

Vorlesungstermine

WS 13/14 – Di 15:45 Uhr bis 19:00 Uhr, V 47.02

Datum	Titel / Inhalt
29.10.13	Einleitung / Erforderliche Grundlagen
05.11.13	Verhalten in der Schmelze
12.11.13	Verhalten als Festkörper
19.11.13	Gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften / Kunststoffaufbereitung
26.11.13	Einflüsse auf die Eigenschaften
03.12.13	Einführung in die Extrusion
17.12.13	Einführung in das Spritzgießen
<i>Vorlesungsfreie Zeit: 23.12.13 bis 06.01.14</i>	
07.01.14	Verarbeitung von vernetzenden Formmassen / Faserkunststoffverbunde
14.01.14	Einführung in die Weiterverarbeitung
21.01.14	Einführung in das Konstruieren mit Kunststoffen
28.01.14	Kunststoffe und Umwelt
<i>Prüfungsvorbesprechung; Prüfung am 13.02.2014</i>	

Bestehen Fragen zum vorherigen Vorlesungstermin?



Grundlagen der Kunststofftechnik

Prozess/Struktur/Eigenschaften

Beeinflussung durch den Verarbeitungsprozess

Institut für Kunststofftechnik
Böblinger Straße 70
70199 Stuttgart

Nach dieser Veranstaltung sollten Sie...

- den Einfluss von Eigenspannungen auf die Bauteileigenschaften,
- den Einfluss von Orientierungen auf die Bauteileigenschaften,
- den Einfluss der Kristallbildung auf die Bauteileigenschaften und
- den Einfluss von Schaumstrukturen auf die Bauteileigenschaften...

... beschreiben und bewerten können.

Prozess-Struktur-Eigenschaften

Übersicht



- Eigenspannungen
- Orientierungen
- Kristallisation
- Schäumen

Prozess-Struktur-Eigenschaften

Übersicht



- Eigenspannungen
- Orientierungen
- Kristallisation
- Schäumen

Eigenspannungen

Erklärung

Ganz allgemein nutzt man den Begriff Eigenspannung dann, wenn ein Bauteil auch ohne äußere Beanspruchungen einen mechanischen Spannungszustand aufweist.

Ursache für Eigenspannungen sind benachbarte Bereiche des Bauteils, die unterschiedlich ausgedehnt/kontrahiert sind und im Verbund dann jeweils gestreckt oder gestaucht werden.

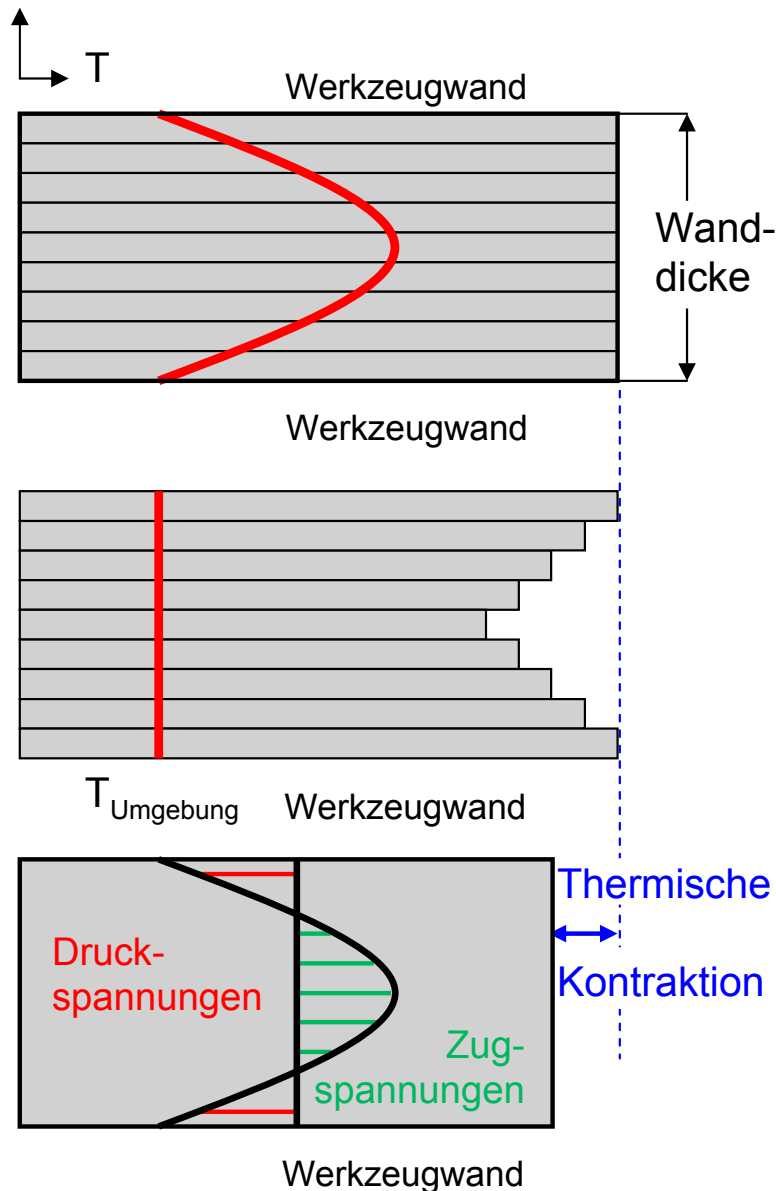
Ursache für die unterschiedliche Ausdehnung oder Kontraktion benachbarter Bereiche des Bauteils kann lokal unterschiedliche

- **thermische Kontraktion** (besonders bei teilkrist. Thermoplasten),
- **Reaktionsschwindung** (besonders bei Duromeren) oder
- **Medienaufnahme (oder -abgabe)** (besonders bei amorphen Thermoplasten)

des Werkstoffes sein. Eigenspannungen wirken wie äußere Spannungen und belasten den Werkstoff vor.

Eigenspannungen

Entstehung von Abkühleigenspannungen



Temperaturverteilung beim Abkühlen:
→ warmer Kern, kalter Rand

nach der Abkühlung, wenn alle Schichten unabhängig voneinander frei thermisch kontrahieren könnten:
→ keine inneren Spannungen

nach der Abkühlung, Dehnungsbehinderung der einzelnen Schichten
→ mittlere thermische Kontraktion (Schwindung) und Eigenspannungen

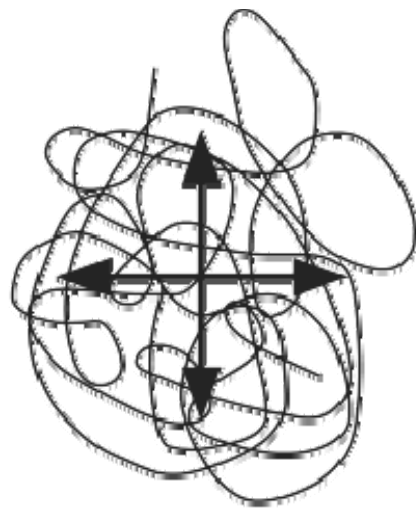
Prozess-Struktur-Eigenschaften

Übersicht

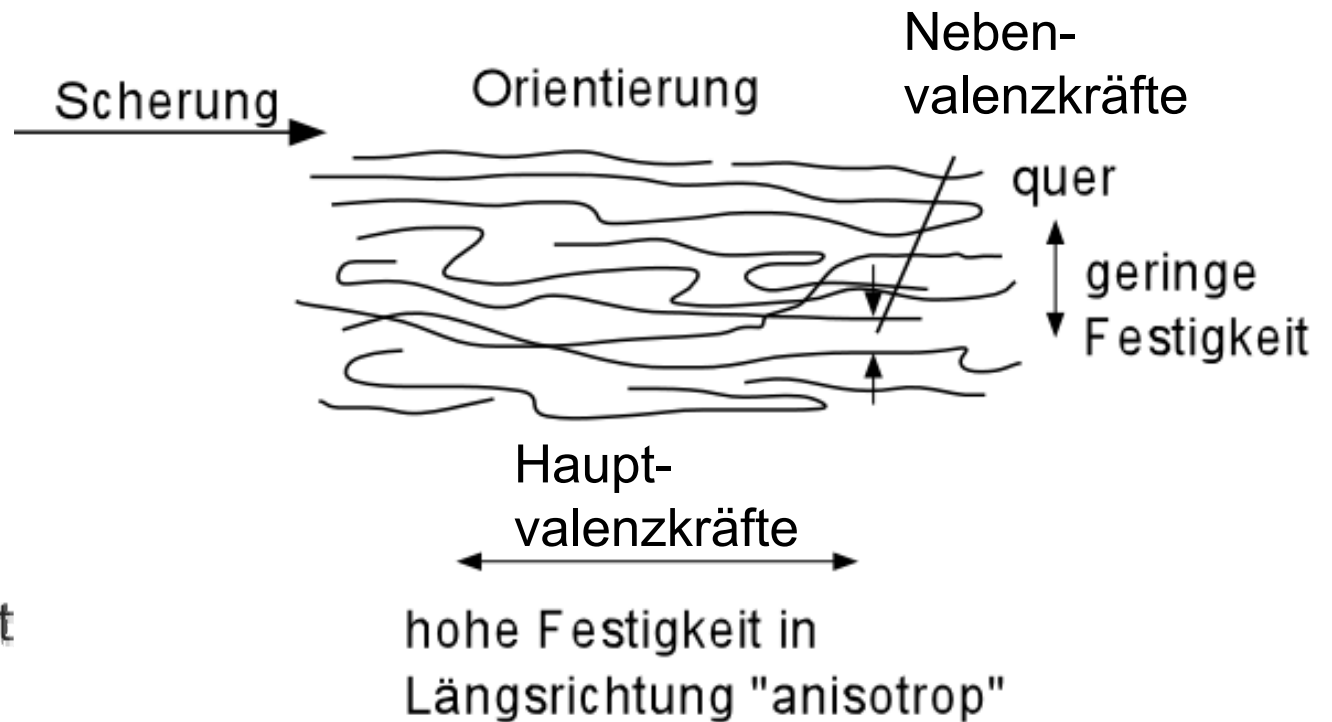
- Eigenspannungen
- Orientierungen
- Kristallisation
- Schäumen

Orientierungen

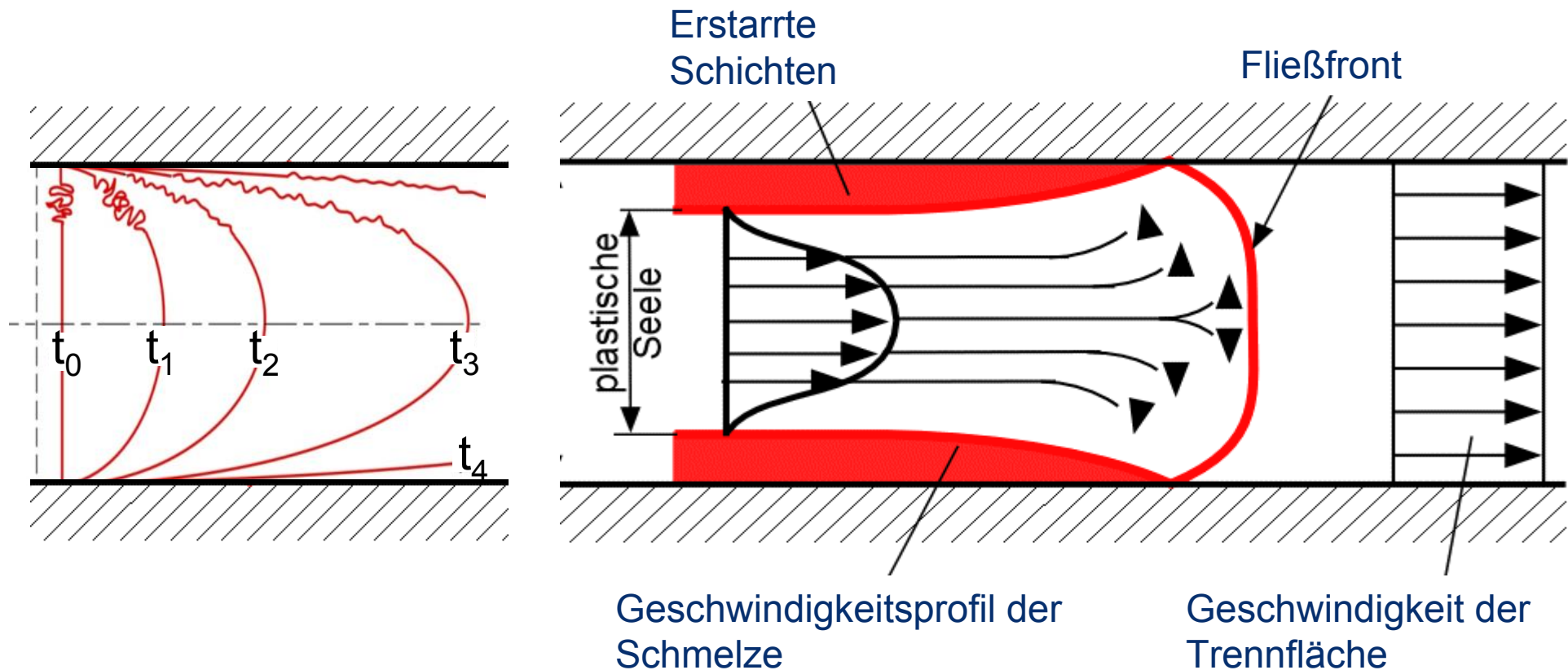
Einfluss der Molekülorientierung auf die Kraftübertragung



Bindekräfte "isotrop" verteilt
HV + NV (Hauptvalenz - +
Nebenvalenzbindekräfte)



Durch die **Scherung** - insbesondere an der Formwand - werden die **Makromoleküle ausgerichtet** und beim Erstarren eingefroren.

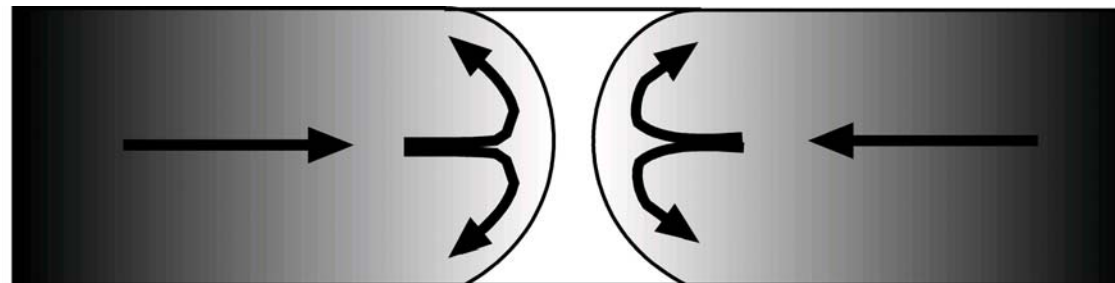


Bei hoher Temperatur und ausreichenden Verweilzeiten entknäulen bzw. „relaxieren“ die Orientierungen wieder.

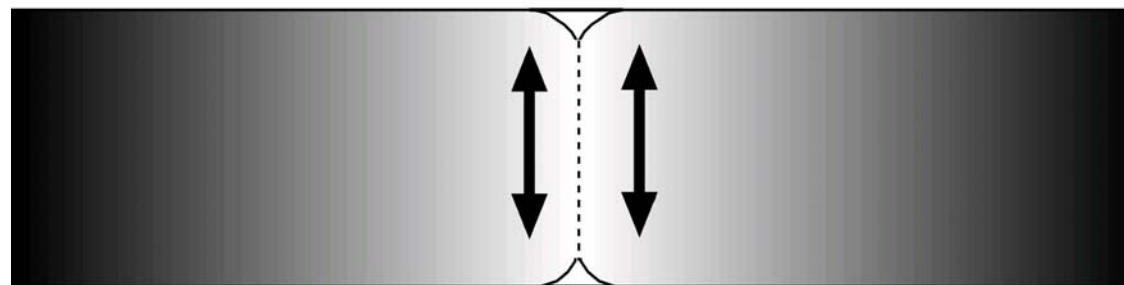
Orientierungen

Sonderfall: Bindenaht

Bei **Bindenähten** stoßen zwei Fließfronten aufeinander. Dabei kommt es im Bereich des Aufeinandertreffens zu einer Orientierung senkrecht zur Fließrichtung. Ebenso können sich an der Oberfläche Kerben bilden.



Richtung des Schmelzflusses
Quellströmung an der Fließfront



Kerben an der Oberfläche, Schwächung des Gefüges im Bereich des Zusammenfließens durch ungünstige Orientierung

An Bindenähten sind die mechanischen Eigenschaften zum Teil deutlich geringer als im Rest des Bauteils.

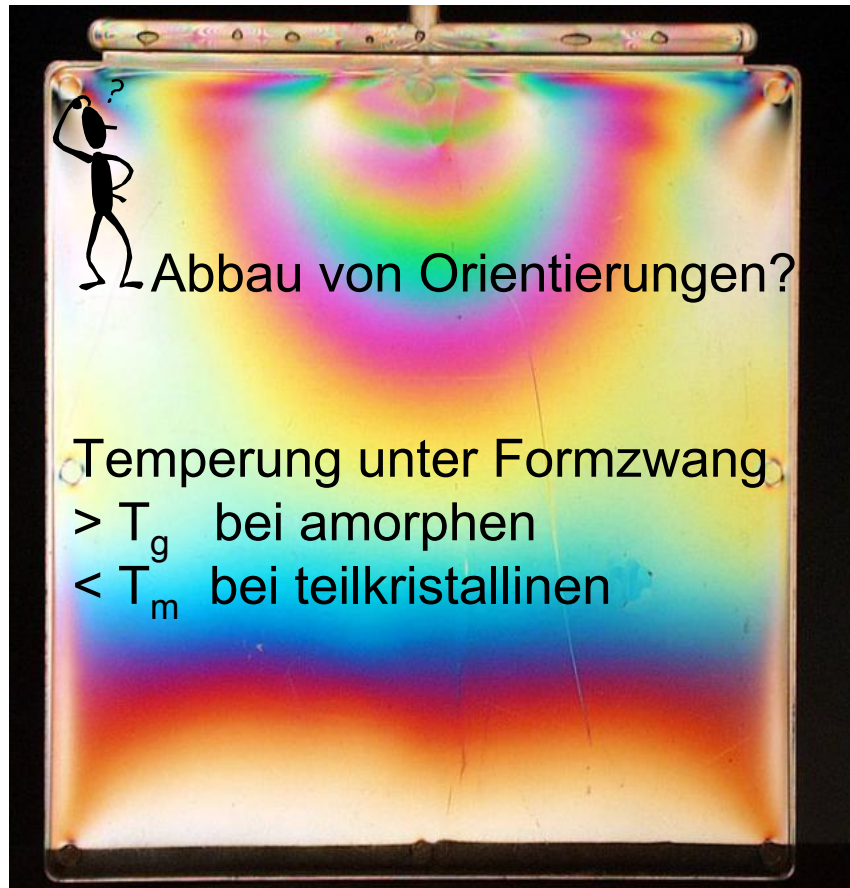
Die Fließvorgänge beim Spritzgießen orientieren den Werkstoff. Die Eigenschaften werden richtungsabhängig („anisotrop“). So kann die thermische Kontraktion und damit auch die Schwindung in den verschiedenen Richtungen unterschiedlich ausfallen. Auch dies kann Verzug bewirken!

REGEL 1: In Fließrichtung ist die Schwindung kleiner als senkrecht zur Fließrichtung.

Orientierungen

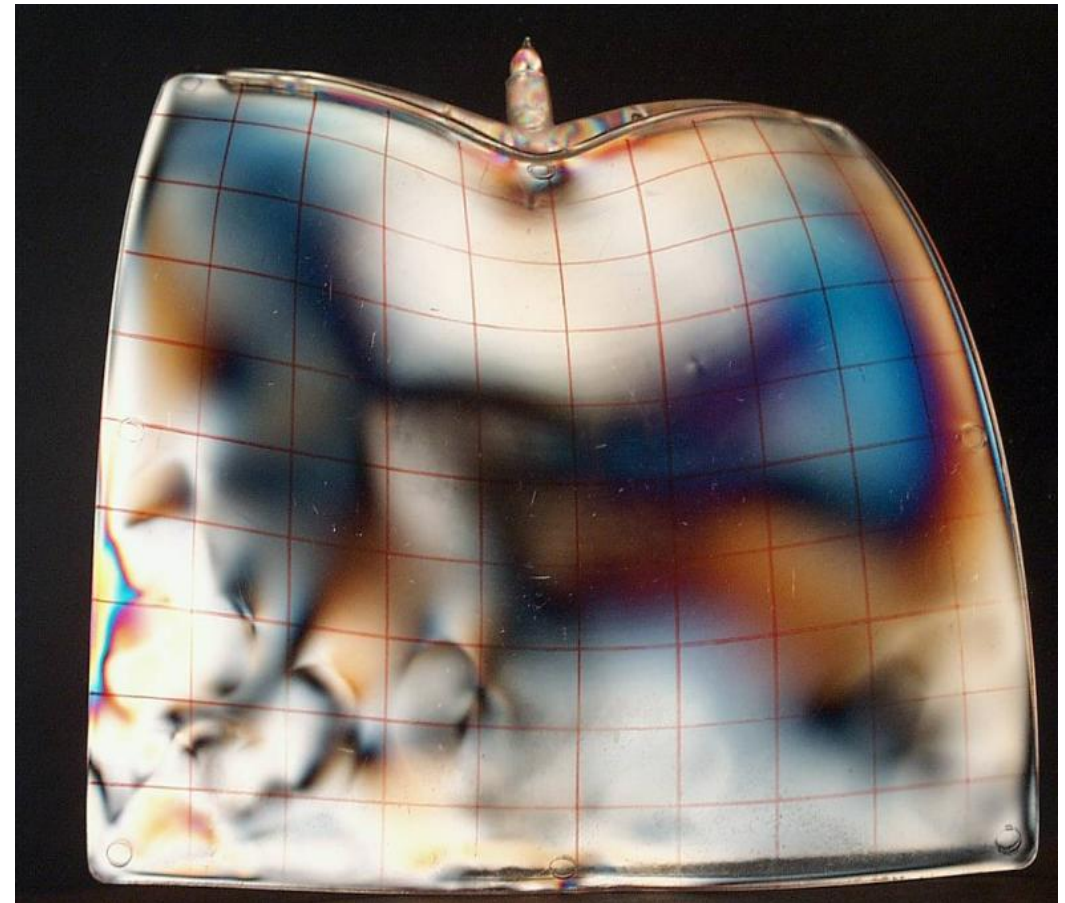
Polarisationsoptische Untersuchungen

Platte mit Bandanguss aus Polycarbonat PC



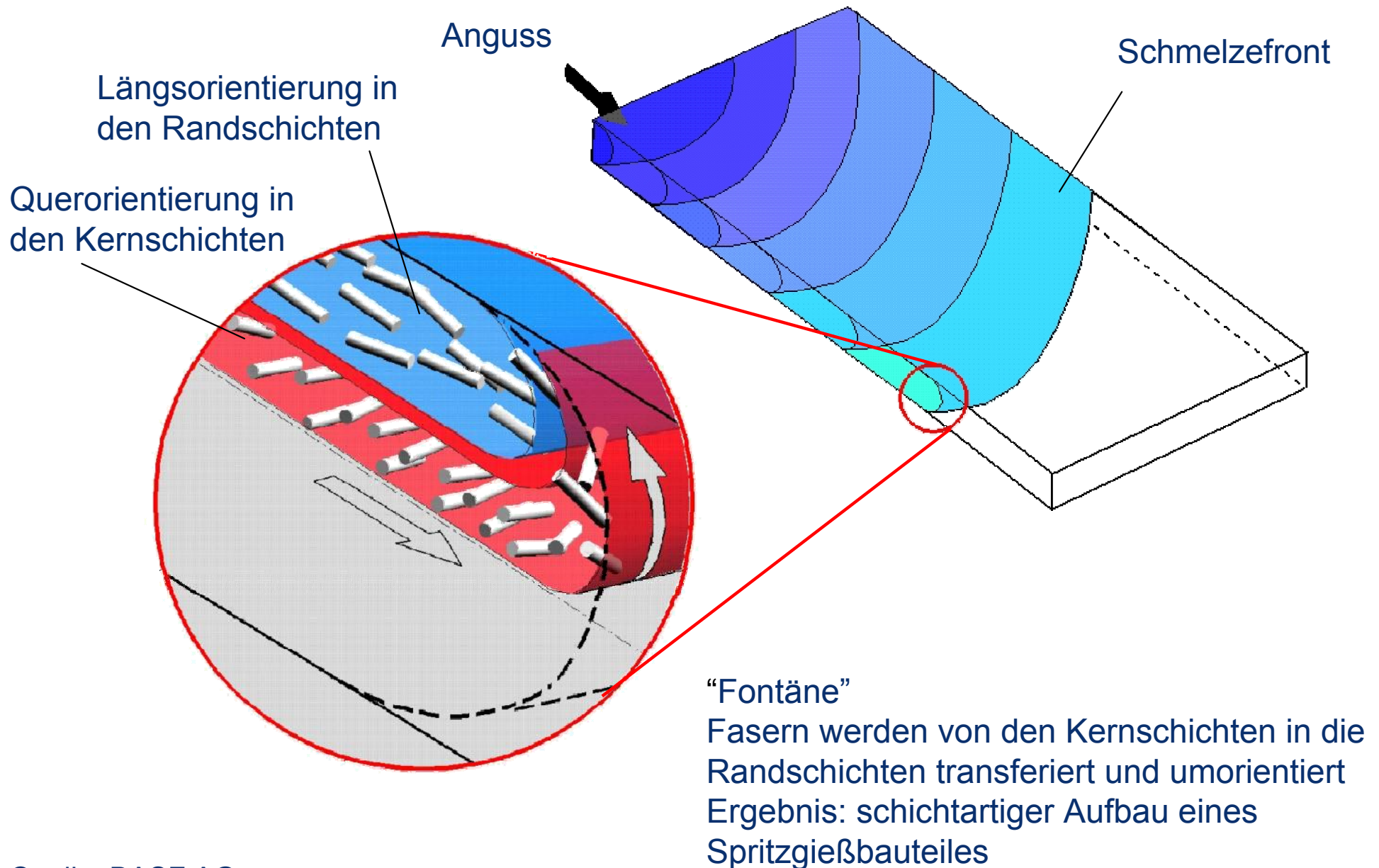
50 mm

nach Warmlagerung ohne Formzwang



Orientierungen

Faserorientierung in Schmelzeströmung



Quelle: BASF AG

Orientierungen

Auswirkung auf die Schwindung

Die Fließvorgänge beim Spritzgießen orientieren den Werkstoff. Die Eigenschaften werden richtungsabhängig („anisotrop“). So kann die thermische Kontraktion und damit auch die Schwindung in den verschiedenen Richtungen unterschiedlich ausfallen. Auch dies kann Verzug bewirken!

REGEL 1: In Fließrichtung ist die Schwindung kleiner als senkrecht zur Fließrichtung.

REGEL 2: Fasergefüllte Formmassen weisen stärkere Anisotropien bei den Schwindungswerten auf als unverstärkte Formmassen.

- Wodurch entstehen bei der Kunststoffherstellung Orientierungen?
- In welcher Anwendung sind Orientierungen gewünscht?
- Wie können unerwünschte Orientierungen reduziert werden?

Prozess-Struktur-Eigenschaften

Übersicht

- Eigenspannungen
- Orientierungen
- Kristallisation
- Schäumen

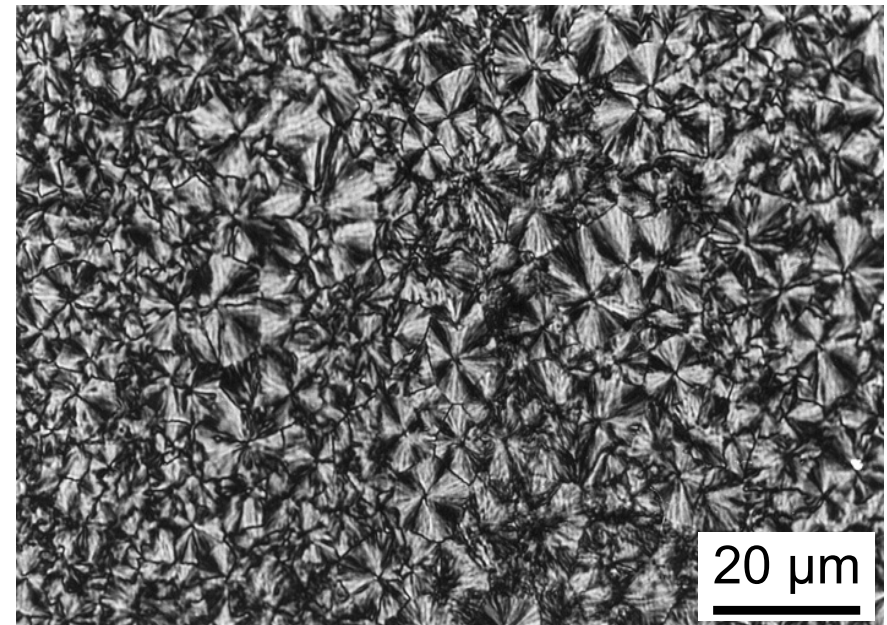
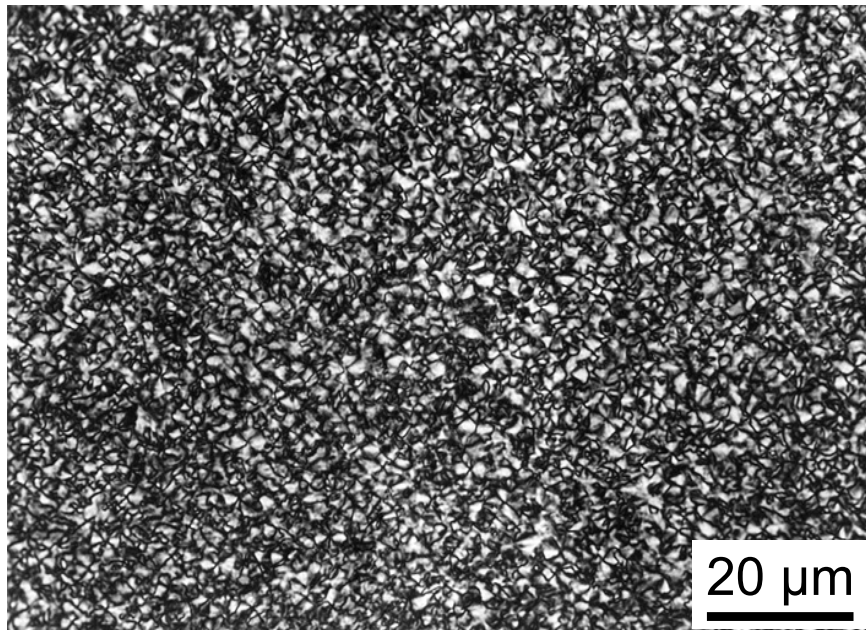
Bestimmte Thermoplaste können sich bei der Erstarrung teilweise ordnen (kristallisieren → teilkristalline Kunststoffe). Der **Aufbau kristalliner Ordnungszustände** erfolgt an Grenzflächen in der abkühlenden Schmelze (Keimen).

- Je niedriger die Abkühlgeschwindigkeit, um so gleichmäßiger können die Makromoleküle kristallisieren (Kristallisationsgrad steigt)!
- Bei sehr hohen Abkühlgeschwindigkeiten kann die Kristallisation unterdrückt werden (z.B. Getränkeflasche aus PET)!
- Je weniger Keime vorhanden sind, um so größer wird der einzelne Kristall (z.B. Sphärolithdurchmesser)!
- Je geordneter die Makromoleküle in der Schmelze liegen (Orientierung), um so besser können die Makromoleküle kristallisieren (z.B. scherungsinduzierte Kristallisation)!

Kristallisation

Entstehung einer kristallinen Struktur

Die Sphärolithgröße hat einen Einfluss auf das makroskopische Verformungsverhalten. Mit **kleinerer Sphärolithgröße** nehmen z.B. **Bruchdehnung** und **Zähigkeit** zu.



Lichtmikroskopische Aufnahmen von Sphärolithen verschiedener Größen eines Polybutylterephthalat (PBT)

- Welche Kunststoffe können kristallisieren? Erklären Sie.
- Welche Eigenschaften können wie durch Kristallisation beeinflusst werden?

Prozess-Struktur-Eigenschaften

Übersicht



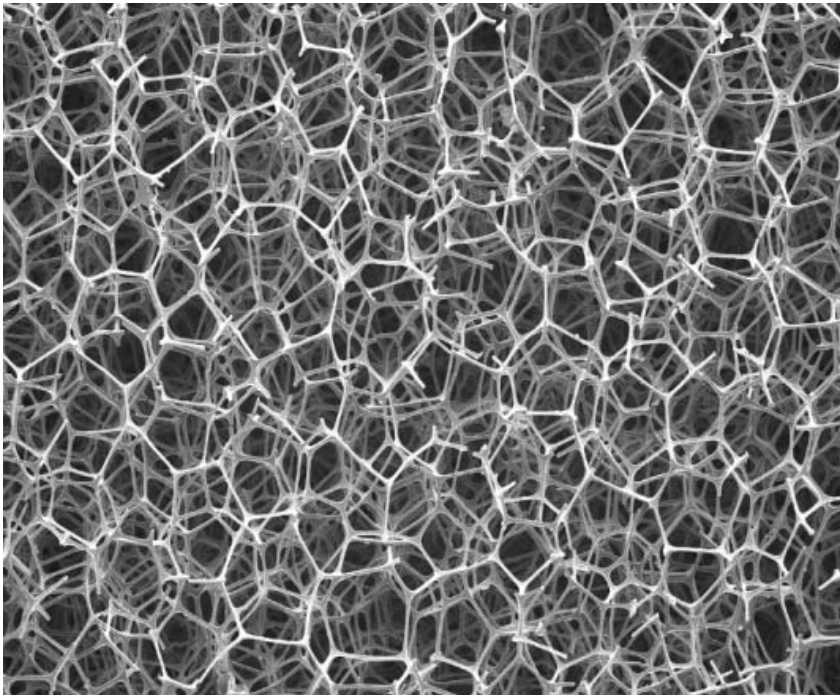
- Eigenspannungen
- Orientierungen
- Kristallisation

- Schäumen

Weitere Möglichkeit der Einflussnahme auf die Eigenschaften:

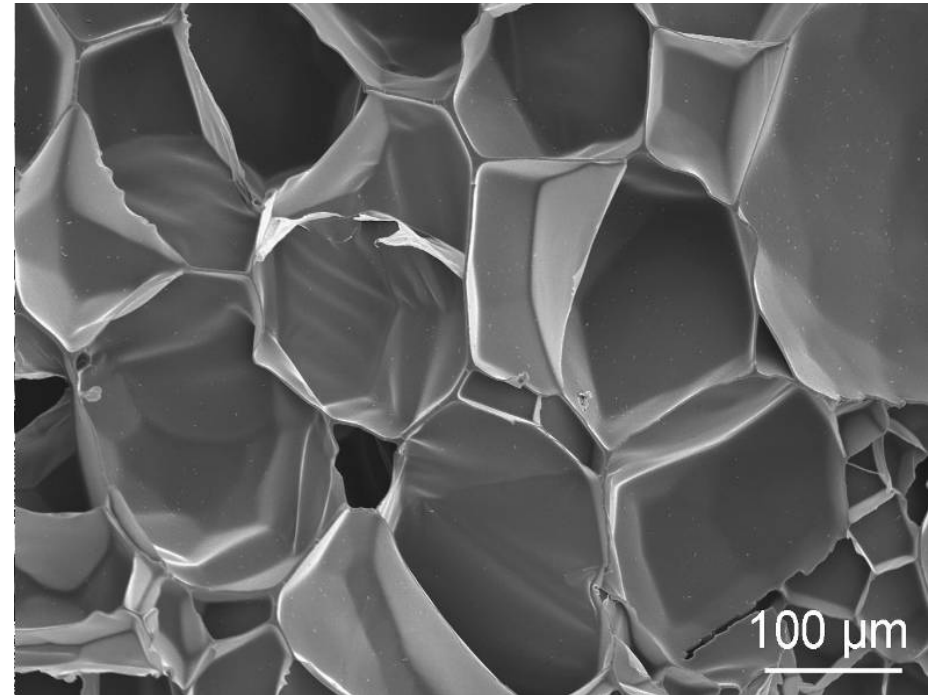
Bildung einer inneren Struktur durch Schäumen von Kunststoffen

offenzellig



gute Schallisolierung

geschlossenzellig



gute Wärmeisolierung

Definition:

Nach DIN EN ISO 472 ist ein Schaum(kunst)stoff ein „Kunststoff, dessen Dichte durch die Anwesenheit zahlreicher, in seiner Masse verteilter, kleiner offener oder geschlossener Hohlräume (Zellen) verringert ist“.

Dichte: leichte Schaumstoffe $< 0,1 \text{ g/cm}^3$, schwere Schaumstoffe $> 0,1 \text{ g/cm}^3$

Polymere:

- Thermoplaste (PE, PP, PS)
- Elastomere (EPDM, SBR, NBR)
- Duroplaste (PUR, EP, UP)

Schäumverfahren:

- Schaumschlagverfahren: Einschlagen oder Einblasen von Luft/Gas
- Mischverfahren: zwei flüssige, reaktive Komponenten + Treibmittel
- Expansionsverfahren: Expansion einer flüssigen in eine gasförmige Phase

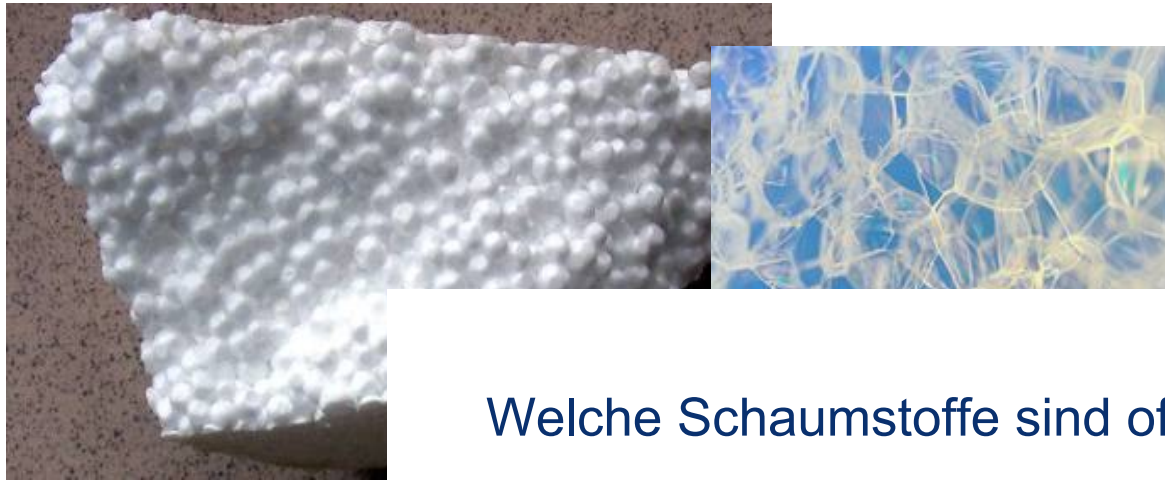
Schäumen

Polyurethanschäumen



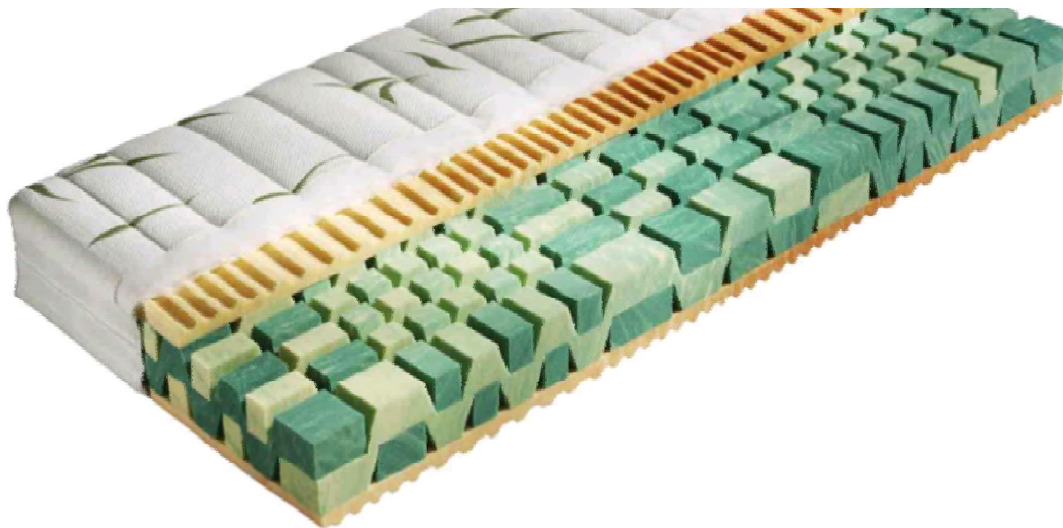
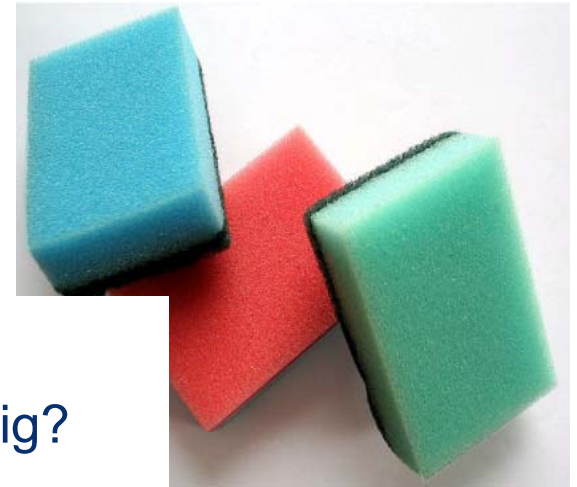
Schäumen

Beispiele



Welche Schaumstoffe sind offenzellig?

Welche geschlossenzellig?



Schäumen

Beispiel Basotect®



Grundlagen der Kunststofftechnik

Prozess/Struktur/Eigenschaften

Beeinflussung durch den Verarbeitungsprozess

Institut für Kunststofftechnik
Böblinger Straße 70
70199 Stuttgart