

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Zielsetzung des Forschungsprojektes	21
1.1	Ausgangssituation.....	21
1.2	Anlass zum Forschungsvorhaben	23
1.3	Zielsetzung.....	24
2	Stand der Technik.....	25
2.1	Einleitung	25
2.2	Komponentenmethode nach DIN EN 1993-1-8.....	31
2.2.1	Grundlagen der Komponentenmethode	31
2.2.2	Ermittlung der Anschluss Tragfähigkeit	36
2.2.3	Beanspruchbarkeit der lokalen Komponenten	40
2.2.3.1	Beanspruchbarkeit der Schrauben auf Zug	40
2.2.3.2	Beanspruchbarkeit von Stirnplatte und Stützengurt auf Biegung	40
2.2.3.3	Beanspruchbarkeit des Stützensteges auf Zug.....	45
2.2.3.4	Beanspruchbarkeit des Trägersteges auf Zug	46
2.2.4	Beanspruchbarkeit der globalen Komponenten	47
2.2.4.1	Beanspruchbarkeit des Stützenstegfeldes auf Schub	47
2.2.4.2	Beanspruchbarkeit des Stützensteges auf Druck	48
2.2.4.3	Beanspruchbarkeit des Trägergurtes und Trägerstegs auf Druck.....	49
2.2.4.4	Beanspruchbarkeit von Schweißnähten.....	49
2.2.5	Interaktionsbeziehungen	50
2.2.5.1	Anschlüsse mit kombinierter Normalkraft- und Biegebeanspruchung	50
2.2.5.2	Stützensteg auf Druck oder Zug	50
2.2.5.3	Schrauben unter kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung.....	51
2.2.6	Ermittlung der Anschlusssteifigkeit.....	52
2.3	Erweiterte Komponentenmethode nach Sedlacek, Weynand et al.	56
2.4	Bemessungsmodell für die Grundkomponenten „Platte auf Biegung“ bei 4-reihigen Anschlusskonfigurationen.....	60
2.5	Bemessungsmodell für 4-reihige Anschlusskonfigurationen nach Schmidt [9].....	63
3	Experimentelle Untersuchungen	69
3.1	Allgemeines	69
3.2	Bauteilversuche an der TU Dortmund	69
3.2.1	Versuchsaufbau und Messtechnik	72
3.2.2	Nachgiebigkeiten im Versuchsaufbau	78
3.2.3	Materialeigenschaften	80
3.2.4	Aufmaße der Versuchsanschlüsse Serie A und B	82
3.2.5	Ergebnisse der Bauteilversuche.....	86
3.2.5.1	Tabellarisch Ergebnisübersicht der Versuchsserien A, B und C	86
3.2.5.2	Auswertung der Versuchsergebnisse der Serie A (IH2 – Anschlüsse)	88
3.2.5.3	Auswertung der Versuchsergebnisse der Serie B (IH4 – Anschlüsse)	100
3.2.5.4	Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	112
3.3	Komponentenversuche an der FH Köln	114
3.3.1	Vorüberlegungen	114

3.3.2	Das Versuchsprogramm	115
3.3.3	Die Versuchsdurchführung	119
3.3.4	Die Versuchsdurchführung	131
4	Analytisches Modell für Anschlüsse mit vier Schrauben in einer Reihe	144
4.1	Einleitung	144
4.2	T-Stummel – Modell	145
4.3	Erweiterung des T-Stummel – Modells auf Anschlüsse mit vier Schrauben in einer Reihe	149
4.3.1	Mögliche Versagensarten bei T – Stummeln mit vier Schrauben	149
4.3.2	Ermittlung der effektiven Längen	152
4.3.2.1	Äußere Schraubenreihe	153
4.3.2.2	Innere Schraubenreihe	155
4.3.2.3	Zusammenfassung	156
4.4	Validierung des analytischen Modells	157
4.4.1	Darstellung der experimentellen Untersuchungen in Dortmund	157
4.4.2	Vergleich des analytischen Modells mit den Versuchsergebnissen	159
4.4.3	Vergleich mit vorhandenen Bemessungsmodellen	162
4.5	Schlussfolgerungen	164
5	Numerische Untersuchungen	165
5.1	FE – Modell für die numerischen Untersuchungen	165
5.2	FE – Parameterstudien	173
5.2.1	Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zu IH2 – Anschlüssen	175
5.2.2	Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zu IH4 – Anschlüssen	179
5.3	Vergleich der Ergebnisse der numerischen Untersuchungen mit dem analytischen Modell	182
5.3.1	Anschluss Tragfähigkeiten von IH2 – und IH4 – Anschlüssen	182
5.3.2	Anfangs - Rotationssteifigkeit von IH2 – und IH4 – Anschlüssen	189
6	Zusammenfassung und Ausblick	199
7	Literatur	201
8	Anhang	203
8.1	Anhang zu Kapitel 4	203
8.1.1	Herleitung der Widerstandsfunktionen für den Versagensmodus 2 eines T – Stummels mit vier Schrauben	203
8.1.1.1	Versagensmodus 2p: Nicht kreisförmige Fließmuster mit Abstützkräften	203
8.1.1.2	Versagensmodus 2np: Kreisförmige und nicht kreisförmige Fließmuster ohne Abstützkräften	205
8.1.2	Vergleich des analytischen Modells mit den Versuchsergebnissen	206
8.1.3	Beispielrechnung zu dem Versuchsanschluss B01	210
8.2	Datenblätter zu den Bauteilversuchen	215
8.2.1	Versuchsserie A – bündige Anschlusskonfigurationen	215
8.2.2	Versuchsserie B – überstehende Anschlusskonfigurationen	240

Table of Contents

- 1 Cause and objective of the research project.....21**
 - 1.1 Current situation..... 21
 - 1.2 Cause of the research project..... 23
 - 1.3 Objective of the research project..... 24
- 2 State of the art25**
 - 2.1 Introduction 25
 - 2.2 Component – method acc. to DIN EN 1993-1-8..... 31
 - 2.2.1 Basic principles of the component method..... 31
 - 2.2.2 Calculation of the moment resistance 36
 - 2.2.3 Resistance of the local components..... 40
 - 2.2.3.1 Resistance of the bolts in tension40
 - 2.2.3.2 Resistance of the end – plate and column flange in bending40
 - 2.2.3.3 Resistance of the column web in tension.....45
 - 2.2.3.4 Resistance of the beam web in tension46
 - 2.2.4 Resistance of the global components 47
 - 2.2.4.1 Resistance of the column web in shear47
 - 2.2.4.2 Resistance of the column web in compression48
 - 2.2.4.3 Resistance of the beam flange and beam web in compression49
 - 2.2.4.4 Resistance of the welding.....49
 - 2.2.5 Interaction..... 50
 - 2.2.5.1 Joints subjected to axial forces and bending50
 - 2.2.5.2 Colum web in compression or tension50
 - 2.2.5.3 Bolts subjected to shear and tension forces51
 - 2.2.6 Calculation of the rotational stiffness..... 52
 - 2.3 Enlarged component method acc. to Sedlacek, Weynand et al. 56
 - 2.4 Design – method for the basic component "plate in transverse bending" for joints with 4 bolts per row 60
 - 2.5 Design – method for joints with 4 bolts per row according to Schmidt [9]..... 63
- 3 Experimental Investigations69**
 - 3.1 General 69
 - 3.2 Full scale tests at the TU Dortmund 69
 - 3.2.1 Test setup and measuring 72
 - 3.2.2 Flexibility of the test setup 78
 - 3.2.3 Material properties 80
 - 3.2.4 Geometrical measurement of the test joints from series A and B 82
 - 3.2.5 Results of the full scale tests 86
 - 3.2.5.1 Tabulation of the test results of series A, B and C86
 - 3.2.5.2 Analysis of the test results of series A (IH2 – joints)88
 - 3.2.5.3 Analysis of the test results of series B (IH4 – joints)100
 - 3.2.5.4 Summary of the test results112
 - 3.3 Component – test at FH Köln 114
 - 3.3.1 Preliminary considerations 114

3.3.2 The test program 115

3.3.3 The test procedure 119

3.3.4 The test procedure 131

4 Analytical model for bolted joints with four bolts in one row.....144

4.1 Introduction 144

4.2 T – stub approach 145

4.3 Extension of the T – stub approach to connections with four bolts per row 149

4.3.1 Possible failure modes for T – stubs with four bolts 149

4.3.2 Computation of the effective lengths 152

4.3.2.1 Outer bolt row153

4.3.2.2 Inner bolt row.....155

4.3.2.3 Summary156

4.4 Validation of the analytical model 157

4.4.1 Interpretation of the experimental tests performed in Dortmund 157

4.4.2 Analytical prediction vs. experimental results comparison 159

4.4.3 Comparison to existing analytical models 162

4.5 Conclusions 164

5 Numerical investigations165

5.1 FE – model for the numerical investigations 165

5.2 FE – parameter study 173

5.2.1 Results of the comparative analysis on IH2 – joints 175

5.2.2 Results of the comparative analysis on IH4 – joints 179

5.3 Results of the numerical investigations vs. the analytical model 182

5.3.1 Moment resistances of IH2 – and IH4 – joints 182

5.3.2 Initial - rotational stiffness of IH2 – and IH4 – joints 189

6 Summary and outlook199

7 References201

8 Annex203

8.1 Annex to paragraph 4 203

8.1.1 Development of the resistance formulas for failure mode 2 in a four bolt T – stub 203

8.1.1.1 Mode 2p: Non-circular yielding pattern with prying forces203

8.1.1.2 Mode 2np: Circular and non-circular yielding pattern with no prying forces
205

8.1.2 Analytical predictions vs. experimental results – graphical comparisons 206

8.1.3 Computation of the mechanical properties of connection B01 210

8.2 Data – sheets to the full scale tests 215

8.2.1 Test – series A – flush end – plate connections 215

8.2.2 Test – series B – extended end – plate connections 240