

Vorschlag für einen Qualitätsstandard für Profilbiegebauteile

Dipl.-Ing. Viktor Holstein
Prof. Dr.-Ing. Matthias Hermes
Fachgebiet für Fertigungstechnik und Umformtechnik
Fachbereich Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften
Fachhochschule Südwestfalen

Motivation

Das Biegen von Rohren und Profilen ist eine Branche, die sich im ständigen Wachstum befindet. Dies resultiert aus den vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten von gebogenen Profile. Dabei ist in den letzten Jahren auch eine große Anzahl an möglichen Fertigungsverfahren entstanden, um den Anforderungen der heutigen Zeit gerecht zu werden. Diese resultieren häufig auch aus den unterschiedlichsten Einsatzgebieten, in denen die gebogenen Profile eingesetzt werden, siehe auch Hermes 2011, Kuhnhen 2016. Abhängig vom Einsatz sind auch die spezifischen Anforderungen: während beispielsweise Rohrbauteile aus dem Kraftwerksbau konstante Wanddicken am Außenbogen aufweisen müssen, kommt es bei Zierleisten und Dachrahmenstrukturen in der Automobilindustrie eher auf die Oberfläche und die Maßhaltigkeit an. Um hier die Kommunikation zwischen den Kunden und dem Fertiger zu vereinfachen, können spezielle Standards helfen, Hermes et al 2011. Oft werden Biegebauteile nach der DIN ISO 2768 bemaßt und abgenommen. Da diese Norm aber für den Fertigungsprozess Profilbiegen sowie für den Einsatzbereich von Biegebauteilen nur bedingt geeignet ist, kommt es hierbei oft zu Problemen. Beispielsweise kann es bei einer Bemaßung der aufeinander folgenden Biegewinkel, nach der Toleranzklasse "mittel" der DIN ISO 2768, durch aufsummieren der Maßtoleranzen zu einer sehr großen Verschiebung zwischen Anfang und Enden des Bauteils kommen (Abbildung 1). Damit würde die Norm zwar eingehalten aber das Bauteil wäre beispielsweise nicht in eine vorhandene Struktur einbaubar.

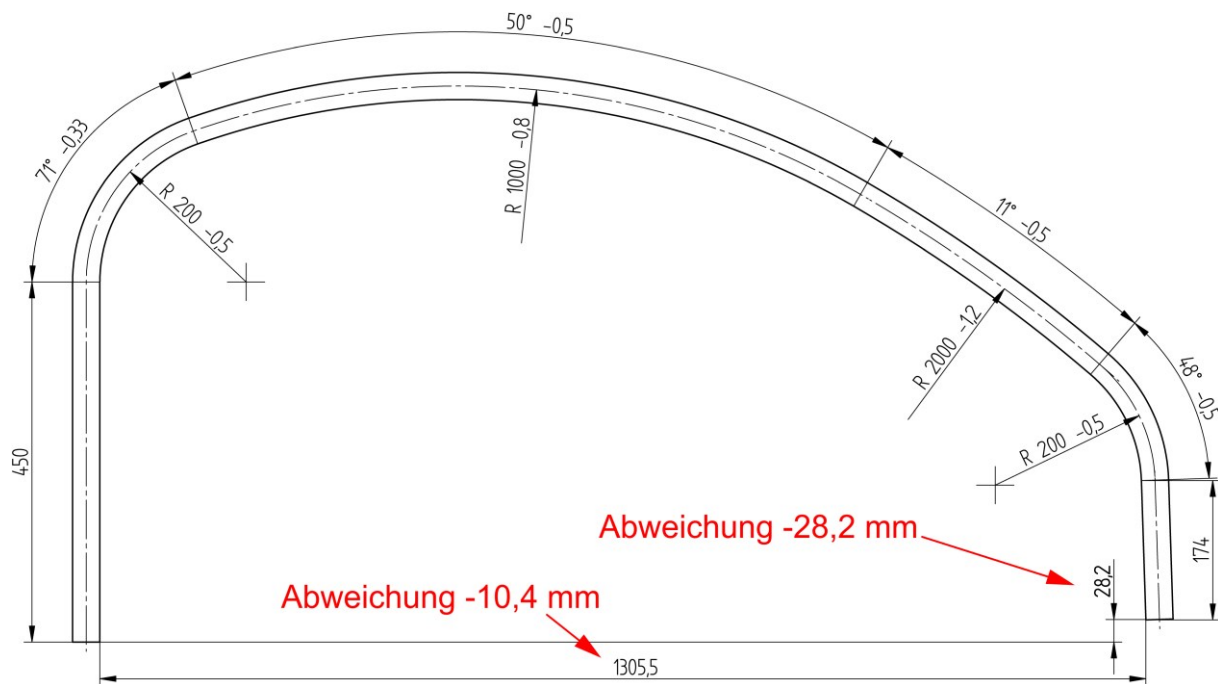


Abbildung 1: Beispielprofil

Um den Sachverhalt zu verbessern, wird an der Fachhochschule Südwestfalen und der Universität Siegen ein Forschungsprojekt* durchgeführt, in dem ein Vorschlag für einen Standard erarbeitet wird. Bei der Erstellung wurden einige namhafte Unternehmen der Branche (Maschinenhersteller, Anwender und Kunden) mit eingebunden und befragt, sowie zahlreiche Versuche am Lehrstuhl mit unterschiedlichen Profilquerschnitten und Profilbiegeverfahren durchgeführt.

Der Standard soll einen Zusammenhang zwischen Biegefehlern, erreichten Qualitäten und Einstellparametern der Maschine herstellen. Im Folgenden werden zwei thematisch wichtige Ergebnisse des Projektes vorgestellt.

(*Forschungsprojekt: "Qualitätsrückführungsstandard für die Profil- und Rohrbiegetechnik" – QuaBiRu, gefördert aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im BMWi-Förderprogramm "Transfer von FuE-Ergebnissen durch Normung und Standardisierung")

Klassifizierung von Profilbiegeteilen

Im Rahmen des Projektes ist ein System entstanden, das die Bewertung der vielfältigen Eigenschaften von Profilbiegeteilen durch Biegequalitätsklassen (BQ) ermöglicht. Die BQ-Klassen definieren typische Biegequalitätsmerkmale und teilen diese in vier Klassen ein, siehe Tabelle 1. Die sieben, in der Tabelle dargestellten, Qualitätsmerkmale werden in drei Hauptgruppen zusammengefasst: Biegekontur, Querschnitt und Oberfläche. Die BQ-Klasse kann dabei für die jeweilige Hauptgruppe entweder unterschiedlich oder einheitlich gewählt werden. Ebenfalls ist eine Messvorschrift für eine einheitliche Ausrichtung und Vermessung für gebogene Bauteile entwickelt worden. Diese ist im Anschluss an die Beschreibung der einzelnen Parameter dargestellt.

Tabelle 1: Vorschlag für eine Einteilung der Biegequalitäten in BQ-Klassen

	Qualitätsklasse		BQ1	BQ2	BQ3	BQ4	
	Qualitätsmerkmal						
Biegekontur	1	Konturabweichung	< 0,1 [m ²]	0,3	0,75	1,5	2
		[mm] bei einer Biegegrundfläche	0,1 - 1,5 [m ²]	0,4	1	3	7
			1,5 - 5 [m ²]	0,6	1,5	7	10
			> 5 [m ²]	1	2	10	15
Querschnitt	2	Querschnittsdeformation	< 1 %	< 2 %	< 5 %	nicht relevant	
	3	Wanddickenänderung Innenbogen	< 5 %	< 10 %	< 15 %	nicht relevant	
	4	Wanddickenänderung Außenbogen	< 5 %	< 10 %	< 15 %	nicht relevant	
Oberfläche	5	Schäden an Oberfläche / Beschichtung	nicht zulässig	nur optisch	R _t < 0,1; keine Funktionale beeinträchtigung	keine Funktionale beeinträchtigung	
	6	Risse	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	
	7	Falten	h _{BQ} < 0,015	h _{BQ} < 0,03	keine Funktionale beeinträchtigung	nicht relevant	

Hier ist zu erwähnen, dass aufgrund der Vielfalt der Anforderungen in diesem Bereich, oftmals Fälle in gegenseitiger Absprache Kunde - Auftraggeber genauer zu spezifizieren sind und die BQ-Klassen durch zusätzliche Kriterien eingeschränkt oder genauer vermessen werden müssen.

Nachfolgend werden die einzelnen Qualitätsmerkmale beschrieben und deren Einteilung erläutert.

Konturabweichung:

Ein wichtiges Qualitätskriterium ist die Konturabweichung. Sie ist insbesondere für Profile mit nichtkreisrunden Querschnitten wesentlich besser geeignet und wird in ähnlicher Form bereits in der Praxis von vielen Biegedienstleistern zu Grunde gelegt. Gemessen wird dabei der maximale Abstand der Ist-Kontur des Profils von der Soll-Kontur (oder CAD-Modell) orthogonal zur Soll-Geometrie (in mm). Dieser wird häufig mit einer Lehre oder einer Schablone bestimmt. Eine weitere Möglichkeit ist das Vermessen mit Hilfe eines taktilen oder berührungslosen Messsystems. Dies wird hauptsächlich bei sehr komplexen Bauteilen eingesetzt.

In Abbildung 2 rechts ist der äußere Schenkel eines gebogenen Profils dargestellt. Dieser zeigt am äußeren Ende die größte Abweichung vom CAD-Modell. Zur Bestimmung der Konturabweichung wird das Bauteil nach Vorgaben der Messvorschrift ausgerichtet. Anschließend wird überprüft, ob die maximal zulässige Toleranz eingehalten worden ist. Der maximale Abstand zur Soll-Kontur im Beispiel unten beträgt 9,8 mm.

Die zulässige Toleranz für die jeweilige BQ-Klasse ist bei 2D-gebogenen Bauteilen von der Größe der Biegegrundfläche abhängig. Diese errechnet sich aus der kleinsten Rechteckfläche, die die projizierte Grundfläche des Bauteils umschließt, siehe Abbildung 2 links. Sie ist parallel zur Biegeebene zu ermitteln. Bei einfachen 3D-Bauteilen kann ebenfalls die Biegegrundfläche

verwendet werden. Die Ausrichtung der Werkstücke erfolgt entweder auf einer ebenen Oberfläche oder mithilfe einer Lehre.

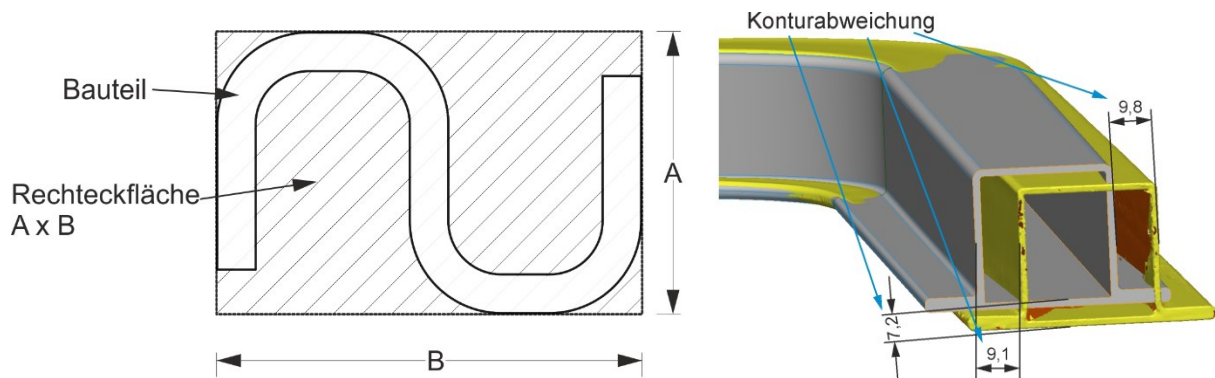


Abbildung 2: Biegegrundfläche links, Konturabweichung rechts

Querschnittsdeformation:

Die Querschnittsdeformation bei Rundrohren wird mit Hilfe der Unrundheit u charakterisiert, Gleichung (1). Die Unrundheit wird in Prozent angegeben [Engel, B., Mathes, C., 2012], siehe Abbildung 3 links:

$$u = \frac{H_Q - H_R}{H} \cdot 100\% \quad (1)$$

Bei nichtkreisrunden Querschnitten kann diese Methode in dieser Form nicht ohne weiteres angewandt werden. Daher ist hier eine Anpassung notwendig. Der im Projekt erarbeitete Vorschlag ist, für das Abmaß der Nebenachse H_Q die größte positive Abweichung (Max) und für die Abmessung der Hauptachse H_R die größte negative Abweichung (Min) vom idealen Querschnitt zu verwenden. Als Bezugsgröße H ist der Profilquerschnitt zu empfehlen. Der Profilquerschnitt ist bei Rundrohren gleich dem Außendurchmesser. Bei allen anderen Profilen entspricht dieser dem Mindestdurchmesser eines Kreises, der das gesamte Profil umschließt, siehe Abbildung 3 rechts.

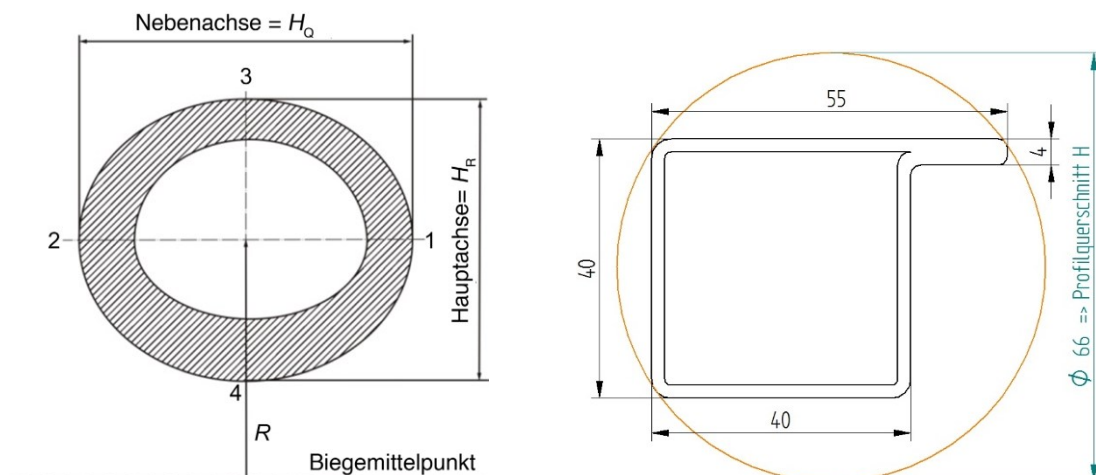


Abbildung 3: Querschnittsdeformation am Beispiel eines Rohrquerschnitts [VDI 3430] links, Definition Profilquerschnitt rechts

Diese Methode kann nur für Profile verwendet werden, die einen nahezu quadratischen Querschnitt aufweisen und eignet sich für niedrige BQ-Klassen (2 bis 4). Für höhere BQ-Klassen sollten zusätzlich signifikante Abmessungen des Profilquerschnitts definiert werden, die mit funktionsorientierten Toleranzen versehen werden. Dabei sind ausgewählte Längenmaße als auch Winkeltoleranzen, Rundungsmaße und Wanddicken des Profils zu definieren. Diese sollten in Absprache zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, Profilverhersteller und Werkzeugbauer genau definiert werden.

Nachfolgend werden einige Anwendungsbeispiele dargestellt. Abbildung 4 links zeigt einen Profilquerschnitt der rechtsseitig leicht deformiert ist, 40,3 mm, $H_Q = 0,3$ mm. Sonst ist keine Abweichung festzustellen ($H_R = 0$). Bezieht man nun diese Abweichung auf den Profilquerschnitt von 70 mm, so erhält man eine Querschnittsdeformation von ca. 0,43 % und hat damit die BQ1 Anforderungen erfüllt. Das rechte Bild zeigt eine wesentlich höhere Deformation des Profilquerschnitts. Für H_Q ergibt sich ein Wert von 1,6 mm und H_R ein Wert von -0,2 mm. Setzt man das in die Formel (1) ein, so erhält man eine Querschnittsdeformation von ca. 2,6 % und damit ein Bauteil der BQ3.

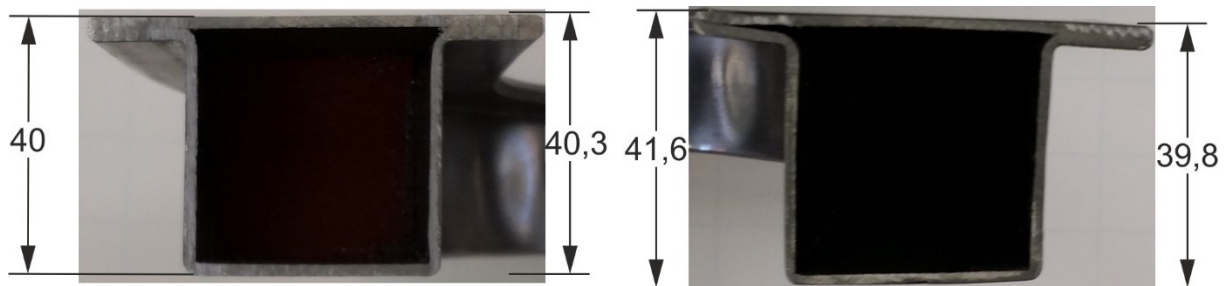


Abbildung 4: BSP Querschnittsdeformation

Wanddickenänderung Innenbogen / Außenbogen

Die Wanddickenänderung s' wird nach Gleichung (2) berechnet, wobei s_0 der Wanddicke vor der Umformung und s_1 der Wanddicke nach der Umformung entspricht, Abbildung 5. Bei Halbzeugen mit nominell konstanter Wanddicke wird die Nennwanddicke s_n als Wanddicke s_0 vor der Umformung verwendet. (VDI 3431)

$$s' = \left(1 - \frac{s_1}{s_0}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

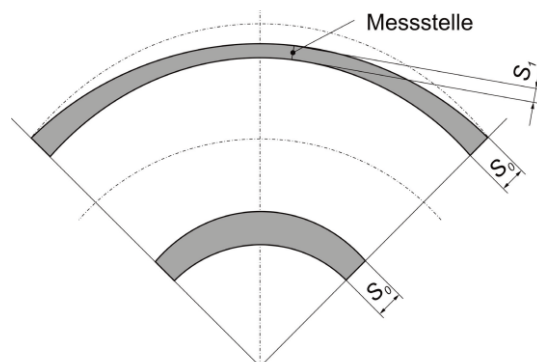


Abbildung 5: Wanddickenänderung am Biegebauteil, vgl. VDI 3430

Schäden an Oberflächen / Beschichtung

Zu Schäden an Beschichtung / Oberfläche zählen z.B. Abrieb, Verschleiß, Kratzer, Aufschweißungen, Riefen, Abplatzen der Beschichtung und Fehler welche die Funktionalität der Beschichtung aufheben. In Abbildung 6 sind beispielhaft einige Fehler an einem Biegebogen dargestellt.

Bei Bauteilen der BQ1-Klasse sind solche Schäden nicht zulässig. Bei BQ2-Bauteilen sind nur optische Schäden zugelassen. Darunter sind solche Fehler zu verstehen, die keinerlei Einfluss auf die Funktionalität haben und durch Tasten nicht zu lokalisieren sind. Dazu zählen zum Beispiel leichte Kratzer, die durch Relativbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück entstanden sind, Abbildung 6 gelbe Markierung. Bei Stahlbauteilen sind sie häufig durch einen anderen Glanz der Oberfläche zu erkennen und sind mit einfachen Messmitteln wie z.B. Messschieber nicht zu erfassen. Zur BQ3-Klasse gehören Schäden, die bereits mit einem Messschieber erfasst werden können, Abbildung 6 orangene Markierung. Bis zu einem Rauheitswert von $R_t 0,1$ mm sind diese in der BQ3-Klasse zugelassen. Bei Beschichtungen muss zusätzlich die volle Funktionsfähigkeit dieser gewährleistet sein. Hierdurch kann es dazu kommen, dass das Bauteil selbst mit einem deutlich besseren $R_t (< 0,1$ mm) als Ausschuss zu bewerten sind. Eine unzulässige Reduktion der mechanischen Eigenschaften infolge von Oberflächenfehler gilt auch als Einschränkung der Funktionalität. Für die BQ4-Klasse sind Beschädigungen aller Art zugelassen, solange die Funktionalität im späteren Einsatz gewährleistet ist (Abbildung 6 rote Markierung). Eine unzulässige Reduktion der mechanischen Eigenschaften infolge von Schäden an Oberflächen oder der Beschichtung, gilt auch als Einschränkung der Funktionalität.

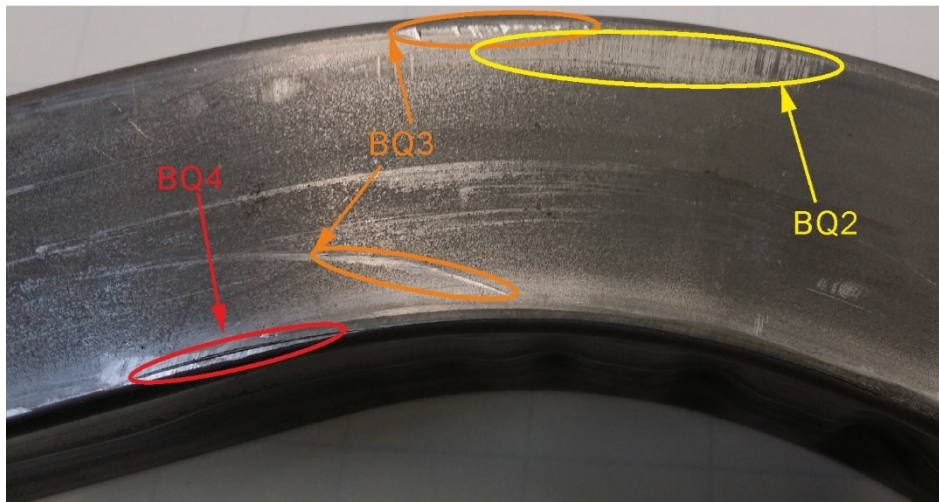


Abbildung 6: Oberflächenfehler

Risse

Hierbei handelt es sich um eine ungewollte Werkstofftrennungen des Bauteils. „Die Prüfung auf Risse kann durch allgemeine Sichtprüfung nach DIN EN 1330-10 erfolgen. Darüber hinaus kann eine Prüfung durch Eindringverfahren, durch akustische sowie optische Verfahren, durch Strahlenprüfung, durch mikroskopische zerstörende Werkstoffprüfung oder Dichtigkeitsprüfung erfolgen.“ [VDI 3431]. Bei allen Stufen der BQ-Klassen sind Risse nicht zulässig.

Falten

Mit Falten ist eine „Wellenförmige Abweichung der tatsächlichen von der idealen Profilkontur“ (VDI 3431) gemeint, siehe Abbildung 7.

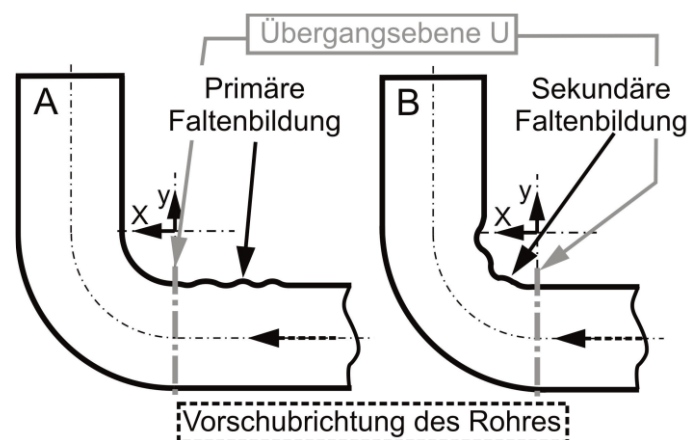


Abbildung 7: Primäre und sekundäre Faltenbildung [VDI 3431]

Die Prüfung auf Falten am Innenbogen für Rundrohre kann durch eine Tiefenprüfung von Falten nach DIN EN 13480-4 erfolgen. Für nichtkreisrunde Querschnitte kann diese in einer leicht abgewandelten Form verwendet werden:

$$h_{BQ} = \frac{|h_{max}| + |h_{min}|}{d} \quad (3)$$

Gemessen wird dabei die größte Abweichung von der Soll-Kontur auf dem Berg (h_{max}) und im Tal (h_{min}) der Falte, siehe Abbildung 8. Es zeigt den Scan des Bauteils aus Abbildung 9 rechts. Hier wurde durch die Profilmittelachse ein Schnitt gelegt. In diesem wurden die durch die Falten verursachten Maßabweichungen ermittelt. Hierbei wird für h_{min} und h_{max} die jeweils größte positive / negative Abweichung zur Sollkontur verwendet. Für d wird der bereits definierte Profilquerschnitt eingesetzt.

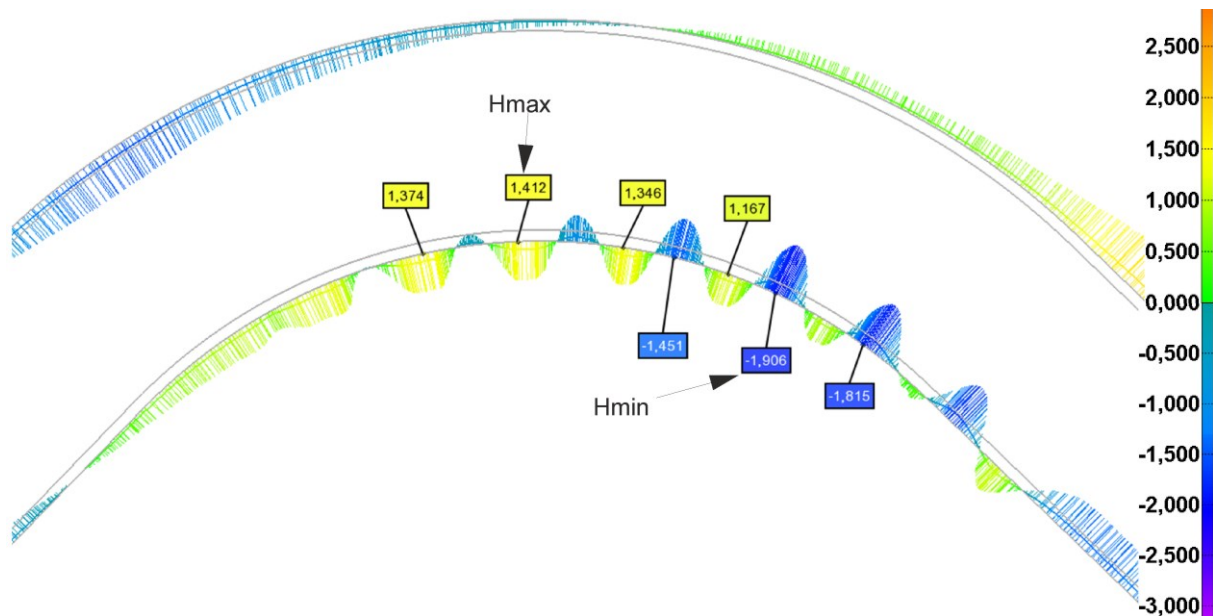


Abbildung 8: Faltenmessung mit Software

Für BQ1 ist dabei ein h_{BQ} Wert von max. 0,015 zulässig. Für BQ2 ein h_{BQ} Wert von max. 0,03 erlaubt. Bei BQ3 Bauteilen muss lediglich die Funktionalität im späteren Einsatz gewährleistet sein. Bei BQ4 spielen die Falten keine Rolle. Im Folgenden werden nun zwei Beispiele für die Berechnung der Falten dargestellt.

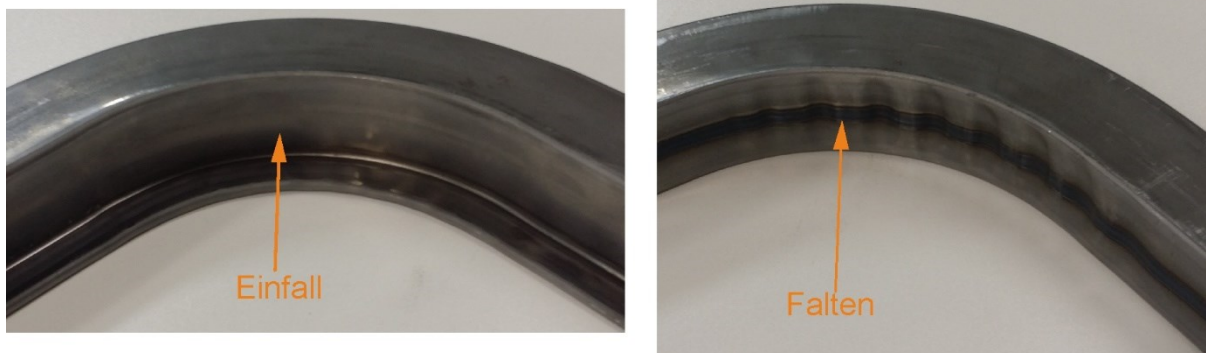


Abbildung 9: Falten, BQ2 links, BQ3 rechts

Das Bauteil Abbildung 9 rechts zeigt starke Sekundärfaltenbildung. In der Auswertung, Abbildung 8 oben, wurde ein h_{max} von 1,412 mm und ein h_{min} von -1,906 mm ermittelt. Mit diesen Werten ergibt sich, bezogen auf den Profilquerschnitt von 66 mm, ein h_{BQ} Wert von 0,05. Damit sind die Anforderungen höchstens von BQ3 erfüllt, wenn die Falten für den Einsatzbereich des Bauteils keine Beeinträchtigung darstellt.

Die Abbildung 9 links zeigt ein Bauteil mit einer Falte die lediglich aus einem Einfall besteht. Daher ist h_{max} hier gleich 0. Der Einfall beträgt 1,05 mm ($= h_{min}$). Bei einem Profilquerschnitt von $H = 66$ mm ergibt sich für h_{BQ} ein Wert von 0,016. Damit sind die Anforderungen von BQ2 erfüllt.

Vorschlag für eine Profilermessung zur Bestimmung der Konturabweichung

Im Rahmen der Arbeiten wurde eine Messvorgehensweise entwickelt, mit der die Konturabweichung bei Profilbauteilen einheitlich ermittelt werden kann. Diese Vorgehensweise soll als Vorschlag für den praktischen Gebrauch dienen. Sie ist in erster Linie für 2D Profile mit nichtkreisrunden Querschnitt entwickelt worden.

Die Ausrichtung der Bauteile erfolgt auf einer ebenen Fläche / Messtisch. Hinzu kommen noch drei Anschlagpunkte. Die Position der Anschläge hängt von der Biegegeometrie ab. Ermittelt wird dabei die bereits beschriebene Konturabweichung, also der Abstand der Ist-Kontur des Profilverlaufs von der Soll-Kontur orthogonal zur Soll-Geometrie, Abbildung 10.

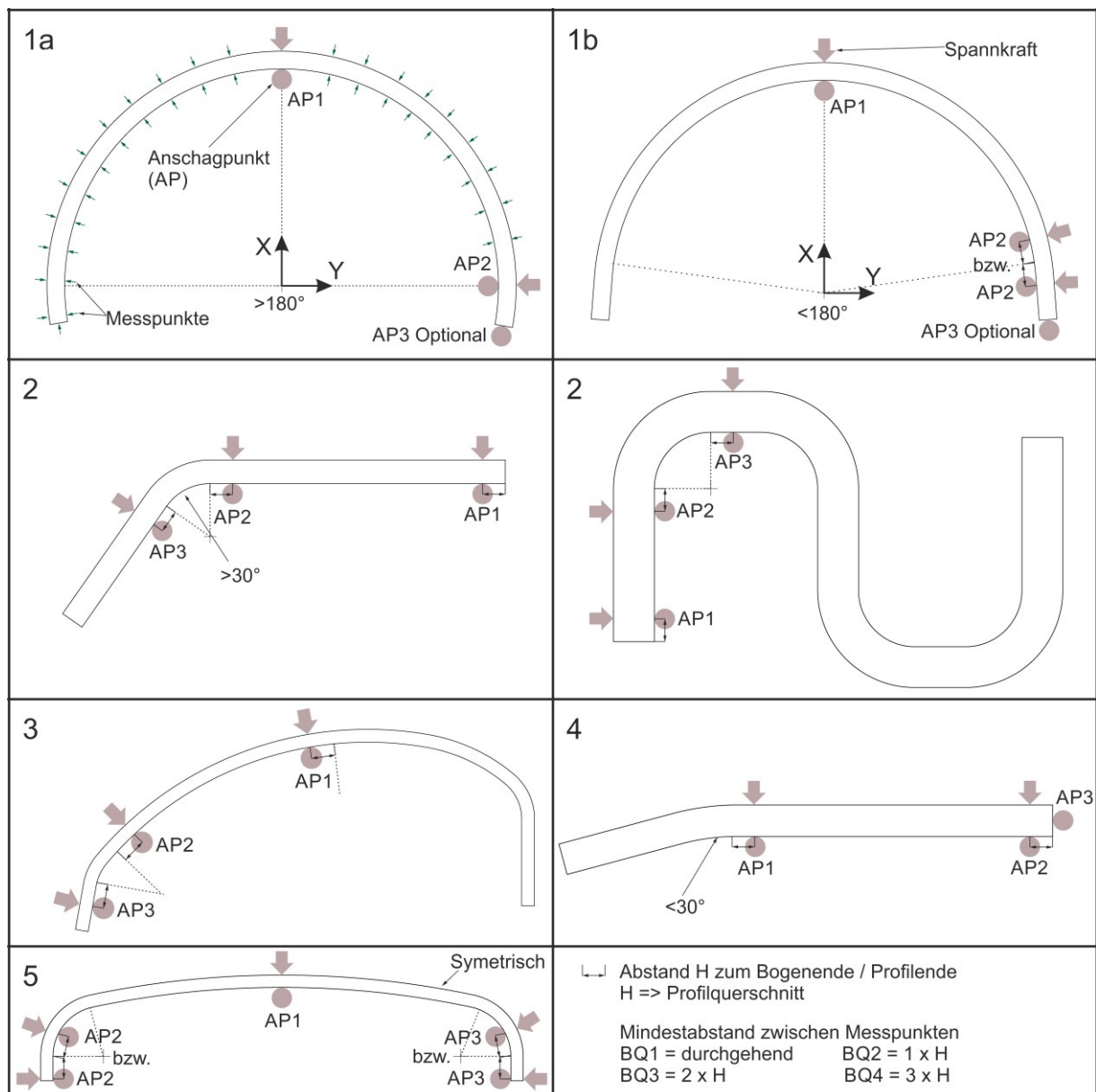


Abbildung 10: Geometriebaugruppen

Nachdem das Profil an den Anschlagpunkten ausgerichtet worden ist, wird es auf diese mit einer Spannkraft von etwa 7 - 10 N gedrückt und dadurch fixiert. Die Konturabweichung wird entlang der Biegekontur ermittelt, siehe dazu Beispiel 1a in Abbildung 10. Der Mindestabstand zwischen den Messpunkten wird durch die geforderte BQ-Klasse vorgegeben. Bei Bauteilen der BQ1 ist eine durchgehende Prüfung durchzuführen. Bei Bauteilen der BQ2 Klasse ist ein Maximalabstand von 1 x Profilquerschnitt zwischen den Messpunkten einzuhalten, bei BQ3 ist es 2 x Profilquerschnitt und BQ4 der Maximalabstand von 3 x Profilquerschnitt einzuhalten, siehe auch Abbildung 10.

Die Anschlagpunkte (AP) können je nach Profilquerschnitt entweder aus einer geraden Fläche bestehen oder das Profil bzw. einen Teil davon als geometrische Negativform abbilden. Der Abstand der Anschlagpunkte vom Bogenende / Profilende ist ca. 1 x Profilquerschnitt. Es ist auch möglich eine Markierung im Einspannbereich anzubringen, die nach dem Beschneiden der Enden mit entfernt werden kann.

Nachfolgend werden die einzelnen Geometriegruppen beschrieben.

Geometriegruppe 1a

Zur Gruppe 1a gehören Bauteile, die überwiegend aus einem Bogen / Halbkreis bestehen. Für 1a muss der Biegewinkel größer als 180° sein. Zur Bestimmung der Geometrieabweichung wird das Bauteil an 2 Referenzpunkten am Innenbogen (AP1 und AP2) fixiert. AP1 wird dabei symmetrisch zum Biegeradius in X Richtung (Kreismittelpunkt) positioniert. AP2 wird in einem Winkel von 90° zu AP1 positioniert. Es ist darauf zu achten, dass der Abstand 1 x Profilquerschnitt von AP2 zum Bogenende eingehalten wird. Ist dies nicht der Fall, ist das Bauteil nach den Vorgaben der Geometriegruppe 1b auszurichten.

Geometriegruppe 1b

Zu 1b gehören ebenfalls Bauteile, die überwiegend aus einem Bogen / Halbkreis bestehen. Hier darf der Biegewinkel aber kleiner 180° sein, aber mindestens 90° und die Bogenlänge mindestens 5 x Profilquerschnitt. Dabei ist die Position von AP1 wie in (1a). AP2 ist in einem Abstand von 1 x Profilquerschnitt vom Ende des Innenbogens anzubringen, je nach Profilverlauf wahlweise am geraden Schenkel oder am Ende des Biegeradiuses.

Über eine Markierung oder einen weiteren Anschlagpunkt (AP3) am Profilende kann das Profil optional zusätzlich in seiner Lage fixiert werden. Bauteile mit kurzen geraden Schenkel (kleiner 4 x Profilquerschnitt) am Bogenende, können ebenfalls nach den Vorgaben der Gruppe 1a bzw. 1b zugeordnet werden, solange die anderen Anforderungen erfüllt sind.

Geometriegruppe 2

Zur Gruppe 2 gehören Bauteile, die sowohl über einen Bogen (Biegewinkel $>30^\circ$) als auch einen geraden Schenkel (Schenkellänge $> 4 \times$ Profilquerschnitt) verfügen. Diese Bauteile werden über drei Punkte positioniert. AP1 und AP2 werden als Anlegepunkte jeweils am Anfang und am Ende des entsprechenden längsten geraden Schenkel positioniert. AP3 wird am Schenkel nach dem Biegeradius (Biegewinkel $>30^\circ$) platziert.

Bei Biegegeometrien mit mehreren geraden und/oder gebogenen Abschnitten, ist der gerade Abschnitt zu verwenden, der dem Ende / Anfang der Biegekontur am nächsten ist und die Voraussetzungen für die Mindestlänge sowie den Mindestbiegewinkel der Gruppe erfüllt.

Geometriegruppe 3:

Zur Gruppe 3 gehören Bauteile, die überwiegend aus aufeinander folgenden Bogenelementen bestehen, bei denen eine Ausrichtung über den geraden Schenkel nicht möglich ist. Diese Werkstücke werden über den längsten Bogen ausgerichtet. AP1 und AP2 dienen als Anschlag für den entsprechenden Bogen. AP3 wird, je nach Verlauf, am Ende des nächsten Bogens oder an dem darauf folgenden Schenkel positioniert. Bei sehr kleinen Biegewinkeln ist anstelle des Anschlagpunkts AP3 die Verwendung einer Markierung zu empfehlen.

Geometriegruppe 4:

Zur Gruppe 4 gehören Bauteile, die Biegewinkel von $<30^\circ$ haben und mindestens einen Schenkel mit einer Länge von $> 4 \times$ Profilquerschnitt aufweisen. Hier wird eine Positionierung ausschließlich über den längeren geraden Schenkel empfohlen. AP1 und AP2 werden als Anlegepunkte für den längeren äußeren Schenkel verwendet. Als weiterer Punkt ist der Anschlagpunkt AP3 oder eine Markierung am Ende des Schenkels zu verwenden.

Geometriegruppe 5:

Zur Gruppe 5 gehören Bauteile die aus verwendungstechnischen Gründen symmetrisch oder von der Mitte heraus vermessen / ausgerichtet werden müssen. Dabei wird AP1 mittig in der Symmetrieebene positioniert. AP2 und AP3 werden am Ende des Bauteils vor oder nach dem letzten Bogen positioniert. Des Weiteren müssen AP2 und AP3 so angepasst werden, dass das Bauteil an den beiden Anschlagpunkten anliegt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anpassung der beiden Punkte immer um das gleiche Maß, also symmetrisch erfolgt.

Sollte ein Bauteil keiner der Gruppen zugeordnet werden, so ist dies mit Gruppe 6 zu kennzeichnen und die verwendeten Anschlagpunkte gesondert zu dokumentieren.

Beispiel: Ausrichten und Auswertung mit Scanner und Messsoftware

Für Profile mit kreisrunden Querschnitt gibt es bereits mehrere Lösungen auf dem Markt, mit denen ein Bauteil in wenigen Sekunden vermessen, die Biegegeometrie errechnet und im Anschluss sogar eine Anpassung des Biegeprogramms vorgenommen werden kann. Diese Lösungen gibt es sowohl für formgebundene Biegeverfahren wie dem Rotationszugbiegen, als auch für kinematische Biegeverfahren wie dem Drei-Rollen-Schubbiegen.

Leider existiert zum aktuellen Zeitpunkt noch keine vergleichbare Lösung für Bauteile mit nichtkreisrunden Querschnitten, so dass in der Praxis meist mit einer Lehre gearbeitet wird. Dies resultiert vor allem aus der Komplexität der Profilquerschnitte und führt, insbesondere bei kleineren Losgrößen, zu höheren Kosten. Daher ist das hier vorgestellte Vorgehen insbesondere für Profile mit nichtkreisrunden Querschnitt zu empfehlen. Hierfür ist eine manuelle Vermessung über ein taktils oder berührungsloses Messsystem notwendig.

An der Fachhochschule Südwestfalen wurde dazu eine Vorgehensweise erarbeitet, welches die Möglichkeiten einer softwarebasierten Auswertung beispielhaft aufzeigt. Dieses Vorgehen erlaubt es, Bauteile ähnlich wie mit einer Lehre auszurichten und zu vermessen. Dazu wurde ein Profil mit einem berührungslosen Messsystem in drei Positionen aufgenommen und daraus ein vollständiges Polygonmodell erzeugt. Anschließend erfolgte eine Ausrichtung in der Software nach den Vorgaben der Geometriegruppe (hier der Gruppe 2, Abbildung 10). Dazu wurden numerisch die Punkte AP1 bis AP3 gesetzt (siehe Abbildung 11). Im Anschluss wurde das Profil zum CAD-Modell ausgerichtet. Zum Ausrichten diente die untere Grundfläche des Profils für die Ausrichtung in der Ebene, die Punkte AP1 und AP2 für die Linie und AP3 für den Punkt.

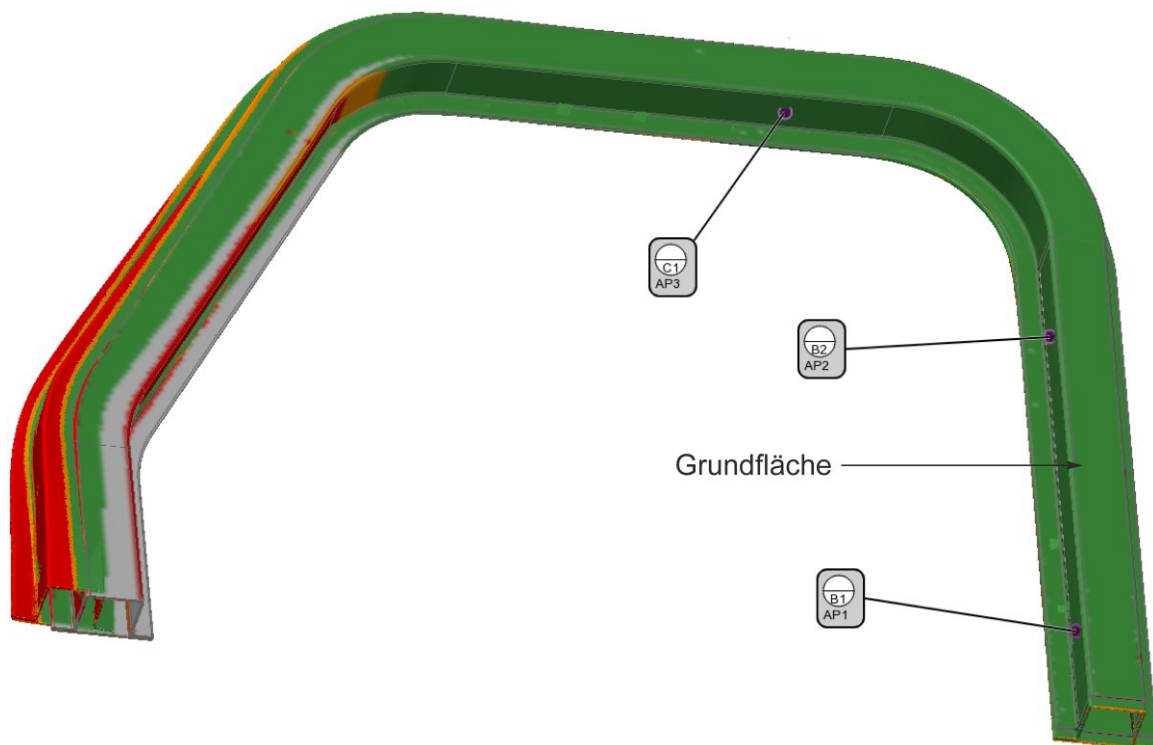


Abbildung 11: Polygonnetz Ausrichtung am Beispiel eines Biegebauteils

Am PC können die beiden Modelle (Polygonnetz / Idealkontur) miteinander verglichen werden. So kann z.B. im ersten Schritt die Konturabweichung des Bauteils schnell grafisch veranschaulicht werden. Dazu bieten die am Markt verfügbaren Programme eine Vielzahl an Darstellungsmöglichkeiten, z.B. können Farbskalen nach den Anforderungen der BQ-Klassen individuell angepasst werden, wodurch die Maßabweichung, sowie kritische Stellen sofort ersichtlich werden. Im oberen Beispiel, Abbildung 11, wird mit Grün die Einhaltung von den BQ3-Anforderungen dargestellt, mit Orange die von BQ4 und mit Rot werden Stellen markiert an denen die Abweichung größer als BQ4 ist.

Mit Hilfe eines CAD-Modells ist es auch möglich in der Software bereits vor der Fertigung relevante Merkmale wie Biegewinkel, Biegeradien und Querschnittsdeformationen, inklusive Prüfprotokolle vorzubereiten, die anschließend aus dem Polygonmodell mit den dazugehörige Ist-Maß automatisch gefüllt werden. Analysen können auch in Schnitten gemacht werden. Ein besonderer Vorteil des Vorgehens ist, dass die erzeugten Merkmale und Protokolle nur einmal vorbereitet werden müssen. Diese aktualisieren sich mit jedem weiteren eingescannten Bauteil des Produktionsloses automatisch. Zusätzlich können auch bauteilspezifische Merkmale hinzugenommen werden und so die Maßhaltigkeit im nächsten Schritt garantiert werden.

Ein besonderer Vorteil einer softwaregestützten Auswertung ist die Wiederverwendbarkeit und die Flexibilität. Ein Messsystem kann für viele unterschiedliche Bauteile verwendet werden und es muss nicht für jedes Bauteil eine neue Lehre angefertigt werden. Durch die Möglichkeit schneller und flexibler auf Änderungen beim Bauteil reagieren zu können, bietet es auch eine höhere Flexibilität.

Für das Beispiel wurde ein ROMER Absolute Arm 7530 mit HP-L-8.9T2 Scanner von Hexagon Metrology Services GmbH und die Software PolyWorks – Inspector 2016 von InnovMetric Software Inc verwendet.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts wurde ein Normvorschlag für die Biegeindustrie erarbeitet, der die Eigenheiten von Biegebauteilen besser berücksichtigt, insbesondere mit nichtkreisrunden Querschnitten und es erlaubt gebogene Profile auf Basis von vier Biegequalitätsklassen (BQ) zu bewerten. Des Weiteren wurde eine Messvorschrift vorgestellt, die eine einheitliche Ausrichtung und Vermessung von Biegehalbzeugen darstellt. Damit hat man eine Basis um unternehmensübergreifend einheitliches Vorgehen bei der Bemaßung bis zur Abnahme von Biegebauteilen zu schaffen. Abschließend wurden die Vorteile einer softwaregestützten Auswertung von Biegebauteilen dargestellt.

Die Ergebnisse sollen in eine VDI - Norm einfließen und werden durch den VDI Fachausschuss (GPL FB1_FA113) im Bereich Biegetechnik diskutiert.

Das Forschungsprojekt "Qualitätsrückführungsstandard für die Profil- und Rohrbiegetechnik", wurde aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im BMWi-Förderprogramm "Transfer von FuE-Ergebnissen durch Normung und Standardisierung" gefördert.

Quellen:

Engel, B., Mathes, C., 2012. Einfluss der Werkzeuggeometrie und Lage auf die Bauteilqualität beim Rotationszugbiegen, 31. Verformungskundliches Kolloquium, Lehrstuhl für Umformtechnik, Montanuniversität Leoben.

Hermes, M., 2011. Neue Verfahren zum rollenbasierten 3D-Biegen von Profilen. Dr.-Ing. Dissertation, Technische Universität Dortmund, Shaker Verlag.

Hermes, M., Engel, B., Gerlach, C., Kersten, S., Kuhnhen, C., Mathes, C., Rohrman, M., Tekkaya, A. E. 2012. Die Auslegung von Rohren und Profilen einfach gestalten. Maschinenmarkt (10), Vogel Verlag.

Kuhnen, C., 2016. Bewertung und quantitative Beschreibung von Rohrbiegebauteilen anhand von Kennziffern zur Feststellung der Rückwirkungen ausgewählter Qualitätsmerkmale auf Produktion und Produktanwendung, Dr.-Ing. Dissertation, Universität Siegen, Shaker Verlag.

VDI 3430, 2014. Rotationszugbiegen von Profilen. Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.

VDI 3431, 2016, Biegen von Profilen - Prüfhinweise für Profilbiegebauteile, Beuth Verlag GmbH, Berlin.