



Kunststoffe als Wärmemanager für Hightechprodukte

Plastics as Heat Managers for High-Tech Products

Von Laptops bis zu Generatoren: Kunststoffe sind integrale Bestandteile jeder Art von Elektronik und Elektrotechnik. Im Forschungsprojekt „PolyTherm“ bündeln Expertinnen und Experten aus Chemie, Materialwissenschaften, Kunststoff- sowie Hochspannungstechnik ihr Fachwissen. Sie entwickeln und testen neuartige Polymere, die in Zukunft leistungsfähigere und kompaktere Hightechprodukte ermöglichen werden.

Immer effizienter, smarter und gleichzeitig kompakter soll nicht nur unsere Alltagselektronik, sondern sollen auch Hochspannungsgeneratoren und Transformatoren werden. Denn der weltweit steigende Bedarf an elektrischer Energie fordert eine Effizienzsteigerung, um höchstmögliche Wirkungsgrade erzielen zu können. Doch die immer leistungsfähigeren Geräte – von Smartphones über Laptops bis hin zu E-Autos und Generatoren – mit ihren hoch-effizienten kompakten Bauteilen stellen die Entwicklerinnen und Entwickler vor eine große Herausforderung: Je kleiner die Oberfläche der Bauteile und der Geräte ist, desto herausfordernder gestaltet sich die Wärmeabgabe an die Umgebung. Die

From laptops to generators: plastics are an integral part of every electronic and electrical device. In the research project “PolyTherm” experts from chemistry, materials science, plastics and high-voltage engineering pool their expertise. They’re developing and testing novel polymers to facilitate the manufacture of more powerful and compact high-tech products in the future.

Not only our everyday electronics, but also high-voltage generators and transformers need to become more efficient, smarter and at the same time more compact. Because the rising worldwide demand for electrical energy requires an increase in efficiency in order to achieve highest possible effectiveness. But the increasingly powerful devices – from smartphones and laptops to electric vehicles and generators – with their high-efficiency compact parts are placing developers before a key challenge. The smaller the surface area of the components and devices, the more problematic is heat dissipation into the environment. Heat build-up is the most common cause of system outages in electrical devices.

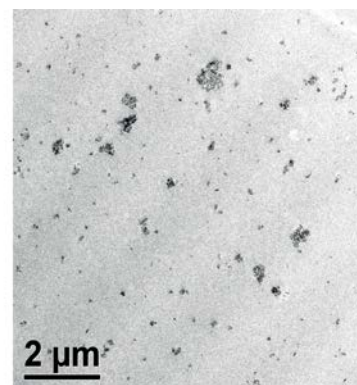
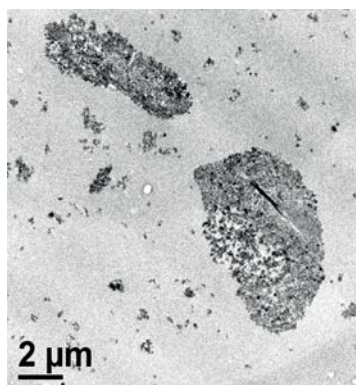
Wärmeentwicklung ist die häufigste Verursacherin von Systemausfällen bei elektrischen Geräten.

Bei der Entwicklung von neuen Werkstoffen für Elektronik und Elektrotechnik wird dementsprechend intensiv daran getüftelt, dass alle eingesetzten Materialien so zusammenspielen, dass sie die entstehenden Temperaturen im Rahmen halten können. Dabei spielen Polymere und polymerbasierende Komposite mittlerweile eine unverzichtbare Rolle. Hier handelt es sich um chemische Verbindungen aus langkettigen, mehr oder weniger regelmäßig aufgebauten organischen Molekülen, die im Fall von Kompositen mit anorganischen Materialien versetzt werden. Sie isolieren etwa Hochleistungskomponenten und bilden Schutzschichten auf Platinen. Und geht es nach Frank Wiesbrock, soll in Zukunft das Wärmemanagement mit Kunststoffen noch weiter ausgebaut werden.

Hochleistungskunststoffe im Wärmemanagement

Der Chemiker am Forschungsinstitut Polymer Competence Center Leoben (PCCL) und am Institut für Chemische Technologie von Materialien (ICTM) der TU Graz leitet das interdisziplinäre K-Projekt „PolyTherm – Polymer Composites for Thermally Demanding Applications“. Gemeinsam mit Forschenden aus Chemie, Materialwissenschaften, Kunststoff- und Hochspannungstechnik sowie Industriepartnern werden mit dem Projekt mehrere Ziele verfolgt: „Zum einen wollen wir die Temperaturentwicklungen und die damit verbundene Belastung der Materialien in Leistungselektroniksystemen im Simulationsverfahren analysieren. Mit diesen Erkenntnissen können wir die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von elektronischen Bauteilen genau abschätzen. Zum anderen werden wir auf Basis dieser Analysen geeignete Polymere und Polymerkomposite mit verbesserten thermomechanischen Eigenschaften entwickeln, die im Einsatz die beste Performance zeigen“, so Frank Wiesbrock. >

During the development of new working materials for electronic and electrical devices, much effort is made to ensure that all the used materials work together in such a way as to keep the resulting temperatures in check. The role of polymers and polymer-based composites has meanwhile become indispensable to this. Polymers and polymer-based composites are chemical compounds characterised by long chains of more or less regularly structured organic molecules which, in the case of composites, are mixed with inorganic materials. They insulate high-capacity components and go to form protective layers on circuits. And if it goes the way Frank Wiesbrock says it will, plastics will play a key role in heat management in the future.



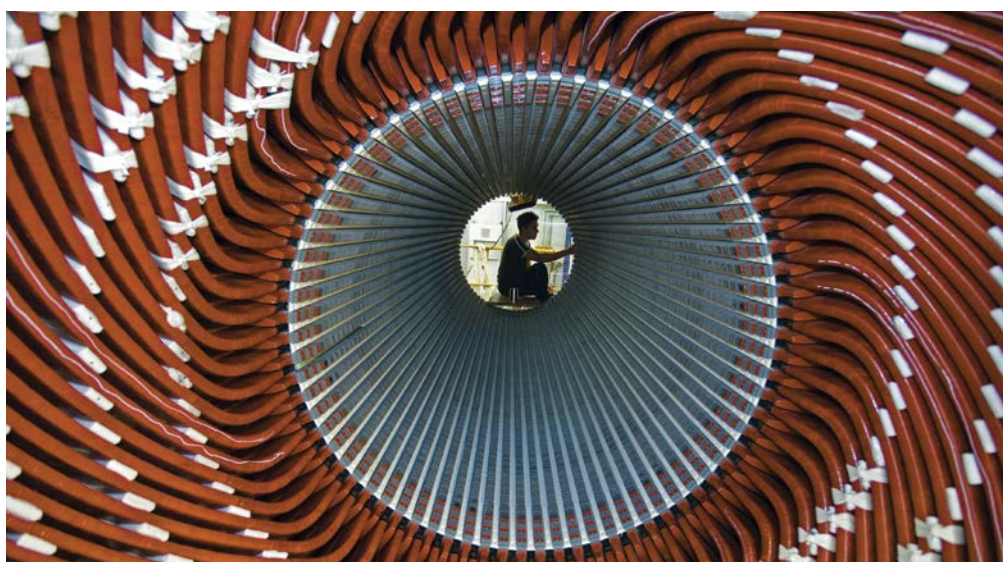
© Frank Wiesbrock

Abbildung 1:
Aggregation von unfunktionalisier-
ten Alumina-Nanopartikeln (links)
bzw. statistische Verteilung von
oberflächenfunktionalisierten
Alumina-Nanopartikeln (rechts)
in einem Epoxidharz.

Figure 1:
Aggregation of non-functionalised
alumina nanoparticles (left) and
statistical distribution of surface-
functionalised alumina nanoparti-
cles (right) embedded in epoxy
resin.

High-performance plastics in heat management

The chemist at the Polymer Competence Center Leoben (PCCL) and the Institute for Chemistry and Technology of Materials at TU Graz heads the interdisciplinary K-project “PolyTherm – Polymer Composites for Thermally Demanding Applications”. Together with researchers from chemistry, materials science, plastics and high-voltage engineering as well as industry partners, several objectives are being pursued in the project. “On the one hand, we want to analyse temperature developments and their associated burden on the materials in power electronics systems in simulations. >



© Andritz-Hydro

Abbildung 2:
Bau eines Großgenerators.
Figure 2:
Building a large-scale
generator.



© Industrieblick – Fotolia.com

Abbildung 3:
Großindustrielle Fertigung
von Transformatoren.

Figure 3:
Industrial manufacture of
transformers.

Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen

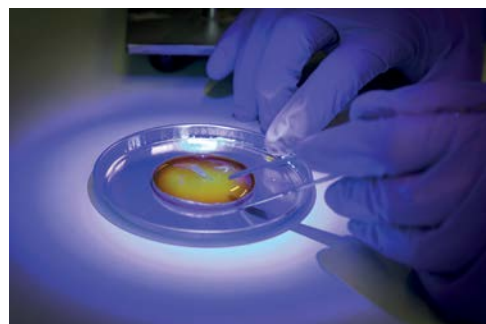
Bei den innovativen Materialkonzepten, die im Projekt „PolyTherm“ entwickelt werden, wird dem Thema Umweltverträglichkeit besonderes Augenmerk geschenkt: „Wir entwickeln und testen umweltfreundliche Polymere natürlichen Ursprungs als Alternative zu erdölbasierten Kunstharzen. Wir konnten etwa bereits zeigen, dass sich Rapsöl als gute Basis für die Herstellung von innovativen Isolationskunststoffen eignet“, so Frank Wiesbrock. Die Entwicklungen sind auch im Hinblick auf den Arbeitnehmer/-innenschutz wichtig. Denn einige der klassischen, erdölbasierten Epoxidharze enthalten Komponenten, die in hohen Konzentrationen als gesundheitsbedenklich diskutiert werden. Die Entwicklung von alternativen Materialien ist auch aus diesem Grund ein langfristiges Ziel.

Interdisziplinärer Forschungsverbund

Für das vierjährige Projekt „PolyTherm“, das Anfang 2017 gestartet ist und im Rahmen des COMET-Programms der FFG mit Mitteln des Infrastruktur- und Wirtschaftsministeriums sowie des Landes Steiermark gefördert wird, steht ein Budget von insgesamt sechs Millionen Euro zur Verfügung. Mit an Bord sind Institute von fünf Universitäten – darunter das Institut für Chemische Technologie von Materialien, das Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement der TU Graz, das unter anderem Belastungsprüfungen und dielektrische Charakterisierungen durchführt, und das Institut für Anorganische Chemie der TU Graz. Sechs Partnerunternehmen aus den Branchen Mikroelektronik und Hochspannungstechnik komplementieren das Kompetenznetzwerk.

Abbildung 4+5:
Härtung von epoxybasierenden
Nanokompositen unter
UV-Strahlung.

Figure 4+5:
Curing of epoxy-based
nanocomposites using
UV radiation.



© Lurghammer – TU Graz

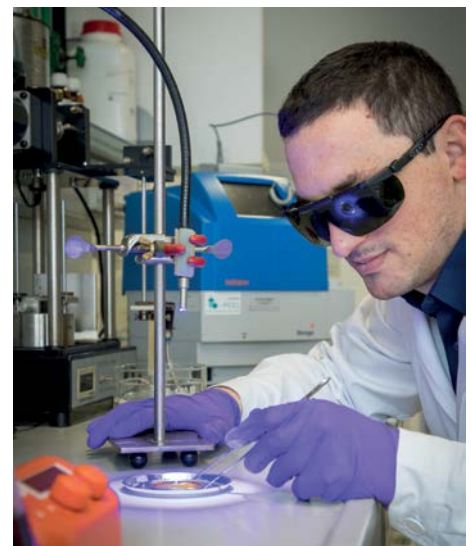
These findings will help us to accurately assess the service life and reliability of electronic components. On the other hand, on the basis of these analyses we will be developing suitable polymers and polymer composites with improved thermo-mechanical properties which show the best performance in use,” says Frank Wiesbrock.

Polymers from renewable raw materials

Special attention will be given to environmental sustainability through the innovative material concepts developed in PolyTherm. “We are developing and testing environmentally friendly polymers with their origin in nature as an alternative to mineral oil synthetic resins. We have already been able to show that rapeseed oil is suitable as a good basis for producing innovative insulating plastics,” says Frank Wiesbrock. The developments are also important with regard to employee protection. This is due to the fact that some of the classical, mineral oil based epoxy resins contain components which may pose health risks in high concentrations. For this reason development from alternative materials is also a long-term aim.

Interdisciplinary research alliance

In the framework of the COMET programme of the Austrian Research Promotion Agency using funds from the Ministry for Science, Research and Economy and the State of Styria, a budget of six million euros is available for the four-year PolyTherm project which started at the beginning of 2017. On board the project are institutes of five universities among which are TU Graz’s Institute for Chemistry and Technology of Materials, the Institute of High-Voltage Engineering and System Management which among other things will carry out load tests and dielectric characterisations, and the Institute of Inorganic Chemistry. Six partner companies from the microelectronics and high-voltage engineering sector will augment the competence network.



© Lurghammer – TU Graz

Polymer mit nanoskalierten Füllstoffen

Kunststoffe sind per se keine guten Wärmeleiter und sind im Allgemeinen nur mäßig temperaturstabil. Mit den Ergebnissen, die im Projekt „PolyTherm“ gewonnen werden, soll sich das ändern: Angestrebt wird bei den neuartigen Polymeren eine Temperaturstabilität bis 180 Grad Celsius (Isolierstoff-Klasse H). Im Vergleich: Die derzeitig eingesetzten Polymere sind im Allgemeinen bis 155 Grad Celsius stabil (Isolierstoff-Klasse F). Erreichen wollen das die Forschenden mit anorganischen, nanoskalierten Füllstoffen, die sie in die Polymere einbringen. „Indem wir die Nanopartikel mit den Polymeren kontrolliert kombinieren, können wir neue Kompositmaterialien mit bestimmten Eigenschaften schaffen, die wir ‚finetunen‘ können“, erklärt Frank Wiesbrock.

Durch die nanoskalierten Füllstoffe, mit denen die Polymere versetzt sind, verändern sich deren physikalische und chemische Eigenschaften deutlich. Je kleiner die Nanopartikel sind, desto größer ist ihre Oberfläche. Somit werden Interaktionen mit anderen Partikeln in der Polymerbasis verstärkt, was Festigkeit, Wärmebeständigkeit und die Wärmeleitfähigkeit erhöht.

Im derzeitigen Fokus des Forschungsprojekts steht die Untersuchung von oberflächenfunktionalisierten Nanofüllstoffen. „Metall- und Halbmetalloxide wie Silica oder Alumina kommen weltweit in großen Mengen natürlich vor und werden schon seit Längerem als Füllstoff für Isolatoren in der Kunststoffindustrie eingesetzt. In den vergangenen Jahrzehnten haben sich durch die Fortschritte im Bereich der Nanotechnologie neue Anwendungsmöglichkeiten für diese Füllstoffe, besonders im Hinblick auf ihre Wärmeleitfähigkeit, eröffnet“, erklärt Frank Wiesbrock.

Was den Einsatz von Nanofüllern wie beispielsweise Bornitrid so besonders für Materialwissenschaftler und Chemie macht, ist der chemische Aufbau: Hexagonales Bornitrid zeigt eine dem Graphit vergleichbare Struktur. Die einzelnen Struktureinheiten des hochpolymeren Bornitrids sind nur sehr schwach gebunden. Diese sorgen dann für eine bessere Haftung zwischen der Matrix, also dem Polymer, und dem nanoskaligen Füllstoff.

Die Forschenden sind nun dabei, Wege zu finden, damit sich die nanoskaligen Füller gleichmäßig in der Kunststoffmatrix dispergieren lassen.

Rissen bei der Ausdehnung und Aushärtung vorbeugen

Eine weitere Herausforderung für die Forschenden ist die thermische Ausdehnung bei der Wärmeentwicklung, die dann zum Problem werden kann, wenn Schichten verschiedener Materialien miteinander verbunden sind. „Einerseits wird die Haftung zwischen Metallen und Polymeren schlechter, wenn sie sich bei steigender Temperatur unterschiedlich ausdehnen. Andererseits kann es bei >

Polymers with nanoscale fillers

Plastics by definition are not good heat conductors and, in general, only have moderate temperature stability. The results which will be obtained from PolyTherm should change all that. A temperature stability up to 180 degrees Celsius is being sought in the new polymers (insulation class H). In comparison, the polymers currently being used have a general temperature stability up to 155 degrees Celsius (insulation class F). The researchers want to achieve this by attaching inorganic, nanoscale fillers onto the polymers. "By combining the nanoparticles with the polymers in a controlled way, we can create new composite materials with certain properties that we can 'fine tune'," explains Frank Wiesbrock.



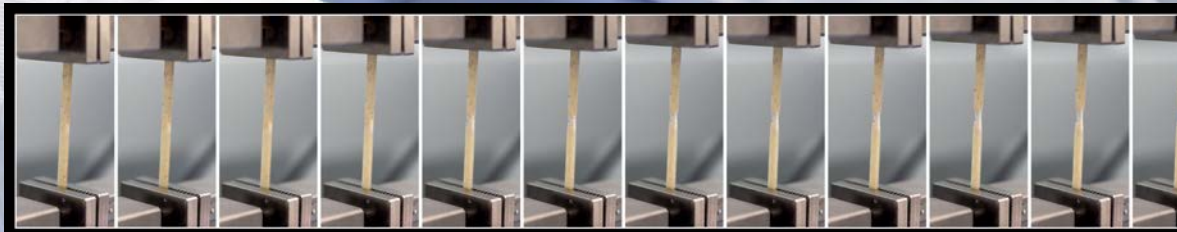
© Lünghammer – TU Graz

Abbildung 6:
Darstellung von epoxybasierenden Nanokompositen.

Figure 6:
Representation of epoxy-based nanocomposites.

Nanoscale fillers can be mixed with the polymers to alter the physical and chemical properties. The smaller the nanoparticles are, the larger their surface area. In this way interaction with other particles in the polymer base is enhanced, thus increasing strength, thermal stability and thermal conductivity. Currently, the focus of the research project is on investigating surface-functionalised nanofillers. "Metal and semi-metal oxides such as silica or alumina occur naturally in large quantities throughout the world and have been used as fillers for insulators in the plastics industry for a long time. In the last few decades, progress in the field of nanotechnology has opened up new application possibilities for these fillers, particularly with respect to their heat conductivity," explains Frank Wiesbrock.

What makes the use of nanofillers, such as boron nitride, so special for materials science and chemistry is their chemical structure. Hexagonal boron nitride has a comparable structure to graphite. The individual structural units of the high polymer boron nitride only have very weak bonds. They ensure a better attachment between the matrix – in other words, the polymer, and the nanoscale filler. The researchers are in the process of finding ways of dispersing the nanoscale filler in the plastic matrix equally. >





Polymeren zur Aushärtung und zu Rissen kommen, was sich negativ auf die Isolationseigenschaften auswirkt“, erklärt Frank Wiesbrock. Aus diesem Grund versuchen die Forschenden im Projekt „PolyTherm“, Polymere so zu designen, dass ein Teil der Molekülkette sein Volumen vergrößert, während der andere Teil der Kette schrumpft. So kann das Volumen des Kunststoffes auch bei der Härtung weitgehend konstant gehalten werden.

Maßgeschneiderte Kunststoff-Bausteine

Geplant ist im Projekt „PolyTherm“ zudem die Evaluierung alternativer Herstellungstechnologien. „Polymere und Polymerkomposite weisen für die Hochspannungstechnik ausgezeichnete Materialeigenschaften auf. Da jedoch jedes Bauteil an die vorhandene Umgebung angepasst werden muss, sind auch diese Kleinstbestandteile hochspezialisierte Maßanfertigungen. Derzeit werden die Polymerkomponenten noch nach konventionellen Verfahren hergestellt, die im Allgemeinen kostenintensiv sind“, so Frank Wiesbrock. Hier könnte man in Zukunft auf günstigere und schnellere Verfahren setzen, dafür ist aber derzeit nur eine kleine Anzahl von Polymeren geeignet. „Das möchten wir ändern, indem wir den Einsatz bestimmter Additive evaluieren“, erklärt Frank Wiesbrock.

In regionaler Hinsicht stärkt „PolyTherm“ die Sichtbarkeit des neu gegründeten Clusters Silicon Alps, der österreichische Akteurinnen und Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Handbündeln und einmalige Potenziale in der Mikroelektronik und Elektrotechnik eröffnen soll.

Text: Ulrike Keller ■

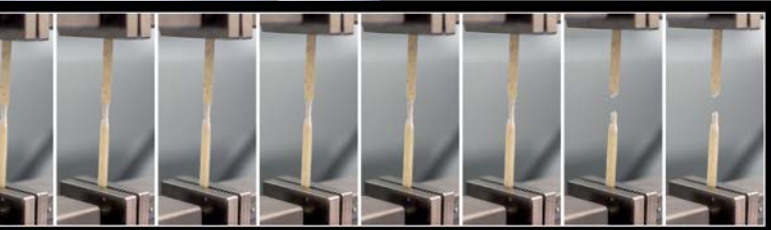
Abbildung 7:
Aufbau eines Zugprüfversuchs von Nanokompositen.

Figure 7:
Set-up for testing the tensile strength of nanocomposites.

Abbildung 8:
Zugprüfung zur Quantifizierung der mechanischen Stabilität von Nanokomposit-Prüfkörpern.

Figure 8:
Tensile test for quantifying the mechanical stability of nanocomposite test bodies.

© Lunghammer – TU Graz



Preventing tears during expansion and hardening

Another challenge to the researchers is thermal expansion during heat build-up: this can become a problem when layers of different materials are joined. “On the one hand, the bond between metals and polymers becomes worse when they expand differently due to increasing temperature. On the other hand, polymers can develop tears or hardening, something which has a negative effect on the insulation properties,” explains Frank Wiesbrock. For this reason, the researchers are trying to design the polymers in such a way that a part of the molecular chain increases its volume, while the other part shrinks. In this way the volume of the plastic can remain largely constant even during hardening.

Tailor-made plastic building blocks

The evaluation of alternative production technologies has been planned in the PolyTherm project. “Polymers and polymer composites have outstanding material properties for high-voltage engineering. But because each part has to be adapted to the available environment, even these smallest elements are subject to highly specialised tailor-made solutions. Polymer components are still manufactured according to conventional methods which are generally cost intensive,” says Frank Wiesbrock. But in the future, cheaper and faster processes could be relied on, though currently only a small number of polymers are suitable. “We want to change this by evaluating the uses of certain additives,” continues Frank Wiesbrock.

From a regional point of view, PolyTherm enhances the visibility of the newly established Silicon Alps Cluster, which combines Austrian players from science, economy and the public sector and should open up unique potentials in microelectronics and electrical engineering.

Text: Ulrike Keller ■