

# FORSCHUNG FÜR DAS AUTO VON MORGEN

AUSHÄRTEN VON PREPREGS  
UNTER HITZE UND VAKUUM



**Der studentische Verein TUfast e.V. an der TU München fährt mit selbstgebauten Automobilen regelmäßig Erfolge bei Rennserien wie der Formula Student oder dem Shell Eco Marathon ein. Die Karosseriebauteile aus CFK werden in einem Memmert Wärmeschrank unter Hitze und Vakuum ausgehärtet.**

Theoretisch fährt das von Studenten der Technischen Universität München konstruierte Elektroauto eLi14 mit der Energie eines Liters Superbenzin 10.957,02 km weit. Damit haben sie sich nicht nur den Weltrekord für das energieeffizienteste Auto, sondern auch noch einen Eintrag ins Guinness-Buch der Rekorde gesichert. Nur 20 Kilogramm wiegt das einsitzige Leichtgewicht mit einer Karosserie aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK), angetrieben von einem Elektromotor, den Lithium-Polymer-Akkus mit Strom versorgen.



Memmert Trockenschrank

**Automobile Spielwiese an der TU München:  
TUfast e.V.**

Fahrzeuge wie eL14 werden von studentischen Teams auf der ganzen Welt völlig eigenständig geplant, konstruiert und gebaut. Denn, „Grau ist alle Theorie“, wusste schon Goethe. Die Fahrzeuge sind beileibe keine Spielzeuge, sondern dienen auch der Automobilindustrie als Anregung für zukünftige Entwicklungen. In internationalen Effizienzwettbewerben wie dem Shell Eco Marathon treten Nachwuchsingenieure aus der ganzen Welt an, um ihre eigenentwickelten Fahrzeuge miteinander zu messen.

Vor mehr als 15 Jahren gründete sich an der TU München der studentische Verein TUfast e.V., der sich, unterstützt von Sponsoren aus der Industrie, ganz dem Bau von Wettbewerbsfahrzeugen verschrieben hat. Mehr als 100 Studenten stecken regelmäßig einen großen Teil ihrer Freizeit in die Arbeit an einem dieser innovativen Fahrzeuge. Neben dem Eco Team gibt es das Racing Team, das in der internationalen Rennserie Formula Student antritt. In diesem Wettbewerb wird neben der Schnelligkeit des Fahrzeugs auch die Konstruktionsleistung in den drei Kategorien Verbrennungsmotoren, Elektromotoren und autonome Fahrzeuge bewertet.

## **Leichtgewichtige Bauteile aus CFK**

Sowohl Schnelligkeit als auch Energieeffizienz eines Fahrzeugs werden maßgeblich vom Gewicht bestimmt, daher sind leichte Faserverbundwerkstoffe aus Kunststoff das Material der Wahl für die Karosserieteile der studentischen Renner. Verstärkte Kunststofffasern oder Gewebe werden dabei mit einem Matrixwerkstoff, der die Zwischenräume ausfüllt, untrennbar zu einem nicht mehr verformbaren Duroplast verbunden. Ein oft verwendeter Matrixwerkstoff sind Kunstharze wie Epoxidharz.

Beim sogenannten Prepregverfahren ist der Faserverbundwerkstoff bereits mit Reaktionsharz vorimprägniert und kann als Bahnenschnitt in die Form eingelegt werden. Das Epoxidharz ist in diesem Stadium leicht klebrig, aber nicht flüssig. Nach dem Formen werden die Teile unter Hitze und Vakuum ausgehärtet. Im Labor der TUfast geschieht das Aushärten der geformten Prepregteile aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff (CFK) in einem Memmert Wärmeschrank. Die Teile werden in einen

Vakuumsack eingebracht, der mithilfe einer externen Vakuumpumpe entlüftet wird. Die Verschlauchung der Vakuumpumpe wird über eine Durchführung in den Wärmeschrank geführt. Der Aushärtvorgang dauert in der Regel 3 Stunden und geschieht überwiegend bei einer Temperatur von 120 °C. In der ersten Phase wird das Epoxidharz flüssig und kann so vollständig in die Mikrofasern des CFK-Gewebes eindringen. Eventuell vorhandene Luftbläschen werden ausgetrieben und über die Vakuumpumpe abgesaugt. Während der restlichen Zeit des Aushärtens reagiert das Epoxidharz mit dem Epoxidhärter und das Teil wird formstabil.

## **Präzise Temperatur im Wärmeschrank**

Wesentlich für die vollständige chemische Vernetzung der Komponenten und damit die Qualität von Teilen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff CFK sind also die präzise Einstellung der Temperatur sowie das präzise Halten der Temperatur während des gesamten Aushärtens im Wärmeschrank. Manche Prozesse erfordern Temperaturrampen, daher schätzt man beim TUfast e.V. auch die Möglichkeit, an ihrem Wärmeschrank einfach und schnell Rampen zu programmieren. Ein weiterer Anwendungsbereich für den Memmert Wärmeschrank ist das Tempern von Klebeverbindungen. AtmoSAFE bedankt sich beim TUfast e.V. für die freundliche Unterstützung bei der Erstellung dieses Artikels.

### **Themenschwerpunkte in der Übersicht**

- TU Fast, Formula Student, TU München
- Prepreg, Carbon Prepreg
- Faserverbundwerkstoffe
- Epoxidharz aushärten
- Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff CFK
- Vakuumfolie, Vakuumsack, Vakuumpumpe
- Memmert, Wärmeschrank

## **Entgasen im Vakuum**

Die Schweizer Microdul AG verwendet einen Memmert Vakuumschrank VO zum Entgasen von Epoxidharz bei der Herstellung von elektronischen Modulen.

[mehr Informationen](#)

### **Memmert Laborgeräte für die Trocknung**

[Trockenschrank UN und UNplus](#)

[Vakuumschrank VO](#)

[Gekühlter Vakuumschrank](#)

[VOcool](#)

AtmoSAFE is a brand of Memmert GmbH + Co. KG  
Copyright © 2009 Memmert GmbH + Co. KG.  
All Rights Reserved.



**memmert**  
Experts in Thermostatics