
 - Schraubengarnituren nach DIN EN 14399
 - Scheiben jeweils unter Schraubenkopf und Mutter
- Stirnplatte und Kehlnähte sind gemäß Abmessungen in den Tabellen auszuführen
- Schweißnahtausführung nach Bild 4 [5]
- Bei Stirnplatten, die seitlich mehr als $1,4 a_f$ überstehen, sind die Flanschnähte umlaufend zu schweißen, anderenfalls sind Fragen des Korrosionsschutzes zusätzlich zu betrachten.
- Ist ein Stützenprofil in den Tabellen mit „St“ gekennzeichnet, so ist eine Aussteifung der Stütze erforderlich:
 - es ist je eine horizontale Steife auf Höhe des oberen und des unteren Trägerflansches vorzusehen
 - die Dicke der Steifen ist gleich der Dicke des Trägerflansches zu wählen
 - die Breite der Steifen ist so zu wählen, dass die Stütze mindestens auf der gesamten Flanschbreite des Trägers ausgesteift ist
 - die Schweißnähte an den Steifen sind als Doppelkehlnähte mit einer Nahtdicke entsprechend der Schweißnahtdicke zwischen den Trägerflanschen und der Kopfplatte auszuführen
 - eine Erhöhung der Schubtragfähigkeit des Stützensteges durch Rahmenwirkung der horizontalen Steifen wird nicht berücksichtigt, daher ist die Verwendung von „kurzen“ Steifen möglich (bei kurzen Steifen ist die Lasteinleitung in den Stützensteg nachzuweisen)

2.2 Angaben zum Aufbau der Tragfähigkeitstabellen

Die Profilreihe und die Nennhöhe des Trägers dienen als Eingangsparameter in die Tabellen. Das aufnehmbare Grenzmoment des Anschlusses $M_{j,1,Rd}$ ist zunächst mit dem Grenzmoment des Trägers $M_{c,y,Rd}$ zu vergleichen, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Zusätzlich zur Biegetragfähigkeit $M_{j,1,Rd}$ ist die im Grenzzustand versagende Komponente angegeben. Als weiterer Wert ist die Grenzkraft $V_{z,Rd}$ zugehörig zu $M_{j,1,Rd}$ enthalten. Die Tragfähigkeit bei negativer Momentenbelastung ist mit dem Wert des Umkehrmomentes $M_{j,2,Rd}$ 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. Werden andere, größere Stützenprofile verwendet, so ist dies zwar möglich, 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.

Die in der zweiten bis vierten Zeile angegebenen Umkehrmomente $M_{j,2,Rd}$ und Querkrafttragfähigkeiten $V_{j,Rd}$ sind die minimalen Werte, die sich bei Verwendung der jeweiligen Stützenprofile ergeben können.

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 gesondert nach den Vorgaben in DIN EN 1993-1-8 zu untersuchen.

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 den Tragfähigkeitstabellen ist die Momenten Tragfähigkeit der Stützen nicht berücksichtigt und muss für die jeweils vorliegende Situation ermittelt und zusätzlich nachgewiesen werden.

Die Beanspruchung des Stützensteges auf Schub ist nur infolge Biegung im angeschlossenen Träger berücksichtigt. Ungünstigere Überlagerungen mit Querkraften in der Stütze sind gesondert zu berücksichtigen.

In Tabelle 1 wird auszugsweise der Inhalt einer Tragfähigkeitstabelle wie zuvor beschrieben, dargestellt.

Tabelle 1. Tragfähigkeitstabelle (auszugsweise) IH 2.1 A 30 nach [5]

2.3 Vergleich der Tragfähigkeiten „altes/neues“ Tabellenwerk

Wie zuvor erwähnt, sind die momenten tragfähigen Anschlüsse IH2 und IH4 nicht in DIN EN 1993-1-8 geregelt, so dass sie in dem Tabellenwerk [6] im Rahmen eines konservativen Bemessungsmodells enthalten sind. Das neue Bemessungsmodell [5] liefert deutlich wirtschaftlichere Tragfähigkeiten. Am Beispiel des momenten tragfähigen Anschlusses IH 2.1 A 30 24 mit der „Ringbuch-Nummer“ 459 ist dies deutlich zu erkennen. Da sich die Typisierung der momenten tragfähigen Anschlüsse nicht geändert hat, kann ein direkter Vergleich der Trag- und Steifigkeitswerte des Anschlusses über die Nr. 459 geführt werden.

Für die Tragfähigkeit des Anschlusses IH 2.1 A 30 24 wird in dem „alten“ Tabellenwerk [6] eine Momenten tragfähigkeit $M_{j,1,Rd}$ von 125.9 kNm (siehe Tabelle 2) angegeben, während der vergleichbare Wert nach dem aktuellen Tabellenwerk [5] 213.6 kNm (siehe Tabelle 1) beträgt. Die Tragfähigkeit des Anschlusses nach Ringbuch-Nr. 459 „alt“ beträgt damit nur ca. 59 % der Tragfähigkeit nach dem neuen Tabellenwerk [5]. Die Auslegung der Anschlüsse auf der Grundlage des neuen Bemessungsmodells ist für Anschlüsse mit 4-reihiger Anordnung der Schrauben in einer Schraubenreihe signifikant wirtschaftlicher.

Tabelle 2. Tragfähigkeitstabelle (auszugsweise) IH 2.1 A 30 nach [6]

3 Berechnungsmodell

3.1 Grundlagen der Komponentenmethode

Das in den Tragfähigkeitstabellen verwendete Modell zur Berechnung der Anschlüsse beruht vollständig auf der Komponentenmethode der DIN EN 1993-1-8. Grundlage der Komponentenmethode ist die Betrachtung eines Anschlusses als Zusammenschluss einzelner Komponenten. Ein momenten tragfähiger Anschluss mit überstehender Stirnplatte nach Bild 4 enthält beispielhaft folgende Grundkomponenten:

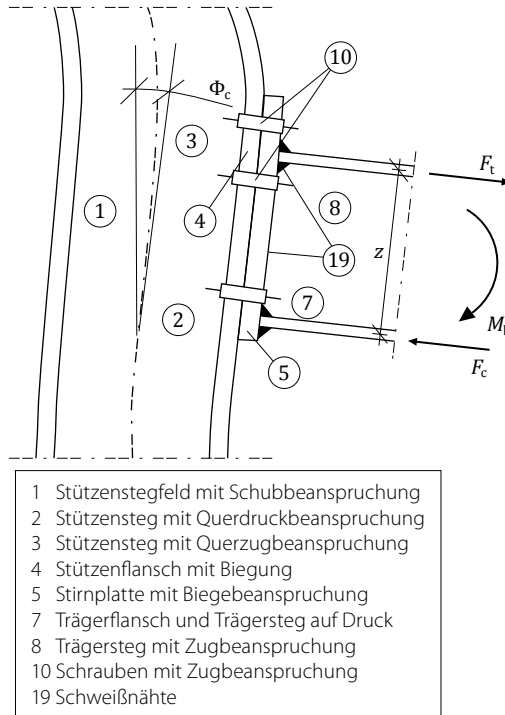


Bild 4. Darstellung der Grundkomponenten eines momenten tragfähigen Stirnplattenanschlusses

Die Nummerierung der Grundkomponenten erfolgt entsprechend Tabelle 6.1 der DIN EN 1993-1-8 (EC 3-1-8) [1]. Jede Grundkomponente besitzt eine charakteristische Beanspruchbarkeit und Steifigkeit infolge der Zug-, Druck- oder Schubbeanspruchung.

Der Stützensteg wird gleichzeitig durch Zug-, Druck- und Schubkräfte beansprucht. Hierfür sind zusätzliche Interaktionsbeziehungen zu berücksichtigen, die zu einer Reduktion der Beanspruchbarkeiten der einzelnen Grundkomponenten führen können.

Die notwendigen Kenngrößen für Anschlüsse, die aus den Grundkomponenten beliebig zusammengesetzt werden können, ermitteln sich nach folgendem Vorgehen:

- Bestimmung der Grundkomponenten
- Ermittlung der Kenngrößen der Grundkomponenten (Beanspruchbarkeit, Rotationssteifigkeit, Rotationskapazität)
- Bestimmung der Kenngrößen des Anschlusses

Die Charakterisierung des Anschlusses erfolgt durch drei Kenngrößen:

- Tragfähigkeit
- Rotationssteifigkeit
- Rotationskapazität

Die Grundlage der Charakterisierung ist die Momenten-Rotations-Kurve des Anschlusses (Bild 5), 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_{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) wird mit dem Erreichen von $M_{j,Rd}$ für größere Verformungen ein Fließplateau angenommen.

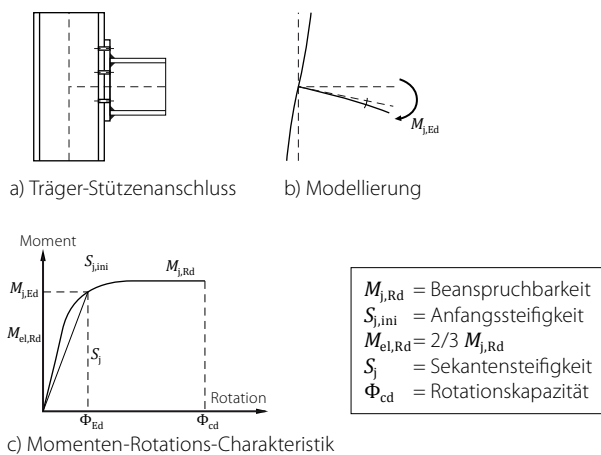


Bild 5. Momenten-Rotations-Charakteristik eines Anschlusses nach [1]

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

Mithilfe der Klassifizierung des Anschlusses 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:** d.h. 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:** d.h. 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

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

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.

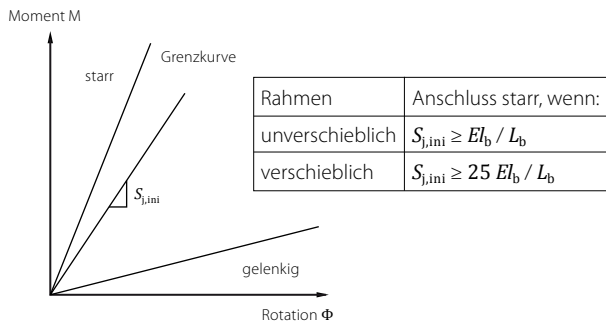


Bild 6. Klassifizierung nach der Steifigkeit

Nach Zerlegung des Anschlusses entsprechend der Komponentenmethode in seine Grundkomponenten, werden für jede Komponente 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:
 - Stützensteg mit Querzugbeanspruchung CWT
 - Stützenflansch mit Biegung CFB
 - Schrauben mit Zugbeanspruchung BT
 - Stirnplatte mit Biegebeanspruchung EPB
 - Trägersteg mit Zugbeanspruchung BWT
- Druckbereich:
 - Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung CWC
 - Trägerflansch und -steg mit Druck BFC
- Schubbereich:
 - Stützensteg mit Schubbeanspruchung

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 jeweils maßgebende Versagen des Anschlusses sowie die elastische Anfangssteifigkeit angegeben.

Die einzelnen Berechnungs- und Bemessungsschritte unter Berücksichtigung des Trag-, Verformungs- und Versagensverhaltens werden im Rahmen dieses Beitrages nicht weiter erläutert. Zur Vertiefung wird auf die weiterführende Literatur verwiesen.

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

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-1:2010-12, 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
- [2] DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [3] DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Stahlbauten. Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- [4] DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [5] Weynand, K.; Oeder, R.: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbh, Köln. 2013.
- [6] Sedlacek, G.; Weynand, K.; Klinghammer, R.; Hüller, V.: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau, 2. Auflage, Band 2. Stahlbau Verlag- und Service GmbH, Deutscher Stahlbau-Verband DSTV, Düsseldorf 2002.
- [7] Sedlacek, G.; Weynand, K.; Oeder, S.; Hüller, V.: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau, Band 1. Stahlbau Verlagsgesellschaft mbH, Deutscher Stahlbau-Verband DSTV, Düsseldorf 2000.
- [8] Ungermann, D.; Weynand, K.; Müller, C.; Oberegge, O.; et al: AIF-Projekt 15059 N/2 „Entwicklung eines Bemessungsmodells für geschraubte, momententragfähige Kopfplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe auf der Grundlage der EN 1993-1-8“, vorläufiger Endbericht, Februar 2010.
- [9] Schmidt, B.: Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe. Dissertation TU Dortmund, 2008.
- [10] Ungermann, D.; Schneider, S.: Momententragfähige Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8 (EC3-1-3). In „Dresdener Stahlbaufachtagung, März 2014.“