



**Kurzbericht zum Leitprojekt**

# **Reduzierung der Schallabstrahlung durch umformtechnisch optimierte Bauteile**

**- durchgeführt im Auftrag des Wirtschaftsministeriums  
Baden-Württemberg mit Mitteln der Landesstiftung Ba-  
den-Württemberg -**

Bearbeiterin IVK: Dipl.-Ing. Yinzhi He

Bearbeiter IFU: Dipl.-Ing. Dejan Vlahovic

Stuttgart, 20.04.2006

## Ziel des Vorhabens

Die Forderung nach Energieeinsparung und Minimierung der Umweltbelastung führt auch in einem innovativen Umfeld wie dem Leichtbau zur Notwendigkeit einer weiteren Optimierung bestehender Bauteile und Strukturen. Betrachtet man beispielsweise die Außenhaut eines Kraftfahrzeugs, die Fahrerkabine eines Nutzfahrzeugs oder die Seitenwand eines Busses, so bestehen diese meist aus großflächigen, relativ schwach gekrümmten zweischaligen Blechformteilen, die unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden müssen. Diese Formteile beinhalten ein wesentliches Potential zur Gewichtsreduzierung von Fahrzeugen und dadurch zur Kraftstoffeinsparung. Durch innovative Ansätze beim Umformvorgang kann dieses Potential erschlossen werden, wobei zu beachten ist, dass bei Verbesserung der Steifigkeit und Festigkeit der Bauteile bzw. des gesamten Fahrzeugs, die Schallabstrahlung im Interesse der Reduzierung der Umweltbelastung verringert werden sollte.

Die Bauteileigenschaften wie z.B. Beulsteifigkeit, Beulfestigkeit und Widerstand der Bauteile gegen Hagelschlag (Dynamisches Beulen) sind abhängig von den verwendeten Blechwerkstoffen (Elastizitätsmodul, Fließspannung, Kaltverfestigung) sowie von der Geometrie. Die dynamische Beulfestigkeit großflächiger, relativ schwach gekrümmter zweischaliger Blechformteile ist z.B. bei Pkw-Hinterkotflügeln bei Anhängerbetrieb von Interesse. Hier liegt die Forderung vor, dass es auf keinen Fall zu einer plastischen Beulung kommen darf.

Zu beachten ist auch, dass sich elastische Beulungen durch Bewegungsschwingungen aufgrund von Luftströmungen in der Außenschale ergeben können. Durch Luftanströmungen kann es zu einem sichtbaren 'Flattern' (z.B. von Pkw-Motorhauben) kommen. Andere Anregungen können durch Antrieb und Fahrbahnunebenheit erfolgen.

## Durchführung des Projektes

Am Institut für Umformtechnik (IFU) der Universität Stuttgart wurde in Verfolgung der generellen Zielsetzung „Vorherbestimmung der finalen Bauteileigenschaften“ eine Streck-/Tiefziehmaschine entwickelt, gebaut und erprobt, mit der es möglich ist, die Formänderungsverteilung bei flachen Bauteilen zu optimieren. Hierbei handelt es sich um eine Kombination von gesteuertem, segmentiertem Streckziehen bzw. Recken, mit nachfolgendem konventionellen Tiefziehen in einer einfach wirkenden Presse, die über eine Zieheinrichtung im Pressentisch verfügt. In den durchgeführten experimentellen Untersuchungen wurden Schiebedachbeplankungen aus den Werkstoffen FeP04, ZStE180BH, ZStE280 in 0,8mm und 1mm Blechdicke, sowie AA6014 in 1,0 mm und AA6016 in 1,15 mm Blechdicke hergestellt. Die hergestellten Ziehteile wurden anhand von Messungen der Formänderungsverteilung, der Formgenauigkeit und der Oberflächenqualität bewertet. Ferner wurden quasi-statische und dynamische Beuluntersuchungen durchgeführt. Durch Prozesssimulationen wurde die Simulationsmethodik für diese Verfahrenskombination validiert.

Nach der Herstellung der Ziehteile wurden diese am Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) in geeigneter Weise am Ziehteilflansch beschnitten und Schallabstrahlungsuntersuchungen unterzogen. Um das akustische Verhalten von Blechformteilen komplett vorhersagen zu können und die Zuverlässigkeit zu gewähr-

leisten, wurden am IFU zuerst relativ einfache rechteckige Blechtafeln aus 4 verschiedenen Stählen (ZSTE280, FeP04, ZSTE180BH, DP500) und Aluminium (AA6014) hergestellt und durch Vorversuche am IVK analysiert. Damit wurde die akustische Berechnungsmethode entwickelt und weiter an Schiebedachblechen überprüft. Da der Schallabstrahlungscharakter hier von Betriebsschwingungen abhängig ist, wurde für Körperschalluntersuchung die strukturelle Modalanalyse durchgeführt und Betriebsschwingungsverhalten ermittelt. So konnte die dynamische FE-Berechnung validiert werden. Durch die Boundary-Element-Methode (BEM) wurde danach das Abstrahlverhalten simuliert und mit Mikrofonmessungen verifiziert. Zum Schluss wurden die Schiebedachbleche mit Hilfe eines Adapters in einem realen Fahrzeug eingebaut und das akustische Verhalten auf einer servohydraulischen 4-Stempel-Anlage und in einem aeroakustischen Windkanal überprüft.

## Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen am IFU konnte gezeigt werden, dass relativ flache Kfz-Außenhaut-Beplankungen mit geringen Ziehtiefen durch ein dem Tiefziehen vorgelagertes Streckziehen bzw. Recken bei zweiseitiger Einspannung gezielt auf definierbare Werte kaltverfestigt werden können, wodurch die Beulfestigkeit und somit der Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen erhöht werden konnte.

Am IVK wurde ein Verfahren entwickelt, das es gestattet, mit den aus der Umformsimulation gewonnenen Daten das dynamische und akustische Verhalten umgeformter Blechstrukturen vorzuberechnen. Die grundlegenden Erkenntnisse hierzu wurden an einfachen Blechtafeln unterschiedlicher Dicke und unterschiedlichen Materials gewonnen, die verschiedenen Umformvorgängen unterzogen wurden. Das Verfahren wurde danach an realitätsnahen schiebedachähnlichen Bauteilen verifiziert und durch dynamische und akustische Untersuchungen auf Fahrzeugprüfständen abgesichert. Es zeigte sich, dass die Vorhersage den tatsächlichen Verhältnissen sehr gut entsprach.

Folgende grundlegende Aussagen können aus der Forschungsarbeit abgeleitet werden:

1. Die in diesem Forschungsvorhaben angewendete Verfahrenskombination des Tief-/Streckziehens zeigte sich als besonders gut geeignet für eine gezielte, definierte Erhöhung der Kaltverfestigung in ansonsten sehr gering verfestigten Kfz-Außenhaut-Beplankungen.
2. In Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch eine gezielte Vorreckung, die Formänderungsverteilung im Bauteil positiv beeinflusst und die Bauteilqualität verbessert werden kann.
3. Die Beulfestigkeit des Ziehteils steigt mit zunehmender Kaltverfestigung. Besonders effektiv kann die Beulfestigkeit durch plastische Dehnung bei Werkstoffen mit hohen Streckgrenzen realisiert werden.
4. Es wurde festgestellt, dass die Beulfestigkeit einiger Werkstoffe durch Kaltverfestigung nicht beliebig gesteigert werden kann, sondern hier auch Optimierungsgrenzen beachtet werden müssen.

5. Ferner konnte festgestellt werden, dass die Veränderung der Beulsteifigkeit mit zunehmender plastischer Dehnung werkstoff- und blechdickenabhängig ist.
6. Durch die seitlichen Rückhalterkräfte der Platine, sind deutlich geringere Blechhalterkräfte erforderlich, wodurch von einem geringeren Werkzeugverschleiß ausgegangen werden kann.
7. Die Reihenfolge der Eigenschwingungsformen aller Bleche ist gleich.
8. In der Regel gilt für denselben Werkstoff unter derselben Anfangsdicke mit wenigen Ausnahmen: je größer die Vordehnung, desto niedriger sind die Eigenfrequenzen, aber mehr Schallabstrahlung. Der Unterschied ist bei den recht kleinen Vordehnungen von 2% jedoch gering.
9. Für denselben Werkstoff unter derselben Vordehnung gilt: je dünner das Blech, desto niedriger sind die Eigenfrequenzen und desto größer ist die Schallabstrahlung.
10. Die Eigenfrequenzen von Aluminium bei gleicher Anfangsdicke und Vordehnung sind deutlich niedriger als von Stahl. Außerdem sind die Schallabstrahlungsgrade bei Aluminium deutlich höher als bei Stahl.
11. Die mit FEM simulierten strukturellen Kennwerte der Bleche zeigen eine gute Übereinstimmung mit dem Experiment, und die mit BEM simulierte Schallabstrahlung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit Messergebnissen.

Das Ziel weiterer Forschungsarbeiten ist es, durch Werkzeug- und Verfahrensentwicklung serientaugliche Werkzeugkonzepte zu entwickeln, die das Einbringen einer definierten plastischen Vordehnung vor dem Tiefziehvorgang ermöglichen. Die in diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Weiterentwicklung dieses Verfahrens. Besondere Entwicklungsschwerpunkte für die zukünftigen Konzepte liegen in der Reduzierung der Werkzeugkosten und einer weiteren Verbesserung der Oberflächenqualität und Formgenauigkeit durch gezielte Konzeptgestaltung. Weiterhin sollte geprüft werden, ob die Vorteile der Materialverfestigung bei den eingesetzten Umformverfahren durch gezielte Erhöhung der Bauteil-Steifigkeit auch auf das akustische Verhalten übertragen werden können.

## **Ansprechpartner:**

Universität Stuttgart

### **Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK)**

Prof. Dr. -Ing. J. Wiedemann, Dr. -Ing. Martin Helfer, Dipl.-Ing. Yinzhi He

Pfaffenwaldring 12, 70569 Stuttgart

Tel.: 0711/ 685 - 65628

E-Mail: [info@ivk.uni-stuttgart.de](mailto:info@ivk.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

### **Institut für Umformtechnik (IFU)**

Prof. Dr.-Ing. M. Liewald MBA, Dr. -Ing. Stefan Wagner, Dipl.-Ing. Dejan Vlahovic

Holzgartenstrasse 17, 70174 Stuttgart

Tel. 0711 / 685 - 83840

E-Mail: [mail@ifu.uni-stuttgart.de](mailto:mail@ifu.uni-stuttgart.de)