

# Materialien werden wegen ihren Eigenschaften gekauft. Warum sollte man PHB kaufen?

Sehr geehrte Damen und Herren,

## Plastics sell by properties! What sells PHB?

Oder:

Welche Eigenschaften muss PHB haben,  
dass es für Verarbeiter interessant wird?  
(PHB: Polyhydroxybutyrat)

Plastics sell by properties, Thermoplasten werden wegen ihren Eigenschaften gekauft (slide **1**)? Welche Eigenschaften muss PHB besitzen, dass es für Verarbeiter interessant wird?

- Sexy Eigenschaften von PHB:**
- aus nachwachsenden Rohstoffen
  - voll biologisch abbaubar:
    - aerob → Hauskompost, Gartenerde, Wiesen, Wald
    - anaerob → Grund von Seen, in Flüssen, in Sickergruben
  - Einsatz im Außenbereich (Freizeit, Sport, etc.),  
Hygiene- und Toilettenartikel
  - PHB wird nur in Gegenwart von Mikroben abgebaut  
und ist in Abwesenheit von Mikroben über Jahre stabil!
  - weitere Eigenschaften durch Biologie bedingt

PHB teilt sich zwei Eigenschaften mit anderen Bioplasten (slide **2**): PHB ist aus nachwachsenden Rohstoffen und PHB ist biologisch abbaubar. PHB unterscheidet sich aber von anderen abbaubaren Werkstoffen dadurch, dass es nicht nur im gewerblichen Kompost abgebaut wird, sondern auch im Hauskompost, in der Gartenerde, auf Wiesen und in Wäldern und zusätzlich anaerob auf dem Grund von Gewässern oder in Sickergruben. PHB bietet sich daher besonders für Teile im Außenbereich an wie Freizeitartikel, Sportartikel oder für Teile im Bereich Hygiene. Das besondere an PHB ist, dass der Abbau **nur** in Gegenwart einer aktiven Biologie erfolgt. Ohne aktive Mikrobiologie ist

PHB über Jahrzehnte stabil. Der Abbau erfolgt ausschließlich durch "aufgefressen werden".

**Zwei der biologisch bedingten Eigenschaften von PHB:**  
 (Evolution optimiert für Zellen, nicht für Thermoplast)

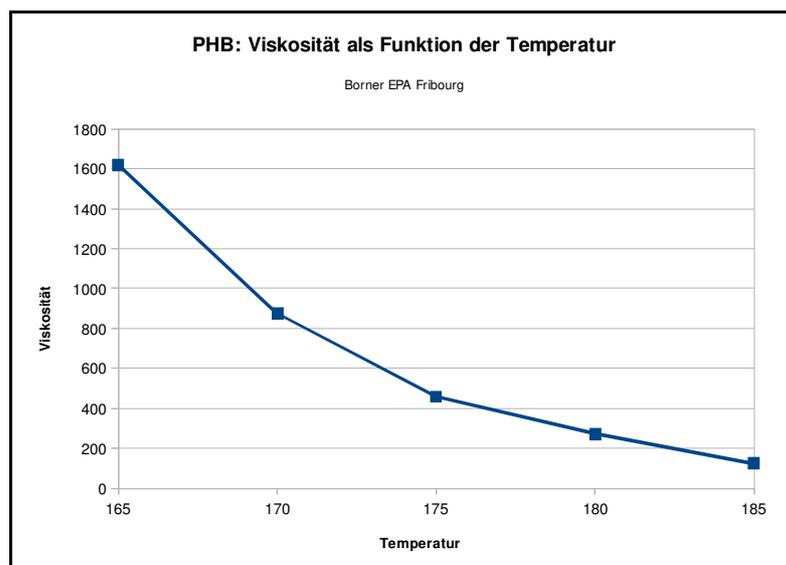
- **absolut linear**
- **absolut stereoisomer (isotaktisch), absolut regulär**

In den zwei anderen Eigenschaften, über die ich heute rede, unterscheidet sich PHB von anderen Bioplasten und von klassischen Thermoplasten. Diese Eigenschaften sind durch die biologische Herkunft bedingt. Die Evolution hat PHB nicht entwickelt, damit es eines Tages ein Bioplast wird, sondern um in Zellen zu funktionieren. Dazu müssen die Polymerketten absolut linear und absolut stereoisomer (isotaktisch) sein (slide 3).

**PHB's biologisch bedingte Eigenschaften:**

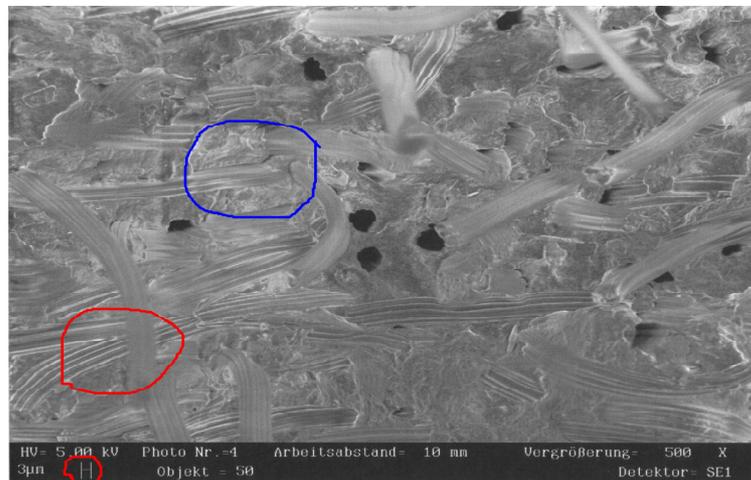
- was bedeutet absolut linear?  
 → keine Kettenverknäuelung: **variable Schmelzeviskosität (Spaghetti)**

Absolut linear bedeutet, dass sich die Polymerketten nicht verhaken. Die Schmelze verhält sich daher wie Spaghetti: beweglich wenn heiß und fest wenn kalt (slide 4).



Die Schmelzeviskosität ist praktisch nur von der Temperatur abhängig (slide 5). Sie ändert sich von 165°C bis 185°C, also in einem Bereich von nur 20°C

um einen Faktor 40, von zähflüssig zu dünnflüssig. Diese Variabilität erlaubt es, die Viskosität durch einfache Temperatureinstellung an der Maschine zu steuern. Dünnflüssig heißt, es wird alles genau abgebildet.



Ein Beispiel zeigt eine EM-Aufnahme eines Flachs-Composites (slide **6**): Sie sehen die Skala von 3  $\mu$  unten links. Vergleichen Sie dazu die Abdrücke der Fasern, die deutlich unter einem  $\mu$  liegen.

**absolute Linearität:**

- komplexe Strukturen
- dünne Wände
- glänzende Oberflächen
- optisch interessante Oberflächenstrukturen

**→ für Designer Weihnachten und Geburtstag zusammen!**

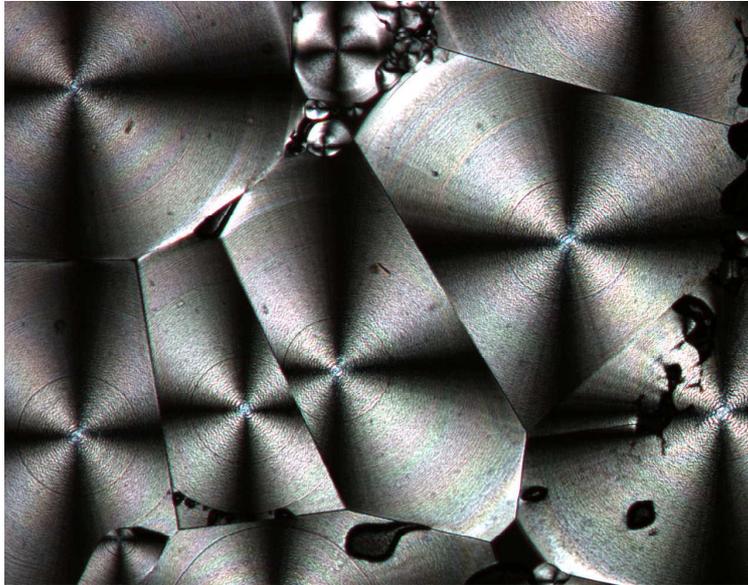
Man kann diese leicht einstellbare Viskosität nutzen, um komplexe Teile, dünne Wände, glänzende oder optische Oberflächeneffekte zu erzielen (slide **7**). Diese Eigenschaft von PHB ist vor allem für Designer interessant.

**PHB's biologisch bedingte Eigenschaften:**

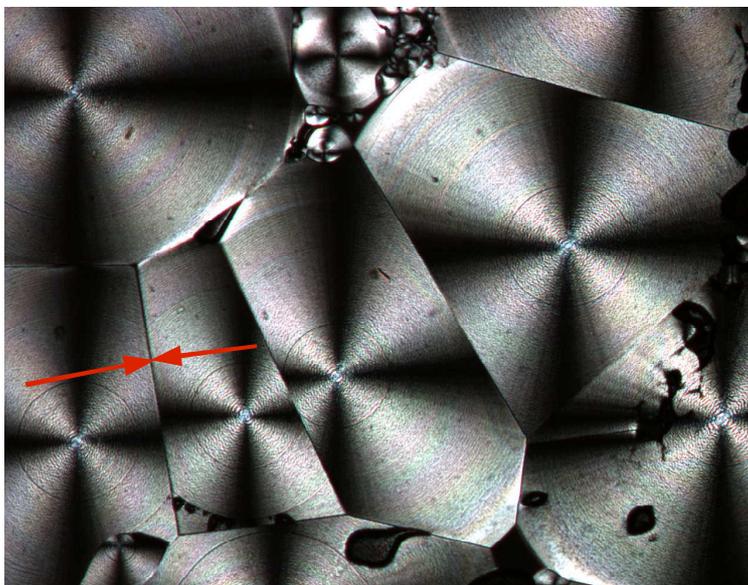
- was bedeutet absolut isotaktisch und exklusiv aus C4-Untereinheiten, verbunden mit Tg bei 0°C?
- die Polymerketten **müssen** kristallisieren

Die zweite spezifische Eigenschaft von PHB, die durch die Biologie bestimmt ist, ist die Regularität und Isotaktizität, die, verbunden mit einer Glasübergangstemperatur von 0°C, das Polymer zum Kristallisieren zwingt

(slide **8**). Und zwar so weit, bis keine amorphe Masse mehr übrig bleibt. Was das heißt, ist im nächsten Bild zu sehen.



Wenn man sich eine Schnittaufnahme ansieht (slide **9**), dann denkt man zuerst an ein Metall, nicht an einen Thermoplasten. Ich werde später noch darauf zurückkommen.



Wenn man sich aber die Kristalle genauer ansieht (slide **10**), dann erkennt man deutlich, dass sich zwischen den Kristallen Spalten befinden. Das kommt daher, weil die Kristalle eine höhere Dichte haben als die amorphe Schmelze und alle Polymerketten in die Kristalle eingelagert werden. Da

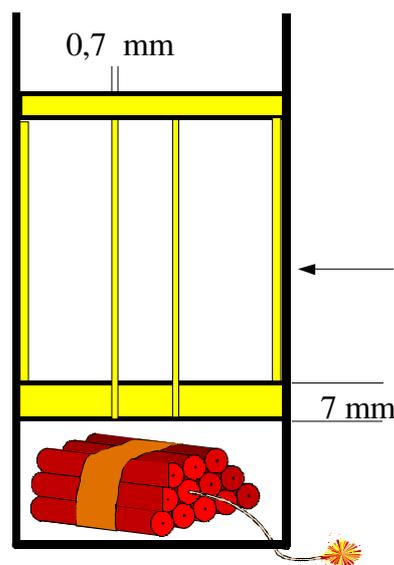
müssen notgedrungen Hohlräume entstehen. Ein solches Material ist brüchig, brüchig wie Cornflakes. Wir bei Biomer lösen dieses Problem dadurch, dass wir einmal die Größe der Kristalle deutlich reduzieren und sie dann fest miteinander verbinden. So erhalten wir Thermoplaste wie ich Sie Ihnen gleich zeige. Ähnlich wie beim PVC nennen wir solche Compounds PHB und das Ausgangspolymer natives PHB.

**Was bringt die Kristallinität von PHB?**

- hart
- kriechresistent

Durch was zeichnen sich nun hochkristalline Werkstoffe aus (slide **11**)? Sie sind hart und geben dem Druck nicht nach. Diese Nebelgranate aus PHB soll dies erläutern (slide **12**):

Nebelgranaten werden aus Haubitzen abgefeuert, d.h. man steckt sie in ein Rohr mit einer Treibladung am Boden. Dann zündet man die Treibladung. Die Granate fliegt weg. Solche Granaten wurden bis vor wenigen Jahren aus Metall hergestellt. Das hieß drehen, löten, schleifen, schweißen usw. Mit PHB hat sich alles vereinfacht: einmal die Formen herstellen und dann nur noch spritzen.



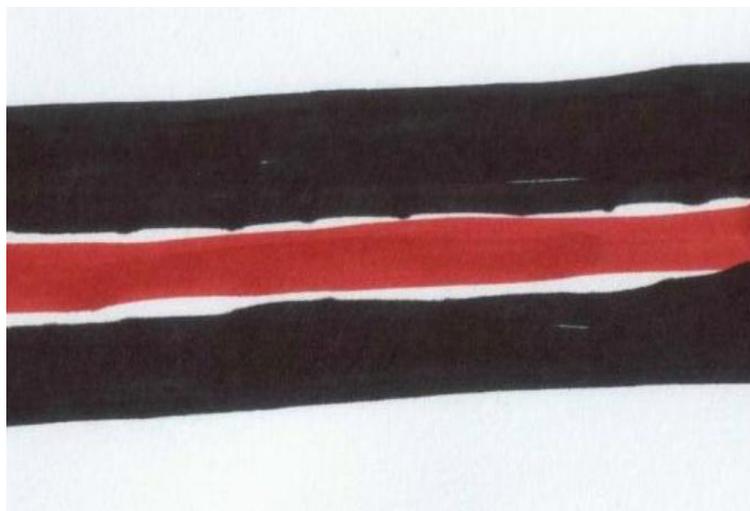
Der Boden der Granate ist 7 mm dick. Er hält wegen der Kristallinität die Temperatur und die Beschleunigung durch die Treibladung bestens aus. Ein

weiterer Hinweis auf die hohe Festigkeit, die durch die Kristallinität bedingt ist, ist die Innensäule. Es ist eine Hohlsäule mit nur 0,7 mm Wandstärke. Sie überträgt die Beschleunigung auf den Deckel ohne gestaucht zu werden. Aus herstellungstechnischen Gründen ist sie auf beiden Seiten eingeschraubt. Man hat dazu einfach die M14-Metallschraube kopiert und mit der Hohlsäule zusammen gespritzt. Die feinen Rillen der PHB-Schrauben halten die Kräfte der Beschleunigung genau so gut wie die Rillen der früheren Metallschrauben, kein Durchschieben, kein Abscheren. Spätestens jetzt kann man sagen, dass die extreme Kristallinität von PHB eine Eigenschaft darstellt, die man nur von Metallen kennt.

**Kristallinität von PHB in Naturfaserverbunden:**

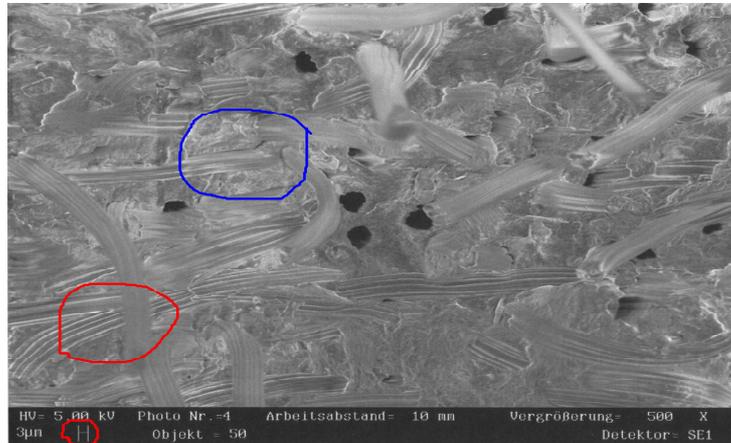
- hart
- kriechresistent
- **schlagzäh**

In Naturfaserverbunden zeigen die Kristalle eine andere Stärke von PHB (slide **13**). Sie erlauben extrem schlagzähe Teile.

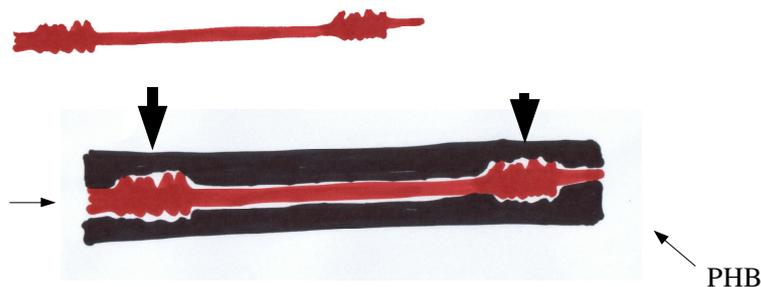


Wenn man Naturfasern in eine PHB-Schmelze einbettet, dann zieht sich die Matrix wegen des Schwunds im Mikron-Bereich von den Fasern weg (slide **14**). Die Fasern können sich nun frei bewegen. Kurzfasern kann man mit einer Pinzette leicht herausziehen. Langfasern haben aber dort, wo früher die

Blätter an den Stängeln anhafteten, dickere Stellen. Diese sind dicker als der Schwund. Das nächste Bild (blau) zeigt so eine Stelle (slide **15**).



An diesen Stellen werden die Fasern durch die harten PHB-Kristalle wie mit Zangen eingeklemmt (slide **16**).



PHB shrinks and cedes from fibers  
However it is clamped at thicker parts,  
allowing them to stretch

Bei einem Schlag können sich die Faser zwischen den Einklemmstellen dehnen und den Schlag durch Vibrieren auffangen.

Ich habe in wenigen Worten und Bildern darzustellen versucht, was PHB kann und was PHB einzigartig macht (slide **17**).

- Warum sollte man PHB kaufen?**
- aus nachwachsenden Rohstoffen
  - voll abbaubar
    - aerob (->Garten)
    - anaerob (Sickergruben, Boden von Gewässern (-> Freizeit))
  - absolut linear -> **adaptierbare Schmelzeviskosität:**
    - > **dünne Wände, komplex Strukturen, scharfe Kanten, glänzende oder interessante Oberflächen**
  - absolut isotaktisch und Tg unter 0°C -> **kristallin:**
    - > **kriechresistent, dünne und dicke Teile in einem Schuss, überragend schlagzähig und thermoverformbare Composites, etc. ->thermoplastisches Metall**

Die erste Eigenschaften, aus nachwachsenden Rohstoffen, ist geschenkt. Dagegen sticht das Abbauverhalten in aeroben und anaeroben Bereichen heraus. Anwendungen sind im Sport, in Freizeitartikel, im Garten oder im Bereich Hygiene. Die beiden weiteren Eigenschaften sind biologisch bedingt und heben PHB gegenüber den klassischen Thermoplasten ab. Die absolute Linearität der Polymerketten erlaubt es, die Schmelzeviskosität direkt über die Maschinentemperaturen zu steuern und dünne Wände, komplexe Strukturen, scharfe Kanten oder interessante Oberflächen zu spritzen. Die Kristallinität erlaubt es feste Teile herzustellen, die sonst nur bei Metallen zu beobachten sind, oder thermoplastisch verformbare Langfasercomposites, die eine überragende Schlagzähigkeit zeigen.

Um auf die Ausgangsfrage zu kommen: Warum sollte man PHB kaufen? Die Antwort ist: Wenn immer eine dieser Eigenschaften oder eine Kombination davon gefragt ist, dann ist PHB die richtige Wahl (slide **18**).

**Wann sollte man PHB kaufen?**

**Immer dann, wenn man außergewöhnliche Eigenschaften braucht**

**PHB ist ein Hochleistungs-Thermoplast!**

**Kontakt:**

**Urs J. Hänggi, Biomer, +49/89/12765136, haenggi@biomer.de**

Oder, wenn man außergewöhnliche Eigenschaften braucht. PHB ist ein Hochleistungs-Bioplast!