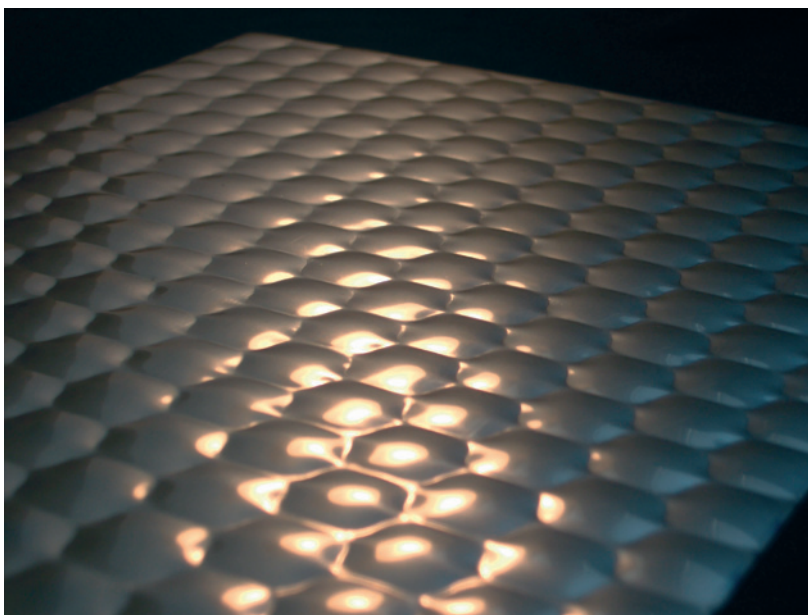


## STRUKTURBLECHE

# Bleche mit Wölbstruktur: Wie praxistauglich sind sie?

Strukturierte Bleche haben einen Vorteil: Sie sind besonders stabil. Und sie haben einen Nachteil: Sie lassen sich schwer umformen. Um diese



Diskrepanz zu mildern, wurde vor gut zehn Jahren das Verfahren des Wölbstrukturierens entwickelt. Seitdem ist viel an Optimierungsarbeit geleistet worden. Erste Praxisfälle belegen die wirtschaftlichen Effekte des Verfahrens. Voraussetzung ist allerdings, dass Prozess, Bauteil und Werkzeug dem veränderten mechanischen Verhalten dieser Bleche entsprechend ausgelegt sind.

**DER ANSPRUCH** von so genannten wölbstrukturierten Halbzeugen, die seit rund zehn Jahren von der Dr. Mirtsch GmbH im brandenburgischen Teltow ([www.woelbstruktur.de](http://www.woelbstruktur.de)) entwickelt und hergestellt werden, besteht darin, die mit den konventionellen Strukturierungstechniken verbundenen Nachteile zu vermeiden. Einerseits soll durch die Wölbstrukturierung die Steifigkeit des Halbzeugs im Vergleich zum unstrukturierten Blech deutlich erhöht werden, andererseits strebt man im Unterschied zu den konventionellen Strukturierungsverfahren eine geringere Beeinträchtigung des Umformvermögens der Bleche an, um die umformtechnische Realisierung komplexer Bauteilgeometrien zu ermöglichen.

Beim so genannten elementaren Wölbstrukturierungsprozess ist für die Erzeugung der Struktur ein radialer Außendruck verantwortlich. Dabei wird ein Stützkörper, der aus umlaufenden, mit entsprechendem Abstand angeordneten

Stegen besteht, in einen dünnwandigen Metallzylinder eingebracht. Bei Überschreiten eines bestimmten äußeren Grenzdruckes entstehen spontan und selbstorganisierend mehrdimensionale Rechteckstrukturen entlang der Stütztege. Diese stellen einen irreversiblen Gleichgewichtszustand dar.

## Elastomerwalze bringt den Druck auf

Zum Strukturieren von Blechen, Platinen sowie zylindrischen Bauteilen wird der Strukturierungsvorgang in einen Walzprozess integriert. Dabei stellt eine Druckwalze, die mit einem elastomeren Material versehen ist, den für die Strukturierung erforderlichen Druck zur Verfügung. Aufgrund des Strukturierungsprinzips wird der Werkstoff nicht im klassischen Sinne umgeformt, sondern lediglich »gefaltet«, so dass es nicht zu einer großflächigen Plastifizierung des Blechs kommt. Weil eine entsprechende Krüm-

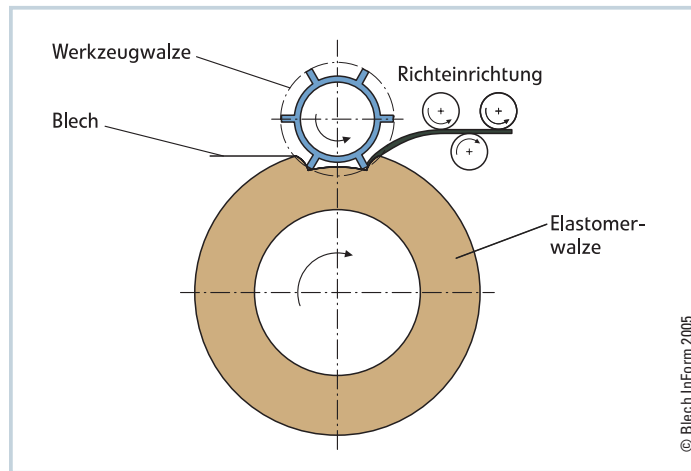
mung des Blechs Voraussetzung für das Wölbstrukturieren ist, werden die Halbzeuge nach dem Strukturieren gerichtet. Anhand von Blechdicken- und Härteverläufen innerhalb der Wölbstrukturen können die Bereiche identifiziert werden, in denen es durch den Strukturierungsprozess zu einer Verformung oder Plastifizierung des Ausgangswerkstoffes kommt. Das betrifft vor allem die Strukturstege. Wie das erste

Diagramm und das Foto rechts daneben zeigen, kann eine gute Übereinstimmung zwischen den Stegverläufen und der festgestellten Blechdickenreduzierung beobachtet werden. Diese partiellen Blechdickenreduzierungen beeinflussen den Ausgangswerkstoff, was anhand der mechanischen Eigenschaften strukturierter Proben festgestellt werden kann. Basierend auf diesen Erkenntnissen kann geschlussfolgert werden, dass besonders bei den umformrelevanten Eigenschaften wie der Dehn- und Streckgrenze oder der Proportionalitätsgrenze, den erreichbaren Dehnungen sowie dem Verfestigungsexponenten signifikante Unterschiede zwischen den unstrukturierten und den strukturierten Proben existieren. Es kann somit von einem reduzierten Umformvermögen im Vergleich zum unstrukturierten Feinblech ausgegangen werden.

### Verbesserte Steifigkeitswerte beim ›freien Biegen‹

Beim Umformen, besonders beim Tiefziehen und beim Streckziehen, zeigt es sich, dass der Werkstoff stets im Bereich der Strukturstege oder Stegknoten versagt, wenn eine entsprechende Strukturausbildung vorausgesetzt wird. Trotzdem sind bei der Berücksichtigung der strukturspezifischen Merkmale, was vor allem die notwendige Erhöhung der Niederhalterkraft betrifft, die Unterschiede zwischen unstrukturierten und strukturierten Blechen hinsichtlich der erreichbaren umformtechnischen Grenzen relativ gering. Die Ursache hierfür ist in der Bereitstellung von zusätzlichem Werkstoff zu sehen, die auf einem entsprechenden Ausrecken der Wölbstruktur beziehungsweise einem Aufbiegen von Strukturstegen in den kritischen Bauteilbereichen basiert.

Neben der Halbzeugcharakterisierung und der Untersuchung des Umformverhaltens ist auch die Darstellung des



**Großflächig geformt:** Prinzip des Wölbstrukturierens von Blechen

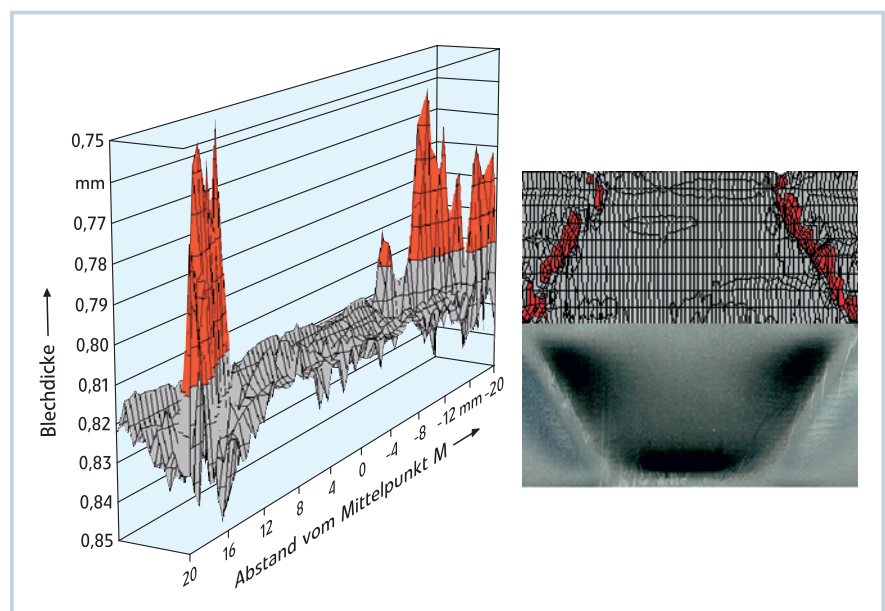
Leichtbaupotenzials wölbstrukturierter Feinbleche selbst zur Erweiterung der Anwendungsfelder dieser Halbzeugform unverzichtbar. Im Rahmen von Biege- und Beulversuchen wurde deshalb das Strukturverhalten unter verschiedenen Einspannbedingungen analysiert, und zwar als ›freies Biegen‹ (3-Punkt-Biegeversuch), als einseitig eingespannte Probe, als zweiseitig eingespannte Probe, als ›freies Beulen‹ (Probe vierseitig auf-

liegend) und als vierseitig eingespannte Probe.

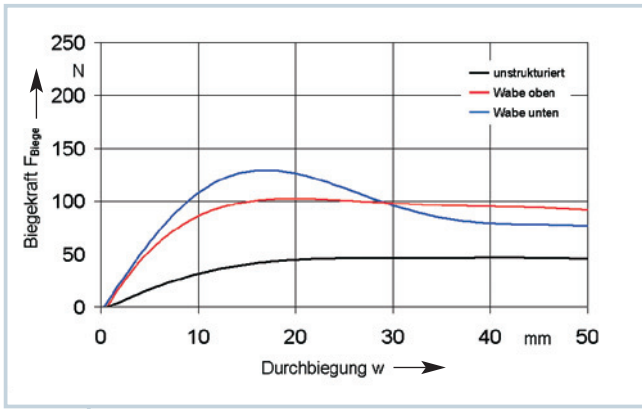
Dabei erfolgte die Ermittlung und Beschreibung von Zusammenhängen zwischen Wölbstruktur und Steifigkeitsverhalten. Darauf aufbauend konnte man Rahmenbedingungen ableiten und definieren, deren Berücksichtigung zu Versteifungseffekten in umgeformten Bauteilen führen. Außerdem ließen sich Anwendungsgebiete, aber auch Einsatzgrenzen wölbstrukturierter Feinbleche ermitteln. Es zeigte sich, dass bei den Versuchen, bei denen die Biege- oder Beulproben keiner festen Einspannung unterliegen (freies Biegen, einseitig eingespannte Probe, freies Beulen), die Wölbstrukturierung positiv auf die Biege- und Beulsteifigkeit wirkt.

### Biege- und Beulverhalten sind unterschiedlich

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass zwischen dem Biege- und dem Beulverhalten der unstrukturierten und der wölbstrukturierten Proben signifikante Unterschiede bestehen. So sind die für das Umformen der strukturierten Proben erforderlichen Kräfte stets größer als die, welche für ▶



**Blechdicke je nach Steg:** Blechdickenprofil der Wölbstruktur einer Aluminiumlegierung (AA5xxx)



**Stabilität ist gefragt:** Beeinflussung der Biegesteifigkeit durch Wölbstrukturierung

die unstrukturierten Proben benötigt werden. Unter Berücksichtigung dieser Untersuchungsergebnisse kann mithilfe der Gleichungen für einfache Biegebalken die Blechdicke ermittelt werden, die ein unstrukturiertes Feinblech aufweisen müsste, um ein mit den wölbstrukturierten Proben vergleichbares Biegeverhalten im elastischen Verformungsbereich zu zeigen:

$$s_0^* = \sqrt[3]{x \cdot s_0}$$

Geht man von einer Ausgangsblechdicke des wölbstrukturierten Stahlblechs von 0,7 mm aus und berücksichtigt man die ermittelten Kraftverläufe, müsste somit die Ausgangsblechdicke eines unstrukturierten Feinblechs auf 1,0 bis 1,1 mm vergrößert werden. Es ist möglich, basierend auf einer gezielten Vordehnung der Wölbstrukturen zusätzliche Versteifungseffekte zu realisieren. So war bei Proben, die längs zur Strukturierungsrichtung orientiert sind, eine Ausbildung von Geometrieelementen zu beobachten, die mit Versteifungssicken vergleichbar sind. Im Rahmen durchgeführter zusätzlicher Biegeuntersuchungen konnten maximale Versteifungseffekte bei einer Vordehnung von 4 Prozent beobachtet werden. Bei einer Probenorientierung quer zur Strukturierungsrichtung war dagegen keine positive Beeinflussung der Biegesteifigkeit, basierend auf einer Probendehnung, feststellbar. Im Vergleich dazu ließ sich

bei den Biege- und Beuluntersuchungen, bei denen eine feste Einspannung der Proben erfolgte (Biegen von zweiseitig eingespannten Proben, Beulen von vierseitig eingespannten Proben), keine positive Beeinflussung der Probensteifigkeit durch die Wölbstrukturierung ermitteln.

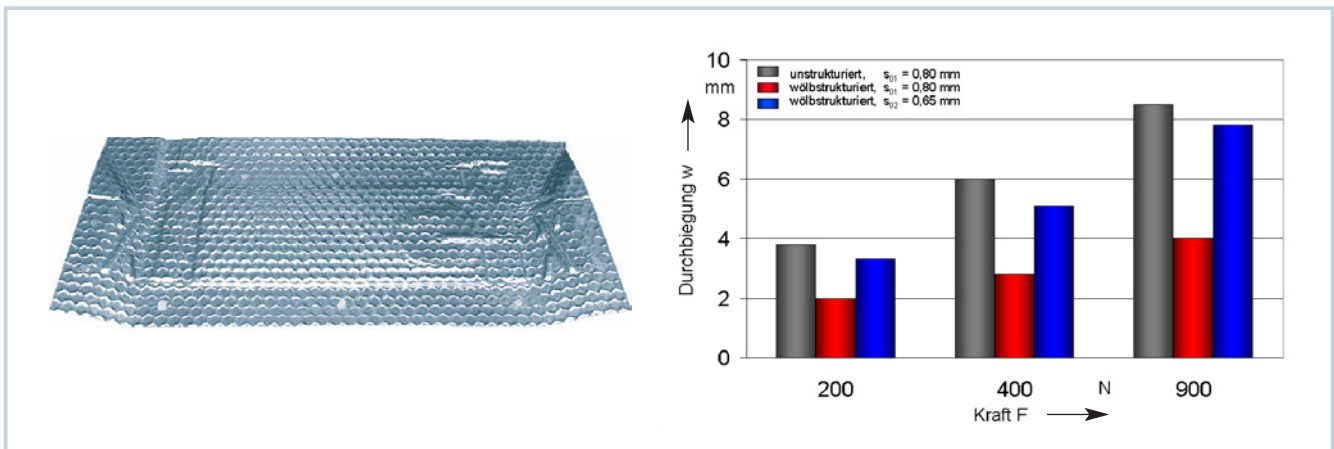
### Strukturblech muss in den Ziehspalt fließen können

Basierend auf den bisher erreichten Untersuchungsergebnissen ist es möglich, Richtlinien für die Gestaltung und Auslegung von Umformprozess, Bauteil und Werkzeug abzuleiten, um komplexe Bauteile aus wölbstrukturiertem Feinblech umformtechnisch herzustellen und eine Verbesserung der finalen Bauteilsteifigkeit zu gewährleisten. Wichtige Aspekte hinsichtlich der umformtechnischen Machbarkeit sind:

- die im Vergleich zur Umformung konventioneller Blechwerkstoffe signifikant höhere Niederhalterkraft, um eine Ausbildung von Falten erster Ordnung zu vermeiden, deren Entstehung in einem engen Zusammenhang mit dem Verlauf der Strukturstege steht,
- die Dimensionierung des Ziehspaltes, um das Einfließen des strukturierten Feinblechs in die Werkzeuggravur zu ermöglichen sowie
- die Gewährleistung des Ausreckens der Wölbstrukturen oder des Aufbiegens der Strukturstege in den kritischen Bauteilbereichen, um zusätzlichen Werkstoff für die Umformoperation zur Verfügung zu stellen.

Um maximale Versteifungseffekte zu erzielen ist zu beachten, dass

- das Bauteil durch große ebene Flächen charakterisiert sein sollte, wobei Einbaubedingungen, die mit einer festen Einspannung vergleichbar sind, vermieden werden sollten,
- das Ausrecken der Wölbstruktur oder das Aufbiegen der Strukturstege nur auf die kritischen Bauteilbereiche zu beschränken ist, um im Bauteilboden eine entsprechende Strukturausbildung nach dem Umformprozess sicherzustellen,
- bei der Realisierung gekrümmter Flächen der minimal realisierbare Bauteilradius zu berücksichtigen ist sowie



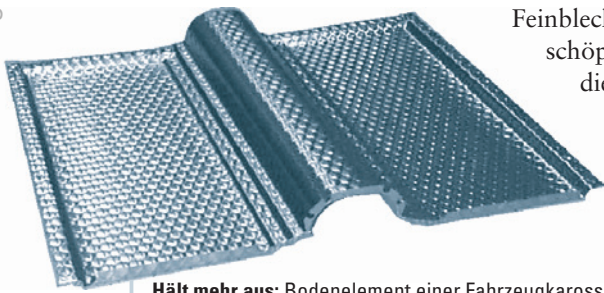
**Deutlich steifer:** Die Durchbiegung reduziert sich, wenn das Blech wölbstrukturiert ist, sogar bei reduzierter Blechdicke  $s_0$

- eine zusätzliche Steifigkeitsverbesserung durch eine gezielte Dehnung der Wölbstrukturen erreicht werden kann, wobei die Strukturorientierung ausreichend zu berücksichtigen ist.

### Bauteildurchbiegung um 50 Prozent reduziert

Am Beispiel von Realbauteilen sollen die Eignung und die Anwendbarkeit dieser Hinweise für das Umformen dieser Bauteile belegt werden. Im Fall eines Fahrzeug-Bodenblechs (1400 mm x 700 mm groß, Aluminiumlegierung AA5xxx, 0,8 mm dick) bestand die Herausforderung darin, das Potenzial

wölbstrukturierter Feinbleche auszuschöpfen, um die Steifigkeit dieses Karos-



**Hält mehr aus:** Bodenelement einer Fahrzeugkarosserie, gefertigt aus wölbstrukturiertem Feinblech

serieteils zu verbessern. Dazu musste man am vorhandenen Umformwerkzeug die Form- und Sickenelemente beseitigen, um eine Initialisierung von Instabilitäten zu vermeiden. Im Endeffekt ließ sich die Bauteildurchbiegung im Vergleich zum unstrukturierten Feinblech um bis zu 50 Prozent reduzieren. Bei einem strukturierten Feinblech, dessen Dicke auf 0,65 mm reduziert worden war, ergab sich immer noch eine verbesserte Bauteilsteifigkeit.

Beim Fertigen eines weiteren Bodenblechs (1400 mm x 1200 mm; AA5xxx; 1,0 mm) bestand das Ziel darin, einerseits die umformtechnische Machbarkeit sicherzustellen und andererseits maximale, auf der Wölbstruktur basierende Steifigkeitseffekte zu nutzen. Dazu war es notwendig, das Umformwerkzeug und den -prozess wölbstrukturgerecht zu gestalten. Unter Beachtung der aus den Grundlagenuntersuchungen abgeleiteten Richtlinien wurde dieses Ziel erreicht. Indem man eine geeignete Strukturorientierung erzeugte und den Prozess bestmöglich gestaltete, konnte eine Vordehnung der Strukturen im Tunnelbereich gezielt eingestellt werden und zusätzliche steifigkeitsverbessernde Effekte traten ein.

Abschließend ist festzustellen, dass komplexe Bauteile aus wölbstrukturierten Feinblechen in der Praxis hergestellt und dadurch positive Effekte hinsichtlich der Verbesserung der Bauteilsteifigkeit erreicht werden können. Dazu ist es aber notwendig, die spezifischen Besonderheiten wölbstrukturierter Feinbleche beim Auslegen und Gestalten von Bauteil, Werkzeug und Prozess zu berücksichtigen. ■

Dipl.-Ing. **ANDREAS STERZING**

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU),  
Chemnitz  
www.iwu.fhg.de