



Institut für
Kunststoffverarbeitung

Montanuniversität
Leoben



Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

KC-Jahrestagung 2009
„Mit Innovation aus der Krise“

Prof. Dr. Clemens Holzer

Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben
clemens.holzer@unileoben.ac.at

Tel.: +43 3842 402 3501
<http://ikv.unileoben.ac.at>

Inhalt

- Einführung
- Beispiele
- Zusammenfassung



Themen der Tagungen der Polymer Processing Society PPS

- Blow Molding, Thermoforming and Rotomolding
- Composites
- Polymer Nanocomposites
- Extrusion and Extrusion Processes
- Fiber, Films, and Membranes
- Injection Molding and Molds
- Mixing and Compounding
- Morphology and Structure Development
- Polymer Blends and Alloys
- Polymer Foams
- Polymers from Renewable Resources
- Process Modeling and Simulation
- Process Monitoring, Control and Sensors
- Reactive Processing
- Rheology and Rheometry
- Rubber Processing



Themen der PPS - geordnet

- | | |
|--|-------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Injection Molding and Molds ▪ Extrusion and Extrusion Processes ▪ Blow Molding, Thermoforming and Rotomolding ▪ Reactive Processing ▪ Rubber Processing ▪ Process Monitoring, Control and Sensors | <p>1. Verarbeitung</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mixing and Compounding | <p>2. Compoundieren</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Process Modeling and Simulation | <p>3. Simulation</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rheology and Rheometry | <p>4. Materialdaten</p> |
| ----- | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polymers from Renewable Resources | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polymer Blends and Alloys ▪ Composites ▪ Polymer Nanocomposites ▪ Fiber, Films, and Membranes ▪ Polymer Foams | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morphology and Structure Development | |

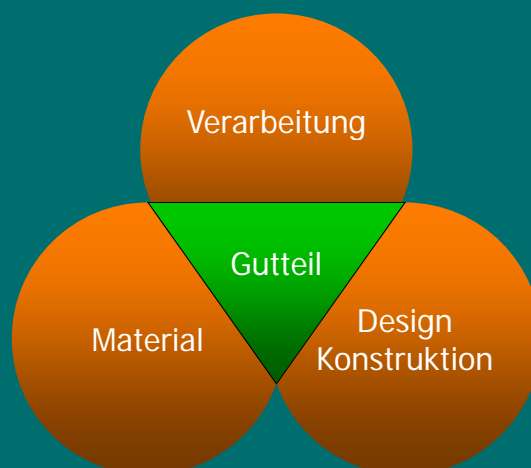


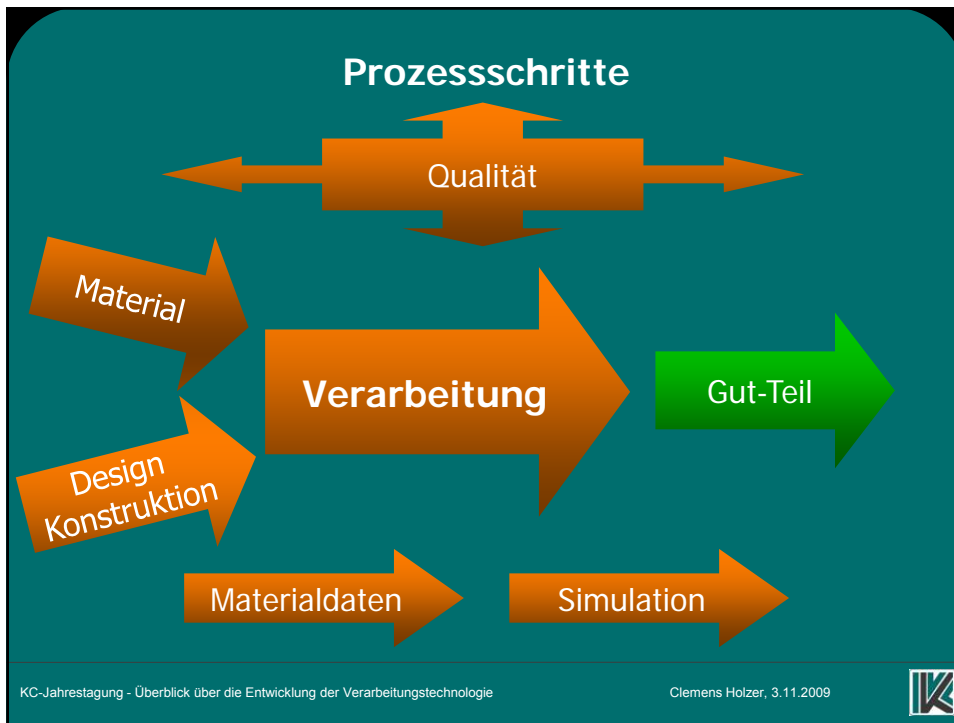
Wissenschaft ↔ angewandte Forschung

- Wissenschaftliche Themen:
 - Basis für die aF&E schaffen
 - Investition der Institute in die Zukunft
- angewandte F&E:
 - Wissenstransfer in die Industrie
 - Produkte und Prozesse bis zur Marktreife
 - Entwicklungskosten und –zeiten optimieren (Zahl der Durchläufe, gebundene Kapazitäten, Erfolgswahrscheinlichkeit steigern)



Grundlagen für gute Produkte





Beispiele

KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009

Beispiel Verarbeitung: Mineral rich polymer paper MRPP

Ziel:

Entwicklung eines Prozesses zur Herstellung von laserbedruckbarem synthetischen Kopierpapier auf Basis nachwachsender, polymerer Rohstoffe als Ersatz von Zellulosepapier

- Materialentwicklung
- Compoundieren
- Folienextrusion
- Weiterverarbeitung
- Charakterisierung



Motivation

- Hohe Wachstumsraten für herkömmliches Kopierpapier prognostiziert → Knappheit von Zellulose
- Schlechte örtliche Verfügbarkeit von Holz (Zellulose) und Wasser (z.B. Arabische Regionen)
- Zukünftig Notwendigkeit einer Alternative auf Basis nachwachsender Rohstoffe



Ansprüche an laserbedruckbares Papier

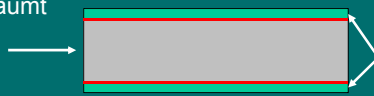
- Druck- und Lauffähigkeit → Laserdrucker
- Thermische Stabilität → kein Anschmelzen oder Verformen bei ca. 200°C
- Ökobilanz → gleichwertig und zukünftige Vorteile
- Konfektionierbarkeit → standardisierten Dimensionen
- Dimensionsstabilität in unterschiedlichen Klimata
- Geringste Orientierungen → kein Verzug oder Schrumpf
- Steifigkeit → kein Einrollen oder Durchbiegen
- gute Haptik
- Elektrische bzw. elektrostatische Eigenschaften → kein Anhaften von Staub; aber aktivierte Oberfläche für gute Tonerhaftung
- Opazität → undurchsichtige Oberfläche



Methodischer Ansatz

- Eigenschaftsprofil kann mit einer Einschichtfolie nicht erreicht werden!
- Gewählte Lösung: Mehrschichtfolie

Mittelschicht geschäumt
- d ~80 %
- Dichte- und
- Kostenreduktion



Aussenschichten hochgefüllt
- d ~10%
- Bedruckbarkeit
- thermische Stabilität
- Opazität
- Haptik

1. Geschäumter Kern reduziert Flächengewicht und Materialeinsatz
2. Mittelschicht reduziert Sprödigkeit der äußeren Schichten
3. Möglichkeit des Einsatzes von recyceltem Material
4. Eigenschaftsprofil nur in Aussenschichten benötigt



Ergebnisse

- Temperaturbeständigkeit gelöst → Papier besteht den Fixiertest
- Biopolymer-Papier ist bedruckbar mit vergleichbarer Druckqualität
- Biopolymer-Papier sieht aus (Opazität) und fühlt sich an (Haptik) wie herkömmliches Kopierpapier
- Reduzierte Steifigkeit bei höheren Temperaturen → mögliche Probleme bei Druckern mit komplizierten Handlingsystemen
- Patent eingereicht

Wie geht es weiter?

- Verbesserung einzelner Eigenschaften
z.B. Weisse, Druckqualität, Folienstruktur
- Optimierung der Rezeptur und Papierstruktur
- Weiterentwicklung vom Labor zum (semi-) industriellen Maßstab



Ergebnisse allgemein

- Technologiebaukasten geschaffen, den man sehr vielfältig einsetzen kann:
 1. Anlage
 2. Werkzeug
 3. Verfahren (Parameter)
 4. Materialien
 1. Pm
 2. Füllstoffe
 3. Additive
 5. Interdisziplinäre Netzwerke

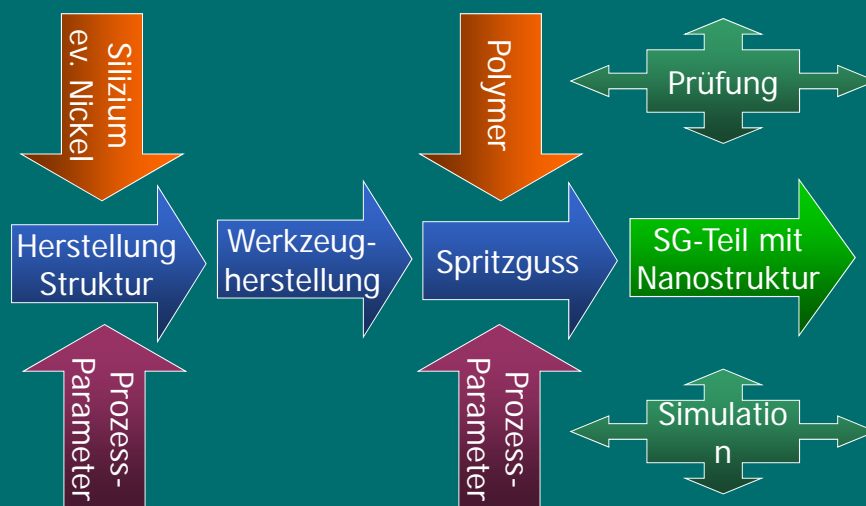


Beispiel Verarbeitung: Abformen von Mikro- und Nanostrukturen

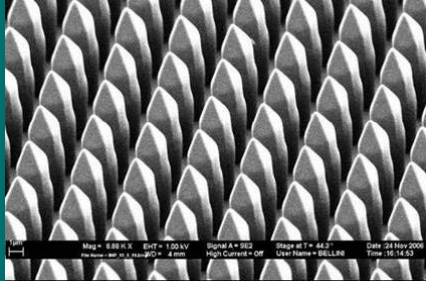
- Ziele:
 - Abformen von geometrisch definierten Mikro- und Nanostrukturen auf Kunststoffoberflächen mittels Spritzguss
 - Optische Effekte zB. Lichtwellenleitung
 - Benetzungseigenschaften von Flüssigkeiten
 - Adhäsionseigenschaften zB. von Biomolekülen



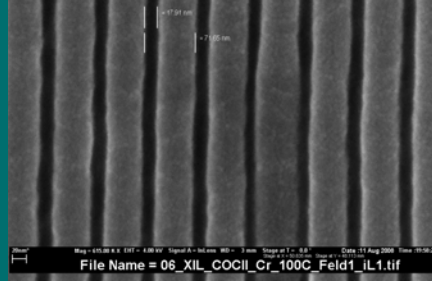
Prozess



Ergebnisse



Säulen mit hohem Aspektverhältnis



18 nm Linien spritzgegossen

- Wie geht es weiter?
 - Verbessern der Abformgenauigkeit
 - Erarbeiten der Grenzen
 - Transfer in industrielle Anwendungen in den Bereichen Medizin, Biologie, ...



Beispiel Prozessüberwachung: Nah-InfraRot Spektroskopie NIR

- Ziele:
 - Herstellung von Nanocomposites im industriellen Maßstab
 - Inline Qualitätskontrolle und quantitative Charakterisierung von Nanocomposites
 - Optimierung von Struktur und Eigenschaften



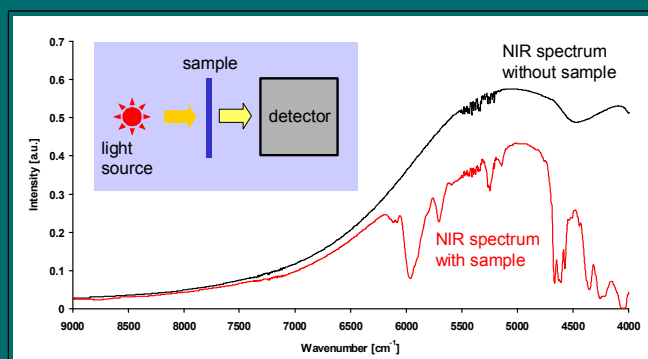
Ergebnisse

- NIR ist effiziente Methode zur quantitativen Charakterisierung von Nanocomposites direkt während der Herstellung
- Möglichkeit zur Echtzeitbestimmung von Materialeigenschaften und Qualität
- Inline NIR korreliert hervorragend mit
 - online Messungen im Schmelzzustand (Dehnaviskosität)
 - offline Messungen im Festkörperzustand (z.B. Zugversuch, Röntgenbeugung)
- Möglich Materialeigenschaften mit guter Genauigkeit vorhersagbar
- Korrelierung mit anderen Materialparameter ist möglich
z.B. Barriereigenschaften, Entflammbarkeit, Farbe
- In-line Überwachung der Materialqualität (Konzentration, Dispergierungsgrad, Mischungshomogenität, mechanische Eigenschaften usw.)



Wie geht es weiter?

- Spektroskopische Untersuchungen und Erstellung von chemometrischen Modellen
- Durchführung von Verweilzeitmessungen



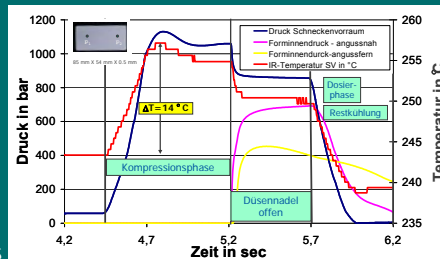
Schema der NIR-Spektroskopie



Beispiel Verarbeitung: Expansionsstritzguss

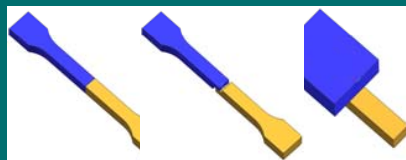
- Ziele:
 - Erarbeitung von Grundlagen für besseres Prozessverständnis des Expansionsstritzgussprozesses
 - Entwicklung eines einfachen Berechnungsprogramms: Simulation der Expansions- und Nachdruckphase, Berechnung des nötigen Dosiervolumens, des Vorkompressionsdrucks und des Druckverlaufes in der Kavität während der Expansion
- Wie geht es weiter?
 - Durchführung der Versuche mit einem Real-Formteil und Vergleich der Messungen mit der Simulation

Zyklusablauf des Expansionsstritzgießens



Beispiel Verarbeitung: Verbundhaftung im Mehrkomponentenstritzguss

- Ziele:
 - Durch Materialparameter tests Vorhersage über die Verbundfestigkeit einer Materialpaarung geben können
- Wie geht es weiter?
 - Bemusterung und Festigkeitsprüfung von Zug-, Scher- und Schälprüfkörper verschiedener Materialpaarungen
 - Erforschung der Haftungsmechanismen von Kunststoffen



Prüfkörper



Festigkeitsprüfung



Beispiel Verarbeitung: Powder Injection Moulding PIM

- PIM fortgeschrittene Technologie \Rightarrow Optimierung

Feedstock

Ermittlung genauer Materialdaten für zuverlässige Simulation des Pulverspritzgieß-Prozesses

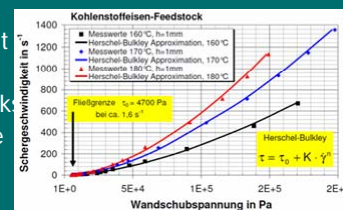
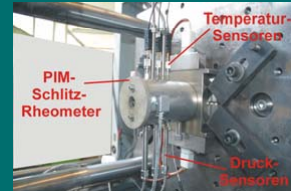
Spritzgießen

- Erarbeitung leicht einsetzbarer Analysemethoden für die Ermittlung der Feedstockqualität
- Schaffung einer konsistenten Materialdatenbank für Feedstock

Entbindern

- Schaffung neuer Materialgesetze zur Beschreibung des Fließverhaltens von Feedstocks

Sintern



EUnion gefördertes Projekt „New Material Laws for Powder Filled Injection Moulding“ - „MATLAW“, Co-operative Research Project, CRAFT, Projekt Nr.: 033006

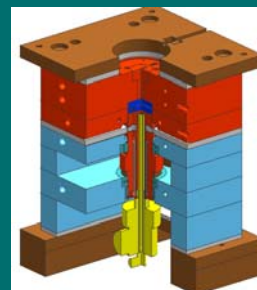
KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009



Beispiel Verarbeitung: Verschleissverhalten von Werkzeugstählen

- Ziele:
 - Entwicklung eines energetischen Modells zur Vorhersage des Materialverschleißes an Spritzgußwerkzeugen
 - Erarbeiten von Wissen bzgl. des Einflusses unterschiedlicher Verarbeitungsparameter auf den Verschleißmechanismus und die Verschleißrate
- Wie geht es weiter?
 - Ermittlung der Beziehung zwischen der kumulierten Dissipationsenergie und dem Materialverschleiß
 - Systematische Verschleißexperimente



Prinzipskizze der Verschleißapparatur

KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009

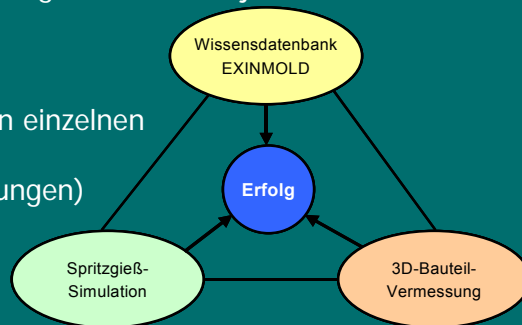


Beispiel Verarbeitung: Expertensystem für Werkzeugentwicklung

- Ziele:
 - Reduzierung der Konstruktionszeiten und Rekursionsschleifen durch konsequente Nutzung von Expertenwissen und Erfahrungen aus früher abgewickelten Projekten

- Wie geht es weiter?
 - Mehr Automatisierung in einzelnen Modulen (regelbasierte Hilfestellungen)

Basis einer erfolgreichen
Werkzeugkonstruktion



KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009

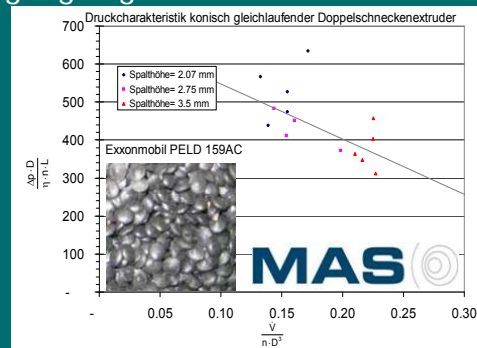


Beispiel Verarbeitung: Konisch gleichlaufender Doppelschneckenextruder

- Ziele:
 - Verfahrensbeschreibung und Berechnung der verschiedenen Zonen
 - Modellbildung für Übertragungsregeln

- Wie geht es weiter?
 - Verifizierung des Modells der Ausstoßzone anhand anderer Baugrößen
 - Modellerstellung der anderen Zonen

Druckcharakteristik der Messungen
am konisch gleichlaufenden DSE



KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

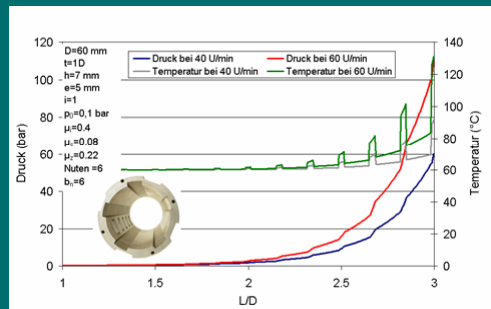
Clemens Holzer, 3.11.2009



Beispiel Simulation: Berechnung von Extrusionsschnecken

- Ziele:
 - Berechnung des Drucks und der Temperatur bei der Feststoffförderung für die Extrusion
 - Messung der dafür benötigten Stoffdaten wie Dichte, Reibwerte und Druckanisotropie
- Wie geht es weiter?
 - Verbesserung des Programms
 - Stoffdatenmessung
 - Vergleich berechneter Daten mit Messdaten an verschiedenen Extruderschnecken

Berechnungsergebnisse bei unterschiedlichen Drehzahlen



KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

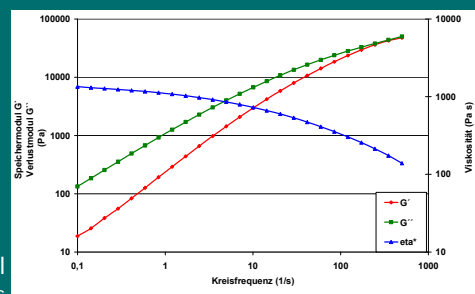
Clemens Holzer, 3.11.2009



Beispiel Compoundieren: Entwicklung neuer Compounds

- Ziele
 - Entwicklung neuer Compounds mit verbesserten Eigenschaften für peelfähige / nicht peelfähige PE und PP Extrusionsbeschichtungen
 - Anwendung für Versiegelung von Joghurtbechern, Tiernahrungsschalen und Kaffeeportionsverpackungen
- Wie geht es weiter?
 - Untersuchungen der rheologischen Eigenschaften, Peelfähigkeit, Restsiegelnahtdicken und Fettbeständigkeit der entwickelten Compounds

Viskosität, Speicher- und Verlustmodul eines neu entwickelten Compounds



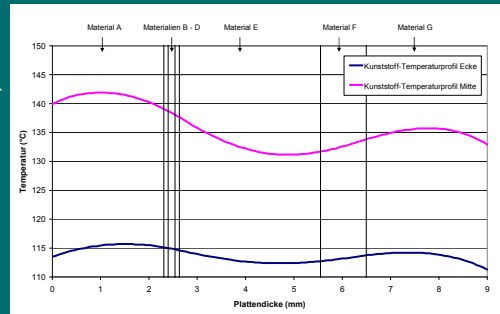
KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009



Beispiel Simulation: Aufheizvorganges beim Thermoformen

- Ziele:
 - Erstellen eines Simulationsprogramms, um den Aufheizvorgang beim Thermoformen berechnen und optimieren zu können
 - Einfache Handhabung und schnelle Rechenzeiten, Praxisnähe
- Wie geht es weiter?
 - Durchführung von Versuchen in der Praxis und Vergleich der Ergebnisse mit der Simulation



Berechnetes Temperaturprofil über die Plattendicke für eine Mehrschichtplatte nach dem Aufheizen, Temperaturen in der Mitte (Magenta) und in der Ecke (Blau) der Platte

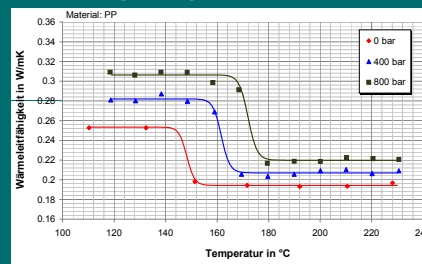


Beispiel Materialdaten: Wärmeleitfähigkeit ↔ Druck, Temperatur

- Druckeinfluss auf die Wärmeleitfähigkeit wird in den gängigen Simulationsprogrammen nicht berücksichtigt.
- Vernachlässigung kann zu erheblichen Unterschieden zwischen Realität und Prozesssimulation führen.
- Erhöhung des Druckes von 0 auf 800 bar bringt für ungefülltes PP im Schmelzzustand ca. 15%ige Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit.
- Im Feststoffbereich steigt die Wärmeleitfähigkeit um ca. 21%.
- Infolge der kristallisationsbedingten Phasenumlagerung erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit um ca. 25%.

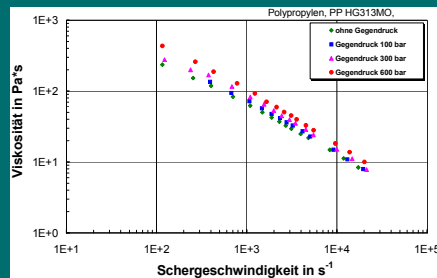


$\lambda = f(p, T)$ Messung mit HKR



Beispiel Materialdaten: Praxisrelevante rheologische Daten

- Ziele:
 - Messung der Viskosität in Abhängigkeit von Druck und Temperatur
 - Ermittlung der Viskositätsdaten unter praxisnahen Bedingungen am Spritzgießmaschinenrheometer mit Schlitzdüse
- Wie geht es weiter?
 - Einsetzen der verbesserten rheologischen Stoffdaten in Spritzgusssimulation und Vergleich der Ergebnisse mit dem Experiment



KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009



Zusammenfassung

- Technische Entwicklungen umsetzen – eine Nasenlänge voraus sein!
- Gesamter Prozess
- Materialdaten und Simulation
- Darüber hinaus sind weitere Faktoren wichtig:
 - Gute Mitarbeiter!
 - Unternehmertum
 - Langfristige Investitionen in F&E
 - Vorbild sein

→ in eine erfolgreiche Zukunft!

KC-Jahrestagung - Überblick über die Entwicklung der Verarbeitungstechnologie

Clemens Holzer, 3.11.2009



Zitat

Im produzierenden Bereich werden wir unter Wert geschlagen. Nur im Dienstleistungsbereich sind wir relativ gut. Das müsste nicht sein.

Es fehlt ein bisschen der Wille. Ich sehe im Wirtschaftsleben zu wenige, die operativ tätig sein möchten. Etwas mehr Kreativität und Fleiß würden uns gut anstehen.

Gürsel Erel, Geschäftsführer von Bentour

