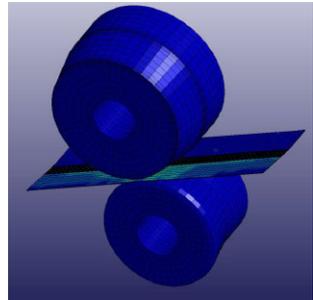


Rollprofilieren am IMW

Arslan, G.

Rollprofilieren ist ein Umformverfahren zur Herstellung von offenen und geschlossenen Blechprofilen. Das IMW beschäftigt sich seit 3 Jahren mit der Simulation des Rollprofilierens. In diesem Artikel wird der aktuelle Stand wiedergegeben.



Rollforming is a deformation process which is used for manufacturing of opened and closed sheet metal profiles. IMW occupy oneself with the numerical simulation of rollforming since 3 years. In this article the current status will be shown.

1 Fertigungsverfahren „Rollprofilieren“

Das Rollprofilieren gehört nach DIN 8586 zur Gruppe der Fertigungsverfahren „Biege-Umformen mit drehender Werkzeugbewegung“. Rollprofilieren ist auch unter dem anderen Namen Walzprofilieren bekannt. Beim Rollprofilieren wird ein Metallblech oder –platine durch hintereinander angeordnete Rollenstationen transportiert. Die Rollenstationen bestehen aus horizontalen Umform- und vertikalen Seitenrollen. Die Platine wird dabei in jeder Rollstation stückweise gebogen, bis am Ende der Anlage das fertige Profil herauskommt. Die Anzahl der Rollenstationen hängt von der Endgeometrie des Profils ab. Eine Weiterentwicklung stellt das flexible Walzprofilieren dar. Beim flexiblen Walzprofilieren werden verstellbare Walzengerüste eingesetzt. Diese Walzen ermöglichen die Herstellung von diskontinuierlichen Querschnitten entlang der Längsachse. Das flexible Walzprofilieren ermöglicht Profile, die u.a. in der Autokarosserie eingesetzt werden. Das flexible Walzprofilieren bietet gegenüber dem Tiefziehen eine ganze Reihe von Vorteilen /1/:

- Geringe Werkzeugkosten
- Kostengünstige Fertigung von Bauteilfamilien
- Bessere Maßhaltigkeit
- Geringere Anlageninvestition

Beim Walzprofilieren können alle Werkstoffe eingesetzt werden, die kalt umformbar sind, gegebenenfalls mit Einschränkungen bei den minimalen Radien.

2 Erstellung eines U-Profiles mit PROFIL

Kommerzielle Programme wie PROFIL und COPRA befassen sich u.a. mit der Herstellung von kaltgewalzten Profilen und dem Aufbau von Walzengerüsten.

Die Vorgehensweise ist folgenderweise:

- Profil konstruieren
- Profilblume erstellen
- Rollensätze erzeugen

Am IMW kommt die Rollformssoftware PROFIL von Fa. Ubeco zum Einsatz. Die Konstruktion des Profils kann sowohl in der Software PROFIL oder mit jedem gängigen CAD-Programm erstellt werden. Die Software PROFIL liest jedoch nur CAD-Zeichnungen im dxf-Format ein.

Nachdem das Profil fertig erzeugt worden ist, werden die Umformstationen festgelegt. Umformstationen werden beim Rollprofilieren als Stiche bezeichnet. Das gezeichnete Profil ist die letzte Station, also der letzte Stich, der Profilieranlage. Jeder weiterer Stich wird an die vorherige Station angehängt. Durch Wiederholen dieses Vorgangs kann das Profil in die Ausgangssituation aufgebogen werden. Mit der Funktion „Bandkantendehnung berechnen“ werden die Bandkantendehnungen während der einzelnen Stiche in einem Balkendiagramm aufgezeigt. Die Bandkantendehnung wird zur Bestimmung des maximal zulässigen Biegewinkels in jedem Stich herangezogen. Der maximale Biegewinkel ist erreicht, wenn die zulässige Dehnung überschritten wird. Es sollte darauf achtgegeben werden, dass während des letzten Stichts eine möglichst geringe Bandkantendehnung erreicht wird. Dies hat eine bessere Oberfläche an der Biegestelle zur Folge, und das Profil hat nach der Herstellung keine unerwünschten Formabweichungen. Die Bandkantendehnung wird prozentual auf die Streckgrenze des verwendeten Werkstoffs bezogen. Die Bandkantendehnung und die Profilblume sind am Beispiel des U - Profils in Abbildung 1 zu sehen. Hier wurden die Biegewinkel so ausgewählt, dass eine gleichmäßige Bandkantendehnung in der Blechplatte sich einstellt.

In Abbildung 2 ist die Bandkantendehnung des U-Profiles in umgekehrter Reihenfolge aufgeführt. Dies entspricht den Walzen in der Anlage. Der Unterschied zwischen Abbildung 1 und Abbildung 2 kommt dadurch zustande, dass während der Erzeugung der Profilblume von dem gebogenen Profil aus begonnen wird und dann aufgeklappt wird. Somit ist der in Abbildung 1 aufgeführte 2. Stich das Flachband, welches in Abbildung 2 dem ersten Stich entspricht. Mit Abbildung 1 können auch die unterschiedlichen Biegewinkel in der Profilblume erklärt werden. Während der Erstellung der Profilblume, muss darauf

geachtet werden, dass die Bandkanten­dehnung unter der Streckgrenze bleibt /2/.

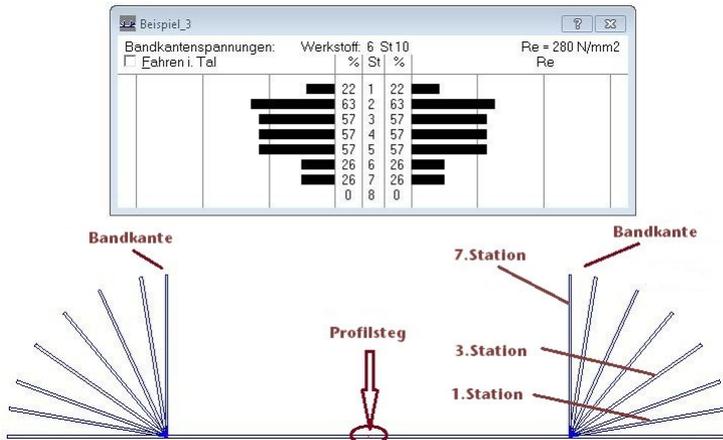


Abbildung 1: Bandkanten­dehnung bzw.- spannungen und Profil­blume des U – Profils

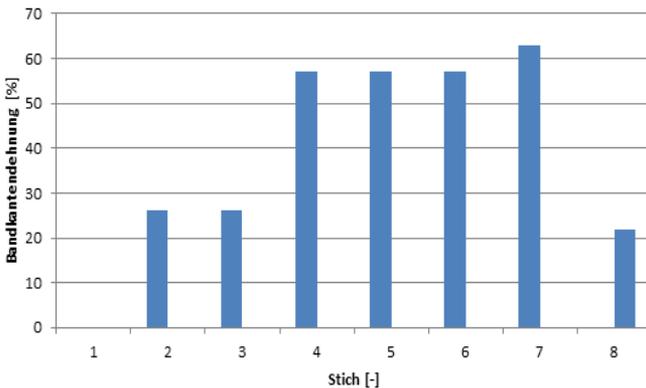


Abbildung 2: Bandkanten­dehnung

Nach Erstellung der Profil­blume werden die Rollensätze für die einzelnen Stiche erzeugt. Bei der Rollen­konstruktion muss auf einige wichtige Gesichtspunkte geachtet werden. Die Rollen für die letzte Station müssen für den belasteten Fall konstruiert werden. Belasteter Fall bedeutet, dass das Band während eines Stiches überbogen wird. Nachdem das Band diese Station verlässt, dehnt sich das gebogene Profil wieder auf, was Rückfederung genannt wird. Im vorletzten Stich

sollte das Profil etwas überbogen werden. Dies trägt zur Formgenauigkeit des Profils bei. Die Rückfederung hängt mit der Tatsache zusammen, dass es in der Mitte des Werkstückes eine Zone mit geringen Spannungen gibt, in der auch bei großen Biegekräften nur elastische Verformungen auftreten. Dieser Teil des Werkstückquerschnittes hat somit die Neigung, nach Aufheben der Biegekraft wieder seine ursprüngliche Form anzunehmen. Die Rückfederung kann bei Stahlblechen bis zu 3° betragen.

Bei einfachen Profilkonturen kann mit der Funktion „Rolle scannen“ die Rollen der einzelnen Stiche generiert werden. Bei komplizierten Profilkonturen muss der Benutzer manuell die Rollen erstellen. Der Benutzer muss eine Auswahl treffen, ob die Rolle einen keglichen- oder einen zylindrischen Radansatz haben soll. Um diese Entscheidung zu treffen, ist es wichtig, den Vorgängerstich zu kennen. Das Band sollte, ohne eingeklemmt zu werden, in die Rolle einlaufen können. Der Vorgängerstich kann im Programm PROFIL angezeigt werden. Ein letzter wichtiger Punkt ist, einen Freiwinkel einzugeben. Dies ist der Winkel zwischen Oberrolle und Profilkante. Er gewährleistet, dass kein Schleifen zwischen der Profilkante und den Rollen auftritt. Ein realistischer Wert für den Freiwinkel ist 1°. In Abbildung 3 sind Ober-, Unter- und Seitenrollen für die 6. Station des U - Profils dargestellt.

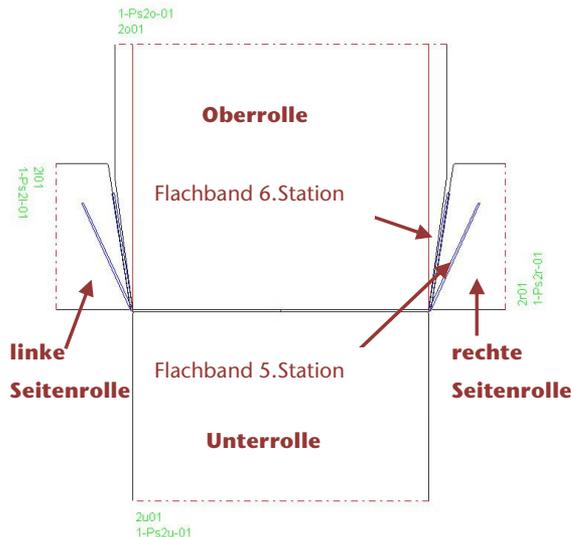


Abbildung 3: Rollensatz 6. Station U – Profil

Zusätzlich sind in Tabelle 1 die Abmessungen der Rollen sowie der Biegewinkel nur für die Stationen 1,5 und 6 angegeben.

	Rollenbezeichnung	D	x	L [mm]	Biegewinkel [°]
1.Station	Oberrolle – großer Durchm.	168	x	196,6	11
	Oberrolle – kleiner Durchm.	137,2	x	49,5	
	Unterroлле – großer Durchm.	120	x	99,0	10
	Unterroлле – kleiner Durchm.	137,2	x	49,5	
5.Station	Oberrolle – großer Durchm.	176,4	x	152	66
	Oberrolle – kleiner Durchm.	283,9	x	49,8	
	Unterroлле – großer Durchm.	126	x	99,6	65
	Unterroлле – kleiner Durchm.	283,9	x	49,8	
6.Station	Linke Seitenrolle	49,971	x	49,5	81
	Oberrolle	177,4	x	98,6	
	Rechte Seitenrolle	49,971	x	49,5	80
	Unterroлле	127	x	98,6	

Tabelle 1: Abmessungen der Rollen und Biegewinkel

Nach Erstellung der Rollen gibt es im Programm PROFIL die Möglichkeit, die Blechplatte mit allen Rollen in Abaqus zu exportieren und die FEM Berechnung durchzuführen. In Abbildung 4 ist der Auslauf des U-Profiles aus der 7. Station im FEM-Program Abaqus zu sehen.

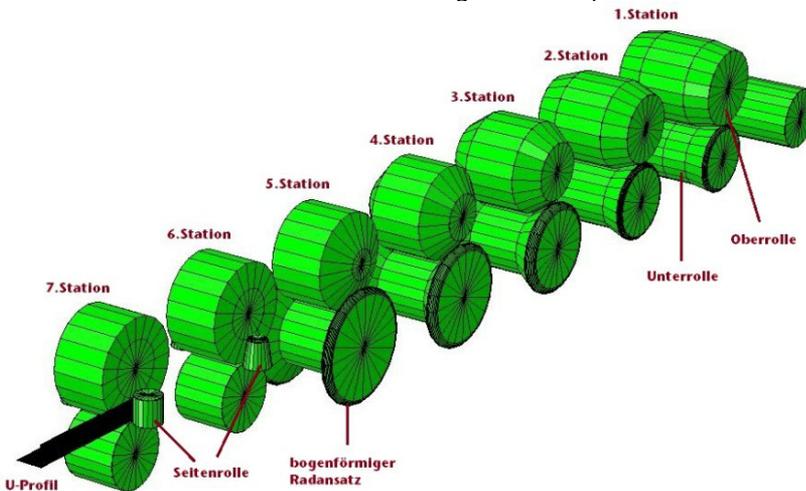


Abbildung 4: U - Profil in Abaqus

Ab dem 5. Stich wird der Seitenwinkel, auf dem gebogen werden muss, sehr spitz, sodass die Umformung nicht mehr allein mit Ober- und Unterrolle auskommt. Die seitlichen Streben der Unterrolle werden ab diesem Stich zu dünn. Ab diesem Stich wird mit zusätzlichen seitlichen Rollen gebogen. Es ist auch der bogenförmige Randansatz der Rollen zusehen, welcher benötigt wird, damit die Platte ohne Verhaken in den nächsten Stich einrollen kann.

PROFIL bietet die Möglichkeit während der Erzeugung der Profilblume das Profil im Hinblick auf spätere Formgenauigkeit und Oberflächengüte zu kontrollieren. Die drei Stufen der Qualitätssicherung sind:

- Bandkantendehnung (BKD)
- Profil-Spannungs-Analyse (PSA)
- Finite-Elemente-Methode (FEM)

Während des Profilierens bewegen sich einzelne Punkte des Blechquerschnitts auf Raumkurven mit unterschiedlichen Kurvenlängen. Dies hat zur Folge, dass alle Punkte unterschiedlichen Spannungen ausgesetzt sind. Solange diese Spannungen unterhalb der Streckgrenze des Werkstoffs, also im elastischen Bereich bleiben, verschwinden diese auch wieder. Sobald sie aber die Streckgrenze überschreiten, entstehen bleibende Verformungen. Somit hat das Profil nach Verlassen des Walzgerüsts Formabweichungen, welche unerwünscht sind. Diese Formabweichungen können zum Beispiel wellige Oberflächen, Krümmungen oder Verdrehungen um die Längsachse sein. Während der Erstellung der Profilblume ist es wichtig, gleichzeitig die Bandkantendehnung (BKD) im Balkendiagramm zu beobachten. Die BKD sollte wenn möglich die Streckgrenze nicht überschreiten, und in den letzten zwei Stichen möglichst gering sein. Somit kann eine gute Formgenauigkeit erreicht werden. Im Gegensatz zur Bandkantendehnung, berechnet die Profil-Spannungs-Analyse die Längsspannungen nicht nur an der Bandkante, sondern im gesamten Profilquerschnitt. Für die Berechnung unterteilt PROFIL die gesamte Oberfläche in Rechtecke. Die Größe der Rechtecke ist einstellbar. Aus der Veränderung der Kantenlängen während des Walzens schließt PROFIL auf voraussichtliche Dehnungen. Diese Spannungen werden ebenfalls auf die Streckgrenze bezogen. Die Profil-Spannungs-Analyse wird dreidimensional dargestellt. Den Vierecken wird je nach Größe der Spannung eine Farbe zugeordnet. Somit können die Stellen mit den größten Spannungen lokalisiert werden. Die Profil-Spannungs-Analyse beruht auf einem Näherungsverfahren und hat somit den Vorteil, dass die Berechnungszeit sehr kurz ist. Die Profil-Spannungs-Analyse für das U-Profil ist in Abbildung 5 zu sehen.

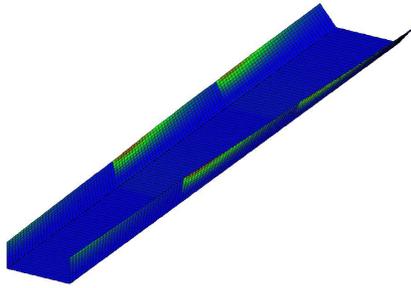


Abbildung 5: Profil-Spannungs-Analyse U-Profil

3 Simulationsmodell

Mit dem CAD-Programm Creo wurde ein vollständig parametrisches Modell der Profilieranlage für das U-Profil erstellt. Das Modell besteht aus einer Blechplatte und den 7 Rollensätzen. In Abbildung 6 ist die gesamte Anlage und der Einzug der Blechplatte in die Stationen 1, 5 und 6 dargestellt. Die FE-Simulation wird in Ansys Workbench durchgeführt. Umformvorgänge benötigen einen expliziten Solver. Als expliziten Solver kommt LS/Dyna zum Einsatz.

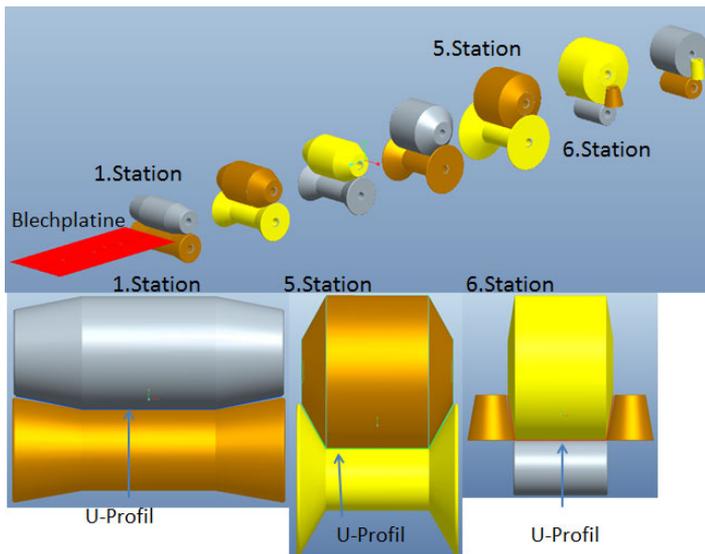


Abbildung 6: CAD-Modell der Profilieranlage

In Abbildung 7 ist der Einzug der Blechplatte durch die erste Station zu sehen. Auf der Blechplatte befinden sich Querschlitz, die in ei-

nem abgeschlossenen Forschungsvorhaben von großem Interesse waren. Im Vorfeld war nicht bekannt, ob diese Querschnitte während des Profilierens die Blechplatte beschädigen würden. Im Kontaktbereich ist zu erkennen, dass die Blechplatte plastisch verformt wird. Es ergeben sich Spannungen, die über der Streckgrenze liegen. Nach dem Auslauf aus der ersten Station nehmen die Spannungen ab. Die Querschnitte führen nicht zur Schädigung des Blechprofils, da die vorliegenden Spannungen unterhalb der Streckgrenze von 280 N/mm^2 liegen.

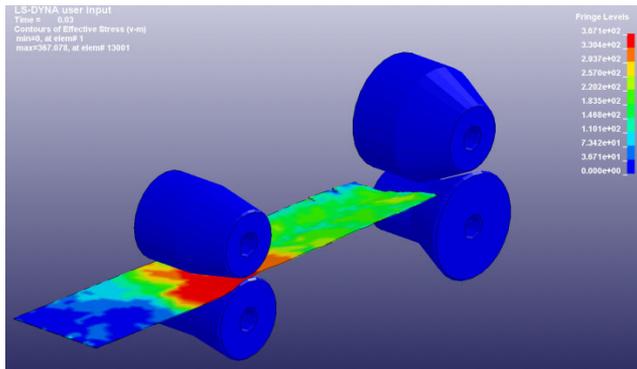


Abbildung 7: Numerische Simulation in der ersten Station

4 Zusammenfassung

Mit Hilfe des Profilierprogramms PROFIL wurden erste Erfahrungen mit dem Rollprofilieren gesammelt. Am Beispiel eines einfachen U-Profiles wurde die Vorgehensweise erklärt. Parallel zum kommerziellen Programm PROFIL wurde für das U-Profil ein CAD- u. FEM-Simulationsmodell entworfen und FE-Analysen durchgeführt. Ziel der Arbeiten war es, den Abgleich zwischen dem kommerziellen Programm PROFIL und dem am IMW entwickelten Simulationsmodell zu erreichen. Die Eigenentwicklung war erforderlich, da PROFIL den Einfluss von Schlitten in Profilen auf die Herstellbarkeit nicht untersuchen kann.

5 Literatur

- /1/ Frick, W.; Kuhn, D.: Renaissance der Rollen beschert Profilen einen zweiten Frühling, blechnet.com, 2008
- /2/ Güllü, Ilker: Simulation des Walzprofilierens am Beispiel einer Torlamelle mit Profil, Studienarbeit TU Clausthal, 2011