

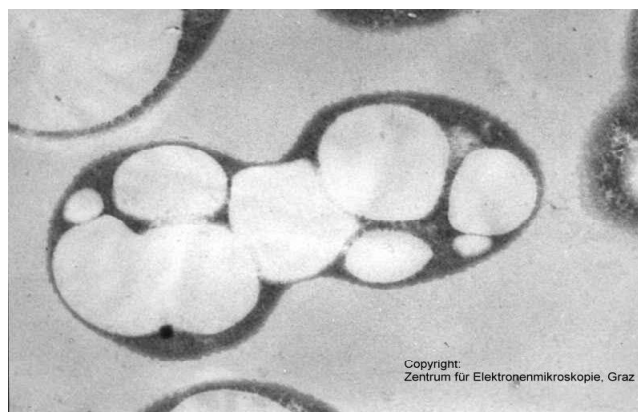
PHB (Polyhydroxybutyrat), ein Bioplast mit Composite-Zukunft

Meine Damen und Herren,

man darf sich schon fragen, ob der Titel dieses Vortrages „Bioplast mit Composite-Zukunft“ an einer Messe, an der fast nur hochfeste Composites gezeigt werden, angebracht ist. Man kann sogar weiter gehen und sich fragen, ob man überhaupt erwarten kann, dass ein Biocomposite es mit diesen Hochleistungswerkstoffen aufnehmen kann. Ich glaube nein, mindestens solange man den Begriff Composites nur Hochleistungswerkstoffen verbindet. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass diese nur einen ganz kleinen Anteil des Compositemarktes ausmachen. Glasfasercomposites bestreiten nach wie vor und vermutlich auch in Zukunft den größten Anteil. Wenn man die Frage auf den Standard-Composite-Markt einschränkt, dann allerdings ist sie positiv zu beantworten.

Ich will versuchen Ihnen zu zeigen, dass PHB-Composites (Polyhydroxybutyrat) in diesem Marktsegment punkten können, nicht nur wegen der Gewichtsreduktion, sondern weil sie Lösungen anbieten, wo Glasfasern schwächeln (Wandstärke) oder gar versagen (Resistenz gegen Bruch). Vorher möchte ich Ihnen aber das Material selbst vorstellen, damit Sie sehen, warum PHB das Potential überhaupt entwickeln kann:

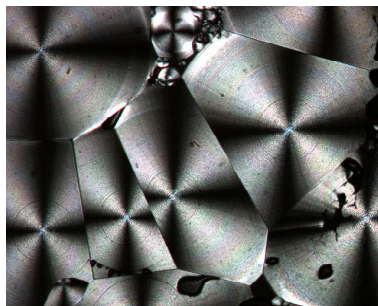
PHB ist ein bakterieller Speicherstoff. Das Bild zeigt das Polymer in einem Mikroorganismus. Was aussieht wie Fetttropfchen ist reines PHB. Es wird von den Mikroorganismen, besonders von Bodenbakterien, in guten Zeiten für



schlechte Zeiten synthetisiert. Zufällig hat das Polymer thermoplastische Eigenschaften. Man muss es also nur isolieren und schon hat man einen thermoplastischen Biopolyester. Ganz so einfach ist es zwar nicht; die Herstellung ist aber nicht das Thema dieses Vortrages.

Entwicklungsgeschichtlich gehört PHB zu den ältesten Polymeren in der Biosphäre. Da die Evolution immer vorhandene Strukturen neuen Anforderungen anpasst, ist es verständlich, dass PHB in der Zelle (Bakterien, Pflanzen, Mensch und Tier) für viele Zwecke genutzt wird. Ich nenne nur vier: Ionenkanal, Monorail, Transport und, wie schon gesehen, Nahrungsmittelreserve. Damit PHB diese Funktionen einwandfrei ausführen kann, tut die Zelle alles, damit das Polymer absolut isotaktisch, absolut linear und absolut regelmäßig aufgebaut ist und eine Glasübergangstemperatur von unter 0°C besitzt.

Wenn Sie einen Chemiker oder einen Physiker fragen, was mit einem Polymer passiert, das absolut linear und absolut isotaktisch ist, und bei dem die Ketten bei Raumtemperatur beweglich sind, dann antwortet er spontan:

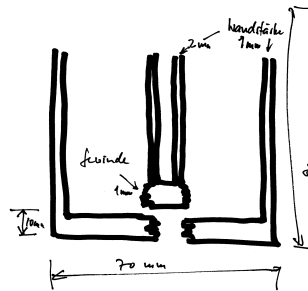


dieses Molekül wird sofort und vollständig kristallisieren. In der Tat zeigt die mikroskopische Aufnahme, dass PHB eher einem Metall als einem Thermoplasten ähnlich sieht. Es hat praktisch keine freie amorphe Masse! Die für die Biologie nötigen Eigenschaften des Polymer-Moleküls haben natürlich in dieser Eigenschaft Konsequenzen für den Plastverarbeiter:

- Absolut linear bedeutet, dass sich die Polymerketten in der Schmelze nicht verhaken können. Die Schmelze ist dünnflüssig. Man kann daher ohne hohe Schließkräfte dünnste Wände spritzen. Es bedeutet aber auch, dass es nicht möglich ist, Blasfolien herzustellen.

- Absolut isotaktisch bedeutet hohe Kristallinität und daher hohe Kriechfestigkeit.

Ich möchte die Konsequenzen dieser Eigenschaften am Beispiel einer Nebelgranate vertiefen:



Die Granate wird in einer Haubitze durch Zündung einer Treibladung zwischen Granate und Habitzenboden abgefeuert. Um den Druck der Treibladung aufzunehmen, hat die Granate einen Boden von 10 mm Dicke. Die Zylinderwand hat eine Höhe von 90 mm. Da sie als reine Behälterwand dient, ist die Wand nur 1 mm dick. Beides, Boden und Zylinder werden in einem Schuss gespritzt. Sie müssen lange nach einem Thermoplasten suchen, mit dem Sie Teile mit 10 mm dicken Böden und 90 mm hohen Wänden von nur 1 mm Dicke in einem Schuss spritzen können! PHB schafft das wegen der niedrigen Schmelzeviskosität.

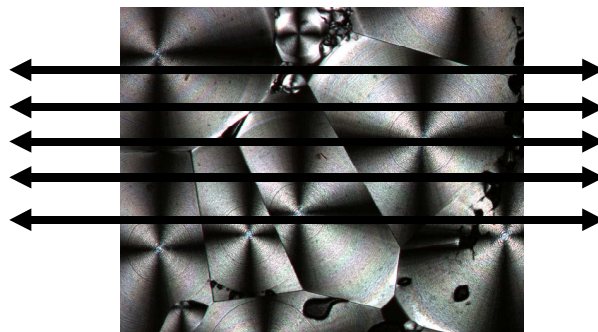
Noch interessanter ist die Innensäule. Es ist eine Hohlsäule mit nur 2 mm Wandstärke. Sie überträgt die Beschleunigung vom Boden auf den Deckel. Die Verbindung mit dem Boden und dem Deckel erfolgt über ein Gewinde mit nur einem Millimeter Gewindestärke. Weder die Säule noch das Gewinde geben bei der Explosion nach und werden durch die extreme Beschleunigung nicht gestaucht! Intuitiv würde man diese Anforderungen nur Metallen zutrauen. PHB schafft das wegen der hohen Kristallinität.

(Bilder Granate)

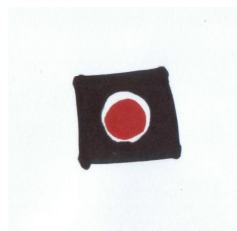
Die dünnflüssige Schmelze und die hohe Kristallinität sind auch der Grund, warum PHB Chancen für interessante Composites besitzt. Dazu möchte ich Sie kurz daran erinnern, warum Brücken aus Spannbeton Betonbrücken oder Hängebrücken übertreffen: Die Seile übernehmen den Zug, die Steine den

Druck, als Verbund (Composite) Seil und Stein erhält man dünne, elegante und verwindungssteife Brücken.

Erinnern Sie sich noch an das Bild der PHB-Kristalle? Verbinden Sie jetzt noch die druckfesten Kristalle mit Seilen, sprich Naturfasern, dann haben Sie genau dieselbe Konstruktion wie beim Spannbeton, also hochfeste Composites!



Es kommt noch ein zusätzliches Element dazu: PHB schwindet beim Auskristallisieren und löst sich von der Faser. Es bilden sich Hohlräume um



die Fasern. Die Fasern können sich frei bewegen. Kurzfasern kann man ohne weiteres mit einer Pinzette herausziehen.

Anders verhält es sich mit Langfasern. Naturfasern haben, anders als Glasfasern, entlang der Faser unterschiedliche Dicken: Überall dort, wo die Verdickungen breiter als die Hohlräume entlang der Fasern sind, werden sie mechanisch eingeklemmt. In der Praxis bedeutet das, dass die Fasern bei Zug, anders als die Glasfasern, nicht fixiert sind und nicht zerreißen, sondern sich zwischen den „Einhängepunkten“ im Mikrobereich dehnen und



schwingen können. Das gibt dem Verbund überraschende Festigkeiten und Dämpfungseigenschaften. Ich zeige hier eine Platte aus PHB mit etwa 50% Flachfasern: hart, stabil, steif und verwindungsfest. Sie können sich leicht vorstellen, dass man selbst mit dünnen Wandstärken verwindungssteife Teile herstellen kann. Die Platte kann man thermisch verformen, ohne dass die Eigenschaften verloren gehen. Sie können auch mit einer Pistole aus einem Meter Distanz auf eine Platte mit von 5 mm Dicke schießen, ohne dass die Kugel die Platte durchschlägt. Sie federt den Aufprall einfach ab.

Ich habe am Anfang gesagt, dass Bioplaste mit Hochleistungscomposites nicht mithalten können. Ich habe aber auch erwähnt, dass im Bereich der Glasfasercomposites durchaus Chancen existieren. Ich hoffe, dass es mir gelungen ist, dies aufzuzeigen: PHB-Moleküle besitzen wegen ihres biologischen Ursprungs einzigartige Strukturen wie absolut linear, absolut isotaktisch und absolut regulär. Kein andere Polymer weist diese Eigenschaften auf. Diese Strukturen führen dazu, dass die Fasern leicht getränkt werden können (dünnflüssige Schmelze), dass harte Kristallite entstehen (Steine im Spannbeton) und dass sich Naturfasern im Verbund dehnen und schwingen können. All dies bedeutet, dass PHB-Composites Alternativen bieten, wo Glasfaserverbunde schwächeln wie bei dünnen Teilen oder gar versagen wie beim Bruch durch harte Schläge. Wir arbeiten derzeit mit interessierten Kunden daran, dieses Potential in Form von hochfesten Trägern (vgl. Spannbetonbrücke) und schockabsorbierenden, thermo-verformbaren Platten zu nutzen. Sie sind herzlich eingeladen, Ihre Anwendungen darauf hin zu überprüfen und sie gegebenenfalls mit uns zu diskutieren. Wir werden alles tun, damit Sie erfolgreiche Lösungen finden.

Zum Schluss möchte ich den Organisatoren danken, dass sie uns eingeladen haben, PHB vorzustellen. Ihnen danke ich für das aufmerksame und interessierte Zuhören.