



Der Hauptbestandteil für moderne Leichtmetallräder ist nach wie vor Aluminium. Aufgrund der geringen Festigkeit werden Legierungsbestandteile wie Silizium, Magnesium und andere der Schmelze beigefügt. Foto: Ronal

Innovationen in Produktion und Werkstoffe

Geringe, ungefederte Masse

Leichtmetallräder haben die Stahlvarianten längst verdrängt. Obwohl diese punkto Festigkeit und Preis top sind, kaufen Kunden mehrheitlich Leichtmetallräder. Die eher geringe Masse und das individuelle Design sind die Trümpfe der Aluminiumräder. Die Radtrends und technischen Herausforderungen in der Übersicht. **Andreas Senger**

Leichtmetallräder gehören zur Standardausrüstung: Sowohl bei preisgünstigen Kleinstwagen bis zum batterieelektrischen SUV sind Aluminiumräder oft schon ab Werk montiert. Die Spannweite des Fahrzeugangebotes sorgt entsprechend für eine breite Diversifikation des Radangebotes. Während preisgünstige Räder vor allem gegossen sind, gehört im Premium-Sportbereich das geschmiedete Rad zur ersten Wahl.

Das Rad hat grundsätzlich die Aufgabe, die statischen und dynamischen Kräfte von der Strasse und damit vom Reifen auf die Radnabe zu übertragen und umgekehrt. Soll beschleunigt, gebremst oder sportlich eine Kurve umfahren werden, treten vor allem bei schweren Fahrzeugen enorme Kräfte auf, welche der Radstern und die Felge aufnehmen müssen. Ob

ein Fahrzeug zudem 1200kg wiegt oder leer 2,5 Tonnen auf die Waage bringt (was bei den riesigen BEV-SUVs eher die Regel als die Ausnahme darstellt), ist die eine Herausforderung.

Der Wunsch der Kunden, möglichst grosse Räder in den riesigen Radkästen zu montieren, ist aus ästhetischer Sicht nachvollziehbar. Die Räder mit 23 Zoll und mehr Durchmesser werden aber so schwer, dass die rotative Masse beim Beschleunigen deutlich mehr Energie benötigt und beim Federungskomfort Abstriche gemacht werden müssen. Um die drehende Masse der Räder zu beschleunigen, muss der Antrieb zusätzlich zur Überwindung der Masenträgheit des Fahrzeuges Energie liefern. Damit steigen der Verbrauch, ob elektrisch oder fossil angetrieben, und die CO₂-Emissionen linear dazu.

Im Premiumsegment wird aus Komfortgründen die riesige, ungefederte Masse der Räder durch Luftfahrwerke mit Mehrkammersystemen und adaptiven Schwingungsdämpfern kaschiert. Der Spagat zwischen komfortablem Abrollen und sportlicher Auslegung bei Kurvenfahrt kann dank Hightech realisiert werden. Bei konventionellen Federungssystemen müssen jedoch deutliche Abstriche beim Komfort hingenommen werden. Bei groben Fahrbahnunebenheiten kann der Schwingungsdämpfer die kinetische Energie der ungefederten Masse nicht optimal durch Reibung im Öl in Wärme umwandeln. Ein akustisch vernehmbares Poltern und Stösse bis in die Wirbelsäulen der Insassen sind programmiert.

Je schwerer ein Fahrzeug ist, desto mehr Masse weist aus Festigkeitsgründen das Rad auf. Wäh-

rend ein gegossenes 19-Zoll-Rad rund 13 kg auf die Waage bringt, wiegt ein 23-Zoll-Rad bereits bis zu rund 23 kg und mehr. Selbstverständlich ist die Felgenbreite eine wichtige Kenngrösse: Je breiter die Maulweite, desto schwerer wird das Rad. Und zu guter Letzt verlangen schwere Fahrzeuge Reifen mit einem hohen Tragfähigkeitsindex. Der Karkassen- und Gürtelbau sind robuster ausgelegt und bringen zusätzlich ein hohes Gewicht auf die Waage.

Ein Werkstattmitarbeiter wuchtet bei einem Radwechsel eines 23-Zoll-Komplettad bis zu 50 kg hoch. Diese Masse ist längst nicht mehr suvakonform und ein Radhebegerät folglich ein Muss, um die Gesundheit der Mitarbeitenden zu schützen. Vor allem auch, weil diese riesigen Räder nicht körpernah hochgestemmt werden können und damit eine enorme Belastung für den Körper besteht.

Um die Räder trotzdem leichter auszuführen, werden zwei Innovationsstränge verfolgt: leichtere Werkstoffe und Weiterentwicklung der Herstellungsverfahren. Beim Material setzen die meisten Radhersteller auf Aluminiumlegierungen mit ca. 10 Prozent Silizium-Anteil, um die Festigkeit zu erhöhen. Weitere Bestandteile wie Kupfer oder Magnesium können je nach Preissegment zugefügt werden. Die Werkstofftechnik lässt marginale Massenreduktionen durch neue Legierungen noch zu. Grosse Sprünge bei Aluminiumlegierungen sind aber keine mehr zu erwarten.

Eine vielversprechende Werkstoffvariante sind kohlenfaserverstärkte Kunststoffe CFK. Die Räder werden hierbei durch Übereinanderschichten von Kohlenfasermatten und einträcken mit Harz produziert. CFK hat allerdings die gravierenden Nachteile, dass die Wärmeabfuhr der Bremsanlage über das Rad nicht gewährleistet ist. Insbesondere die Radbremsen geben die Wärme auch über die Räder ab und nutzen diese als Oberflächenvergrößerung für die Übertragung der Wärmeenergie an die Umgebungsluft. Da CFK ein Wärmeisulator darstellt, wird die Wärmeabgabe unterbunden. Auch ist CFK als Werkstoff für Räder wegen seiner Sprödigkeit eher ungeeignet. Die Bruch- oder Rissgefahr nach Randsteinrennplern ist immens. Zudem ist die Produktion aufwendig und teuer.

Insbesondere bei Hypersportwagen oder im Rennsport werden auch Räder aus Magnesium eingesetzt. Das Material ist als Legierung mit

der Dichte von 1,78 kg/dm³ noch leichter als Aluminium mit 2,74 kg/dm³. Allerdings ist reines Magnesium einfach entflammbar. Beim Kratzen am Trottoirrand kann das Felgenhorn durch die Reibung wie ein bengalisches Zündholz zu brennen beginnen. Entsprechend ist auch die Produktion aufwendiger, da bei spanabhebender Bearbeitung oder beim Bohren kein Sauerstoff auf das Rad gelangen darf. Entsprechend muss unter Schutzgasatmosphäre gearbeitet werden.

Bei der Herstellung von Alurädern sind grosse Differenzen auszumachen. Aluminium-Premiumräder werden durch Schmieden hergestellt. Dabei wird ein erwärmter Aluminiumlegierungsbolzen in mehreren Stufen durch Pressen in die Radform gebracht. Die Schmiedepressen üben dabei bis zu 10000 Tonnen Druck auf das Material aus. Dadurch wird es enorm verdichtet, weist eine hohe Festigkeit auf und

kann mit dünnen Wandstärken auftrumpfen. Zwischen den einzelnen Schmiedevorgängen muss der Rohling immer wieder aufgewärmt werden, um die Formgebung zu ermöglichen.

Eine weitere Möglichkeit zur Gewichtsreduktion und Erhöhung der Festigkeit wird beim Flow Forming umgesetzt. Dabei wird der konventionell gegossene Radrohling auf eine Matrize aufgespannt und aufgewärmt. Mittels Rollen, die mit einer Hydraulik an den Rohling gepresst werden, wird das Material des Felgenbettes ähnlich wie beim Töpfeln oder Teigauswallen gestreckt. Durch die Anpresskraft von rund 10 Tonnen wird das Felgenbettmaterial abgestreckt und verdichtet. Damit lässt sich zum einen die Wanddicke

Fortsetzung Seite 12



1 Um die Radmasse zu minimieren, wird bei hochwertigen Rädern das Flow Forming Verfahren eingesetzt. Dabei wird der aufgewärmte Gussrohling aufgespannt und mit einer hydraulisch angepressten Rolle wie ein Teig gedrückt. Das Felgenbett wird dabei gestreckt und das Material gleichzeitig verdichtet. Mit diesem Verfahren lassen sich Felgenbettdicken von rund 2,3mm wie bei geschmiedeten Rädern realisieren (Gussräder rund 5mm). **2** Im Massenmarkt werden die Aluminium-Leichtmetallräder im Niederdruckgussverfahren produziert. Die Rohlinge werden anschliessend weiterbearbeitet und lackiert. **3** Um die Sicherheit ab Werk zu garantieren, werden bei Premiumanbietern die Räder vollautomatisiert geröntgt, um Einschlüsse festzustellen. Billigräder werden oft nicht vom Hersteller geprüft und preisgünstigere Legierungen verwendet. Fotos: Ronal

halbieren und die Festigkeit überproportional durch die Verdichtung der Aluminiumlegierung erhöhen. Diese Produktionsart erlaubt, insbesondere die rotative Masse und damit die Trägheit gegenüber Beschleunigung und Verzögerung zu reduzieren.

Die preisgünstigste Variante ist das Niederdruckgiessen, bei dem die über 700 °C heisse, flüssige Aluminiumlegierung mit einem Überdruck von 1,2 bar in die Gussform geschossen wird. Weil der Werkstoff aber nicht verdichtet wird, muss mit rund doppelt so grossen Wanddicken produziert werden, um die Festigkeit zu gewährleisten. Und die vierte Variante, die insbesondere bei exotisch designten Rädern angewendet wird, ist das Fräsen des Rades aus einem Aluminiumblock. Bei allen beschriebenen Produktionsarten muss das Rad eine Wärmebehandlung durchlaufen. Die Aluminiumlegierung soll eine hohe Festigkeit aufweisen, gleichzeitig aber elastisch sein und nicht spröde. Dieser Vorgang dauert je nach Hersteller zusätzlich rund 14 Stunden.

Der Markt für Leichtmetallräder ist vielfältig. Sowohl etablierte Marken wie auch Tuner bieten vom preisgünstigen bis zum edlen Rad in verschiedensten Designs und Farben sowie Oberflächenveredelungen an. Wie beispielsweise bei Ronal, dem Schweizer Radhersteller mit Sitz in Härkingen, wird die Entwicklung sowie der Werkzeugbau für die Gussformen in der Schweiz umgesetzt. Die Produktion erfolgt im Ausland (bei Ronal in Deutschland). Viele Tuner nutzen das Know-how der Radhersteller, um eigene Designs anbieten zu können. Entwicklung, Prototypenbau, Werkzeugbau und Produktion werden von grossen Anbietern im Auftrag ausgeführt. Wichtig dabei, dass die Produkte auch jeweils geprüft werden.

Während Billiganbieter sich weniger um das Engineering kümmern und damit das Optimum punkto Festigkeit und Masse des Rades herausholen, ist dies bei renommierten Marken das A und O. Nebst höchster Zuverlässigkeit soll eben die ungefederte Masse möglichst gering sein, um dem Kunden punkto Fahrspass, aber auch Verbrauchseinsparung das Optimum zu bieten. Zudem kann bei Billiganbietern die Qualitätssicherung eingespart werden. Dies bedeutet, dass bei gegossenen Rädern strukturelle Festigkeitsprobleme aufgrund von Luft einschüssen beim Giessen nicht erkannt und die Räder so ausgelie-



Festigkeitsanalyse in dynamischen Versuchen (oben) und im statischen Prüfverfahren: Radhersteller mit Renommee prüfen ihre Erzeugnisse in der Entwicklung auf Herz und Nieren, um den Kunden sicherheitstechnisch einwandfreie Räder zu verkaufen. Billiganbieter, die ihre Produkte im Internet zu enorm günstigen Preisen anbieten, verzichten sowohl auf die Qualitätssicherung in der Produktion als auch auf teure Entwicklungsverfahren. Um trotzdem die Festigkeit zu gewährleisten, werden dickere Wandbreiten gegossen und die Räder sind entsprechend deutlich schwerer. Fotos: Ronal

fert werden. Insbesondere im Internet werden auf Handelsplattformen auch aus Fernost topgünstige Räder angeboten, die auf den Bildern optisch toll aussehen. Zum einen sind die Produkte oft deutlich schwerer als die Markenräder und zum anderen ist die Sicherheit nicht gewährleistet. Radbrüche bei hohen Kurvenfahrten will kein verantwortungsbewusster Käufer erleben.

Entsprechend ist es für den Garagisten unangenehm, den Kunden Räder anzubieten, die im Produktionsprozess dank Qualitätssicherungsmaßnahmen überwacht wurden. Die renommierten Radhersteller überprüfen jedes Rad sowohl optisch von einem Mitarbeiternden wie auch maschinell durch Röntgen. Dadurch wird eine 0%-Fehlergarantie gewährleistet.

Und zu guter Letzt: Sollte ein Felgenhorn oder der Radstern mit dem Trottoir Bekanntschaft gemacht haben, lässt sich der Schaden durch Lackieren oder Herauspolieren der Kratzer kaschieren. Ist das Felgenhorn aber gerissen, hat die Felge Seiten- oder Höhengschlag durch eine plastische Verformung, dürfen Räder unter keinen Umständen repariert werden. Obwohl es Anbieter gibt, die auch diese Schäden beheben, ist davon dringendst abzuraten. Der Grund: Gerissene Felgenhörner werden oft mittels Aluminiumschweissen repariert. Die Schweissstelle müsste wiederum Wärmebehandelt werden, um die Spannungen aus dem Gefüge zu nehmen. Dies wird in der Regel aber nicht durchgeführt. Ein Schlag reicht und die Felge kann reißen. <