

HK 2004
06.-08.10.2004
Wiesbaden

Dr.-Ing. Karola Klenke
Dipl.-Ing. Rainer Kohlmann

DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE
Providing special steel solutions





HK 2004
Wiesbaden 6. bis 8. Oktober 2004

Vortrag 1

**Einsatzstähle in ihrer Feinkornbeständigkeit,
heute und morgen**

Dr.-Ing. Karola Klenke und Dipl.-Ing. Rainer Kohlmann

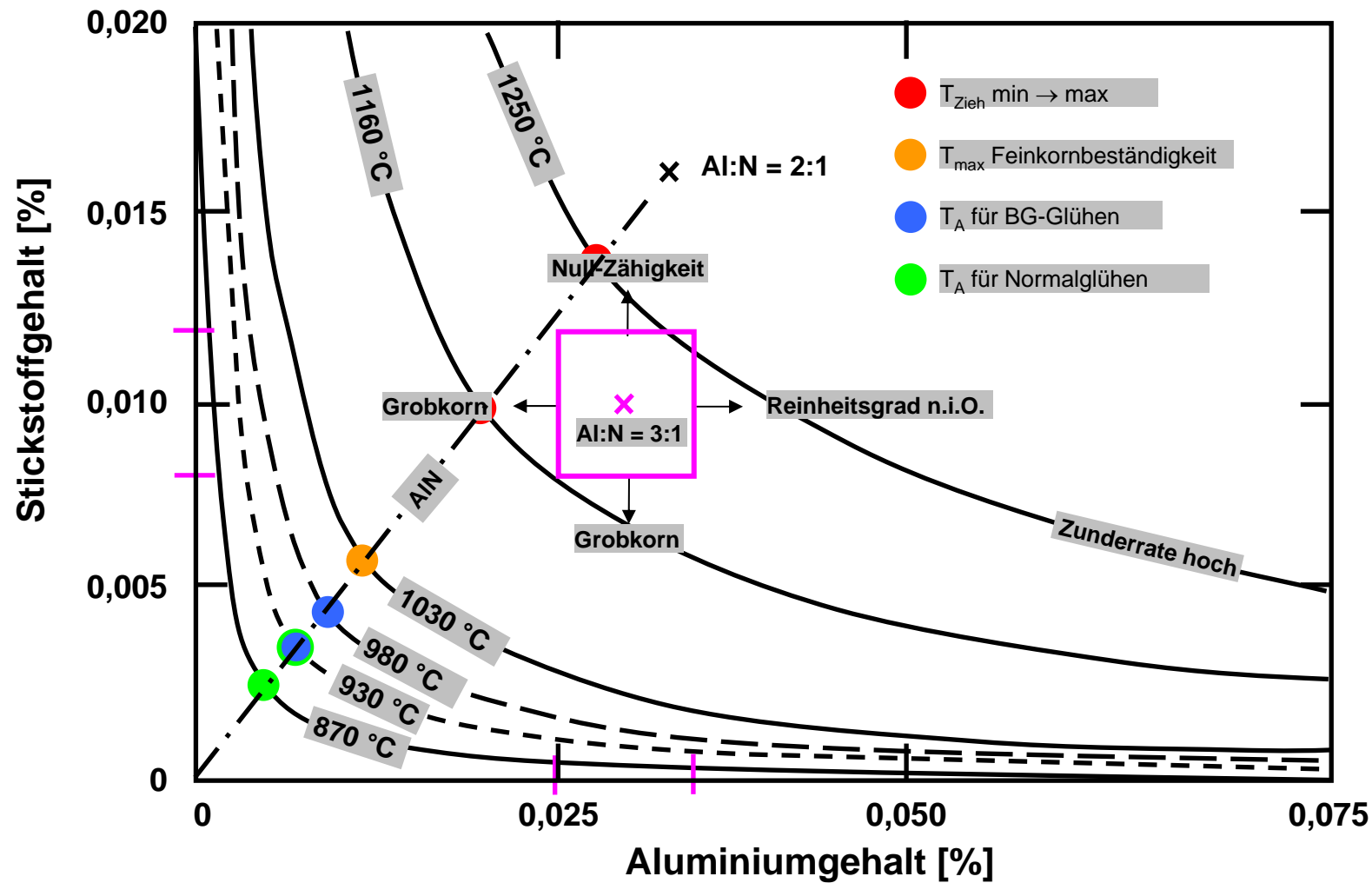


Überblick

- Nach den grundlegenden Veröffentlichungen 1984 (HTM 39) und 1986 (Steel Research 57) soll die Lücke bis zu 2002 (HTM 57) mit weiteren Ergebnissen aus der Praxis gefüllt werden.
- Wie verschiebt sich das Gleichgewicht gebundener und gelöster Nitride durch verschiedene Wärmebehandlungen?
- Herkömmliche und zusätzlich feinlegierte Stähle werden in der Praxis wärme-behandelt und in ihrer Feinkornbeständigkeit beschrieben.
- Die Lücke schließt sich homogen und es werden neue Fragen aufgeworfen.

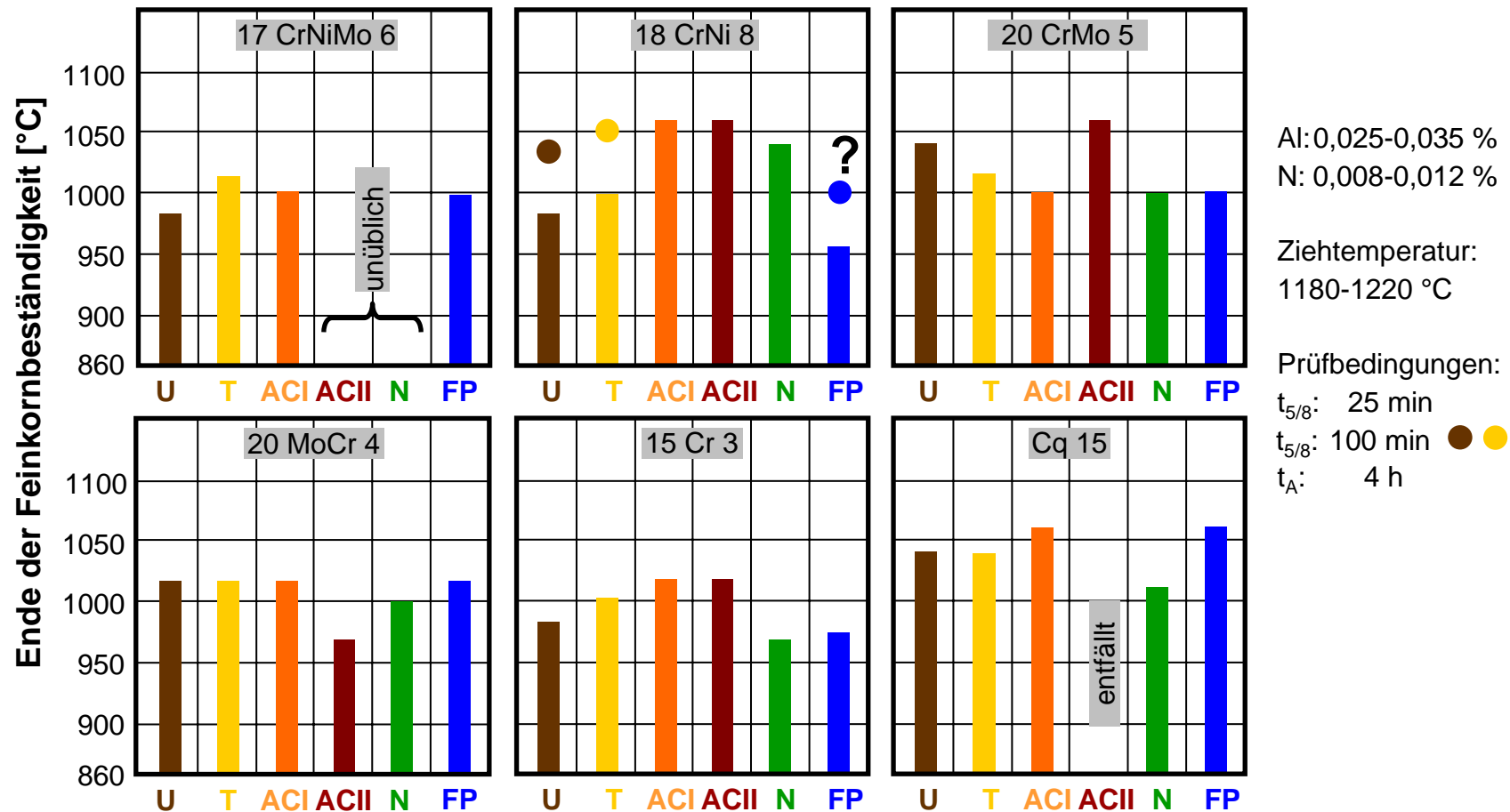


Lösungsgleichgewicht für Aluminiumnitrid





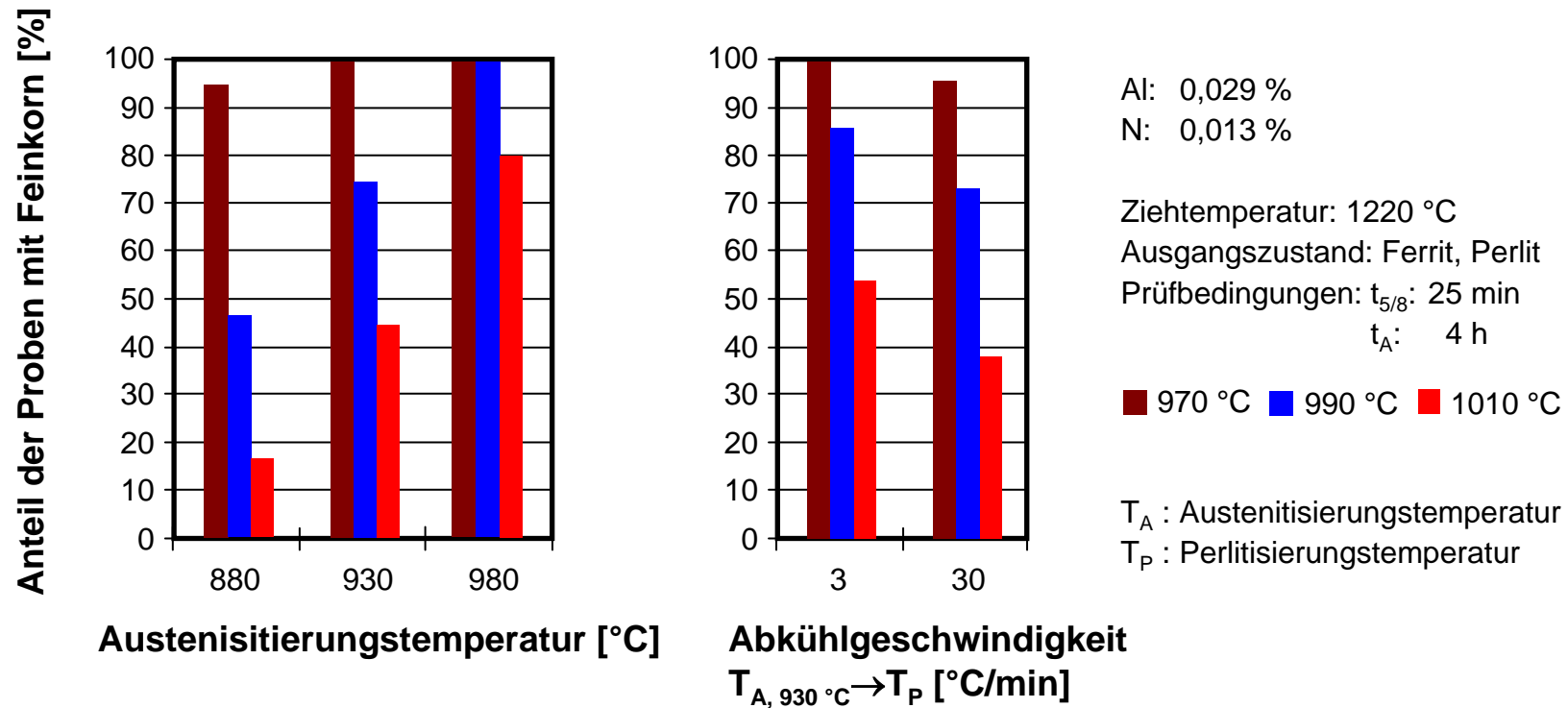
Einfluss der Wärmebehandlung auf das Ende der Feinkornbeständigkeit



U: unbehandelt, **T:** angelassen (BF), **ACI:** GKZ < Ac₁ (GI), **ACII:** GKZ > Ac₁ (GII), **N:** normalgeglüht (870°C, 30 min/L), **FP:** behandelt auf Ferrit-Perlit Gefüge (BG, 930°C, 40 min/isotherm)

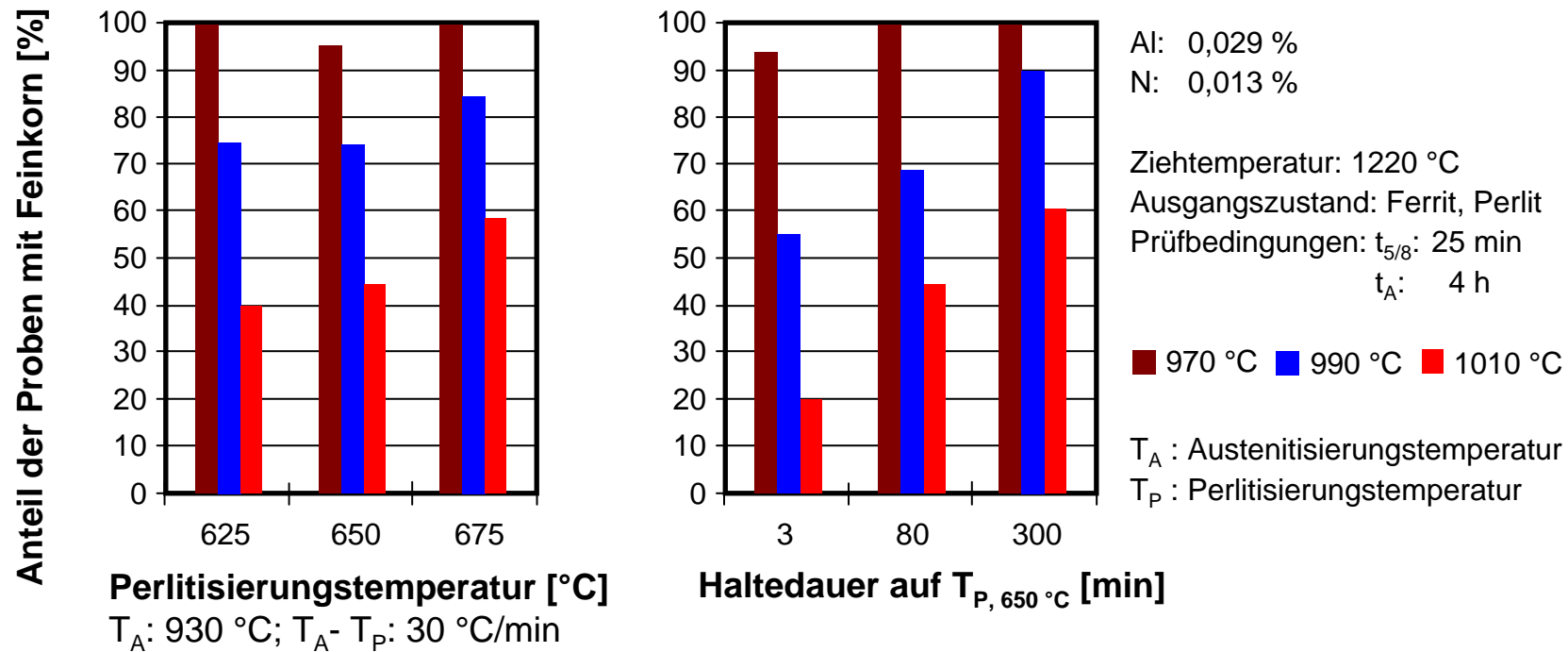


Feinkornbeständigkeit von 16 MnCr 5 nach BG-Glühung



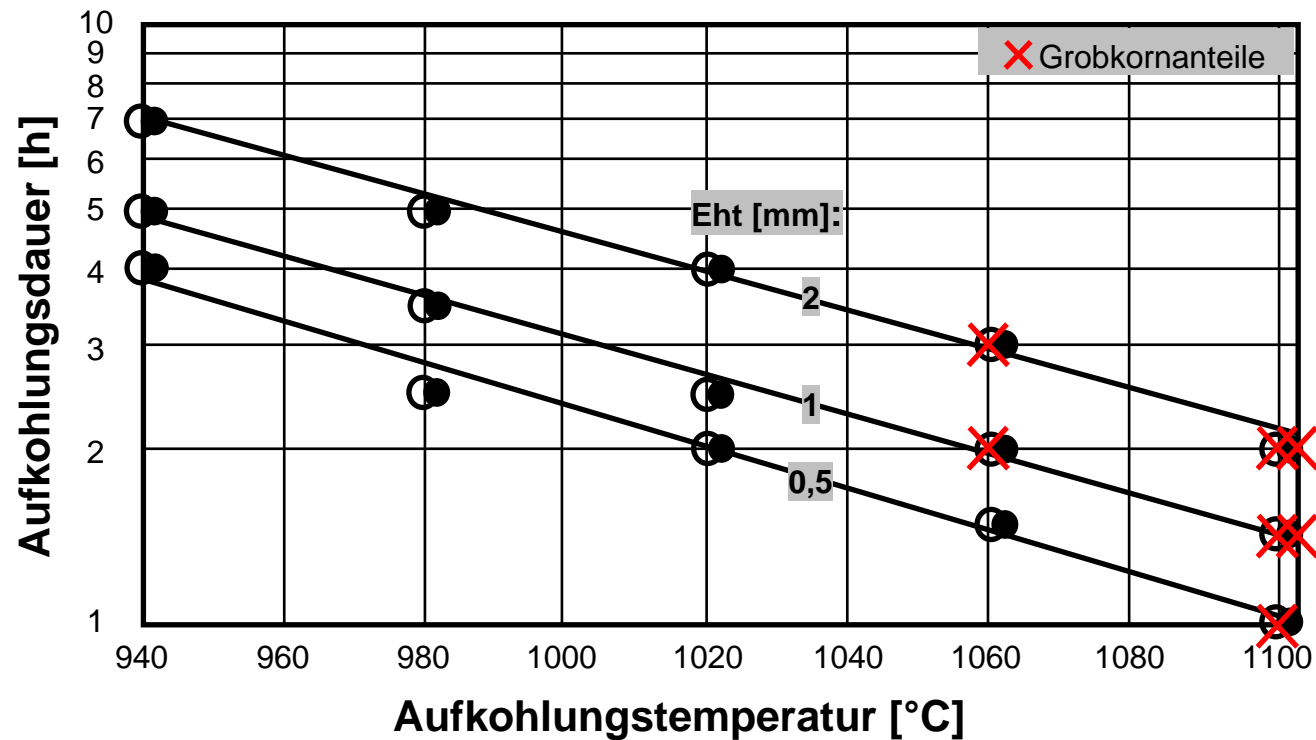


Feinkornbeständigkeit von 16 MnCr 5 nach BG-Glühung





Feinkornbeständigkeit von 18 MnCrB 5



Al: 0,0320 %
N: 0,0121 %
B: 0,0018 %

Ziehtemperatur: 1220 °C
Ausgangszustand:
Ferrit, Perlit, Bainit

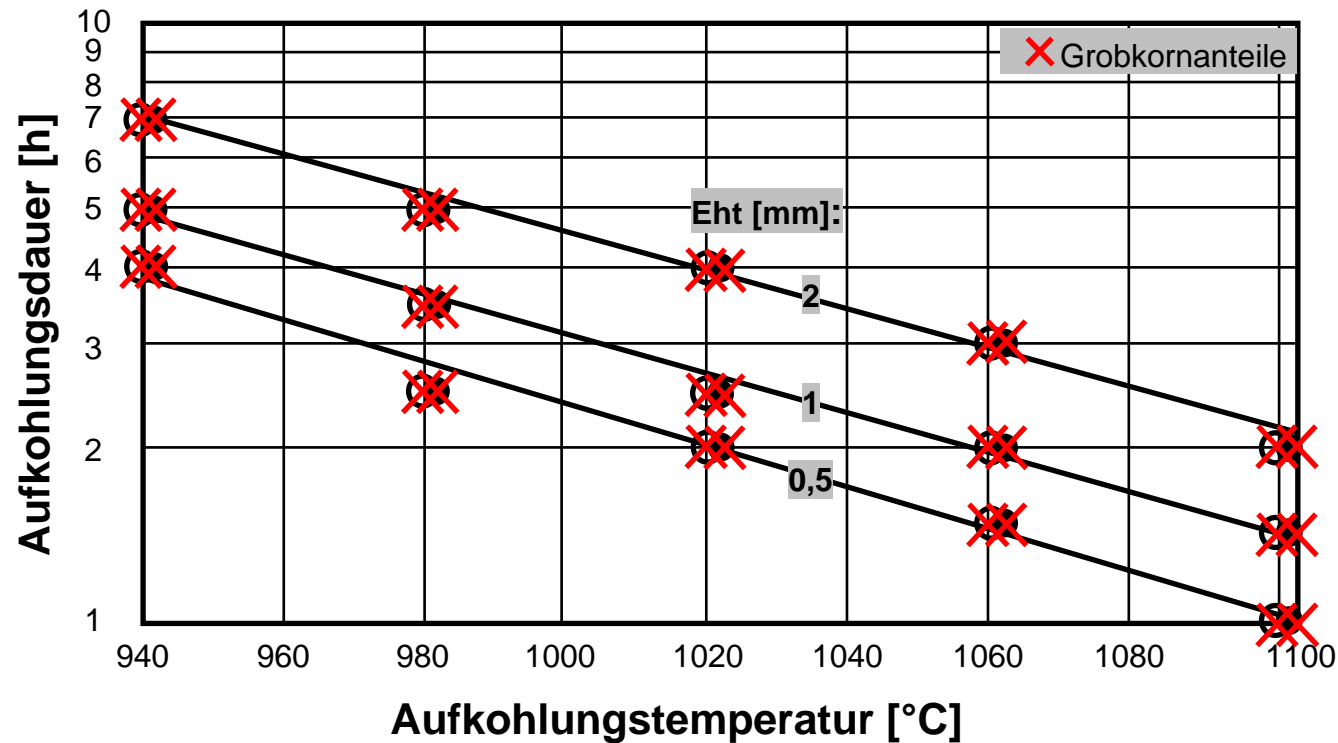
FP: 930 °C, 40 min/isotherm

Prüfbedingungen:
 $t_{5/8} = 25 \text{ min}$ ○
 $t_{5/8} = 100 \text{ min}$ ●

FP = BG



Feinkornbeständigkeit von 21 MnCrB 5 4 + Ti



Al: 0,0330 %
N: 0,0091 %
Ti: 0,0338 %
B: 0,0024 %

Ziehtemperatur: 1220 °C
Ausgangszustand:
Ferrit, Bainit

FP: 930 °C, 40 min/isotherm

Prüfbedingungen:

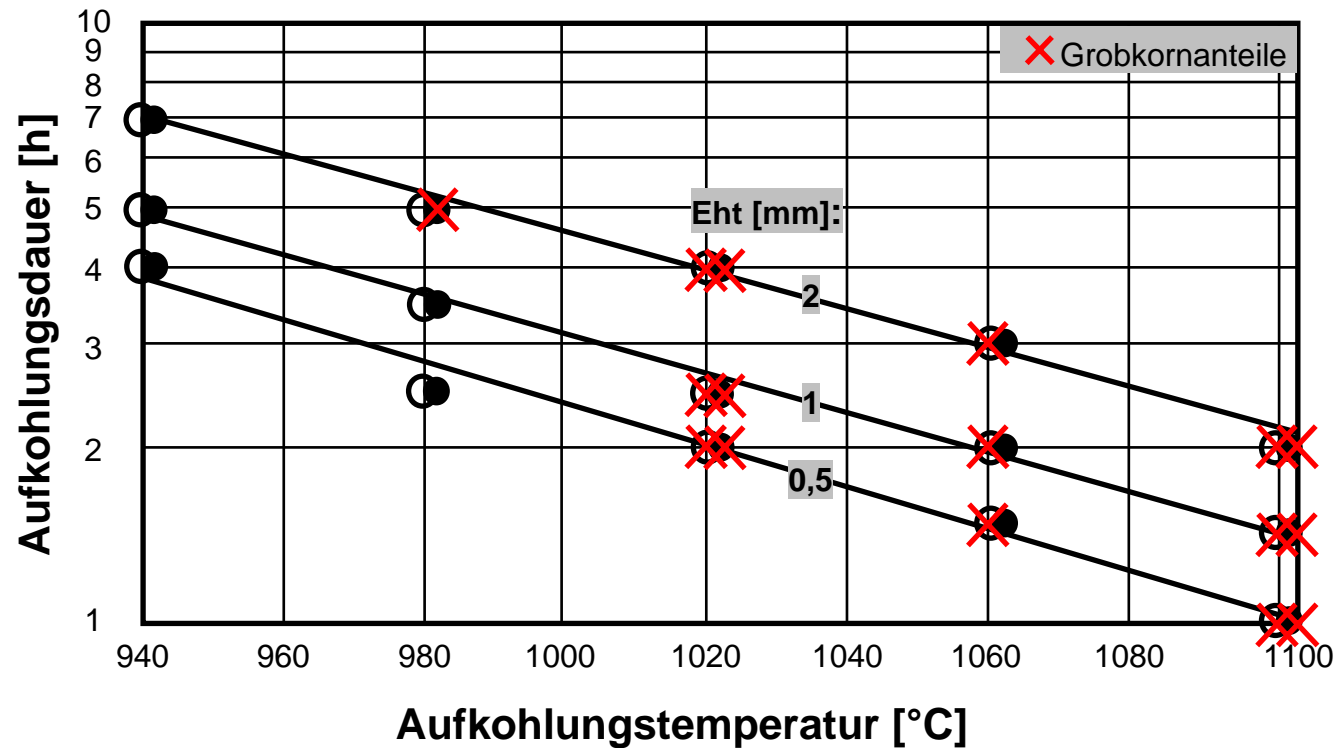
$t_{5/8} = 25 \text{ min}$

$t_{5/8} = 100 \text{ min}$

FP = BG



Feinkornbeständigkeit von 21 MnCrB 5 4 + Ti



Al: 0,0330 %
N: 0,0091 %
Ti: 0,0338 %
B: 0,0024 %

Ziehtemperatur: 1220 °C
Ausgangszustand:
Ferrit, Bainit

FP: 980 °C, 40 min/isotherm

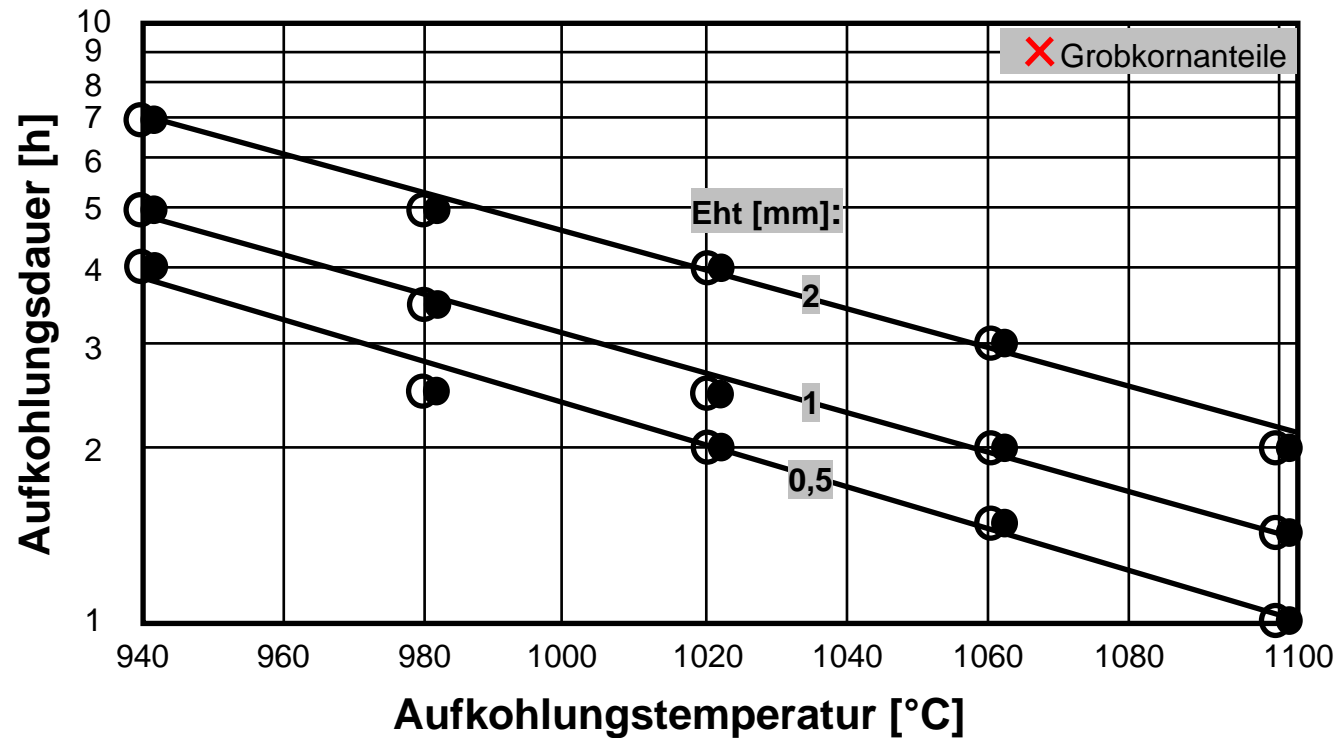
Prüfbedingungen:

$t_{5/8} = 25 \text{ min}$ ○
 $t_{5/8} = 100 \text{ min}$ ●

FP = BG



Feinkornbeständigkeit von 21 MnCrB 5 4 + Ti



Al: 0,0330 %
N: 0,0091 %
Ti: 0,0338 %
B: 0,0024 %

Ziehtemperatur: 1220 °C
Ausgangszustand:
Ferrit, Bainit

GII: **GKZ** > Ac_1

Prüfbedingungen:

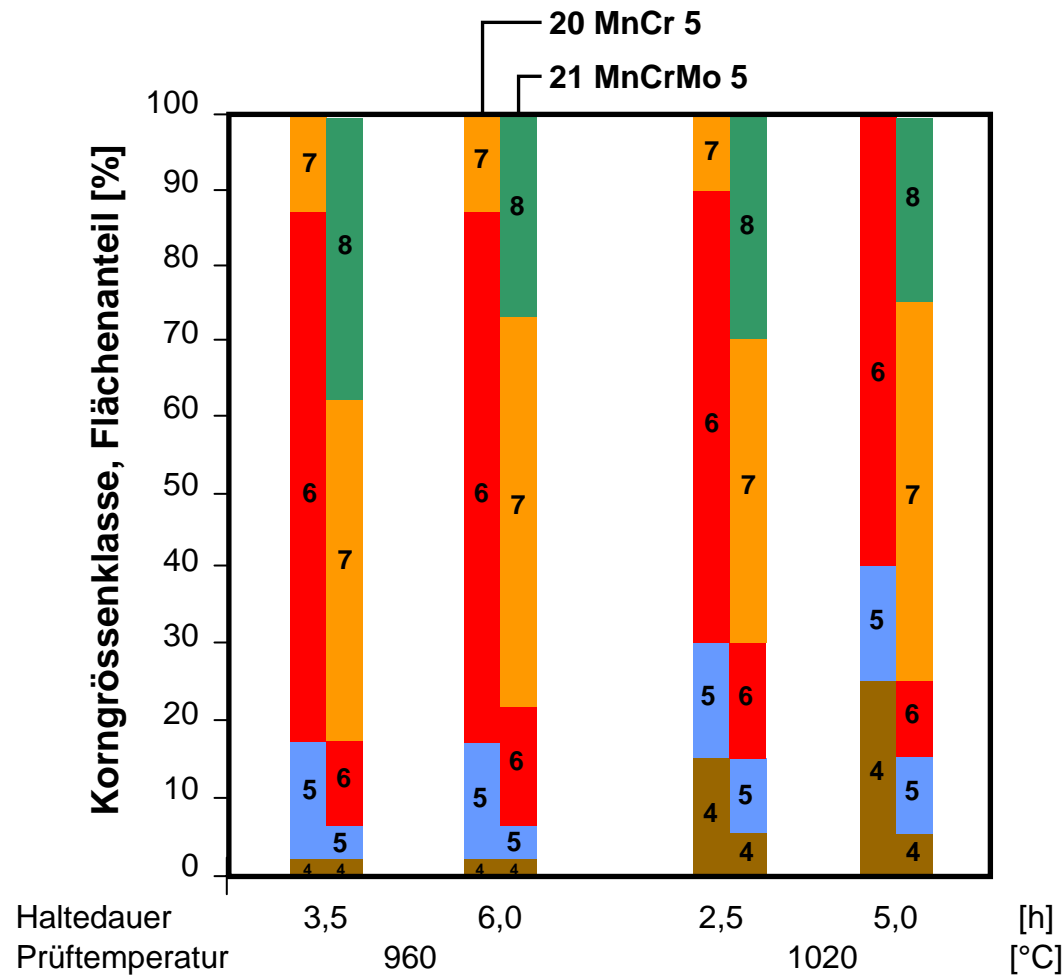
$t_{5/8} = 25 \text{ min}$ ○

$t_{5/8} = 100 \text{ min}$ ●

ACII = GII



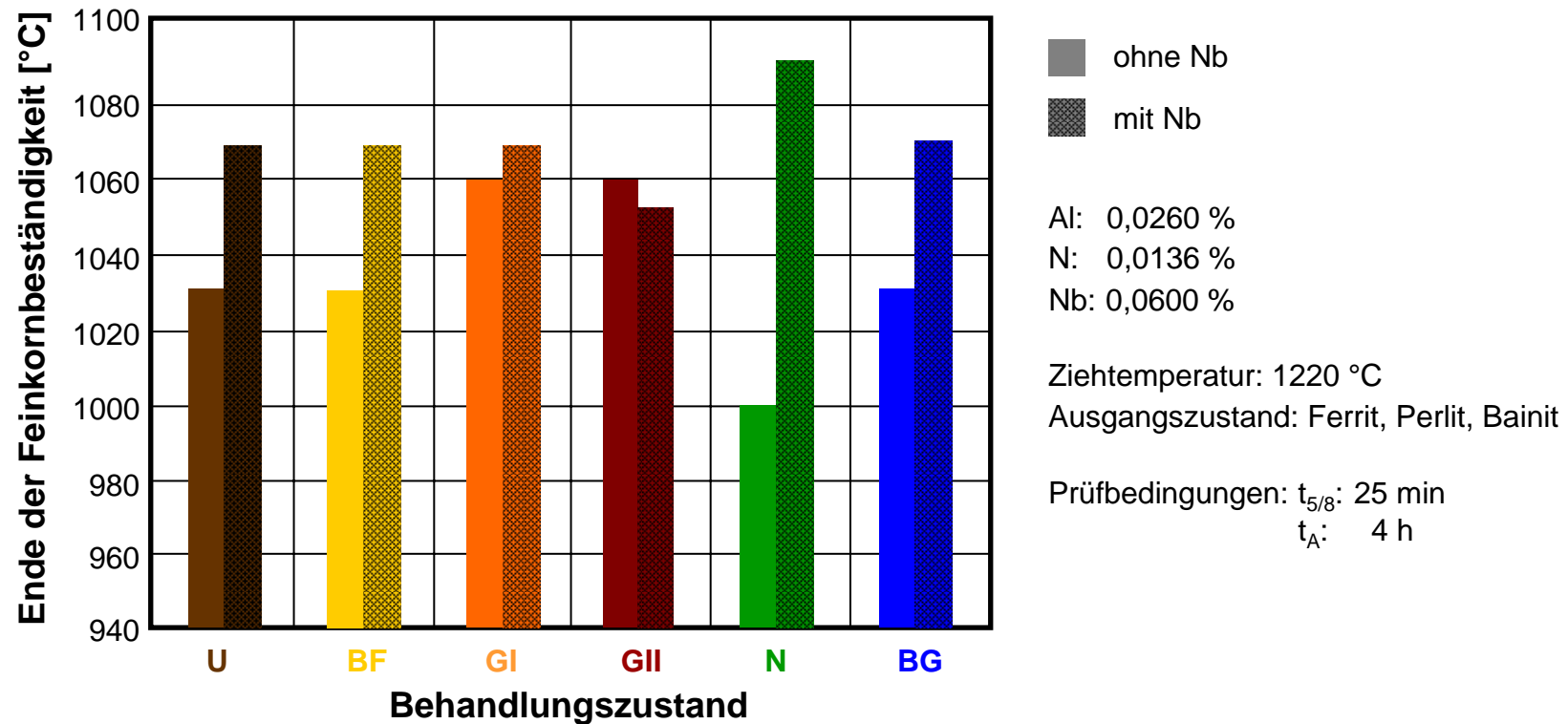
Vergleich der Feinkornbeständigkeit 20 MnCr 5 und 21 MnCrMo 5



	20 MnCr 5	21 MnCrMo 5
Al:	0,0250 %	0,0310 %
N:	0,0100 %	0,0094 %
Ziehtemperatur: 1220 °C		
Ausgangszustand:		
	Ferrit	Ferrit
	Perlit	-
	Bainit	Bainit
FP: 930°C, 40 min/isotherm		
Prüfbedingungen: $t_{5/8}$: 25 min		



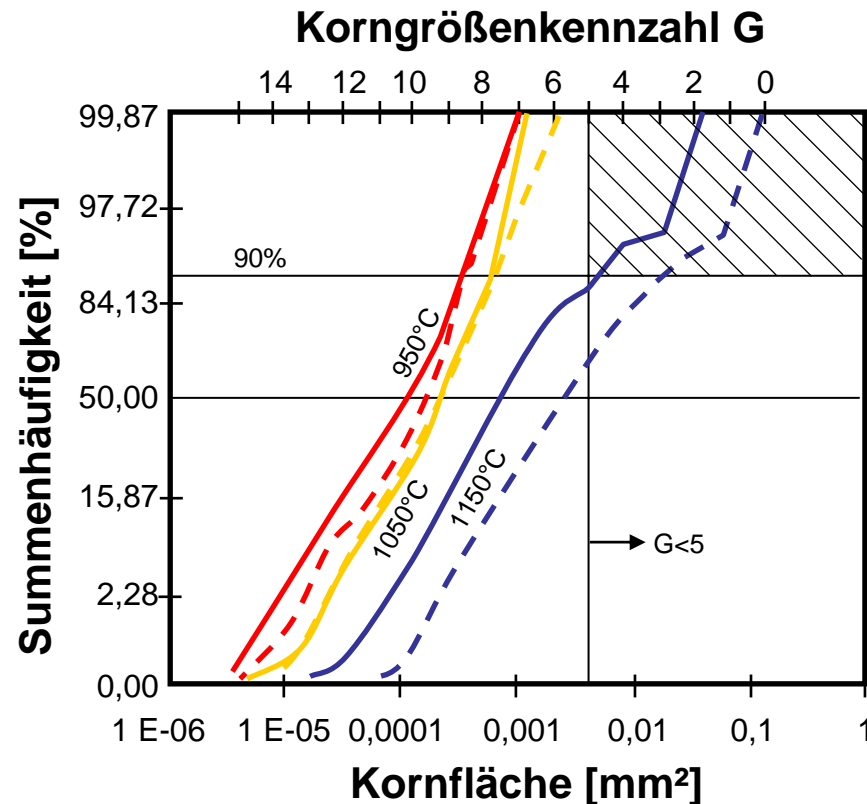
Feinkornbeständigkeit von 20 CrMo 2 ohne und mit Zusatz von Niob



U: unbehandelt, **BF:** angelassen, **GI:** GKZ < Ac_1 , **GII:** GKZ > Ac_1 , **N:** normalgeglüht (870°C, 30 min/L),
BG: behandelt auf Ferrit-Perlit Gefüge (930°C, 40 min/isotherm)



Feinkornbeständigkeit von 16 MnCr 5 bei Zusatz von Nb und Ti



Schmelze Ziel



Schmelze 9



Al: 0,0160 %

0,0220 %

N: 0,0186 %

0,0130 %

Nb: 0,0522 %

0,0316 %

Ti: 0,0128 %

0,0070 %

Referenzbehandlung R:

1150 °C/ 40 min/Luft

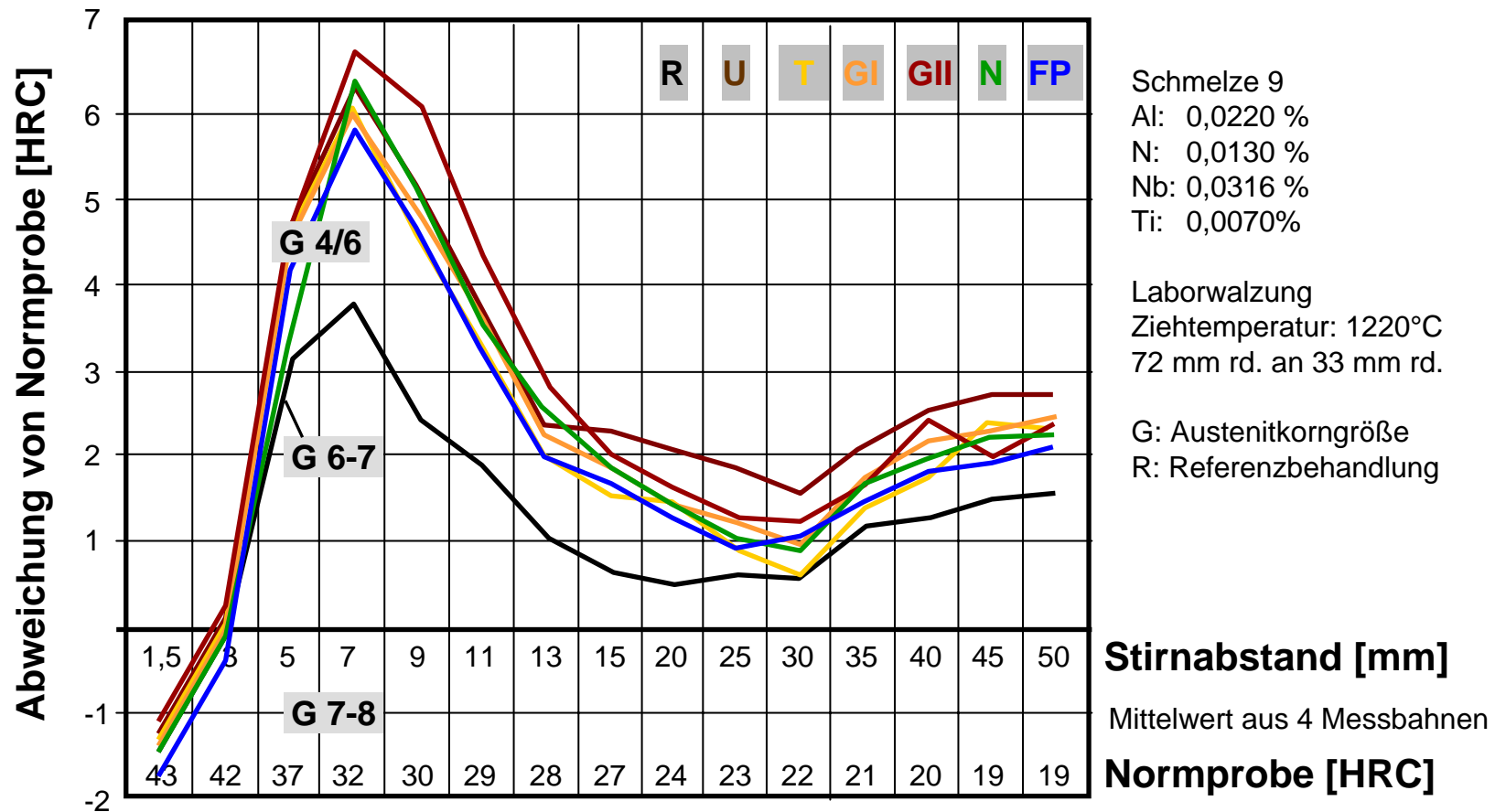
Prüfbedingung: T [°C], 2 h 47 min/Öl

unzulässig > 10 % G < 5



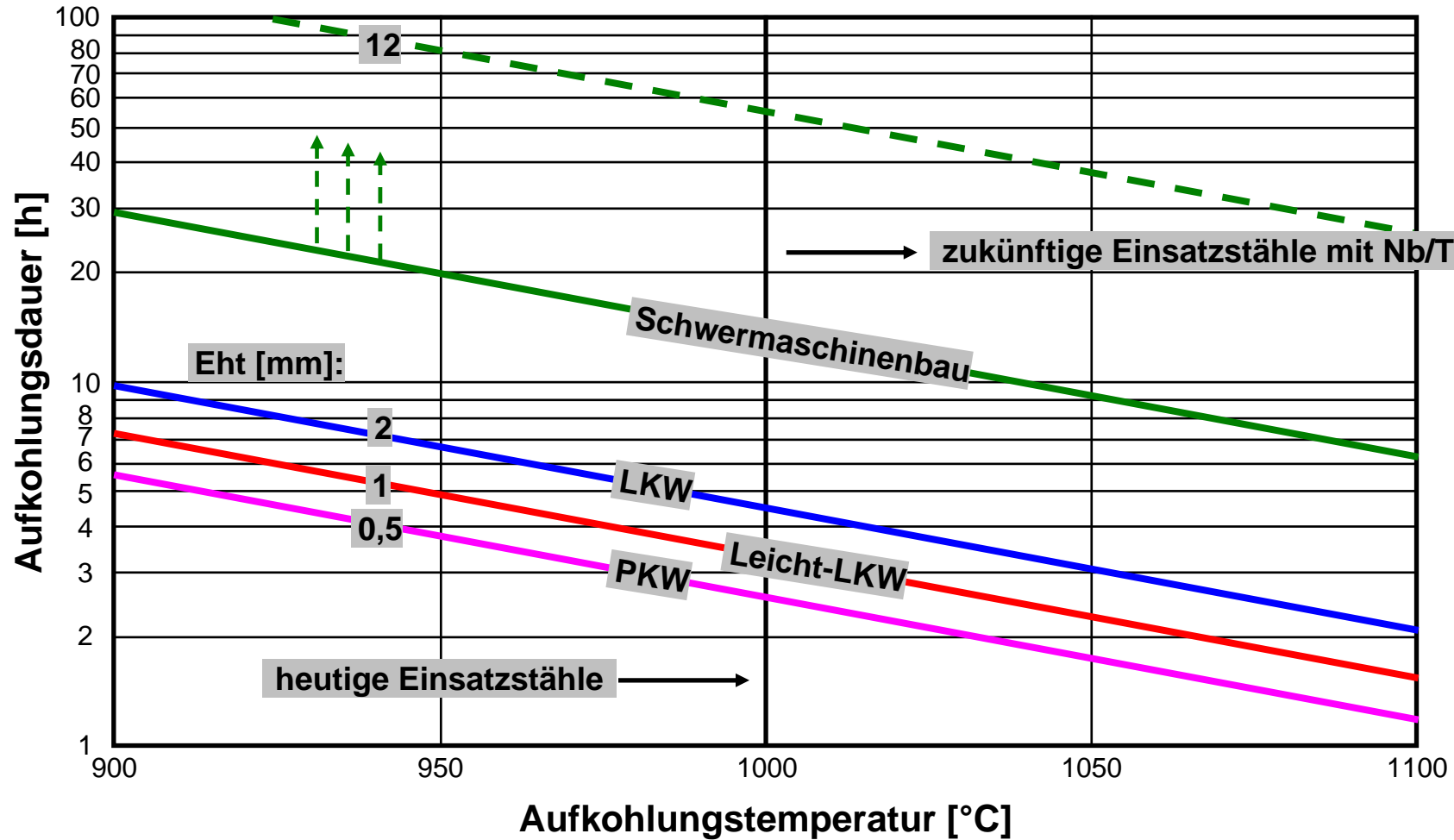
Abweichung der Härtebarkeit nach Jominy bei 16 MnCr 5 im fertigen Bauteil zur Normprobe für verschiedene Vorbehandlungen

Simulation einer Aufkohlungsbehandlung im Wirbelbettöfen: Aufheizdauer $t_{5/8}$ ca. 60 min, 1050 °C, 2h 47min, abgesenkt auf 880 °C/gehärtet





Aufkohlungsdauer für verschiedene Getriebebauteile



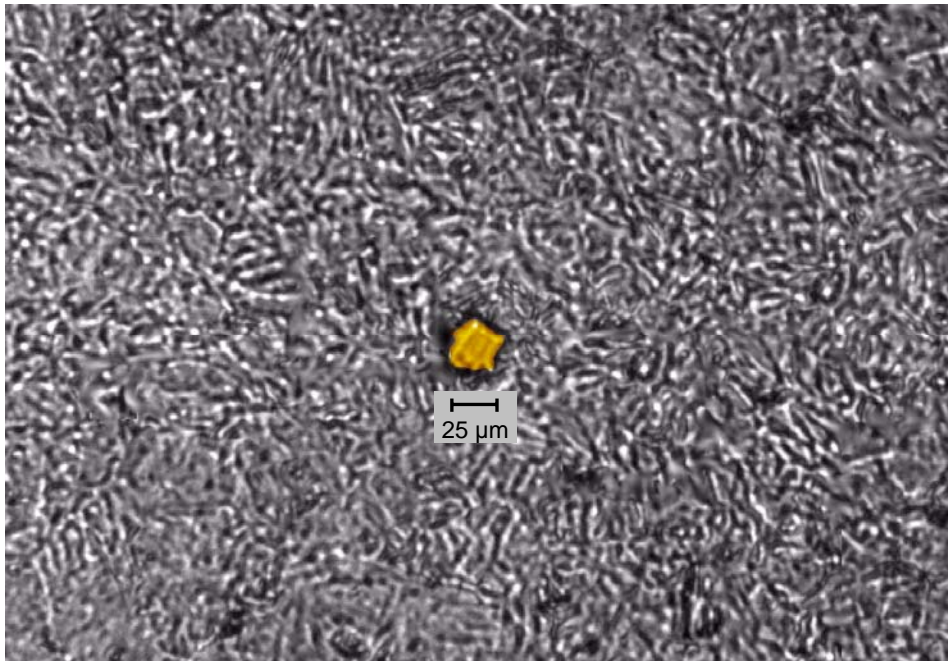


Zusammenfassung und Ausblick

- Die bisher gebräuchlichen Einsatzstähle können bei werkstoffgerechter Verarbeitung bis 1000 °C genutzt werden.
- Bei jeder Wärmebehandlung einschließlich dem Wärmen zum Walzen ist auf das Verhältnis von gelöster zu gebundener Nitridmenge zu achten. Das gilt auch für Stähle, die mit Niob und Titan feinlegiert sind.
- Die Feinlegierung muss so abgestimmt sein, dass der Rohstahl arm an Oberflächenfehlern hergestellt werden kann.
- Nach weiterer umfassender Entwicklungsarbeit können die feinlegierten Einsatzstähle bis 1100 °C sicher aufgekocht werden.



- Die Feinlegierung muss so abgestimmt sein, dass am Fertigprodukt keine Titancarbonitride im μm -Bereich vorliegen.



Jominy-Probe
Schmelze Ziel

Al: 0,0160 %
N: 0,0186 %
Nb: 0,0522 %
Ti: 0,0128%

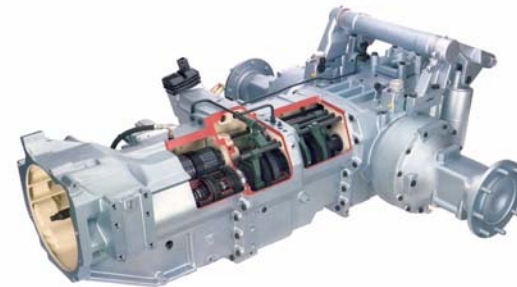


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



PKW

Fragen ?



Traktor

?



LKW

?

Besuchen Sie uns: www.dew-stahl.com