

Standardisierung der Fließkurvenaufnahme – ein Beitrag zur Bedeutung hochwertiger Werkstoffdaten für die Umformsimulation

Bericht zu einem von der GCFG und dem IMU geförderten Projekt

Dr. Ing. M. Twickler, Dr. Ing. G. H. Arfmann

Kurzfassung

Umformsimulationen im Bereich der Schmiedetechnik finden heute mit den Zielgrößen Geometrie und Materialfluss, Spannungen und Werkzeugbeanspruchung und Gefügevorschau statt.

Es ergeben sich Anforderungen an die Materialdaten (Fließkurven, etc.) in Hinsicht auf Vollständigkeit der Daten, Verlässlichkeit der Ermittlungsmethode und der Notwendigkeit von genauen und reproduzierbaren Messungen.

Damit sahen GCFG und IMU die Notwendigkeit der Formulierung von Anforderungen an die Ermittlungsmethode hinsichtlich der notwendigen Maschinenausstattung, der Messtechnik, der Dokumentation etc.

Angestrebt wurde die Erstellung einer Richtlinie zur Aufnahme von Fließkurven.

Im Projekt arbeiteten verschiedene Forschungseinrichtungen und Industriefirmen unter der Leitung von CPM GmbH zusammen, um diese Richtlinie zu erstellen. Dieser Beitrag soll die Notwendigkeit einer solchen Richtlinie darstellen und das Projekt vorstellen.

Dr. Michael Twickler und Dr. Gerhard H. Arfmann
Geschäftsführende Gesellschafter
CPM GmbH
Kaiserstrasse 100
52134 Herzogenrath
www.CPMGMBH.com

1. Ausgangssituation

Umformsimulationen im Bereich der Schmiedetechnik finden heute mit den Zielgrößen Geometrie und Materialfluss, Spannungen und Werkzeugbeanspruchung und Gefügevorhersage statt.

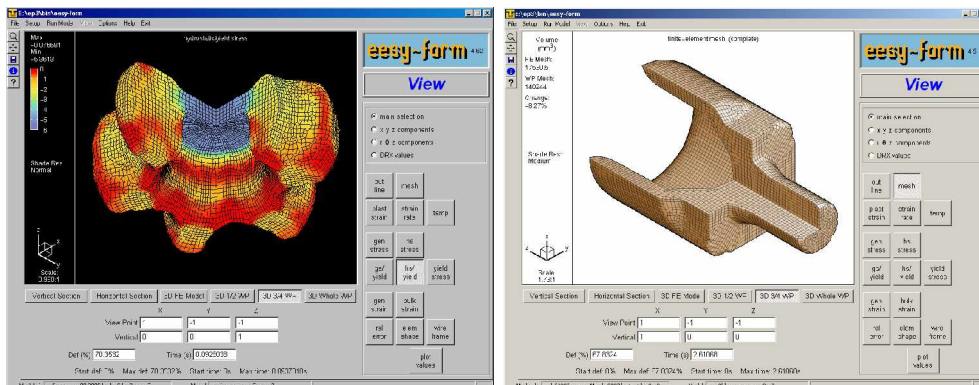


Bild 1: Typische aufwendige FEM Rechnungen der Industrie

Das folgende Beispiel zeigt ein typisches Versagen der Methode aufgrund mangelhafter Materialdaten.

Bei der Leitritz Turbinenbau GmbH, Remscheid wurde die Fertigung eines sogenannten „Pancake“ simuliert. In der späteren Fertigung trat allerdings eine Falte auf, die die Simulation nicht gezeigt hatte.



Bild 2: Falte am „Pancake“ © Leitritz

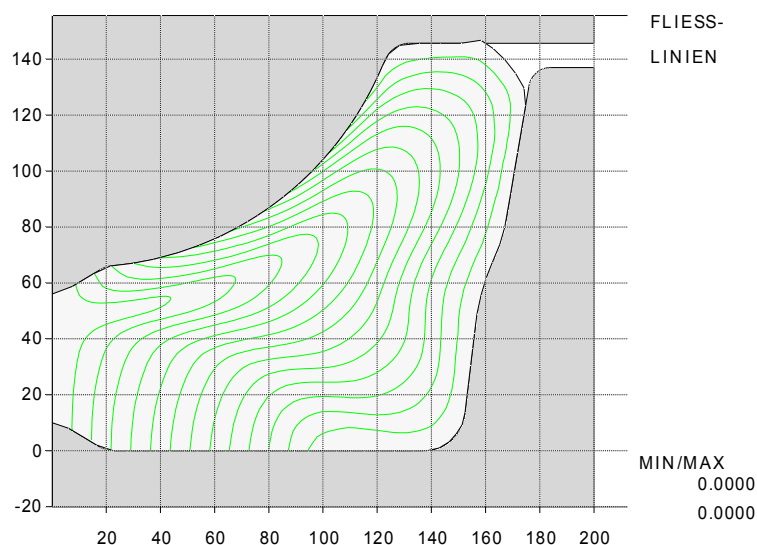


Bild 3: Simulation zeigt keine Falte © Leitzitz

Bei der Fehlersuche stellte man fest, dass die Simulation im betroffenen Bereich Temperaturen auswies, für die keine Fließkurvendaten vorhanden waren.

Die Zugrundeliegenden Fließkurven deckten nur den warmen Bereich von Temperaturen oberhalb von 950°C ab. Im Bauteil lagen die Temperaturen aufgrund der Prozessrandbedingungen aber deutlich niedriger.

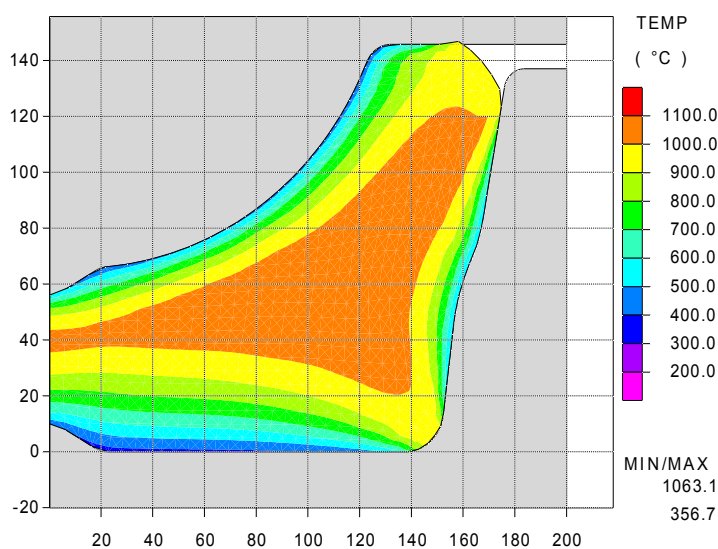


Bild 4: Temperaturen im Bauteil © Leitzitz

Nach Erkennen dieses Problems wurden die Materialdaten entsprechend erweitert und eine erneute Simulation durchgeführt. Diese zeigte dann das Problem.

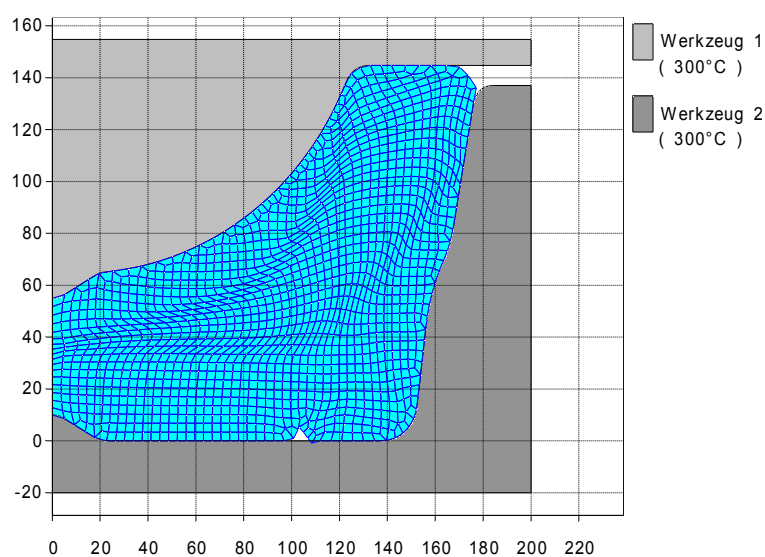


Bild 5: Simulation mit „erweiterten“ Materialdaten © Leitritz

Mit den nun verlässlichen Materialdaten wurden Variationsrechnungen gemacht um den Prozess zu optimieren. Mit der dann gefundenen Lösung konnte der „pancake“ korrekt gefertigt werden.

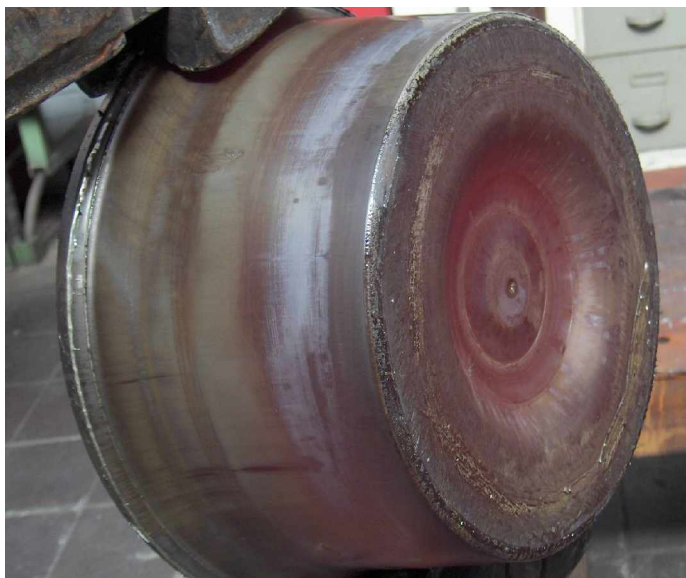


Bild 6: Erfolgreiche Fertigung nach korrekter Simulation © Leitritz

Dieses Beispiel ist nur eines von vielen, welches gezeigt hat, dass die verfügbaren Fließkurven ein Problem für die Simulation mit der FEM darstellen. Nicht nur, wie in diesem Beispiel anschaulich gezeigt wurde, ist die Vollständigkeit der Daten ein Problem, sondern auch die Genauigkeit.

Es ergeben sich Anforderungen an die Materialdaten (Fließkurven, etc.) in Hinsicht auf Vollständigkeit der Daten, Verlässlichkeit der Ermittlungsmethode und der Notwendigkeit von genauen und reproduzierbaren Messungen.

Damit sahen GCFG und IMU die Notwendigkeit der Formulierung von Anforderungen an die Ermittlungsmethode hinsichtlich der notwendigen Maschinenausstattung, der Messtechnik, der Dokumentation etc.

Angestrebt wurde die Erstellung einer Richtlinie zur Aufnahme von Fließkurven.

2. Projektverlauf und Projektpartner

Projektverlauf

Vorstufe: Oktober 2005

Projektstart: Dezember 2005 / Januar 2006

Information potentieller Teilnehmer: Januar 2006

Zu-/Absage von Teilnehmern / Feststellung der Partner: bis März 2006

Vorlage der gewünschten Probenformen der teilnehmenden Institute: bis Mai 2006

Zusage der zwei Industriepartner zur Fertigung der Proben: bis Mai 2006

Übermittlung der gewünschten Probenformen an die zwei Industriepartner: 02. 06. 2006

Versand der Kaltproben an die teilnehmenden Institute: 09. 10. 2006

Übermittlung erster Teilergebnisse zu den Kaltfließkurven: zum 13.03.2007

Erste Projektsitzung: 14.03.2007

Versand der Warmproben an die teilnehmenden Institute: 16. 03. 2007

Übermittlung weiterer Teilergebnisse zu den Kaltfließkurven: zum 17.12.2007

Übermittlung der Ergebnisse zum Referenzversuch (kalt): zum 17.12.2007

Übermittlung weiterer Ergebnisse (Kaltfließkurven) zu den Themen

‘Probenform’ und ‘Korrekturen’: zum 17.12.2007

Übermittlung erster Teilergebnisse zu den Warmfließkurven: zum 17.12.2007

Zweite Projektsitzung: 18.12.2007

Übermittlung korrigierter Ergebnisse zum Referenzversuch (kalt): zum 05.05.2008

Übermittlung der Ergebnisse zum Referenzversuch (warm): zum 05.05.2008

Dritte Projektsitzung: 05.05.2008

Übermittlung letzter Korrekturen zum Referenzversuch (warm): Juli 2008

Die endgültige Richtlinie wurde zum 3. September 2008 erstellt.

24. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer „Fließkurven“

Diese Übersicht soll verdeutlichen, dass es sich nicht um ein leichtes Unterfangen gehandelt hat, eine solche Richtlinie zu erarbeiten. Proben mussten gefertigt werden, die Versuche mussten durchgeführt werden und nicht zuletzt musste erarbeitet werden, warum Unterschiede auftraten und wie sie vermieden werden können. Sodann waren erneute Versuche notwendig, die wieder den gleichen Aufwand erforderten. Hier ist den Teilnehmern für Ihren Aufwand zu danken, zumal sie alle auf eigene Kosten teilnahmen.

Angesprochene Forschungseinrichtungen und Spektrum der Aktivitäten im Projekt

IAM Duisburg	Kalt	Warm
IBF Aachen		
IEHK Aachen		Warm
IFU Stuttgart	Kalt	Warm
IFUM Hannover	Kalt	Warm
IMA Dresden		
IMFT Freiberg	Kalt	Warm
LFT Erlangen	Kalt	Warm
MPIE Düsseldorf		
TU Chemnitz		

Das Projekt begleitende Industriefirmen

CDP Bharat	Probenfertigung (warm)
Hatebur	
Hirschvogel	Probenfertigung (kalt und warm)
Leistriz	
IMU	
Tekfor	
Daimler Chrysler	
Gerlach	

3. Auszüge aus den Ergebnissen

Werkstoff- und Prüfparameterauswahl

Kaltfließkurven

Werkstoff:	16 Mn Cr S 5
Temperaturen:	20°C, 100°C, 200°C
Umformgeschwindigkeiten:	0,1/sec, 1,0/sec, 10,0/sec

Warmfließkurven

Werkstoff:	38 Mn Si V S 5
Temperaturen:	800°C, 950°C, 1100°C
Umformgeschwindigkeiten:	0,1/sec, 1,0/sec, 10,0/sec

Erste Ergebnisse für Kaltfließkurven

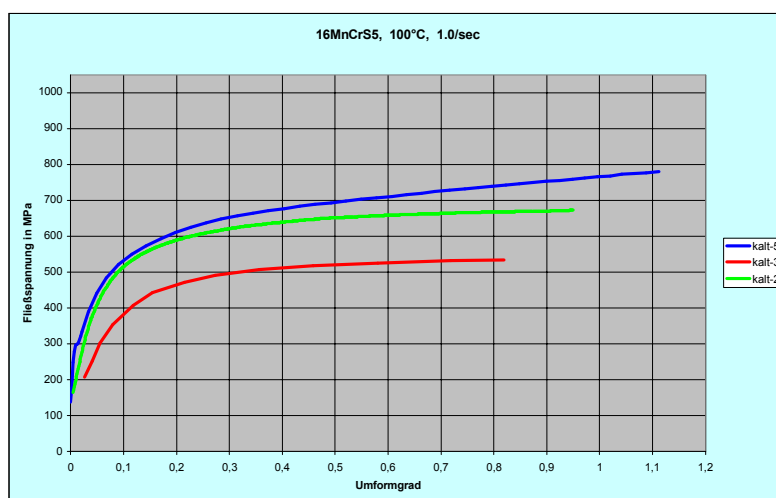


Bild 7: Beispiel der ersten Fließkurven

Die ersten Ergebnisse zeigten, wie erwartet, erhebliche Abweichungen.

Zunächst wurde versucht herauszufinden, ob es offensichtliche Unterschiede in der Methodik oder auch offensichtliche Fehlerquellen gab. Das Ergebnis diese Arbeiten waren wesentlich bessere Resultate.

24. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer „Fließkurven“

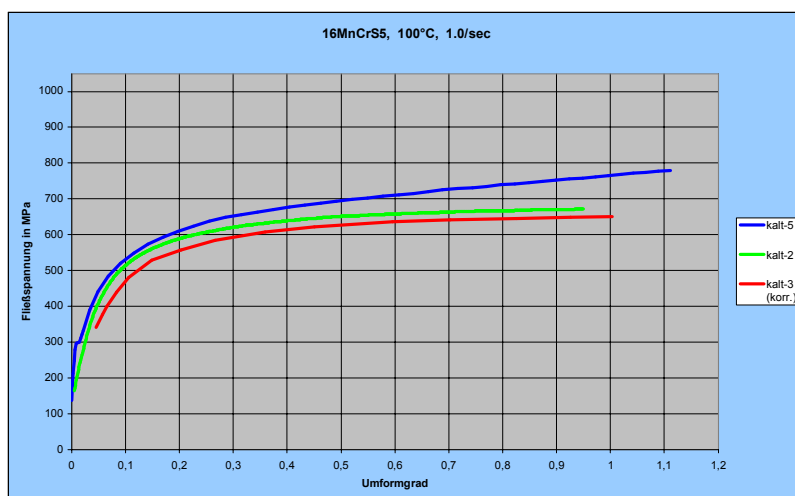


Bild 8: Ergebnisse nach erfolgten Verbesserungen

Es bestanden weiter offene Fragen hinsichtlich einer signifikanten Einflussnahme auf die Fließkurvenermittlung hinsichtlich:

- Probenabmessungen /Probenqualität
- Probenform
- Schmierung
- Erweiterte Korrekturverfahren

Deshalb wurde beschlossen, einen Vergleichsversuch mit einheitlicher Probenform, einheitlicher Probenabmessung und einheitlicher Schmierung durchzuführen.

Probenform: Zylinderstauchprobe

Schmierung: Teflonfolie

Versuchsparameter: Temperatur: 20°C, Umformgeschwindigkeit: 1.0/sec

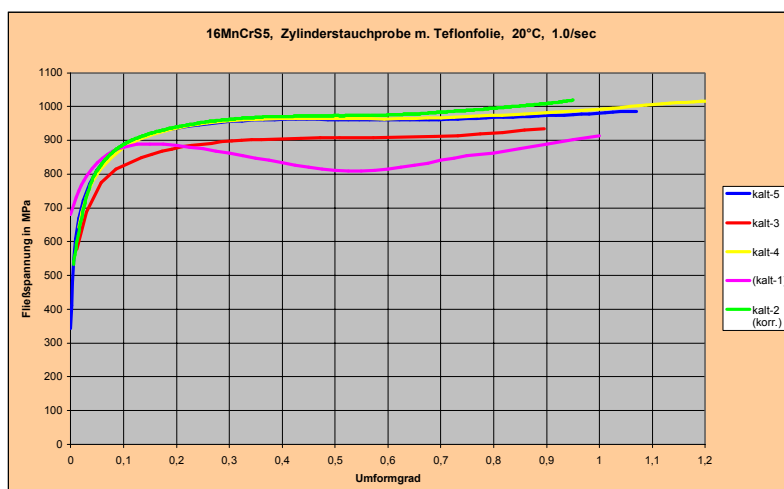


Bild 9: Ergebnisse zu der einheitlichen Probenform

Nun konnte klar herausgearbeitet werden, dass die Teilnehmer „grün“, „gelb“ und auch noch „rot“ gleiche Ergebnisse liefern, obgleich bei „rot“ noch die Frage der Kalibrierung offen war. „cyan“ konnte keine übereinstimmenden Ergebnisse beitragen.

Bei den Warmfließkurven ergab sich ein ähnliches Bild.

Eine ebenfalls, nach erfolgten vielversprechenden ersten Versuchen, durchgeführte Messung an einer Einheitsprobe ergab zunächst erstaunliche Ergebnisse.

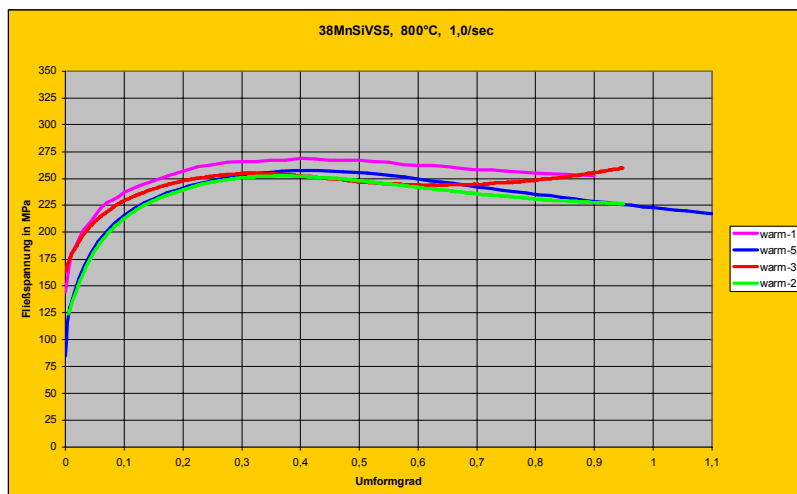


Bild 10: Erste Ergebnisse zu den Warmfließkurven

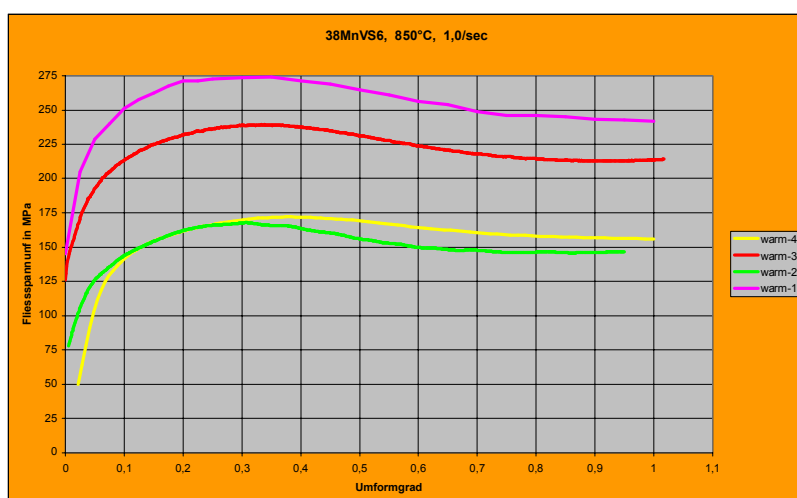


Bild 11: Ergebnisse des Vergleichsversuchs mit einheitlicher Probenform

Eine Überprüfung ergab: Ungenaue bzw. fehlerhafte Auswertung (warm-2), falsche Umformgeschwindigkeit (warm-4), eventuell ungenügende, inhomogene Aufheizung (warm-1). Nach Korrektur ergab sich dann ein wesentlich besseres Bild.

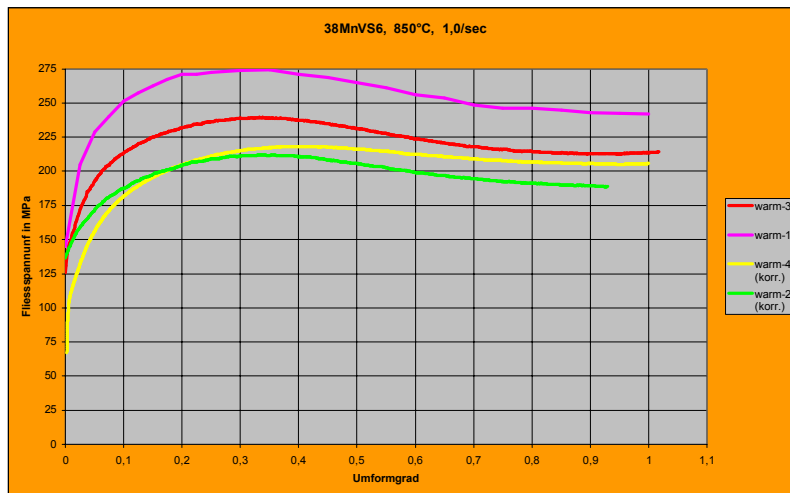


Bild 12: Ergebnisse des Vergleichsversuchs mit einheitlicher Probenform nach Korrekturen

Wiederum waren einige Teilnehmer nicht in der Lage plausible Ergebnisse zu liefern. Dennoch war es möglich, unter den beteiligten Forschungseinrichtungen Einigkeit zu erzielen, wie Fließkurven aufzunehmen sind, um eine Genauigkeit von $\pm 10\%$ zu erzielen. Das war gemessen an der Ausgangssituation ein hervorragendes Ergebnis.

4. Die Richtlinie

Basierend auf den Erfahrungen aus dem Projekt haben die Beteiligten zusammen mit CPM GmbH nun eine Richtlinie erarbeitet, die die Fehler bei der Fließkurvenermittlung eingrenzen soll.

Die Richtlinie enthält Anforderungen bezüglich:

- **Probenform**
- **Probenanzahl**
- **Stauchwerkzeuge**
- **Schmierung**
- **Maschineneinrichtung**
- **Messtechnik**
- **Auswerteverfahren**
- **Dokumentation**

5. Schlussbemerkung

Es ist den teilnehmenden Partnern, der GCFG und dem IMU zu danken, diese Studie ermöglicht zu haben. Die Ergebnisse sind vielversprechend auch wenn die Tolleranzen der zu erwartenden Ergebnisse von Fließkurvenmessungen noch recht groß sind. Sie sind aber wesentlich geringer als zuvor. Und die verbleibenden Ungenauigkeiten mögen die Forschung anregen, noch weitere Verbesserungen zu ermöglichen. Für den Anwender wurde jedenfalls eine Richtlinie erarbeitet, die es ihm ermöglicht, basierend auf dieser Richtlinie wesentlich bessere Materialdaten zu erhalten.