



FOSTA-Forschungsvorhaben

**Simulationsgestützte Optimierung des lokalen Werkstoffzustandes
im Bereich zyklisch hochbeanspruchter einsatzgehärteter
Konstruktionsdetails mit Kerbwirkung**

IGF 17779 BR

3. Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses

Weimar, den 09.12.2014

Bauhaus-Universität Weimar
Juniorprofessur Simulation und Experiment



Materialforschungs- und -prüfanstalt an der
Bauhaus-Universität Weimar



Gliederung

- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

Gliederung

1 Vorstellung des Forschungsvorhabens

2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben

 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2

3 Numerische Untersuchungen

 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2

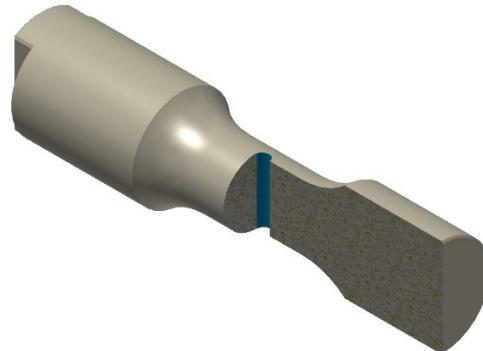
 3.1 Standardeinsatzhärtung AP 4.1

4 Vorträge und Veröffentlichungen

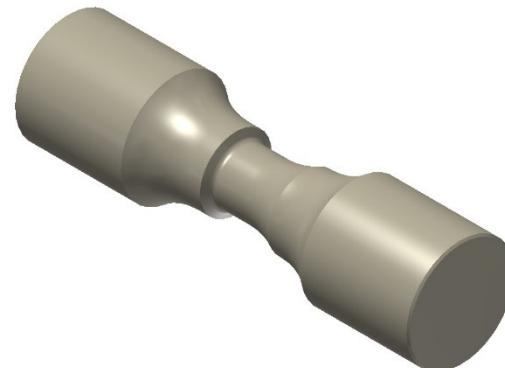
5 Zeitplan

6 Diskussionen und Festlegungen

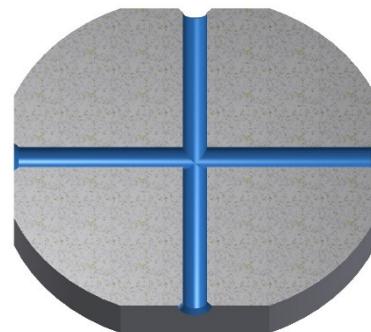
Konstruktionsdetails von Stahlbauteilen



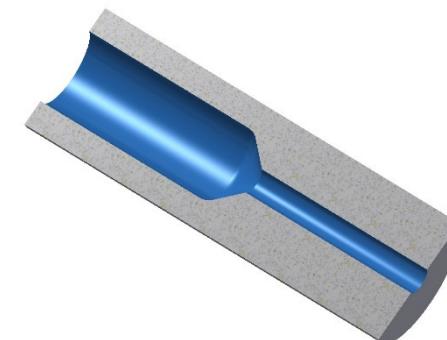
Querbohrung



Wellenabsatz

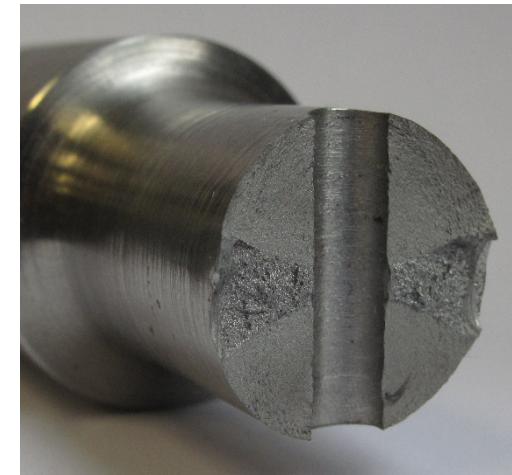
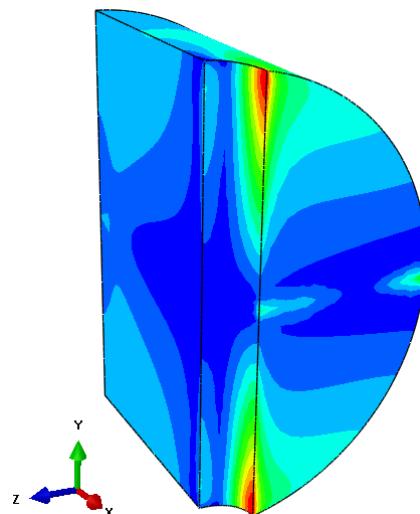
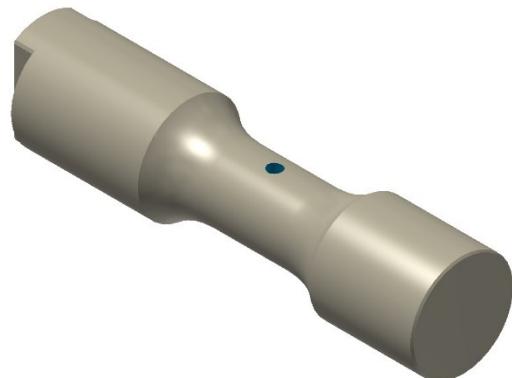


Bohrungsverschneidungen



Abgesetzte Bohrungen

Kerbwirkung infolge äußerer Beanspruchung



Bauteil mit zyklischer Beanspruchung

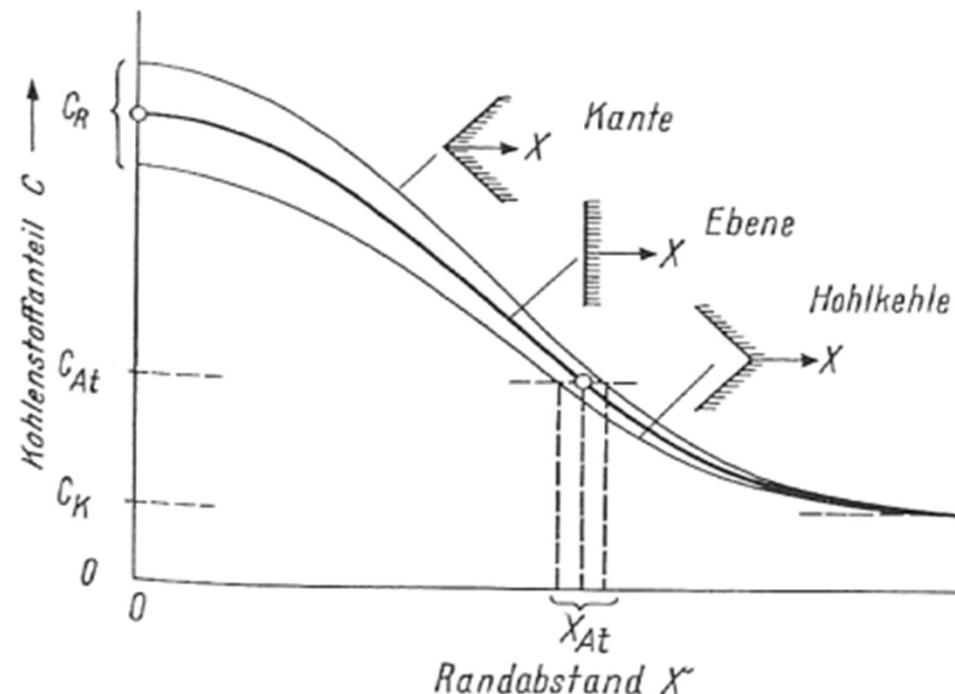
lokale Extremwerte der Spannung, Kerbwirkung

Rissbildung, Risswachstum, Bauteilver sagen

Wirkung von Bauteilkerben während des Aufkohlens

- Gasaufkohlung, zweistufiges Sättigungs-Ausgleichsverfahren

J. WÜNNING, G. LEYENS, G. WOELK: *Gesteuerte Aufkohlung in CO-freien Atmosphären.*
HTM 31 (1976), S. 132 - 135.



⇒ Fazit: Signifikanter Einfluss der Kerbform auf den Aufkohlungsprozess!

Wirkung von Bauteilkerben während des Aufkohlens

Wärmebehandlungsprozess:

- Kohlenstoffaufnahme
- Kohlenstoffdiffusion im Werkstoff
- Wärmeübergang während des Abschreckens

Ergebnis Werkstoffzustand:

- Gefügeausbildung
- Eigenspannungen

⇒ Erreichbare Bauteilfestigkeit?

Ansatz: Aufkohlungsparameter in Abhängigkeit von der Kerbform

⇒ Optimierungspotential

Lösungsweg

- Untersuchung von verschiedenen Einsatzgehärteten Modellbauteilproben im Dauerfestigkeitsbereich
 - Modifizierung technologische Parameter Einsatzhärteprozess
 - Identifikation festigkeitsrelevanter Bauteilbereich durch FE-Analyse
 - Simulation des Einsatzhärtens in Kopplung mit Optimierungssolvern
-
- ⇒ **Ziel I: Lokale Maximierung der Werkstofffestigkeiten und (Druck) Eigenspannungen**
- ⇒ **Ziel II: Verbesserung der Prozesseffizienz des Einsatzhärtungsverfahrens**

Experimentelles Untersuchungsprogramm

Übersicht Versuchsvarianten

⇒ Experiment: Dauerfestigkeit, R=-1, N_G=5x10⁶

Modellbauteil	Einsatzhärtung	Werkstoff
Welle mit Querbohrung	Gasaufkohlung mit Ölabschreckung Standard / modifiziert	20MnCrB5 18CrNiMo7-6
Welle mit Absatz	Niederdruckaufkohlung mit Hochdruckgasabschreckung Standard / modifiziert	20MnCrB5 18CrNiMo7-6

Analytisches Untersuchungsprogramm

- Simulation einer modifizierten Einsatzhärtung

Übersicht technologische Parameter

Einsatzhärtungsverfahren	Parameter	Variation
Gasaufkohlung mit Ölabschreckung	Aufkohlungstemperatur Anzahl und Länge der Aufkohlungszyklen C-Gehalt der Aufkohlungszyklen Härtetemperatur Temperatur des Öl-Abschreckmediums Anlasstemperatur	- X X - - -
Niederdruckaufkohlung mit Hochdruckgasabschreckung	Aufkohlungstemperatur Anzahl und Länge der Aufkohlungszyklen Anzahl und Länge der Diffusionszyklen Härtetemperatur Gas-Abschreckmedium Druck des Gas-Abschreckmediums Anlasstemperatur	- X X - X X -

Gliederung

- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

Standardparameter Einsatzhärten (PbA 14.06.2013)

- Aufkohlungstemperatur: 900 °C – 960 °C → Soll: 960 °C
- Härtetemperatur: 840 °C – 870 °C → Soll: 860 °C
- bei Ölabschreckung Öltemperatur: 50 – 150 °C → Soll: 60 °C
- Anlasstemperatur: 150 °C – 180 °C → Soll: 160 °C (2 h)
- Randkohlenstoff: 0,6 % - 0,8 % → Soll: 0,7 %
- CHD: 0,56 mm – 0,80 mm
- Grenzhärte: 550 HV; 610 HV (ZF)
- Versuchsproben sollen direkt gehärtet werden

Übersicht Standardeinsatzhärtung

- Niederdruckaufkohlung Welle mit Absatz
 - 20MnCrB5, 18CrNiMo7-6
 - Aufkohlungstemperatur 960°C - Äthin, Härtetemperatur 860 °C

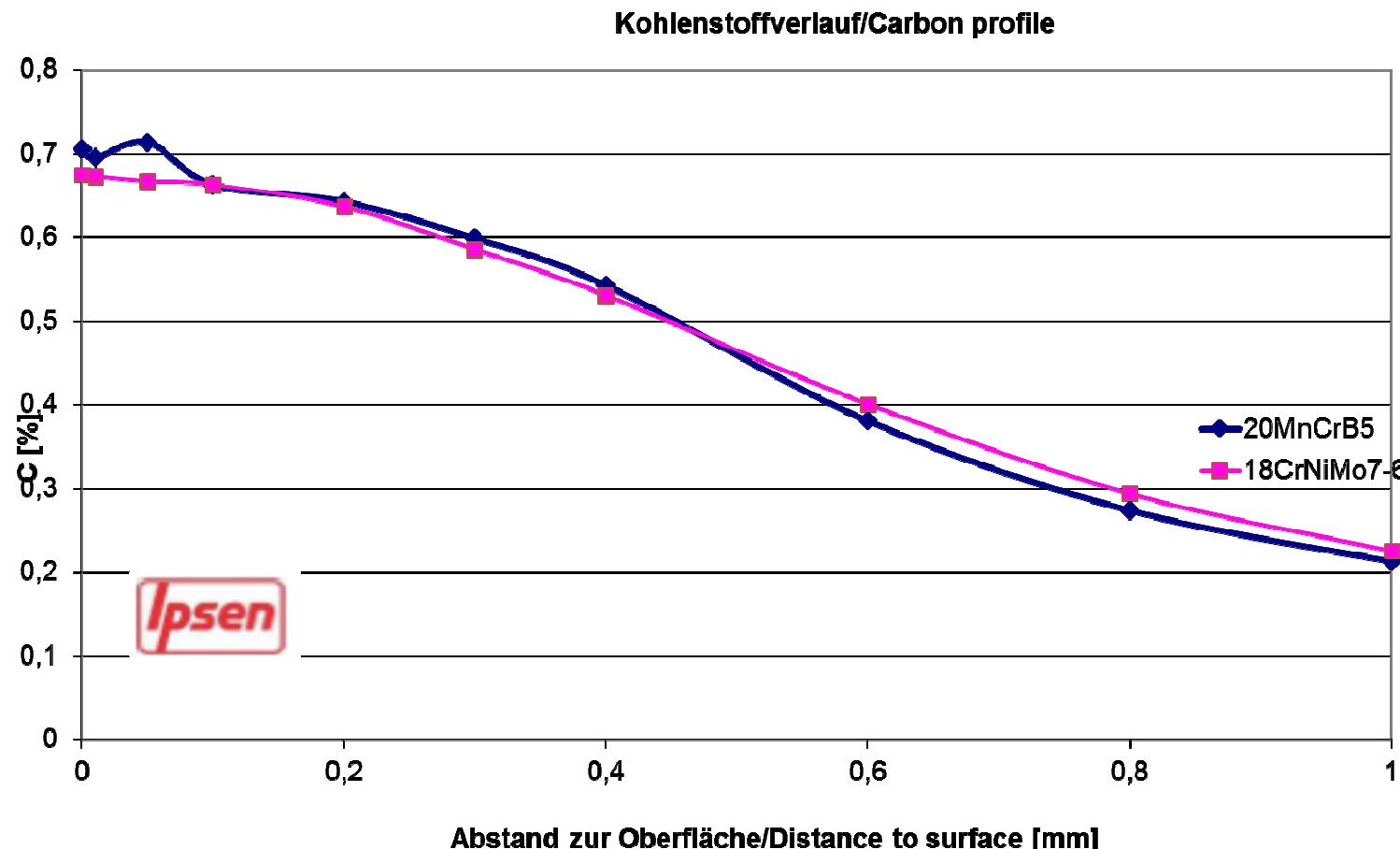
Zyklus	1	2	3	4	Abkühlung Härtetemperatur	Halten Härte- temperatur	Abschrecken	Anlassen
Aufkohlung [min]	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-	12 bar N ₂	160° C 2 h
Diffusion [min]	10,0	20	35,0	40	10,0	-		

- Gasaufkohlung Welle mit Absatz
 - 20MnCrB5, 18CrNiMo7-6
 - Aufkohlungstemperatur 960°C, Härtetemperatur 860 °C

C-Pegel	1	2	3	Abkühlung Härtetemperatur	Halten Härte- temperatur	Abschrecken	Anlassen
C [%] Zeit	0,97 140 min	1,18 30 min	0,73 30 min	0,73 50 min	0,73 60 min	Öl (60°C)	160° C 2 h

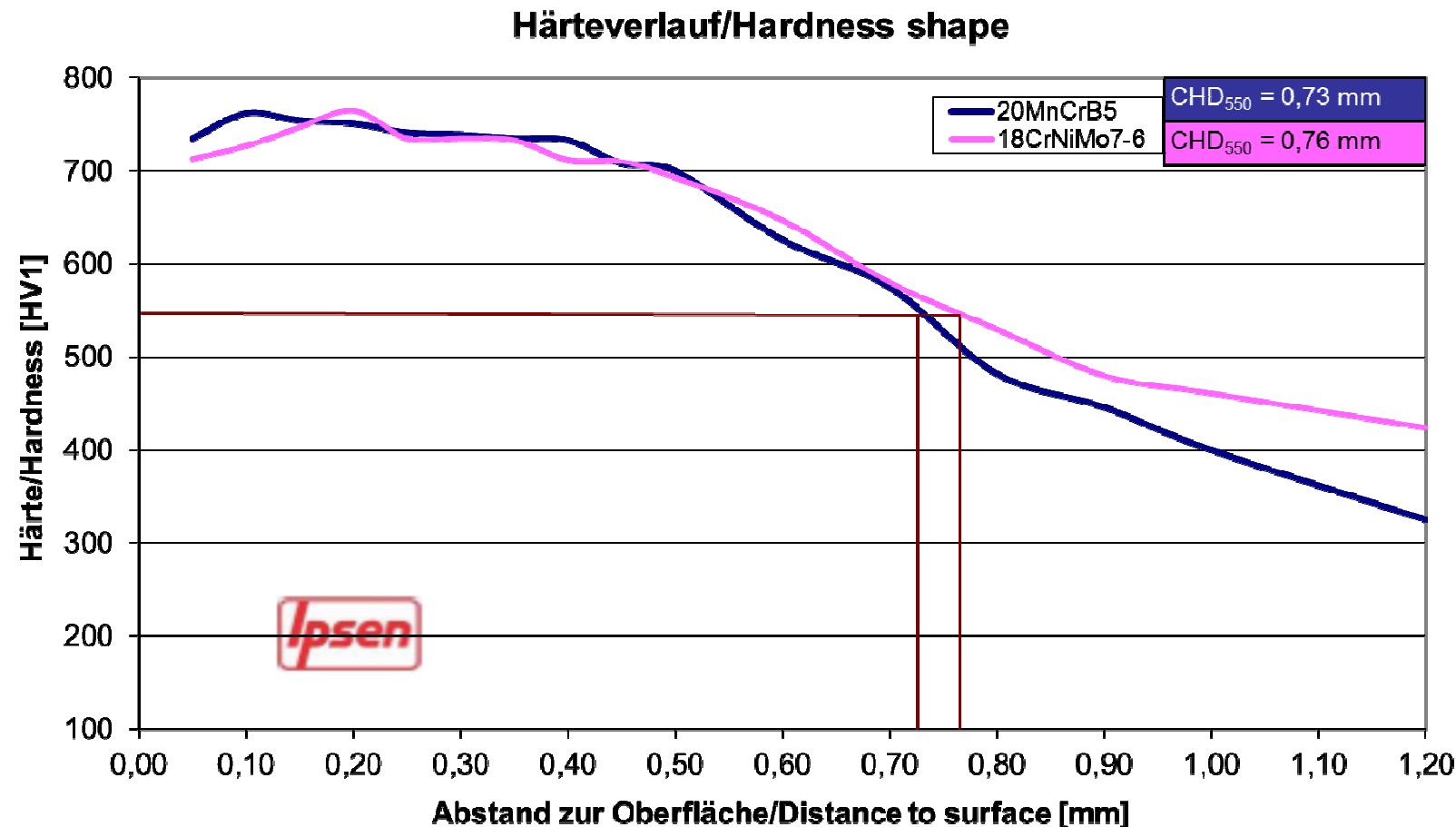
Standardeinsatzhärtung, Ergebnisse Flachproben

- Niederdruckaufkohlung Welle mit Absatz



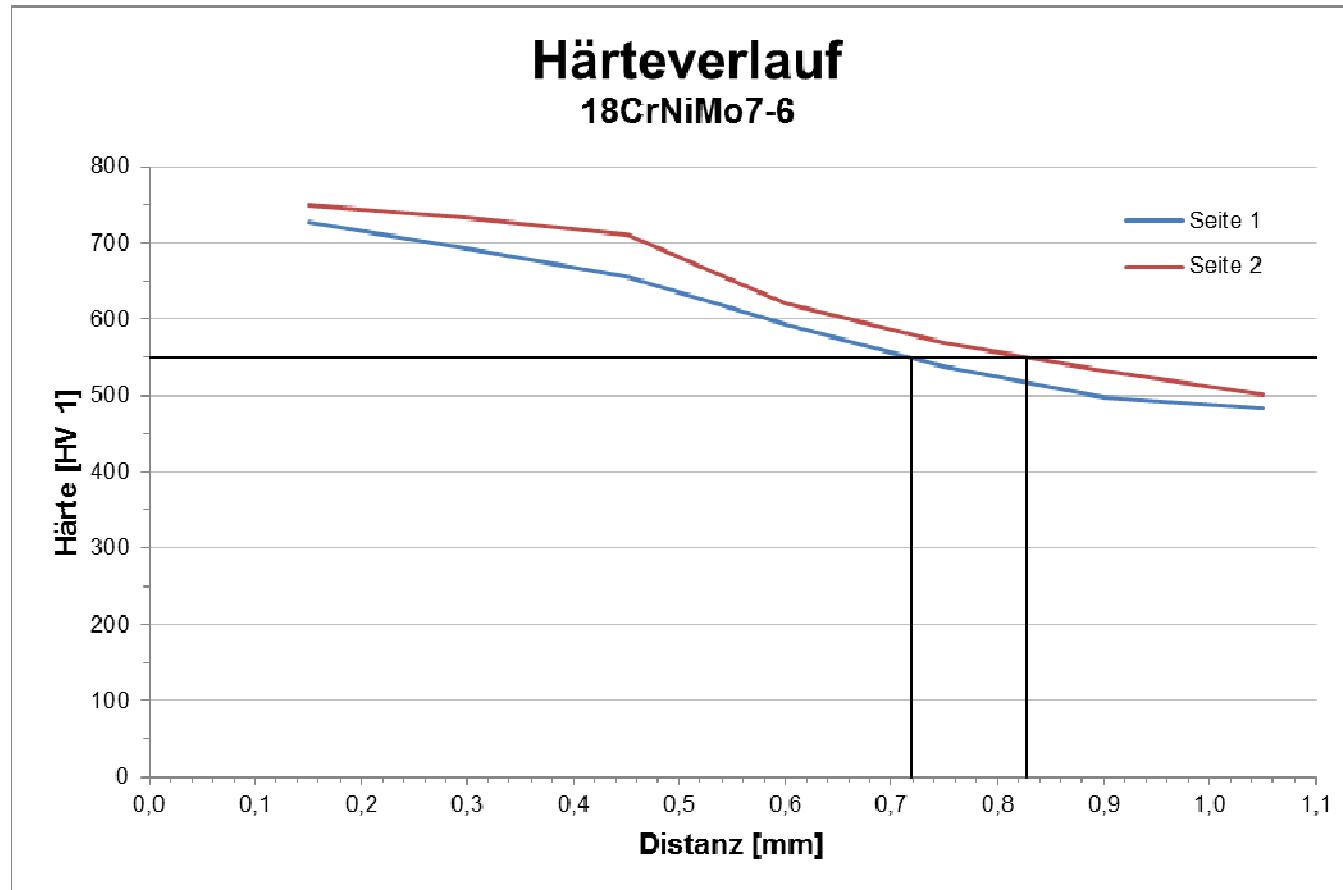
Standardeinsatzhärtung, Ergebnisse Flachproben

- Niederdruckaufkohlung Welle mit Absatz



Standardeinsatzhärtung, Ergebnisse Flachproben

- Gasaufkohlung Welle mit Querbohrung



Gliederung

- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

Methodische Vorgehensweise

- Basis: Kopplung FEA / Optimierungssolver

Methodische Vorgehensweise

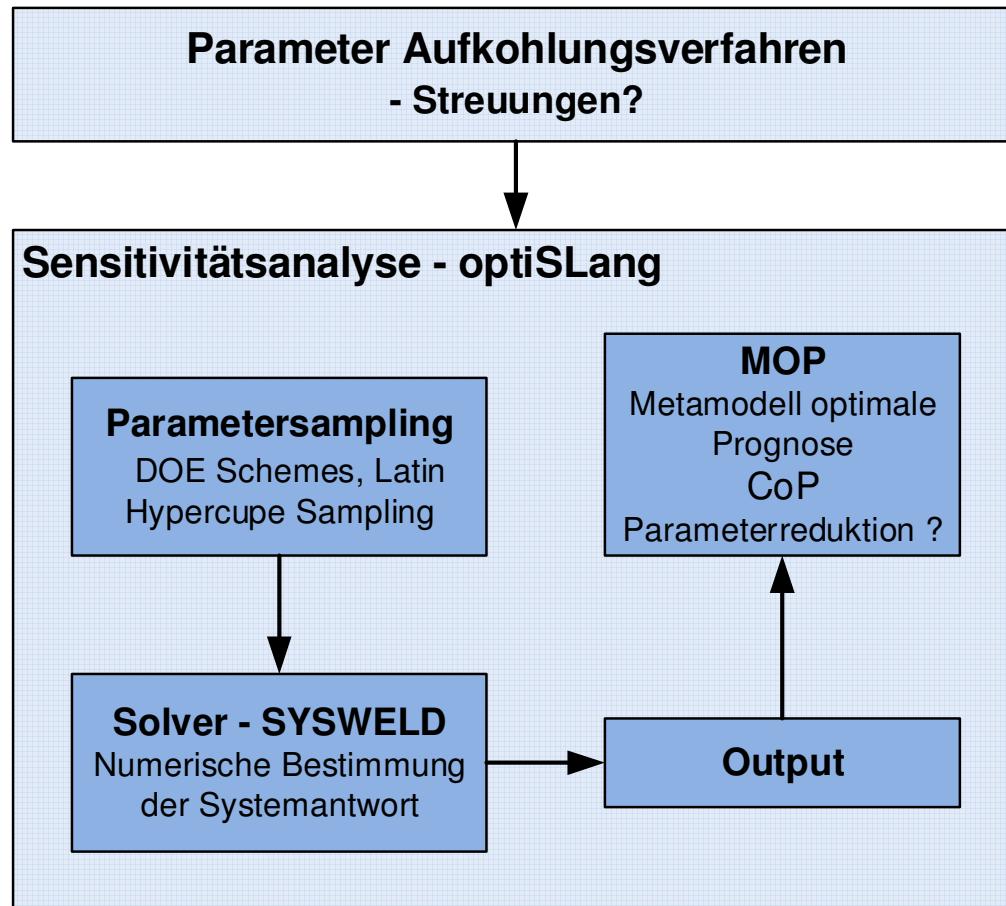
- Basis: Kopplung FEA / Optimierungssolver

Parameter Aufkohlungsverfahren

- Streuungen?

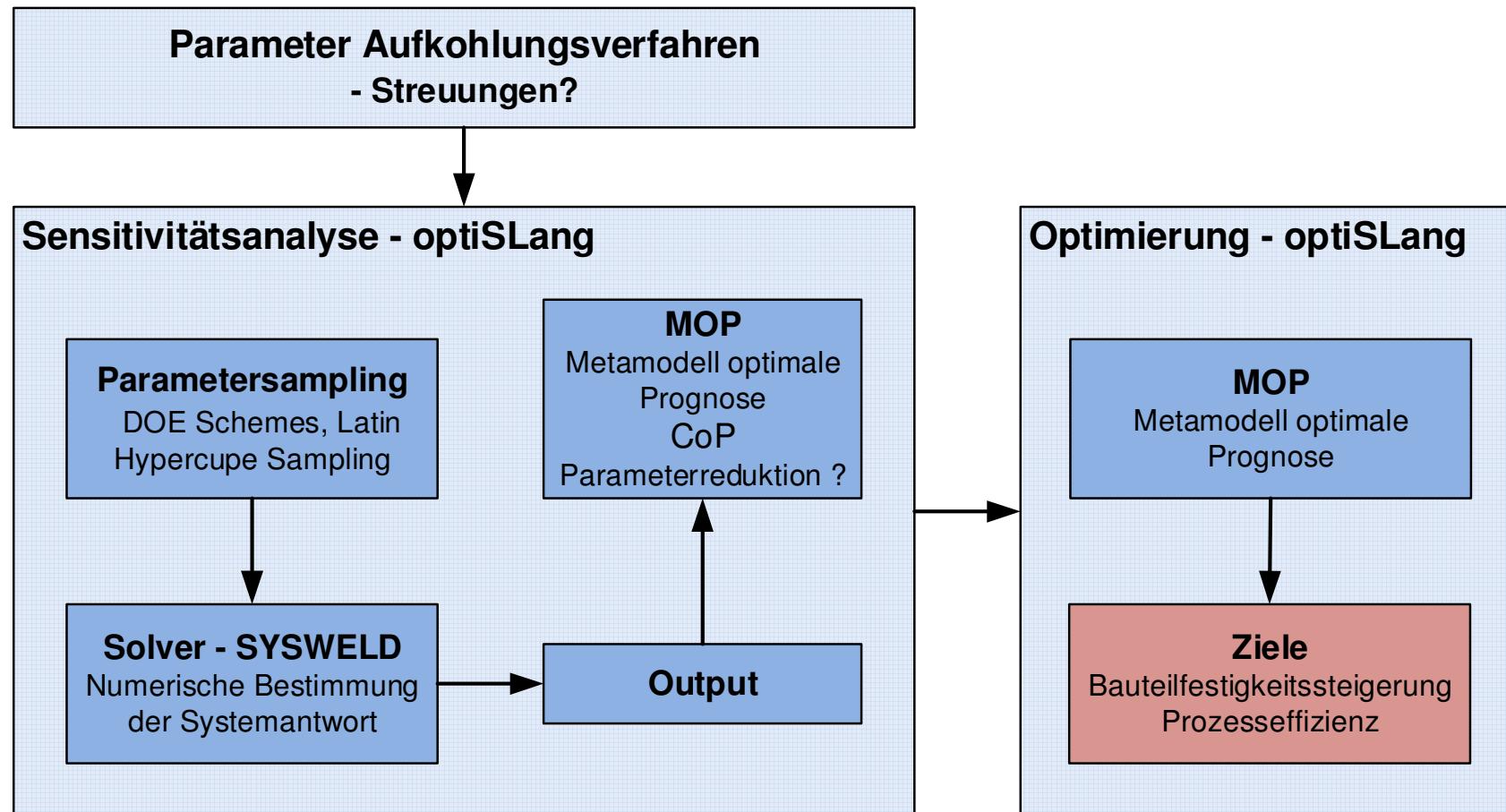
Methodische Vorgehensweise

- Basis: Kopplung FEA / Optimierungssolver



Methodische Vorgehensweise

- Basis: Kopplung FEA / Optimierungssolver



Kopplung FEA / Optimierungssolver

- Implementation von SYSWELD in optiSLang
 - keine GUI-Anbindung, Batch-Modus
 - textbasierte Ausgabe von SYSWELD-Ergebnissen
 - Erstellung von SIL-Scripten
 - C-Konzentration, Anlasshärte, Eigenspannungen (Knotenwerte)

Gasaufkohlungsprozess

- Werkstoff 20MnCrB5 (ZF-Qualität)¹

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Al	V	N
0,180	1,240	0,310	0,110	1,330	0,060	0,026	0,001	0,036

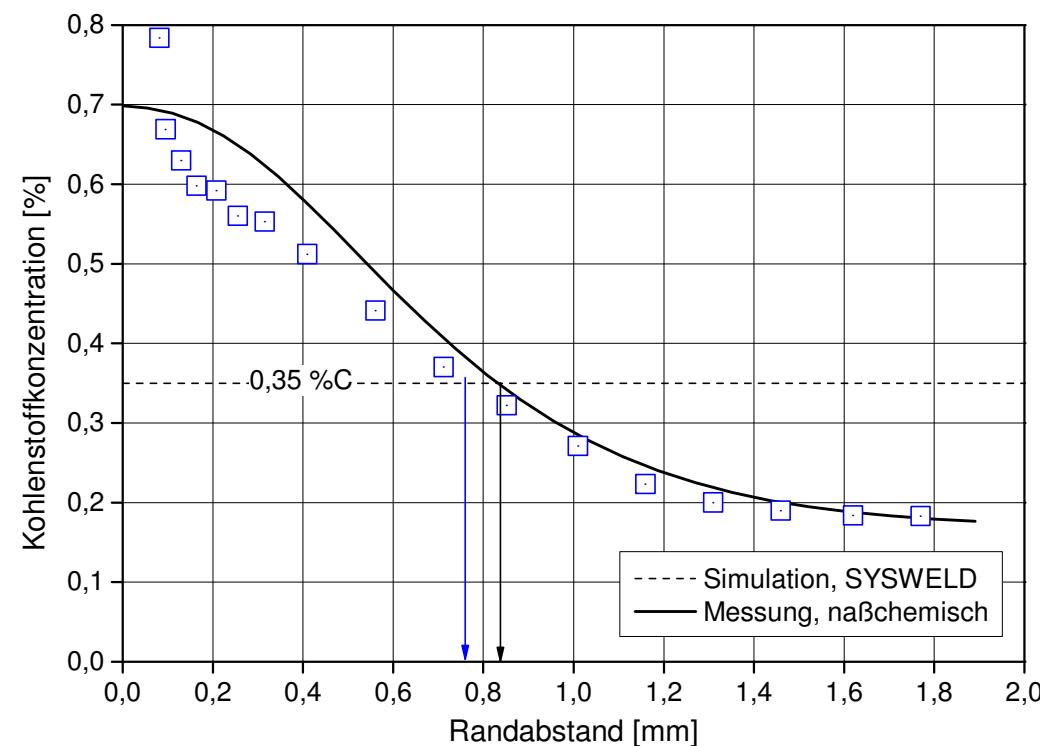
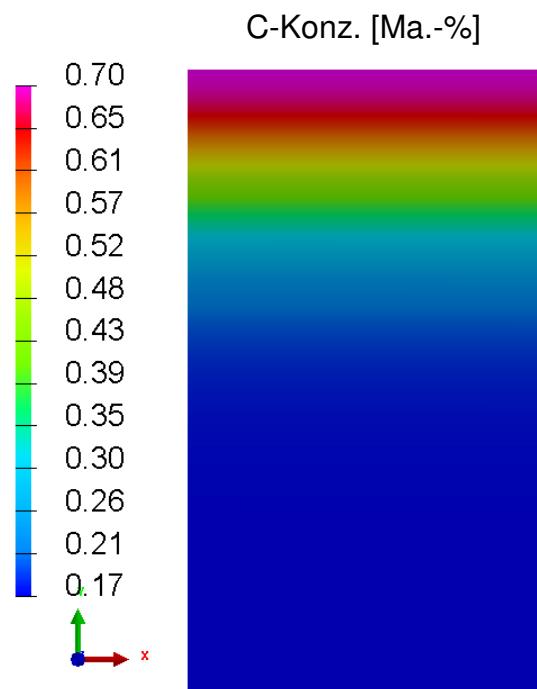
- Aufkohlungstemperatur: 930 °C, Härtetemperatur: 850 °C¹

C-Pegel	1	2	3	Halten Härtetemperatur	Abschrecken
C [%] Zeit	0,7 40 min	1,15 3 h 40 min	0,7 20 min	0,7 40 min	Öl (110 °C)

1: Bruder, T., Beitrag zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit Einsatzgehärteter Bauteile. 1999, Dissertation Technische Universität Darmstadt.

Gasaufkohlungsprozess

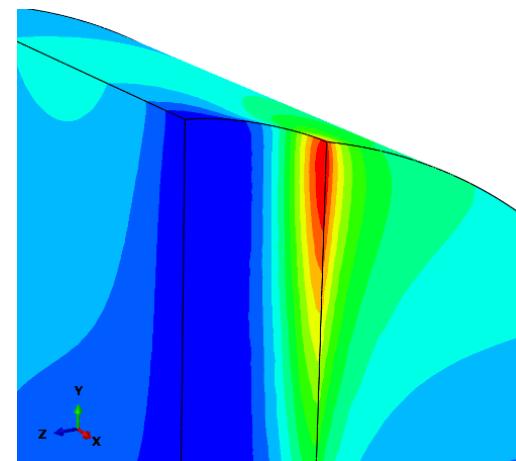
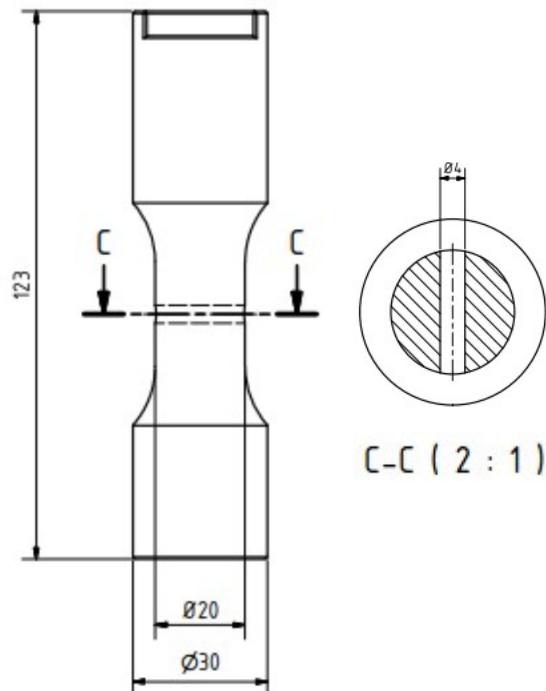
- Flachprobe: Ergebnisse Simulation SYSWELD vs. Messung
 - 20MnCrB5 (ZF-Qualität)¹; $\vartheta_{\text{Aufkohlung}} = 930 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\vartheta_{\text{Härte}} = 850 \text{ }^{\circ}\text{C}$



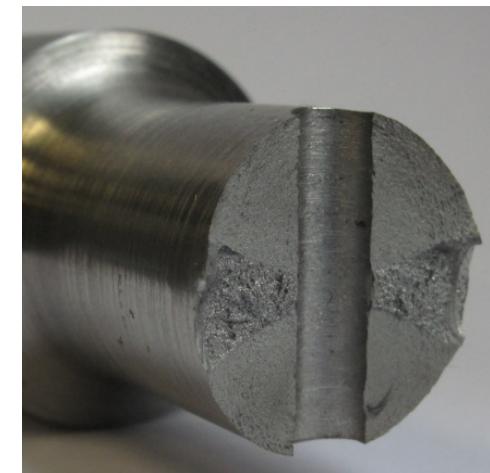
1: Bruder, T., Beitrag zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit Einsatzgehärteter Bauteile. 1999, Dissertation Technische Universität Darmstadt.

Gasaufkohlungsprozess

- Anwendung auf Welle mit Querbohrung
 - 20MnCrB5 (ZF-Qualität)¹; $\vartheta_{\text{Aufkohlung}} = 930 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\vartheta_{\text{Härte}} = 850 \text{ }^{\circ}\text{C}$



Beanspruchungszustand
(rot – Maximalspannung)

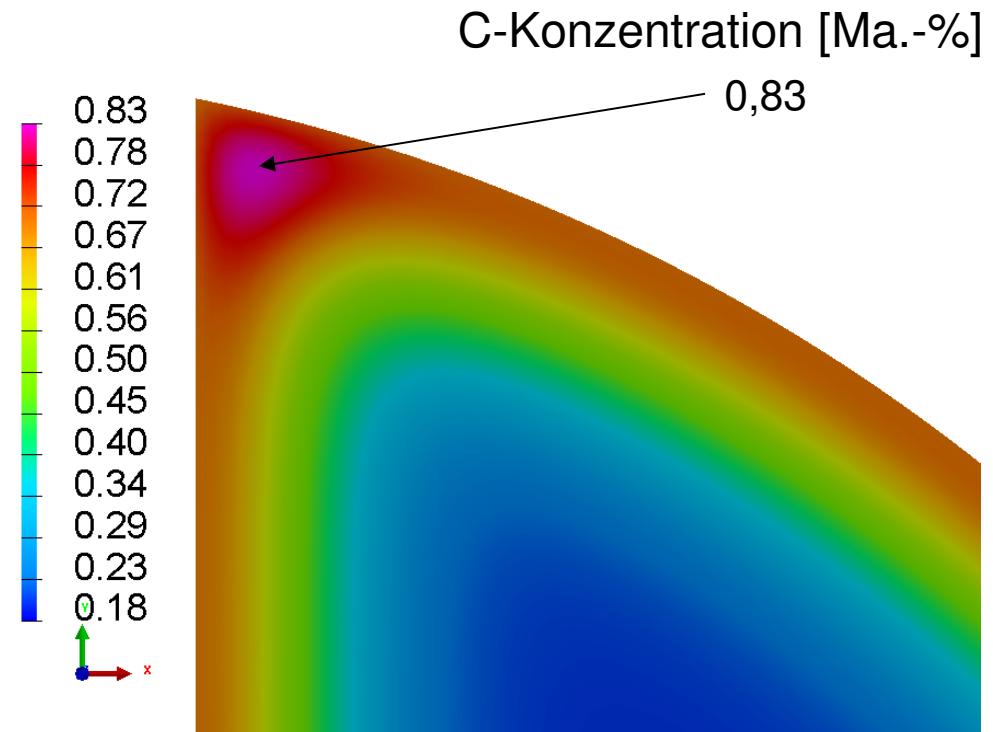
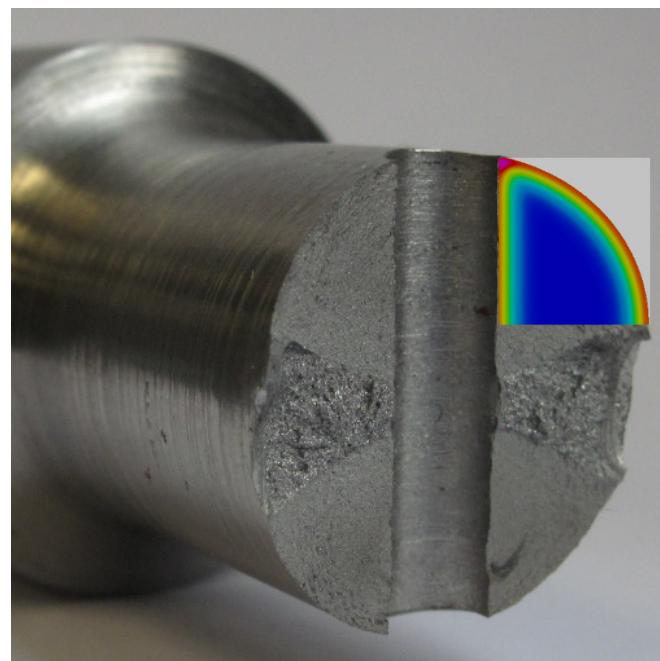


Bauteilversagen
(Biegebeanspruchung)

1: Bruder, T., Beitrag zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit Einsatzgehärteter Bauteile. 1999, Dissertation Technische Universität Darmstadt.

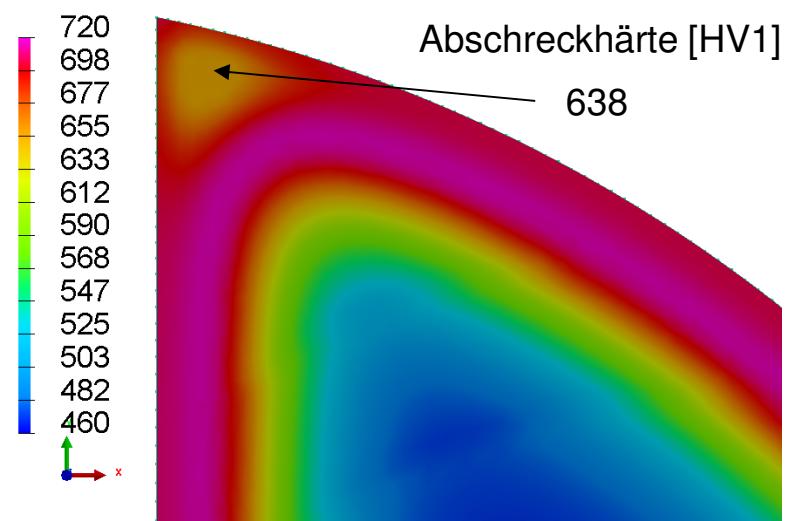
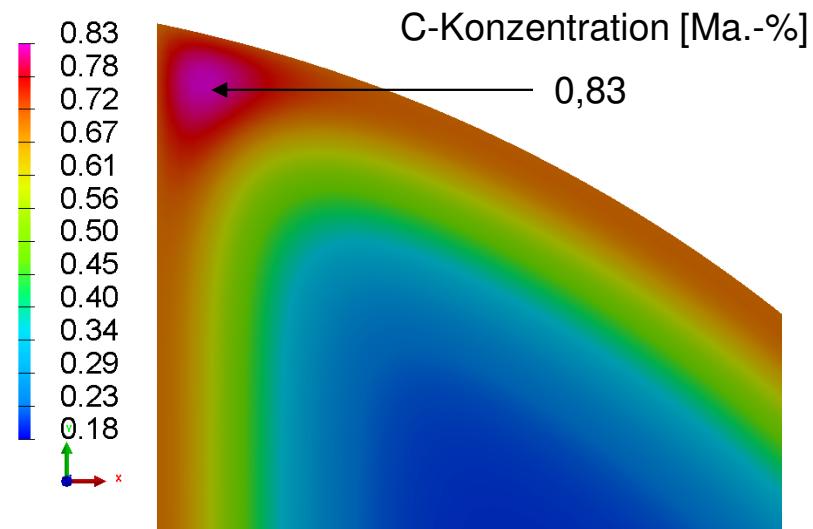
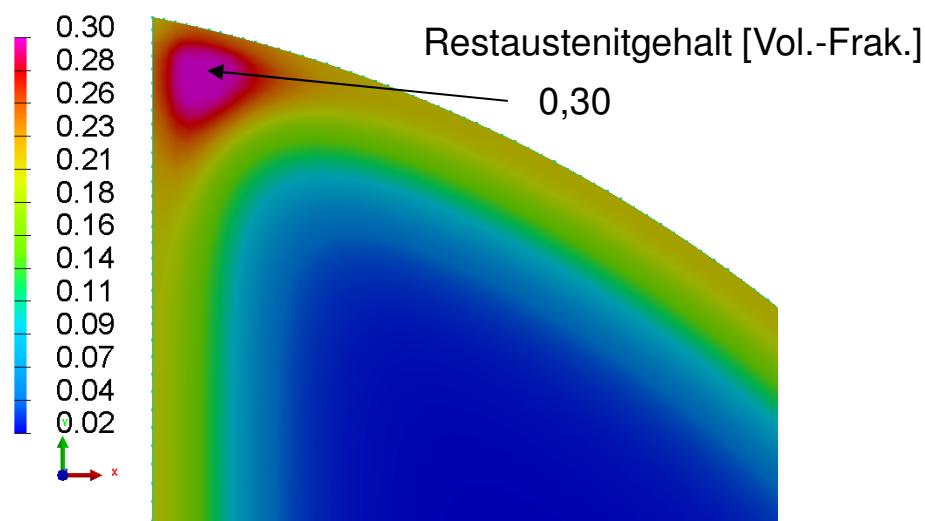
Ergebnisse FE-Simulation SYSWELD

- Werkstoff 20MnCrB5
- Simulationsergebnisse nicht optimierte Variante (NOV)



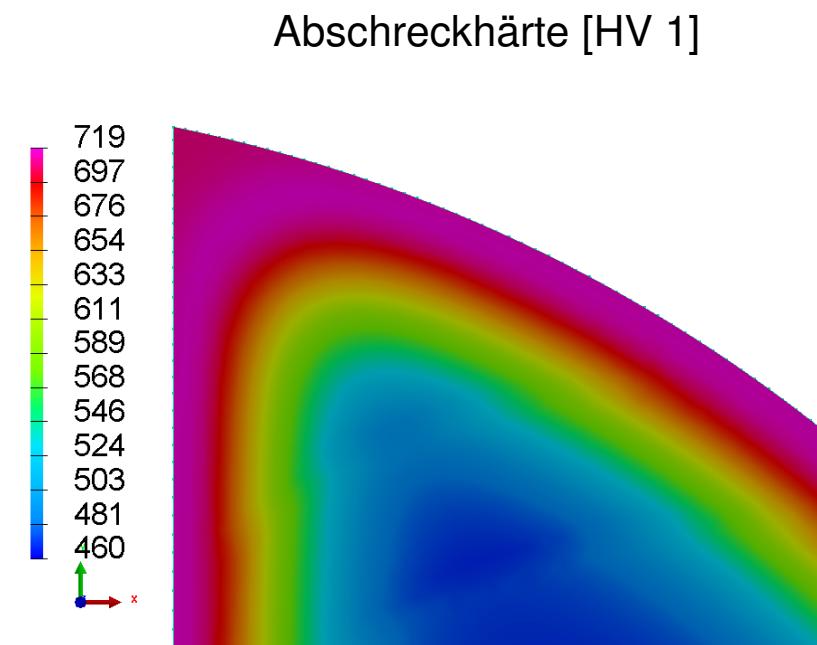
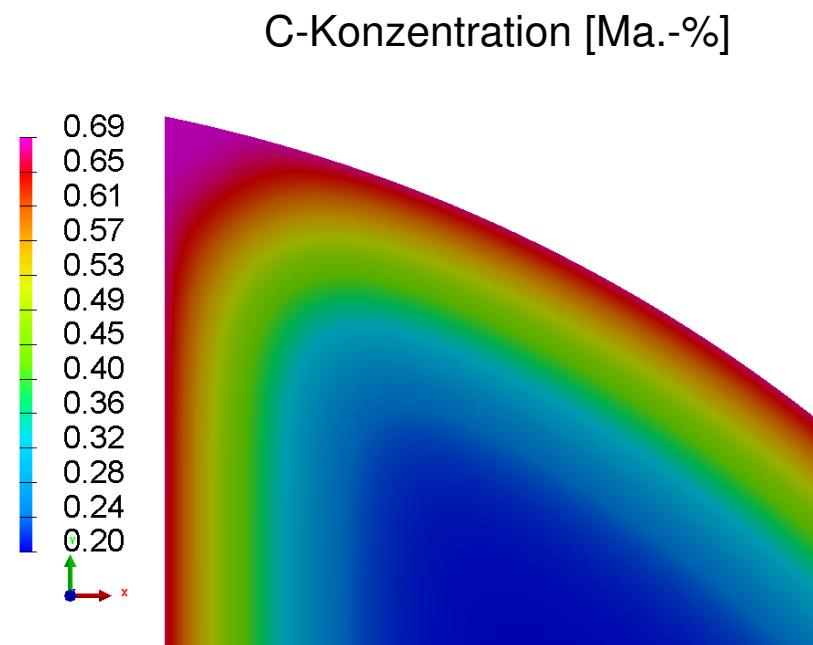
Ergebnisse FE-Simulation SYSWELD

- Werkstoff 20MnCrB5
- Simulationsergebnisse nicht optimierte Variante (NOV)



Ergebnisse optimierter Aufkohlungsprozess

- Werkstoff 20MnCrB5
- Simulationsergebnisse Best Design, Optimierte Variante (OV), SYSWELD - OptiSlang



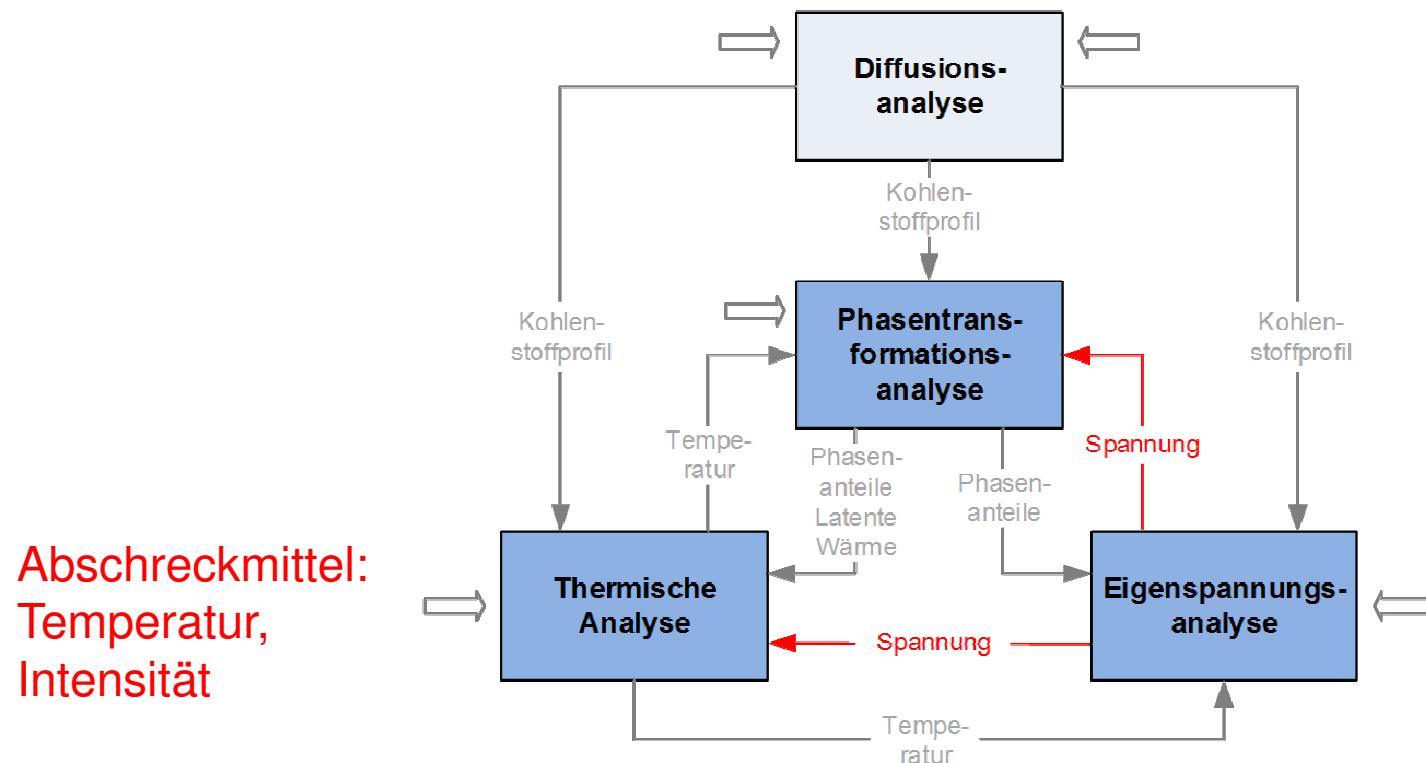
Ergebnisse optimierter Aufkohlungsprozess

- Werkstoff 20MnCrB5
- Simulationsergebnisse Best Design, Bereich Querbohrung
 - Variantenvergleich

Kriterium	nicht optimierte Variante (NOV), SYSWELD	optimierte Variante (OV), OptiSlang- SYSWELD	Unterschied (Bezug NOV)
max. C-Konz.	0,83 Ma.-%	0,69 Ma.-%	- 17 %
max. RAG	30,0 Vol.-%	19,0 Vol.-%	- 37 %
max. Härte	638 HV 1	719 HV 1	+ 13 %
Gesamtprozesszeit	20.400 s	18.500 s	- 10 %

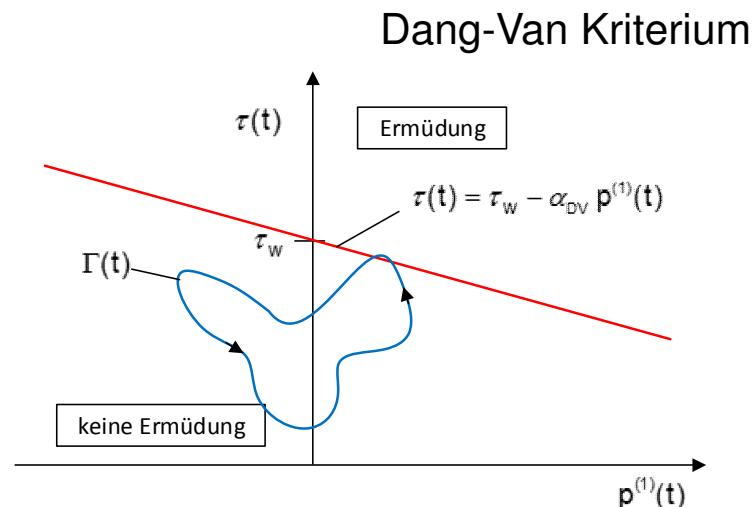
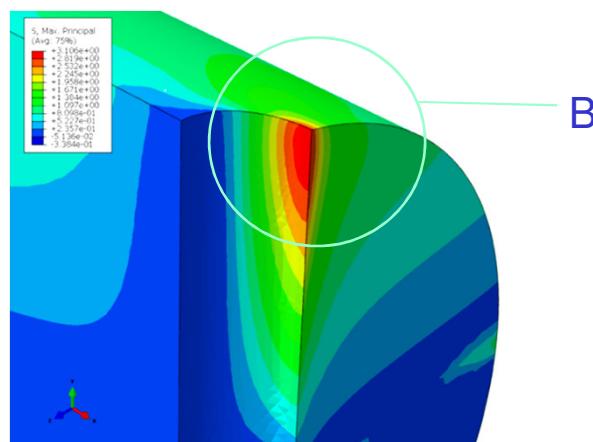
Erweiterungen Optimierung

- Parametrisierung, gesamter Einsatzhärtungsprozess (abgeschlossen)



Erweiterungen Optimierung

- Zielfunktion Optimierung (in Arbeit)
 - Berücksichtigung Bauteilbeanspruchungszustand (B)



- Minimierung örtlicher Auslastungsgrad: $\eta^{(i)} = \frac{\sigma_{v,DV}^{(i)}}{\tau_w^{(i)}} \Big|_B \rightarrow MIN$
- Ergebnisaustausch Beanspruchungsanalyse - Optimierung Einsatzhärtungsprozess

Gliederung

1 Vorstellung des Forschungsvorhabens

2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben

 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2

3 Numerische Untersuchungen

 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2

 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1

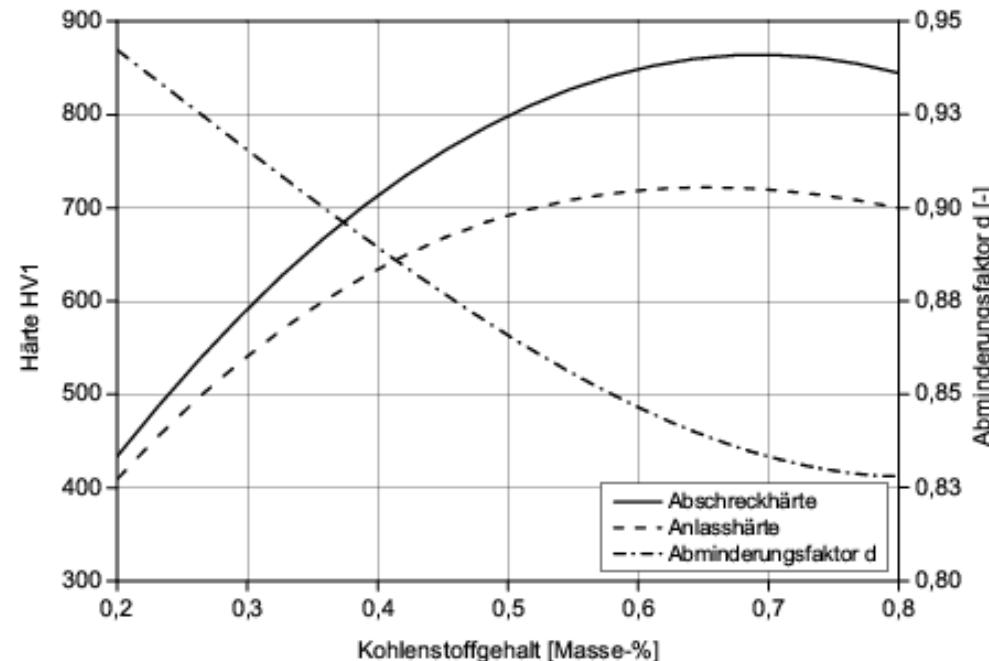
4 Vorträge und Veröffentlichungen

5 Zeitplan

6 Diskussionen und Festlegungen

Notwendige Erweiterung SYSWELD

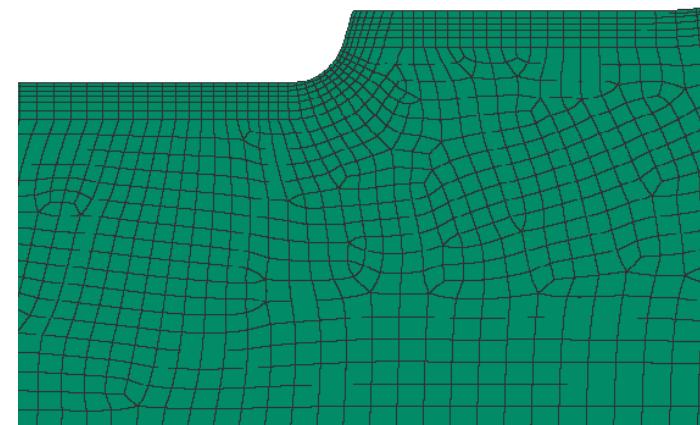
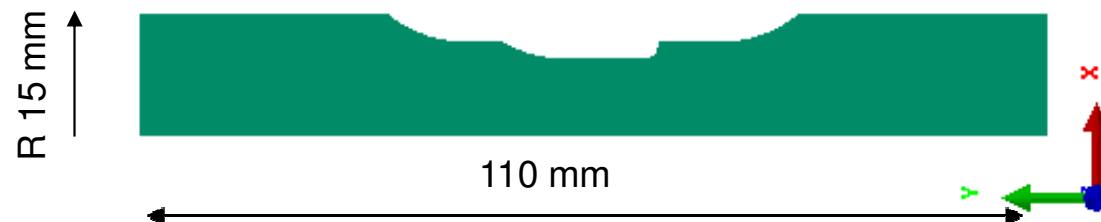
- Härte angelassener Martensit
 - SIL-Script



$$HV_{Mart,t} = HV_{Mart,q} \cdot d$$

Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Axialsymmetrische FE-Modellierung

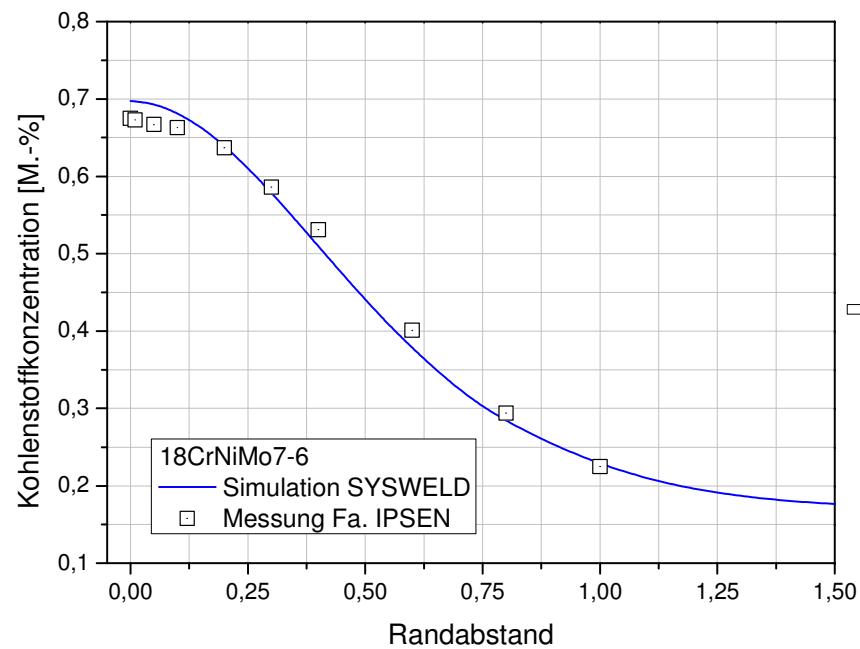
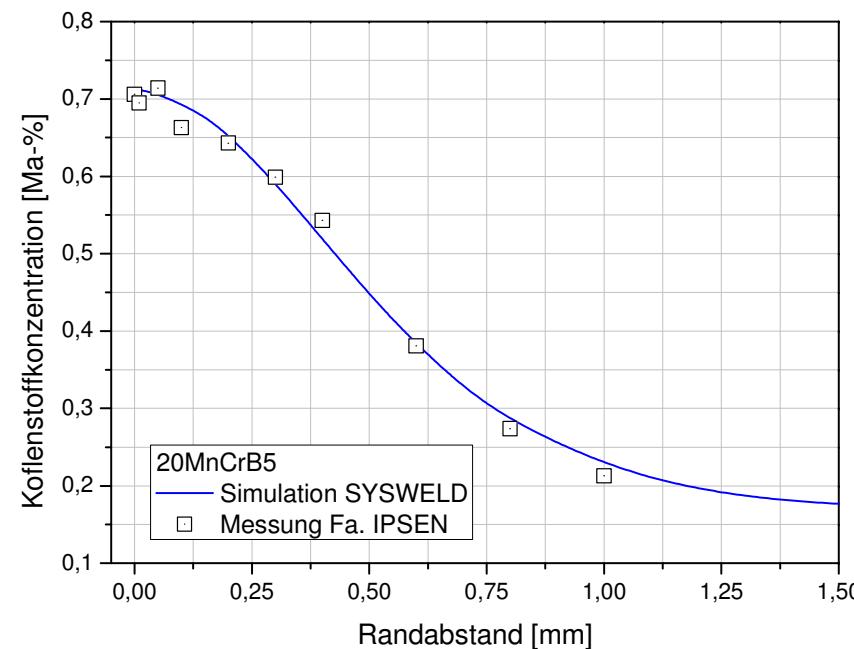


FE-Netz mit
Randlayer



Einsatzhärtung Welle mit Absatz

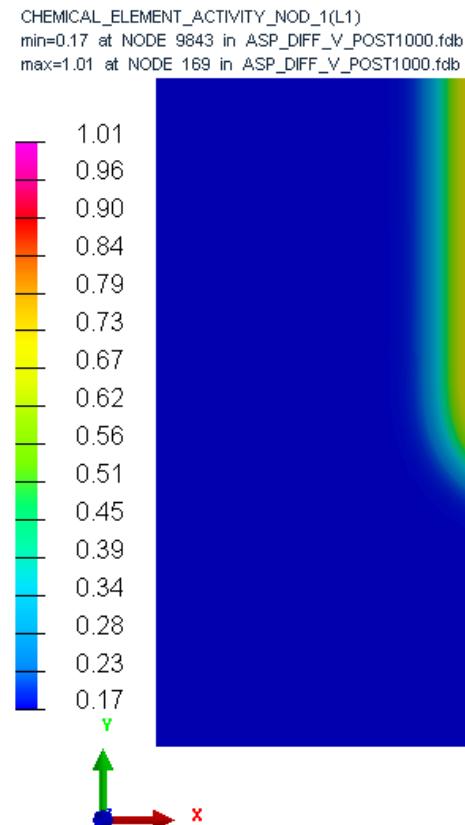
- Kohlenstoffkonzentration am Ende des Aufkohlens



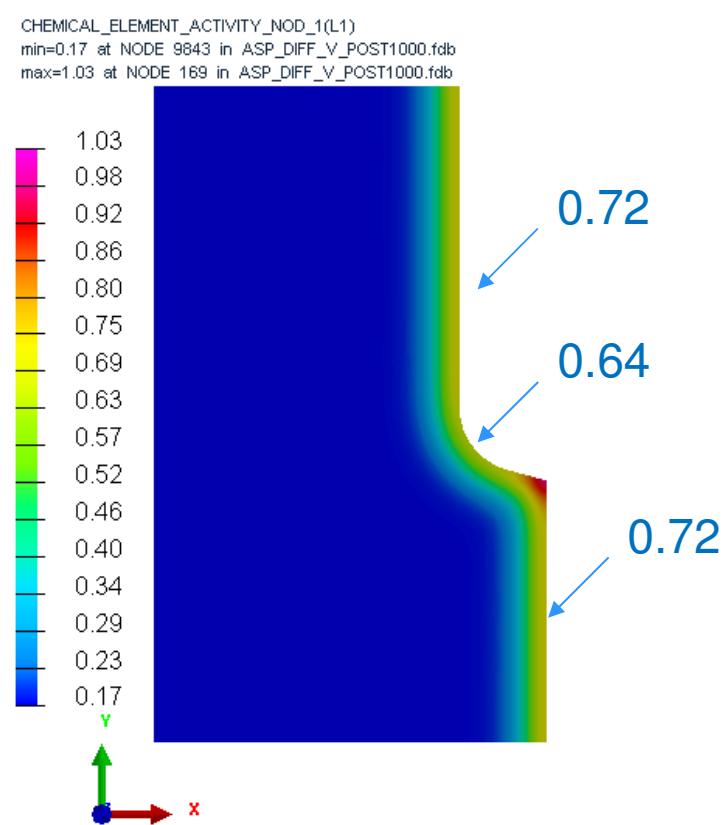
Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Kohlenstoffkonzentration am Ende des Aufkohlens [Ma.-%]

18CrNiMo7-6



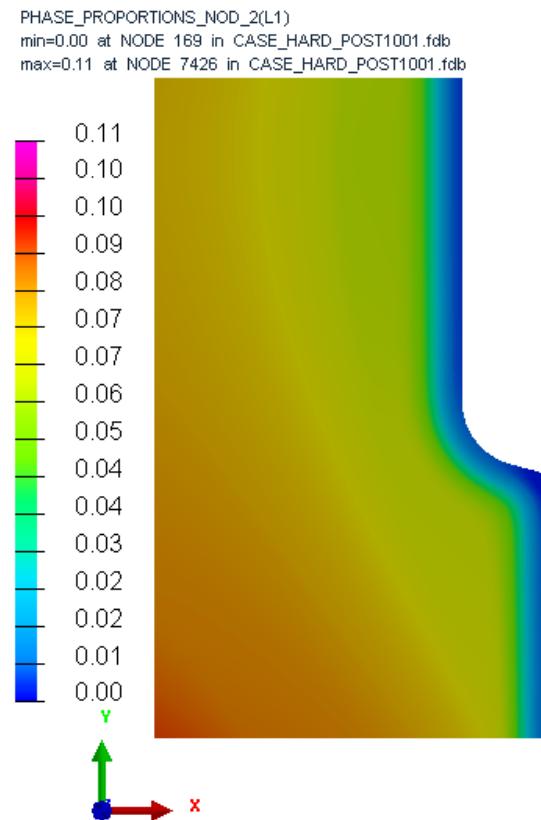
20MnCrB5



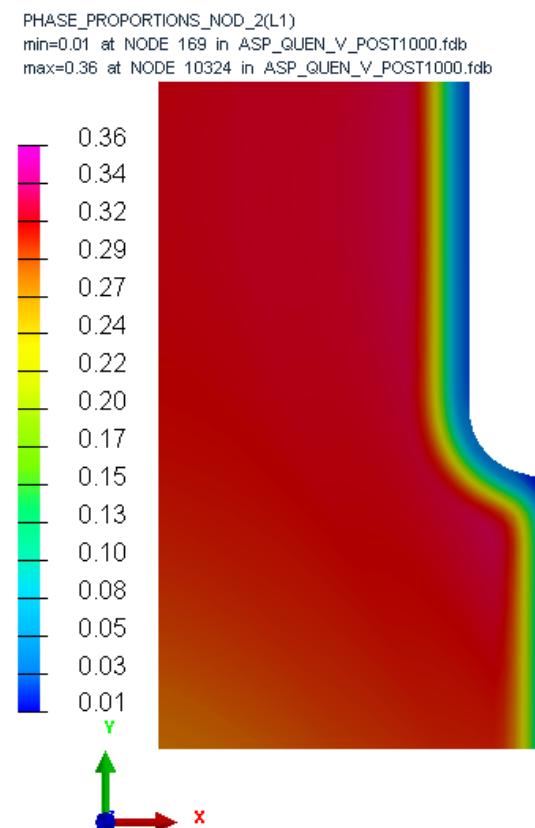
Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Gefügezusammensetzung - Volumenfraktion Bainit

18CrNiMo7-6



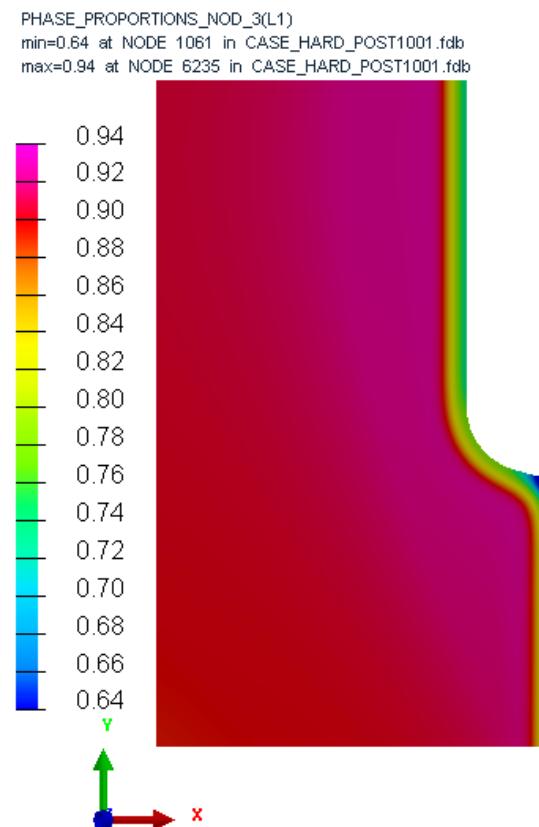
20MnCrB5



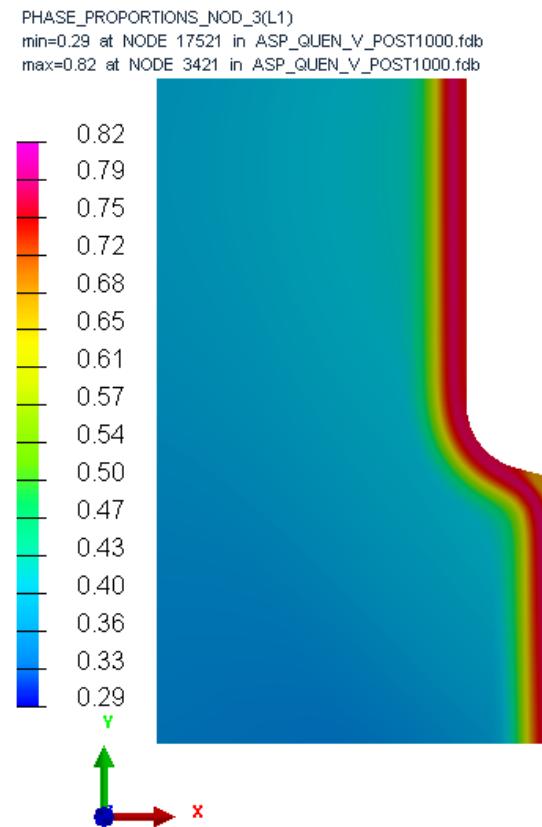
Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Gefügezusammensetzung - Volumenfraktion Martensit

18CrNiMo7-6



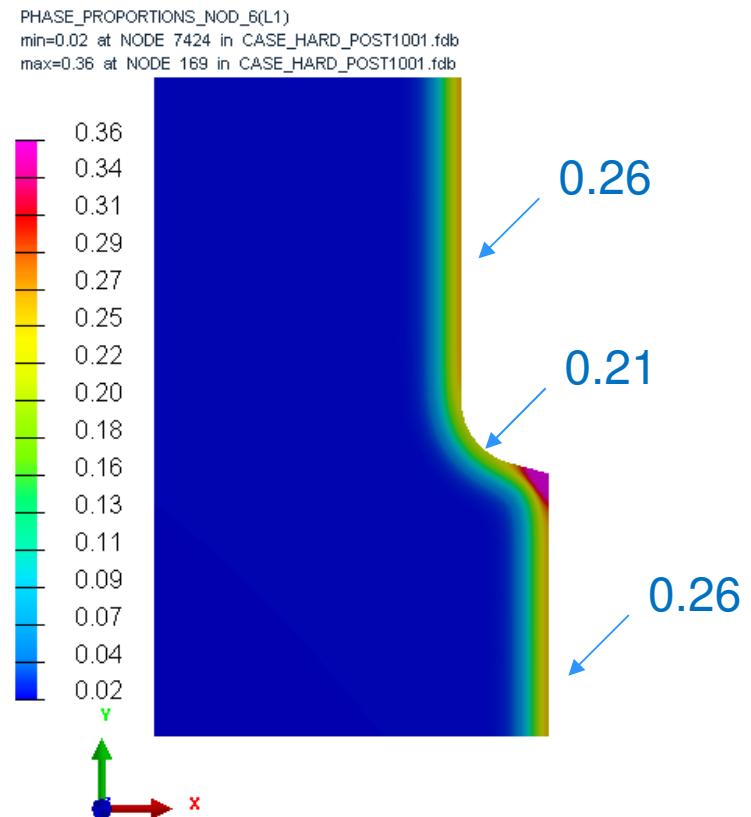
20MnCrB5



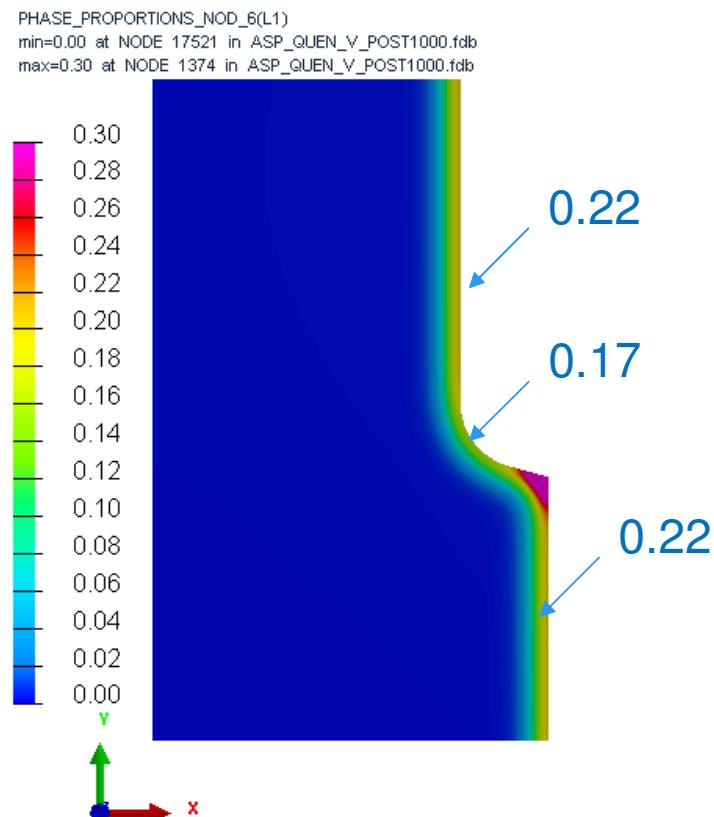
Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Gefügezusammensetzung – Volumenfraktion Restaustenit

18CrNiMo7-6



20MnCrB5



Einsatzhärtung Welle mit Absatz

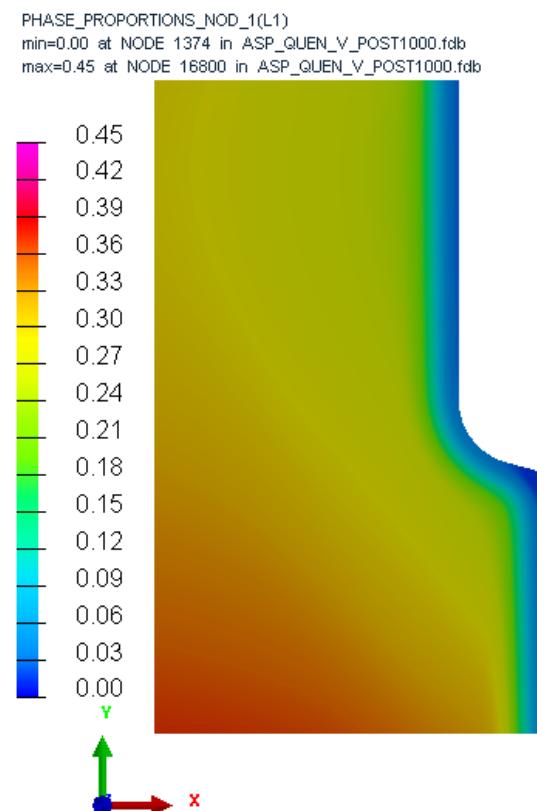
- Gefügezusammensetzung
 - 18CrNiMo7-6
 - Rand: Restaustenit (-), Martensit (+), geometrieabhängig
 - Kern: Bainit (-), Martensit (+)
 - 20MnCrB5
 - Rand: Restaustenit (-), Martensit (+), geometrieabhängig
 - Kern: Ferrit, (+), Bainit (-), Martensit (-)

Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Gefügezusammensetzung

– 20MnCrB5

- Kern: Ferrit



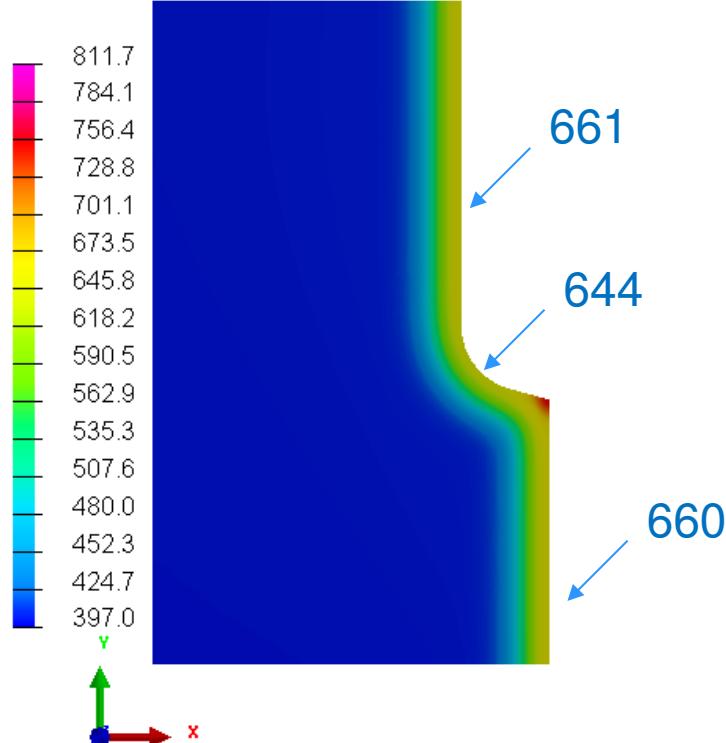
- Überprüfung durch Metallografie
- Wirkung von Bor auf ZTU-Verhalten

Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Härte nach dem Anlassen [HV]

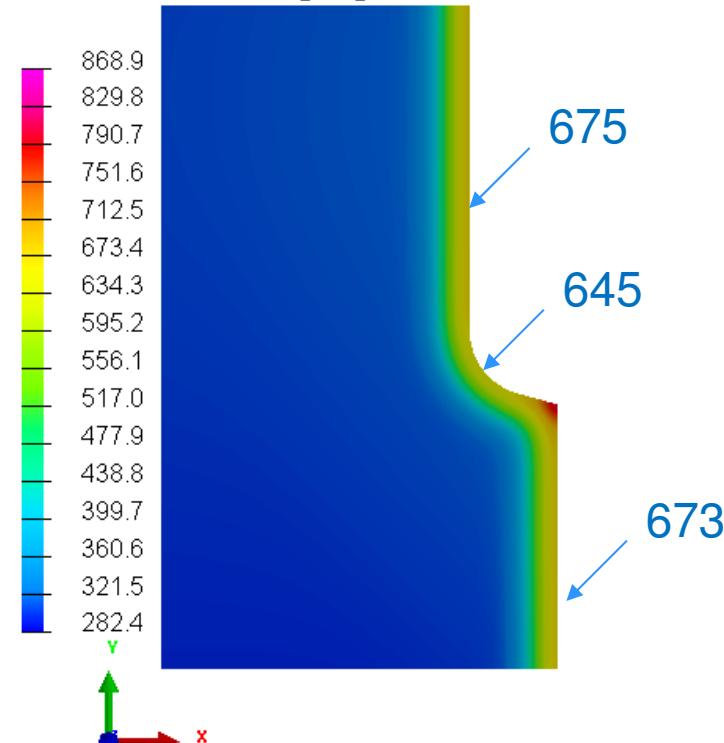
18CrNiMo7-6

PHASE_PROPORTIONS_NOD_5(L1)
min=397.0 at NODE 7426 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=811.7 at NODE 169 in CASE_HARD_POST1001.fdb



20MnCrB5

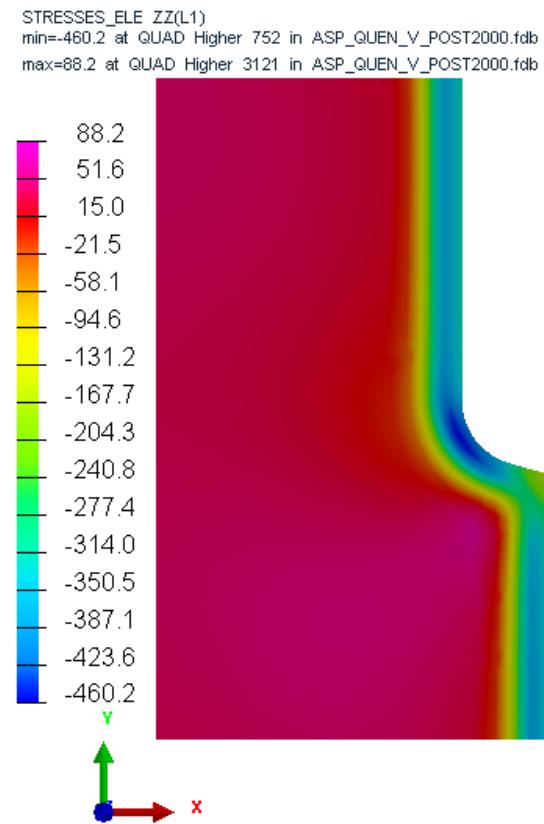
PHASE_PROPORTIONS_NOD_5(L1)
min=282.4 at NODE 17518 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=868.9 at NODE 169 in CASE_HARD_POST1001.fdb



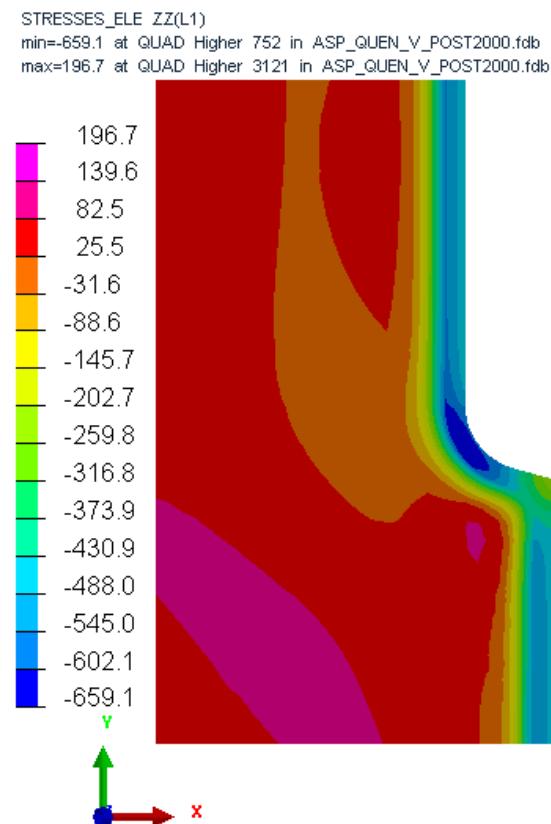
Einsatzhärtung Welle mit Absatz

- Tangentielle Eigenspannungen [MPa]

18CrNiMo7-6

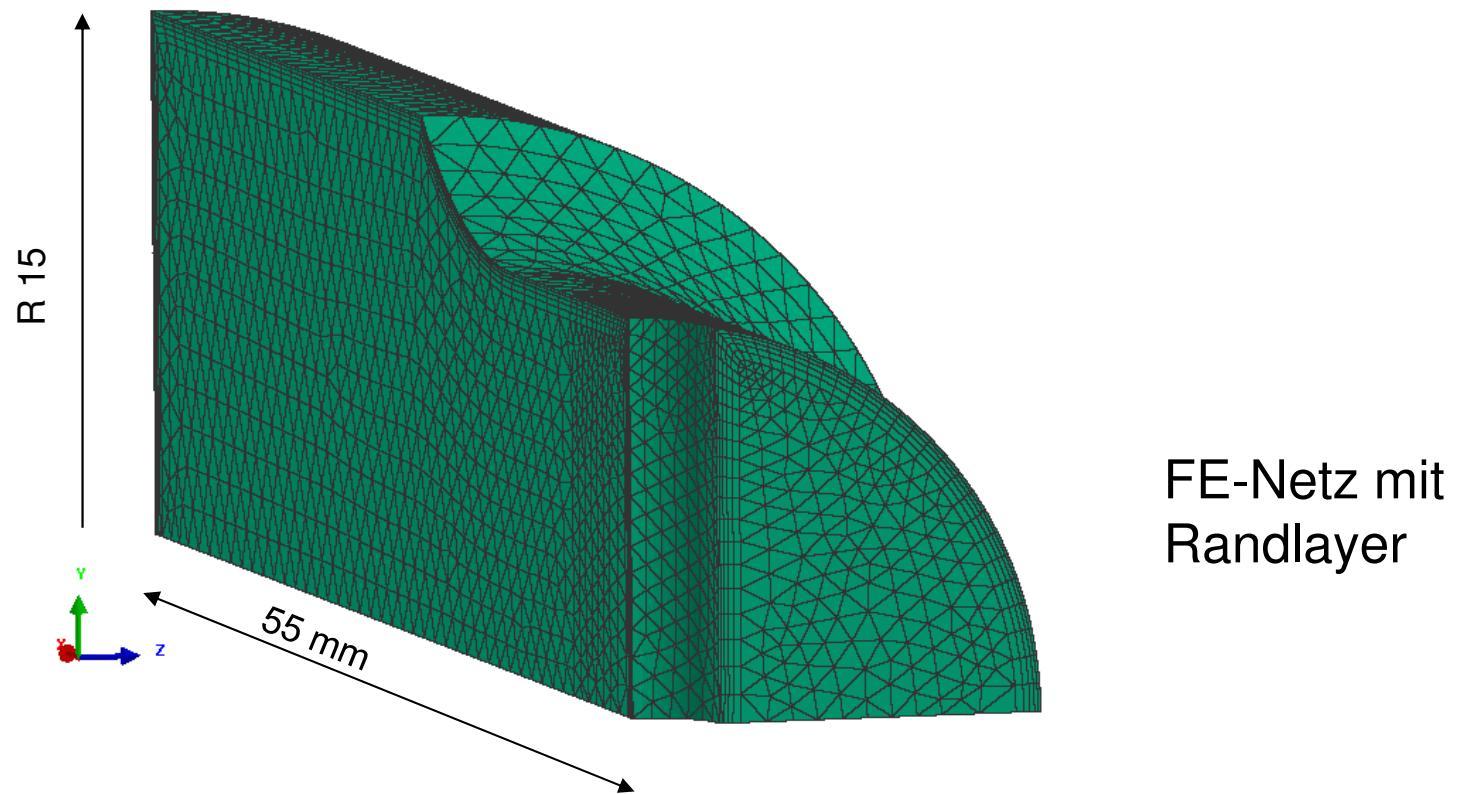


20MnCrB5



Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- 3D FE-Modellierung

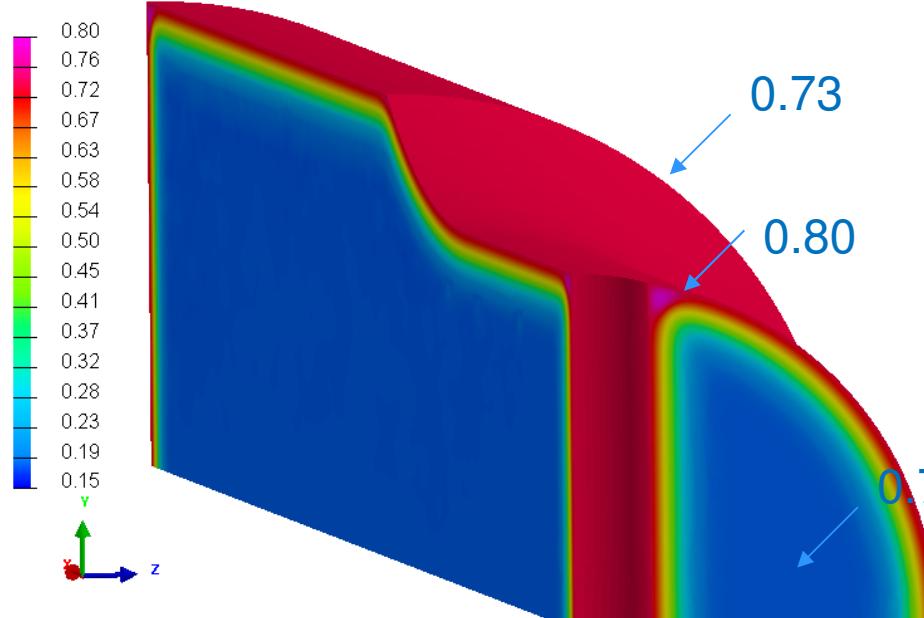


Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Kohlenstoffkonzentration am Ende des Aufkohlens [Ma.-%]

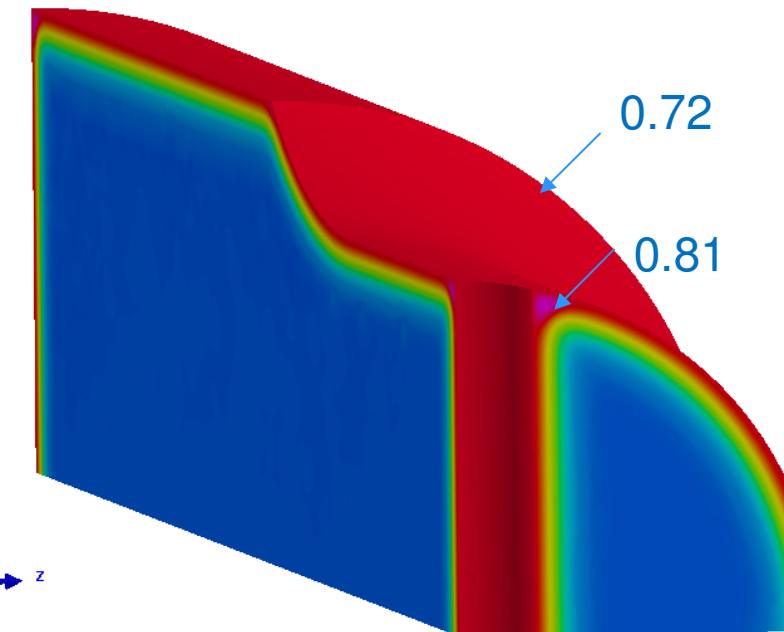
18CrNiMo7-6

CHEMICAL_ELEMENT_ACTIVITY_NOD_1(L1)
min=0.15 at NODE 51020 in QBP_DIFF_V_POST1000.fdb
max=0.80 at NODE 40652 in QBP_DIFF_V_POST1000.fdb



20MnCrB5

CHEMICAL_ELEMENT_ACTIVITY_NOD_1(L1)
min=0.17 at NODE 51020 in QBP_DIFF_V_POST1000.fdb
max=0.81 at NODE 40651 in QBP_DIFF_V_POST1000.fdb

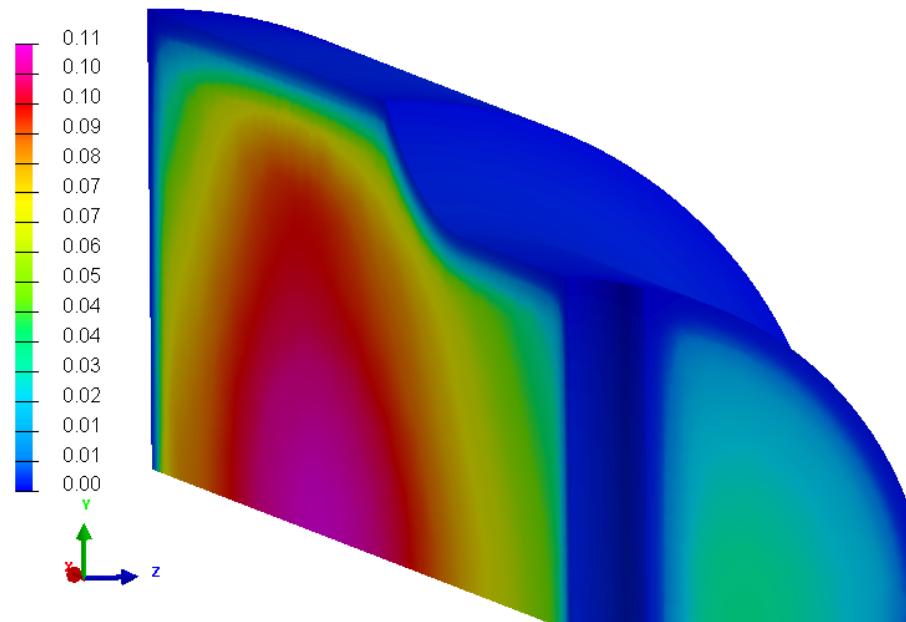


Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Gefügezusammensetzung - Volumenfraktion Bainit

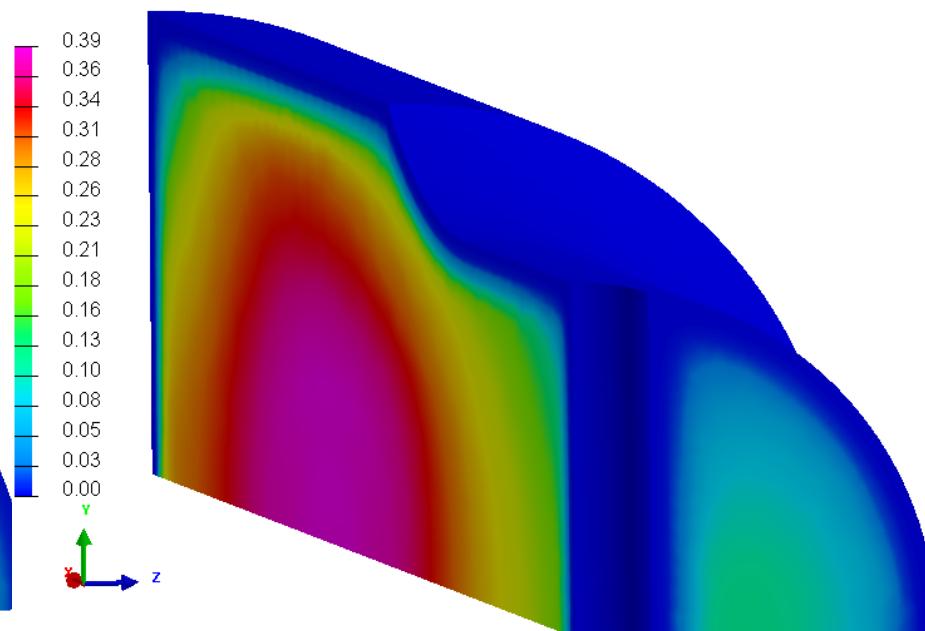
18CrNiMo7-6

PHASE_PROPORTIONS_NOD_2(L1)
min=0.00 at NODE 18559 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=0.11 at NODE 15127 in CASE_HARD_POST1001.fdb



20MnCrB5

PHASE_PROPORTIONS_NOD_2(L1)
min=0.00 at NODE 38062 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=0.39 at NODE 16192 in CASE_HARD_POST1001.fdb

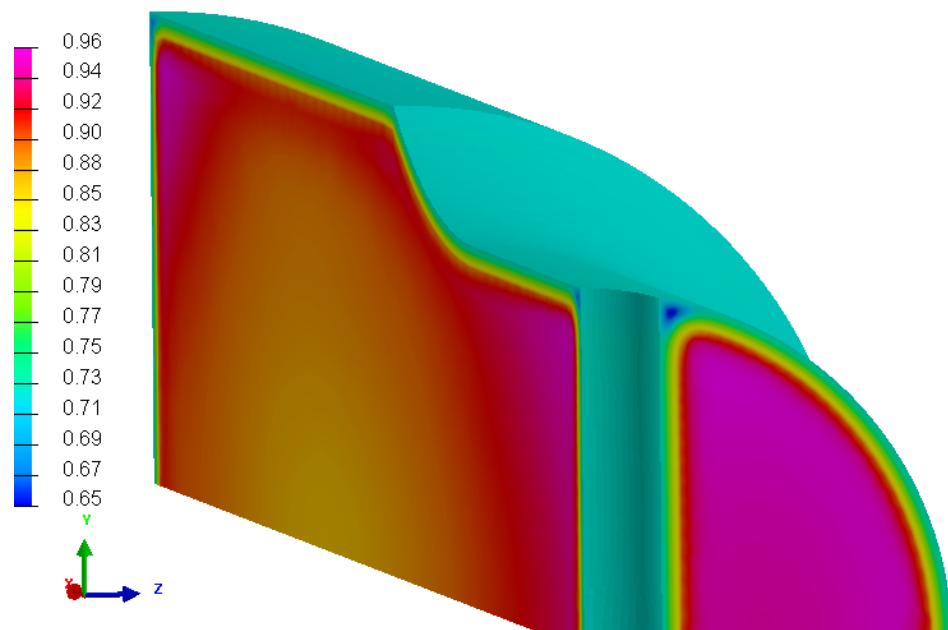


Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Gefügezusammensetzung - Volumenfraktion Martensit

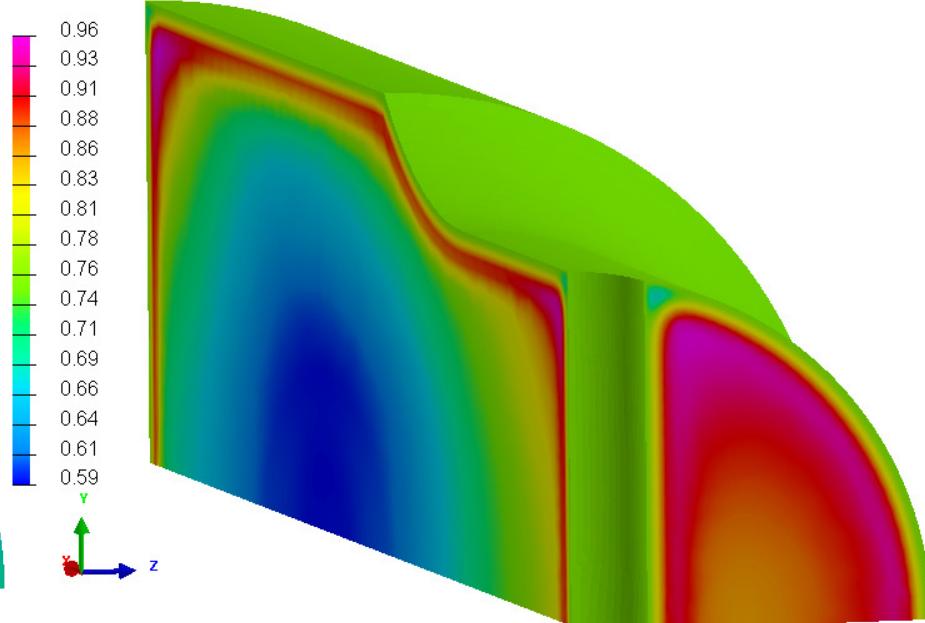
18CrNiMo7-6

PHASE_PROPORTIONS_NOD_3(L1)
min=0.65 at NODE 41612 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=0.96 at NODE 55011 in CASE_HARD_POST1001.fdb



20MnCrB5

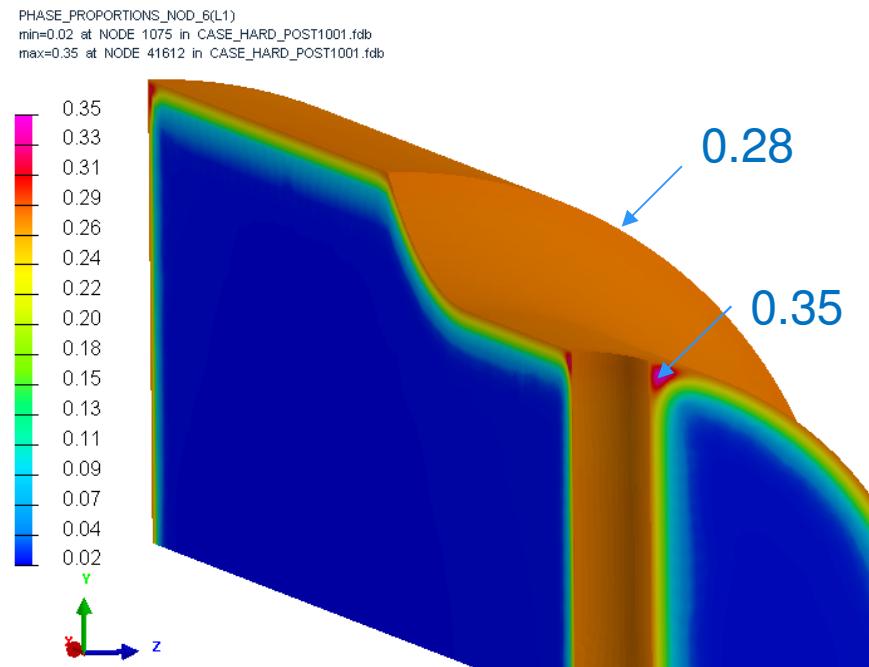
PHASE_PROPORTIONS_NOD_3(L1)
min=0.59 at NODE 16192 in CASE_HARD_POST1001.fdb
max=0.96 at NODE 11538 in CASE_HARD_POST1001.fdb



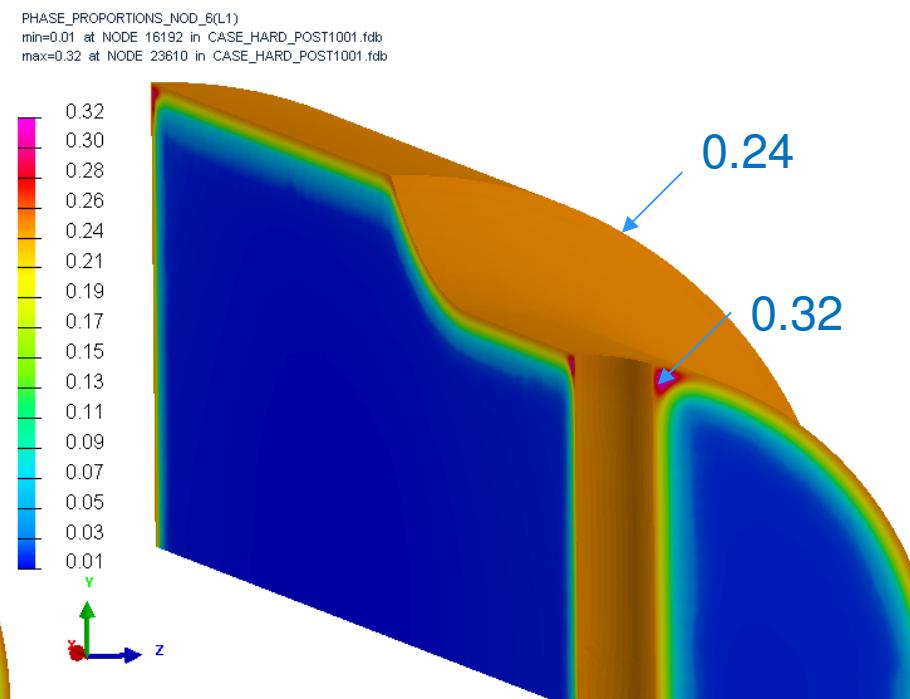
Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Gefügezusammensetzung – Volumenfraktion Restaustenit

18CrNiMo7-6



20MnCrB5



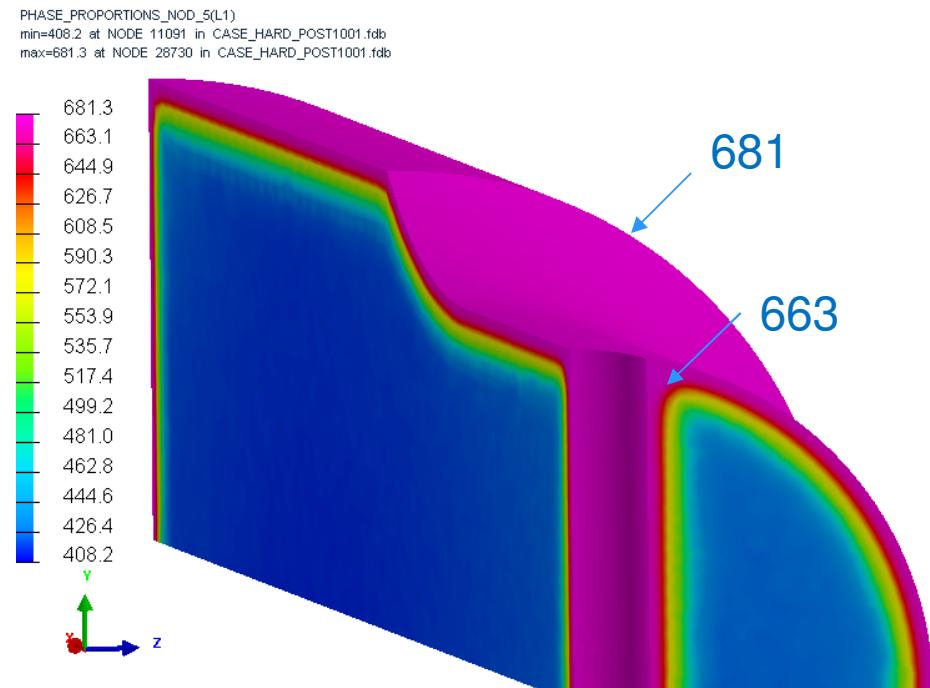
Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Gefügezusammensetzung
 - 18CrNiMo7-6
 - Rand: Restaustenit (-), Martensit (+), Bohrung geometrieabhängig
 - Kern: Bainit (-), Martensit (+)
 - 20MnCrB5
 - Rand: Restaustenit (-), Martensit (+), Bohrung geometrieabhängig
 - Kern: etwa gleiche Anteile Bainit und Martensit

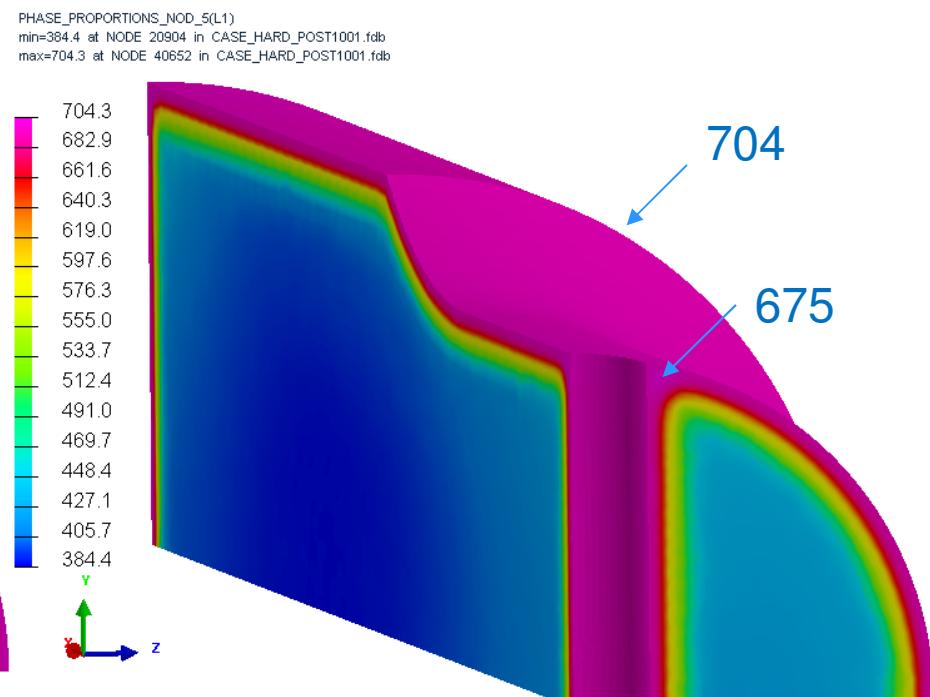
Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Härte nach dem Anlassen [HV]

18CrNiMo7-6



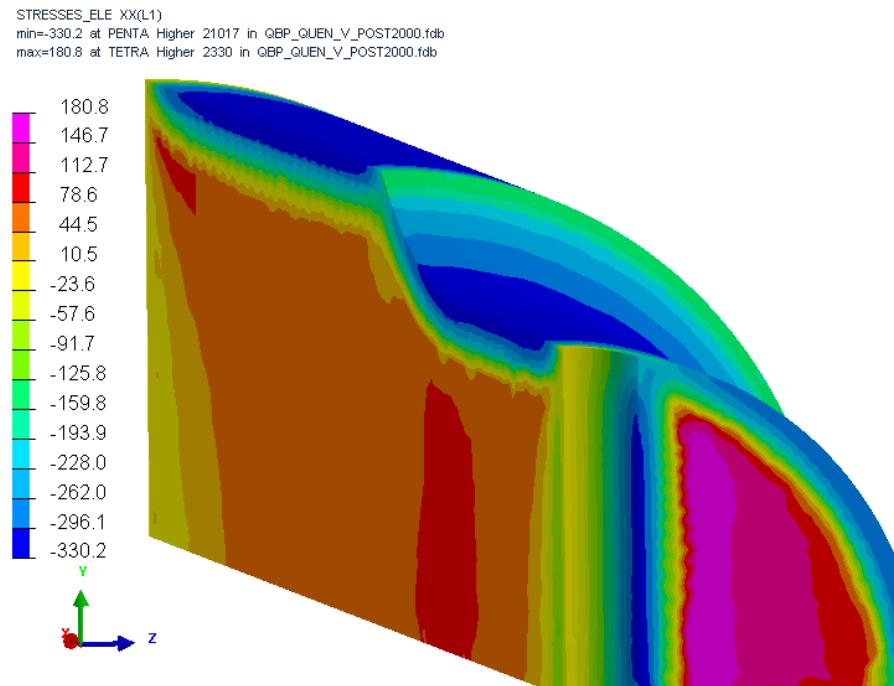
20MnCrB5



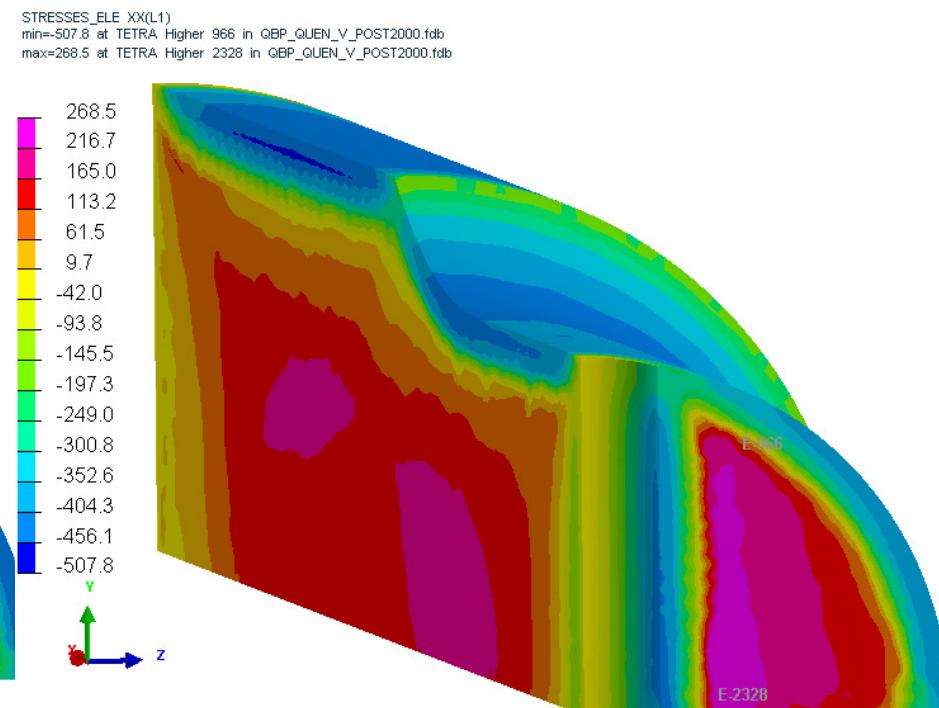
Einsatzhärtung Welle mit Querbohrung

- Tangentiale Eigenspannungen [MPa]

18CrNiMo7-6



20MnCrB5



Gliederung

- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

4 Vorträge und Veröffentlichungen

1. Vortrag und Veröffentlichung

Simulationsforum Schweißen und Wärmebehandlung 2013

A. Diemar, U. Gerth, J. Hildebrand

Möglichkeiten der FE-basierten Simulation des Aufkohlens von Stahlbauteilen und der zweckmäßigen Definition des ZTU-Verhaltens aufgekohelter Werkstoffzustände.

2. Vortrag

Sitzung des AWT-Fachausschusses 21 Gefüge und mechanische Eigenschaften, 26.02.2014 Schweinfurt

A. Diemar, U. Gerth

Vorstellung des Forschungsvorhabens „Optimiertes Einsatzhärten“

4 Vorträge und Veröffentlichungen

3. Poster

Hannovermesse 2014

J. Hildebrand

Vorstellung des Forschungsvorhabens „Optimiertes Einsatzhärten“

4. Vortrag und Veröffentlichung

HärtereiKongress 2014

A. Diemar, U. Gerth, J. Hildebrand, C. Könke

Numerische Optimierung des Aufkohlungsprozesses für funktionsbedingte Konstruktionsdetails von Stahlbauteilen.

Gliederung

- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

5 Zeitplan

ID	Arbeitspakete	Forschungsjahr 2013					Forschungsjahr 2014								Forschungsjahr 2015					Mon						
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
AP 1	Werkstoffe - Charakterisierung - Fertigung																									24
AP 1.1	Werkstoffbeschaffung																									1
AP 1.2	Werkstoffcharakterisierung (Halbzeug)																									1
AP 1.3	Probenfertigung																									3
AP 2	Modifizierte 4-Punkt-Biegevorrichtung																									3
AP 2.1	FEM-Rechnung Vorrichtung																									3
AP 2.2	Fertigung Vorrichtung																									2
AP 2.3	Montage + Einbau Vorrichtung																									2
AP 2.4	Vorversuche 4-Punkt-Biegevorrichtung																									2
AP 3	Funktionalität SYSWELD																									5
AP 3.1	Entwicklung Mehrfeld-Solver																									2
AP 3.2	Implementation Niederdruckaufkohlung																									3
AP 4	Numerische Untersuchungen																									4
AP 4.1	Simulation Standardeinsatzhärtung (SEH)																									6
AP 4.2	Simulation modifizierte Einsatzhärtung (MEH)																									3
AP 4.3	Bauteilfestigkeitsabschätzung																									7
AP 5	Einsatzhärtung Modellbauteilproben																									7
AP 5.1	Charakterisierung Zustand Modellbauteilproben																									3
AP 5.2	Standardeinsatzhärtung (SEH)																									3
AP 5.3	Modifizierte Einsatzhärtung (MEH)																									3
AP 6	Experimentelle Untersuchungen																									3
AP 6.1	Eigenspannungen - Restaustenit - Fraktographie																									12
AP 6.2	Schwingversuche SEH-Zustand																									6
AP 6.3	Versuche SEH-Eigenspannungsstabilität																									2
AP 6.4	Schwingversuche MEH-Zustand																									6
AP 6.5	Versuche MEH-Eigenspannungsstabilität																									2
AP 7	Dokumentation																									3
AP 7.1	Datenbewertung und Zwischenbericht																									4
AP 7.2	Datenbewertung und Abschlussbericht																									4
Personaleinsatz		Forschungsstelle 1/2: Bauhaus-Universität Weimar, Juniorprofessur Simulation und Experiment																								
HPA-A (wissenschaftlicher Mitarbeiter)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	24	
HPA-D (technischer Angestellter)		1,0															1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0			8
HPA-F (wissenschaftliche Hilfskraft)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	4,5		
Personaleinsatz		Forschungsstelle 2/2: Materialforschungs- und -prüfanstalt Weimar, Fachgebiet Werkstoffe und Bauteile																								
HPA-A (wissenschaftlicher Mitarbeiter)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	15	
HPA-D (technischer Angestellter)	1,0																1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		12
HPA-E (technischer Angestellter)																	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		12

Gliederung

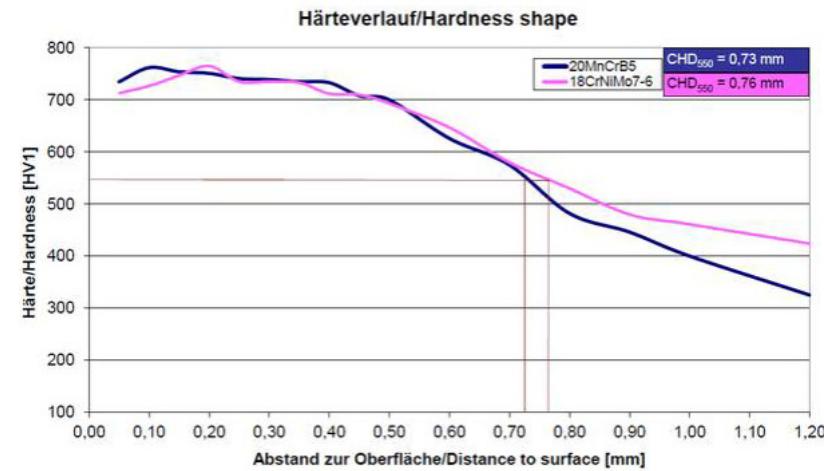
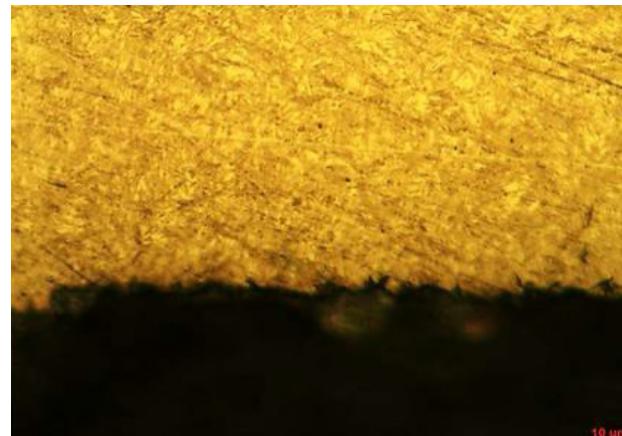
- 1 Vorstellung des Forschungsvorhabens
- 2 Einsatzhärtung Modellbauteilproben
 - 2.1 Standardeinsatzhärtung AP 5.2
- 3 Numerische Untersuchungen
 - 3.1 Optimierung von Aufkohlungsprozessen
 - Modifizierte Einsatzhärtung AP 4.2
 - 3.2 Standardeinsatzhärtung AP 4.1
- 4 Vorträge und Veröffentlichungen
- 5 Zeitplan
- 6 Diskussionen und Festlegungen

4 Diskussion und Festlegungen

- Termine
- weitere Vorgehensweise

Stand Arbeitspakete

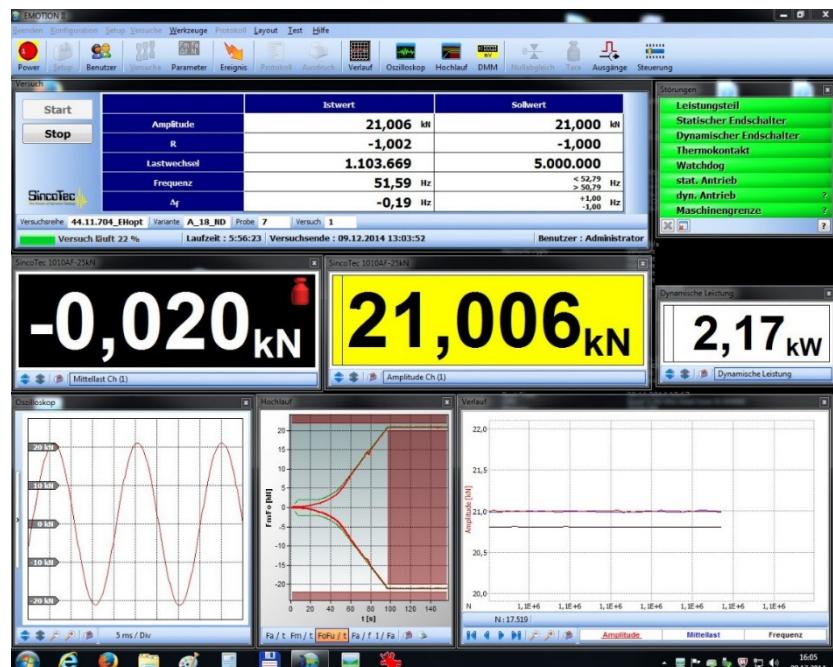
- Standardeinsatzhärtung erfolgt (AP 5.2)
 - Dank an die Firmen HANOMAG und IPSEN!
- Charakterisierung in Arbeit (AP 5.1, AP 6.1)
- Zusammenarbeit mit MFPA-Außenstelle Ilmenau:
 - Gefüge, Eigenspannungen, Härteverlauf ...



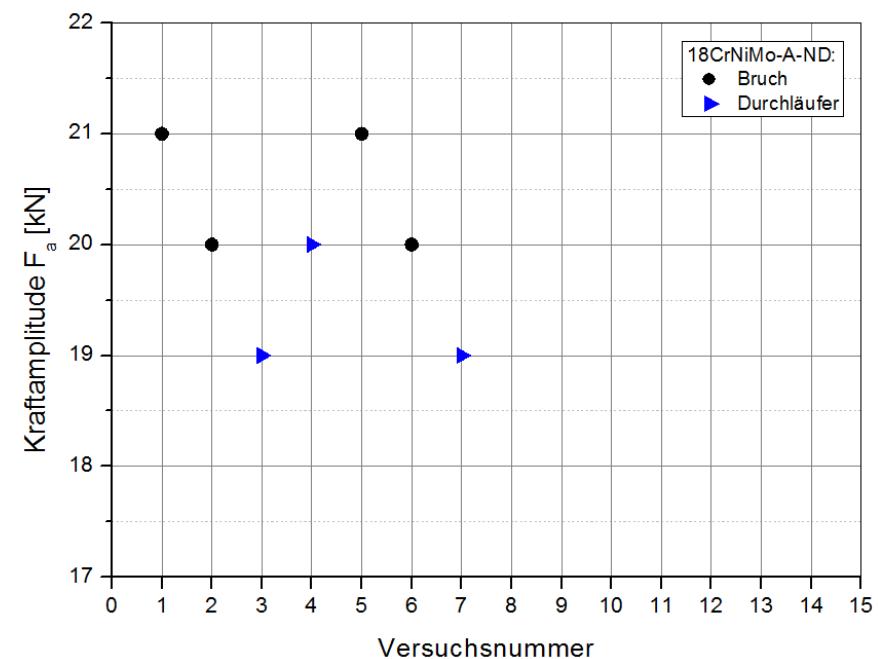
Beispiel Quelle Firma IPSEN 2014

Stand Arbeitspakete

- Schwingversuche Standardeinsatzhärtung in Arbeit (AP 6.2)
 - Treppenstufenverfahren



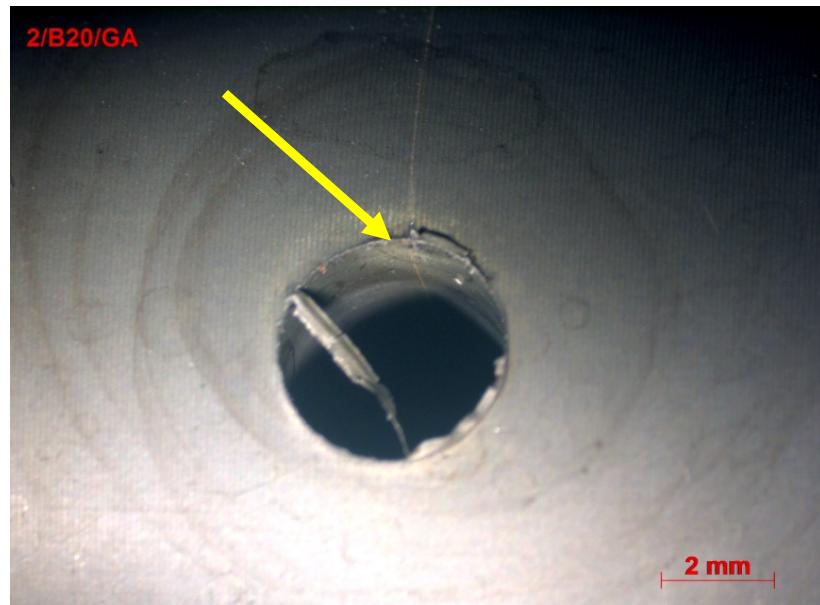
Beispiel Parameter



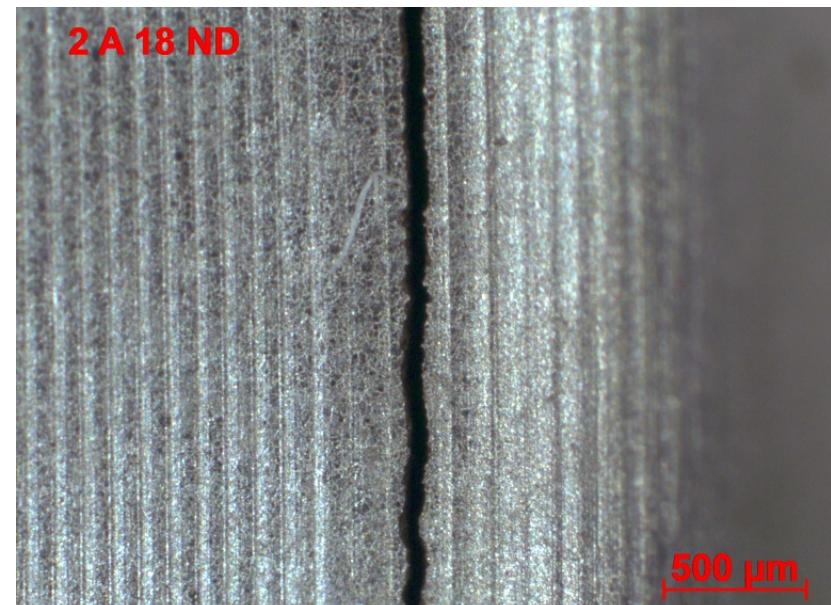
Beispiel Probe mit Absatz

Stand Arbeitspakete

- Schwingversuche Standardeinsatzhärtung (AP 6.2)
 - Anrisse im kritischen Bereich der Probe



Beispiel Bohrung



Beispiel Absatz

Stand Arbeitspakete

Plan Fortsetzung 2015:

- 01/2015 – Abschluss AP 4.2 / 5.3 – modifizierte EH (MEH)
- 01/2015 – Abschluss AP 5.1 – Charakterisierung
- laufend – AP 6.1 – Eigenspannungen, Restaustenit ...
- ab 02/2015 – AP 6.4 – Schwingversuche MEH
- ab 03/2015 – AP 6.3 / 6.4 – Versuche Eigenspannungsstabilität
SEH / MEH
- ab 04/2015 – Abschlussbericht