

# **Neue Trends in der Umformtechnik**

*Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel*

## **Einleitung**

Zentrale Forderungen an den modernen Fahrzeugbau sind die Verbesserung des Fahrkomforts und der passiven und aktiven Sicherheit bei gleichzeitiger Erhöhung der Umweltverträglichkeit. Ein großes Gewicht wird hierbei der Senkung des Kraftstoffverbrauchs sowie der Zunahme der Recyclingfähigkeit zugemessen.

Eine entscheidende zusätzliche Forderung besteht in der Minimierung der Fertigungskosten. In diesem Spannungsfeld nimmt die Bedeutung des intelligenten Leichtbaus zu, der nicht nur die werkstoffspezifischen Potenziale, sondern auch die Vorteile innovativer Fertigungstechnologien und Fahrzeugkonzepte nutzt.

Neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Stähle, in deren Folge eine deutliche Zunahme der Festigkeitseigenschaften bei ausreichenden Formgebungsmöglichkeiten erreicht wurde, wurden Halbzeuge aus Stahl entwickelt, deren Eigenschaften durch lokal unterschiedliche Werkstoffe bzw. Blechdicken an die Anforderungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden.

Aufgrund der konstruktiven Anforderungen, den Vorgaben aus der Festigkeitsberechnung werden Fertigungsverfahren zunehmend auf diese Bedürfnisse ausgerichtet. Betrachtet man die Umformtechnik zum heutigen Stand lassen sich Tendenzen in Richtung der Warm- und Halbwarmumformung ebenso erkennen wie die Tendenz zu kontinuierlichen Fertigungsverfahren, z.B. dem Walzprofilieren.

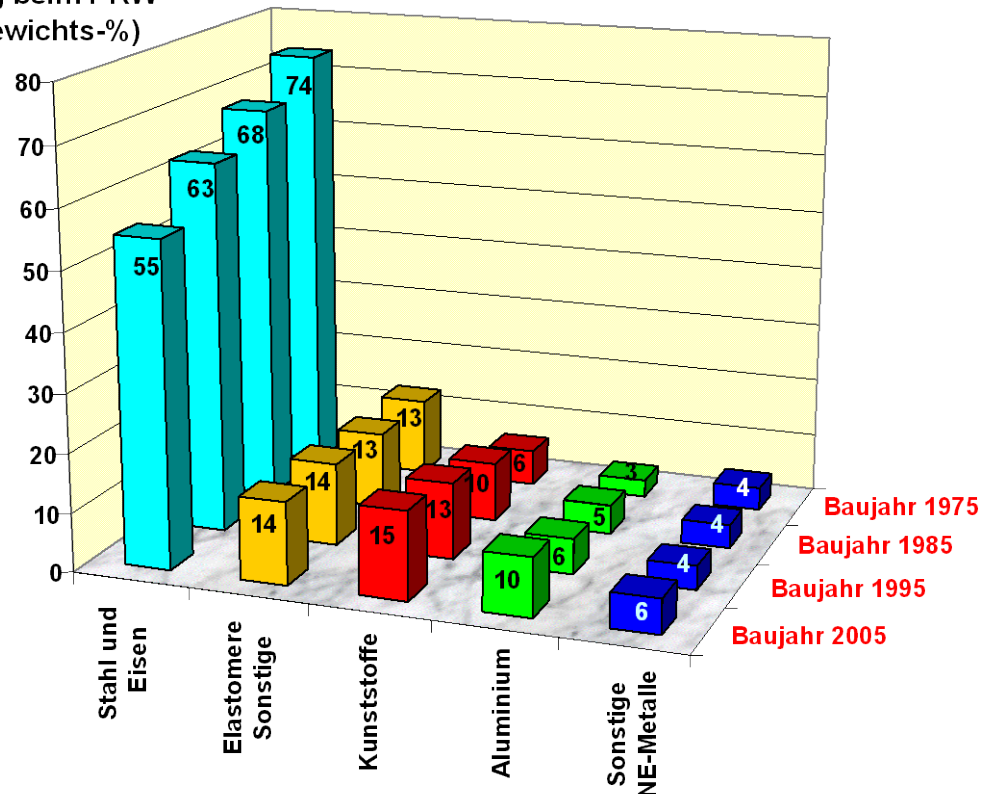
## **Materialien und Halbzeuge**

Der Leichtbau bei modernen PKW - Strukturen wird auf drei Ebenen vorangetrieben. An erster Stelle handelt es sich um einen konstruktiven Leichtbau, der ohne den Materialleichtbau nicht stattfinden kann. In der Gesamtheit kann aber die Bauteildarstellung aus der konstruktiven Forderung mit den technischen Gegebenheiten und damit Grenzen des Materials nur durch die Fertigungstechnik erreicht werden.

In diesem Spannungsfeld bewegt sich Leichtbau und ist demnach die Summe der Anwendungen aus Konstruktionstechnik, Werkstofftechnik und Fertigungstechnik mit den Disziplinen Umformtechnik und Fügetechnik.

Auch wenn in den letzten Jahren insbesondere die Stahlindustrie durch neue Stähle aufwartete und sich das Festigkeitsniveau eingesetzter Stähle fast vervierfachte hat absolut der Anteil an Stahl im Kfz nicht zugenommen.

Werkstoffverteilung beim PKW  
in Deutschland (Gewichts-%)



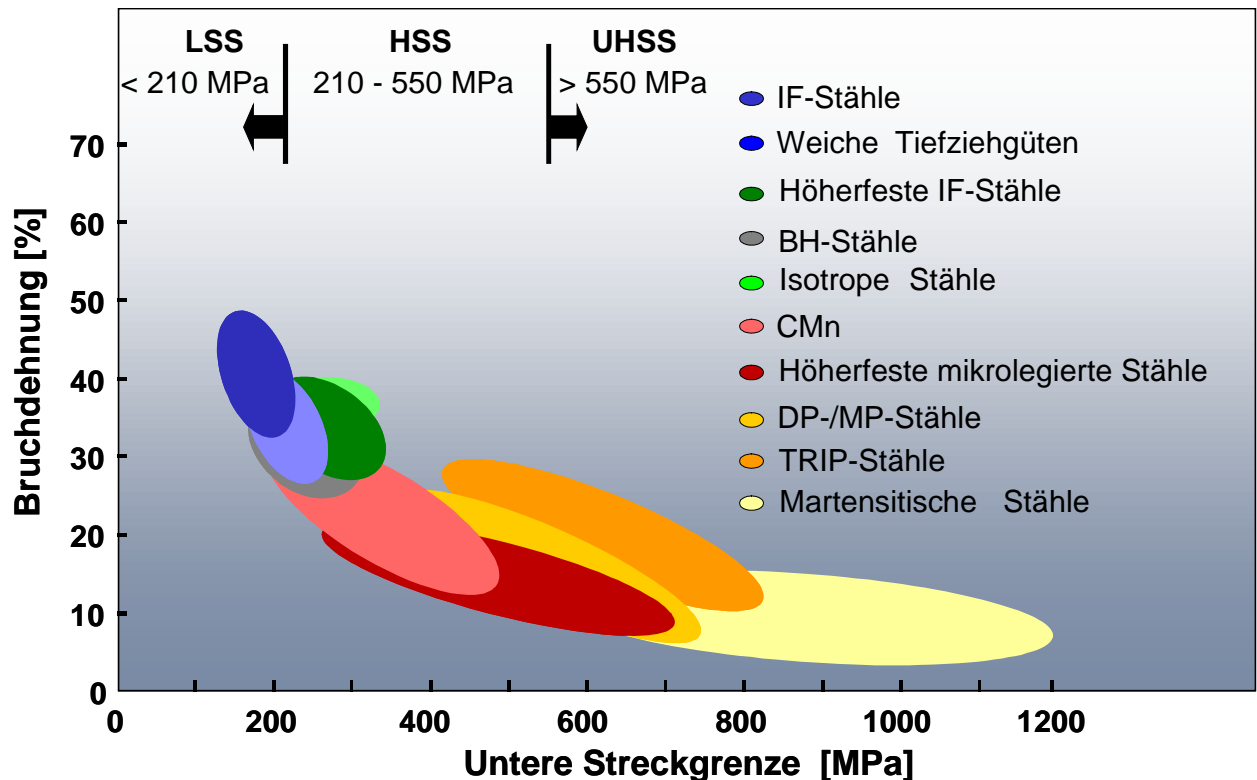
#### Materialverteilung in der PkV-Struktur (VDI )

Eine Studie des VDI und die genaue Betrachtung von Serienfahrzeugen belegt, dass wir es heute zunehmend mit einem deutlichen Materialmix bestehend Leichtbaumaterialien Magnesium, Aluminium und Kunststoff neben dem Stahl, der dann über alle Güten eingesetzt wird, zu tun

Eine genauere Betrachtung der Stahlgüten zeigt, dass sich diese nach den entsprechenden Festigkeitsklassen und Verformungspotential darstellen lassen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass Stähle mit sehr hoher Festigkeit nur noch beschränkt umformbar sind. Alle Mechanismen, die zu einer Festigkeitssteigerung bei Stählen führen beruhen auf der physikalischen Grundlage, dass sie

Versetzungen verhindern und/oder Gitter verspannen. Diese Effekte sind aber genau gegenläufig zu den gewünschten Umformeffekten.



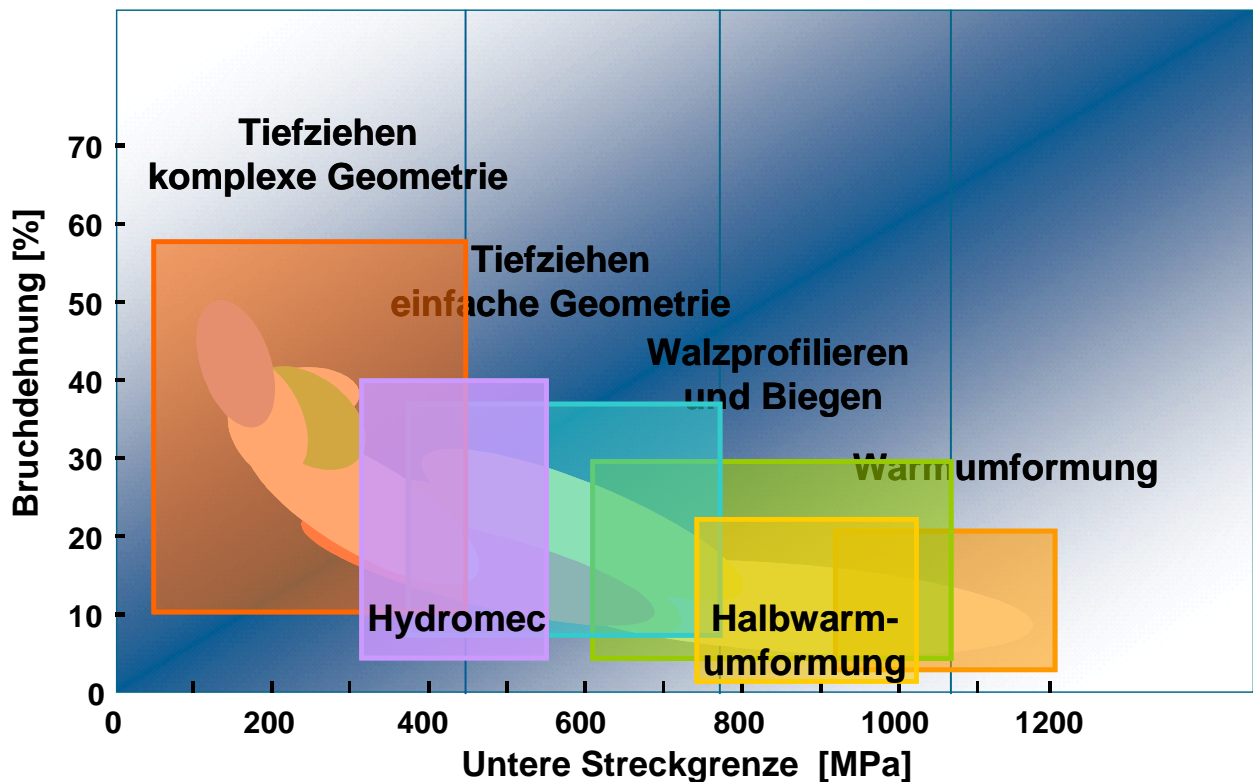
*Eingesetzte Stähle in der Karosseriestruktur. (Salzgitter)*

### Umformverfahren zur Verarbeitung von Karosseriestählen

Betrachtet man die Umformverfahren, dann lassen sich diese gemäß der an der Umformung beteiligten Spannungen darstellen und unterscheiden. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Druck-, Zug-, oder Biegespannungen. Diese Spannungen wiederum bewirken Dehnungen. Die Werkstoffe bzw. Halbzeuge können für eine bestimmte Beanspruchung nur begrenzte Dehnungen ohne Riss ertragen. Diese Grenzdehnungen werden im s.g. Grenzformänderungsdiagramm dargestellt.

Entsprechend der erreichten Umformgrade als rechnerische Vergleichsbildung aus den Dehnungen unterscheiden sich die durch o.g. Verfahren herstellbaren Fertigprodukte in ihrer Komplexität.

Die Verbindung zwischen Komplexität des herstellbaren umformtechnischen Produktes bei gegebenem Werkstoffe lässt sich entsprechend der Darstellung der Stähle gleichermaßen in einem Diagramm darstellen.



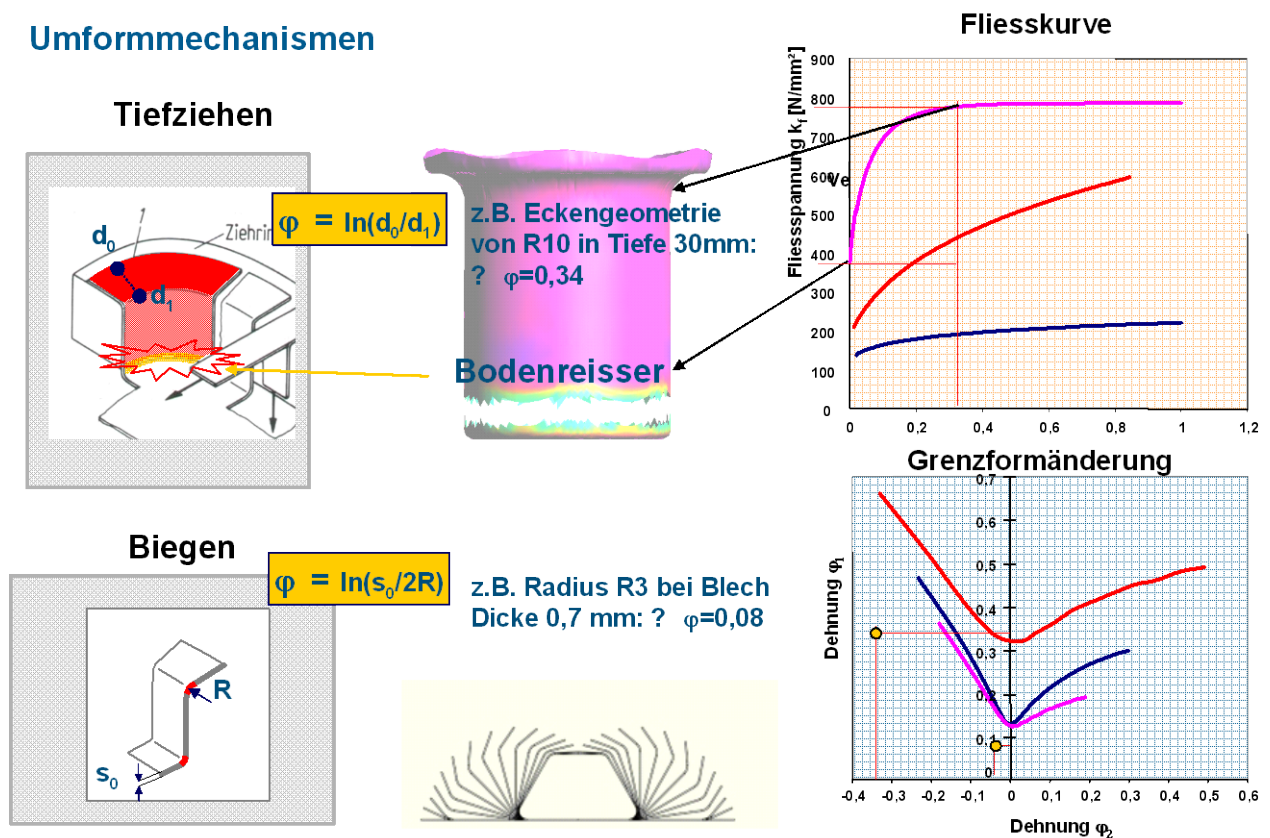
*Eingesetzbare Verfahren zur Verarbeitung von Karosseriestählen unterschiedlicher Festigkeit und Formänderungsfähigkeit*

Die Herstellung komplexerer Bauteile erfordert ein erhöhtes Maß an Umformvermögen. Stähle mit hohem Umformvermögen haben entsprechend geringere Festigkeiten. Typische Vertreter dieser Bauteilgruppe sind Aussenhautteile, die auch weiterhin durch Tiefziehen hergestellt werden. Eine Veränderung zeichnet sich hingegen beim Tiefziehen ab: Der Einsatz von Vielpunktsteuerung mit einem segmentierten Niederhalter beeinflusst nachhaltig die Reproduzierbarkeit und Qualität der Bauteile. Beim segmentierten Niederhalter kann durch Ansteuerung und festes Hinterlegen der Prozessdaten im Rechner eine gezielte Verteilung der Niederhalterkraft zonenspezifisch eingeleitet werden. Ein weiterer Vorteil besteht in der eh viel schnelleren Einarbeitung der Werkzeuge, da der Niederhalterdruck nicht durch Werkzeugmodifikation vorgenommen werden muss. Mit der Tendenz zu kleineren Stückzahlen und Derivaten erscheint auch der verstärkte Einsatz von Hydromec oder Innenhochdruck-Umformen von Blech von zunehmendem Interesse. Die Möglichkeit, auf ein Werkzeughälfte verzichten zu können, neben dem Verfahrensvorteil, evtl. Ziehstufen einsparen zu können, sind wichtige Argumente zum Einsatz dieser Verfahren.

Neben dem Einsatz und der Verarbeitung ebener Bleche nimmt der Anteil von Profilen in modernen Pkw-Strukturen zu. Sowohl der Einsatz offener Profile mit gleichbleibendem Querschnitt wie auch der Einsatz geschlossener Profile mit unveränderter Querschnittsgeometrie sind feste Bestandteile hybrider Kfz – Strukturen. Die Herstellung solcher Profile erfolgt durch kontinuierliche Verfahren wie dem Strangpressen (vornehmlich bei Aluminiumprofilen) oder dem Walzprofilieren.

Das Walzprofilieren, bei dem ein ebenes Blech über mehrere Walzgerüste in einer Profilblüte zu einem Profil gleichbleibenden Querschnittes geformt wird, kann über in große Breite von Stählen eingesetzt werden.

## Umformmechanismen



## Umformmechanismen

Selbst höherfeste Stähle mit bekanntermaßen niedrigem Umformvermögen können durch Walzprofilieren noch sicher hergestellt werden. Da es sich beim Walzprofilieren um eine Biegeumformung handelt ergeben sich die größten Dehnungen und damit Materialbeanspruchungen auf den Bogenaußenseiten am Blech. Die maximal erreichbaren Umformgrade bestimmen sich zu:

$$\varepsilon = \frac{s}{2 \cdot R_b}$$

dabei ist  $s$  die Blechdicke und  $R_b$  der Biegeradius. Da durch die Verwendung höherfester Materialien die Blechdicke verringert werden kann, besteht die Möglichkeit, über den Kantenradius am Profil ( $R_b$ ) das Umformvermögen des Werkstoffes zu größeren Radien hin zu berücksichtigen.

Das Walzprofilieren liefert Bauteile mit gerader Längsachse. Vielfach werden diese Profile heute als gerade Profile im Automobil eingesetzt. Die deutliche Erweiterung der Verwendung walzprofilierter Profile erreicht man durch einen nachgeschalteten Biegevorgang.

Hierbei werden Gesenkbiegeverfahren, Dornbiegeverfahren und Freiformbiegeverfahren angewendet. Die Entwicklung von Freiformbiegeverfahren stellt hierbei eine große Herausforderung an Maschinenhersteller wie Umformer. Alle Freiformbiegeverfahren haben den Nachteil, dass der minimale Biegehalbmesser vor Erreichen des Risses durch Faltenbildung erreicht wird. Um die Anwendbarkeit und insbesondere das Bauteilspektrum zu erweitern arbeiten Wissenschaftler an Biegeverfahren mit Unterstützung der Biegezone durch einen s.g. Biegedorn.

Beim Tiefziehen hingegen werden durch die dem Verfahren typischen Umformgrade und hohe Ziehkräfte bei höherfesten Materialien die Umformgrenzen erreicht. Dabei findet das Versagen jedoch nicht in der Umformzone statt, sondern es tritt der bekannte Bodenreißer auf.

Somit kann das Tiefziehen, genauer das Karosserieziehen, bei höher- und hochfesten Materialien für einfache Geometrien eingesetzt werden. Vom Mechanismus sind dies in der Regel Biegeoperationen, die aus s.o. erwähnten Gründen gut einsetzbar sind.

Für komplexere Geometrien aus höherfesten Werkstoffen, beispielsweise Verstärkungen in A-Säulen, wird insbesondere bei Verstärkungen in Cabrio-Fahrzeugen verstärkt das Innenhochdruck-Umformen eingesetzt. Mit Einschränkungen in der Umfangsgestaltung – nicht aber der Querschnittsgeometrie – können bei diesem Verfahren sehr komplexe Bauteilgeometrien hergestellt werden. Der Mechanismus, der hier die Umformbarkeit gewährleistet ist die hohe axiale Druckkomponente, die zu einer Stauchung führt und im Grenzformänderungsdiagramm den linken ansteigenden Ast der Grenzformänderung erreicht.

Für hochfeste Materialien hat sich die Warmumformung durchgesetzt. Beim Warmumformen gibt es zwei mögliche Routen.

Zum einen wird durch Erwärmung des Halbzeuges die Festigkeit des Werkstoffes in der Wärme verringert und das Umformvermögen deutlich gesteigert. Die Umformung erfolgt im warmen Zustand und das Bauteil erreicht seine Festigkeit nach Abkühlen nach dem Umformen.

Beim Presshärten wird das Halbzeug ebenfalls erwärmt. Die Erwärmung erfolgt hierbei ebenfalls oberhalb der Rekristallisationstemperatur. Beim Umformen im Werkzeug erfolgt durch Wärmeabfuhr ein Härtevorgang durch Umwandlungsprozesse im Material, die zu den gewünschten Festigkeitssteigerungen führen. Begründet in dem Mechanismus der Gefügeumwandlung sind diese Pressvorgänge nach Möglichkeit einstufig für die Umformung vorzunehmen.

Nachteilig wirkt sich heute das Warmumformen auf die Folgekosten für beschichtete Bauteile aus. Durch die erforderliche Temperaturführung ist es nicht möglich, dass beschichtete Bleche eingesetzt werden können. Eine anschließende Verzinkung des Bauteiles muss dazu im Bad nachgeschaltet werden.

Auch um diesen Folgeschritt einzusparen, wird heute an Halbwarmumformverfahren gearbeitet, mit denen beschichtete Bleche umgeformt werden können. In einem ähnlichen Verfahren wie beim Warmumformen werden dazu Werkzeuge mit Heizzonen versehen, um durch die zusätzliche Wärmeeinbringung den Temperaturstrom zu steuern. Umwandlungsvorgänge können hierbei nur beschränkt erfolgen, was eine gezielte Werkstoff- und Prozessentwicklung nach sich zieht.

### **Zusammenfassung**

Im modernen Karosseriebau haben hybride Strukturen einen festen Platz eingenommen. Im Aufbau der Strukturen ist ein ausgeprägter Materialmix zu beobachten. Die Verarbeitung der unterschiedlichen Halbzeuge wird über klassische Karosserieziehverfahren sowie Warmumformverfahren vorgenommen.

Im Trend der Umformtechnik werden vermutlich beim Karosserieziehen Vielpunktzieheinrichtungen und beschränkt Fluidumformverfahren eingesetzt werden.

Deutlich ist der Einsatz an Profilen erkennbar, zu deren Herstellung das Walzprofilieren einen festen Platz einnehmen wird. Zur Weiterverarbeitung werden Verfahren des Freiformbiegens weiter an Bedeutung gewinnen.

