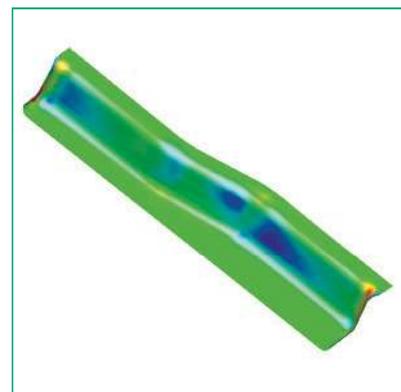
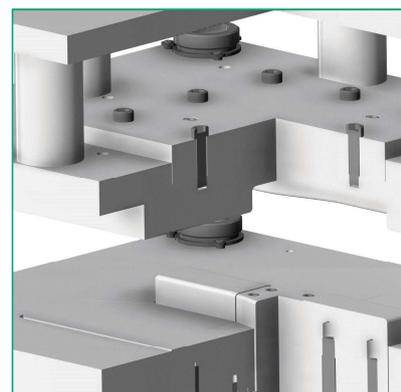
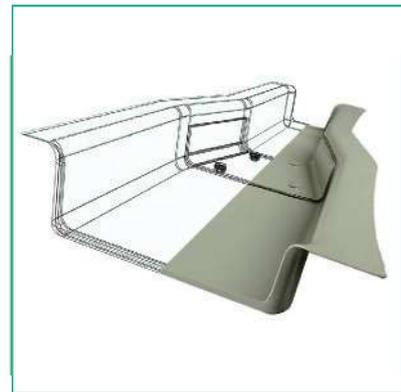


André Spiekermeier

# Lokale Verstärkung von Ziehtteilen

*Berichte aus dem IFUM · Band 3/2019*

*Herausgeber: Bernd-Arno Behrens*



## Berichte aus dem IFUM

Wissenschaftliche Schriftenreihe des  
Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen  
der Leibniz Universität Hannover

Herausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

Zugleich: Dissertation,  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2019

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung des vollständigen Werkes oder von Teilen davon, sind vorbehalten.

© TEWISS-Technik und Wissen GmbH, 2019  
An der Universität 2 ♦ 30823 Garbsen  
Tel: 0511-762-19434 ♦ Fax: 0511-762-18037  
[www.tewiss-verlag.de](http://www.tewiss-verlag.de) ♦ mail: [info@tewiss-verlag.de](mailto:info@tewiss-verlag.de)

ISBN 978-3-95900-326-1  
ISSN 1613-9704

Verlag: TEWISS Verlag,  
TEWISS-Technik und Wissen GmbH

Herstellung: DruckTeam Druckgesellschaft mbH, Hannover  
Printed in Germany

# **Lokale Verstärkung von Ziehteilen**

Von der Fakultät für Maschinenbau  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur  
genehmigte Dissertation

von

André Spiekermeier, M. Sc.

2019

Tag der mündlichen Prüfung: 26.04.2019

1. Referent: Prof. Dr. Bernd-Arno Behrens  
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen
2. Referentin: Prof. Dr. Annika Raatz  
Institut für Montagetechnik
- Vorsitzender: Prof. Dr. Friedrich Dinkelacker  
Institut für Technische Verbrennung

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover (LUH).

Dem Institutsleiter, Herrn Professor Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens, gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung bei meiner wissenschaftlichen Tätigkeit sowie der Gewährleistung der erforderlichen wissenschaftlichen Freiheit und das große entgegengebrachte Vertrauen.

Mein Dank gilt ebenso Frau Professorin Dr.-Ing. Annika Raatz, der Leiterin des Instituts für Montagetechnik (MATCH) der LUH, für die Übernahme des Koreferates. Herrn Professor Dr. Friedrich Dinkelacker, dem Leiter des Instituts für Technische Verbrennung (ITV) der LUH, danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Darüber hinaus richtet sich mein Dank an alle Mitarbeiter des IFUM, die mich bei der Durchführung der Arbeit unterstützt und ganz wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Besonders möchte ich mich bei den Kollegen Heiko Holzapfel, Gerhard Hoppe, Peter Lindner, Mathias Longardt und Sebastian Eisenach für die tatkräftige Unterstützung bedanken. Für die intensive und kritische Durchsicht meiner Arbeit und die vielfältigen, konstruktiven Anregungen möchte ich mich recht herzlich bei den Kollegen Masood Jalanesh, Sergej Koch, Henrik Schulze und Dr.-Ing. Sven Hübner bedanken.

Ferner danke ich allen Hilfswissenschaftlern, Studien- und Abschlussarbeitern, die mich während meiner wissenschaftlichen Tätigkeit am Institut unterstützt haben. In diesem Zusammenhang sind Andre Miller, Robin Basten, Marc Rabeler, Marco Hehmann, und Tim-Patrick Post besonders zu erwähnen. Weiterhin danke ich Herrn Gregor Wisner vom Institut für Füge- und Schweißtechnik für die sehr gute und angenehme Zusammenarbeit sowie für die fachliche Unterstützung im Bereich der Klebtechnik. Mein Dank gilt ebenso Herrn Dr.-Ing. Thorsten Heidenblut vom Institut für Werkstoffkunde für die Unterstützung bei der Erstellung und Analyse der Rasterelektronenmikroskopieaufnahmen.

Für die finanzielle Unterstützung sei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gedankt, die im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) über die Forschungsvereinigung für Stahlanwendungen e. V. (FOSTA) sowie der europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB) die Bearbeitung der IGF/AiF-Projekte 17677 und 18408 ermöglicht hat.

Zudem bedanke ich mich für die sehr gute Zusammenarbeit bei den Firmen, die in den projektbegleitenden Ausschüssen der zuvor erwähnten Forschungsprojekte beteiligt waren. Einen besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle den Firmen

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, TOX® PRESSOTECHNIK GmbH & Co. KG, Lohmann GmbH & Co.KG, Henkel AG & Co. KGaA und Tesa SE aussprechen.

Der erfolgreiche Abschluss einer solchen wissenschaftlichen Arbeit ist enorm vom Rückhalt des privaten Umfelds abhängig. Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, meiner Schwester und meiner Frau, die mit ihrer stetigen Unterstützung wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Marklohe, im Mai 2019

André Spiekermeier

Meinen Eltern,  
meiner Schwester  
und meiner Ehefrau



## **Kurzfassung**

### **Lokale Verstärkung von Ziehteilen**

Aufgrund der Bestrebungen zur Verbesserung der Leichtbauweise von Seiten der Automobilindustrie werden stetig neue Lösungen zur Reduzierung des Karosseriegewichts gesucht. Ein möglicher technischer Ansatz zur Reduzierung des Gewichts von Strukturbauteilen im PKW-Bereich ist die Bonded Blanks Technologie als ein neues Fertigungsleichtbauverfahren. Das Ziel der Bonded Blanks Technologie besteht in der lokalen Verstärkung von Ziehteilen mittels einer partiellen Blechdopplung an hochbeanspruchten Bauteilbereichen. Zum Fügen der Bleche nach dem Tiefziehvorgang sind spezielle Strukturklebstoffe auf Epoxidharzbasis besonders geeignet. Die chemische Zusammensetzung des Klebstoffs ist derart gewählt, dass durch den Wärmeeintrag während des Prozesses einer kathodischen Tauchlackierung im Zuge der Lackeinbrennphase es zur vollständigen Klebstoffaushärtung kommt. Dieses prozessintegrierte Fügen durch Klebstoffeinsatz spart sowohl Fertigungsschritte als auch -kosten.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Bonded Blanks Technik technologisch und fertigungstechnisch weiterzuentwickeln und das Potenzial der lokal verstärkten Bonded Blanks Bauteile aufzuzeigen. Im Rahmen von Forschungsprojekten zu dieser Arbeit wurden Bonded Blanks Bauteile mit verschiedenen Klebstoffen und Blechwerkstoffkombinationen hergestellt und anschließend mit dem Ziel der Bewertung des Leichtbaupotenzials zerstörend geprüft. Die eingesetzten Klebstoffe wurden zuvor hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie beispielsweise die maximal erzielbare Verbundfestigkeit, die Korrosionsbeständigkeit sowie die Ölverträglichkeit untersucht und evaluiert. Mit Hilfe einer FEM-basierten Blechumformsimulation wurde die Herstellbarkeit des angestrebten Bauteils abgesichert und anschließend ein entsprechendes Tiefziehwerkzeug konstruiert. Dieses Werkzeugsystem ermöglicht eine Erzeugung von Fügepunkten (Clinchpunkten) während des Umformvorgangs im unteren Tiefpunkt des Pressenstößels. Die Clinchpunkte fixieren die Position der Bleche zueinander und schaffen durch den Anpressdruck zwischen den Blechen geeignete Bedingungen für das anschließende Klebstofffügen. Anhand von zerstörenden Bauteiluntersuchungen wurde die Verbundfestigkeit der untersuchten Bauteile experimentell für verschiedene Kombinationen von Kleb- und Blechwerkstoffen in Abhängigkeit des Korrosionszustands bestimmt.

Insgesamt haben die experimentellen Untersuchungen ein hohes Potenzial der Bonded Blanks Technologie aufgezeigt. Mit dieser Fertigungsleichtbaustrategie lassen sich belastungsangepasste Bauteile mit technologischen Vorteilen auf eine kosteneffiziente Weise herstellen, da sowohl die Klebstoffaushärtung als auch der Herstellungsschritt von Clinchpunkten zur Fixierung der Bleche aufwandsneutral in den Herstellungsprozess integriert werden können.

### **Schlagworte:**

Bonded Blanks, Tiefziehen, Klebstoff, Fertigungsleichtbau

## **Abstract**

### **Local reinforcement of deep drawn parts**

As a result of the lightweight design efforts of the automotive industry, new solutions for reducing the body weight are sought continuously. A technical approach for reducing the weight of structural parts within the automotive sector is the bonded blanks technology as a new lightweight manufacturing process. The objective is the local reinforcement of deep drawn parts by means of a partial doubling of sheet metal at high stressed component areas. For joining the sheets after the common deep drawing, special structural adhesives based on epoxy resins are particularly suitable. The chemical composition of the adhesive is selected in the way that the adhesive curing occurs parallel to the paint baking process due to heat input. This process integrated joining by adhesive application allows to save production steps and costs.

The aim of this work is the further development of the bonding blanks technology in technological and production terms and to point out the potential of locally reinforced bonded blanks components. In this study, bonded blanks parts produced with various adhesives systems and sheet material combinations were tested destructively with the aim of evaluating the lightweight potential. Using the tensile test, the adhesives used were examined and evaluated with respect to their characteristics, such as the maximum attainable bond strength, the corrosion resistance and the oil compatibility. With the help of an FEM-based sheet metal forming simulation, the manufacturability of the component was ensured and followed by construction of the deep-drawing tool. This tool system allows the generation of joining points (clinching points) just before reaching the bottom dead center. The clinching points fix the position of the sheets to each other and thus provide the contact pressure between both sheets as a prerequisite for the subsequent adhesive curing. By using destructive component testing methods, the bond strength of the examined components with different combinations of adhesives and sheet materials was determined in dependence on the corrosion state experimentally.

Overall, the investigations carried out demonstrated a high potential of the bonded blanks technology. With this manufacturing lightweight strategy, load adjusted components with technological advantages can be produced in a cost-effective manner due to the expenses neutrally integrated of the adhesive curing as well as the manufacturing step of clinching points for fixing both sheets into the entire manufacturing process of adhesively bonded blanks parts.

### **Keyword:**

Bonded blanks, Deep drawing process, Adhesives, Manufacturing lightweight

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Stand der Technik .....	4
2.1	Fertigungsverfahren Tiefziehen .....	4
2.1.1	Spannungszustände beim Tiefziehen .....	6
2.1.2	Ziehverhältnisse .....	7
2.1.3	Versagensarten beim Tiefziehen .....	7
2.1.4	Einflussgrößen auf das Tiefziehergebnis .....	9
2.2	Werkstoffliche Grundlagen .....	10
2.2.1	Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Fließkurve .....	10
2.3	Leichtbaukonzepte im Fahrzeugkarosseriebau .....	18
2.3.1	Werkstoffleichtbau .....	18
2.3.2	Konzeptleichtbau .....	20
2.3.3	Formleichtbau .....	20
2.3.4	Fertigungsleichtbau .....	21
2.4	Klebtechnik .....	28
2.4.1	Anwendung der Klebtechnik im Fahrzeugbau .....	29
2.4.2	Bindungskräfte in Klebverbindungen .....	31
2.5	Fügeverfahren Clinchen .....	33
2.6	Grundlagen zu Umformsimulationen .....	35
3	Zielsetzung und Vorgehensweise .....	39
3.1	Ausgangssituation .....	39
3.2	Zielsetzung .....	39
3.3	Vorgehensweise .....	40
4	Eingesetzte Blechwerkstoffe und verwendete Klebstoffe .....	42
4.1	Eingesetzte Blechwerkstoffe .....	42
4.1.1	Ermittlung von Materialkennwerten mit Hilfe des Zugversuchs .....	43
4.1.2	Experimentelle Ermittlung der Grenzformänderungskurve .....	48
4.1.3	Untersuchungen zur Oberflächentopographie .....	50
4.2	Verwendete Klebstoffe .....	52
4.2.1	Anforderungen an die Klebstoffe .....	52

---

4.2.2	Eigenschaften der eingesetzten Klebstoffe .....	54
4.2.3	Untersuchungen zur Zugscherfestigkeit der Klebstoffe.....	56
4.2.4	Analyse des thermo-rheologischen Klebstoffverhaltens .....	61
4.2.5	Einfluss der Ölaufgabe auf die Klebfestigkeit .....	64
4.2.6	Einfluss des Korrosionszustands auf die Klebfestigkeit .....	67
4.2.7	Einfluss der Verzinkungsart auf die Klebfestigkeit .....	70
5	Bauteil- und Prozessauslegung .....	73
5.1.1	Modellbildung für die FE-Simulation .....	74
5.1.2	Virtuelle Bauteilanalyse und Geometrieauslegung.....	75
5.2	Werkzeug zur Herstellung von Bonded Blanks .....	81
6	Experimentelle Untersuchungen.....	85
6.1	Untersuchungen zum Einfluss von verschiedenen Strukturklebstoffen auf die Clinchbarkeit .....	85
6.2	Halbzeugherstellung für die Tiefziehversuche .....	89
6.3	Versuchseinrichtung für die Tiefziehversuche .....	91
6.4	Tiefziehversuche.....	92
6.5	Untersuchungen zum Clinchen in der Ziehstufe .....	93
6.6	Kathodische Tauchlackierung der Versuchsbauteile .....	94
6.7	Korrosionsuntersuchungen .....	96
7	Experimentelle Bauteilanalysen.....	98
7.1	Visioplastische Analysen zur Ermittlung der Blechausdünnung und der Formänderung .....	98
7.2	Geometrische Bauteilvermessung zur Analyse der Maßhaltigkeit .....	103
7.3	Zerstörende Bauteilprüfung .....	106
7.3.1	Durchführung der Beulversuche .....	106
7.3.2	Ergebnisse der Beulversuche .....	107
7.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Herstellungsprozesses von Bonded Blanks Bauteilen.....	113
8	Fazit und Ausblick .....	116

## Formelzeichen und Abkürzungen

### I. Lateinische Formelzeichen

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$A$	mm <sup>2</sup>	Aktuelle Fläche
$A_0$	mm <sup>2</sup>	Ausgangsfläche
$A_{80}$	%	Bruchdehnung (Ausgangsmesslänge $l_0 = 80$ mm)
$A_g$	%	Gleichmaßdehnung
$A_{\text{Kleb}}$	mm <sup>2</sup>	Klebfäche
$A_x$	%	Bruchdehnung (Ausgangsmesslänge $l_0 = x$ mm)
$A_z$	mm <sup>2</sup>	Fiktiver Zargenquerschnitt
$b$	mm	Aktuelle Breite
$b_0$	mm	Ausgangsbreite
$\underline{D}$	-	Dämpfermatrix
$D$	mm	Aktueller Platinendurchmesser
$D_{0,\text{max}}$	mm	Maximal umformbarer Platinendurchmesser
$D_0$	mm	Ausgangsplatinendurchmesser
$d_0$	mm	Stempeldurchmesser / äußerer Clinchpunktdurchmesser
$d_i$	mm	Innerer Clinchpunktdurchmesser
$d_m$	mm	Mittlerer Zargendurchmesser
$e$	-	Eulersche Zahl
$E$	MPa	Elastizitätsmodul
$f$	mm	Hinterschnitt eines Clinchpunkts
$\vec{F}$	-	Kraftvektor
$F$	kN	Aktuelle Kraft
$F_{\text{Beul}}$	kN	Beulkraft
$F_{\text{Br}}$	kN	Bodenreißkraft
$F_{\text{Clinch}}$	kN	Clinchstempelkraft
$F_{\text{max}}$	kN	Maximale Umformkraft / maximale Zerreißkraft
$F_{\text{NH}}$	kN	Niederhalterkraft
$F_{p0,2}$	kN	Zugkraft bei Erreichen der 0,2%-Dehngrenze im Zugversuch

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$F_{St}$	kN	Stempelkraft
$G$	MPa	Schubmodul
$h_0$	mm	Ausgangshöhe
$h$	mm	Aktuelle Höhe, Ziehtiefe
$k_f$	MPa	Fließspannung eines Werkstoffs
$l$	mm	Aktuelle Länge
$\underline{K}$	-	Steifigkeitsmatrix
$L$	$\mu\text{m}$	Definierte Messstrecke zur Bestimmung von Rauheitswerten
$\Delta l$	mm	Längenänderung
$l_0$	mm	Ausgangslänge
$l_B$	mm	Zugprobenlänge nach dem Bruch
$\underline{M}$	-	Massenmatrix
$n$	-	Verfestigungsexponent
$n$	-	Probenanzahl
$r$	-	Anisotropie
$\Delta r$	-	Ebene Anisotropie
$r_0$	-	Anisotropie ( $0^\circ$ zur Walzrichtung)
$r_{45}$	-	Anisotropie ( $45^\circ$ zur Walzrichtung)
$r_{90}$	-	Anisotropie ( $90^\circ$ zur Walzrichtung)
$r_a$	mm	Aktueller Außenradius eines rotationssymmetrischen Ziehteils
$R_{eH}$	MPa	Obere Streckgrenze
$R_{eL}$	MPa	Untere Streckgrenze
$r_m$	-	Mittlere senkrechte Anisotropie
$r_M$	mm	Ziehkantenradius / Matrizenradius
$R_m$	MPa	Zugfestigkeit
$R_{p0,2}$	MPa	0,2%-Dehngrenze
$r_{St}$	mm	Stempelkantenradius
$r_M$	mm	Ziehringradius
$s_{Beul}$	mm	Deformationsweg beim quasistatischen Beultest

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$s$	mm	Aktuelle Blechdicke
$s_0$	mm	Ausgangsblechdicke
$\Delta t$	s	Zeitintervall
$T$	°C, K	Temperatur
$\Delta T$	K	Temperaturänderung
$t_1$	mm	Blechdicke (clinchmatrizenseitig)
$t_2$	mm	Blechdicke (clinchstempelseitig)
$t_b$	mm	Bodendicke eines Clinchpunkts
$t_n$	mm	Halsdicke eines Clinchpunkts
$T_{\dot{U}}$	°C, K	Übergangstemperatur
$u_z$	mm	Ziehspalt
$v$	mm/s	Geschwindigkeit
$\vec{x}$	mm	Verschiebungsvektor
$\vec{\dot{x}}$	mm/s	Geschwindigkeitsvektor
$\vec{\ddot{x}}$	mm/s <sup>2</sup>	Beschleunigungsvektor
$x_i$	-	x-Koordinate eines Messrasterpunkts
$y_i$	-	y-Koordinate eines Messrasterpunkts
$z_i$	-	z-Koordinate eines Messrasterpunkts
$z_i$	μm	Maximalen Höhenwerten innerhalb einer Einzelmessstrecke
$ z(x) $	μm	Betragsmäßige Abweichung eines Profils von der Mittellinie

**II. Griechische Formelzeichen**

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$\beta_0$	-	Ziehverhältnis im Erstzug
$\beta_{0,max}$	-	Grenzziehverhältnis im Erstzug
$\varepsilon$	%	Dehnung
$\varepsilon_B$	%	Bruchdehnung
$\Delta\varepsilon_{el}$	%	Änderung der elastischen Dehnung
$\varepsilon_{el}$	%	Elastische Dehnung
$\varepsilon_{ges}$	%	Gesamtdehnung
$\varepsilon_{gl}$	%	Gleichmaßdehnung
$\varepsilon_l$	-	Längskontraktion
$\varepsilon_{pl}$	%	Plastische Dehnung
$\varepsilon_q$	-	Querkontraktion
$\eta$	Pa·s	Komplexe Viskosität des Klebstoffs
$\mu$	-	Reibkoeffizient
$\nu$	-	Querkontraktionszahl
$\pi$	-	Kreiszahl
$\sigma$	MPa	Spannung
$\Delta\sigma$	MPa	Spannungsänderung
$\sigma_{Br}$	MPa	Bodenreißerspannung
$\sigma_n$	MPa	Normalspannung
$\sigma_r$	MPa	Spannung in radialer Richtung
$\sigma_R$	MPa	Reibspannung am Ziehring und Niederhalter
$\sigma_{rb}$	MPa	Rückbiegespannung
$\sigma_t$	MPa	Spannung in tangentialer Richtung
$\sigma_v$	MPa	Vergleichsspannung
$\sigma_Z$	MPa	Erforderliche Ziehspannung
$\tau$	MPa	Zugscherspannung / Zugscherfestigkeit
$\varphi$	-	Formänderung

---

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$\varphi_1$	-	Logarithmische Hauptformänderung
$\varphi_2$	-	Logarithmische Nebenformänderung
$\varphi_l$	-	Formänderung bezogen auf die Länge
$\varphi_b$	-	Formänderung bezogen auf die Breite
$\varphi_{gl}$	-	Gleichmaßformänderung
$\varphi_h$	-	Formänderung bezogen auf die Höhe
$\varphi_s$	-	Formänderung bezogen auf die Blechdicke
$\varphi_v$	-	Vergleichsformänderung

**III. Abkürzungen**

Al	Aluminium
AF	Adhäsives Versagen einer Klebverbindung (engl.: <u>a</u> dhesive <u>f</u> ailure)
AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
C	Kohlenstoff
CAD	Computer Aided Design
CCD-Kamera	Kamera mit ladungsgekoppelten Sensor (engl.: <u>c</u> harge <u>c</u> oupled <u>d</u> evice)
CF	Kohäsives Versagen einer Klebverbindung (engl.: <u>c</u> ohesive <u>f</u> ailure)
CP-Stahl	Complex-Phasen Stahl
CuSn <sub>2</sub>	Kupferzinnlegierung (Bronze)
DGL	Differentialgleichungen
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DMS	Dehnungsmessstreifen
DP-Stahl	Dual-Phasen Stahl
EDX	Energiedispersive Röntgenspektroskopie (engl.: <u>e</u> nergy <u>d</u> ispersive <u>X</u> -ray spectroscopy)
E-Modul	Elastizitätsmodul
EFB	Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
EN	Europäische Norm
etc.	et cetera
Fa.	Firma
FEM	Finite-Elemente-Methode
FLC	Grenzformänderungskurve (engl.: <u>f</u> orming <u>l</u> imit <u>c</u> urve)
FLD	Grenzformänderungsdiagramm (engl.: <u>f</u> orming <u>l</u> imit <u>d</u> iagram)
FOSTA	Forschungsvereinigung für Stahlanwendung e. V.
FVK	Faserverstärkter Kunststoff
GB	Grundblech
G-Modul	Schubmodul
Ifs	Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig
IF-Stahl	Interstitial-Free Stahl

---

IFUM	Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Leibniz Universität Hannover
IGES	Vektorbasierte Graphikformatdatei (engl.: <u>i</u> nitial <u>g</u> raphics <u>e</u> xchange <u>s</u> pecification)
IGF	Industrielle Gemeinschaftsforschung
IHU	Innenhochdruckumformung
IW	Institut für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover
KS	Klebstoff
KTL	Kathodische Tauchlackierung
LUH	Leibniz Universität Hannover
MAK	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
Mn	Mangan
N	Stickstoff
NaCl	Natriumchlorid
Nb	Niob
P	Phosphor
Ra	Arithmetischer Mittenrauwert in $\mu\text{m}$
Rz	Gemittelte Rautiefe in $\mu\text{m}$
REM	Rasterelektronenmikroskopie
RT	Raumtemperatur
S	Schwefel
Si	Silicium
Ti	Titan
TRIP	Umwandlungsinduzierte Plastizität (engl.: <u>t</u> ransformation induced <u>p</u> lasticity)
TWB	Maßgeschneiderte Blechhalbzeuge (engl.: <u>t</u> ailored <u>w</u> elded <u>b</u> lanks)
UT	Unterer Totpunkt der Pressenstoßelbewegung
UV-LED	Leuchtdiode (engl.: <u>l</u> ight <u>e</u> mitting <u>d</u> iode) für ultraviolettes Licht
V	Vanadium
VB	Verstärkungsblech
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
WEZ	Wärmeeinflusszone
WR	Walzrichtung