

AUF BIEGEN & BRECHEN

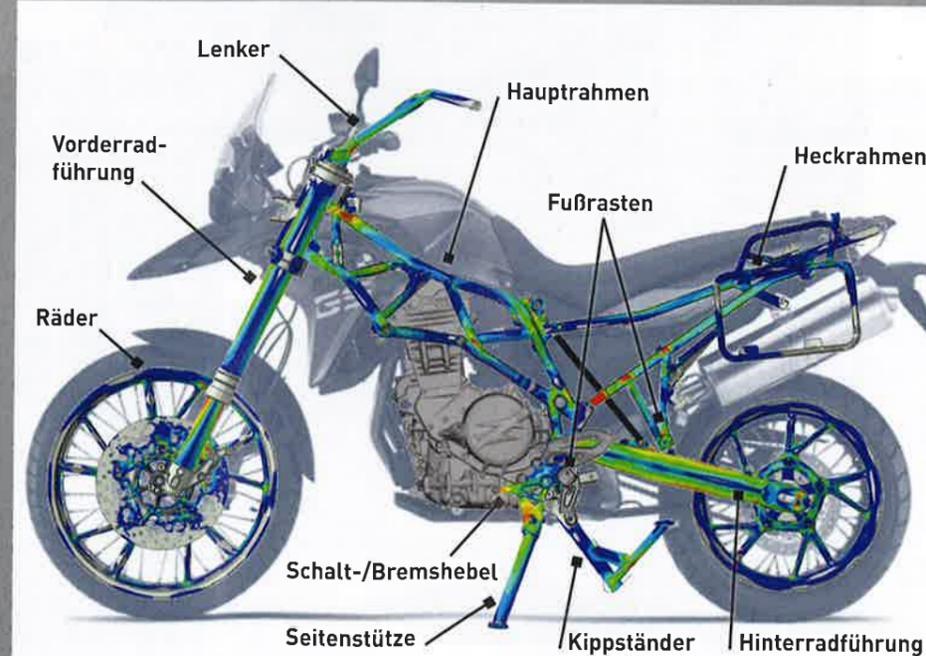
Ein paar Rohre oder Profile zusammenschweißen, Gabel und Federbein einbauen, fertig ist das Chassis? Von wegen! Um ein Fahrwerk zu entwickeln, braucht's reichlich Know-how, komplexe Prüfstände und unendlich viele Bits und Bytes.

Text: Volkmar Jacob; Fotos: Jacek Bilski; Grafiken: BMW

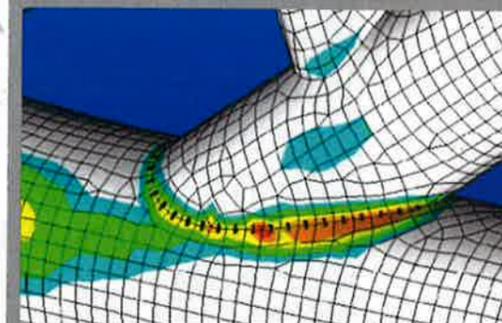
Die Fenster sind mit Sichtschutzrollos blickdicht abgedeckt, der Projektor wirft geheime Grafiken an die Leinwand. Am Konferenztisch sitzen der Chef der BMW-Fahrwerksentwicklung, einige Gruppenleiter und wir, zwei Journalisten. Die Münchner haben uns exklusiv für einen Tag zu sich eingeladen, um Einblicke in die Entstehung eines kompletten Chassis zu gewähren. „Für die Entwicklung sind vier Schritte maßgeblich“, berichten die Spezialisten. Besonders verblüfften uns die ersten beiden.

Bei der „Finite Elemente Methode“ (FEM) wird ein im Computer entwickeltes Bauteil – beispielsweise der Hauptrahmen – in einem Simulationsprogramm in viele winzig kleine Bereiche aufgeteilt. Das Programm errechnet nun, wie stark jeder einzelne Bereich unter unterschiedlichen Kräfteinwirkungen belastet wird. Hierbei spielen Form, Art und Dimensionierung des Materials ebenso eine Rolle wie die Konstruktion des gesamten Bauteils selbst: Ist es ausreichend stabil und bietet dabei die gewünschte Flexibilität? Das Programm simuliert sogar

unterschiedliche Schweißverbindungen. Jedes zum Chassis gehörende Teil wird auf diese Art berechnet: Haupt- und Heckrahmen, Schwinge, Räder, Vorderradführung, Lenker, Rasten, Haupt- und Seitenständer sowie der Schalt- und Bremshebel. „Durchschnittlich berechnen wir jedes Bauteil zirka sechs Wochen“, erklärt Chefentwickler Toine Ruhe. „Je mehr wir simulieren, desto weniger Aufwand und damit auch Kosten benötigen wir beim Bau von Prototypen. Unsere Trefferquote liegt bei 90 Prozent.“ Dieser hohe Simulationsanteil ist erstaunlich.



Die Grafik links zeigt sämtliche Fahrwerkskomponenten, die zunächst am Rechner entworfen und dann mit einem speziellen Programm auf Stabilität und Flexibilität überprüft werden. Das Programm unterteilt die Bauteile in viele kleine Bereiche und berechnet jeden Teilbereich einzeln (unten)





Die Mehrkörpersimulation (MKS) ermöglicht auch Berechnungen von Rundenzeiten auf detailgetreu hinterlegten Rennstrecken. Dabei können am Computer unzählige Parameter verändert werden wie beispielsweise Geometriedaten, Schwerpunktlage, Windeinflüsse, Übersetzungen, Motorpower...

In Schritt zwei fügt ein weiteres, noch umfangreicheres Programm die Fahrwerkskomponenten inklusive sämtlicher anderer Bauteile eines Bikes zusammen, im Rechner entsteht ein komplettes Motorrad. Dieses virtuelle Gefährt brettert nun über Schlechtwegstrecken, bügelt mit voller Beladung und Höchstgeschwindigkeit über die Autobahn und pfeilt über Handlingpisten. Selbst Simulationen auf unterschiedlichen, detailgetreu angelegten Rennstrecken inklusive Rundenzeiten sind möglich. Diese Mehrkörpersimulation (MKS) ermöglicht unzählige Parameteränderungen wie beispielsweise Geometrie, Schwerpunktlage, vom Fahrer eingebrachte Lenkimpulse, Windeinflüsse und viele mehr. Daraus errechnet der Computer das Fahrverhalten. Diese dynamischen Simulationen enttarnen Lenkerschlagen, Pendeln und weitere unliebsame Eigenschaften und helfen, sie zu eliminieren.

Bislang lief alles im Cyberraum ab, jetzt wird's real

Nach der virtuellen folgt die echte Welt. Beim Prototypenbau finden sämtliche Komponenten zueinander, Fachleute bauen die Bikes in Handarbeit auf. In einer großen Halle stehen geschätzte 15 Bikes, allesamt mit Planen vor neugierigen Journalistenaugen geschützt. Auch Fotografieren ist während unseres Besuchs nur bedingt gestattet. Mal heimlich unter eine Plane linsen? Lieber nicht, sonst droht ewige Verdammnis! „Wir werden sehr früh in die Entwicklungsarbeit einbezogen“, verrät der Versuchsleiter für Fahrdynamik und Ergonomie, Ralf Schwickerath. „Durch finden wir rechtzeitig heraus, ob etwas funktioniert oder nicht und können entsprechend reagieren.“ Auch die Sitzposition wird hier an Modellen ausgetüfelt. Gleichermassen interessant sind die Feder-elemente-Prüfstände. Sie



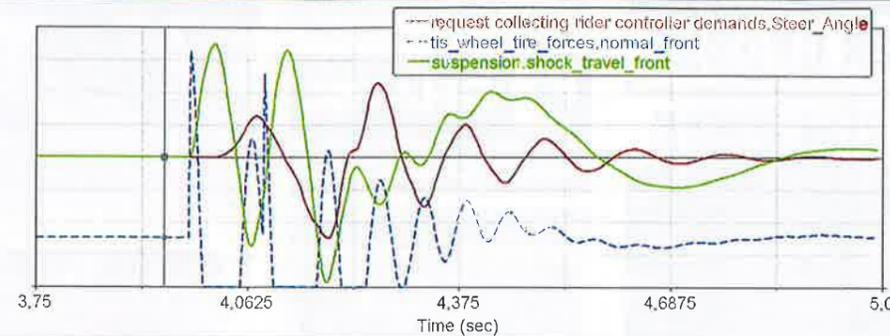
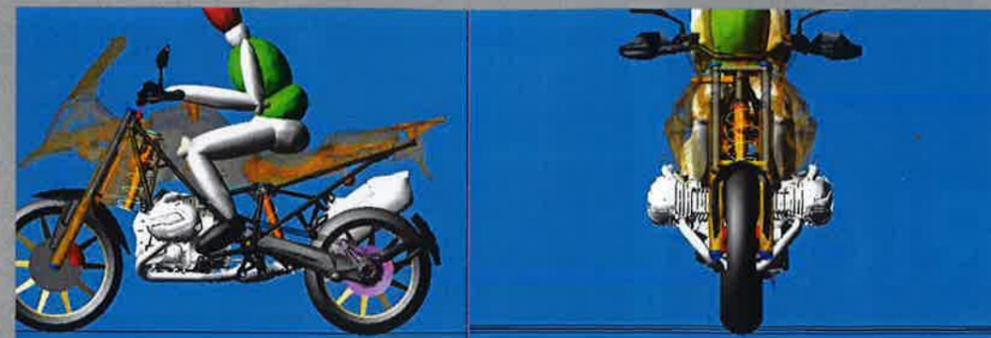
An vielfach ergonomisch einstellbaren, unterschiedlichen Modellen (hier ein Roller) tüfelt BMW die Sitzposition aus



„BEI DEN SIMULATIONEN HABEN

WIR EINE TREFFER-QUOTE VON 90 PROZENT. DAS SPART ZEIT UND KOSTEN BEIM BAU VON PROTOTYPEN“

Toine Ruhe, Chefentwickler Fahrwerk



Diese Grafik zeigt die Kickback-Simulation auf unebener Fahrbahn. Die blaue Linie steht für den Vorderkontakt zur Straße. Je näher diese sich an der Nulllinie (unterste Diagrammlinie) befindet, desto weniger Kontakt hat das Rad und kann keine Kräfte übertragen. Die grüne Linie zeigt das Ein- und Ausfedern des Vorderrads. Gibt man einen virtuellen Lenkimpuls, berechnet das Programm den Lenkwinkel (rote Linie). Je flacher diese ausfällt, desto weniger Kickback tritt auf

zeigen die Feder- und Dämpfungskennlinien für Gabel und Federbein, und offenbaren darüber hinaus die Reibwerte der Gabel bei Vollbremsungen. Ein wichtiger Parameter, da sich jede Gabel beim vollen Anker verbiegt. Die optimalen Dimensionen von Tauch- und Standrohr minimieren diese Reibung.

Einen letzten (Bruch-) Test durchlaufen die Fahrwerke auf weiteren Prüfständen. Hier werden die Komponenten mit bis zu 280 bar hydraulischem Druck gebogen, gewunden, gekrümmt und

durchgerüttelt. Heftig: Ein Versuchsaufbau biegt eine eingebaute Gabel im eingefederten Zustand mit hoher Frequenz immer wieder um bis zu 45 Millimeter nach hinten und prüft damit die Festigkeit der kompletten Front inklusive Rahmen. Wie Kinder auf Weihnachten freuten wir uns auf den Wheelie-Prüfstand. Doch statt die Einrad-Tauglichkeit von BMWs auszuforschen – Stichworte Ergonomie, Schwerpunktlage, Geometrie –, hebt der Versuchsaufbau die Front auf zirka eineinhalb Meter an, beschleunigt das Vorderrad auf 80 km/h und lässt die ganze Chose unsanft auf den Boden krachen. Dieser Test offenbart Schwächen beispielsweise am Lenkkopf des Rahmens. „Erst wenn sämtliche Fahrwerkskomponenten 150 Prozent der Lebensdauer überstehen und danach immer noch eine definierte Festigkeit aufweisen, gehen sie in Serie“, sagt Chefentwickler Ruhe. Wie hoch die kalkulierte Lebensdauer bei BMW ausfällt, verrät er trotz aller Offenheit verständlicherweise nicht – Betriebsgeheimnis! ■

Beim Prototypenbau trifft die virtuelle auf die echte Welt. Sämtliche vom Computer berechneten Bauteile finden hier real zueinander (Foto unten): Hauptrahmen und Schwingen), die Fahrversuche können beginnen. Verschiedene Feder-elemente-Prüfstände spucken Kennlinien von Feder und Dämpfung aus. Besonders stolz ist man bei BMW aufs Ermitteln von Gabel-Reibwerten bei imitierten Vollbremsungen (rechts)

