



HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN

Fakultät Bauingenieurwesen/Architektur

Studiengang: Bauingenieurwesen

Lehrgebiet: Stahlbau

DIPLOMARBEIT

Rahmenecken im Stahlbau

- Ausführungsvarianten und Bemessungsverfahren -

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Ch.. Wolf

Bearbeitungszeitraum: (Sommersemester - 2010)

Verfasser

Mario Kretschmar

28.11.1980 Dresden

Bildungsweg

1997-2000 Fachabitur an der BSZ der Elektrotechnik, Dresden

2000-2001 Zivildienst im Zentral - OP des KH – Dresden Friedrichstadt

2001-2003 Studium Elektrotechnik

2003-2010 Studium Bauingenieurwesen



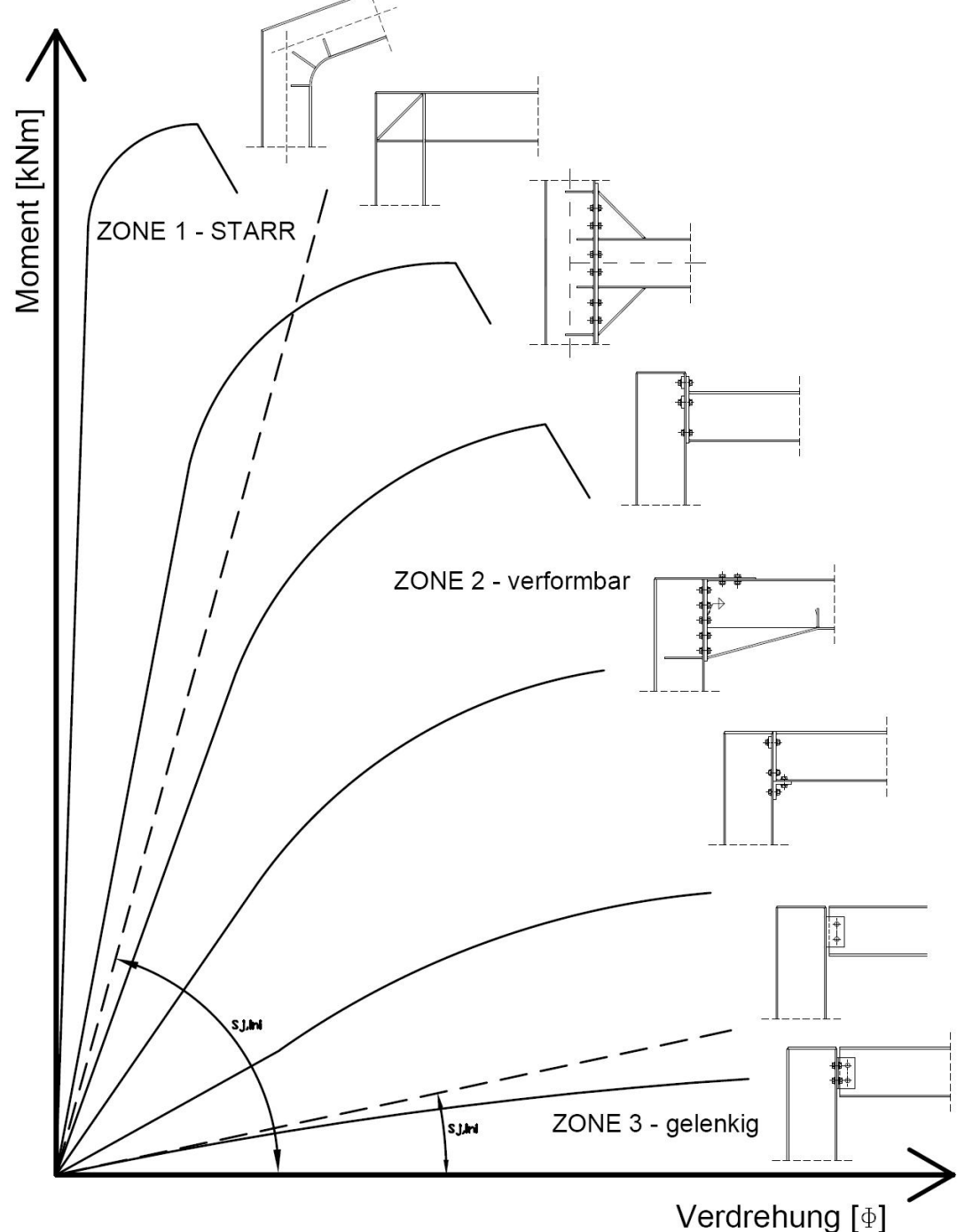
Aufgabenstellung

Der Ausbildung und Bemessung von Rahmenecken wird im Hallenbau und Geschossbau eine hohe Bedeutung beigemessen. In der Praxis kommen verschieden Konstruktionsmöglichkeiten für hohe und geringeren Belastungen vor. Die Bemessung hat sich im Laufe der Zeit und durch die Gestaltung der europäischen Staatengemeinschaft verändert. Die in Deutschland verwendete Norm für die Gestaltung von Stahlbauten – DIN 18800-1:2008 – wird im Laufe der nächsten Jahre durch die DIN EN 1993-1-1:2005 (Eurocode 3 Teil 1[EC3 - 1]) und DIN EN 1993-1-8:2005 (EC 3 - 8) ersetzt.

Es soll eine Zusammenstellung von verschiedenen Rahmeneckausführungen und deren Unterschiede zusammengestellt werden. Die herkömmlichen Bemessungsverfahren für Rahmenecken (DIN 18800) sind mit den neuen Bemessungsmethoden zu vergleichen (DIN EN 1993-1-Teil 1 und Teil 8). Welche Auswirkung ergeben sich aus den Veränderungen an den Ausführungen und wie sinnvoll sind so genannte verformbare Anschlüsse?

Lösungsweg

1. Zusammenstellung der Ausführungsvarianten
2. Zusammenstellung der Bemessungsverfahren für die Anschlusselemente der Rahmenecke
3. Besonderheiten und Unterschiede zwischen der herkömmlichen DIN 18800 und des neuen Eurocode 3
4. Neue Bemessungsmodelle der DIN EN 1993-1-8(EC3)



Zusammenfassung der Rahmeneckkonstruktionen

Es gibt Verstärkungsmaßnahmen – für biegesteife und nachgiebige Verbindungen, welche die Rahmenecke biegesteifer machen und somit eine bessere Momenten-umlenkung erzielen.

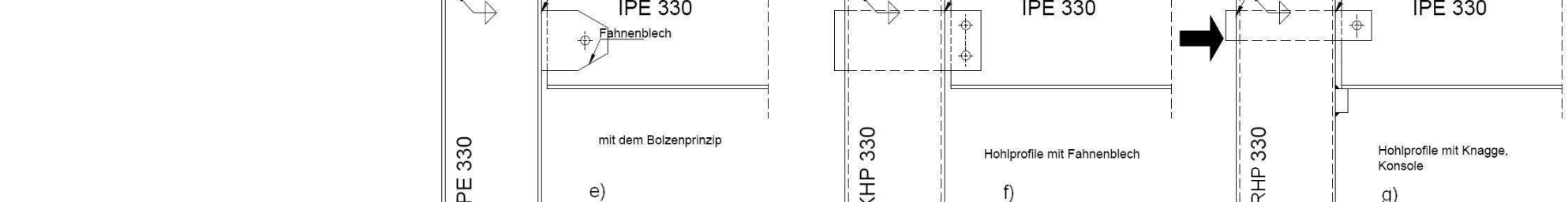
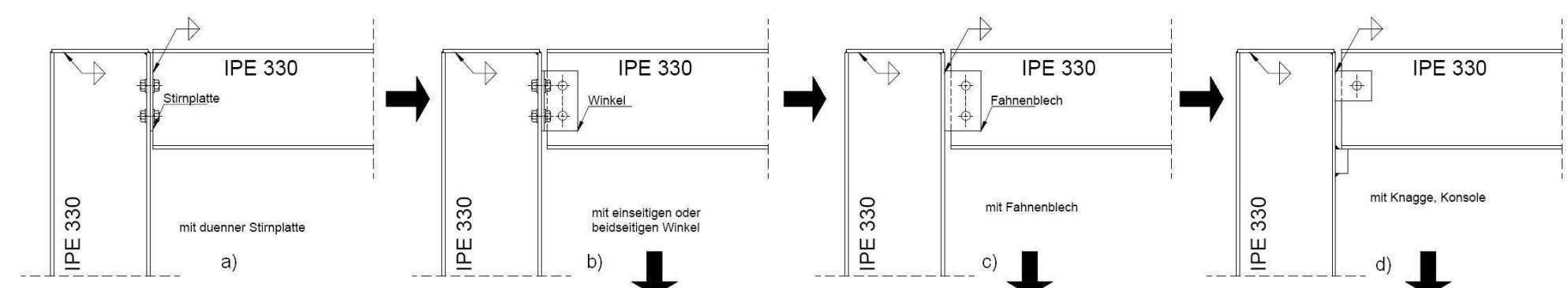
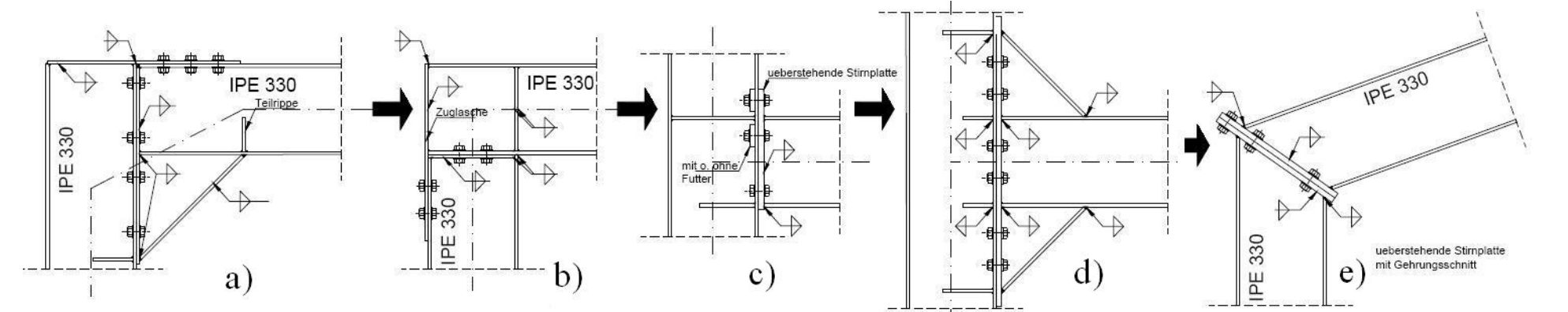
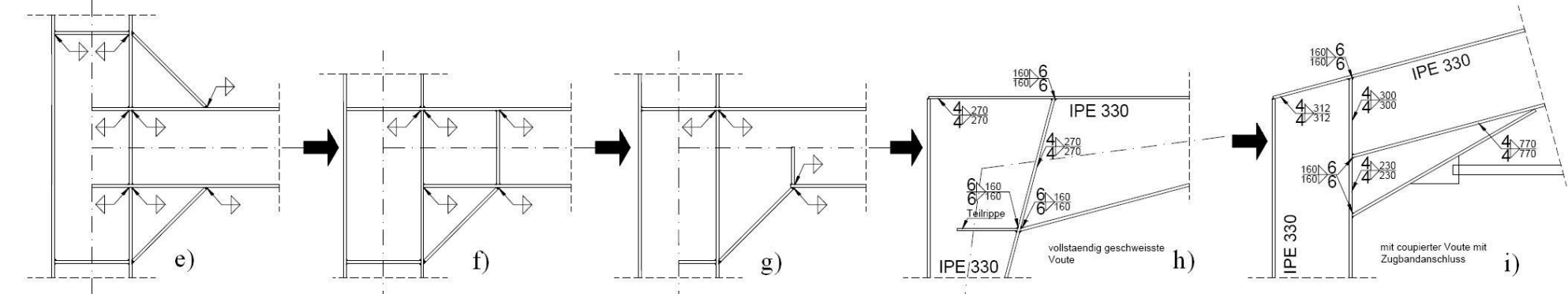
- die Stützenstegverstärkung mittels zusätzlichem Blech verstärkt die Schubflussfläche
- Schrägbleche statt Stützenstegbleche leiten die Druckkräfte in den Stützengurt (Umlenkung) und dadurch muss der Stützensteg nicht ausgesteift werden
- Zuglaschen erhöhen durch die Erhöhung der Schweißnahtlänge die Belastungsmöglichkeiten und decken außerdem die darunter liegenden Schweißnähte ab – zusätzlicher Schutz vor Umwelteinflüssen
- Vouten vergrößern die Querschnittsfläche und den inneren Hebelarm, dadurch reduzieren sich die Teilschnittgrößen – dies führt zu einer Belastungsreduzierung pro Querschnittseinheit (eine Einheit Fläche hat weniger Lasten auszuhalten)

Bei gelenkigen Anschlüssen finden diese Maßnahmen in der Feldmitte statt, weil die Momentenbelastung an den Auflagern gegen Null verläuft und in diesen Bereichen keine Momentübertragung benötigt wird. Es müssen hauptsächlich an den Auflagern Querkkräfte übertragen werden.

- die Aussteifungselemente befinden sich in Feldmitte
- Vouten und Stiftenanordnung ergeben sich nach dem Momentenverlauf
- es muss nur dort wo auch eine Belastung vorherrscht, ein Querschnitt sich dieser Belastung in den Weg stellen

Je mehr Anschlusselemente (Verbindungsmitel: Schrauben, Schweißnähte etc.) in einer Anschlusskonstruktion eingebaut sind, desto biegeweicher wird ein Anschluss. Je weniger biegesteife Elemente im Anschluss vorhanden sind, desto biegeweicher wird der Anschluss und das gesamte Tragsystem - diese ist auch für den Anderen Fall gültig (biegesteifere Elemente führen zu biegesteiferen Tragsystemen).

Rechteckhohlprofile (RHP) werden nur für biegesteife Rahmenecken verwendet. Eine Plastische Bemessung ist nach dem neuen Eurocode 3 möglich. Eine Fließgelenk Ausbildung ist nach dem EC 3 möglich, aber die Verdrehung ist in der Norm nicht ermittelbar.



Rahmenecken aus kreisförmigen Hohlprofilen (KHP) sind bemessbar, aber eine normenmäßige Umsetzung ist bisher noch nicht erfolgt. Ebenso gibt es keine Formel für die Ermittlung der Knotensteifigkeit.

Bemessungskonzept für DIN 18800 und EC 3

Unterscheidung zwischen dem herkömmlichen Bemessungsweg und dem Bemessungsweg mit der Komponentenmethode.

- **klassischer Bemessungsweg, moderner Bemessungsweg:**
- 1. das statische System aus Träger und Stütze wird als Balken dargestellt und die Anschlusspunkte werden entweder **gelenkig** oder **biegesteif, nachgiebig** angenommen, danach folgt die Lastannahme (ständige Lasten, veränderliche Lasten)
- 2. es werden die Profilquerschnitte und die **Anschlüsse** Vorbemessen
- 3. danach erfolgt die Klassifizierung der Querschnitte mittels vorh(b/t) und die Wahl der Verfahren E-E, E-P oder P-P – abhängig ob es sich um einen schlanken oder gedungenen Querschnitt handelt bzw. nach **OK 1-4 (EC 3)**
- 4. Wahl des Berechnungsverfahrens (elastisch oder plastisch)
- 4.5 Berechnung des Anschlusses nach der Komponentenmethode (Tragfähigkeit, Steifigkeit und Rotationskapazität)
- 5. mittels Stabstatik werden die Schnittgrößen ermittelt (Tragwerksberechnung)
- 6. mit diesen Schnittgrößen werden die Querschnitte von Träger und Stütze bemessen und falls die Nachweise nicht erfüllt sind, müssen neue Profile gewählt werden und es muss zu Schritt 2 zurückgekehrt werden - 1. **Rücksprung möglich** (dieser Rücksprung kann bei dem modernen Bemessungsweg entfallen)
- 7. sind die Bauteilquerschnitte erfüllt so folgt danach die Anschlussbemessung, die Annahme des biegesteifen und gelenkigen Anschlusses muss dabei berücksichtigt werden, können diese Bedingungen nicht eingehalten werden, so muss ein anderer Anslusstyp (gelenkig oder biegesteif) gewählt werden, wird die Anschlussbemessung dennoch nicht erfüllt müssen andere Profilquerschnitte gewählt werden - 2. **Rücksprung möglich**
- 8. sind alle Bemessungen für Anschluss und Querschnitt erfüllt, ist der klassische Bemessungsablauf erfüllt

Vorteil

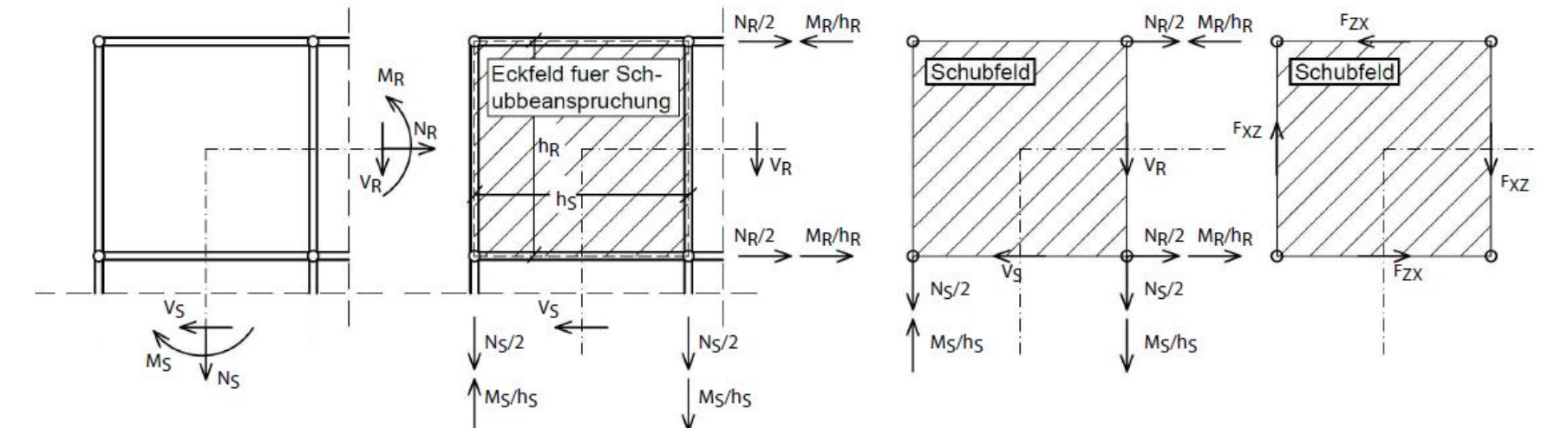
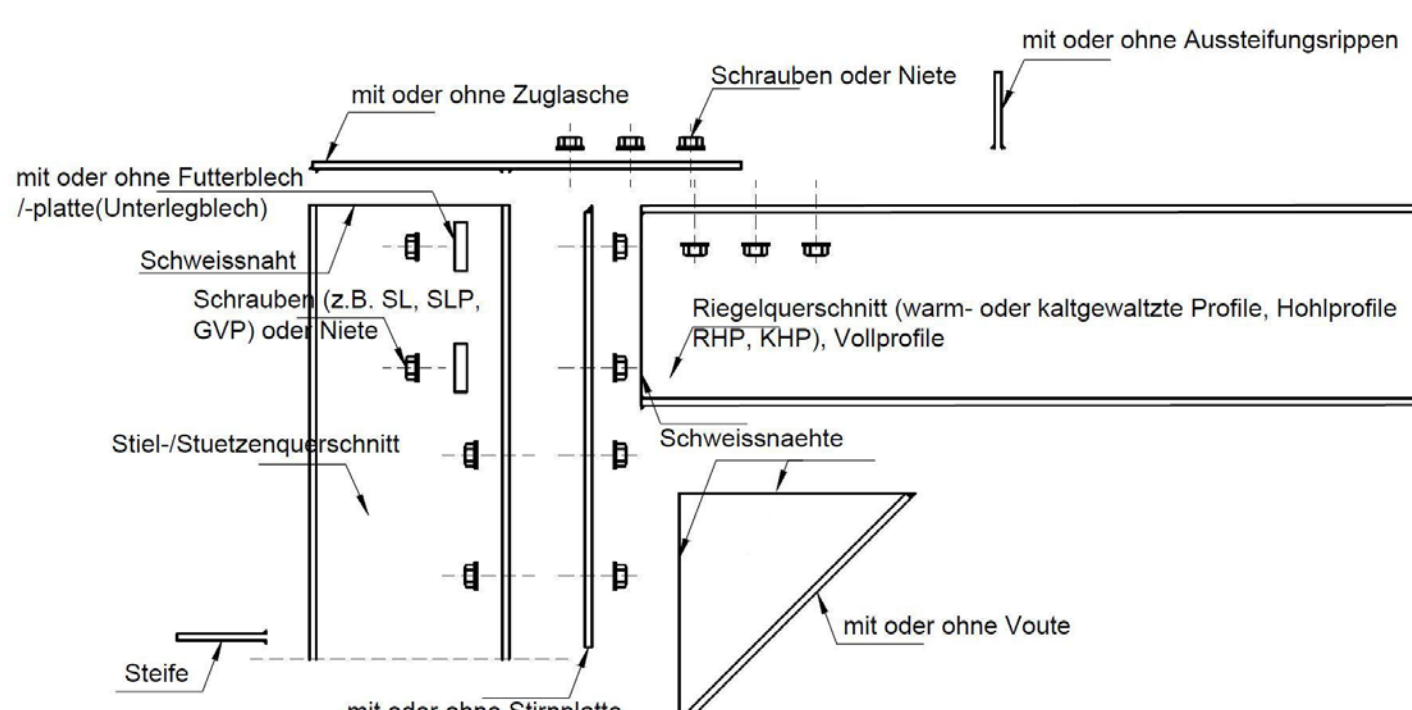
Die Bemessung und Konstruktion des Rahmens (Träger und Stütze) kann unabhängig von der Bemessung und des Entwurfes der Anschlüsse erfolgen - dadurch können die statischen Rahmenberechnungen im Ingenieurbüro und die Anschlussberechnungen in der Stahlbaufirma durchgeführt werden

- Anschlusstdetails sind vor der Tragwerksberechnung bereits gewählt und gehen mit in die Tragwerksberechnung mit ein, es sind weniger Rücksprünge erforderlich – wirtschaftlichere Bemessung

Nachteil

- man geht davon aus, dass sich die Anschlüsse (biegesteif oder gelenkig) auch wie gewollt Verhalten (Momentenaufnahme ja/nein) – Steifeneinsatz bei biegesteifen Anschlüssen oder Materialeinsparung bei möglichen Gelenken – Moment ist aber dennoch vorhanden

Unterschiede in der Bemessung zwischen der DIN 18800-1:2008 und der DIN EN 1993-1-8:2005 (EC3) Fachwerkanalogie



Es müssen alle Anschlusselemente separat mit der DIN 18800-1:2008 oder der DIN EN 1993-1-1:2005 sowie DIN EN 1993-1-8:2005 bemessen werden. Da es sich in einer Rahmenecke um sehr komplizierte Spannungsverläufe handelt, wird als Vereinfachung der Belastungssituation mit der so genannten Fachwerkanalogie gerechnet.

In der Herangehensweise der Bemessung für beide Vorschriften haben sich die Teilsicherheitsbeiwert geändert. Dadurch wird in der DIN EN 1993 die Duktilität von Querschnitten besser ausgenutzt. Auch die Verwendung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit von Stahl hat sich geändert. Wurde in der herkömmlichen DIN 18800 für die Schweißnahtbemessung noch die Streckgrenze verwendet, so wird im Eurocode 3 für den gleichen Nachweis die Zugfestigkeit benutzt. Die Werte für Streckgrenze und Zugfestigkeit sind bei beiden Normen gleich. Neben der Ermittlung der Schrauben- und Schweißnahtgrößen müssen auch die Querschnitte bemessen werden. Es zeigt sich eine Erhöhung der Nachweismöglichkeiten von Belastungssituationen und auch eine Erhöhung der Bemessungsmöglichkeit für mehrere Querschnittsgeometrien. Es sind aber auch bei dem neuen Eurocode 3 schon Schwachstellen aufgetreten, welche zu unsicheren Ergebnissen führen.

Für eine Anschlussbemessung müssen auch die Teilschnittgrößen mittel Fachwerkanalogie ermittelt werden. Der Nachweis des Stegbeulens wird von beiden Normen nachgewiesen – es sind nur andere Belastungsgrenzen angeben.

Ermittlung der Steifigkeit - elastische Anfangssteifigkeit $S_{j,ini}$

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z_a^2}{\mu \cdot \sum \frac{1}{k_i}} = \frac{E \cdot z_a^2}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_5} + \frac{1}{k_{10}}}$$

- Sekantensteifigkeit S_j

- für den Bereich $M_{j,Ed} \leq 2/3 \cdot M_{j,Rd}$ ergibt sich ein μ von 1,0

$$S_{j,1} = \frac{E \cdot z_a^2}{\mu \cdot \sum \frac{1}{k_i}}$$

- für den Bereich $2/3 \cdot M_{j,Rd} < M_{j,Ed} \leq M_{j,Rd}$ ergibt sich ein μ von:

$$\mu = (1.5 \cdot \frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}})^\psi \quad S_{j,2} = \frac{E \cdot z_a^2}{\mu \cdot \sum \frac{1}{k_i}}$$

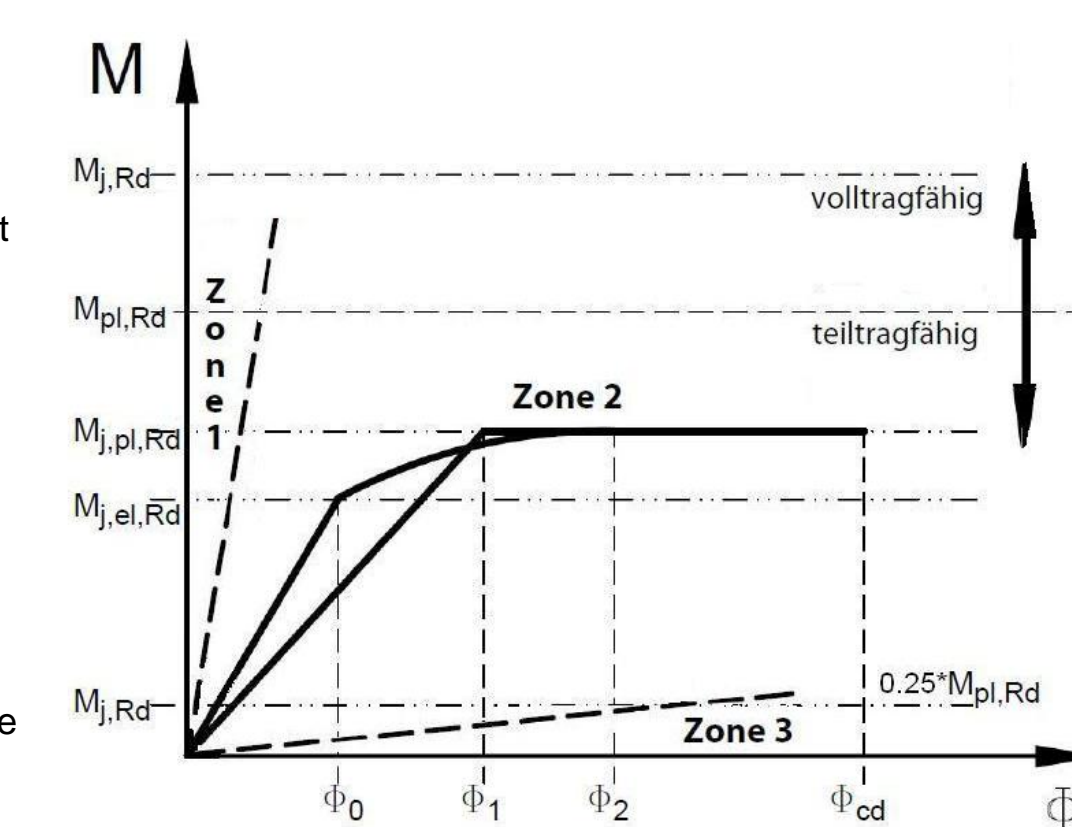
Die Komponentenmethode der DIN EN 1993-1-8:2005 (Schritt 4.5 des modernen Bemessungsweges)

Die Komponentenmethode steht für die Fortsetzung des modernen Bemessungsweges ab Punkt 4.5 nach der Wahl, ob das elastische oder plastische Nachweisverfahren für die Querschnitte anzuwenden ist. Der herkömmliche Bemessungsweg geht von einer biegesteifen oder gelenkigen Knotenidealisation aus. Da aber viele Knoten sich einer Idealisierung annähern, ist eine genaue Bestimmung von Anschlüssen nicht möglich gewesen. Bei biegesteifen Knoten sind keine oder nur kleine Verdrehungen und eine unbeschränkte Momentenübertragung möglich, dadurch können die Verdrehungen unterschätzt und die Tragfähigkeit überschätzt werden. Bei gelenkigen Knoten findet keine Momentübertragung statt und dieser Knoten kann sich frei verdrehen, aber es können dennoch Momente im Knoten entstehen, welche nicht abgeleitet werden können - der Anschluss könnte unterdimensioniert sein. Außerdem könnten durch die Momentenentstehung auch die Riegel überdimensioniert sein.

Diese Idealisierung reicht meist nicht für eine wirtschaftliche und sichere Bemessung aus, deshalb wird der Anschluss mit Hilfe der Komponentenmethode für die Bereiche Steifigkeit, Tragfähigkeit und Rotationskapazität klassifiziert.

Es folgt eine Untersuchung der einzelnen Anschlusselemente (Schrauben, Zuglaschen, Stirnbleche, Vouten und Stiften solche Elemente) auf ihre Tragfähigkeit und Steifigkeit. Die Rotationskapazität ist nur für geschweißte Anschlüsse in der DIN EN 1993-1-8 geregelt. Für geschraubte Anschlüsse ist die Rotationskapazität ab eine „offene Wunde“.

- Ermittlung der Tragfähigkeit



Der kleinste Wert diese Komponenten wird für die Ermittlung der Tragfähigkeit verwendet. Für geschweißte Verbindungen ergibt sich ein Moment aus Hebelarm * Grenzzugkraft. Für geschraubte Stirnplattenverbindungen wird die Summe aus, den Grenzzugkräften der einzelnen Schraubenreihen mit den jeweiligen Schrauben-reihenabständen ins Gleichgewicht zu den angreifenden Riegelanschnittgrößen N und M gesetzt.

Es kann aber auch eine andere Komponente maßgebend sein. Dann ist der Hebelarm dieser Komponenten maßgebend.

Nachweis der Tragfähigkeit

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} \leq 1,0$$

Ist diese Bedingung $N_{Ed} \leq 0,05 \cdot N_{pl,Ed}$ nicht erfüllt, dann ist folgende Formel zu benutzen: $\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0$

trilineare Momenten - Rotationscharakteristik

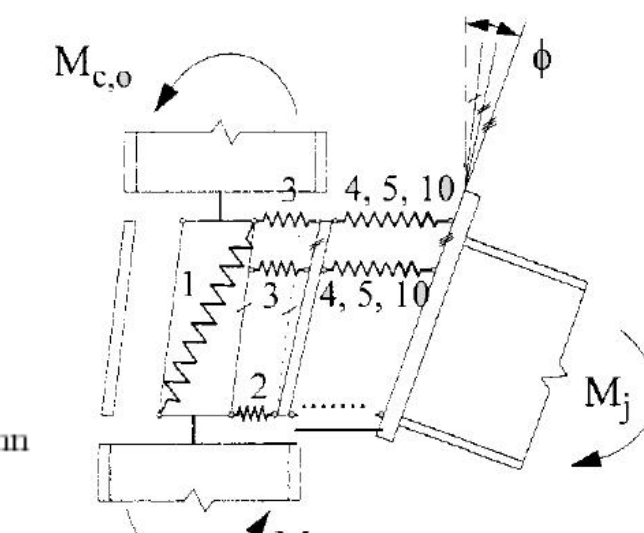
-Sekantensteifigkeit S_j – bis zum pl. Anschlussmoment, vereinfachte Darstellung

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{\eta=2} - \text{Eurocode Teil 1-8:2005-5.1.2(4)}$$

bilineare Momenten - Rotationscharakteristik

Einzelkomponenten i:

- k_1 - Column Web Shear . . CWS
- k_2 - Column Web Compression . . CWC
- k_3 - Column Web Tension . . CWT
- k_4 - Column Flange Bending . . CFB
- k_5 - End Plate Bending . . EPB
- k_{10} - Bolts in Tension . . BT



Erkenntnisgewinn

Es ist durch den neuen Eurocode 3 (DIN EN 1993) eine Vereinfachung im Bemessungsablauf erreicht worden. Es müssen weniger Rechenschritte im Bemessungsablauf abgearbeitet werden. Ein Nachteil im neuen Eurocode 3 ist, dass dieser an manchen, nicht immer eindeutigen Passagen zusätzlicher Kommentare bedarf. Die Problematik der Wirtschaftlichkeit sollte nicht nur auf die Ausführung von Rahmenecken und anderen Konstruktionen bezogen werden, sondern auch auf die, durch die Neueinführung von Normen, bezogenen Einführungsveranstaltungen für Neuregelungen, Selbst staatliche Institute sind durch Regeländerungen auf neue Bemessungsliteratur angewiesen. Würde man die Indizierung der alten Norm einfach übernehmen, so könnte an dieser Stelle eine Menge Kapital eingespart werden. Die Veränderungen im neuen Eurocode 3 halten sich im Hinblick auf die herkömmliche DIN 18800 vom Gesamtinhalt in Grenzen. Bis auf die Einführung der Komponentenmethode und der Verbesserung für die Bemessung von Rechteckhohlprofilen(RHP) haben sich die Bemessungsverfahren nur den neuen technischen Bedingungen angepasst. Selbst der neue Eurocode kommt im Vergleich zum Teilschnittgrößenverfahren auch jetzt schon an seine Grenzen. Selbst der Eurocode 3 liegt in bestimmten Bemessungsverfahren auf der unsicheren Seite und es ist deshalb immer der Stand der Wissenschaft zu berücksichtigen.