



**Denis Scheiermann, M.Sc.**

---

Entwicklung hochtemperatur- und medienbeständiger 2-Komponenten-Verbundwerkstoffe aus Duroplasten und Elastomeren zum Einsatz im Motorraum alternativer Antriebskonzepte

---

Aufgrund der fortschreitenden Entwicklung im Bereich alternativer Antriebskonzepte (Hybridkonzepte, E-Mobilität) für Kraftfahrzeuge und der damit verbundenen hohen Anforderungen an die eingesetzten Materialien (speziell für Bauteile im Motorraum), ist der Einsatz von 2K-Verbundwerkstoffen aus Duroplast und Elastomer die bessere Alternative gegenüber Thermoplast- bzw. Metall-Elastomer-Verbindungen. Besonders die Anforderungen hinsichtlich der Temperatur-, Medien- und Kriechbeständigkeit, die z. B. an medienführende Leitungen oder Steckverbindungen gestellt werden, begrenzen die Einsatzmöglichkeiten speziell der bisher im 2K-Verbund eingesetzten Konstruktionskunststoffe erheblich. Hier ist die Langzeit-Hydrolyse-Beständigkeit aufgrund der häufig wechselnden Betriebsstoffe (z. B. Öl, Kraftstoff, Bremsflüssigkeit) als Kriterium hervorzuheben.

Ziel dieses Forschungsvorhabens, welches in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Kautschuktechnologie e.V. in Hannover durchgeführt wurde, war die Herstellung von 2-Komponenten Verbundprüfkörpern aus Duroplast und Elastomer auf Basis unterschiedlicher Materialkombination zu untersuchen und eine für den Anwendungsfall ausreichende Verbundhaftung unter Einhaltung der geforderten Spezifikationen zu erzielen. Durch rezeptur- und prozesseitige Optimierungen bei der Herstellung der 2K-Verbundprüfkörper ist die Verbundhaftung signifikant verbessert worden. Dabei ist neben dem 2K-Verbundspritzgießen auch das Transfermolding am DIK im Pressenverfahren eingesetzt worden. In erster Linie ist hiermit die Kompatibilität verschiedener Materialkombinationen untersucht worden. Weiterhin sind verfahrenstechnische Unterschiede bei der Herstellung der Prüfkörper und der erreichten Haftfestigkeit im Vergleich zu spritzgegossenen Teilen identifiziert worden. Bei diesen Untersuchungen lag der Fokus auf der Ausbildung von Adhäsion durch Hauptvalenzverbindungen zwischen den beiden Grundkomponenten.

Es sind verschiedene rieselfähige Phenol- und Epoxid-Formmassen mit unterschiedlichen Gummigrundwerkstoffen kombiniert worden. Hierzu wurden am DIK verschiedene Modellmischungen auf HNBR-, NR- und EPDM-Basis hergestellt und im Pressenverfahren mit Duromerwerkstoffen gefügt. Die Untersuchungen mithilfe des Pressenverfahrens haben bereits einige Materialkombinationen gezeigt, die über hohe Adhäsionskräfte verfügen. Daher

wurden in den Versuchsreihen am KTP mehrere Kautschukvarianten mit verschiedenen Phenolharzen im einstufigen Prozess verspritzt. Zur Versuchsführung und Analyse der Einflussparameter sind statistische Versuchspläne aufgestellt und Versuche anhand dieser durchgeführt worden.



Darstellung der Herstellung eines 2K-Verbundprobekörpers aus rieselfähigem Duromer und Elastomer und Prüfung des Schälwiderstandes in einer Zugprüfmaschine

Bei den Versuchsreihen ist festgestellt worden, dass nicht jede Mischung mit jedem Werkstoff kompatibel ist. Die Naturkautschukmischung mit einem Schwefelvernetzungssystem und Haftvermittlersystem zeigte nur bei der Melaminformaldehyd Formmasse (M2500) der Fa. Hexion ausreichende Adhäsion auf. Der gemessene Schälwiderstand ist von den Prozessparametern abhängig und lag zwischen 4 N/mm und 11,5 N/mm. In Kombination mit rieselfähigen Massen auf Phenolformaldehyd sind lediglich Haftfestigkeiten von 0,11 N/mm bis 1,75 N/mm erreicht worden.

Die Versuchsreihe zu PF6507 und PF6680 mit der Mischung M24d, welche auf dem HNBR Kautschuk basiert und mit einem Schwefelvernetzungssystem versehen ist, konnte sich durch eine höhere Haftfestigkeit auszeichnen. Es wurde gezeigt, dass Haftwerte von 5,2 – 16,8 N/mm bei dem glatten Formeinsatz und 6,2 – 21,5 N/mm bei dem rauhen Formeinsatz möglich waren. Hier hat sich ebenfalls die Abhängigkeit der Prozessführung als sehr dominant bestätigt. Die sehr ausgeprägte Haftkraft könnte auf die Ausbildung einer chemisch bedingten Verbundhaftung in der Grenzfläche der Komponenten hinweisen. Die Betrachtung der Grenzfläche zeigt, dass es sich bei dem Rissbild des Schälprüfkörpers um einen Kohäsionsbruch handelt.

In der statistischen Analyse wurde ein starker Zusammenhang der Wechselwirkung aus der Aushärtezeit des Duromeres und der Einspritzgeschwindigkeit des Elastomeres identifiziert. Genau diese Wechselwirkung lässt auf die fortschreitende, aber nicht vollständig abgeschlossene Aushärtung der duromeren Formmasse schließen, da die Hartkomponente zwar noch chemisch aktiv, aber mechanisch stabil genug ist, um entformt und umgesetzt

werden zu können, damit die Elastomerkomponente angespritzt werden kann. Bei der Einspritzgeschwindigkeit der Elastomerkomponente hat sich gezeigt, dass im gewählten Prozessfenster die niedrigere Einspritzgeschwindigkeit auszuwählen ist. Ggf. ist hier die thermische Energie im Prozess passend abgestimmt, damit die Vernetzungsreaktionen im Werkzeug nahezu zeitgleich ablaufen/ bzw. sich überlappen.

### **Danksagung**

Wir danken der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) (IGF-Nr. 20553 N) für die finanzielle Förderung der Arbeiten, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erfolgt. Zudem bedanken wir uns für die Unterstützung der Unternehmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss.