

Untersuchungen zum Scherverhalten von Aluminiumlegierungen

Prof. Dr.-Ing. B.-A. Behrens, L. Lippold *, J. Knigge

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Leibniz Universität Hannover

*Korrespondenzautor:

Dipl.-Ing. Lennard Lippold

Abteilung Massivumformung

Tel: 0511-762 4106, Fax: 0511-762 3007

lippold@ifum.uni-hannover.de

Das Scheren stellt ein besonders wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung von Schmiedehalbzeugen dar. Um die Vorteile des Scherens zukünftig auch für Aluminiumlegierungen nutzen zu können, wurde in einem aktuellen Forschungsprojekt am Institut für Umformtechnik (IFUM) ein Versuchswerkzeug zum Scheren von Aluminiumlegierungen entwickelt. Damit werden Bruchmechanismen beim Scheren sowie Einflussparameter auf die Scherflächenqualität von Aluminiumlegierungen grundlegend untersucht. Zu den betrachteten Einflussgrößen zählen z.B. die Schergeschwindigkeit, der Scherspalt und der Gefügestand des Materials. Weiterhin werden verschiedene technisch relevante Legierungen untersucht. Die Ermittlung der Grundlagen in Kombination mit praktischen Versuchen soll zukünftig die Einführung des Scherens von Aluminiumrohteilern für die Massivumformung ermöglichen.

Schlüsselwörter: Scherschneiden, Aluminium, Knüppelscheren, Leichtbau

1 Einleitung

Der Werkstoff Aluminium nimmt eine zentrale Rolle im Fahrzeugleichtbau ein. Im Wettbewerb mit herkömmlichen Stahlwerkstoffen liegen die Vorteile von technischen Aluminiumlegierungen, neben der niedrigen Dichte bei gleichzeitig hoher Festigkeit, in den hervorragenden Umform- und Zerspaneigenschaften sowie der Recyclingfähigkeit.

Eine große Herausforderung in der Produktion von Aluminiumbauteilen stellt die Bereitstellung der Halbzeuge dar. Das Scheren von Stangenmaterial ist ein sehr wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung von Rohteilern für die Massivumformung. Während das Scheren von Stahlwerkstoffen eine weite Verbreitung aufweist, werden die Rohteile für die Massivumformung von Aluminiumlegierungen derzeit ausschließlich durch Sägen hergestellt. Der Grund hierfür ist, dass kaum Kenntnisse zum Prozessieren Scheren von Aluminiumlegierungen vorliegen. Dabei ist im Gegensatz zum Sägen das Scheren von Halbzeug aus Knüppeln, Stäben oder Draht ein Trennverfahren ohne Materialverlust. Es ist durch hohe Stückleistungen, kurze Taktzeiten sowie gute Automatisierbarkeit gekennzeichnet.

2 Stand der Technik

2.1 Prozesskette zur Umformung von Aluminiumlegierungen

Die Tendenz, Stahl durch Aluminium zu ersetzen, ist hauptsächlich auf die hohen Festigkeiten bei gleichzeitig geringer Dichte einiger Aluminiumlegierungen zurückzuführen. Im Vergleich zu Stahlwerkstoffen bieten Bauteile aus Aluminium ein verbessertes Festigkeits-Masse-Verhältnis und ermöglichen eine Gewichtseinsparung um bis zu 40% bei ähnlich hoher Festigkeit und Steifigkeit. Weitere bedeutsame Eigenschaften sind die hohe Korrosionsbeständigkeit verschiedener Aluminiumlegierungen und die Wärmeleitfähigkeit, so dass dieser Werkstoff unter anderem für den Einsatz im Kraftfahrzeug- und Motorenbau prädestiniert ist.

Die Prozesskette "Schmieden von Aluminiumknetlegierungen" gliedert sich entsprechend des in Abbildung 1 gezeigten Ablaufs in die drei übergeordneten Hauptteile:

- Rohteilherstellung (hauptsächlich Sägen),
- Formgebung (Erwärmen, Umformen, Abgraten) und
- Nachbehandlung (Wärmebehandlung, Beizen).

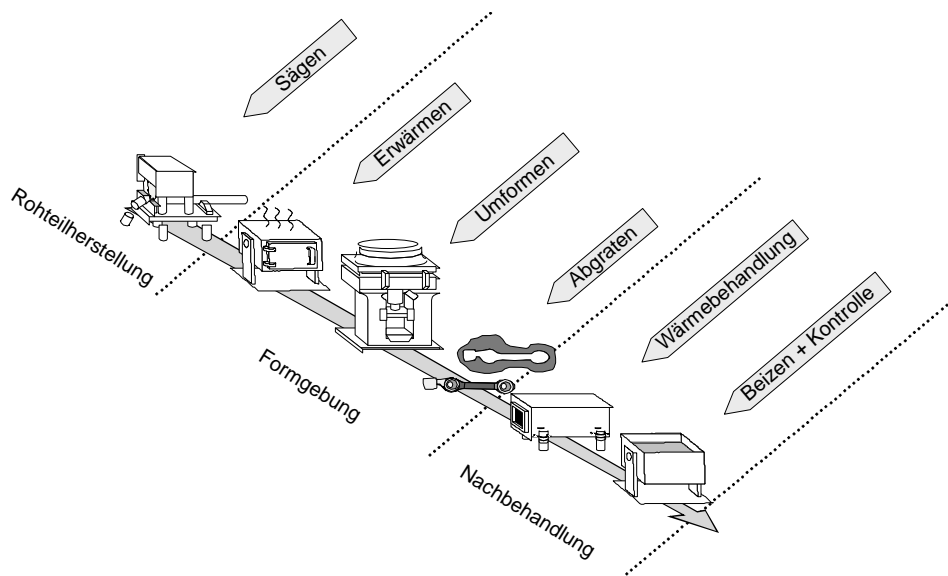


Abbildung 1: Prozesskette beim Schmieden von Aluminiumknetlegierungen [1]

Als Ausgangsmaterial zum Gesenkschmieden von Aluminium wird üblicherweise stranggepresstes Halbzeug eingesetzt. Die Schmiederohteile selbst werden zum überwiegenden Teil durch Sägen mit hohen Schnittgeschwindigkeiten vom Halbzeug abgetrennt. Scherverfahren, wie sie bei der Herstellung von Rohteilen für das Stahlschmieden zum Einsatz kommen, werden aufgrund der geringen erreichbaren Scherflächenqualitäten zurzeit nur selten eingesetzt.

2.1.1 Scheren als Trennverfahren zur Herstellung von Rohteilen

Ausgangsbasis zur Herstellung von Bauteilen in der Massivumformung sind Rohteile, die von Stangenmaterial (Stäben oder Knüppel) abgetrennt werden. Bei dem zurzeit vorwiegend angewendeten Sägeverfahren wirken sich der prozessbedingte Materialverlust sowie eine niedrige Trenngeschwindigkeit im Vergleich zum Scheren negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus [2].

Scheren ist definiert als vollständiges Trennen eines Abschnitts von einem Halbzeug (Knüppel, Stange, Draht) längs einer offenen, d.h. einer in sich nicht geschlossenen, Schnittlinie. Das klassische, einhubige Scheren verursacht gegenüber dem Sägen keinen Werkstoffverlust und ermöglicht durch die hohe Hubzahl pro Zeiteinheit sehr große Mengenleistungen [2, 3].

Zur Gewährleistung eines stabilen Schmiedeprozesses und von fehlerfreien Schmiedeteilen dürfen die Trennflächen der Rohteile keine Fehler wie Zipfel, Überschneidungen, Ausbrüche und Querbruchflächen oder plastischen Verformungen aufweisen (vgl. Tabelle 1). Ebenso sollte der Standwinkels zwischen Schnittflächenachse und Rohteillängsachse nicht mehr als $\pm 1^\circ$ vom rechten Winkel abweichen. Größere Abweichungen führen bei senkrecht stehenden Rohteilen zu einer veränderten Lage im Gesenk und somit zu einer veränderten Formfüllung, die sich in Schmiedefehlern am Werkstück niederschlägt. Für die Qualität der Rohteile beim Präzisionsschmieden sind auch kleine Volumenschwankungen der Rohteile bedeutsam. Sie dürfen nicht mehr als $\pm 0,5\%$ betragen, andernfalls tritt mangelnde Formfüllung oder übermäßiger Werkzeugverschleiß bzw. unerwünschte Gratbildung auf [4].

2.2 Verfahrensablauf des Schervorgangs

Beim Scheren von metallischen Werkstoffen (Abbildung 2) bewegen sich zwei Messer aneinander vorbei und trennen den dazwischen liegenden Werkstoff. Während des Schervorganges wird der Stangenrest zwischen Stangenhalter und feststehendem Stangenmesser sowie Stangenhaltergegenlager eingespannt. Die Länge des Abschnittes wird beim Vorschub durch einen Anschlag begrenzt. Die Genauigkeit der Positionierung der Stange ist maßgebend für die Volumengenauigkeit der Scherabschnitte.

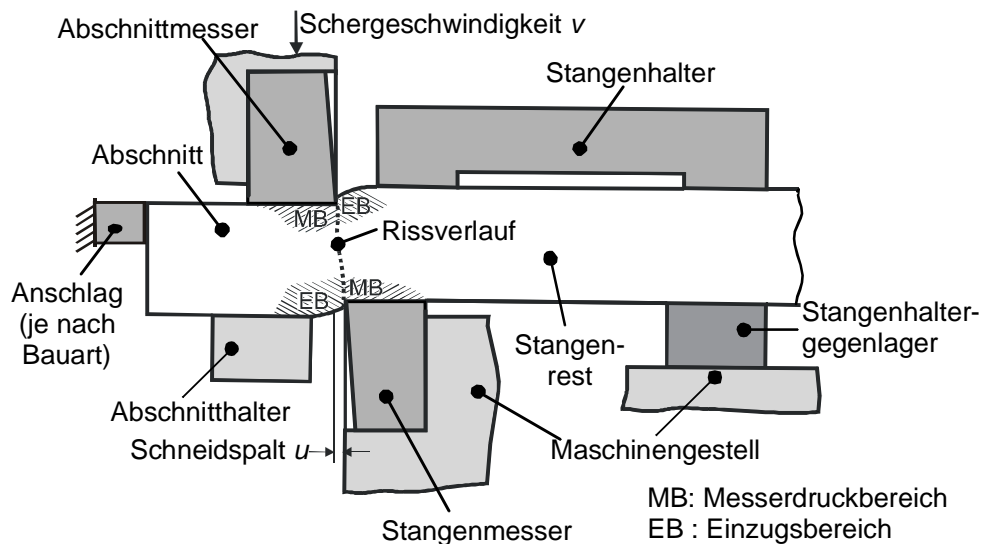


Abbildung 2: Vorgang des Scherens mit Begriffen und Definitionen [5,6]

Der Schervorgang verläuft im Wesentlichen in den drei Phasen

- elastische und plastische Verformung,
- Eindringen der Messer in die Stange (Schneidvorgang)
- Bruch des Restquerschnittes (Trennvorgang) [7, 8, 9].

Die plastische Verformung ist abhängig von der Duktilität des Werkstoffs, der Geometrie der Abschnitte (Längen-Breiten-Verhältnis), der Art der Messer, der Werkstückhalterung und in großem Maße vom Schneidspalt [10].

Nach dem Eindringen der Schermesser findet der Schneidvorgang statt, durch den eine Trennfläche, die Anschnittfläche, erzeugt wird. Zunächst entsteht eine auf die Umgebung der Messer begrenzte plastische Zone, die im weiteren Verlauf des Vorgangs den ganzen Querschnitt erfasst. Dabei werden Stange und Abschnitt gegeneinander verschoben, die Fasern gedehnt und verfestigt, bis das Formänderungsvermögen überschritten wird. Es entstehen Risse, die sich mit zunehmender Eindringtiefe des Messers im Material fortpflanzen. Schließlich wird das Formänderungsvermögen im ganzen Restquerschnitt erschöpft, so dass es zum Bruch kommt. Das Formänderungsvermögen ist abhängig von Umformgut, Umformgeschwindigkeit und -temperatur sowie vom Spannungszustand in der Umformzone [9].

2.3 Eigenschaften von Scherflächen

Die Qualität der Scherflächen wird durch Ebenheits- und Parallelitätsabweichung der Schnittflächen, Deformation der Profilform sowie durch die Schnittflächenneigung beurteilt [10]. Die Trennflächen von abgescherten Werkstücken weisen typische Fehler und kennzeichnende Merkmale auf. Diese sind in Tabelle 1 mit ihren wesentlichen Ursachen beschrieben und nach absteigender Häufigkeit geordnet.

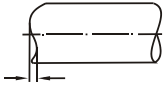

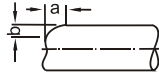
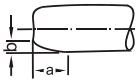
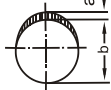

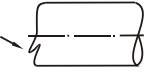
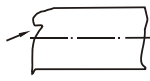
	Fehlerbezeichnung	Einflussfaktor/Ursache
	1. Unebenheit der Schnittfläche	a) Werkzeuggeschwindigkeit b) Schneidspalt c) Härte des Stabes d) Schärfe der Schneide e) Spiel zwischen Stab und Werkzeug
	2. Standwinkel ψ	a) Schneidspalt b) Spiel zwischen Stab und Werkzeug
	3. Einzug a:= Länge b:= Tiefe	a) Schneidspalt b) Schärfe der Schneide
	4. Druckflächenverformung a:= Länge b:= Tiefe	a) Abstützung des Abschnittes b) Spiel zwischen Stab und Werkzeug
	5. Schnitt-/Bruchflächenverhältnis = a/b a:= Schnittfläche b:= Bruchfläche	Schnittflächentiefe wird verringert durch größere Werkzeuggeschwindigkeit und Schärfe der Schneide
	6. Zipfel	a) Schneidspalt
	7. Zunge	a) Werkzeuggeschwindigkeit b) Schneidspalt c) Schärfe der Schneide
	8. Ausbruch	a) Werkzeuggeschwindigkeit b) Schneidspalt

Tabelle 1: Typische Fehler und Merkmale von Scherabschnitten [10, 11]

2.4 Einflussgrößen auf die Scherflächenausbildung

Die Beschaffenheit des gescherten Abschnittes von Stahlwerkstoffen, die sich aus dem Schervorgang als gesteuerter Bruchverlauf ergibt, wird durch eine Wechselwirkung zwischen folgenden Einflussfaktoren bestimmt [6, 12].

Maschinenabhängige Einflussfaktoren

Die Schergeschwindigkeit hat einen wesentlichen Einfluss auf das Scherverhalten, wobei höhere Geschwindigkeiten zu einem spröderen Werkstoffverhalten führen. Bei Schergeschwindigkeiten über 2 m/s ist eine deutliche Verbesserung der Rohteilqualität hinsichtlich der geometrischen Genauigkeit des gescherten Abschnitts und der Scherflächenausbildung festzustellen. Als Ursache hierfür wird eine Veränderung der Mechanismen der plastischen Verformung und des Bruches herangezogen. Die plastische Verformung des Werkstückwerkstoffes bis zum Beginn des Bruches wird verringert. Die Zone der plastischen Verformung bleibt lokal begrenzt und breitet sich

weniger aus, der gekrümmte Verlauf der Risse wird ausgeglichen und die Abweichung der Risse von der Schnittrichtung wird verkleinert [13].

Für duktile Werkstoffe wie Aluminium sollte daher die durch höhere Schergeschwindigkeiten verursachte Versprödung zu einem besseren Scherergebnis durch den Anstieg der Schubspannungen in der Scherzone führen.

Werkzeugabhängige Einflussfaktoren

Die praxisüblichen Werkzeug- und Werkstückhalteranordnungen sowie deren Wirkungsweisen lassen sich in vier Gruppen einteilen [14]:

1. Offene Schermesser ohne Stangen- und Abschnitthalter (freies Scheren)
2. Ein geschlossenes Schermesser mit Stangenhalter
3. Zwei geschlossene Schermesser mit Stangen- und Abschnitthalter
4. Zwei geschlossene Schermesser mit Stangen- und Abschnitthalter, zusätzlich Druckvorspannung der Scherzone

Der Scherspalt ist die wichtigste Einflussgröße auf die Qualität der Scherfläche. Er beeinflusst die Scherflächenausbildung, deren Ebenheit und Neigung sowie die Deformation. Nach [10] ist der optimale Scherspalt maßgeblich von der Werkstofffestigkeit abhängig. Mit der Verbesserung der Abstützung des Werkstückes beim Schervorgang durch die Werkzeuge selbst sowie durch die Verwendung von Werkstückhaltern nehmen die Verformungen an Abschnitt und Stangenrest ab [6]. Dies geschieht durch die steigende Begrenzung der möglichen plastischen Verformung sowie ein Anwachsen der Druckspannungen in der Scherzone [14].

2.5 Ziele

Im Rahmen des Projekts wird das Ziel verfolgt, das Scheren als Alternative zum Sägen für die Herstellung von Rohteilen aus Aluminiumlegierungen zu qualifizieren und ein Prozessfenster zu definieren. Da das Scheren von Aluminiumlegierungen aufgrund fehlender Grundkenntnisse bisher keine industrielle Anwendung findet, wurde für die Erforschung dieses Themenbereichs ein umfangreiches Arbeitsprogramm ausgearbeitet. Dieses beinhaltet im ersten Schritt die Entwicklung eines flexiblen Werkzeugkonzeptes zum Scheren von Aluminium unter Laborbedingungen bei variierenden Prozessparametern. Unterstützt wird dieser Prozess durch numerische Analysen zur Abschätzung der auftretenden Prozesskräfte. Mit dem entwickelten Werkzeug wird auf unterschiedlichen Pressen der Einfluss verschiedener Prozessparameter auf die Scherflächenqualität der Stangenabschnitte untersucht. Für die Ausbildung der Scherflächenqualität sowie für die Volumengenauigkeit der Rohteile sind mehrere Parameter bedeutsam. Die wesentlichen Einflussparameter sind die Schergeschwindigkeit, der Schneidspalt zusammen mit der Schneidspaltaufweitung, der Spannungszustand im Rohteil sowie der Gefügezustand des Halbzeuges vor dem Scheren.

Als langfristiges Ziel soll die durch Untersuchungen des Einflusses unterschiedlicher Prozessparameter auf das Scherergebnis eine Ableitung von optimalen Scherparametern für verschiedene Aluminiumlegierungen ermittelt werden.

3 Scheren von Aluminium

3.1 Versuchsaufbau und Durchführung

3.1.1 Versuchsplanung

Um den Scherprozess von Aluminiumlegierungen umfassend zu untersuchen, wurden die wesentlichen Parameter, die sich auf den Scherprozess auswirken im Rahmen der Versuchsplanung identifiziert. Die Auswahl basierte auf den bereits dargestellten Kenntnissen zum Scheren sowie den Erfahrungen aus eigenen Voruntersuchungen. Neben den variablen Einflussgrößen, die während der Versuchsreihen angepasst werden können, wurden bei der Werkzeugentwicklung bereits konstruktive Maßnahmen zur Optimierung des Scherergebnisses getroffen.

Im Bereich der konstruktiv festzulegenden Einflussgrößen wurde die Geometrie des Schermessers als einer der wesentlichen Parameter identifiziert. Auf Grund guter Scherergebnisse bei Stahlwerkstoffen wurde der Einsatz von zwei geschlossenen Schermessern mit Stangen- und Abschnitthalter als geeignete Lösung angesehen. Weiterhin ist ein Anschlag im Abschnittmesser integriert worden, der definierte Abschnittslängen ermöglicht. Dieser kann in weiteren Versuchsreihen eingesetzt werden um durch eine axiale Vorspannkraft auf die Probe eine Veränderung des Spannungszustands auf das Material auszuüben.

Im Bereich der variablen Parameter stellt der Schneidspalt zwischen Abschnitt- und Stangenmesser einen grundlegenden Einflussfaktor auf die Qualität der Scherfläche dar. Die Variation des Scherspalt ist für Ermittlung optimaler Schneidparameter von besonderer Bedeutung. Weiterhin ist die Variation die Schergeschwindigkeit durch die Verwendung unterschiedlicher Pressen möglich. Durch die Untersuchung verschiedener Schergeschwindigkeiten sollen dessen Einflüsse auf das Scherergebnis aufgezeigt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung der Scherflächen Qualität ist die Untersuchung von unterschiedlichen Gefügeständen des verwendeten Werkstoffs. Eine geeignete Wärmebehandlung kann das Scherergebnis ebenfalls beeinflussen. Im Verlauf der weiteren Untersuchungen werden zusätzlich verschiedene Aluminiumlegierungen verwendet.

3.1.2 Werkzeugentwicklung

Aus den oben genannten Vorüberlegungen wurde ein Werkzeug entwickelt, das allen Anforderungen entspricht, eine hohe Flexibilität besitzt und die Untersuchung der verschiedenen Parameter ermöglicht. Die Flexibilität des Werkzeugs basiert auf der kompakten Bauart. Die Schermesser und Gleitführungen bilden eine geschlossene Einheit. Alle für das Scheren erforderlichen Funktionselemente sind darin integriert. Das Werkzeugsystem kann in verschiedenen konventionellen Schmiedepressen ein-

gesetzt werden. Abgesehen von der zu variierenden Schergeschwindigkeit ist ein weiterer Einfluss durch die Umformmaschine nicht zu erwarten. Eine spezielle Knüppelschere ist demnach nicht notwendig. In Abbildung 3 ist eine schematische Zeichnung des entwickelten Scherwerkzeugs im Längsschnitt dargestellt.

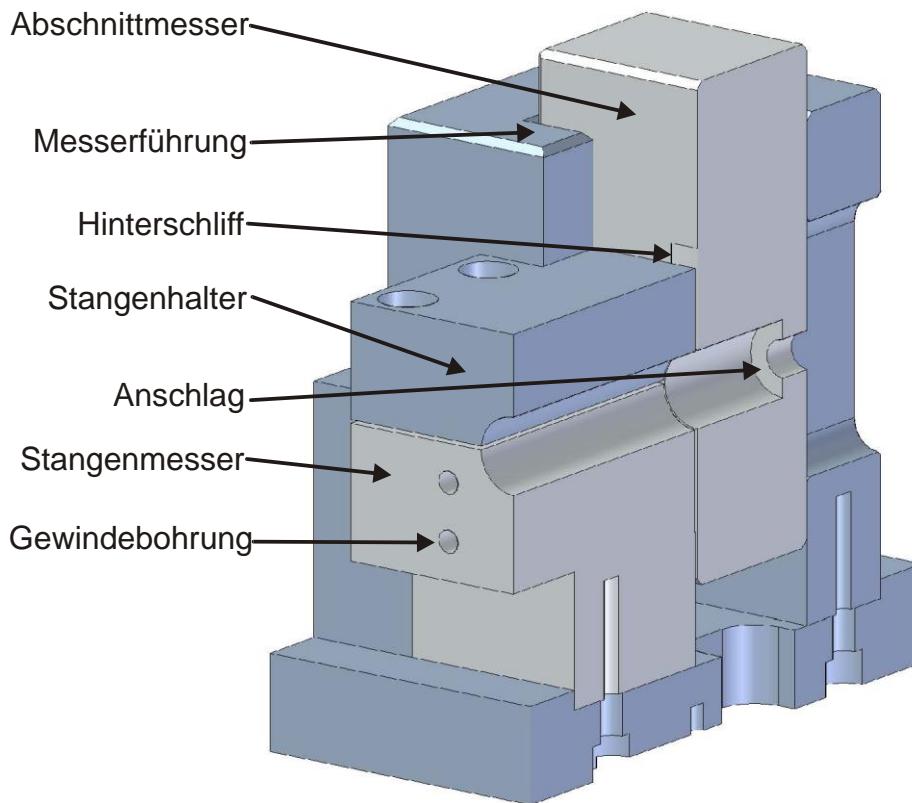


Abbildung 3: Werkzeug zum Scheren von Aluminiumstangen

Es wurde aufgrund evtl. auftretender hoher Belastungen des Werkzeugrahmens auf einen einfachen und robusten Aufbau der Gesamtkonstruktion geachtet. Für die Untersuchung von unterschiedlichen Schergeschwindigkeiten ist das Werkzeug so ausgelegt, dass es in verschiedenen Maschinen zum Einsatz zu kommen kann. Die Führung des Abschnittmessers ist als einfache spielfreie Gleitführung ausgeführt. Diese wurde durch einen Feinschliff der Abschnittmesser nach dem Härten erzielt. Mit dem Werkzeug ist es möglich, Stangenabschnitte mit einem Durchmesser von 20 mm zu scheren. Das Abschnittmesser ist als geschlossenes Messer ausgeführt und besitzt einen definierten Hinterschliff. Durch den Einsatz von vier verschiedenen Abschnittmessern wird der Scherspalt variiert. Weiterhin ist ein Anschlag in Form einer ange-senkten Durchgangsbohrung vorhanden. Dadurch ist die Volumenkonstanz der eingeführten Proben gegeben sowie das Entfernen der abgescherten Abschnitte aufgrund der Durchgangsbohrung möglich.

Es ist eine Erweiterung des Werkzeugs um eine Vorrichtung, die eine definierte Vorspannung auf die Probe ausübt, vorgesehen. Daher sind am vorderen Teil des Stan-

genmessers Gewindebohrungen als Aufnahme dieser Einrichtung eingebracht worden.

3.1.3 Versuchsdurchführung

Eine Aluminiumstange wird in der vorgesehenen Öffnung im Abschnittmesser eingeführt und über den Stangenhalter fixiert. Das Abschnittmesser wird durch die Bewegung des Pressenstempels am Stangenmesser vorbei bewegt, wodurch der Schervorgang eingeleitet wird. Der Schneidspalt kann durch Einsetzen von unterschiedlich ausgeführten Abschnittmessern variiert werden. Es stehen vier Messer zur Verfügung, durch die Schneidspalte von 0,5; 1,5; 2,5 sowie 3,5 mm erzeugt werden können.

Die Schergeschwindigkeit wird über die Geschwindigkeit des Pressenstempels eingestellt und indirekt über einen induktiven Wegaufnehmer am Pressenstößel gemessen. Die Scherversuche werden Schergeschwindigkeiten von 430, 1000 sowie 2100 mm/s durchgeführt. Das Werkzeugsystem wird daher in verschiedene am IFUM vorhandene Pressen eingebaut. Für die Geschwindigkeit von 430 mm/s wird die hydraulische Presse AP&T LPS-4000-13-10 und für den Geschwindigkeitsbereich 1000-2100 mm/s der servohydraulische Umformsimulator VHS 8800 der Fa Instron verwendet.



Abbildung 4: Maschinen zur Versuchsdurchführung (links: Hydraulische Presse AP&T, rechts: servohydraulischer Umformsimulator)

Um eine Veränderung des Materialgefüges zu erzielen, wurde eine Wärmebehandlung durchgeführt. Das Weichglühen der Aluminiumlegierung hat eine Entfestigung des Werkstoffs ähnlich dem Ausgangszustand nach dem Strangpressen zum Ziel.

Dabei wurden die Proben der Legierung EN AW 5754 bei einer Temperatur von ca. 370°C für 2 Stunden gehalten und anschließend im Ofen abgekühlt.

4 Auswertung der Versuche und Darstellung der Ergebnisse

4.1 Methoden der Auswertung

Die Qualität der abgesicherten Stangenabschnitte wird nach dem Scherprozess umfassend untersucht. Dabei werden die Standwinkel der Proben per Winkelmesser aufgenommen, das Verhältnis der Schnitt- zur Bruchfläche bestimmt, Einzugsfehler bemessen und Unebenheiten in der Bruchfläche detektiert. Weiterhin wird die Bildung von Ausbrüchen, Zipfeln oder Zungen bewertet. Die Grundlage der Fehlerbeurteilung von gescherten Rohteilen ist Tabelle 1 zu entnehmen. Die Versuchsdurchführung und Auswertung der Ergebnisse ist für den Werkstoff EN AW 5754 vollständig durchgeführt. Nachfolgende Scherversuche mit weiteren Aluminiumlegierungen werden zurzeit durchgeführt und ausgewertet.

4.2 Ergebnisse

Das Versuchsergebnis der Standwinkelmessung wird in Abhängigkeit vom Scherspalt in Abbildung 4 exemplarisch an dem Werkstoff EN AW 5754 dargestellt. Bei allen Versuchskörpern des Werkstoffs ist eine deutliche Abhängigkeit der Standwinkel zum verwendeten Scherspalt erkennbar. Dabei führt ein zunehmend kleiner Scherspalt zu deutlichen Verringerungen der erreichten Standwinkel, was eine Verbesserung der Scherqualität darstellt. Ein Unterschied von wärmebehandeltem zu unbehandeltem Gefügestand ist hingegen bis zu dem Einsatz eines großen Scherspalt von 3,5 mm nicht zu verzeichnen.

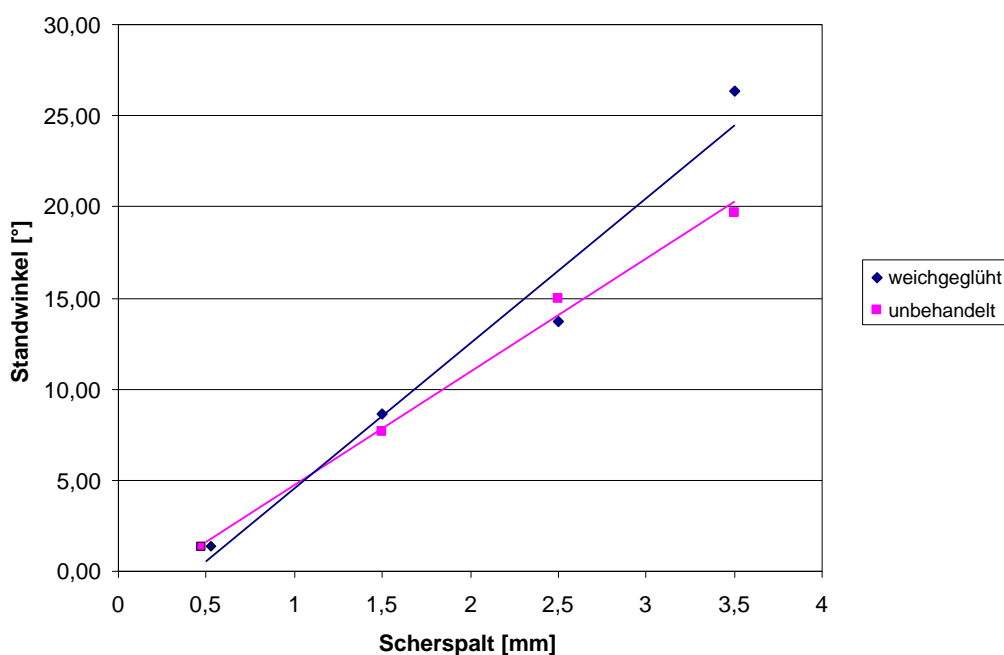


Abbildung 4: Standwinkel von EN AW 5754 in Abhängigkeit vom Scherspalt

In Abbildung 5 ist die Auswertung der Messergebnisse zum Einfluss der Schergeschwindigkeit auf den Standwinkel dargestellt. Die Versuche zur Abhängigkeit der Schergeschwindigkeit wurden lediglich mit den weichgeglühten Proben durchgeführt. Dieser Gefügestand entspricht dem Ausgangszustand nach dem Strangpressen. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass eine Verringerung der Schergeschwindigkeit einen positiven Einfluss auf den Standwinkel hat.

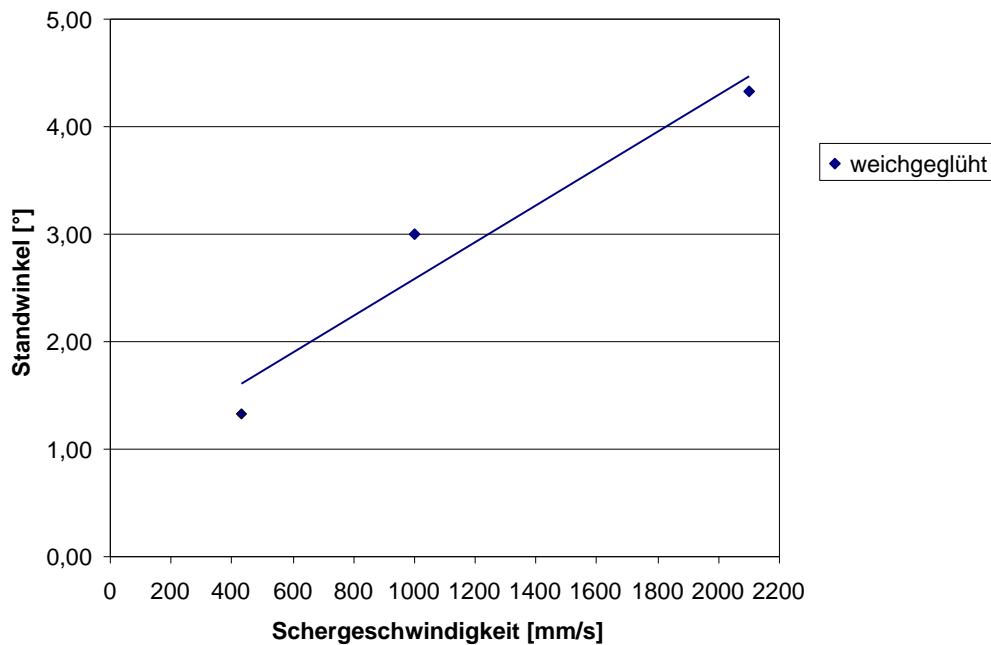


Abbildung 5: Standwinkel von EN AW 5754 in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit

In Abbildung 6 sind gescherte Proben der untersuchten Legierung abgebildet. Beide Proben wurden mit einer Schergeschwindigkeit von 430 mm/s geschert. Der Scherspalt variiert von a) 0,5 auf b) 2,5 mm.



a) Scherspalt: 0,5mm b) Scherspalt: 2,5mm
Schergeschwindigkeit: 430 mm/s

Abbildung 6: gescherte Proben der Legierung EN AW 5754

Es ist deutlich erkennbar, dass das Scheren bei den unter a) durchgeführten Parametern zu verbesserten Ergebnissen der Scherfläche führt. Die Fläche unter a) weist eine gute Qualität ohne erkennbare Welligkeiten oder Ausbrüche auf. Es sind lediglich geringe Einzugsverformungen zu verzeichnen. Die unter b) erstellte Probe zeigt deutlich erkennbare Ausbrüche in den Randbereichen, die durch die Verwendung des großen Scherspalt entstehen. Weiterhin ist eine vergrößerte Einzugsverformung vorhanden.

5 Diskussion der Ergebnisse

Das entwickelte Werkzeugkonzept eignet sich für die Durchführung von Scherversuchen unter Laborbedingungen gut. Der flexible Einsatz in unterschiedlichen Pressen ermöglicht die geplante Betrachtung unterschiedlicher Umformgeschwindigkeiten. Für den ersten untersuchten Werkstoff EN AW 5754 sind nach Auswertung der Versuchsergebnisse unterschiedliche Abhängigkeiten von den untersuchten Versuchsparametern auszumachen. Als wichtigster Parameter wurde zunächst der Standwinkel untersucht, denn für die weitere Verwendung gescherter Rohteile im Schmiedeprozess ist oft eine vertikale Aufstellung der Rohteile im Gesenk erforderlich. Für die Prozesssicherheit und die Reproduzierbarkeit beim Einlegen der Rohteile ist das Erreichen möglichst kleiner Standwinkel erforderlich. Durch den Einsatz des kleinsten untersuchten Scherspalt von 0,5 mm und der langsamsten Geschwindigkeit von 430 mm/s werden die kleinsten Standwinkel von ca. 1° erreicht. Gemäß dem Stand der Technik (vgl. Tabelle 1) und den darin aufgeführten Erfahrungswerten für die Scherqualität von Stahlabschnitten gibt es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Standwinkel und der Schergeschwindigkeit. Für die untersuchte Aluminiumlegierung konnte dagegen eine deutliche Verbesserung des Standwinkels durch eine reduzierte Schergeschwindigkeit erzielt werden. Der Gefügestand des Materials ist in diesem Fall unerheblich. Insgesamt wird für die untersuchten Werkstoffe bei einem kleinen Scherspalt und einer geringen Schergeschwindigkeit ein gutes Ergebnis erzielt.

6 Ausblick

Das in diesem Projekt entwickelte Werkzeug ermöglicht in Kombination mit den eingesetzten Umformmaschinen das Scheren von Aluminiumstangen mit variablem Schneidspalt bei niedrigen sowie hohen Schergeschwindigkeiten. Die weitere Planung der Scherversuche von Aluminiumlegierungen sieht vor, ähnliche Versuche mit anderen technisch relevanten Legierungen vorzunehmen. Dabei werden sowohl aushärtbare als auch naturharte Aluminiumlegierungen betrachtet und die Ergebnisse gegenübergestellt.

Weiterhin ist vorgesehen, eine Vorrichtung zum Aufbringen einer Vorspannkraft auf die Probe an das Werkzeug anzubringen. Durch die Vorspannung des Probenkörpers soll der Spannungszustand im Probenwerkstoff verändert und damit dessen Einfluss auf das Scherergebnis untersucht werden.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung des Projekts „Untersuchung des Scherverhaltens von Aluminiumlegierungen“.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Polley, W.-G.: Untersuchungen zum Gravurfüllungsverhalten beim Präzisions-schmieden von Aluminiumknetlegierungen, Dr.-Ing.-Dissertation, Universität Hannover, 1998
- [2] DIN 8588: *Fertigungsverfahren Zerteilen* (1966)
- [3] Lange, K.: Umformtechnik: Handbuch für Industrie und Wissenschaft, Band 2: Massivumformung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York (1988)
- [4] Doege, E.; Brüggemann, K.; Sasse, J.: *Erwünschte Wirkung. Knüppelscheren: Qualitätseinbußen auf der Spur*, Industrieanzeiger, Band 117 Heft 19 (1995), S. 85-87
- [5] Scheuermann, H.: *Untersuchung des Eigenspannungszustandes gescherter Abschnitte von Stahlknüppeln*, Dissertation der TU Hannover, (1974)
- [6] Hartke, G.: *Volumengenaue Knüppelabschnitte durch Scherschneiden*, Fortschritts-Bericht VDI Reihe 2 Nr. 134, VDI Verlag Düsseldorf (1987)
- [7] Doege, E.: Wechselwirkungen zwischen Werkstückeigenschaften und dem System Werkzeug/ Maschine beim Knüppelscheren, *DFG-Forschungs-vorhaben Do 190/45 Schlussbericht* (1989)
- [8] Fleischer, H.: *Rohteilqualität beim Scheren von Knüppelhalbzeug*, Fortschritts-bericht VDI Reihe 2 Nr. 212, VDI-Verlag Düsseldorf (1991)
- [9] Siegert, K.; Jamander, K.: *Abscheren metallischer Werkstoffe bei unterschiedlichen Spannungen, Geschwindigkeiten und Temperaturen*, Konferenz-Einzelbericht: Erweiterung der Formgebungsgrenzen bei Umformprozessen, 11/12 Sep. 2001, Bonn (2001)
- [10] Bräunlich, B.; Kirtsch, W.; Meinhardt, W.: Knüppelscheren und Schneidlinien aus Erfurt, Umformtechnik, Band 21, Heft 5, S. 208-217, (1987)
- [11] Spur, G.; Stöferle, T.: *Handbuch der Fertigungstechnik Band 2/2 Umformen*, Hanser München (1982)
- [12] Wepner, J.; Mielke, G.: *Genauscheren von Stabstahl*, Industrie-Anzeiger Nr. 92 3. Nov., Giradet-Verlag Essen (1972)
- [13] Solovcov, S. S.: Vervollkommnung des Scherschneidens von Stangen zu Rohlingen, Übersetzung aus Kuzn. Stamp. Proizv. Nr. 9 (1980)
- [14] Solovcov, S. S.: Das Scheren von genauen Halbzeugen für die Warmumformung von Formstahl. Auswahlübersetzung aus: Kuznečno-stampovočnoe proizvodstvo Nr. 8 (1972)