

# Weiterentwicklung eines SCS Streck- und Tiefziehwerkzeuges zur Herstellung von Türaußenhautteilen

A. Papaioanu<sup>(1)</sup>, Prof. Dr. M. Liewald MBA<sup>(1)</sup>

(1) Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart, Holzgartenstr. 17, 70174 Stuttgart, Germany

**Schlüsselwörter:** SCS, Streckziehen, Werkzeugtechnik

**Kurzfassung:** Konventionelle Werkzeugkonzepte zur Herstellung von Karosseriebauteilen sind aufwendig und erfordern hohe Investitionskosten, die bei Kleinserien bzw. im Prototypenbau zu relativ hohen Stückkosten führen. Um dennoch qualitativ hochwertige Bauteile produzieren zu können, müssen neue Werkzeugkonzepte mit geringen Investitionskosten erarbeitet werden. Die am Institut für Umformtechnik (IFU) der Universität Stuttgart entwickelte SCS<sup>®</sup>-Technologie (Short-Cycle-Stretch-Forming) stellt ein solches Werkzeugkonzept dar. Dieser Beitrag behandelt die Weiterentwicklung eines auf dieser Technologie basierenden Werkzeuges zur Herstellung einer Türaußenhautbeplankung. Mit Hilfe der FE-Prozesssimulation wurde hierbei der bestehende Werkzeugaufbau optimiert, sodass falten- und reierfreie Bauteile mit hinreichender Beulsteifigkeit realisiert werden können.

## 1. Einleitung

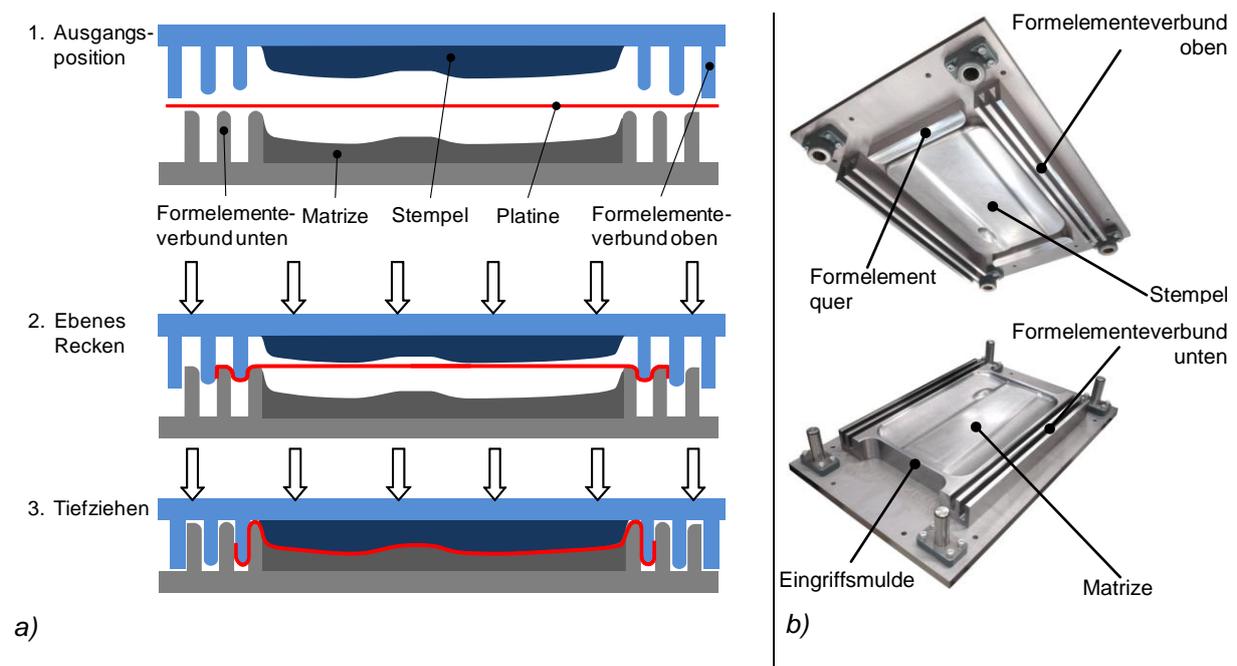
Außenhautbeplankungen für die Automobilindustrie werden heutzutage hauptsächlich durch Tiefziehen hergestellt. Abhängig vom Material und vom Verfestigungsgrad beim Umformen resultieren unterschiedliche mechanische Eigenschaften der Bauteile hinsichtlich deren Beulfestigkeit respektive deren Beulsteifigkeit. Aufgrund äußerer Belastungen, wie z.B. Hagel- oder Steinschlag, bestehen hohe Anforderungen hinsichtlich dieser Bauteileigenschaften. Durch konventionelle Tiefziehverfahren wird jedoch bei relativ flachen Bauteilen eine geringe Verfestigung des Werkstoffes erzielt, sodass eine lediglich geringe Beulfestigkeit des Bauteils erreicht wird [1]. Durch den gezielten Einsatz von Brems- und Ziehwalzen entlang des Ziehummrisse kann beim konventionellen Tiefziehen die Rückhaltekraft während des Umformprozesses erhöht werden, wodurch höhere Dehnungen erreicht werden. Dieser Effekt kann ebenfalls durch eine gezielte Erhöhung der Blechhalterkraft erzielt werden, wobei diese Maßnahme durch den beschränkten Arbeitsbereich beim Umformen begrenzt wird.

Ein weiterer Ansatz erhöhte Dehnungen in flachen Bauteilen zu realisieren, ist die Kombination von Streck- und Tiefziehverfahren [2]. Basierend auf dieser Verfahrenskombination wur-

de am Institut für Umformtechnik (IFU) der Universität Stuttgart eine neue Technologie entwickelt, die sich in den letzten Jahren unter dem Namen SCS<sup>®</sup> (Short-Cycle-Stretch-Forming) etabliert hat. Die SCS<sup>®</sup>-Technologie ermöglicht durch einfachste Werkzeugtechnik eine besonders wirtschaftliche Kombination des ebenen Reckens mit nachfolgendem Tiefziehen in einem Hub [3]. Die praktische Umsetzung der SCS<sup>®</sup>-Technologie in einem neuen Werkzeugkonzept zum kombinierten Recken und Tiefziehen einer Türaußenhautbeplankung stellt die Anwendbarkeit und das enorme Einsatzpotential dieser Technologie unter Beweis [4].

## 2. Entwicklung der SCS<sup>®</sup>-Technologie am Institut für Umformtechnik

Das SCS<sup>®</sup>-Verfahren basiert auf einem zweiteilig ausgeführten Werkzeug, bei dem konvexe Formelemente während der Umformung ineinander greifen und das Blech durch Biege- und Reibungsvorgänge eben vorrecken [4]. Dieser Effekt wurde in einem Model für Ziehsicken untersucht [5] und bei der Auslegung der Formelemente berücksichtigt. Dieses Prinzip konnte bereits für zwei Werkstoffe realisiert und nachgewiesen werden. Zunächst wurde die Tiefziehstahlgüte DC04 validiert und im Rahmen weiterer Untersuchungen konnte die Anwendung um eine typische Außenhautlegierung aus Aluminium (AA6016) erweitert werden [6]. Die erreichte Vorreckung bei diesen Werkstoffen betrug 4% für Aluminium bzw. für DC04 sogar 9%. Basierend auf diesem Prinzip wurde weiterführend ein Werkzeug zur Herstellung einer Karosserieaußenhautbeplankung konstruiert. Als Geometrie wurde eine Türaußenhaut mit einer geringen Ziehtiefe gewählt, welche die wesentliche Designmerkmale aufweist.



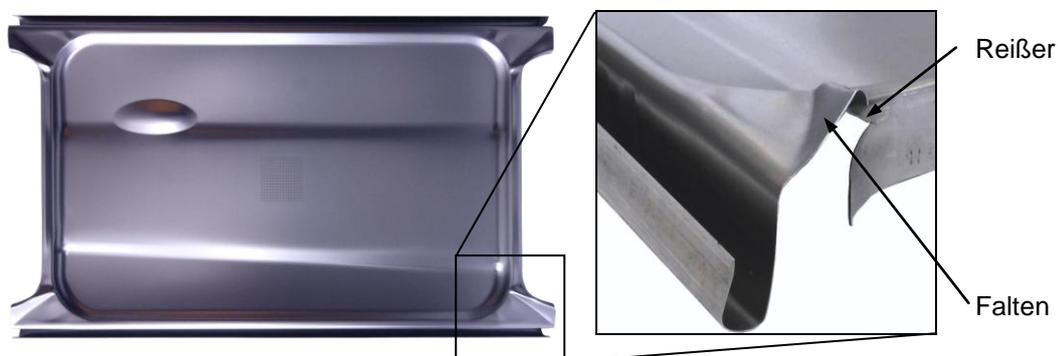
**Abbildung 1:** Prinzipieller (a) und realisierter (b) Werkzeugaufbau eines SCS<sup>®</sup>-Werkzeuges

Im ersten Prozessschritt (*Abbildung 1a*, mitte) wird das Blech infolge von Biege- und Reibungsvorgängen am Platinenrand eben vorgereckt. Im zweiten Prozessschritt (*Abbildung 1a*, unten) wird das Blech durch die mittig angeordneten Werkzeugelemente im selben Hub tiefgezogen. Der Streckziehvorgang wird somit im selben Hub realisiert wie der Tiefziehvorgang, jedoch zeitlich versetzt. Das Bauteil kann anschließend manuell entnommen werden. Das nach diesem Prinzip realisierte Werkzeug zur Herstellung der Türaußenhautbeplankung ist in *Abbildung 1b* zu sehen.

Zusätzlich zu den längs angeordneten Formelementen, welche im ersten Prozessschritt für das ebene Vorrecken der Platine verantwortlich sind, wurden quer angeordnete Formelemente im Werkzeug realisiert, welche für die nötige Rückhaltekraft der Platine auch während des zweiten Prozessschrittes sorgen. Wie bereits erwähnt, wird durch diesen Werkzeugaufbau kein Blechhalter benötigt, da die Rückhaltekräfte durch die Formelemente aufgebracht werden.

### 3. Stand der Technik und Handlungsbedarf

Im Rahmen der Untersuchungen am IFU wurden nach Inbetriebnahme des Werkzeuges mehrere Versuchsreihen durchgeführt. Für diese Untersuchungen wurde zunächst eine typische Legierung für Karosserieaußenteile der Tiefziehstahlgüte DC04 mit einer Blechdicke von  $s=0,75\text{mm}$  verwendet. Neben dem Ziel, möglichst hohe Dehnungsbeträge in der Bauteilmitte zu realisieren, wurden die umgeformten Bauteile auch hinsichtlich ihrer Oberflächenqualität und deren Abformgenauigkeit untersucht. Die hergestellten Bauteile wiesen jedoch Falten und Reißen im Eckbereich auf, sodass in diesem Bereich des Bauteils bzw. des Werkzeuges Optimierungsbedarf besteht. Eine mit diesem Werkzeug gefertigte Türaußenhautbeplankung ist in *Abbildung 2* zu sehen.



*Abbildung 2:* SCS<sup>®</sup>-Türaußenhautbeplankung

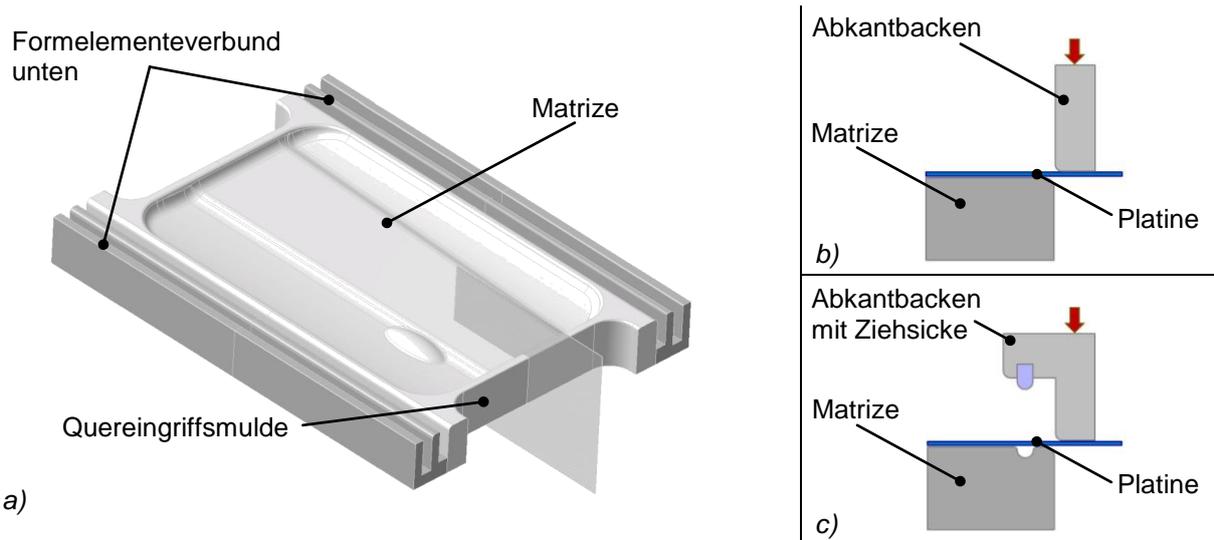
Wie im vergrößerten Ausschnitt (**Abbildung 2**, rechts) deutlich zu erkennen ist, bilden sich im Eckbereich des Bauteils Risse sowie Falten mehrerer Millimeter aus. Diese Problematik besteht grundsätzlich, da im Eckbereich des Werkzeuges ein Materialüberschuss vorliegt, der sich in Form einer Faltenbildung bemerkbar macht und durch die Rückhaltekräfte in diesem Bereich nicht verhindert werden kann. Es besteht somit Handlungsbedarf, um dieses Problem zu lösen, sodass die Herstellung reißer- und faltenfreie Bauteile ermöglicht wird.

Das Ziel der hier vorliegenden Arbeit bestand in der Weiterentwicklung bzw. in der Optimierung dieses kritischen Bereichs im Werkzeug durch Substitution der Formelemente in Querrichtung. Weiterhin sollte der Beschnitt optimiert werden und die Blechabmessungen reduziert werden, sodass der Prozess hinsichtlich Materialeinsatz wirtschaftlicher wird. Im Folgenden soll die Optimierung dieses Bereiches erläutert und die Weiterentwicklung des Werkzeugkonzeptes vorgestellt werden.

#### **4. Optimierungsstufen des Werkzeuges**

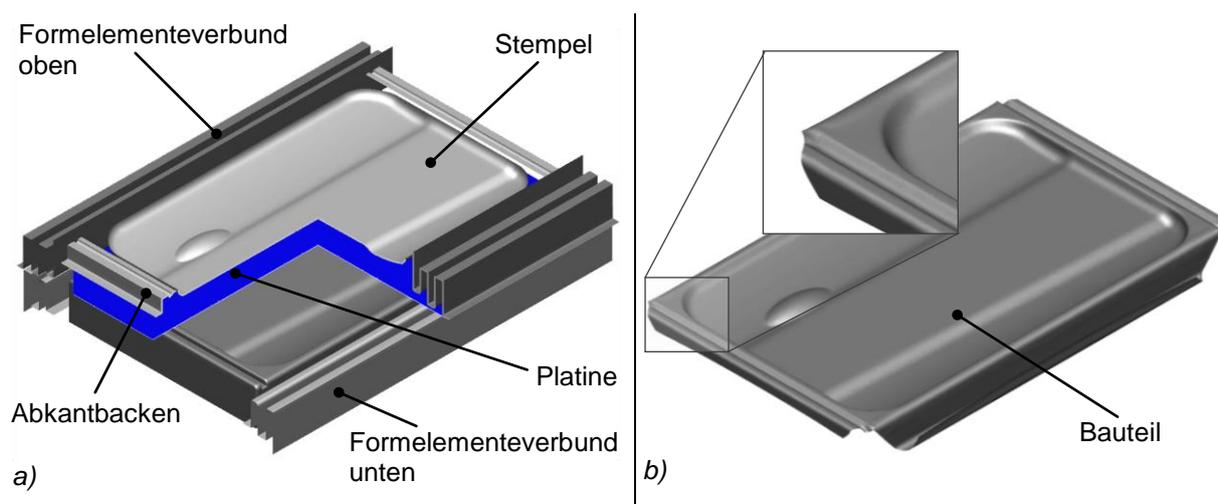
Die Optimierung des Werkzeuges zur Herstellung von falten- und reißerfreien Bauteilen wurde mithilfe der Finiten Elemente (FE) Prozesssimulation realisiert. Hierfür wurde die Software Pam-Stamp 2G v2008.0 der Engineering System International GmbH (ESI GmbH) verwendet. Im Rahmen vorangegangener Untersuchungen am IFU wurde diese Software bereits für dieses Verfahren validiert [1, 7]. Die Optimierungsstufen konnten daher vor der Durchführung praktischer Experimente vollständig virtuell am Rechner durchgeführt werden. Basierend auf dem bereits realisierten Werkzeugaufbau (**Abbildung 1b**) wurden mehrere Entwicklungsstufen unter Verwendung desselben Werkstoffes erarbeitet und mittels FE-Simulation untersucht.

Zunächst wurde eine Optimierung des Platinenbeschnitts durchgeführt, um die Reißen im Eckbereich zu verhindern. Dies wurde erreicht, indem die Ecken des Bleches beschnitten bzw. abgetrennt wurden. Als weitere Maßnahme wurden die bestehenden Formelemente durch einfache Abkantleisten substituiert, sodass eine erhöhte Rückhaltung der Platine realisiert werden kann und die Faltenbildung verhindert wird. Hierbei wurden zwei Lösungsvarianten basierend auf demselben Prinzip erarbeitet und simulativ untersucht. Die Rückhaltung der Platine wird prinzipiell durch eine Abkantleiste bzw. einen Abkantbacken realisiert. In **Abbildung 3** sind das aktuelle Unterwerkzeug mit Quereingriffsmulde sowie die zwei entwickelten Varianten zur Rückhaltung der Platine dargestellt.



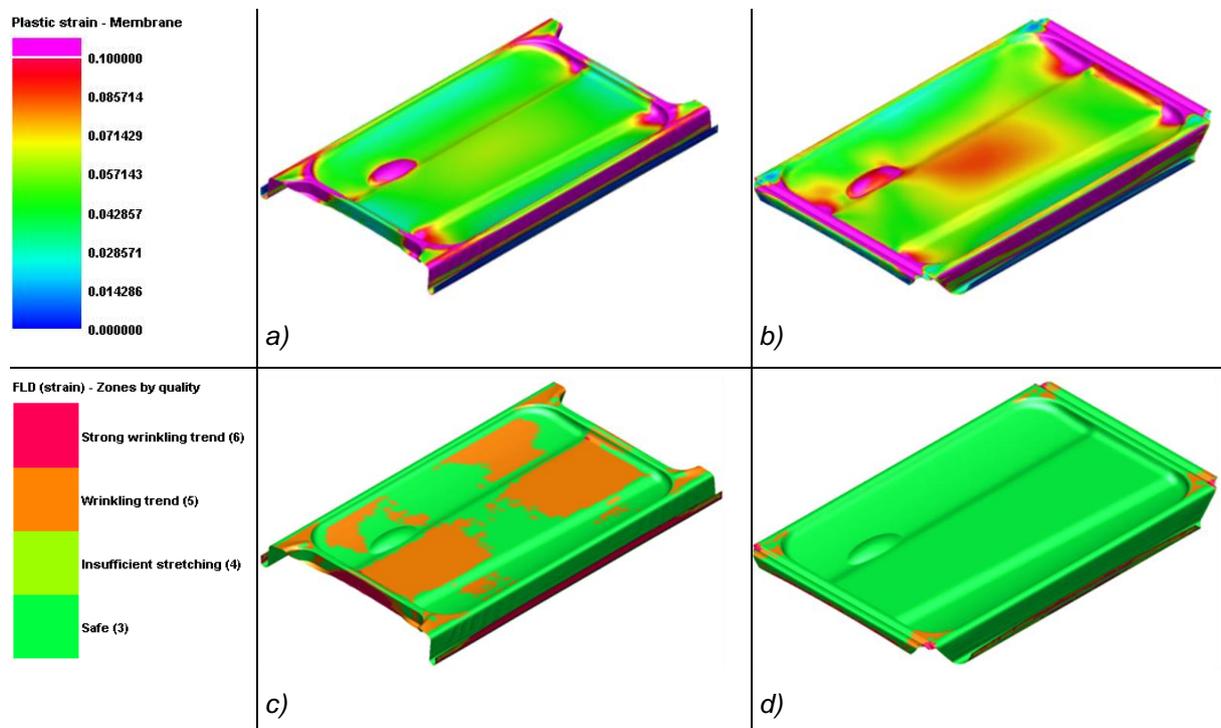
**Abbildung 3:** Unterwerkzeug des bestehenden Aufbaus (a) sowie veränderter Rückhaltefunktion im Seitenbereich durch Abkantbacken (b) bzw. durch Abkantbacken und integrierter Ziehsicke (c)

Abhängig vom Beschnitt und vom Grad der Vorreckung der Platine während des Streckziehvorgangs, werden unterschiedlich hohe Rückhaltekräfte im Bereich der Abkantbacken benötigt. Mit dem einfachen Prinzip des Abkantbackens ohne Ziehsicke (**Abbildung 3b**) kann die Rückhaltung nicht in dem Maße gesteigert werden, um die Herstellung faltenfreier Bauteile zu gewährleisten. Mit dem zweiten Prinzip (**Abbildung 3c**) kann die Rückhaltekraft kurz vor Ende des Prozesses durch den Einsatz einer konventionellen Ziehsicke derart erhöht werden, dass faltenfreie Bauteile hergestellt werden können. Die Ziehsicken sind Bestandteil der Abkantbacken und greifen wenige Millimeter vor Prozessende in den Prozess ein. Das Simulationsmodell des Werkzeugaufbaus sowie das Bauteil sind in **Abbildung 4** dargestellt.



**Abbildung 4:** Simulationsmodell des optimierten Werkzeugaufbaus mit Abkantbacken und integrierter Ziehsicke (a) und Ergebnisdarstellung des Bauteils (b)

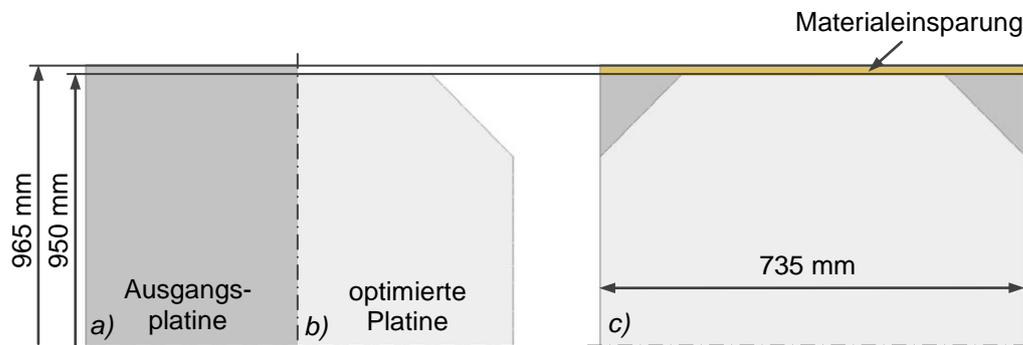
Durch den Einsatz der Ziehsicken wird eine erhöhte Rückhalte­kraft im seitlichen Bereich auf­gebaut, wodurch das Auftreten von Falten gänzlich vermieden werden kann (*Abbildung 4b*). Weiterhin wurde die Dehnungsverteilung betrachtet und mit dem Bauteil vor der Optimierung verglichen, sowie das Grenzformänderungsdiagramm (FLD) hinsichtlich möglicher Versagensarten betrachtet (*Abbildung 5*).



*Abbildung 5: Dehnungsverteilung im Bauteil vor der Optimierung (a) und nach der Optimierung (b); Vergleich der FLD-Plots des Bauteils vor der Optimierung (c) und nach der Optimierung (d)*

Wie anhand der Einfärbung analog der Skalierung zu erkennen ist (*Abbildung 5a, 5b*), ändert sich durch den veränderten Werkzeugaufbau auch die Dehnungsverteilung innerhalb des Bauteils. Im Mittenbereich des optimierten Bauteils ergeben sich erhöhte Dehnungen, die zur Verbesserung der mechanischen Bauteileigenschaften hinsichtlich deren Beulfestigkeit beitragen [1]. Ein Vergleich der FLD-Plots (*Abbildung 5c, 5d*) soll mögliches Versagen vorhersagen. Anhand der Legende wird die Verbesserung des Bauteils hinsichtlich Oberflächengüte deutlich. Das Bauteil vor der Optimierung (*Abbildung 5c*) weist kritische Bereiche hinsichtlich Faltenbildung auf, während das optimierte Bauteil (*Abbildung 5d*) eine hinreichende Verfestigung im Sichtbereich aufweist.

Abschließend wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hinsichtlich Materialeinsatz durchgeführt, um die Werkstoffeinsparung aufgrund des optimierten Platinenbeschnitts zu bestimmen (**Abbildung 6**).



**Abbildung 6:** Vergleich der Abmessungen der Ausgangsplatine (a) und der Platine nach der Optimierung des Beschnitts (b); Materialeinsparung aufgrund der Optimierung des Beschnitts (c)

Die Abmessungen der Ausgangsplatine (**Abbildung 6a**) betragen 965 x 735 mm und die der optimierten Platine 950 x 735 mm (**Abbildung 6b**). Damit ergibt sich eine Materialeinsparung von etwa 1,6% (**Abbildung 6c**). Hierbei sind die Eckbereiche nicht berücksichtigt worden, da diese beim Zuschneiden der optimierten Platine keinen Beitrag zur Materialeinsparung leisten und somit ebenfalls keine Berücksichtigung in der Berechnung finden.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde die Vorgehensweise bei der Weiterentwicklung eines auf der SCS<sup>®</sup>-Technologie basierenden Werkzeuges für das Karosserieziehen einer PKW Türbeplankung aufgezeigt. Mit dem zunächst realisierten Werkzeugkonzept konnten keine falten- und reierfreien Bauteile einer skalierten Türbeplankung eines PKW hergestellt werden. Im kritischen Eckbereich traten Risse und Falten auf, wodurch sich ein Handlungsbedarf ergab. Das Ziel der Weiterentwicklung dieses Werkzeugkonzeptes, bestand in der Optimierung des Platinenzuschnitts und in der Realisierung eines veränderten Werkzeugaufbaus, sodass die Rückhaltewirkung der Platine im Seitenbereich erhöht wird und damit eine Faltenbildung vermieden wird. Mit dem vorgestellten optimierten Werkzeugaufbau wird die Herstellung reier- und faltenfreier Bauteile ermöglicht, sodass ein Einsatz unter Realbedingungen bzw. ein Serieneinsatz dieser Technologie angestrebt werden kann. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Verbesserung der Bauteilqualität auf. Weiterhin konnte die Dehnung in der Bauteilmittte signifikant erhöht werden und gleichzeitig der Materialeinsatz um etwa 1,6% reduziert werden. Der Einsatz konventioneller Ziehsicken zeigt zudem die verschiedenen Mög-

lichkeiten auf, mit denen diese Technologie kombiniert werden kann. Zukünftige Entwicklungen werden sich mit der Realisierung von SCS<sup>®</sup>-Werkzeugen zur Herstellung von Bauteilen aus Aluminium beschäftigen.

## **6. Literaturverzeichnis**

- [1] Vlahovic, D., Liewald, M., Siegert, K.: Optimierung von Ziehteileigenschaften durch gezielte Vorverfestigung, Internationale Konferenz: „Neuere Entwicklungen in der Blechumformung“, Stuttgart, **2006**
- [2] Bath, C.: Streckziehen von Karosserieteilen, Werkstatt und Betrieb, 98. Jahrgang, Heft 3, **1965**
- [3] Liewald, M.; Vlahovic, D.: Vorrichtung zum ebenen Streckziehen von Werkstücken, Patent Nr. DE 10 2006 047 484 A1, Deutsches Patentamt, München, **2006**
- [4] Vlahovic, D., Liewald, M.: Neue Ansätze in der Streckziehtechnik, Internationale Konferenz: „Neuere Entwicklungen in der Blechumformung“, Stuttgart, **2008**
- [5] Stoughton, T. B.: Model of Drawbead forces in Sheet Metal Forming, Proceedings of the 15<sup>th</sup> Biennial IDDRG Congress, Brüssel, **1998**
- [6] Papaioanu, A., Schleich, R., Liewald, M.: Improved Tool development Process for novel SCS Technology for Aluminium Sheet Metal, 7. Europäische LS-DYNA Konferenz, Salzburg, **2009**
- [7] Papaioanu, A.; Vlahovic, D.; Liewald, M.: Weiterentwickelte Simulationenmethoden machen SCS-Verfahren effizienter, MaschinenMarkt MM, Vogel Business Media GmbH und Co. KG, **2008**