

■ Der richtige Dämpfer für mehr Bodenhaftung

Magneto-rheologische Fluide helfen dabei, unerwünschte Schwingungen bei Fahrzeugen oder Brücken in den Griff zu kriegen.

Wer mit einem Auto sicher vorwärtskommen möchte, sollte mit den Rädern am Boden bleiben. Das ist keineswegs trivial, denn jedes sich bewegende Fahrzeug ist ein schwingendes System. Dass es mit dem Am-Boden-Bleiben im Straßenverkehr trotzdem meist funktioniert, liegt an der Federung. Ohne sie würden sich Straßenunebenheiten direkt auf das Fahrzeug übertragen. Das würde die Insassen nicht nur ständig durchrütteln, vielmehr könnten die Räder durch die wechselnd angreifenden Kräfte rasch den Kontakt zur Straße verlieren. Das richtige Zusammenspiel von Federn und Dämpfer ist also überlebenswichtig.

Im Laufe der Zeit hat die Automobilindustrie zahlreiche Federungs- und Dämpfungssysteme entwickelt und sich dabei allerlei elektronischer, mechanischer und hydraulischer Tricks bedient. Diese Systeme entscheiden auch über Fahrgefühl und -stil. Bei der Familienkutsche wird die Federung erst mit steigender Zuladung härter. So lässt sich verhindern, dass das Fahrzeug durchschlägt – dass die Dämpfer also eine Unebenheit der Fahrbahn nicht mehr komplett ausgleichen können und einen Teil der mechanischen Energie an die Fahrzeuginsassen weitergeben.



Die Stahlseile der Alamillo-Brücke in Sevilla benötigen eine aktive Dämpfung, um nicht durch Wind und Regen zu stark

ins Schwingen zu geraten. Hierbei helfen Systeme, die den magneto-rheologischen Effekt ausnutzen.

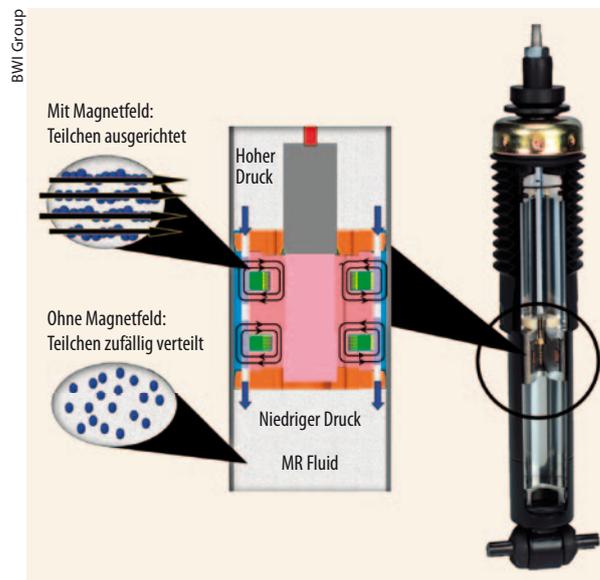
Dagegen hat ein Auto, mit dem man den Nachbarn beeindrucken will, bereits bei normaler Zuladung eine relativ harte Federung, weil sich dann Kurven rasanter nehmen lassen und die Lenkung schneller anspricht. Bei manchem höherpreisigen Auto sorgt eine Regelelektronik dafür, dass sich Federung und Dämpfung an Fahrstil und Fahrbahnbeschaffenheit anpassen.

Dämpfungssysteme, die mit magneto-rheologischen Fluiden arbeiten, sind noch relativ neu. Dies sind Suspensionen aus magnetisch polarisierbaren, mikrometerkleinen

Partikeln, die sich gleichmäßig in einer Trägerflüssigkeit verteilen. In einem äußeren Magnetfeld richten sich die Partikel aufgrund der Dipol-Dipol-Wechselwirkung in langen Ketten entlang der Feldlinien aus. Die Teilchenkettens behindern die Bewegung der Flüssigkeit senkrecht zu den Magnetfeldlinien, erhöhen also deren Viskosität. Die effektive Viskosität steigt mit zunehmendem, äußerem Magnetfeld und nimmt einen konstanten Wert an, wenn alle Partikel in Ketten angeordnet sind. Der Effekt ist reversibel und läuft so schnell ab, dass magneto-rheologische Dämpfer innerhalb von Millisekunden ansprechen.

In einem Dämpfer helfen solche Fluide, die Kennlinie rasch an die Fahr situation anzupassen. Dazu befindet sich das Fluid in einem dünnen zylindrischen Hohlraum im Führungsrohr des Dämpfers (Abb. links). Auf der Innenseite sind Magnetspulen angebracht. Soll der bewegliche Teil des Dämpfers schwergängiger sein, fließt ein elektrischer Strom durch die Spulen, sodass die Viskosität des Fluids ansteigt.

Grundsätzlich hängt der magneto-rheologische Effekt von der Temperatur, der Stärke des Magnet-



Das magneto-rheologische Dämpfungssystem MagneRide besitzt je zwei Spulen an gegenüberliegenden Seiten. Ihre Windungen sind gegenläufig zueinander, sodass Wirbelströme beim Schalten sich gegenseitig aufheben. Dies verkürzt die Ansprechzeit des Systems. Ohne Magnetfeld verteilen sich die ferromagnetischen Partikel des Fluids gleichmäßig. Durch ein äußeres Magnetfeld richten sie sich aus.



Magneto-rheologische Dämpfungssysteme sind keine billige Lösung und

finden sich daher eher in teuren Fahrzeugmodellen.

feldes sowie von den Eigenschaften der Partikel und der Trägerflüssigkeit ab. Ein praxistaugliches Fluid muss einen großen Temperaturbereich abdecken, gute Schmiereigenschaften aufweisen (meist kommt in Dämpfern ein Hydrauliköl zum Einsatz) und darf nicht die Oberfläche abtragen (Abrasion). Zudem darf sich das Fluid nicht ablagern (Sedimentation) oder verklumpen (Agglomeration). Mit Blick auf die Entsorgung spielen auch ökologische Aspekte eine immer wichtigere Rolle.

In der Praxis haben sich ferromagnetische, sphärische Partikel bewährt, die im Fluid Volumenkonzentrationen von 20 bis 40 Prozent erreichen. Je höher die Sättigungsmagnetisierung der Teilchen ausfällt, desto größere Schubspannungen können die Fluide übertragen. Carboneisen ist die erste Wahl für magneto-rheologische Effekte, da es kostengünstig, sehr

rein und in der richtigen Größenverteilung als Pulver herstellbar ist. Als Flüssigkeit mit geringer Viskosität dienen oft Mineral-, Kohlenwasserstoff- oder Silikonöle.

Da die Partikel zu groß sind, um bei ausgeschaltetem äußerem Magnetfeld allein aufgrund der thermischen Bewegung fein verteilt zu bleiben, müssen die Hersteller einigen Aufwand treiben: Erst durch Additive, die natürlich nicht mit der Trägerflüssigkeit chemisch wechselwirken dürfen, bekommen die Carboneisenteilchen die gewünschten Eigenschaften. Abhängig von der Anwendung gibt es unterschiedliche Ansätze. So unterliegen z. B. nanometergroße ferromagnetische Partikel, im Gegensatz zu den mikrometergroßen Teilchen des magneto-rheologischen Fluids, der Brownschen Molekularbewegung. Vermischt mit ihren größeren Brüdern wirken sie also Sedimentation und Agglomeration entgegen

und zwingen auch größere Partikel zu einer feineren Verteilung. Eine andere Möglichkeit sind oberflächenaktive Stoffe wie bestimmte organische Säuren oder alkalische Seifen. Diese Additive werden an den Oberflächen der Carboneisenteilchen adsorbiert und minimieren aufgrund ihrer Polarität die Gefahr des Verklumpens.

Magneto-rheologische Dämpfungssysteme sind keine billige Lösung und finden sich daher mehrheitlich bei eher teuren Fahrzeugmodellen – unter anderem bei den Marken Audi, Cadillac, Ferrari, General Motors und Land Rover. Manche Porsche-Modelle besitzen ein Motorlager, dessen Wirkungsweise ebenfalls auf einem magneto-rheologischen Fluid beruht.

Auch im Brückenbau finden diese Dämpfer Verwendung. Ein prominentes Beispiel ist die Alamillo-Brücke in Sevilla – eine Schrägseilbrücke ohne Rückverankerung. Ihr Anblick erinnert an eine Harfe, deren 26 Stahlseile eine Fahrbahnlänge von 200 Metern tragen. Allerdings verhielt sich die Brücke auch sonst sehr harfenähnlich: Regen und Wind konnten die 200 bis 260 Meter langen Stahlseile in Schwingungen mit Amplituden von bis zu einem halben Meter versetzen. Durch den nachträglichen Einbau magneto-rheologischer Dämpfer an den Stahlseilverankerungen neben der Fahrbahn reduzierte sich die Ähnlichkeit der Brücke mit einer Harfe zum Glück wieder auf das Bildliche.

Michael Vogel



2., aktualis. u. erw. Auflage,
X, 278 Seiten, 49 Abb.,
Broschur, 17,90 €
ISBN: 978-3-527-40814-6

Max Rauner und Stefan Jorda

Big Business und Big Bang

Berufs- und Studienführer Physik

Physikstudium? Und was dann? Dreizehn aktuelle Reportagen aus verschiedenen Branchen vermitteln den Lesern einen lebendigen Eindruck von Berufen, in denen Physikerinnen und Physiker arbeiten, z. B. in Banken und Versicherungen, als Forschungsmanager und Patentanwalt, in der Automobilbranche und Telekommunikation, bei Optikfirmen und Unternehmensberatungen. Von Big Business

bis Big Bang gibt es kaum ein Gebiet, auf dem sie nicht vertreten sind.

Diese zweite, ergänzte Auflage beinhaltet zusätzlich Medizinphysik, Chemie und die Energiebranche als Berufsportraits; darüber hinaus aktuelle Informationen über Bachelor- und Master-Studiengänge sowie einen aktualisierten Serviceteil.

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, E-Mail: service@wiley-vch.de, www.wiley-vch.de

WILEY-VCH