

# Bachelorarbeit

Benedikt Kaffanke

10. November 2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Streckbiegen . . . . .	2
1.2 Kröpfen . . . . .	3
1.3 Aluminium . . . . .	5
1.4 Messauswertung . . . . .	5
1.5 Motivation . . . . .	6
<b>2 Chargenvergleich Streckbiegen</b>	<b>7</b>

## 1 Einleitung

In der modernen Automobilindustrie werden heutzutage immer höhere Qualitäts- und Präzisionsansprüche an die einzelnen Fahrzeugkomponenten gestellt. So unterliegen selbst Verzierungselemente strengen Maß- und Toleranzvorgaben von Seiten der Hersteller an die Komponenten Zulieferer. Im Focus dieser Forschungsarbeit steht deshalb die Problematik der Optimierung der Fertigungsverfahren zur Erlangung höherer Güte bei der Herstellung von Zierleisten.

Zum größten Teil werden für eben diese Verzierungselemente Strangpressprofile aus Aluminium verwendet die ein besonders hochwertiges Finish verbürgen. Sie werden in speziellen Biege- und Abkantvorrichtungen in Serie gefertigt. Weitere Bearbeitungsprozesse sind:

- Fräsen
- Beschneiden
- Polieren
- Beschichten
- Eloxieren

- Montieren

Besondere Schwierigkeiten treten im Bereich der Maßtoleranz Einhaltung bei diesen Biege Prozessen auf. Häufig sind bei großen Biegeradien und langen Profilen Toleranzen von  $\pm 0,5$  mm gefordert. Bei kleinen Biegeradien die größtenteils bei Abkantprozessen anfallen treten Optische Merkmale und Veränderungen auf, die meistens unerwünscht sind.

Die Beschaffenheit des Werkstoff- und Werkzeugmaterials ist der wohl einflussreichste Beeinflussungsfaktor bei o.g. Problemprodukten (siehe Abbildung 1) .

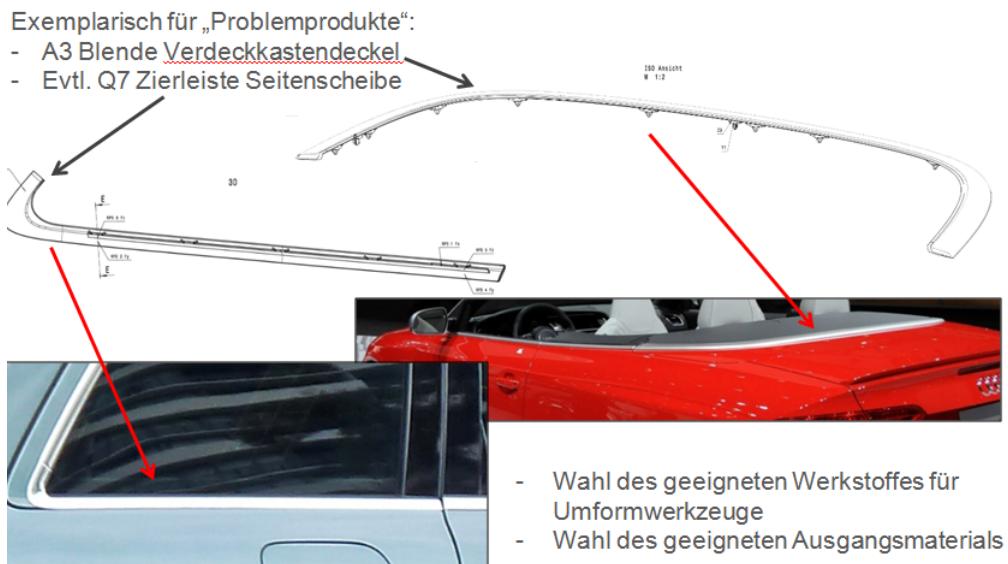


Abbildung 1: Problemprodukte Zierleisten und Verdeckkastendeckel

Als Untersuchungsobjekte sind hier vor allen Dingen die Umformverfahren Kröpfen (siehe Abschnitt 1.2 auf der nächsten Seite) und Streckbiegen herangezogen worden.

## 1.1 Streckbiegen

Bei dem Umformverfahren Streckbiegen werden auf speziellen Streckbiegemaschinen die Enden eines Profilstranges in Spannern gehalten und auf Zugspannung gebracht (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite). Anschließen werden sie über ein massives Biegewerkzeug streckgebogen.<sup>1</sup> Das Ausgangsmaterial (Aluminium Strangpressprofile) wird streckgebogen um eine Rückfederung zu minimieren. Kritisch sind hier vor allen Dingen Biegeschwankungen und nicht kontinuierliche Materialeinschnürungen, welche häufig an den Verengungen der Biegeradien auftreten. Die einflussreichsten mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes sind bei diesem Verfahren die Härte sowie die Streckgrenze.

<sup>1</sup>Vgl.<http://www.tillmann-gruppe.de/de/streckbiegen.html>[27.10.2013].

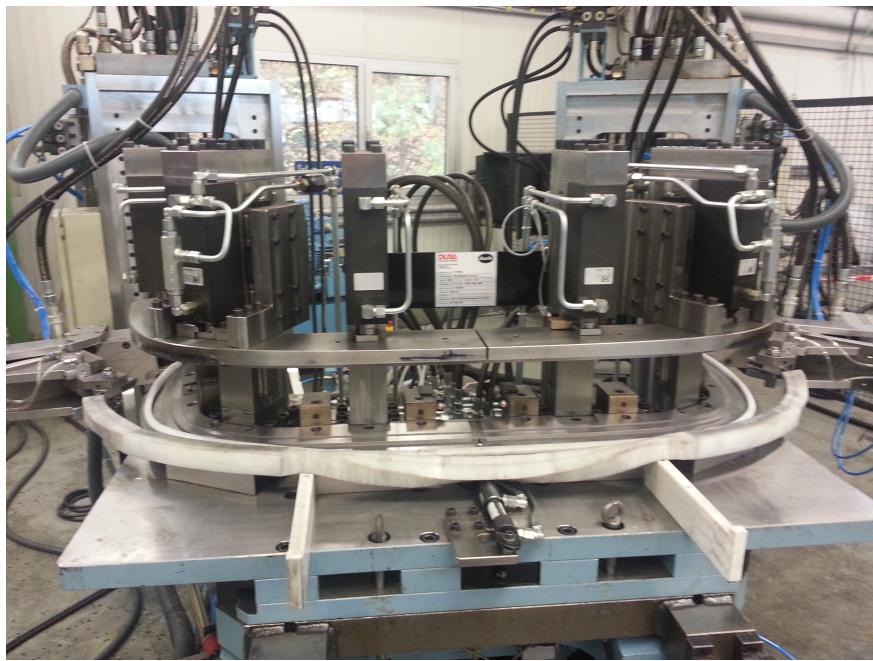


Abbildung 2: Streckbiegemaschine

## 1.2 Kröpfen

Der eigenartig anmutende Ausdruck *Kröpfen* bedeutet eigentlich nur *krumm biegen*<sup>2</sup>. Bei dem Umformprozess Kröpfen werden von den Enden der Zierleisten zu nächst die **Stege** abgefräst, daraufhin werden sie in der Kröpfteinheit (siehe Abbildung 3 auf der nächsten Seite und Abbildung 5 auf der nächsten Seite) auf der **Matritze** (oder auch **Kröpfstein**) justiert und von einem Niederhalter durch die Anpresskraft einer Gasdruckfeder angepresst. Nun fährt, angetrieben durch einen Hydraulikzylinder, der Kröpf- oder auch Ziehstempel herunter und kantet das Material ab. Im Anschluss wird die **Kröpfung** (siehe Abbildung 4 auf der nächsten Seite) noch beschnitten.

Problembereiche sind hier zu erst einmal die Fräsvorgänge. Schon bei geringsten Unterschieden in der Materialabnahme sind Fehlstellen in der Oberflächenqualität der Radien bei einer Sichtprüfung zu erkennen. Auch der Ziehstempel und die Matrize lassen Spuren auf der Oberfläche zurück. Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt sind auch Verschleiß des Werkzeugmaterials bei diesem Verfahren. So kommt es gerade bei Ziehstempeln aus Stahl oft zu Kaltaufschweißungen. Hier liegt nahe auch andere Werkzeugmaterialien in Versuchsreihen zu erproben.

Hervorzuheben sind folgende, aus dem Kröpfprozess resultierende, Qualitätsbeeinträchtigungen:

- Orangenhaut
- Materialungleichungen bedingt durch Materialschwankungen
- Abweichungen des auf das Kröpfen angepassten Fräsbildes

<sup>2</sup>Vgl.<http://woerterbuchnetz.de/DWB/?sigle=DWB&mode=Gliederung&litemid=GK14769>[27.10.2013].



Abbildung 3: Kröpfleinheit

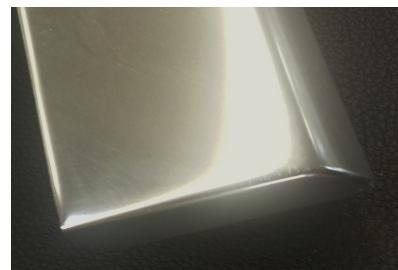


Abbildung 4: Kröpfung

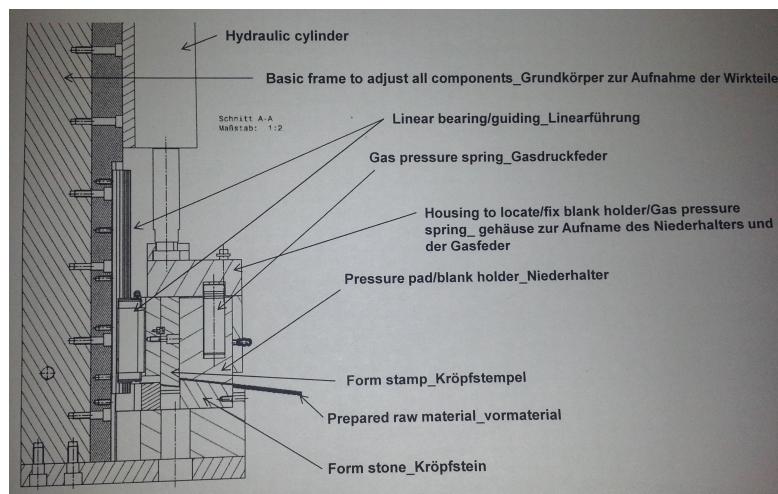


Abbildung 5: Kröpfleinheit Aufbau

## 1.3 Aluminium

Aufgrund seiner geringen Dichte ( $2,69 \text{ kg dm}^{-3}$ )<sup>3</sup>, guten Umformbarkeit und hervorragenden Oberflächengüte ist Aluminium das am häufigsten verwendete Ausgangsmaterial für Zierleisten. Es werden vorwiegend Strangpressprofile verarbeitet die bei den Lieferanten mit bestimmten Kennzahlen angefordert werden. Die wichtigsten dort angeführten mechanischen Eigenschaften sind die Zugfestigkeit  $R_m [\text{N mm}^{-2}]$ , Dehnung  $R_{p0,2} [\text{N mm}^{-2}]$ , Bruchdehnung A oder auch  $A_{50} [\%]$  (der Index 50 bezieht sich auf eine Meßlänge von 50 mm der Probe beim einachsigen Zugversuch)<sup>4</sup> und die Korngröße. Sie wird in der Einheit [ $\mu\text{m}^2$ ] angegeben und hat Einfluss auf die Oberflächengüte. Bei steigendem Umformgrad ergibt sich häufig ein Aufrauhung der Oberfläche die von der Ausgangskorngröße abhängig ist. Je geringer die Ausgangskorngröße desto geringer der Aufrauhungseffekt.<sup>5</sup>

Erwähnenswert ist zu vorangegangenem noch das aufgrund der, bei den meisten Aluminiumlegierungen, nicht ausgeprägten Streckgrenze die  $R_{p0,2}$  Dehngrenze als Bemessungskennwert bei einer 0,2 % bleibenden Verformung gegenüber rein elastischem Verhalten ermittelt wird (siehe Abbildung 6).<sup>6</sup>

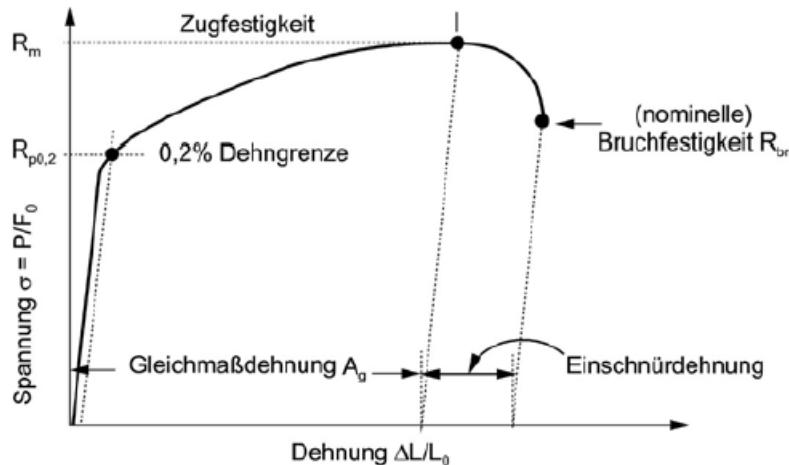


Abbildung 6: Spannungs-Dehnungs Schaubild mit  $R_{p0,2}$  Dehngrenze

## 1.4 Messauswertung

Es wurde bei der Auswertung von Messreihen in dieser Untersuchung vorwiegend

die *empirische* Standardabweichung  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$  verwendet, welche für solche

<sup>3</sup>Vgl. Läpple u. a. *Werkstofftechnik Maschinenbau*. Zweite aktualisierte und erweiterte Auflage. Europa-Verlag, 2010, S. 353.

<sup>4</sup>Vgl. Friedrich Ostermann. *Anwendungstechnologie Aluminium*. Zweite neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Springer-Verlag, 2007, S. 281.

<sup>5</sup>Vgl. ebd., S. 524.

<sup>6</sup>Vgl. ebd., S. 280-281.

Operationen von der Fachliteratur empfohlen wird.<sup>7</sup> Der Unterschied zur Standardabweichung  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$  ist das *Teilen* durch **n-1** anstatt durch lediglich **n**. An dieser Stelle eine kurze Beleuchtung des Sachverhaltes (in Anbetracht des pdf's von Dr. Guido Pinkemell<sup>8</sup>, welches exzellent mit dem Sachverhalt umgeht)<sup>9</sup>.

Die *empirische* Standardabweichung berechnet das Streungsmaß einer *Stichprobe* im Gegensatz zur Standardabweichung die sich auf eine *Grundgesamtheit* bezieht. Bei Stichproben wir die *empirische* Standardabweichung vorgezogen da dort in der Regel die *wirkliche Streuung* unterschätzt wird. Die *empirische* Standardabweichung ist wegen des Teiler  $n-1$  grundsätzlich etwas größer als die Standardabweichung, bei großen  $n$  liefern aber beide nahezu gleiche Ergebnisse, welches ja nur eine logische Konsequenz ist, denn je größer die Stichprobe desto näher kommt sie an die Grundgesamtheit.

Durch das Quadrieren der einzelnen Abweichungen ( $x_i - \bar{x}$ ) und Addieren der einzelnen Abweichungssquarete erhält man nur positive Beträge in denen eine Überbetonung einzelner Außreißer erzieht wird. Die empirische Standardabweichung ist eines der wichtigsten Vergleichsparameter in der Statistik und bietet sich zur Analyse der Versuchsreihen besonders an, da sie von Extremwerten nicht stark beeinflusst wird.<sup>10</sup>

## 1.5 Motivation

Die nächsten Abschnitte befassen sich mit der Durchführung und Auswertung von Versuchsreihen die mit Hilfe von Messungen, herkömmlicher sowie zukunftsweisender Art(FEM-Verfahren), Erkenntnisse liefern die die Herstellung von Zierleisten in qualitativer- sowie ökonomischer Sicht optimieren.

In dieser Ausarbeitung steht die Untersuchung folgender Punkte zu Diskussion:

- Einfluss der mechanischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials auf den Umformprozess Streckbiegen
- Einfluss der mechanischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials und des Werkzeugmaterials auf den Umformprozess Kröpfen

---

<sup>7</sup>Vgl. Lothar Papula. *Mathematische Formelsammlung*. Zehnte Auflage. Vieweg-Teubner, 2009, S. 301.

<sup>8</sup>[www.ti-unterrichtsmaterialien.net/imgserv.php?id=pinkernell\\_106.pdf](http://www.ti-unterrichtsmaterialien.net/imgserv.php?id=pinkernell_106.pdf)[10.11.2013]

<sup>9</sup>Herv. d. Verf.

<sup>10</sup>Vgl. Heinrich Holland und Kurt Scharmbacher. *Grundlagen der Statistik*. Achte Auflage. Gabler-Verlag, 2010, S. 54.

## 2 Chargenvergleich Streckbiegen

Zur Versuchsdurchführung wurden zwi Materialchargen zu jeweils 20 Profilen des Werkstoffes EN AW 6060 mit den Zuständen F17 (Charge 1) und Fxx (Charge 2) herangezogen. Bei Charge 2 (Fxx) schieden zwei Profile aufgrund von Biegefehlern aus. Die Proben wurden streckgebogen und auf einer Messlehre (siehe Abbildung 7) mit 40 Messpunkten (Messpunkte MP1a bis MP10d) vermessen. Alle relevanten Messergebnisse (mit Ausnahme der Messpunkte MP1b und MP10b bei Charge 1, welche nicht zu ermitteln waren) wurden in Tabellen eingetragen und der Mittelwert sowie die Standardabweichung ermittelt. Darüberhinaus erfolgte eine Gegenüberstellung der spezifischen Werte.

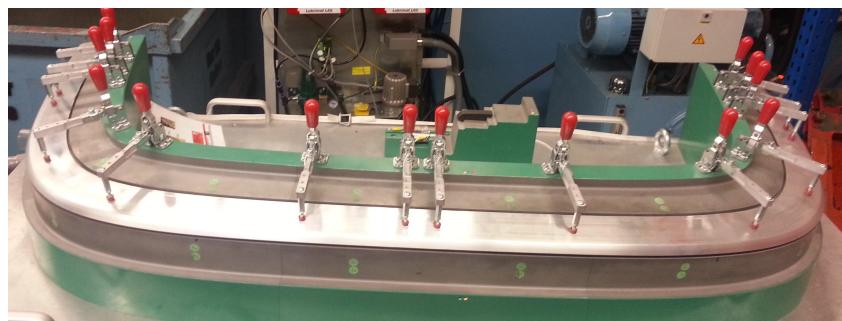


Abbildung 7: Messlehre mit eingelegter Zierleiste

## Literatur

- Holland, Heinrich und Kurt Scharmbacher. *Grundlagen der Statistik*. Achte Auflage. Gabler-Verlag, 2010.
- Läpple u. a. *Werkstofftechnik Maschinenbau*. Zweite aktualisierte und erweiterte Auflage. Europa-Verlag, 2010.
- Ostermann, Friedrich. *Anwendungstechnologie Aluminium*. Zweite neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Springer-Verlag, 2007.
- Papula, Lothar. *Mathematische Formelsammlung*. Zehnte Auflage. Vieweg-Teubner, 2009.