

Moderne Methoden der Legierungsentwicklung

Jakob Breiner, Dierk Hartmann – HS Kempten

Michael Kroker, Babette Tonn – TU Clausthal

Agenda

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines Versuchsplanes (**D**esign of **E**xperiments)
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Vorstellung

Verbundforschungsprojekt GussTough

Ziele:

- Erhöhung der Kaltzähigkeit u. Festigkeit bei niedrigen Temperaturen
- Substitution von Cer-MM in duktilen Gusseisen
- Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung bruchmechanischer Kennwerte mit dem Kerbschlagbiegeversuch

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick























Vorstellung

Verbundforschungsprojekt GussTough

Herangehensweise:

- Aufstellung eines Versuchsplanes
- Durchführung von Pilotversuchen
- Durchführung von Bauteilversuchen
- Paralleler Datenabgleich virtueller Versuche (MAGMA, JMatPro etc.)
- Definition einer Richtlinie zur prozesssicheren Fertigung

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick









 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung









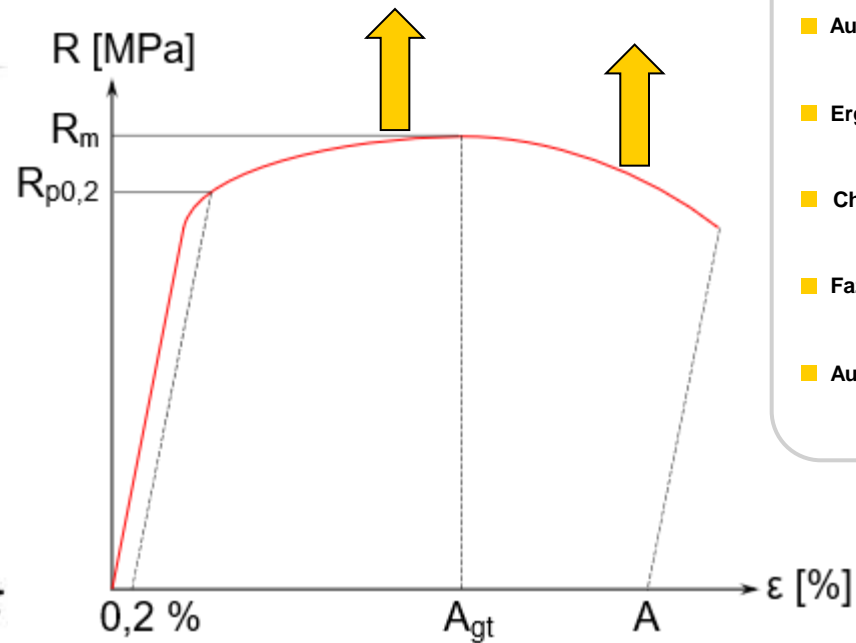
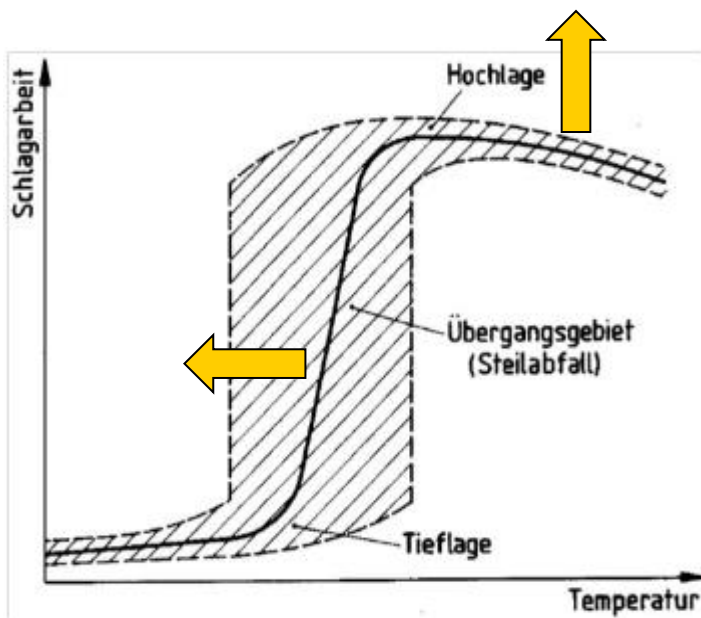

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich



Herausforderungen des BMBF-Projektes „GussTough“

Entwicklungsziel:

Erhöhung der Kaltzähigkeit u. Festigkeit bei niedrigen Temperaturen



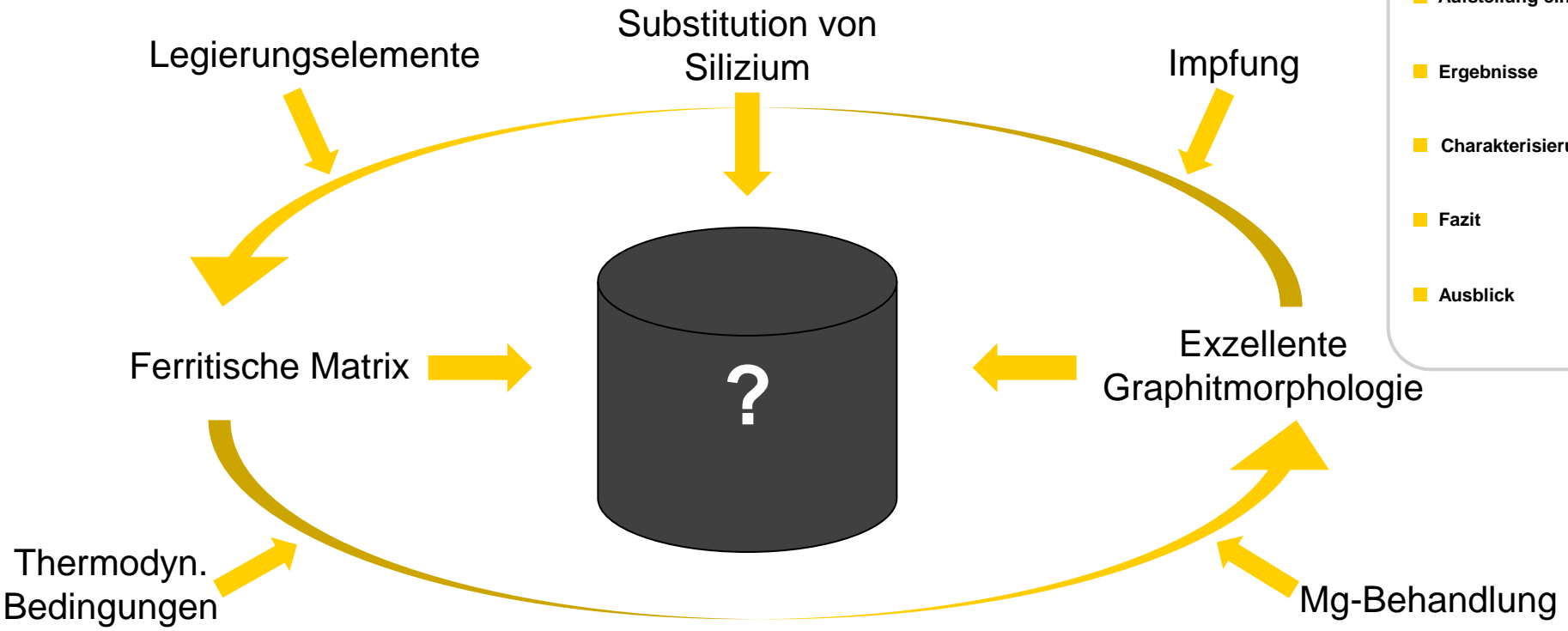
- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Herausforderungen des BMBF-Projektes „GussTough“

Entwicklungsziel:

Erhöhung der Kaltzähigkeit u. Festigkeit bei niedrigen Temperaturen

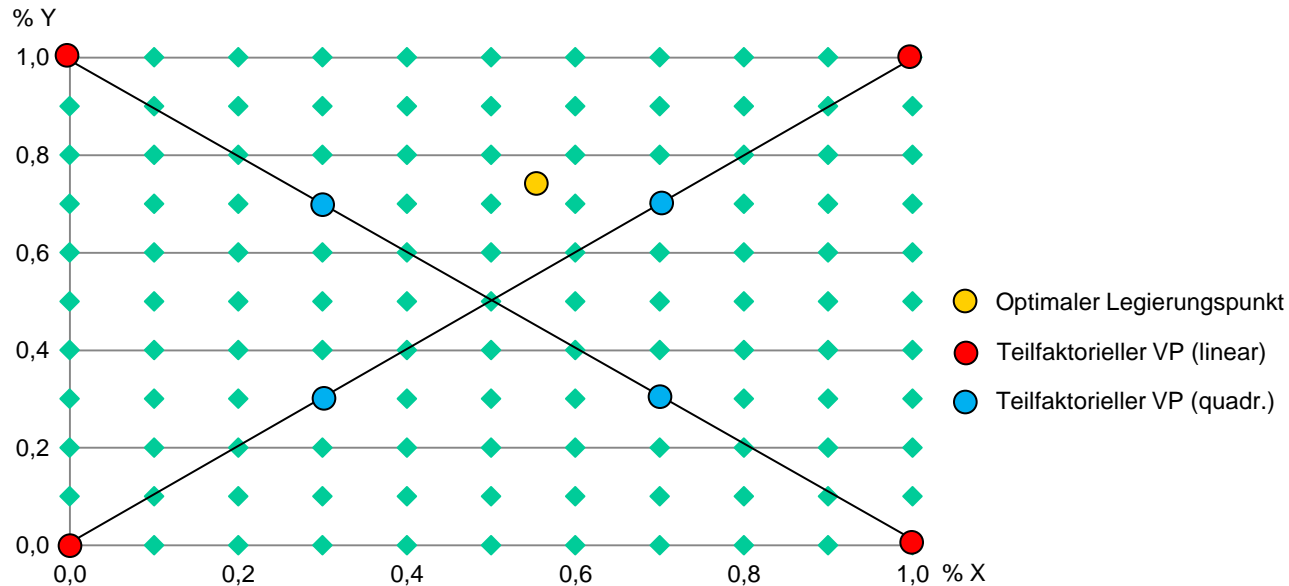
- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick



Aufstellung eines Versuchsplanes

DoE – Teilfaktorieller Versuchsplan (VP)

- Wenige Versuchspunkte
- Erfassung eines optimalen Legierungsbereiches
- Unsicherheiten durch Linearisierung



- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Aufstellung eines Versuchsplanes

DoE – Umsetzung bei der Entwicklung von kaltzähem Gusseisen

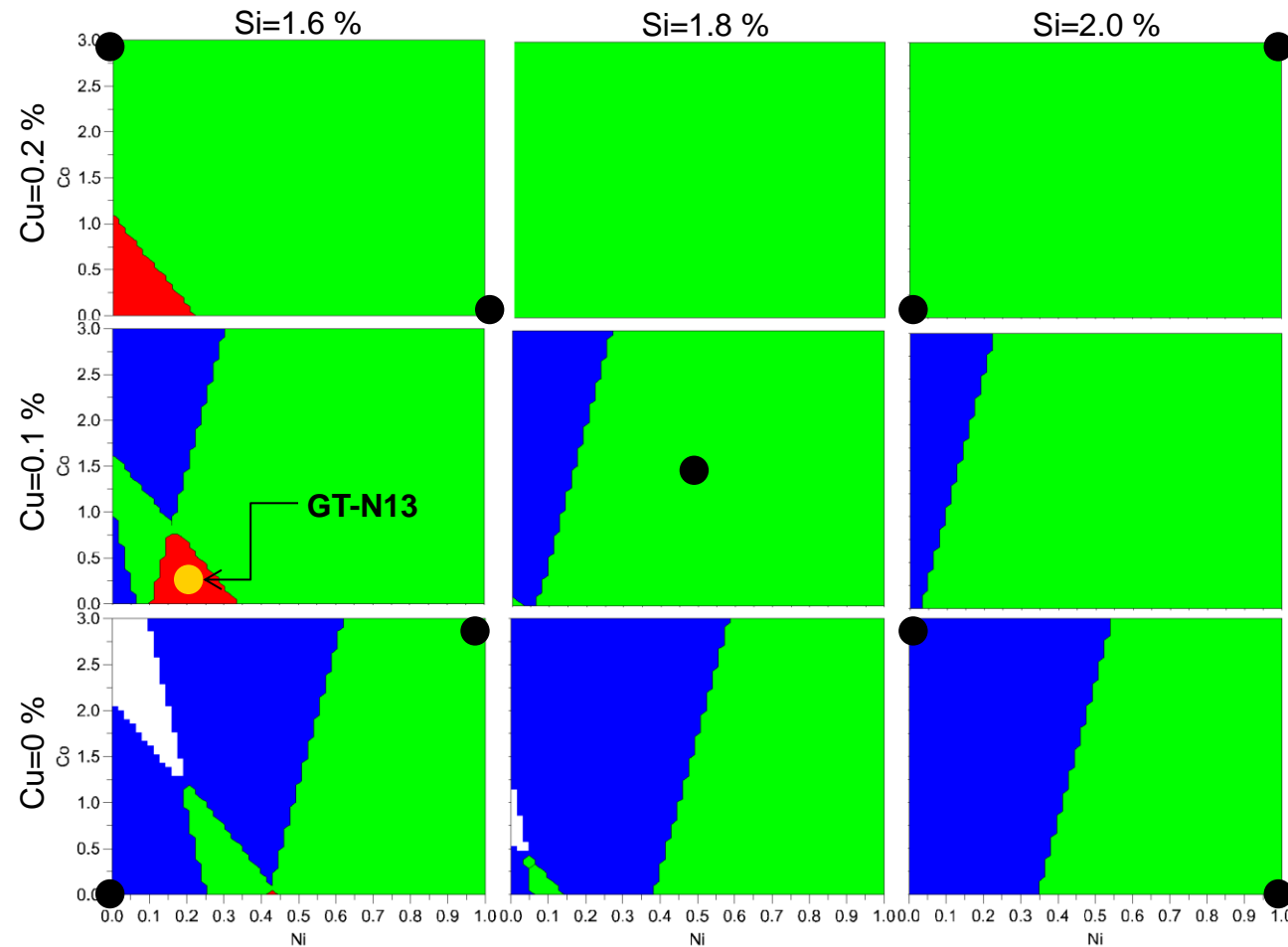
	Si [Gew.-%]	Co [Gew.-%]	Ni [Gew.-%]	Cu [Gew.-%]
N1	1.6	0	0	0
N2	2	0	0	0.2
N3	1.6	3	0	0.2
N4	2	3	0	0
N5	1.6	0	1	0.2
N6	2	0	1	0
N7	1.6	3	1	0
N8	2	3	1	0.2
N9	1.8	1.5	0.5	0.1

Einstellung des C-Gehaltes über $S_C = 1,0$

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Ergebnisse

Prozessfeldanalyse der 1. Generation



Kriterien:

$R_m > 400\text{MPa}$

$R_{p0,2} > 240\text{ Mpa}$

$W_t > 12\text{J } (-20^\circ\text{C})$

- Ein Kriterium erfüllt
- Zwei Kriterien erfüllt
- Drei Kriterien erfüllt

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Ergebnisse

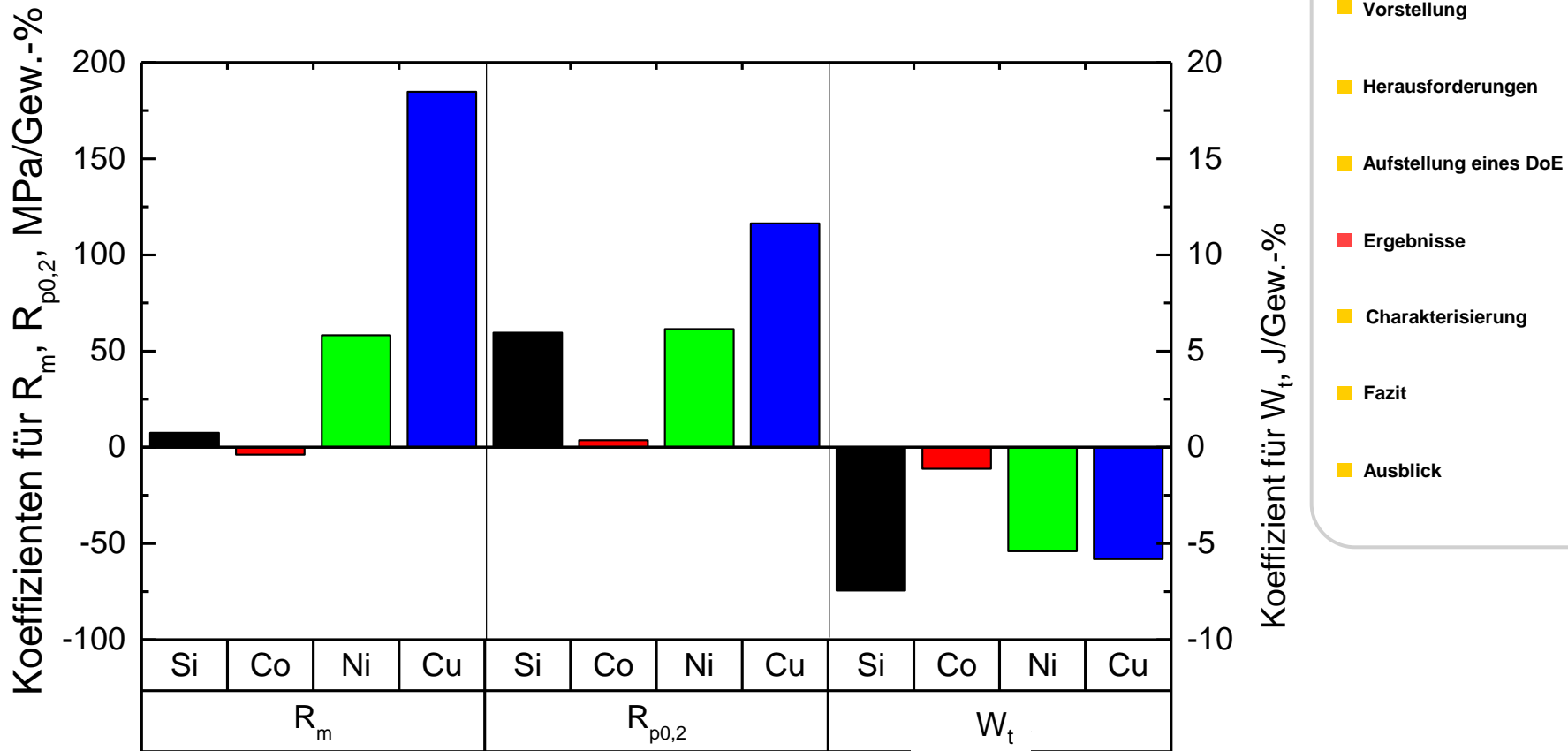
Prozessfeldanalyse der 1. Generation

	GT-N13	EN GJS 400-18 LT	EN GJS 450-18	EN GJS 500-7
R_m	475 MPa	400 MPa	450 MPa	500 MPa
$R_{p0,2}$	283 MPa	240 MPa	350 MPa	320 MPa
A	14,6 %	18 %	18 %	7 %
$W_t (-20^\circ\text{C})$	12 J	12 J	n. a.	n. a.

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Ergebnisse

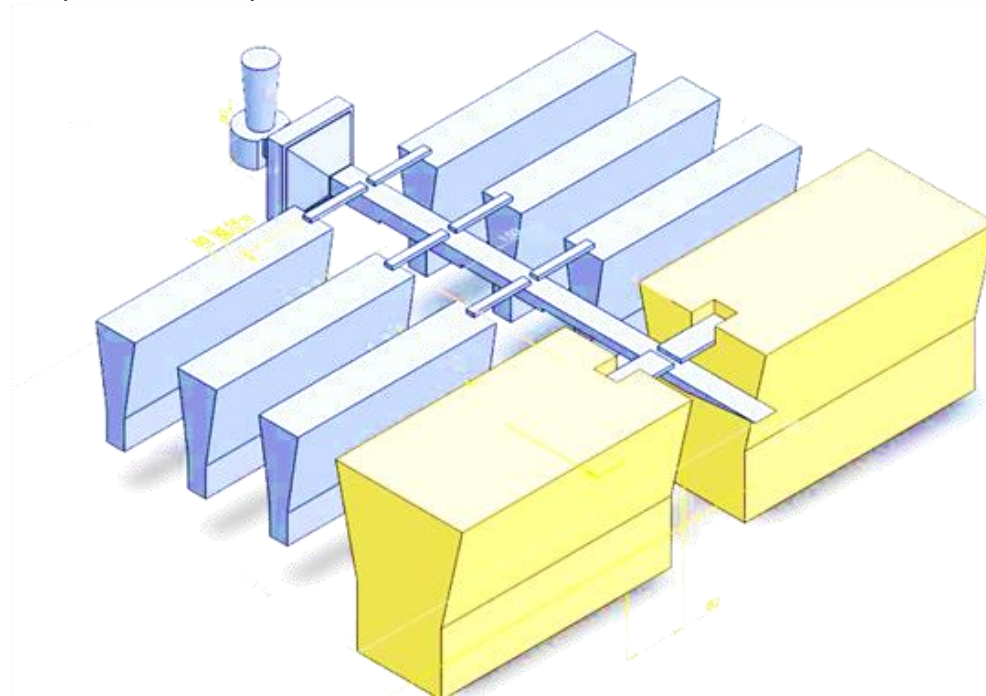
Einflussgrößenanalyse der 1. Generation (linear)



Charakterisierung

Gießsystem

- 2x Y-4 isoliert (therm. Modul ~3 cm)
- 6x Y-2
- 4 Thermoelemente (2xY-2/Y-4)

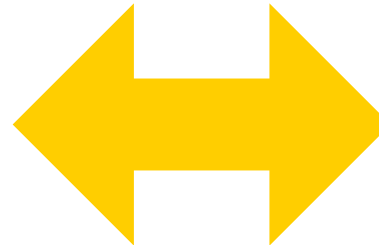


- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Charakterisierung

Nutzung des Optimierungspotentials

- Mechanische Eigenschaften
- Gefügekriterien
- Thermodynamische Faktoren
- ...



DoE Software

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Charakterisierung

Bruchmechanische Analyse

- W_t als alleiniger Zähigkeitsindikator ungeeignet
- Bruchmechanische Analyserichtlinien
 - ASTM 1820
 - BDG P300

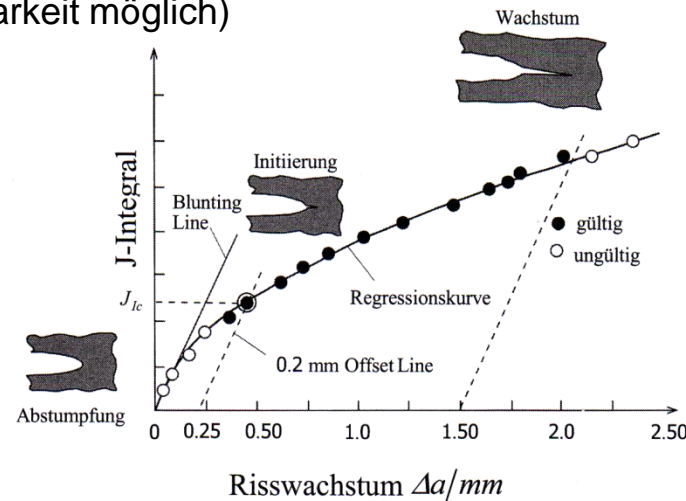
-> Hoher Aufwand

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Charakterisierung

Bruchmechanische Analyse

- Erweiterung des Pendelschlagwerks zur Erfassung des J-Integrals
 - Detaillierte Analyse des Bruchverhaltens
 - Massive Einsparung an Probenmaterial
 - Hohe Prüfkapazitäten
 - Geringe Anlagenkosten (Nachrüstbarkeit möglich)



- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Charakterisierung

Bruchmechanische Analyse

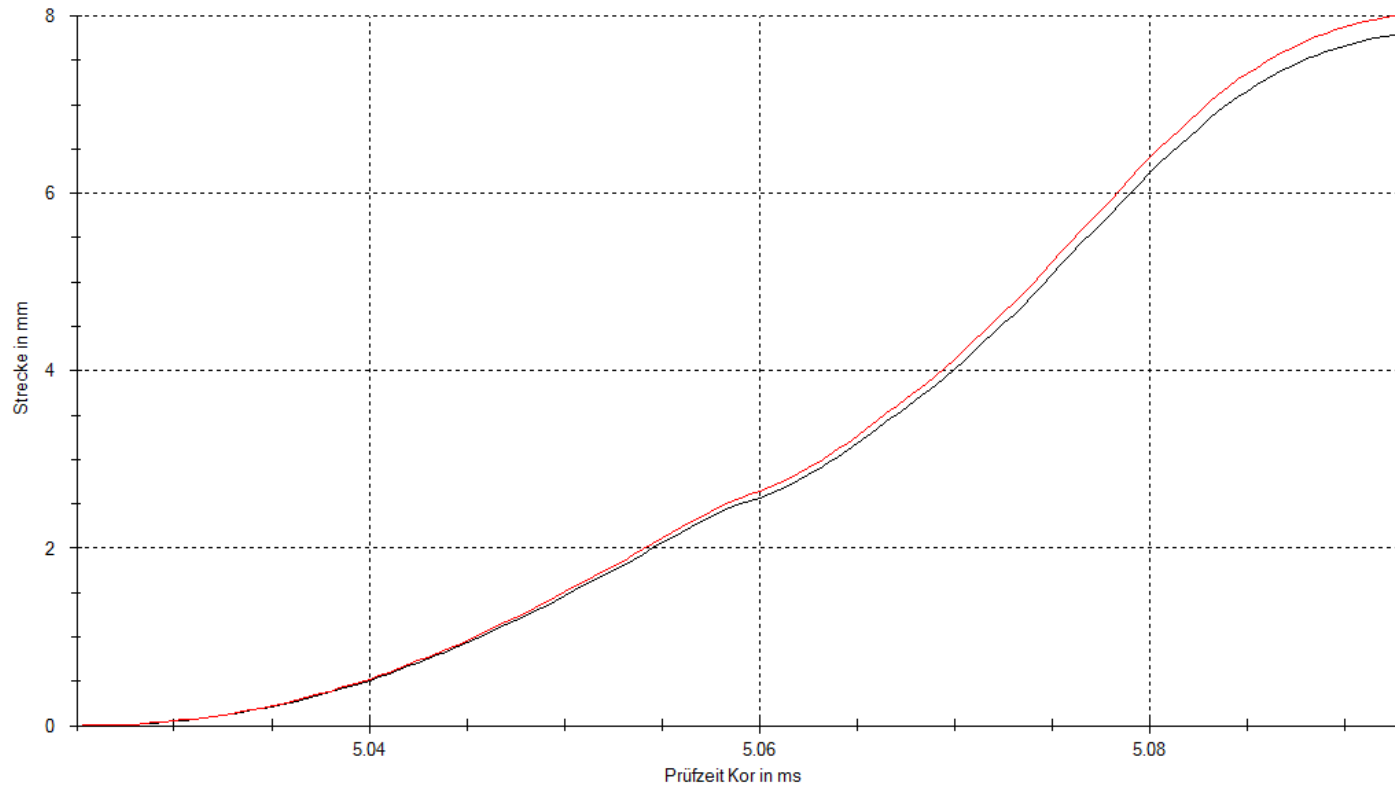
- Erweiterung des Pendelschlagwerks zur Erfassung des J-Integrals
 - Implementierung einer Risslängenmessung
 - Formelle Erfassung der Rissgrundschärfe
 - Kompensation der Belastungsgeschwindigkeit

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Charakterisierung

Bruchmechanische Analyse

Aktueller Stand



- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Fazit

Zusammenfassung

- Fazit eines linear-teilfaktoriellen Screeningversuchs
 - + Darstellung eines Legierungsfensters
 - + Vorhersage über messbare Eigenschaften
 - Unsicherheit durch Linearisierung zwischen Versuchspunkten

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- Ausblick

Ausblick

Die nächsten 6 Monate

- Folgeversuche zur optimalen Substitution der Graphitbildenden Wirkung von Silizium
- Querversuche zur Substitution von Si auf Al-Basis
- Implementierung der Bruchmechanik in die Prozessfeldanalyse
- Validierung des bruchmechanischen Prüfverfahrens

- Vorstellung
- Herausforderungen
- Aufstellung eines DoE
- Ergebnisse
- Charakterisierung
- Fazit
- **Ausblick**

Kontakt:

*jakob.breiner@hs-kempten.de
Tel. 0831-2523/636
Hochschule für angewandte
Wissenschaften Kempten
Bahnhofstr. 61
D-87435 Kempten*

GussTough wird im Rahmen des Förderprogrammes MatRessource aufgrund eines Beschlusses des Bundesministeriums für Bildung und Forschung über den Projektträger Jülich gefördert

Abbildungsverzeichnis

Folie	Abbildungsquelle
3-4	Projektpartner/BMBF
5	TU Clausthal / Wikimedia
6	Eigene Darstellung
7	Eigene Darstellung
8	Eigene Darstellung
9	TU Clausthal
10	Eigene Darstellung basierend auf DIN EN 1563 (Entwurf vom März 2010)
11	TU Clausthal
12	TU Clausthal
15	Blumenauer/Pusch, Technische Bruchmechanik, 3. Auflage, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
17	Auszug aus TestXpert II