

Material- und Verfahrensentwicklung für eine kostengünstige Herstellung von Hochtemperatur-Bipolarplatten zum Einsatz in PEM-Brennstoffzellen

IGF-Vorhaben 16041 N

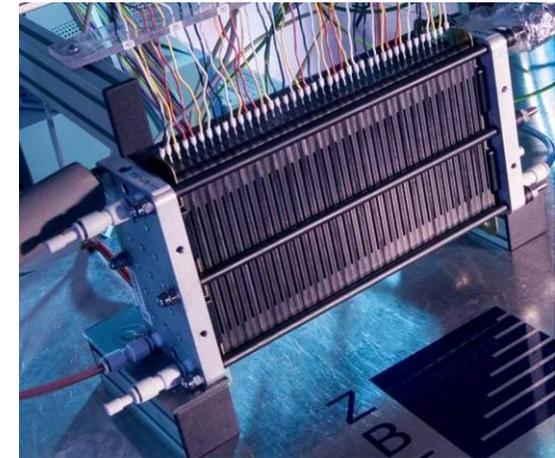
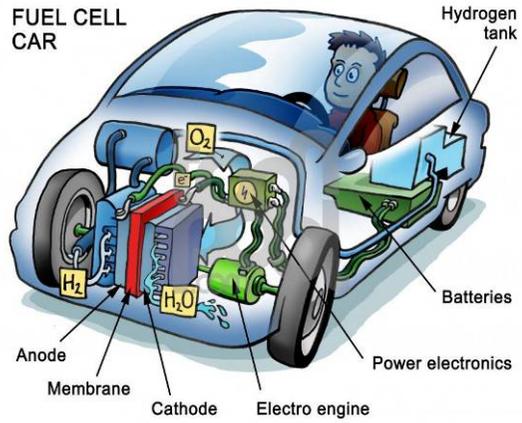


4. Workshop AiF – Brennstoffzellenallianz

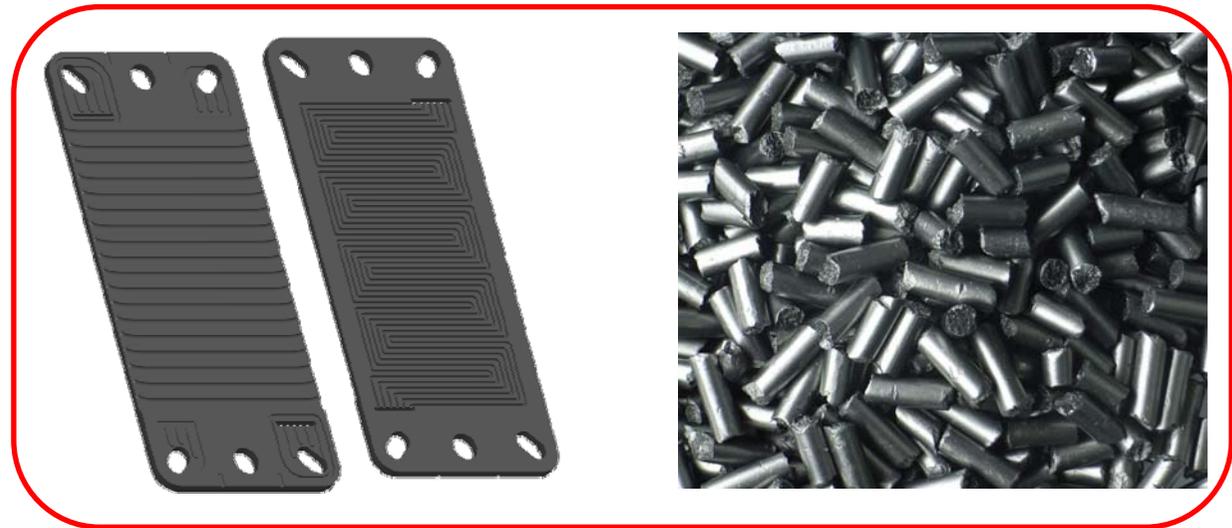
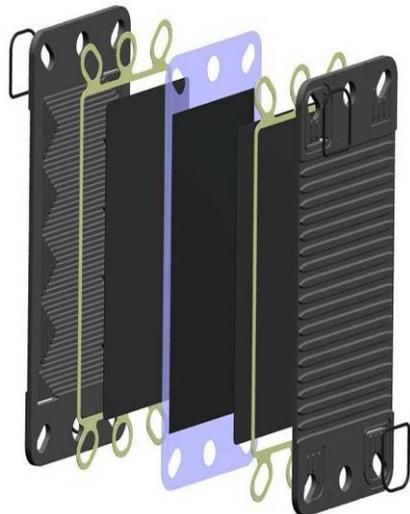
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik – Duisburg

3. + 4. Mai 2011





Quelle: http://www.toonpool.com/cartoons/Fuel%20cell_8485#img9



Anforderungen an Bipolarplatten & Compound

- Zuführung der Prozessgase H₂ und O₂
- Trennen der Prozessgase und der Zellen voneinander

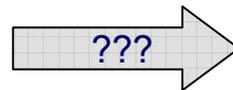


- Gasdicht
- Temperaturstabil
- Mechanisch stabil



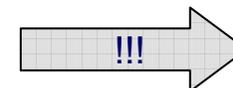
Compound

- Strom leiten
- Wärme abführen



Metalle

- Korrosionsstabil
- Chemisch inert



Kunststoffe

- Kostengünstig



Extrusion

- Niedrigviskos



Spritzgießbar





Prozesskette vom Material zur Brennstoffzelle



- Graphit
- Polymer
- Ruße und andere Füller



Doppelschnecke/
Ringextruder



Compound



Spritzgießmaschine



Bipolarplatten



Brennstoffzellenstack

A smaller version of the ZBT logo is located in the top right corner of the black text box.

Production of High-Filled Carbon Compound on a Ringextruder

**Vollautomatische
Bipolarplattenproduktion
auf einer
Krauss Maffei KM500
SGM**

Vorteile:

- Sind kostengünstig in Serienfertigung herstellbar
- Sind im Vergleich zu Duroplasten recyclingfähig
- Weisen eine sehr hohe Abbildungsgenauigkeit auf
- Sind hervorragend reproduzierbar herstellbar



Nachteile:

- Niedrige Viskosität zur Formfüllung nötig
 - Hohe Füllstoffanteile erhöhen signifikant die Schmelzeviskosität
 - Gute Wärmeleitfähigkeit der Compounds bedingt schlagartiges Einfrieren beim SG
- Groß dimensionierte SG-Maschinen sind nötig
- Limitierungen in den abbildbaren Plattengrößen
- Realisierung bis dato nur mit einfach zu verarbeitenden Thermoplasten möglich (PP)
- Einfach verarbeitbare Thermoplaste weisen geringen Dauergebrauchstemp. auf
- SG-BPP finden zum derzeitigen Stand der Technik nur in NT-PEM-BZ Verwendung

Stand der Technik:

Heißgepresste Bipolarplatten auf duroplastischer Basis

- Verwendungseignung erfolgreich demonstriert

aber

- Heißpressen ist ein Zeit- und somit kostenintensives Verfahren
- Duroplaste nicht recyclebar



Quelle: Schunk

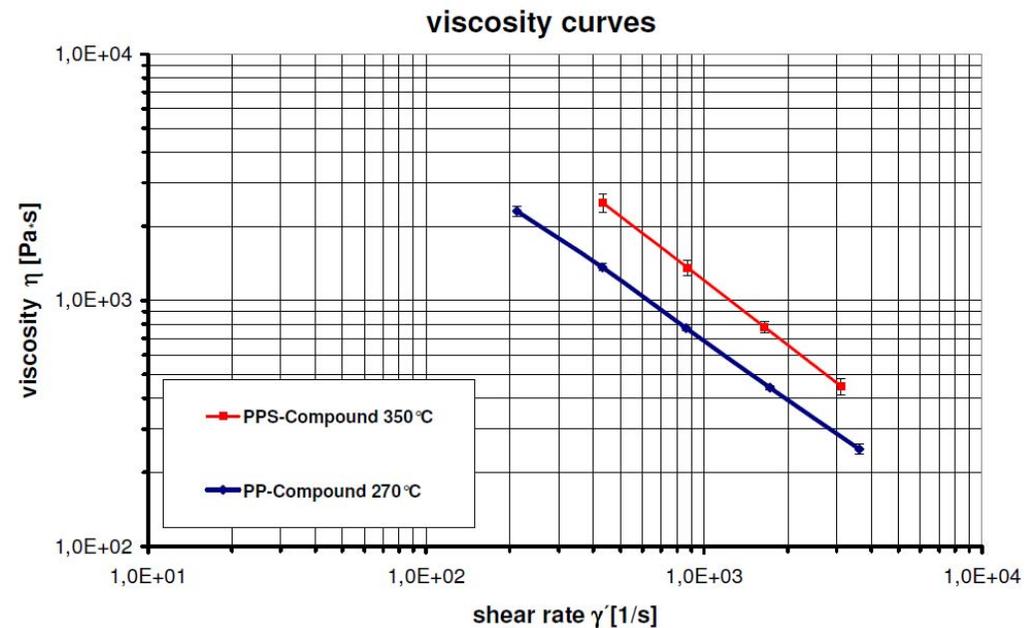


Quelle: Dana



Quelle: MGN-Carbon

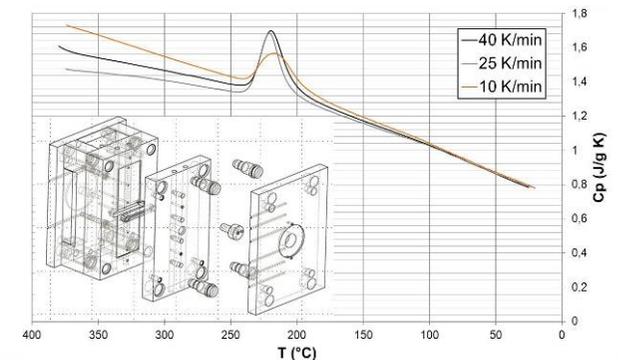
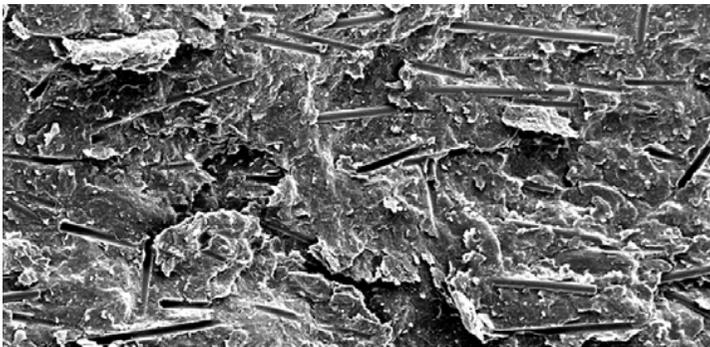
- Vorversuche & Recherche grenzten Auswahl an geeigneten HT-TP ein
- LCP, PPS, PSU, Peek → PPS als bestgeeignete Matrix
- Erste Entwicklungen orientierten sich füllstoffseitig an NT-Compounds
- Erste Versuche im Jahre 2005 scheiterten → Abriss der Schneckenspitze beim Plastifizieren an der SG-Maschine



Scherviskositätskurven PP, NT- & HT-Compound

Konzepte zur Realisierung des Ziels:

- Neue und innovative Ansätze bei der Materialentwicklung
- Generierung umfangreicher Datenbank mit Materialkennwerten
- Erstellung von Materialmodellen
- Füllstudien und Abgleich von Simulation und Praxis
- Simulationsgestützte Auslegung eines neuen SG-Werkzeuges
- Aufbau und Betrieb einer HT-PEM-Brennstoffzelle mit spritzgegossenen HT-BPP



1. Einfache schlechter leitende Compounds aus PPS + Graphit: 70, **75** und 80 Gew%

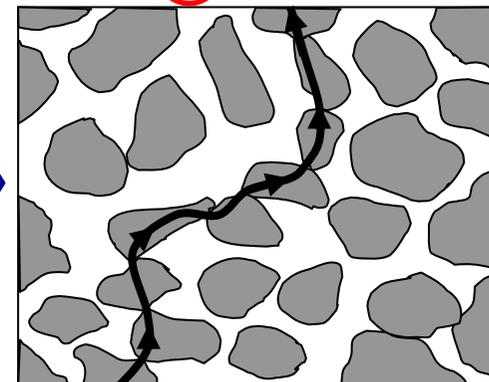


Quelle GK Graphit

+



PPS



Binäres System

2. Anspruchsvolle gut leitende Compounds aus PPS + 75 Gew% Graphit + Ruß:

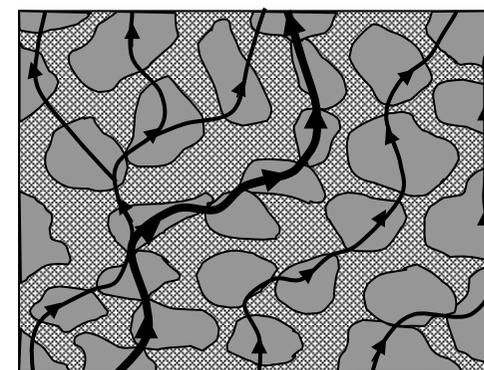


Graphit + Ruß

+



PPS



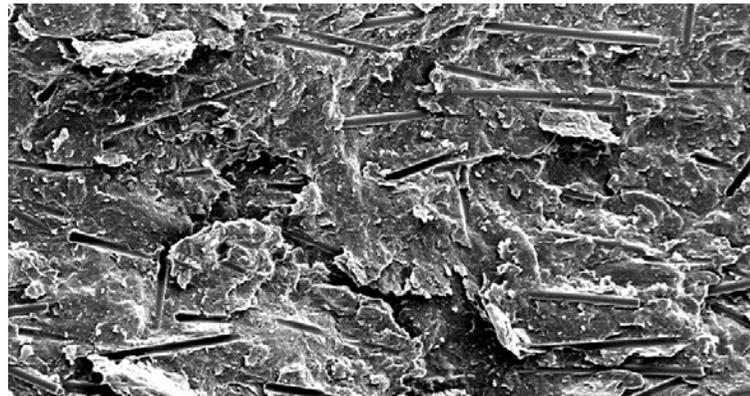
Ternäres System

Kombination aus Graphit + Ruß in PPS zu anspruchsvoll für die SG-Verarbeitung

- Hohe Graphitanteile in Verb. mit HT-TP (großes ΔT) → rapides Einfrieren
- Sehr große spez. Oberfläche von Ruß → signifikante Erhöhung der Viskosität

Konsequenz:

- Einsatz von Prozesshilfsmittel (nicht optimal)
- Möglichst geringe Anteile an Ruß oder Ruße mit geringer spez. Oberfläche
- Weniger Graphit → geringere Wärmeleitfähigkeit → langsameres Einfrieren
- Substitution mit anderen Füllern → Kohlenstofffasern

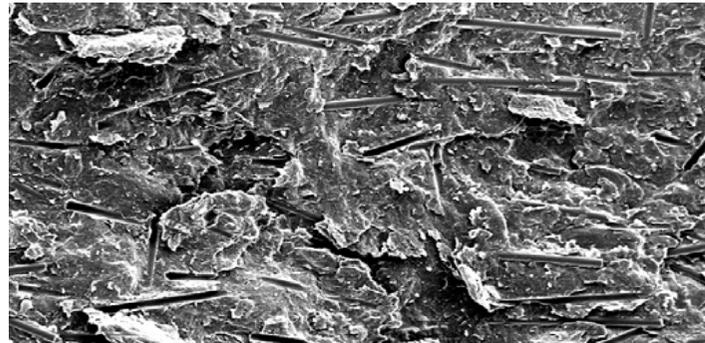
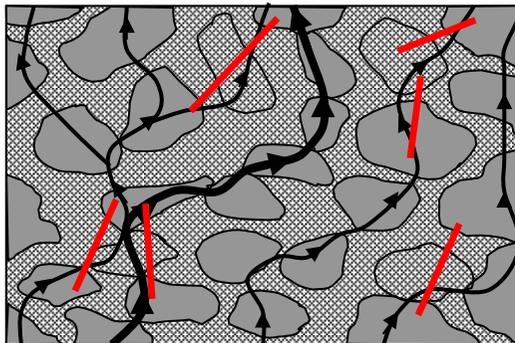


Pentäres System

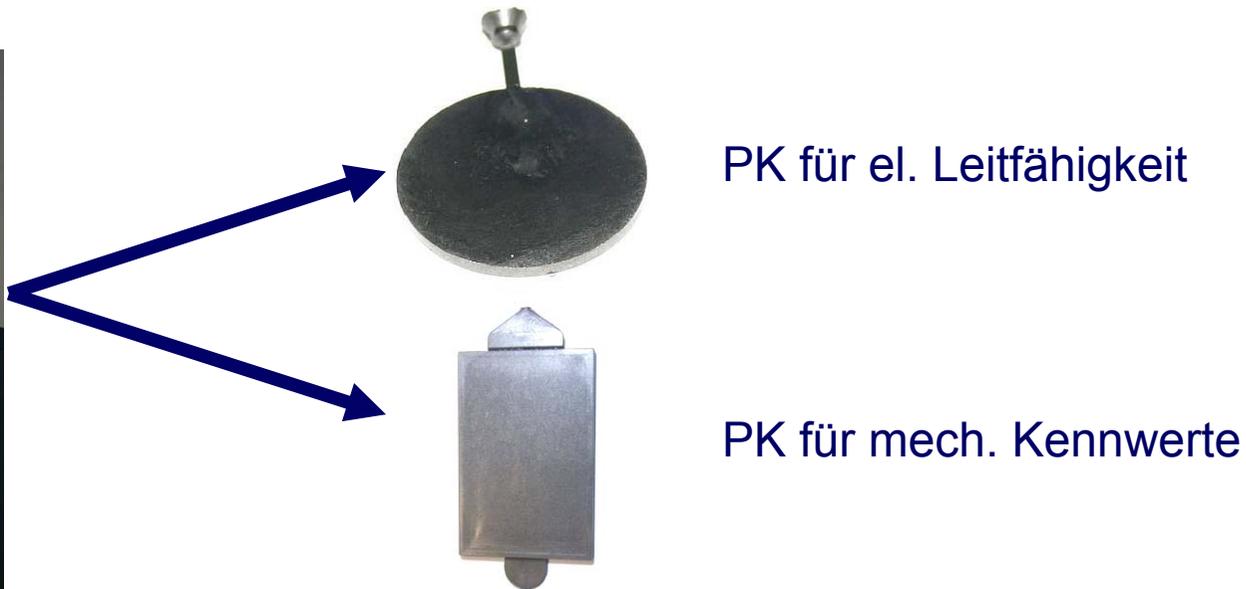
43 Compounds hergestellt und charakterisiert

- 3 PPS Typen+ 1 PPS/PEEK-Blend
- 2 Hochleitfähigkeitsruße (Unterschied primär in spez. Oberfläche)
- 2 Hochtemperatur Prozesshilfsmittel + 1 PPS-PHM Masterbatch
- 5 Kohlenstofffaser-Typen

→ Ein finales Compound als Basis für alle weiteren Entwicklungen

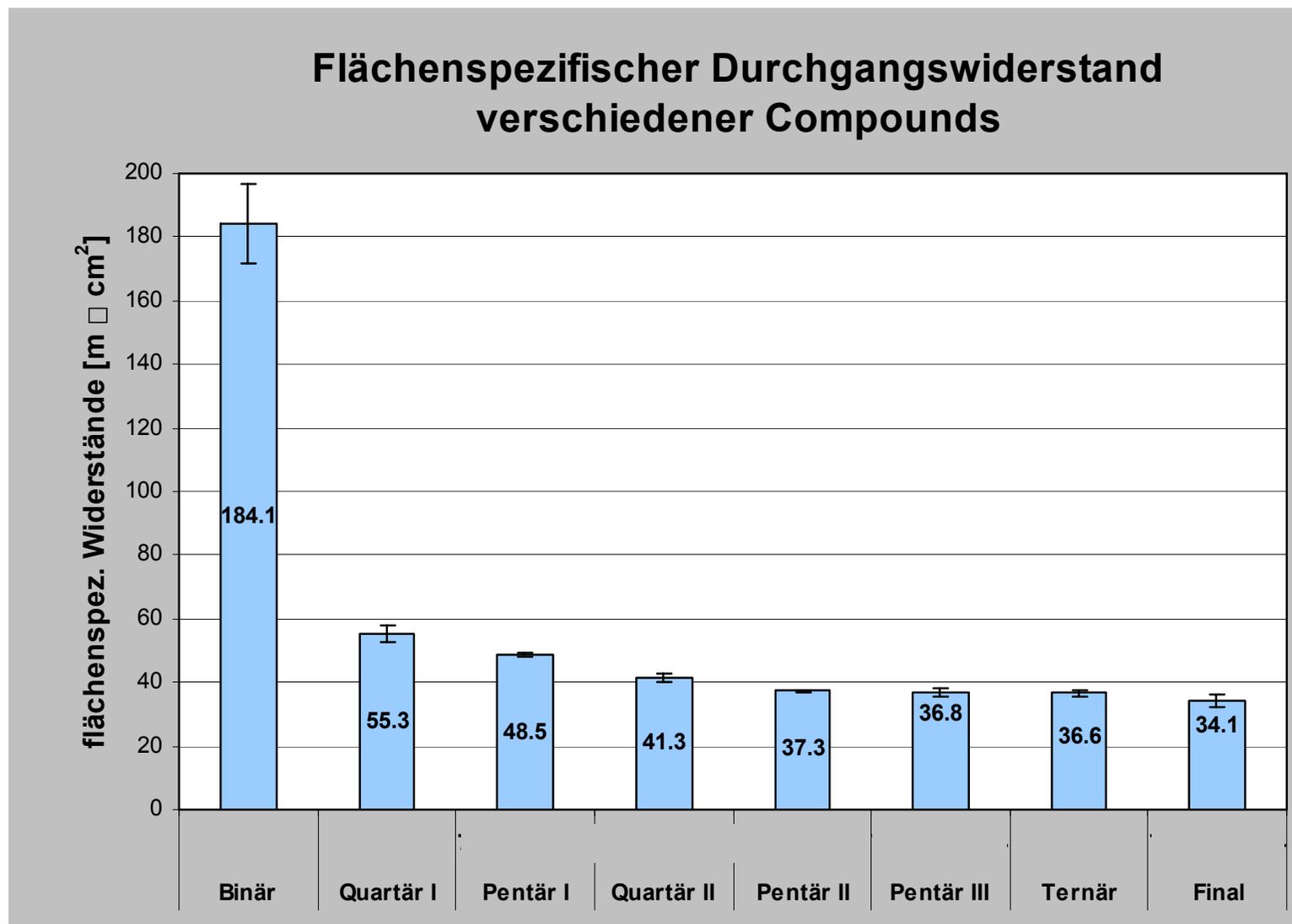


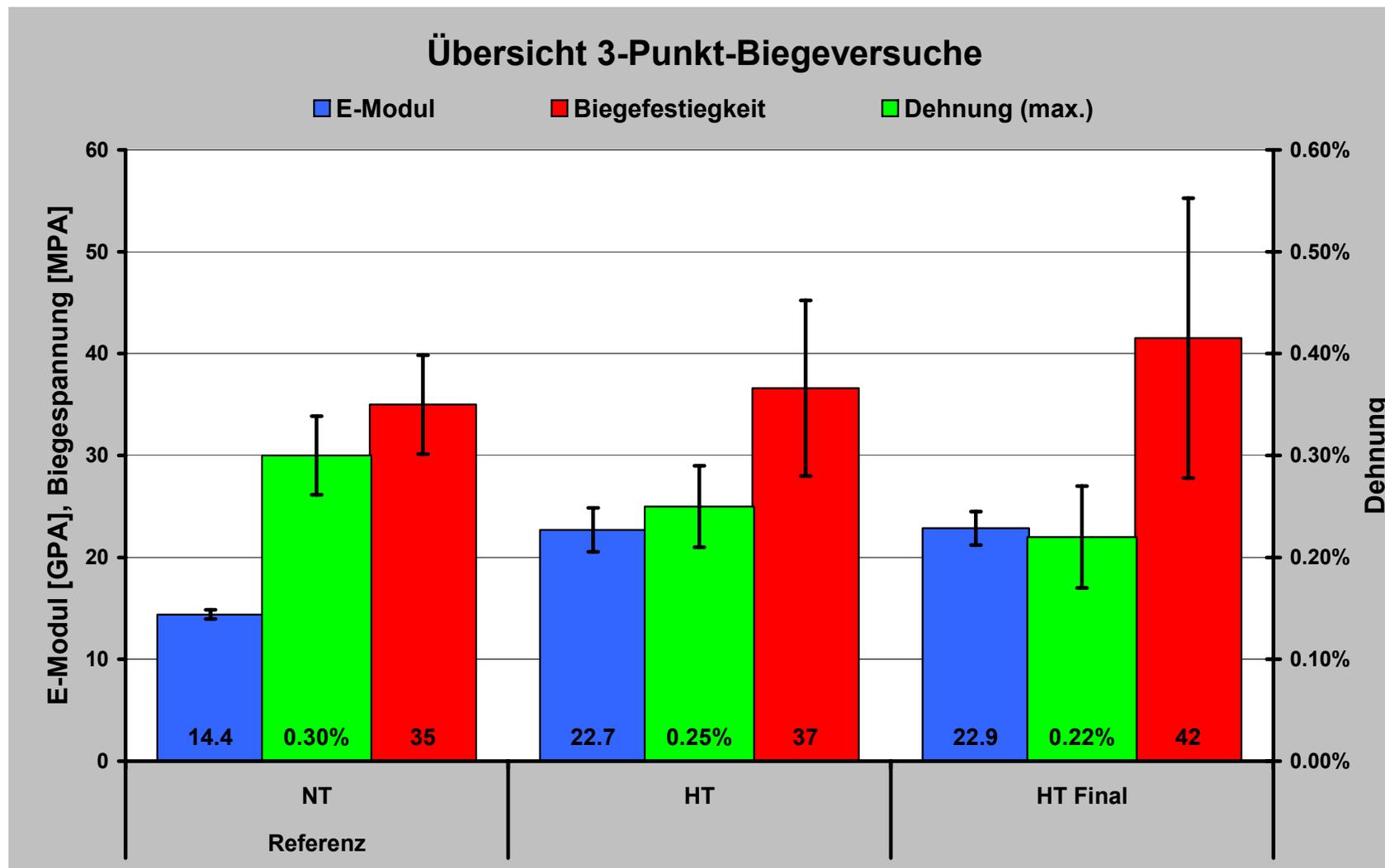
Herstellung von Probenkörpern - Füllstudien an PK

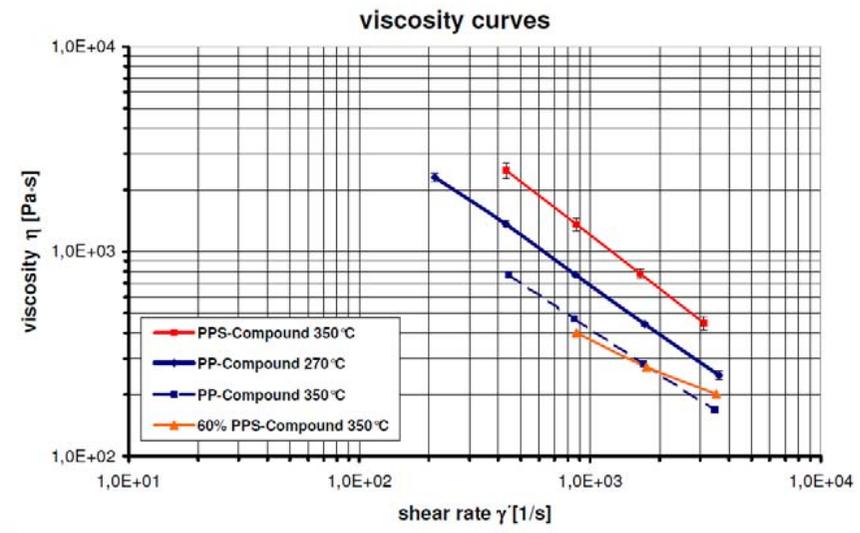
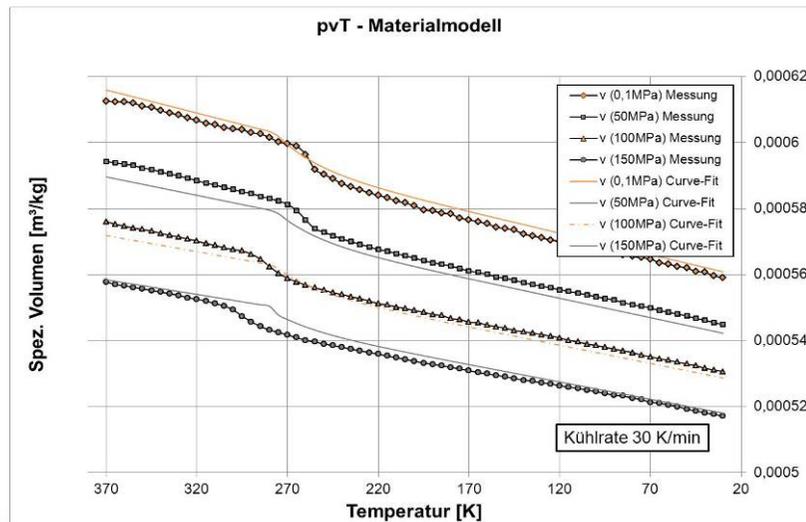
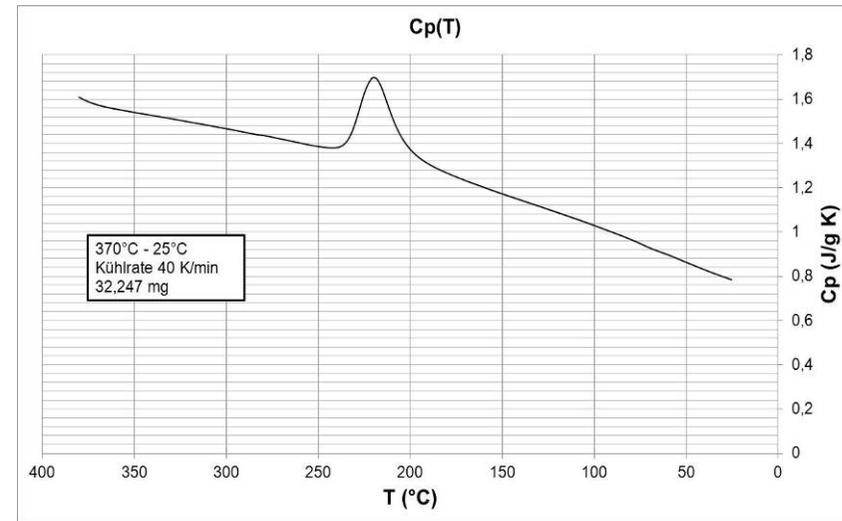
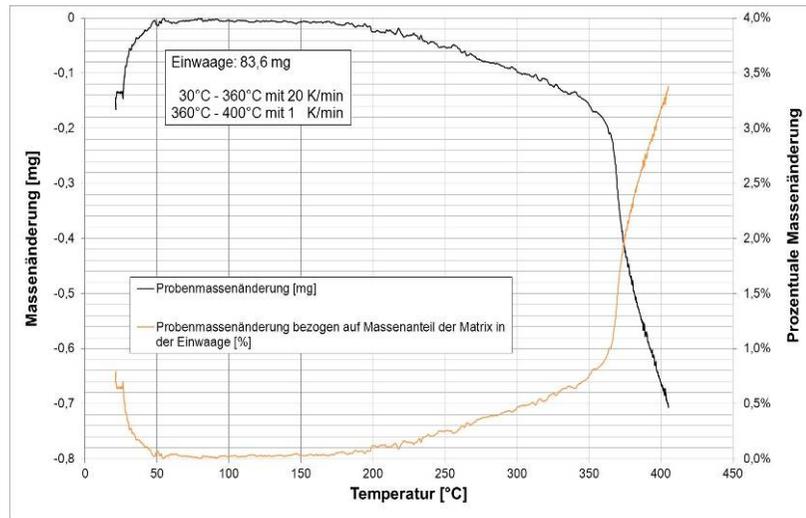


320°C Massetemperatur,
150°C Werkzeugtemperatur

400°C Massetemperatur,
250°C Werkzeugtemperatur



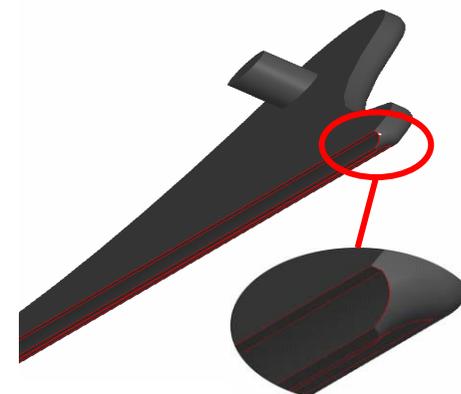
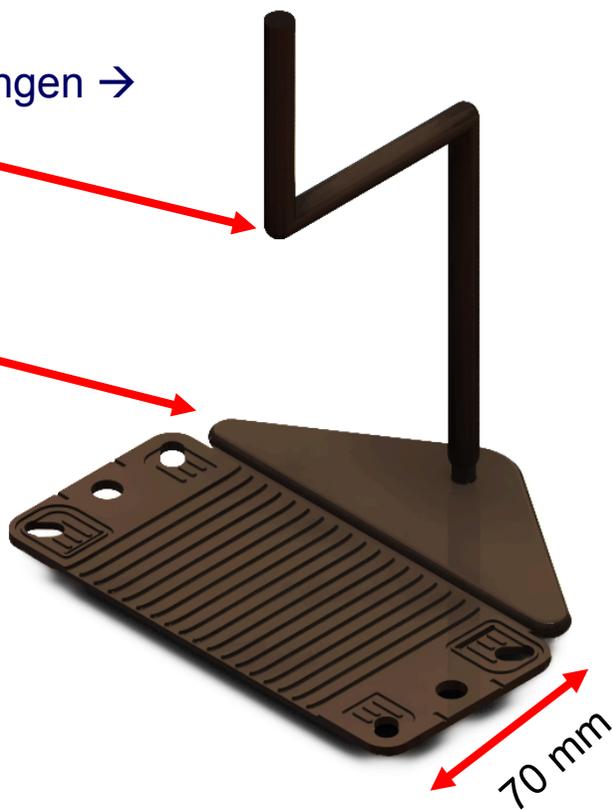




Zielsetzung bei der Simulation: Minimierung aller Druckverbraucher beim SG

Heißkanal mit vielen Umlenkungen →
Großer Druckverbraucher

Einseitiger Bandanguss →
Lange Fließwege



Weitere Möglichkeiten: Vereinfachung Anschnittgeometrie

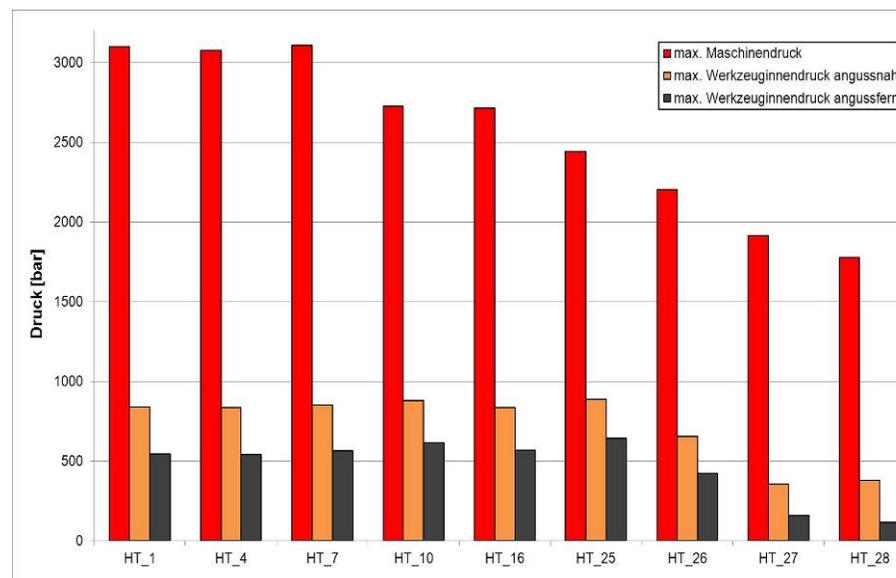
Wichtigsten Erkenntnisse aus der Simulation:

- Einkavitätenwerkzeug erfordert zu viele Umlenkungen → zu hoher Druckverbrauch → Zweikavitätenwerkzeug mit mittigem Anspritzpunkt
- Optimierung von Anschnitt und mehr → weitere Druckverbrauchminimierung



Validierung des Materialmodells durch Abgleich an unterschiedlichen Geometrien

Nr.	Schmelztemperatur [°C]	Vorlauftemperatur (Öl) [°C]	Einspritzgeschwindigkeit [cm ³ /s]
HT_1	360	150	589
HT_4	360	175	589
HT_7	360	200	589
HT_10	370	200	589
HT_16	370	150	589
HT_25	385	200	589
HT_26	385	200	400
HT_27	385	200	200
HT_28	385	200	50





Finales HT-Compound

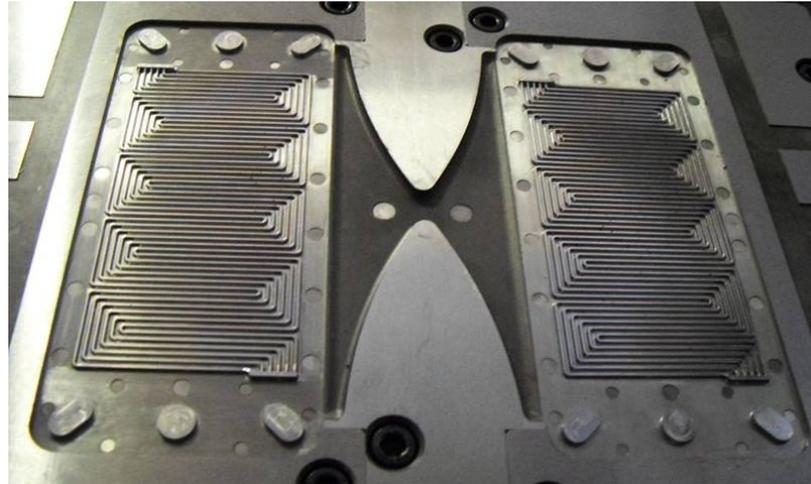


Spritzgießmaschine

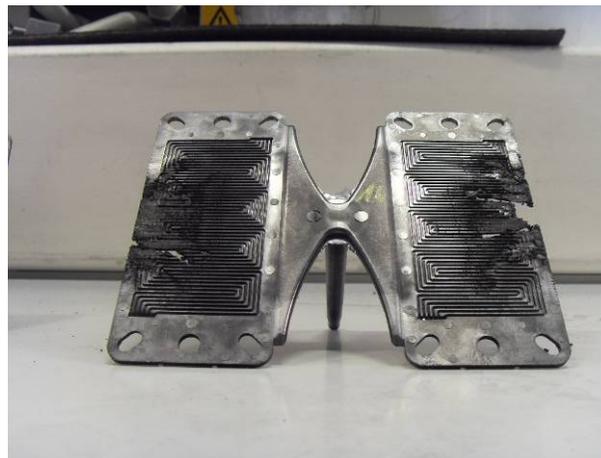
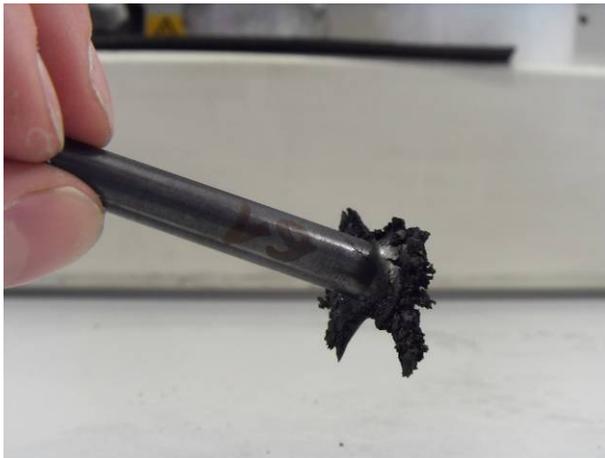


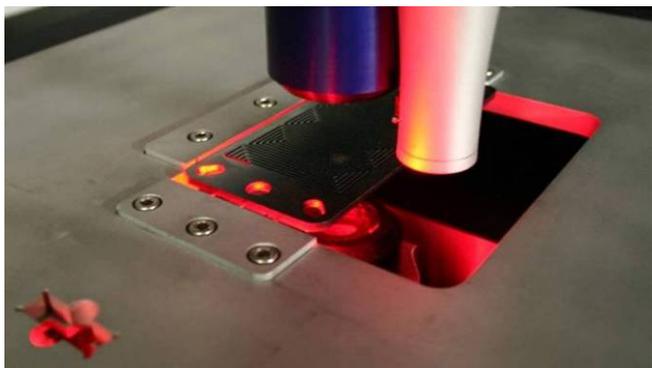
Bipolarplatten

Machbarkeit mit „vereinfachtem“
Compound demonstriert

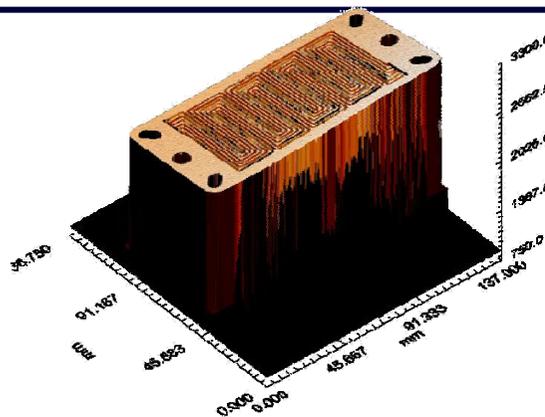


- Schlankes, austauschbares simulatorisch optimiertes Angußsystem
- Bis 200°C (250°C) temperierbar
- Flowfieldgeometrie optimiert
- Kaltkanal mit Heißkanaloption
- Werkzeug maximal versteift
- Geometrien für Nachbearbeitung optimiert





Oberflächenbeschaffenheit



Planparallelität



Alterung



Ex-situ-Analyse



In-Cell-Testing & Funktionsmuster



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Darüber hinaus möchten wir uns beim
Projektpartner IPE und dem Projektbegleitenden Ausschuss bedanken. Im
besonderen Maße trug die Ticona GmbH zum Gelingen dieses Projektes
bei. Auch dafür möchten wir uns ganz herzlich bedanken.**