

Technologietage 2013

„Fehleranalyse“

Johannes Hauser

Elisabeth Strunz

Alexander Harrer



Fehleranalyse

I Einleitung/ Voruntersuchungen

- Fragen
- Antworten

II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung:

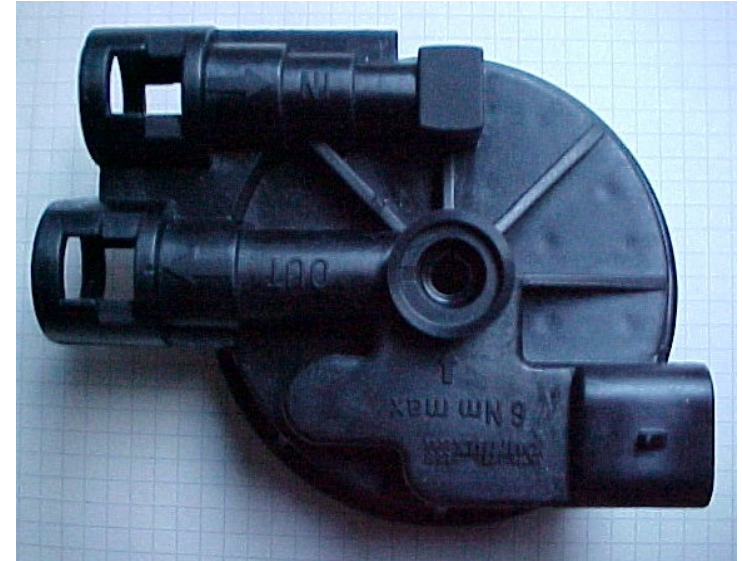
- Materialauswahl
- Teile und Werkzeugkonstruktionen
- Verarbeitungsbedingungen

III Zusammenfassung

I Voruntersuchungen

Woher kommt das Teil?

- Ist es spritzfrisch?
- Kommt es aus der Montage?
- Kommt es aus dem Feld?



I Voruntersuchungen

Ist es ein Neuteil oder ein Teil aus der Montage?

Was wurde Verändert?

- Verarbeitungsbedingungen
- Werkzeugauslegung
- Lagerbedingungen
- Testbedingungen nach dem Spritzgießen
- Montage

I Voruntersuchungen

Was wurde verändert?

Neues Material, neue Charge

Fehlerhäufigkeit :% oder PPM

Zusammenhang zwischen Fehler und Kavität

Werkzeugtyp und/oder Anzahl der Kavitäten

I Voruntersuchungen

Ist der Teil aus dem Feld:

- Welche Bedingungen führten zum Fehler?
 - Umwelteinflüsse
 - Alter
 - Mögliche andere Ursachen



I Voruntersuchungen

Niemand möchte der Schuldige sein, deswegen:

- 1) Hat sich nichts geändert
- 2) Werden nur wenige Informationen weitergegeben

Was ist hilfreich?

- 1) viele Informationen um eine Hypothese zu erstellen
- 2) wenn möglich ein gutes Teil als Referenz

Fehleranalyse

I Einleitung/ Voruntersuchungen

- Fragen
- Antworten

II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung:

- Materialauswahl
- Teile und Werkzeugkonstruktionen
- Verarbeitungsbedingungen

III Zusammenfassung

II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung

- **Materialauswahl**
- Teile-/Werkzeugkonstruktion
- Verarbeitungsbedingungen

Materialauswahl

Fehlerquellen sind häufig zu finden in:

1. Mechanische Eigenschaften
2. Chemische Beständigkeit
3. Thermische Stabilität
4. Elektrische Eigenschaften
5. UV-Beständigkeit

II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung

- Materialauswahl
- Teile-/Werkzeugkonstruktion
- Verarbeitungsbedingungen

Teile und Werkzeugkonstruktion

Mangelhafte mechanische Bauteileigenschaften
aufgrund des Teiledesigns



Teile und Werkzeugkonstruktion

- Festigkeit / Zähigkeit entspricht nicht den Erwartungen

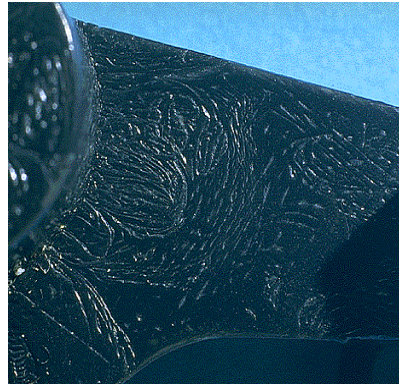
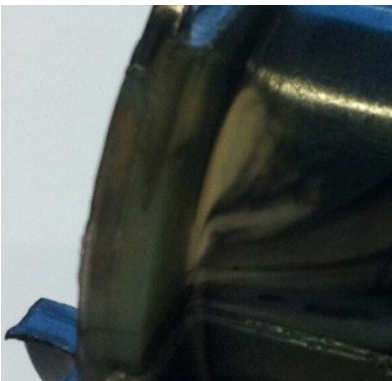
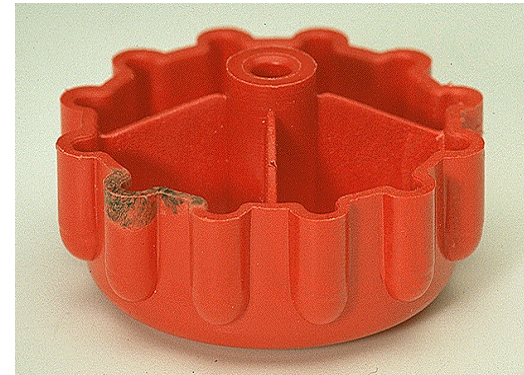
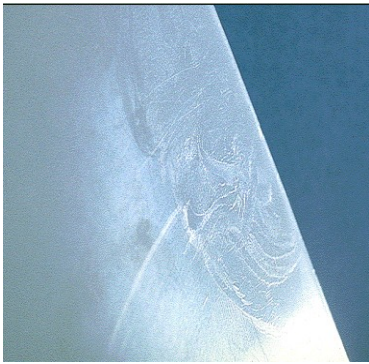
Mögliche Fehlerquellen:

- Scharfe Kanten, Kerben
- Bindenähte, Fließlinien
- Spannungskonzentration im Angussbereich
- Lunker
- Faserorientierung

II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung

- Materialauswahl
- Teile-/Werkzeugkonstruktion
- **Verarbeitungsbedingungen**

Verarbeitungsbedingungen



Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

Schlieren,
Wolken

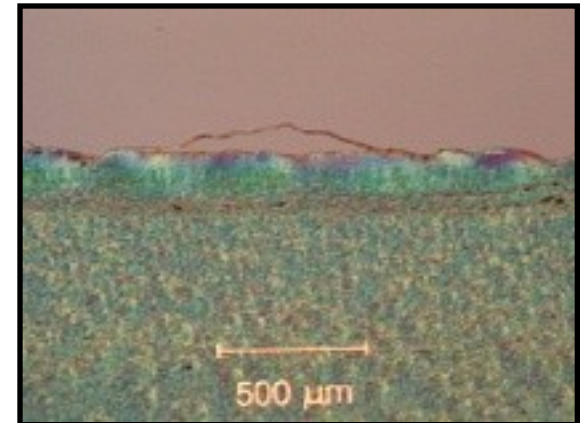
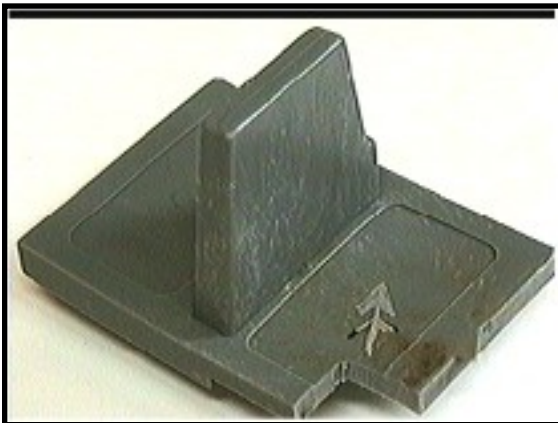
Scherung

Linien, Brenner

Bindenähte

Schlieren

- Aussehen:
 - viele silbrige Linien in Fließrichtung, unregelmäßig
- Ursache:
 - Gasblasen treten an die Oberfläche und werden zerrieben



Schlieren

- Ursache:
 - Gasblasen, die an die Oberfläche treten

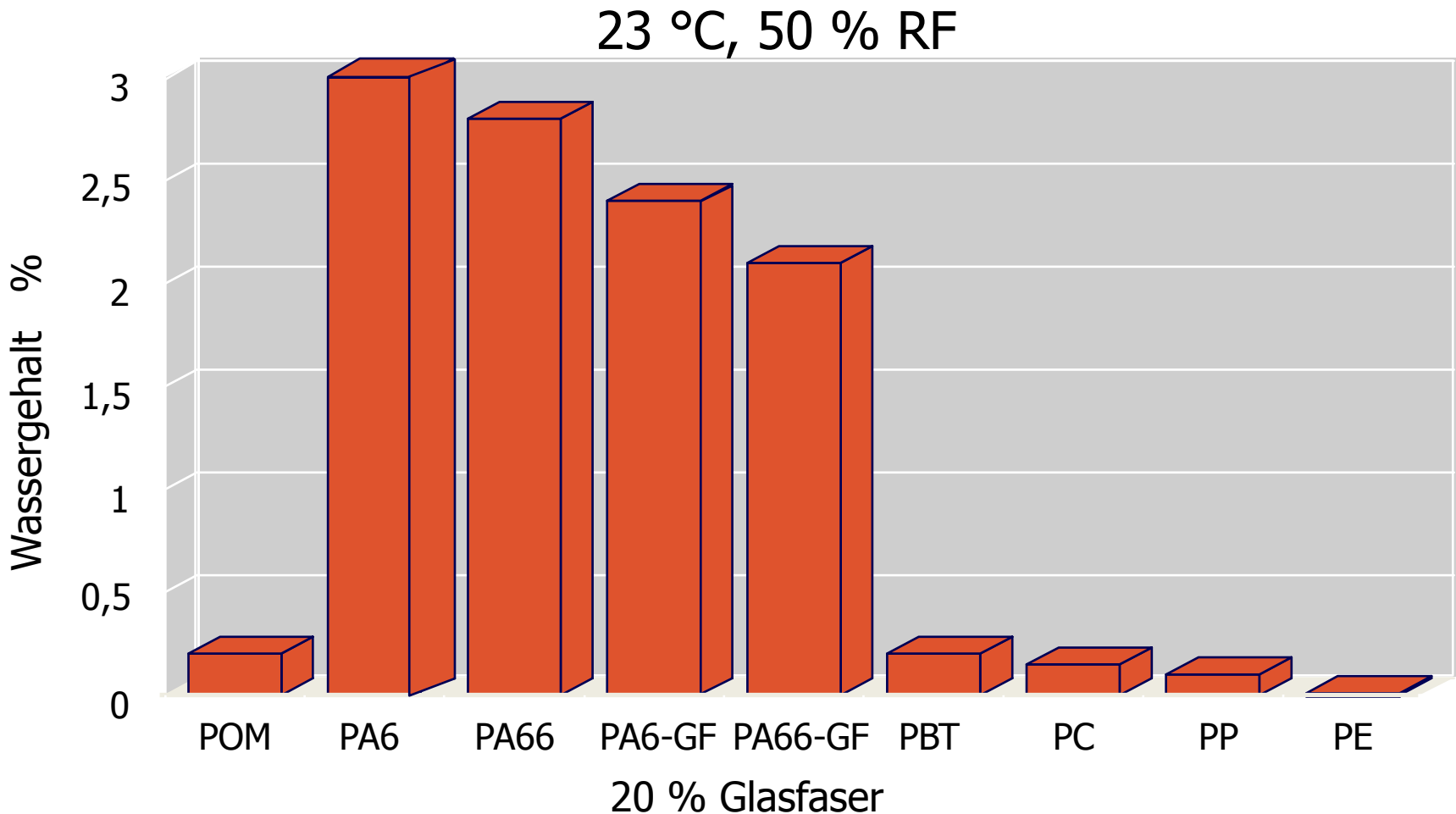


- Gas kann sein:
- Luft,
 - H₂O,
 - zersetztes Material

Feuchtes Granulat

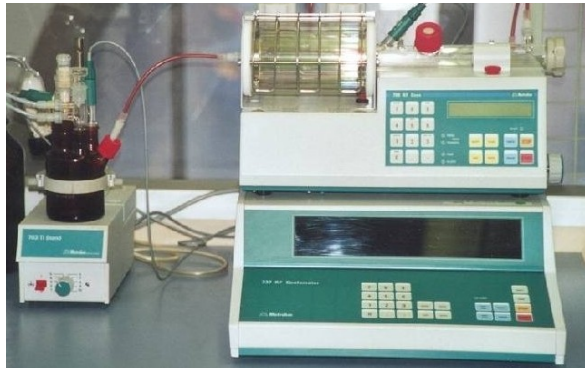


Feuchtigkeitsaufnahme



Feuchtemessung

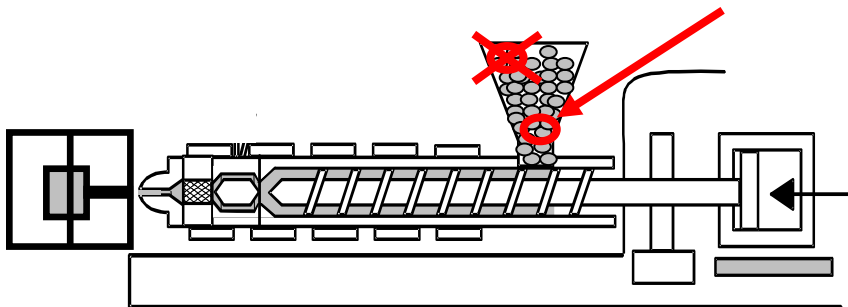
Karl-Fischer Methode



Manometrische Methode



Bevorzugte Entnahmestelle



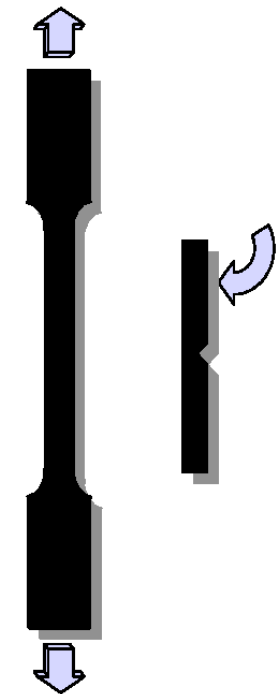
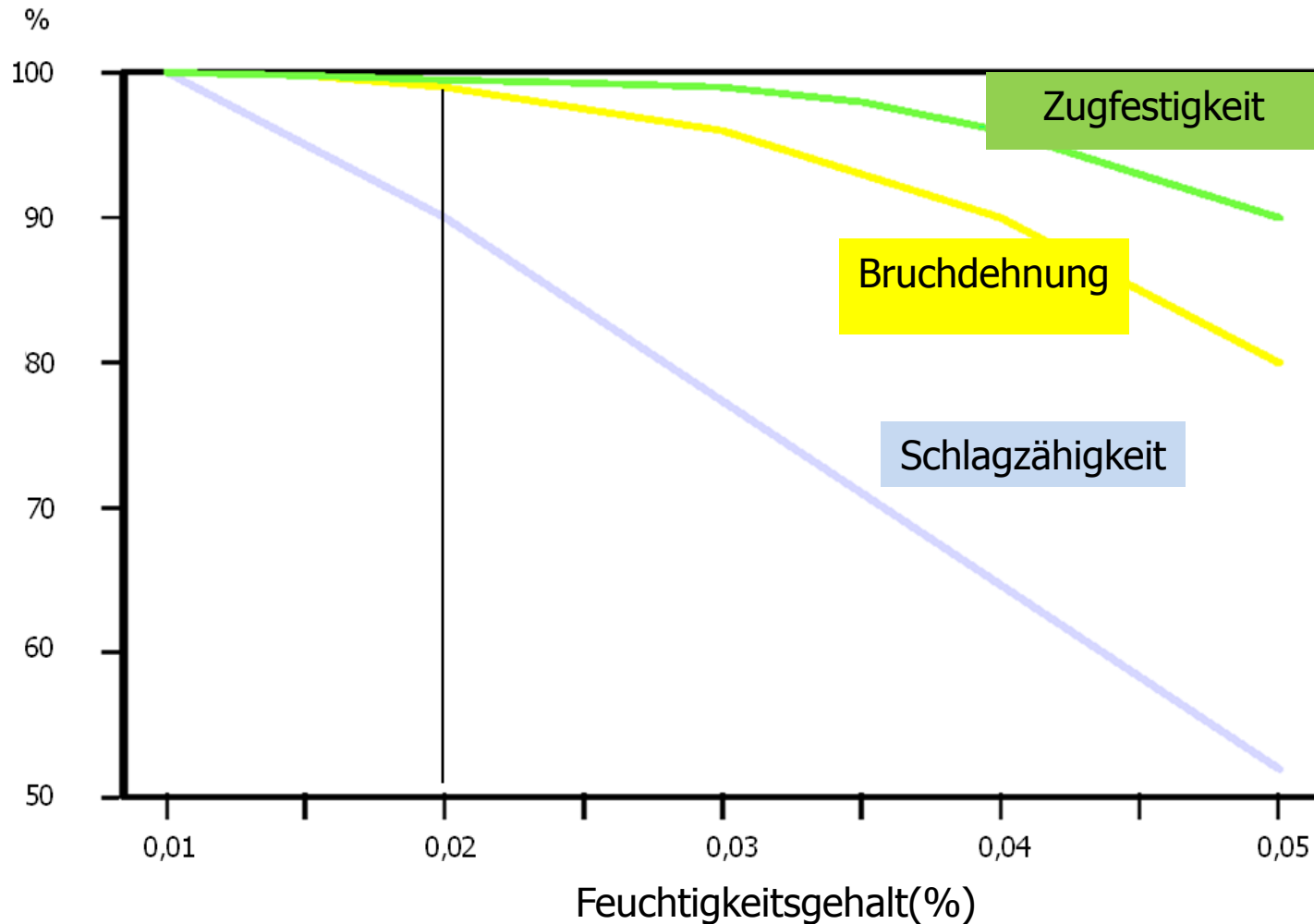
Behältnis für Granulatprobe



Wie erkennt man zu hohe Feuchtigkeit?

PA	Schmelze quillt aus der Düse	Oberflächenschlieren in Fließrichtung	Reduzierte Zähigkeit und Festigkeit
	Schmelzekuchen zeigt starke Blasenbildung	Verstärkte Gratbildung	
PET/PBT/ PCT	<ul style="list-style-type: none"> Keine nennenswerte Symptome 	<ul style="list-style-type: none"> Vorsicht! keine Schlieren erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> Stark reduzierte Festigkeit und Zähigkeit
POM	<ul style="list-style-type: none"> Evtl. Blasenbildung im Schmelzekuchen Evtl. Formbelag 	<ul style="list-style-type: none"> Mögliche Oberflächenschlieren 	<ul style="list-style-type: none"> Keiner
TPC-ET (TEEE)	<ul style="list-style-type: none"> Keine nennenswerte Symptome 	<ul style="list-style-type: none"> leicht verstärkte Gratbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Reduzierte Zähigkeit und Festigkeit
ABS	<ul style="list-style-type: none"> Schmelzekuchen zeigt Blasenbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Oberflächenschlieren 	<ul style="list-style-type: none"> Spannungsrissempfindlichkeit

Einfluß der Granulatfeuchte PET GF30 (Rynite 530)



Trocknungsempfehlungen



Biesterfeld Interowa GmbH & Co KG



PA	0,2 %	80°C	2-4 h	Bei offener Ware notwendig
PBT	0,05 %	120°C	3-4 h	Immer trocknen
PET	0,02 %	130°C	3-4 h	Immer trocknen
PC	0,04 %	120°C	5 h	Immer trocknen
ABS	0,2 %	80-85°C	3 h	Immer trocknen
TPC-ET	0,1 %	80-110°C	2-4 h	Temperatur je nach Härte (immer trocknen)
POM	0,05 %	80°C	1 h	Bei Verdacht auf Oberflächenfeuchte

Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

Schlieren,
Wolken

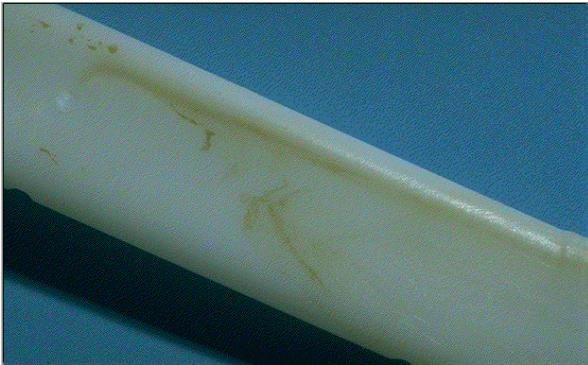
Scherung

Linien, Brenner

Bindenähte

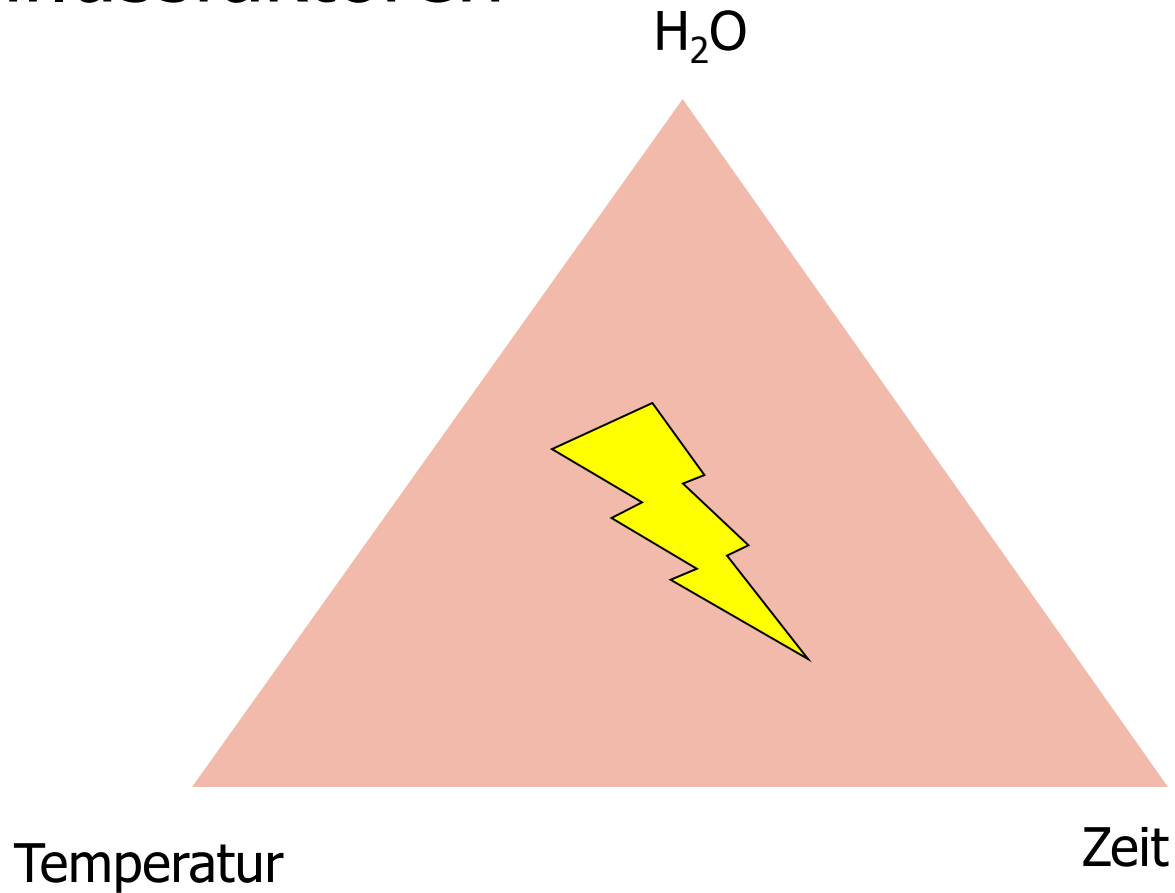
Zersetztes Material

Mangelhafte Materialeigenschaften durch Degradation



Degradation

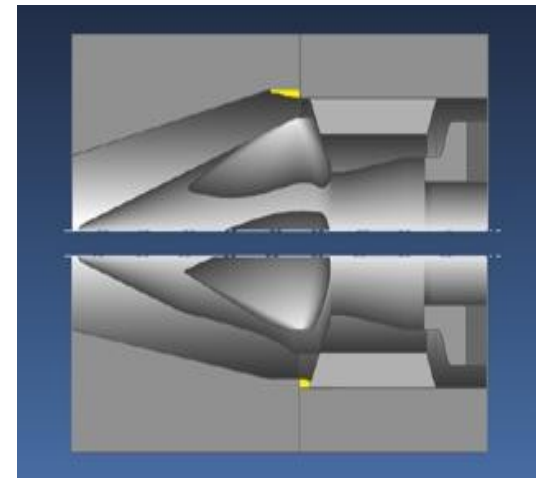
- Einflussfaktoren



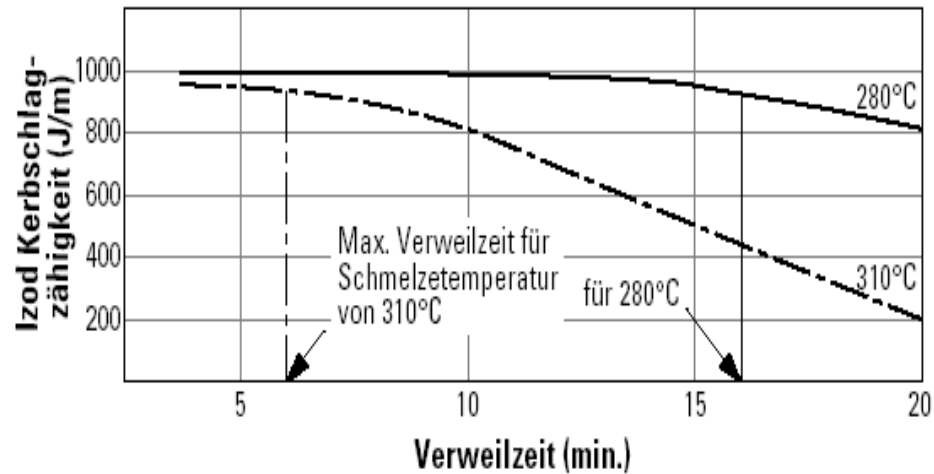
Schlieren/Degradation

Verbrennungen

- Aussehen:
 - Gelblich braune bis schwarze Linie vom Anguss ausgehend durch das Teil
 - unregelmäßig
- Ursache:
 - Materialzersetzung an einer Verweilstelle
- Mögliche Behebung:
 - Verweilstelle beseitigen



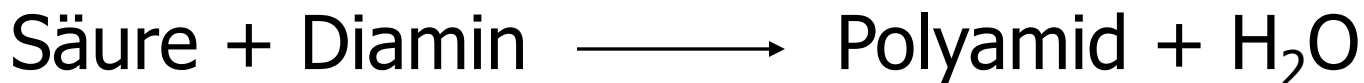
Degradation



Besonders bei Polykondensationsprodukten !

Bsp. Polyamide

Polykondensation

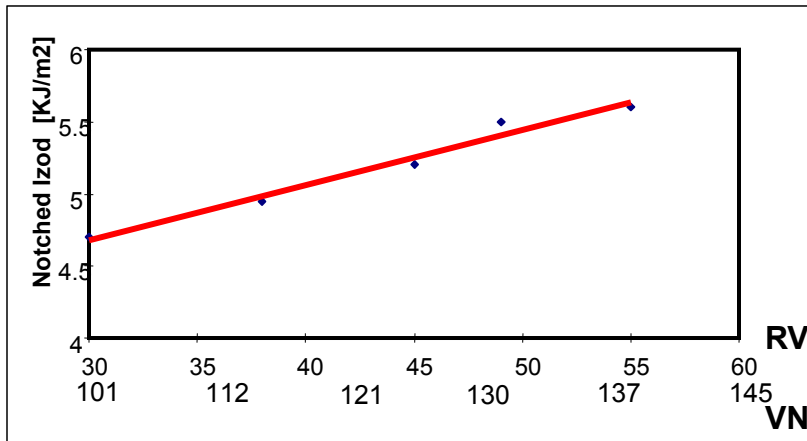


←
Zylinder

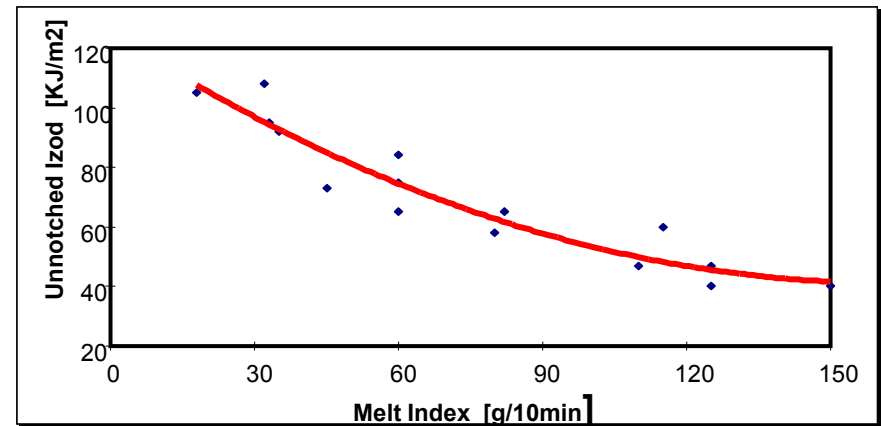
Messmethoden

Zusammenhang Molekulargewicht – Mech. Eigenschaften

PA 66



PET GF 45



Messmethoden

Material	Art	Einheit
POM	MFI	g/10min
POM(H)	Baut nicht ab	
PA	Lösungsmittelviskosität	Viskositätszahl
PBT	Schmelzeviskosität	Pa.s
PET	Schmelzeviskosität	Pa.s
PP	MFI	g/10min
ABS	MFI	g/10min

Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

Schlieren,
Wolken

Scherung

Linien, Brenner

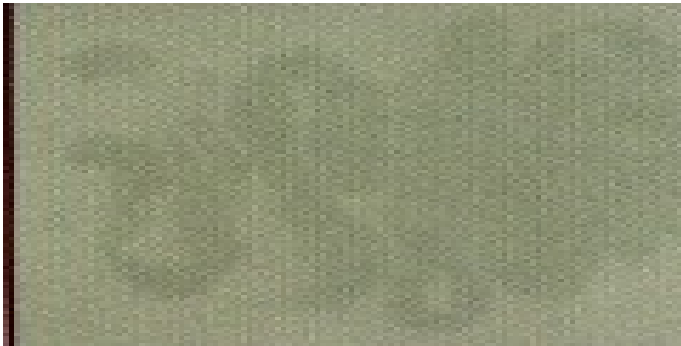
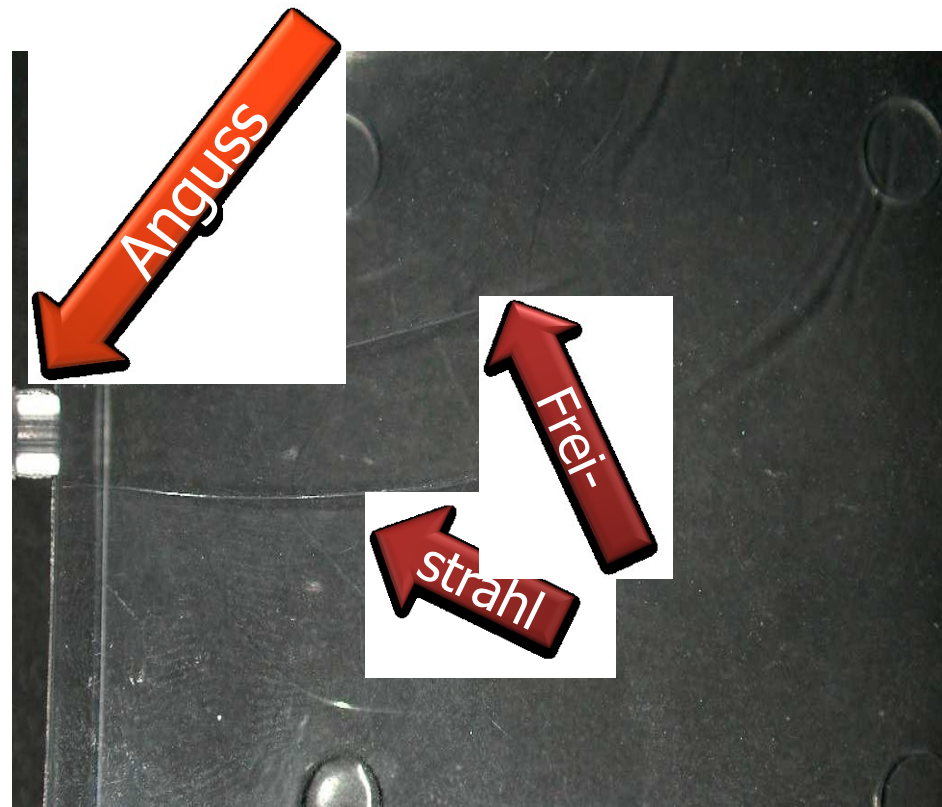
Bindenähte

Linien

- **Aussehen:**
 - durchgehende Linie mit der Tendenz sich nach dem Strom auszurichten. Ort: eher regelmäßig; Aussehen: unregelmäßig
- **Ursache:**
 - „kalte Haut“ oder unaufgeschmolzenes Material, das mit dem Schmelzestrom in die Kavität gespült wird. (oft am Anguss)
- **Mögliche Behebung:**
 - Schmelzeshomogenität prüfen
 - Schmelzetemperatur (Düse/ Heißkanal) erhöhen auf Hautbildung
 - Pfropfenfänger

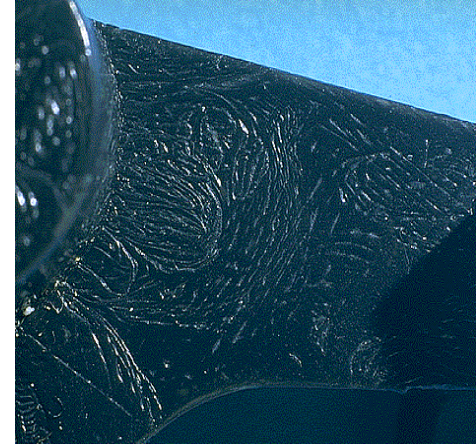
Linien

- Aussehen:
 - Linien vom Anguss ausgehend, gerade oder S-förmig
- Ursache:
 - Freistrahlbildung
- Mögliche Behebung:
 - Spitzgeschwindigkeit abstufen
 - Anfangs langsam
 - Freistrahl brechen /
Anschnitt optimieren

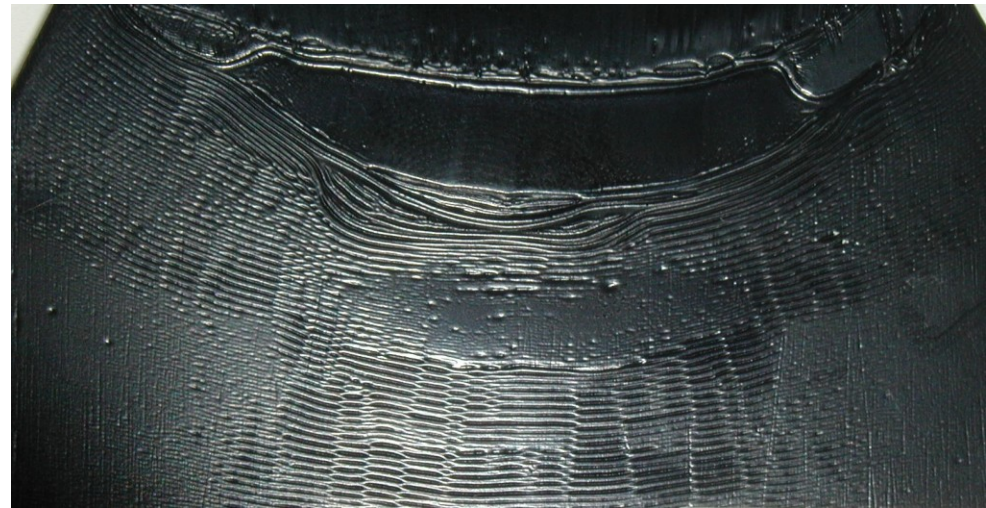


Rillen

- **Aussehen:**
 - Schallplatteneffekt
 - Rillen normal zur Fließrichtung, konzentrisch, Anguss nahe
- **Ursache:**
 - Slip- Stick Effekt
- **Mögliche Behebung:**
 - Schmelztemperatur erhöhen
 - Einspritzgeschwindigkeit verringern/erhöhen



Anguss 



Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

Schlieren,
Wolken

Scherung

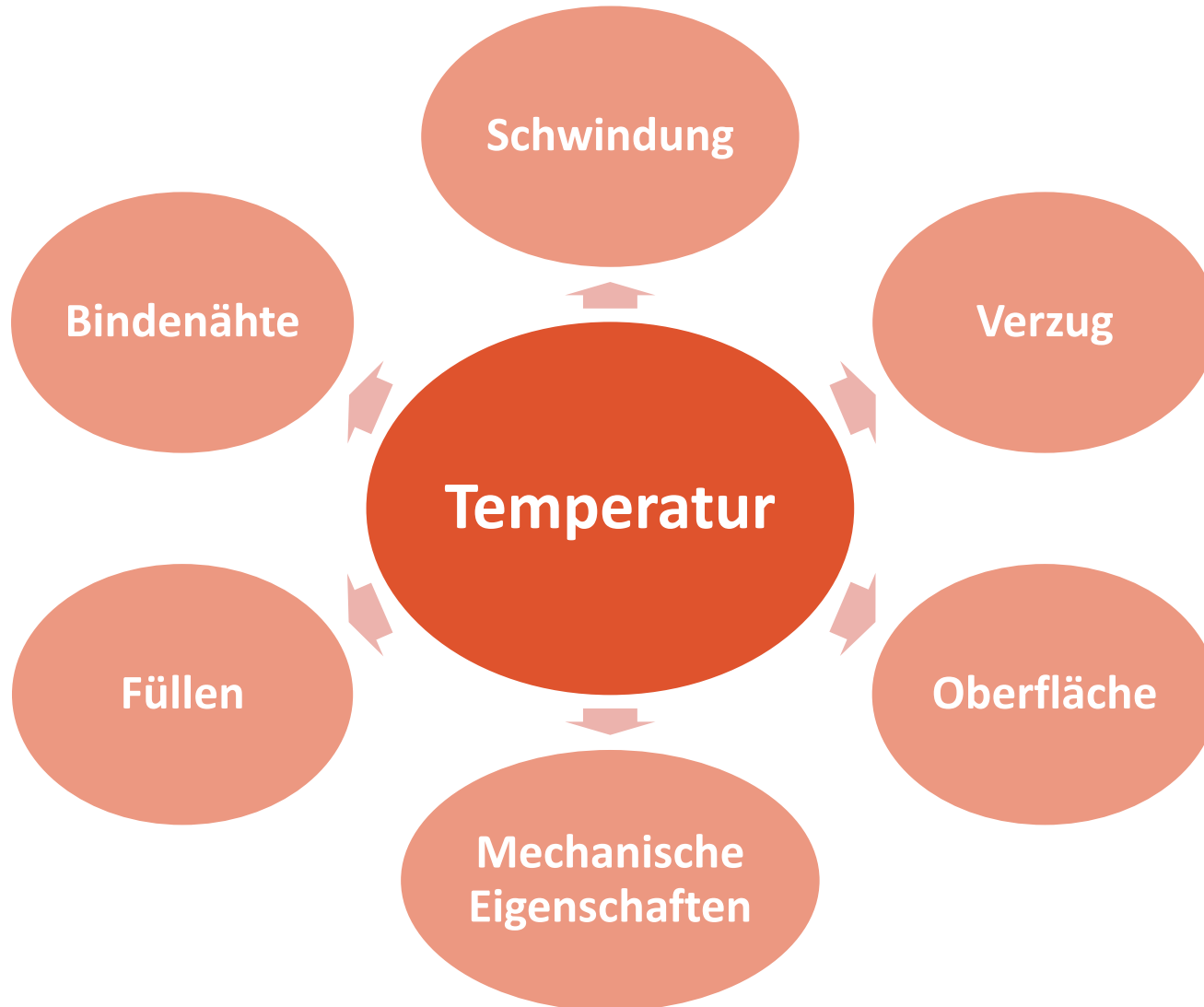
Linien, Brenner

Bindenähte

Werkzeugtemperatur



Einfluss der Werkzeugtemperatur

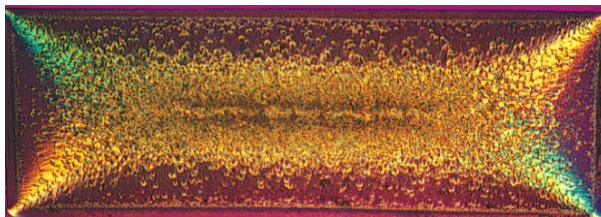
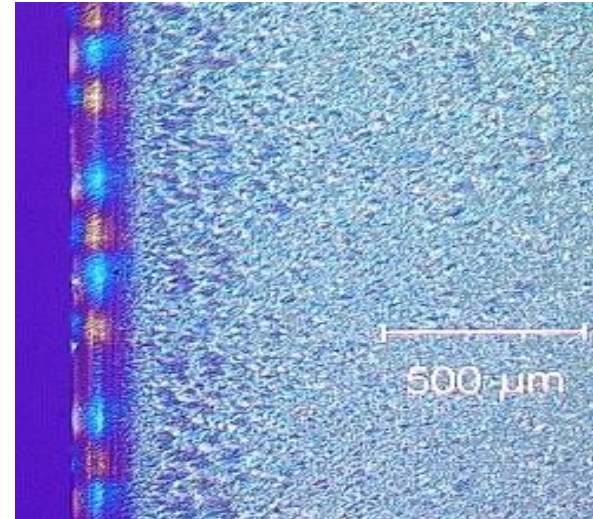
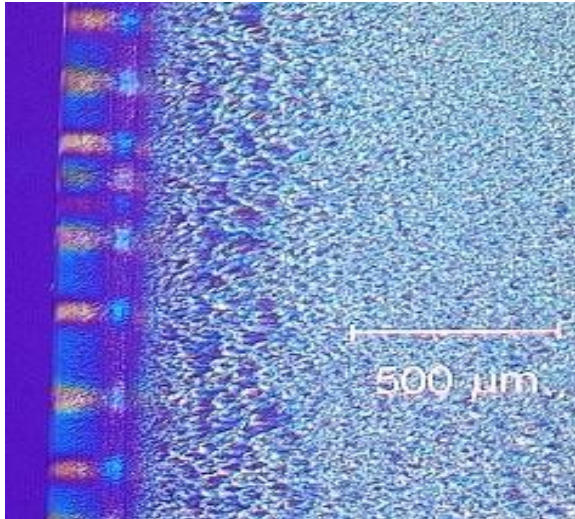


Einfluss Werkzeugtemperatur auf Struktur bei POM-H

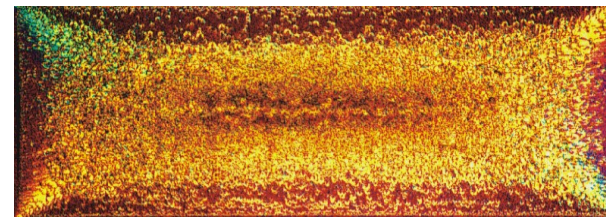


Biesterfeld

Biesterfeld Interowa GmbH & Co KG

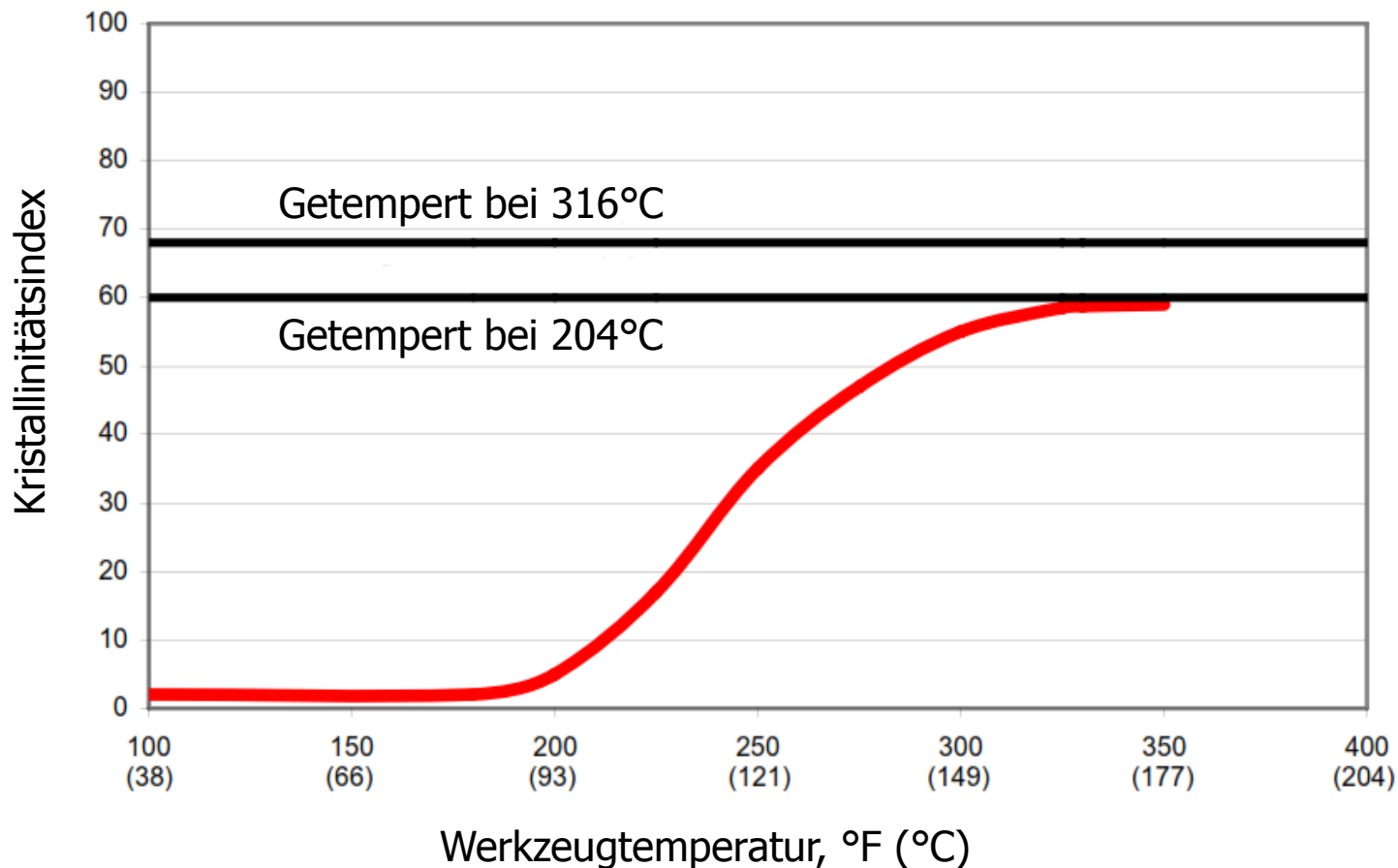


Werkzeug 40°C
Randschicht gering
auskristallisiert

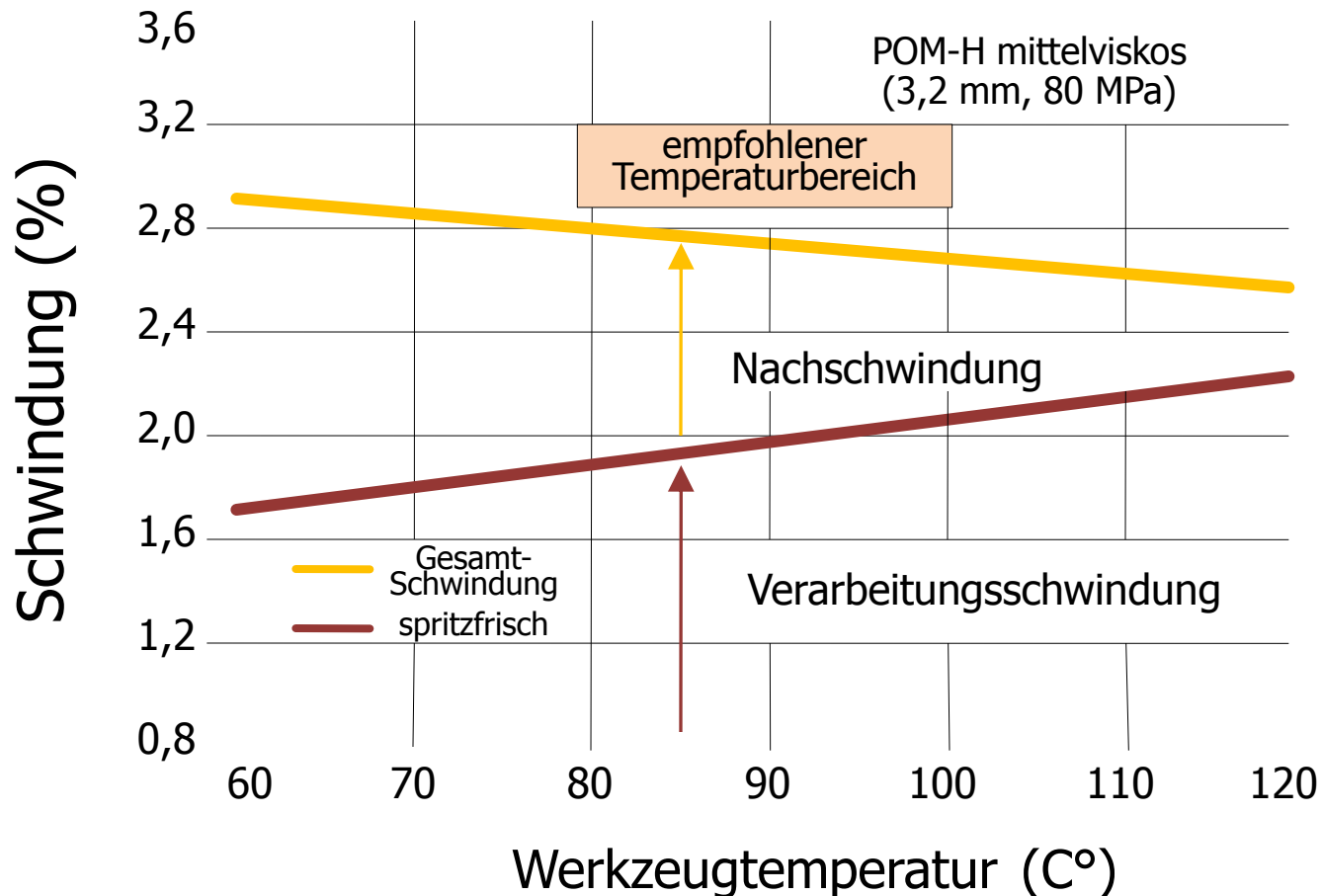


Werkzeug 90°C
Optimale Struktur

Einfluss der Werkzeugtemperatur auf die Kristallinität von PPS



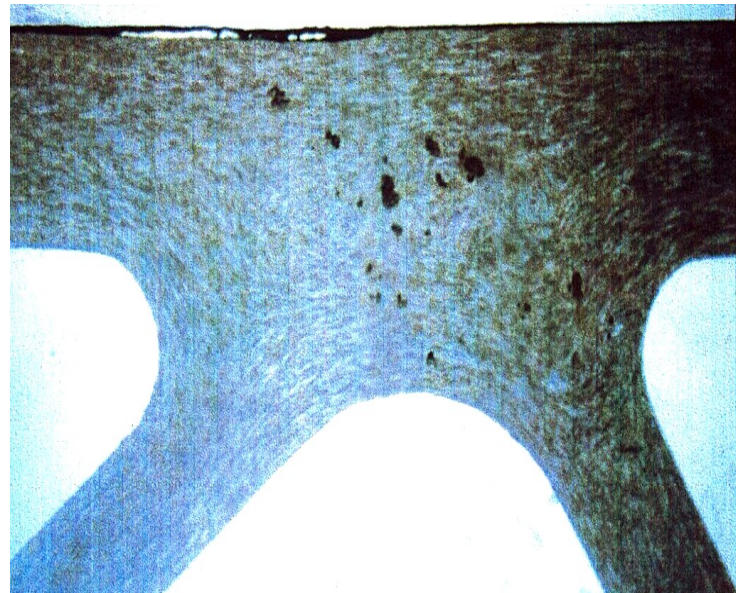
Einfluss der Werkzeugtemperatur auf die Schwindung von Delrin®



Werkzeugtemperaturen

Material	empfohlene Werkzeugtemperatur
POM - H	90 C°
PA 66	70 C°
PA 66 GF 30	110 C°
PA 6	70 C°
PA 6 GF 30	85 C°
PBT	80 C°
PBT GF 30	80 C°
PET GF 30	110 C°
PC	80-120 C°
ABS	30-70 C°

Nachdruckwirksamkeit



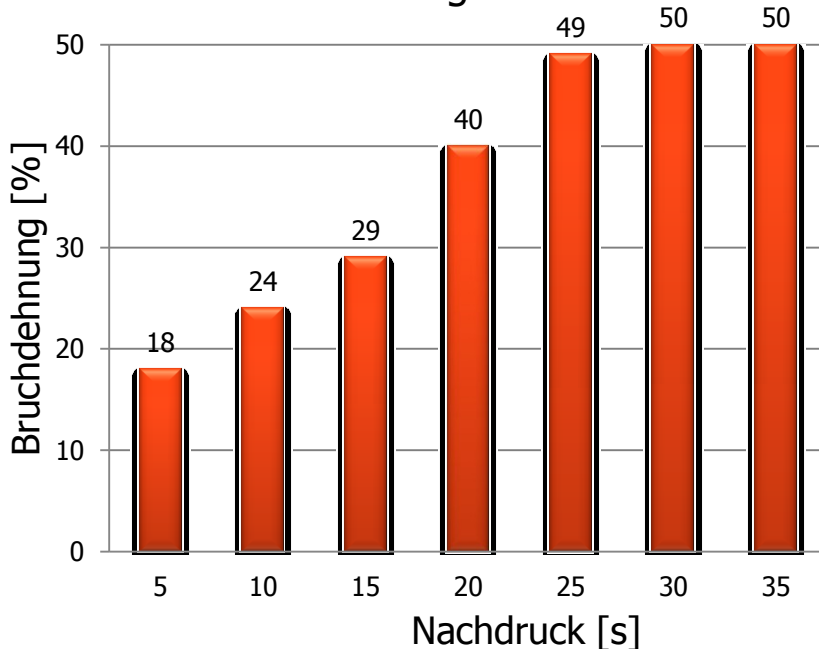
Nachdruckwirksamkeit

Bsp. Teilkristalline Kunststoffe – mögliche Fehlerquellen:

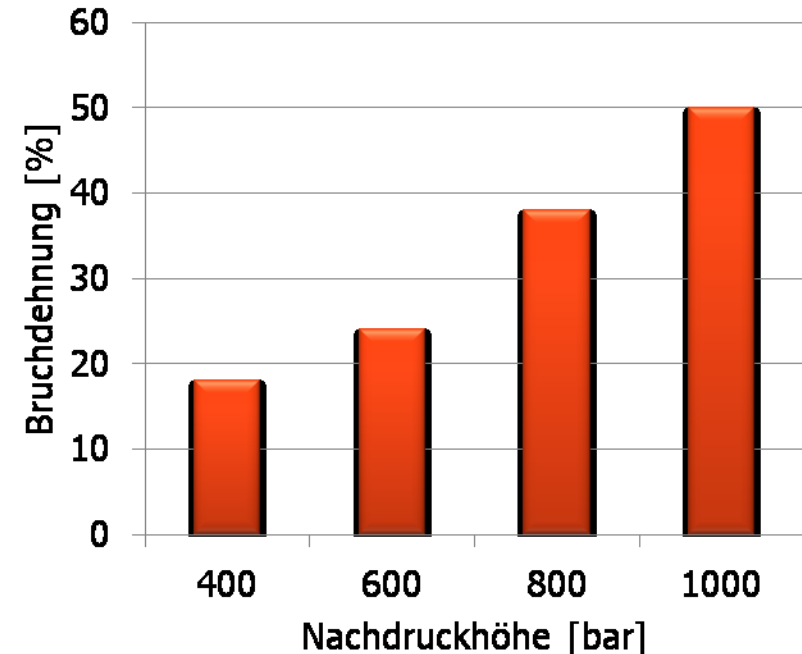
- Zu kurze wirksame Nachdruckzeit
- Zu geringe Nachdruckhöhe

POM-H

Einfluss der Nachdruckzeit auf die Bruchdehnung

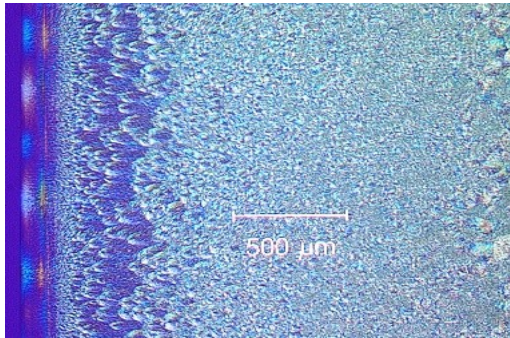


Einfluss der Nachdruckhöhe auf die Bruchdehnung

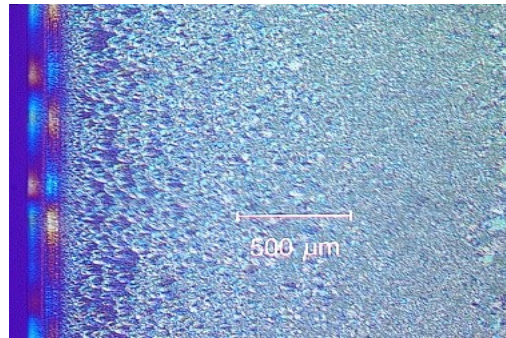


Nachdruckwirksamkeit

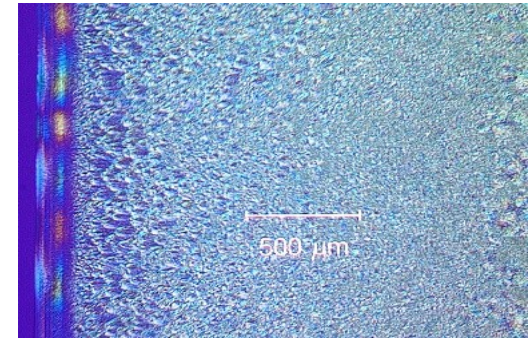
Zu geringe Nachdruckhöhe



60 MPa

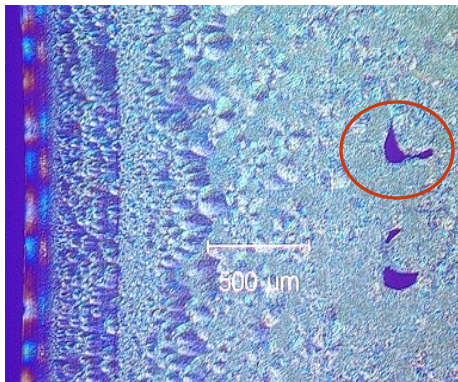


80 MPa

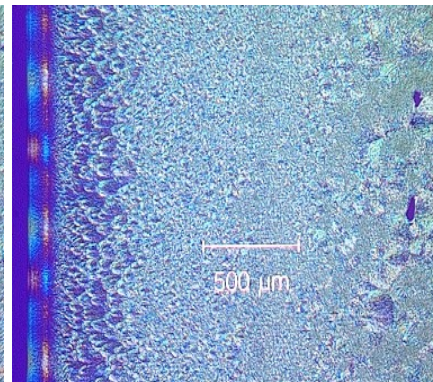


100 MPa

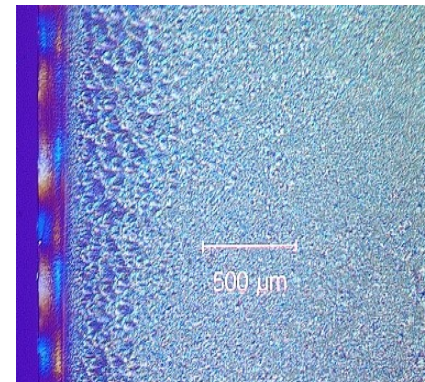
Zu kurze wirksame Nachdruckzeit



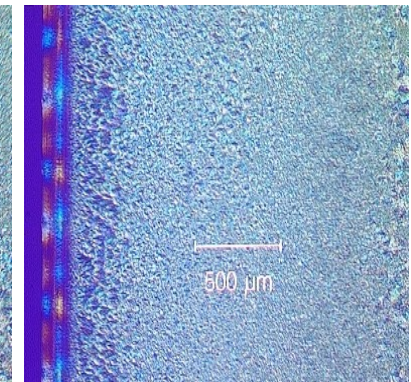
5 sec



20 sec



35 sec



50 sec

Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

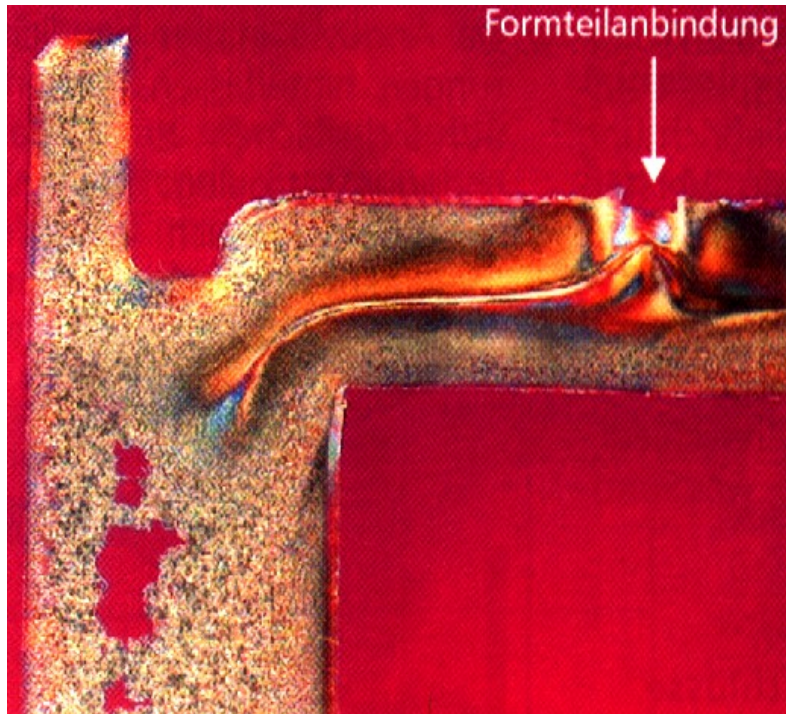
Schlieren,
Wolken

Scherung

Linien, Brenner

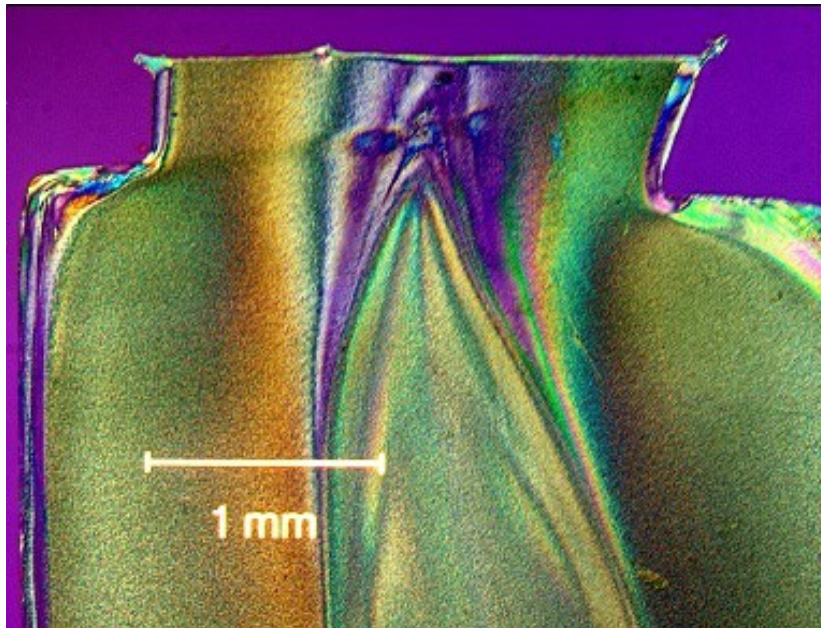
Bindenähte

Scherung

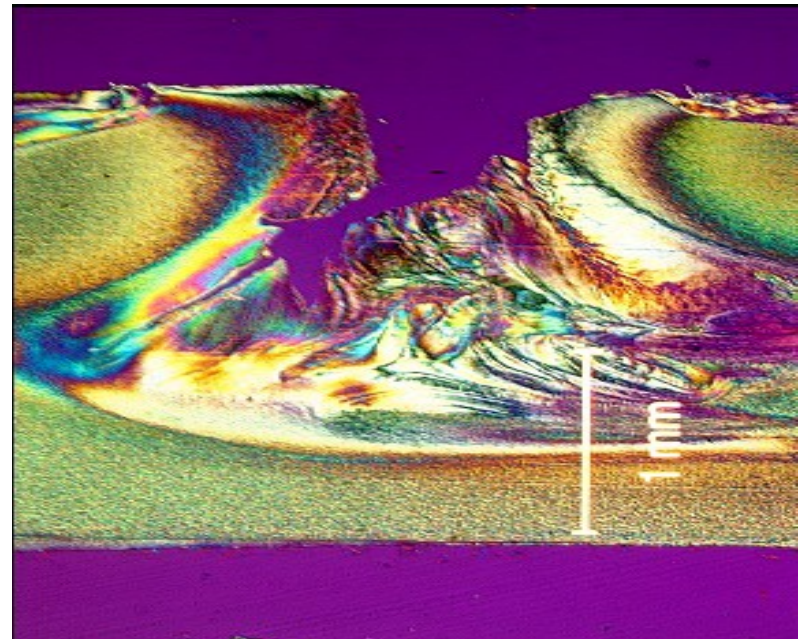


Zu hohe Scherung

Mangelhafte Struktur – geringeres Eigenschaftsniveau



„Normale“ Scherung

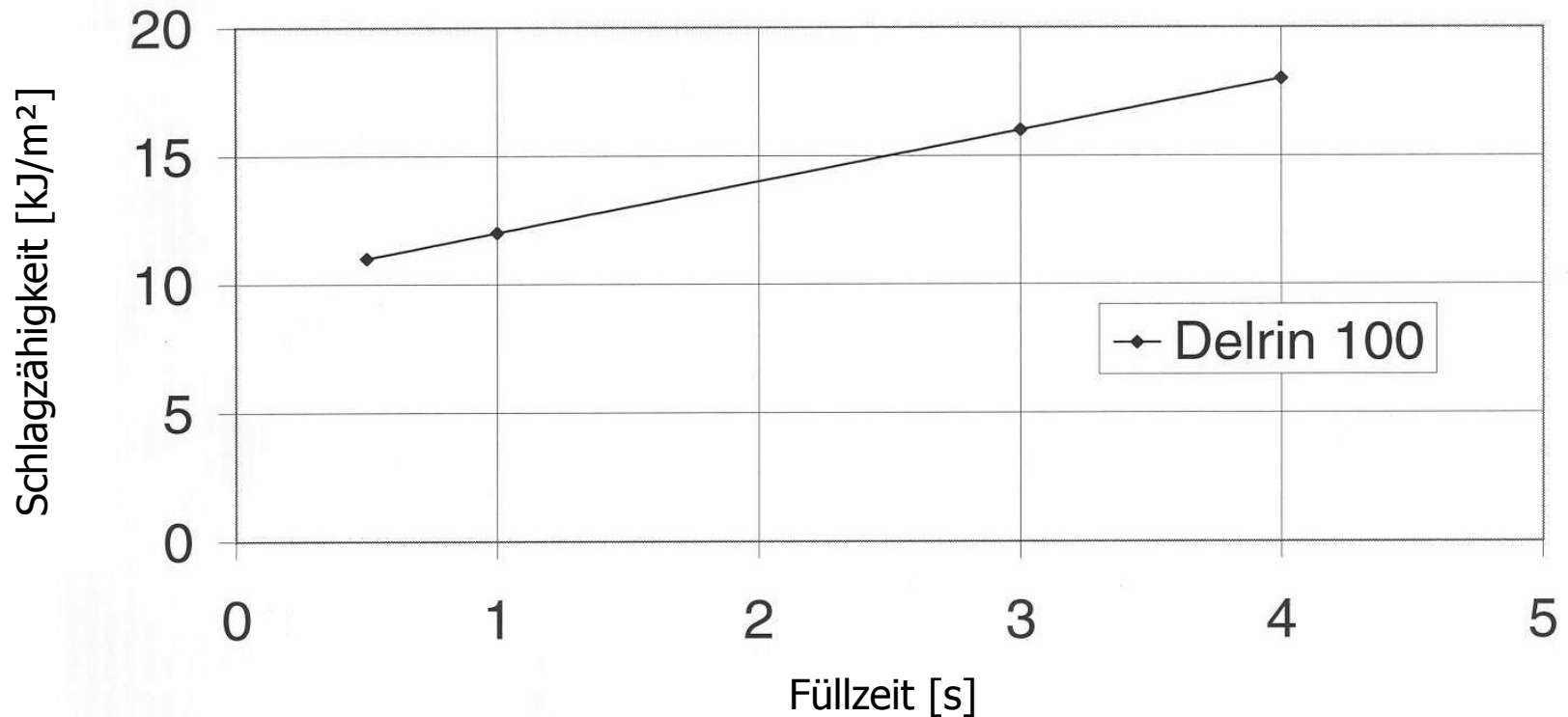


Zu hohe Scherung –
Delamination

Zu hohe Scherung

Mangelhafte Struktur – geringeres Eigenschaftsniveau

Bsp. POM



Marmoreffekt/Wolken

- **Aussehen:**
 - helle raue Wolken meist über die gesamte Oberfläche,
 - besonders hinter scharfen Kanten (Anschnittnähe)
- **Ursache:**
 - Marmoreffekt, mineralische Füllstoffe drücken sich an die Oberfläche durch
- **Mögliche Behebung:**
 - Spitzgeschwindigkeit senken
 - Schmelze-, Werkzeugtemperatur erhöhen
 - Nachdruck erhöhen

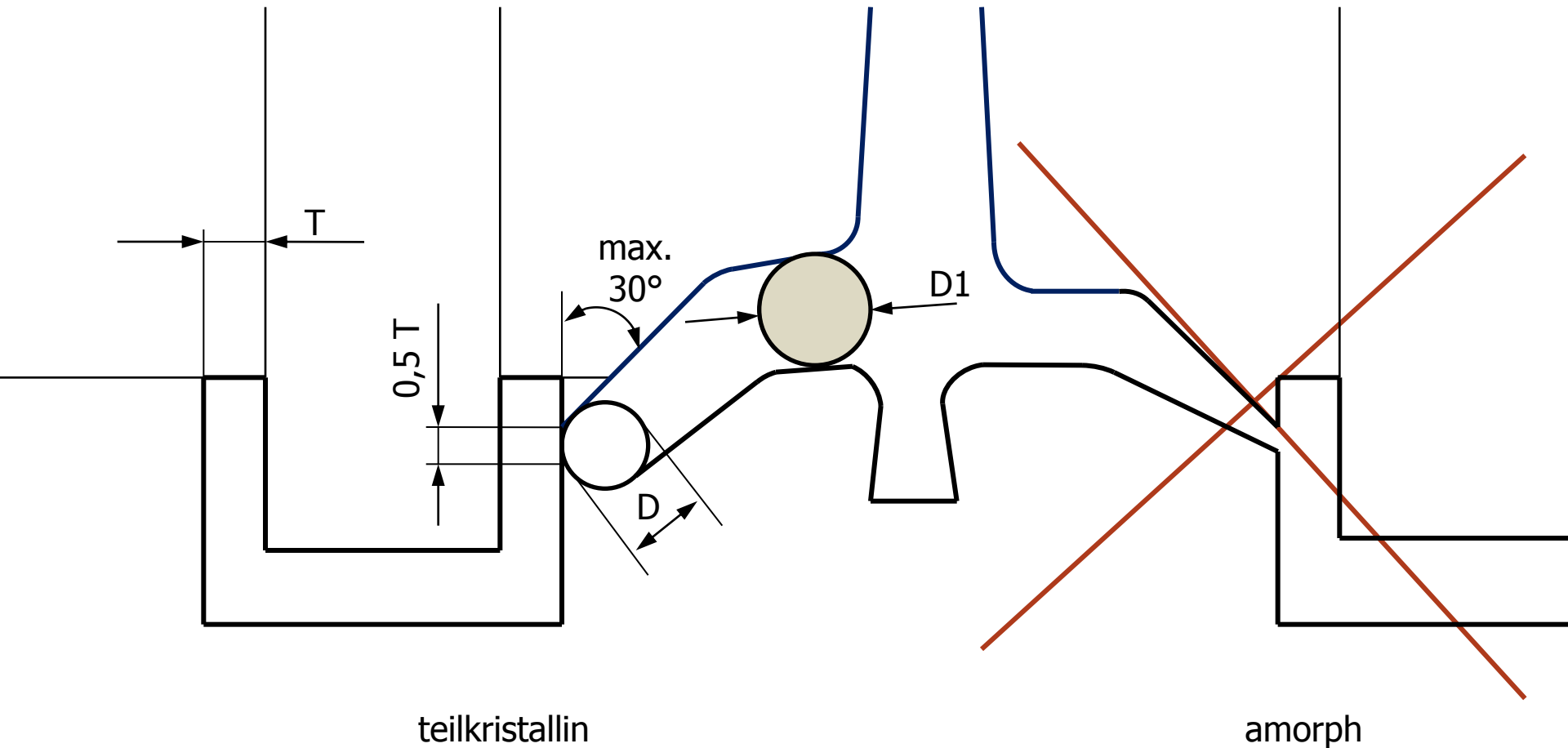


Tunnelanschnitte für technische Kunststoffe



Biesterfeld

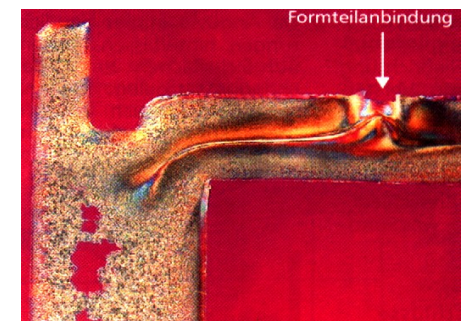
Biesterfeld Interowa GmbH & Co KG



Einfluss der Anschnittdurchmesser

- Auf Qualitätsmerkmale bei einem Teil (1,5mm) aus PA66

	Anschnitt Durchmesser	max. erreichb. Gewicht (bei 80 MPa Nachdruck)	max. effektive Nachdruckzeit	erforderlicher Spritzdruck (bei 1,4 sek. Füllzeit)	Schwindung
a:	Ø 0,5 mm	30,32 g	5,0 s	170 MPa	1,70%
b:	Ø 1,5 mm	31,30 g	7,5 s	70 MPa	1,30%



Fehlerbilder

Schlieren

Feuchtigkeit

Schlieren,
Verfärbungen

Degradation

Linien, Rillen

Inhomogenität

Glanzstellen,
Einfallstellen

Kristallisation

Schlieren,
Wolken

Scherung

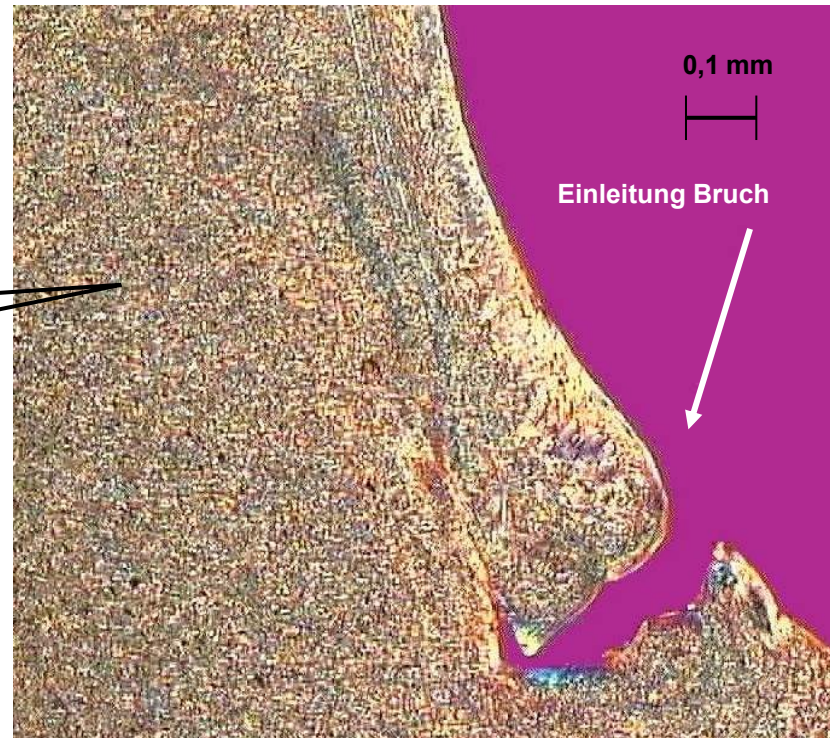
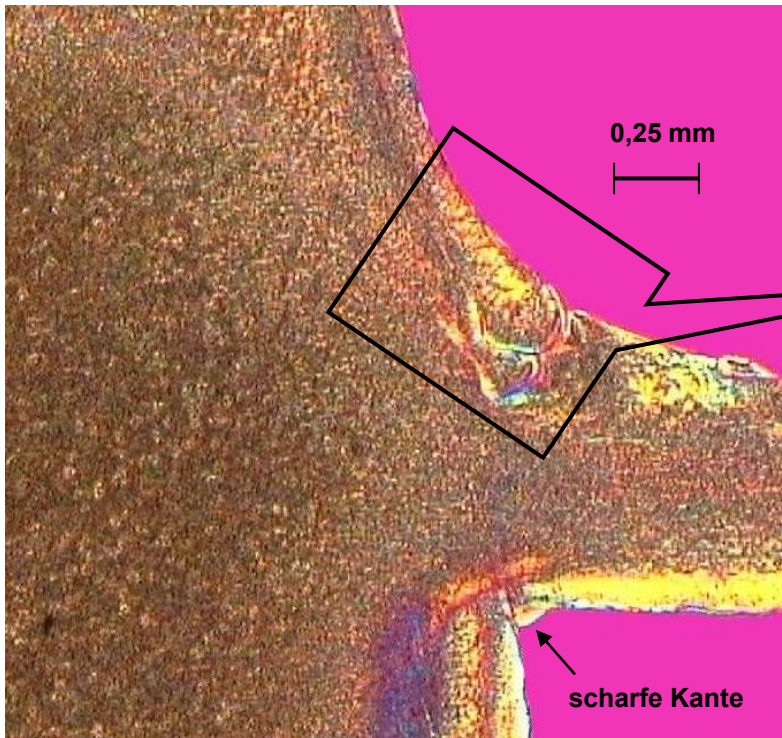
Linien, Brenner

Bindenähte

Bindenähte, Fließlinien

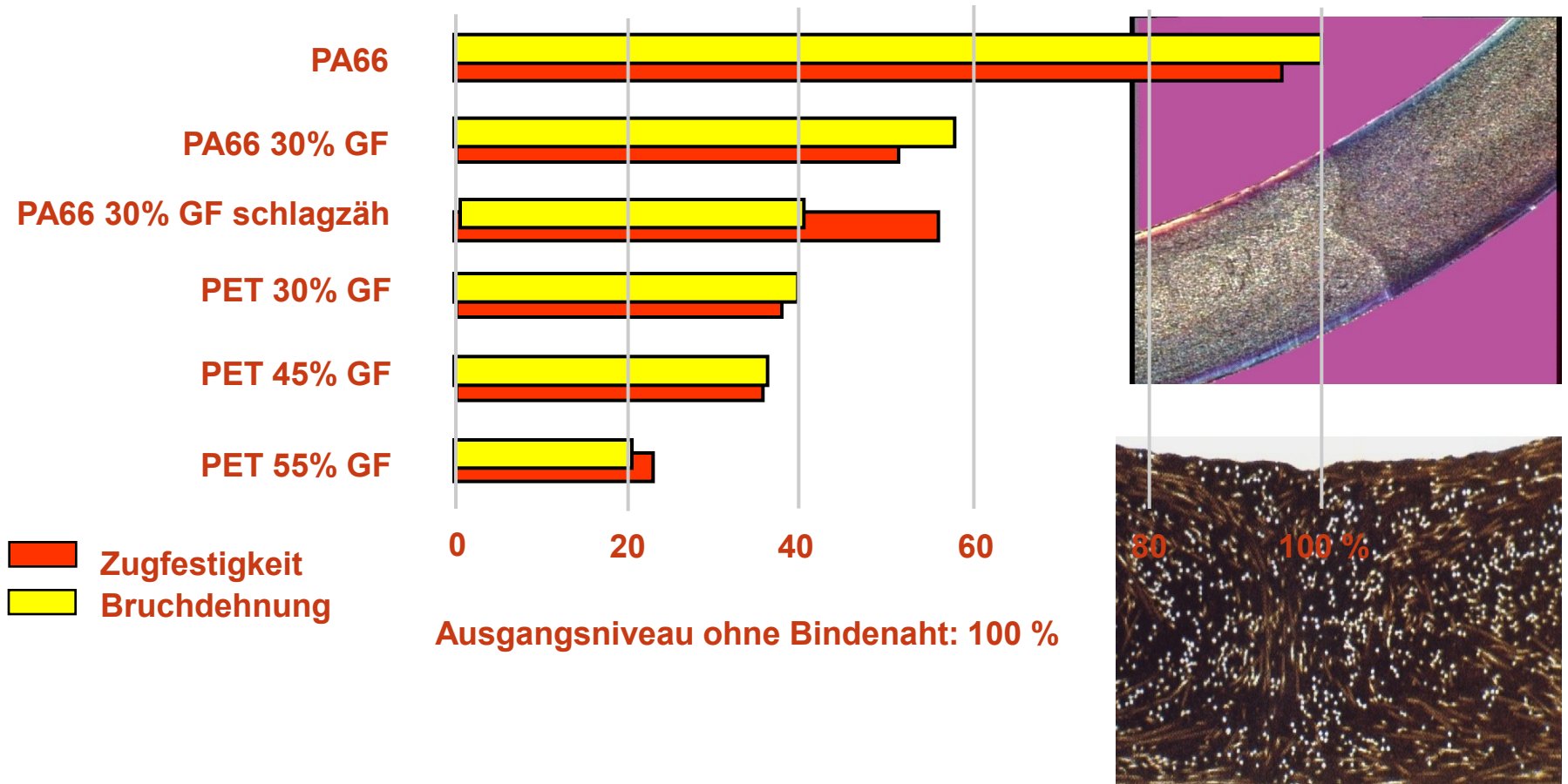


Fließlinien Beispiel



Füllstudie / FEM - Moldflow

Bindenähte

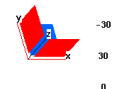
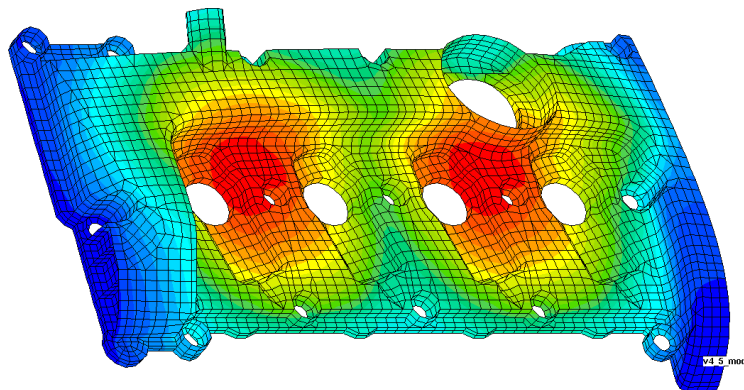


FEM Fließanalysen

- Fließfrontverlauf
- Temperaturverlauf
- Scherung
- Lufteinschlüsse
- Kühlphase, Nachdruck
- Fülldruck
- Randschicht
- Bindenähte
- Fließorientierung
- Verzugsanalyse

v4_5_mod2_a.fir
MULTI-LAMINATE ALGORITHM

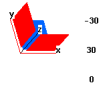
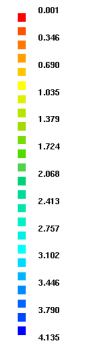
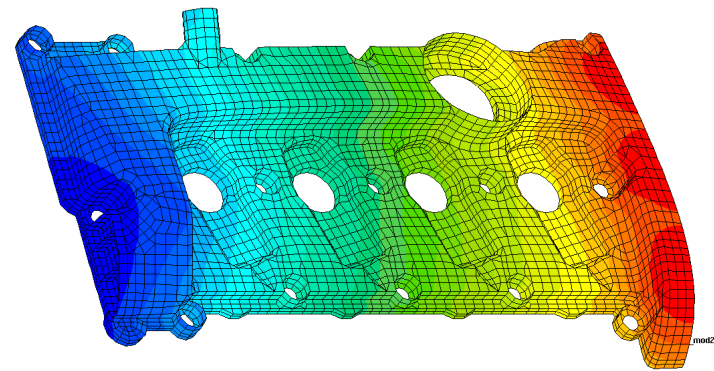
FILL TIME [sec]
2.564



MOLDFLOW

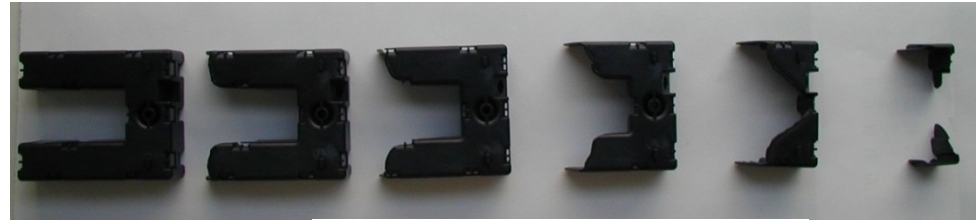
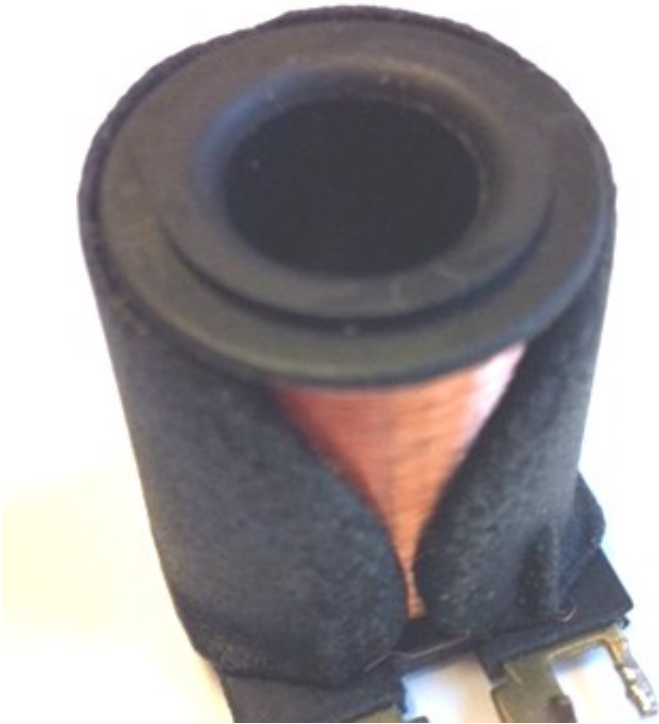
...v4_5_mod2_c.fir
MULTI-LAMINATE ALGORITHM

FILL TIME [sec]
4.135



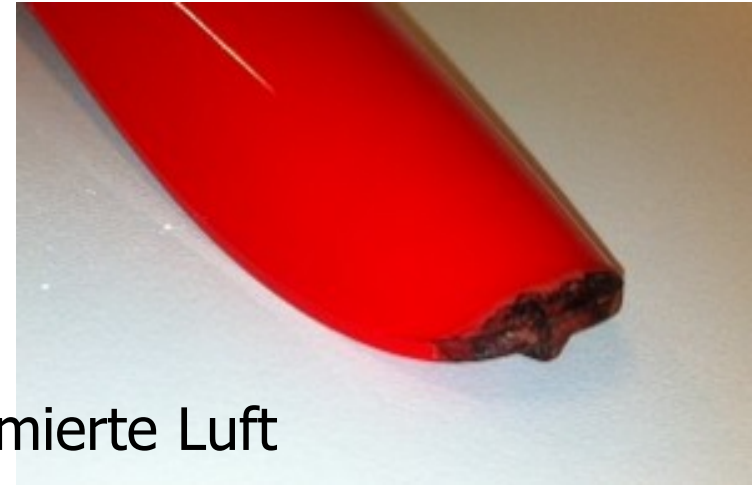
MOLDFLOW

Füllstudie

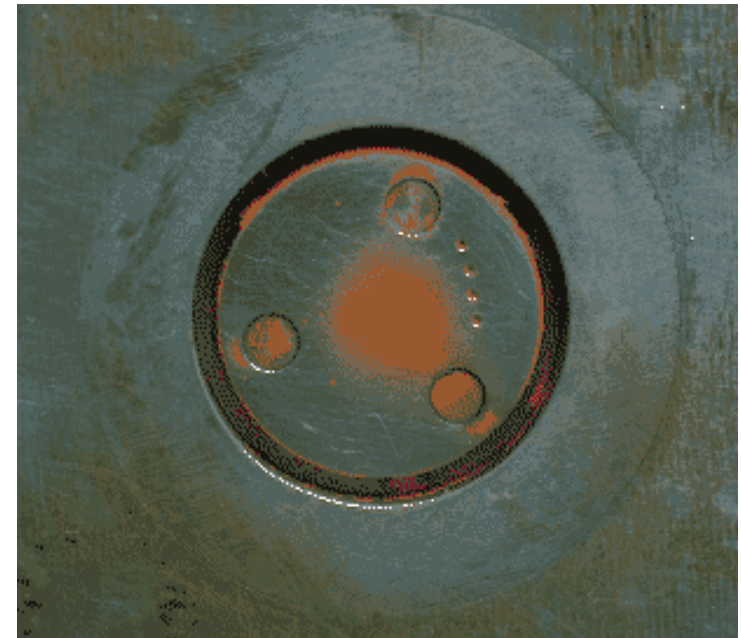
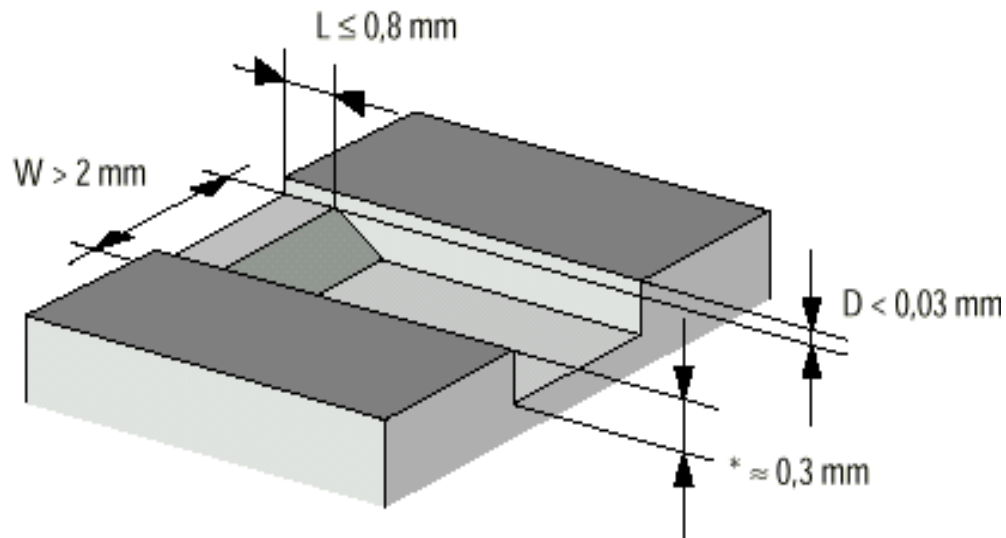


Verbrennungen

- Aussehen:
 - lokale oberflächliche Verbrennung
 - oft auch Formbelag
- Ursache:
 - „Brenner“, Oxidation durch komprimierte Luft
- Mögliche Behebung:
 - Entlüftung verbessern
 - Einspritzgeschwindigkeit herabsetzen (besonders letzte Füllphase)
 - Oberflächentextur/raue Oberfläche



Entlüftung



Crastin [®]	$D < 0.03 \text{ mm}$
Rynite [®]	$D < 0.02 \text{ mm}$
Delrin [®]	$D < 0.03 \text{ mm}$
Zytel [®]	$D < 0.02 \text{ mm}$
Minlon [®]	$D < 0.03 \text{ mm}$
Zytel [®] GR	$D < 0.03 \text{ mm}$

Bei niederviskosen Typen mit hohen Anforderungen an die Gratbildung – mit kleineren Lüftungstiefen (d) beginnen

Fehleranalyse

- I Einleitung / Voruntersuchungen
 - Fragen
 - Antworten

- II Mögliche Fehlerquellen und deren Erkennung
 - Materialauswahl
 - Teile-/Werkzeugkonstruktion
 - Verarbeitungsbedingungen

- III Zusammenfassung

III Zusammenfassung

- Häufige Fehlerquellen
- Materialspezifische Fehlerquellen
- Erfolgsfaktoren

Häufige Fehlerquellen

- “Kleine” Änderungen in der Prozesskette ev. auch bei der Assemblierung – oft Detektivarbeit notwendig
- Manchmal grundsätzliche Fehler in der Konstruktionsphase des Bauteils oder des Werkzeuges (Bsp. Verzug)
- Verschleißerscheinungen am Werkzeug/Maschine
- Seltener durch das Material bedingt aufgrund
 - ungünstige Materialwahl oder
 - Lot zu Lot - Schwankungen

Materialspezifische Fehlerquellen:

- Lunker
- Schmelzeinhomogenitäten
- Unzureichende Konditionierung
- Scharfe Kanten
- Mangelhafte Vortrocknung
- Ungenügende Nachdruckwirksamkeit
- Probleme mit Heißkanälen
- Hydrolyse
- Geringe Tieftemperaturzähigkeit

Zusammenfassung

Erfolgsfaktoren der Fehleranalyse:



Suche

Produkt
Verarbeitung
Design

Analyse



**Zusammenhänge
erkennen**



Team work

Disclaimer:

Die in dieser Präsentation enthaltenen Informationen entsprechen unserem Wissen am Tag ihrer Verfassung. Diese können bei Erlangung neues Wissens und Erfahrung durch uns noch ergänzt oder relativiert werden. Biesterfeld Interowa übernimmt keine Gewähr, Haftung oder sonstige Verantwortung für Versuchs- oder Arbeitsergebnisse, die im Zusammenhang mit dieser Information erzielt werden. Dieser Haftungsausschluss gilt auch für den Fall einer leichten Fahrlässigkeit unsererseits. Wenn sie damit nicht einverstanden sind, dann müssen Sie die in dieser Präsentation enthaltenen Informationen als gegenstandslos ansehen und dürfen davon keinen Gebrauch machen.

Biesterfeld Interowa GmbH & Co KG
A-1050 Vienna, Bräuhausgasse 3-5

info@interowa.com
www.interowa.com