

# Zusatzinformationen zu Reibung und Energieumwandlung

## Keramikmaterial bei Bremse und Kupplung

Als Fortentwicklung der Autoindustrie seit der Erstaussage der Transparente-Mappe „Physik am Auto“ kann auf dem hier angesprochenen Gebiet der Einsatz keramischer Werkstoffe gelten. Dies betrifft zurzeit ausschließlich den Premium- und Hochpreis-Sektor, ein Einsatz für die Großserie ist in naher Zukunft nicht zu erwarten: so beträgt allein der Aufpreis für eine keramische Bremsanlage bei einem Porsche 911 fast 8000,- Euro.

Im Folgenden werden Neuerungen vorgestellt, die, ursprünglich aus dem Rennsport abgeleitet, inzwischen auch für den Normalverbraucher erhältlich sind. Stellt man die Bremsscheiben statt aus Stahl aus keramischen Werkstoffen her, so ergeben sich zwei große Vorteile: Zum einen spart man über 50 % Gewicht bei den ungefederten Massen. Zum anderen zeigt das Keramikmaterial bei Formstabilität, thermischer Belastbarkeit, Reibungsdaten und Abriebverhalten in Verbindung mit neu entwickelten speziellen Bremsbelägen hervorragende Werte. Die Hersteller gehen von einer Lebenserwartung der Keramikscheiben aus, die der des Fahrzeugs entspricht. Auch die neuen Bremsbeläge sollen doppelt so lange halten wie herkömmliche.

Die keramische Oberfläche der Scheiben bietet Schutz vor Korrosion durch Streusalz und Wasser. Das Keramikmaterial ist speziell gehärtet und nimmt ebenso wie die neu entwickelten Bremsbeläge nahezu kein Wasser auf, was das Ansprechverhalten bei Nass-Bremung deutlich verbessert. Wegen der hohen Formfestigkeit tritt weder im Kalt- noch im Warmzustand ein unangenehmes „Bremsrubbeln“ auf.

Die äußere Form der Bremsscheiben hat sich bei dem neuen Werkstoff nicht wesentlich geändert (siehe Bilder). Die Scheiben sind innenbelüftet und teilweise mit Löchern zur Wasserableitung versehen (vgl. hierzu die früheren Texte zur Reibung).



Vorderradbremse



Porsche Bremse

Das verwendete Material durchläuft einen aufwändigen Herstellungsprozess. So erklärt sich der hohe Preis. Es handelt sich bei den jetzt erhältlichen Modellen um das Verbundmaterial „carbonfaserverstärktes Siliziumkarbid“ („CMC“: Ceramic Matrix Composite). Andere Verbundwerkstoffe („MMC“: Metal Matrix Composite, als Metallanteil wird partikelvertärktes Aluminium verwendet; „C/C“: Carbon/Carbon, ein kohlefaserverstärkter Kohlenstoff) sind vorher ebenfalls erprobt worden. Diese hatten teilweise nicht die Standfestigkeit der zuletzt entwickelten Werkstoffe, sodass es für diese im Wesentlichen beim reinen Renneinsatz geblieben ist.

Nachdem also die Hersteller durch den Einsatz solcher Materialien bei Bremsen und Kupplungen beim Autorennen schon länger Erfahrungen damit sammeln konnten, bietet man jetzt auch Kuppelungsscheiben aus keramischem Material an. Auch hier glänzt die Keramik mit ausgezeichneten Werten in Haltbarkeit, Temperaturverträglichkeit und Größenvergleich.