

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Anlass und Zielsetzung des Forschungsprojektes .....</b>	<b>21</b>
1.1 Ausgangssituation .....	21
1.2 Anlass zum Forschungsvorhaben .....	23
1.3 Zielsetzung .....	24
<b>2 Stand der Technik .....</b>	<b>25</b>
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 Anschlusstragfähigkeit .....	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
<b>3 Experimentelle Untersuchungen .....</b>	<b>69</b>
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
<b>4 Analytisches Modell für Anschlüsse mit vier Schrauben in einer Reihe .....</b>	<b>144</b>
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
<b>5 Numerische Untersuchungen .....</b>	<b>165</b>
5.1 FE – Modell für die numerischen Untersuchungen .....	165
5.2 FE – Parameterstudien .....	173
5.2.1 Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zu IH2 – Anschläßen .....	175
5.2.2 Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zu IH4 – Anschläßen .....	179
5.3 Vergleich der Ergebnisse der numerischen Untersuchungen mit dem analytischen Modell .....	182
5.3.1 Anschlusstragfähigkeiten von IH2 – und IH4 – Anschläßen .....	182
5.3.2 Anfangs - Rotationssteifigkeit von IH2 – und IH4 – Anschläßen .....	189
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>199</b>
<b>7 Literatur .....</b>	<b>201</b>
<b>8 Anhang .....</b>	<b>203</b>
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

<b>1 Cause and objective of the research project .....</b>	<b>21</b>
1.1 Current situation.....	21
1.2 Cause of the research project.....	23
1.3 Objective of the research project.....	24
<b>2 State of the art .....</b>	<b>25</b>
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 tension .....	40
2.2.3.2 Resistance of the end – plate and column flange in bending .....	40
2.2.3.3 Resistance of the column web in tension.....	45
2.2.3.4 Resistance of the beam web in tension .....	46
2.2.4 Resistance of the global components .....	47
2.2.4.1 Resistance of the column web in shear .....	47
2.2.4.2 Resistance of the column web in compression .....	48
2.2.4.3 Resistance of the beam flange and beam web in compression .....	49
2.2.4.4 Resistance of the welding.....	49
2.2.5 Interaction .....	50
2.2.5.1 Joints subjected to axial forces and bending .....	50
2.2.5.2 Column web in compression or tension .....	50
2.2.5.3 Bolts subjected to shear and tension forces .....	51
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
<b>3 Experimental Investigations .....</b>	<b>69</b>
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 C .....	86
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 results .....	112
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
<b>4 Analytical model for bolted joints with four bolts in one row.....</b>	<b>144</b>
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 row.....	153
4.3.2.2 Inner bolt row.....	155
4.3.2.3 Summary.....	156
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
<b>5 Numerical investigations .....</b>	<b>165</b>
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
<b>6 Summary and outlook.....</b>	<b>199</b>
<b>7 References .....</b>	<b>201</b>
<b>8 Annex .....</b>	<b>203</b>
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 forces .....	203
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