

Simulation der Abzugskraftüberprüfung an einem Schließbügel

Patrick Wirth (APE 271415)

Hochschule Furtwangen, Fakultät Mechanical and Medical Engineering

Abstract— Da die Anforderungen an ein in der Autotür verbautes Türschloss aufgrund Unfallverhütung stetig steigen, muss auch der Schließbügel an der Karoseriesäule weiterentwickelt werden. Die Konstruktion und Entwicklung ist bisher sehr kosten- und zeitintensiv. Daher soll parallel zur momentanen Abzugsprüfung durch den Zugversuch, die Simulation dieser Prüfung aufgebaut werden. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird aufgezeigt, auf welche äußeren Einflussfaktoren besonderen Wert gelegt werden muss und wie detailliert die Simulation aufgebaut sein muss um ein gutes Ergebnis zu bekommen

I. Einleitung

Die KERN-LIEBERS Firmengruppe ist mit ihrer Tochterfirma Eberle Rieden in Rieden am Foggensee Weltmarktführer bei der Produktion von Schließbügel und beliefert namhafte OEMs der Automobilindustrie. Für jede Tür wird ein Schließbügel benötigt. Dieser wird an der entsprechenden Karoseriesäule verbaut. Ebenso sind Schließbügel oftmals auch am Kofferraum oder an der Motorhaube verbaut. Diese Schließbügel sind dabei fest ans Auto verschraubt und dienen dazu die Türen geschlossen zu halten.

Wenn die Türe nun geschlossen wird, hakt die Schlossfalle, die an der Türe verbaut ist, in diesen Schließbügel ein und hält die Türe dadurch zu. Beim Schließen der Türe öffnet sich die Falle automatisch, sodass kein Türgriff oder Ähnliches zum Schließen der Türe betätigt werden muss. Zum Öffnen der Türe wird dann einfach der Türgriff gezogen und dadurch der Schlosshaken gelöst. Da durch sich öffnende Türen am Fahrzeug bei Unfällen enorme Gefahren für Personen entstehen könnten, werden die Anforderungen an das Türschlosssystem stetig gesteigert. Darunter fällt auch der von Eberle Rieden hergestellte Schließbügel. Die neueste Generation der Schließbügel soll gar den dreifachen Abzugskräften der Vorgängergeneration standhalten können. Hierzu muss sowohl der alte Schließbügel weiterentwickelt als auch die Fertigungsprozesse stetig verbessert werden. Da die Simulation sehr viel Potenzial im Hinblick auf Kosten und Geschwindigkeit hat, soll ein Teil dieser Entwicklung vorab simuliert werden. [1, 2]

Ziel dieser Projektarbeit ist es aufzuzeigen wie detailliert und tiefgreifend die Simulation aussehen muss um die erforderliche Genauigkeit zu erreichen. Dazu wird zunächst die momentane Prüfung analysiert und per Simulation nachgestellt. Hierbei werden verschiedene Einflussfaktoren deutlich, die im Rahmen dieser Projektarbeit nicht mehr bearbeitet werden können. Die Versuche der nachfolgenden Ausarbeitung wurden im *Headquarter* in Schramberg durchgeführt. [3, 4]

II. Stand der Technik

A. Zugversuch

Die Abzugskräfte am Schließbügel werden momentan über einen standardisierten Zugversuch ermittelt. Hier müssen die Kräfte F_1 und F_2 geprüft werden. Die Richtung der Kräfte ist in Abbildung 1 dargestellt.

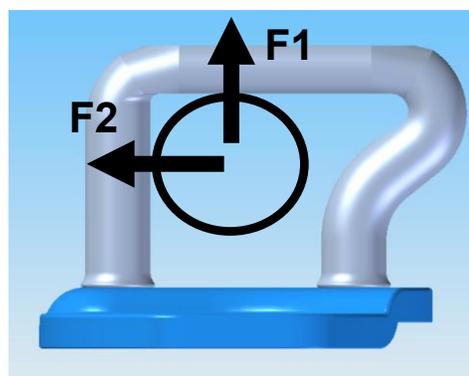


Abbildung 1: Zugrichtungen am Schließbügel

Dabei wird der Schließbügel in eine Vorrichtung gespannt und dann auseinander gezogen. Der Schließbügel muss in F_1 -Richtung mindestens 23 kN und in F_2 -Richtung mindestens 16 kN aushalten. Für die Durchführung der Versuche im *Headquarter* von KL wird eine Vorrichtung benötigt. Diese Vorrichtung wird konstruiert und in Punkt III A. näher beschrieben. [3]

B. Simulation der Abzugsprüfung

Im Hause Eberle wird bisher noch keinerlei Simulation der Abzugsprüfung durchgeführt. Daher kann hier nur ein allgemeiner Stand wiedergegeben werden.

Die Simulation gewinnt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Dies liegt vor allem an den zahlreichen Vorteilen, welche die Simulation mit sich bringt. Um diese zu erreichen muss allerdings eine detaillierte Simulation zu Grunde liegen. Ebenso müssen genaue Kenntnisse über die verwendeten Materialien vorhanden sein, hierbei wird eine genaue Materialfließkurve benötigt. [5]

III. Versuchsdurchführung

A. Abzugsprüfung im Zugversuch

Um die Simulation zu verifizieren und zu validieren wird die Zugprüfung bei KL Schramberg durchgeführt. Hierzu wurde zunächst eine Vorrichtung für die Abzugsprüfung auf einer Zwick & Roell Z100 Universalprüfmaschine mit 100 kN Maximalkraft konstruiert. Diese besteht aus zwei Teilen die in der Zugmaschine über die Spannbacken gespannt werden können. Am Unterteil sind zwei Bohrungen eingebracht, an welche die Grundplatte des Schließbügels mit zwei M12 Senkkopfschrauben angeschraubt werden kann. Für die Kraft F₂ wurde die Unterseite der Vorrichtung um 90 ° aufgestellt.

Die Oberseite der Vorrichtung ähnelt einem Schäkel, in diesem befindet sich eine Bohrung für einen Zylinderstift mit $\varnothing = 16 \text{ mm}$, dieser Zylinderstift erfüllt die Aufgabe der Schlossfalle und zieht in der anschließenden Prüfung die Grundplatte und den Bügel auseinander.

Um sicherzustellen dass die Ober- und Unterseite der Vorrichtung immer genau gleich übereinander stehen, wurden zwei Passungen für Führungsstifte eingebracht. Die Stifte müssen zwingend vor dem Einspannen in die Zugprüfmaschine montiert werden. Bei der eigentlichen Prüfung können diese entfernt werden, da sich hier keine Veränderungen mehr ergeben. In Abbildung 2 ist die eingespannte Vorrichtung sowie ein entsprechendes CAD-Modell zu sehen.

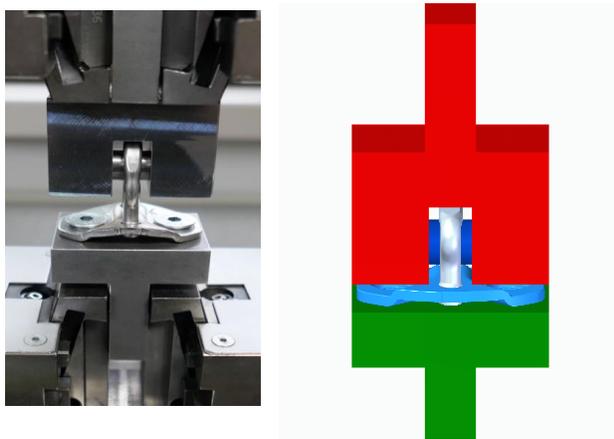


Abbildung 2: Zugvorrichtung und CAD Modell der Zugvorrichtung

Der Versuchsablauf ist nun gleich wie bei einer herkömmlichen Zugprüfung, also einer zerstörenden Prüfung. Die Teile werden eingespannt und auseinander gezogen bis der Schließbügel reißt.

B. Simulation der Abzugsprüfung

Zur Simulation der Abzugsprüfung wurde die Simulationssoftware *Simufact Forming* der Firma Hexagon verwendet.

Da die Simulation der gesamten Fertigungskette sehr viel Zeit und Aufwand in Anspruch nimmt, wird zunächst nur eine erste Näherung der Simulation durchgeführt. Dazu werden die vorhandenen CAD-Daten mit homogenen Materialeigenschaften verwendet. Ziel ist hierbei zunächst keine exakte Abbildung des realen Falls, sondern ein qualitatives

Verständnis des Versagens der Bauteile. Im Rahmen dieser Arbeit soll mittels Simulation eine erste Näherung der zu erwartenden Ergebnisse bereitgestellt werden.

In der Simulation muss zunächst der genaue Versuchsaufbau nachmodelliert werden. Da die CAD-Daten des Schließbügels bereits vorhanden sind können diese einfach in die Software geladen werden. Die restlichen Bauteile müssen nachmodelliert werden. Dies kann für einfache Bauteile direkt in Simufact erfolgen. Für etwas kompliziertere Bauteile ist es effizienter diese zunächst in einem CAD-Programm zu modellieren und diese dann in die Simulationssoftware zu laden. Hierzu wird die Software Solid Edge verwendet. Abbildung 3 zeigt den Aufbau der Simulation inklusive aller Komponenten.

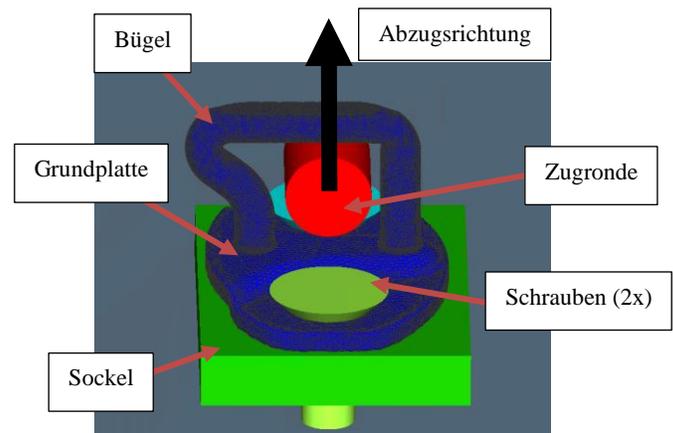


Abbildung 3: Simulationsaufbau

In der Simulationssoftware muss definiert werden welche Körper verformbar sind und welche als Starrkörper behandelt werden können. Hier werden nur Bügel und Grundplatte als verformbare Körper behandelt, da alle anderen Körper in diesem Versuch nicht von Relevanz sind und nur dem Halten oder Ziehen dienen.

Für die verformbaren Körper muss ein Netz aus einzelnen Punkten konfiguriert werden. Jede Simulationssoftware hat hier einen eigenen Vernetzer. Im Vernetzungsmenü können viele Parameter eingestellt und beeinflusst werden. Für diesen Versuch wurde ein Netz aus Tetraedern verwendet, da sich dieses besser in die engen Radien des Bügels einpasst.

Ebenso müssen für die einzelnen Bauteile noch die Materialien aus denen sie bestehen definiert werden. In diesem Fall wird für den Bügel und die Grundplatte das Material X5CrNi18-10 (Werkstoffnummer 1.4301) verwendet. In erster Näherung wird das Materialmodell aus Simufact verwendet.

Da die Temperatur eine entscheidende Rolle spielt, wird in der Simulation die Umgebungstemperatur und die Temperatur der einzelnen Bauteile festgelegt. Da die Temperatur im Werkstofflabor immer bei ca. 20 °C liegt wird diese auch in der Software verwendet.

Zuletzt muss noch mittels der Kontakttabelle festgelegt werden welche Bauteile sich berühren. Dabei muss unterschieden werden ob sich Bauteile nur berühren oder auch aneinander haften.

IV. Ergebnisse

In dieser Arbeit soll ausschließlich die Wirkung in Kraft-richtung F1 untersucht werden, da diese für einen Vorversuch wie diesen ausreichend ist. Mit den Ergebnissen aus der Kraft F1 kann definiert werden welche Verbesserungen in der Simulation gemacht werden müssen.

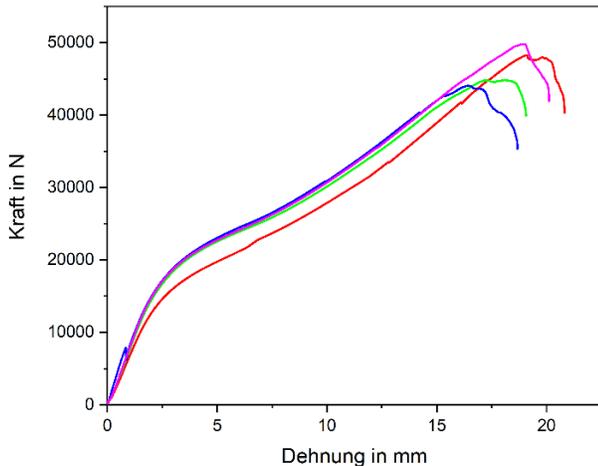


Abbildung 4: Abzugsprüfung an 4 verschiedenen Proben

Im realen Versuch lässt sich feststellen, dass die Schließbügel immer im Schnitt bei ca. 45 kN (Abbildung 4) in einer der oberen Ecken reißen. Dabei ist es Zufall, welche Ecke zuerst reißt, wie in Abbildung 5 gezeigt wird.



Abbildung 5: Gerissene Schließbügel

Demgegenüber zeigt sich in der Simulation ein völlig anderes Bild. Im ersten Ergebnis der Simulation schlüpfte der Bügel an der Grundplatte aus, ohne dass dieser an den oberen Ecken reißt. Dies steht zunächst im klaren Widerspruch zur Realität und bedeutet, dass die Simulation hier grundlegend verändert werden muss.

Für diese Abweichungen können mehrere Gründe verantwortlich sein. Diese werden im Folgenden aufgezeigt.

A. Kaltverfestigung am Elefantenfuß

Die Kaltverfestigungen, die während dem gesamten Umformprozess in den Bügel sowie in die Grundplatte gebracht werden, sind nicht zu unterschätzen. In diesem Fall sind Sie sogar der Grund für die Abweichungen im Ergebnis der Simulation. Über eine Härteprüfung am Elefantenfuß können diese Verfestigungen nachgewiesen werden. Die durchgeführte Prüfung zeigt eindeutig große Verfestigungen im gestauchten Bereich des Bügels.

Der Einfluss auf die Simulation dieser Kaltverfestigungen wird über einen Versuch mit zweigeteiltem Bügel überprüft. Hierbei wurde der Bereich des Elefantenfußes mit einer um 50 % nach oben skalierten Festigkeit des normalen Materials versehen. Die Simulation zu diesem Versuch ist in Abbildung 6 dargestellt. Im rechten Bild ist das Reißen des Bügels in der oberen Ecke zu sehen. Daher lässt sich der Einfluss der Kaltverfestigungen schon durch diese sehr grobe Annäherung eindeutig bestätigen.

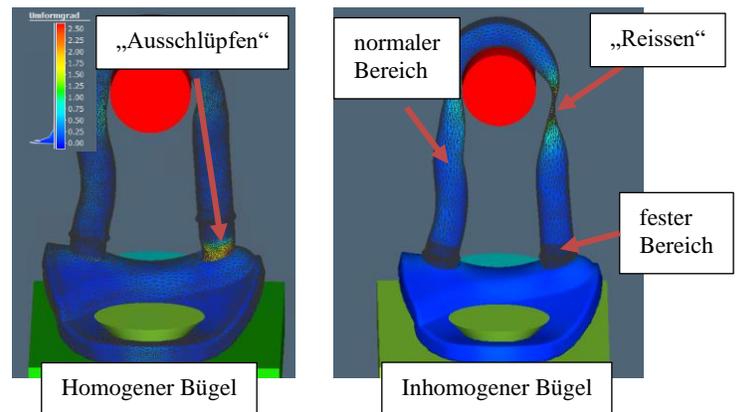


Abbildung 6: Simulationsentwicklung

Der Einfluss der Kaltverfestigungen kann berücksichtigt werden wenn der komplette Umformprozess von Anfang an simuliert und detailliert dargestellt wird. Da dies den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde wird dies Teil einer Masterthesis.

B. Material aus der Datenbank

Das verwendete Material ist ein Standardmaterial aus der Simufact Datenbank. Bei diesem Material ist nicht bekannt in wie weit es tatsächlich mit dem verwendeten Material übereinstimmt. Um diese erste Näherung zu verbessern muss eine Materialanalyse des verwendeten Materials durchgeführt werden. Hierzu müssen verschiedene Zugversuche mit dem Bügelmaterial sowie dem Grundplattenmaterial durchgeführt werden. Aus diesen Analysen kann dann eine exakte Fließkurve erstellt werden.

C. Zugronden Position nicht exakt gleich

Bei den ersten Versuchen mit der Zugvorrichtung wurde die Wichtigkeit der exakten Zugrondenposition klar. Schon kleine Abweichungen in der Position zeigten unterschiedliche Ergebnisse. Daher muss auf die exakte Position der Zugronde unbedingt geachtet werden. Dieses Problem wurde bereits mit der neuen Konstruktion der Vorrichtung behoben und kann nicht mehr auftreten.

D. Netz

Das Netz ist eines der anspruchsvollsten Themen in der Simulation. Es stellt sich hier immer die Frage wann ist ein Netz das richtige. Es gibt nahezu unendlich viele Möglichkeiten das Netz zu erstellen bei der jede Möglichkeit Vorteile hat. Einerseits muss das Netz sehr fein sein um die notwendige Genauigkeit zu erreichen, andererseits darf es auch nicht zu fein sein da sich sonst die Rechenzeiten stark erhöhen. Hierbei gilt es ein wenig Fingerspitzengefühl zu beweisen und die Optionen gut abzuwägen

E. Geometrie stimmt nicht überein

Jeder reale Fertigungsprozess hat Abweichungen und dadurch kommt es auch zu Abweichungen bei den Bauteilen. Durch diese Abweichungen sind Toleranzangaben in Zeichnungen notwendig. Die CAD – Dateien der Bauteile haben solche Abweichungen nicht und entsprechen immer der perfekten Kontur. Durch diese Abweichungen kommt es aber zu leicht Veränderten Bedingungen. Diese Ursache kann nicht hundertprozentig korrigiert werden. Daher sind gewisse Unterschiede zwischen realem Versuch und Simulation immer vorhanden. Hierbei muss festgelegt werden bis zu welcher Abweichung die Ergebnisse noch in Ordnung sind.

V. Zusammenfassung & Ausblick

Zusammenfassend zeigen sich bei der durchgeführten Simulation verschiedene Ungenauigkeiten die allerdings abgestellt oder zumindest minimiert werden können. Durch die Konstruktion der Vorrichtung für die größere Prüfanlage kann nun untersucht werden wieviel die Schließbügel tatsächlich aushalten. Um die Ergebnisse aus der Simulation zu verbessern muss der gesamte Fertigungsprozess detailliert aufgenommen und danach simuliert werden. Außerdem müssen genaue Materialfließkurven erstellt werden. Dies geschieht durch ein externes Labor, da die benötigten Messgeräte zur Bestimmung der Dehnung bei KL nicht vorhanden sind. Im Anschluss an diese Forschungsarbeit wird hierzu und zum gesamten Fertigungsprozess eine Masterthesis angefertigt, die die Abweichungen genauer beleuchten soll. In dieser Masterthesis soll der gesamte Prozess simuliert werden, um den Prozess besser verstehen zu können. Außerdem sollen durch die Simulation des Prozesses in Zukunft sehr viele Ressourcen gespart werden.

VI. REFERENCES

- [1] M. B. E. B. Kurt-Jürgen Berger, Technologie Kraftfahrzeugtechnik, Bad Homburg vor der Höhe: Gehlen Verlag, 2000.
- [2] H. S. E. A.-S. Peter A. Wellers, Fachkunde Fahrzeugtechnik, Stuttgart: Holland + Josenhans Verlag, 1997.
- [3] E. Rieden, *Intere Firmendokumente*, Rieden, 2022.
- [4] H. K. u. L. G. & Co.KG, *Interne Firmendokumente*, Schramberg, 2022.
- [5] M. W. Fu, Design and Development of Metal-Forming Processes and Products Aided by Finite Element Simulation, Springer International Publishing, 2017.