
Die physikalischen Eigenschaften der Stähle

Das „100-Stähle - Programm“

F. Richter

4. / 5. März 2010

Forschungszentrum Karlsruhe

<ol style="list-style-type: none">1. Dichte2. Wärmeausdehnung3. Elastizitätsmodul4. Querkontraktionszahl5. Wärmekapazität	<ol style="list-style-type: none">6. Elektrischer Widerstand7. Wärmeleitfähigkeit8. Temperaturleitfähigkeit
---	---

Bild 2: Untersuchte physikalische Eigenschaften

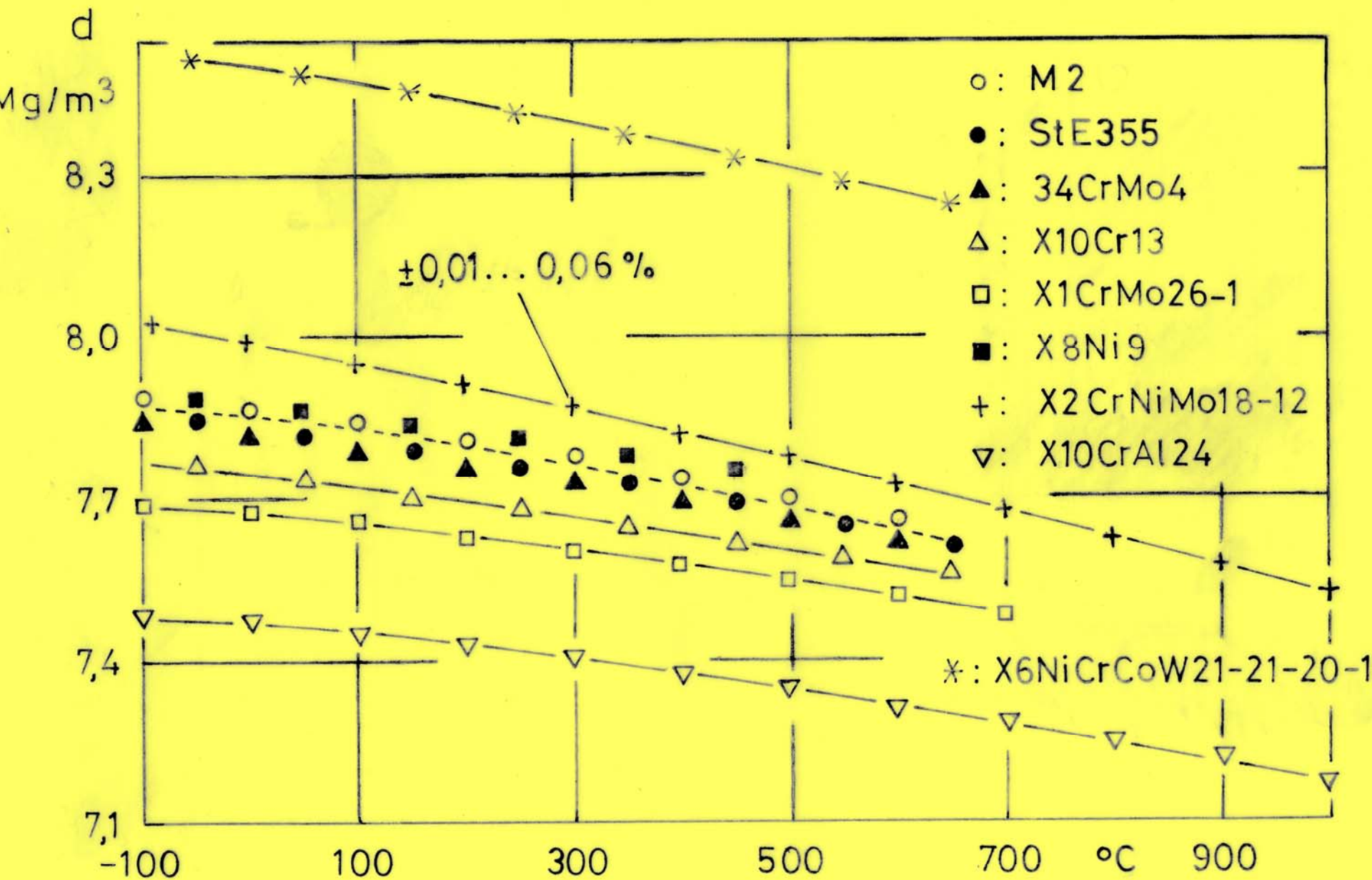


Bild 3: Dichte von Stählen

○ : unlegierte / mikroleg. Stähle △ : 7 bis 18% Cr x : 12 bis 20% Cr / 8 bis 11% Ni
 ● : niedriglegierte Stähle ▲ : 9% Ni + : X20MnCr24-9

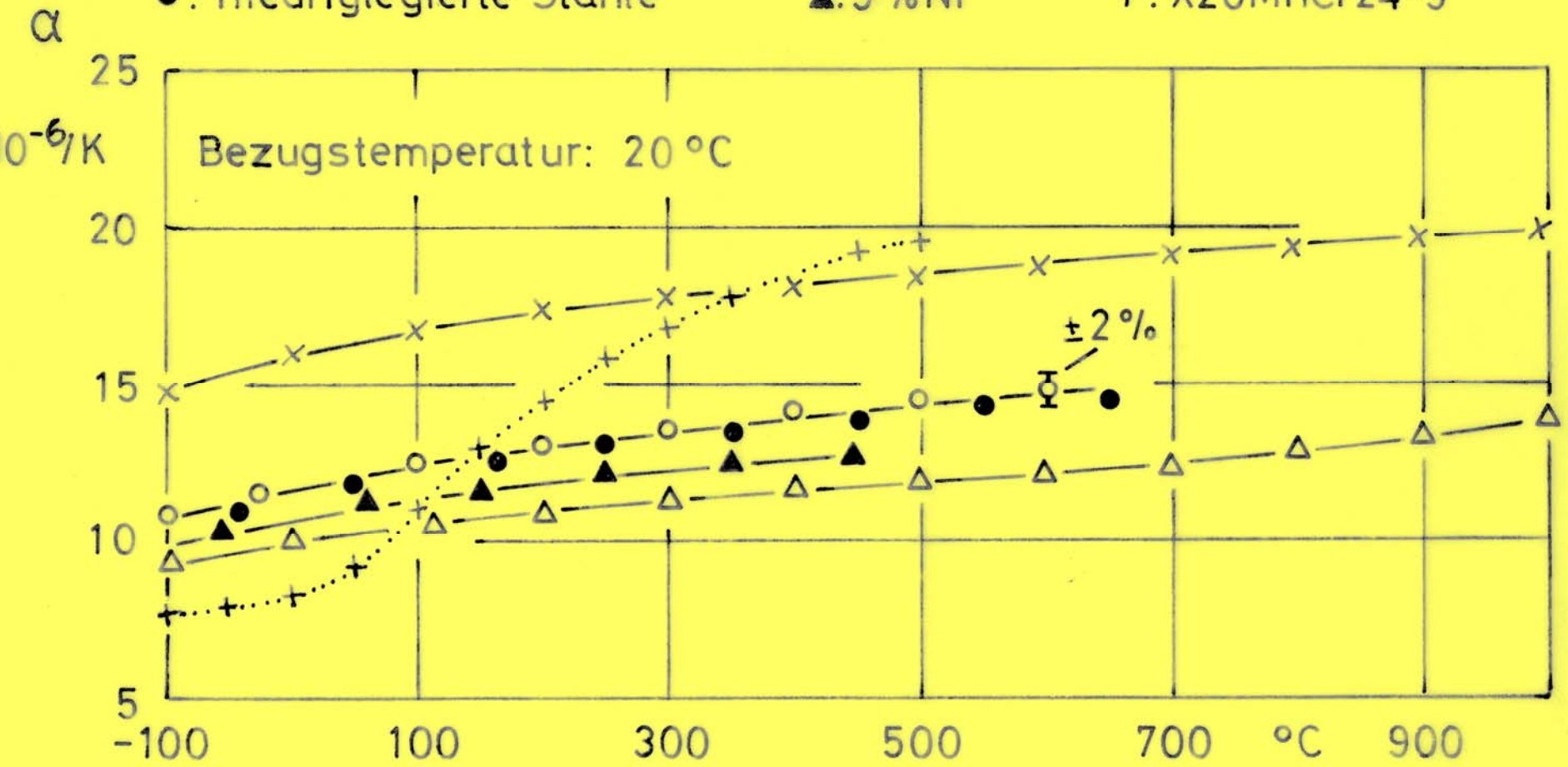


Bild 4: Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient von Stählen

E

○ : unlegierte/ niedrigleg. Stähle

austenitische Cr-Ni-Stähle

● : 5 bis 26 %Cr △ : 9 %Ni

■ : 8 bis 20 %Ni □ : 33/36%Ni

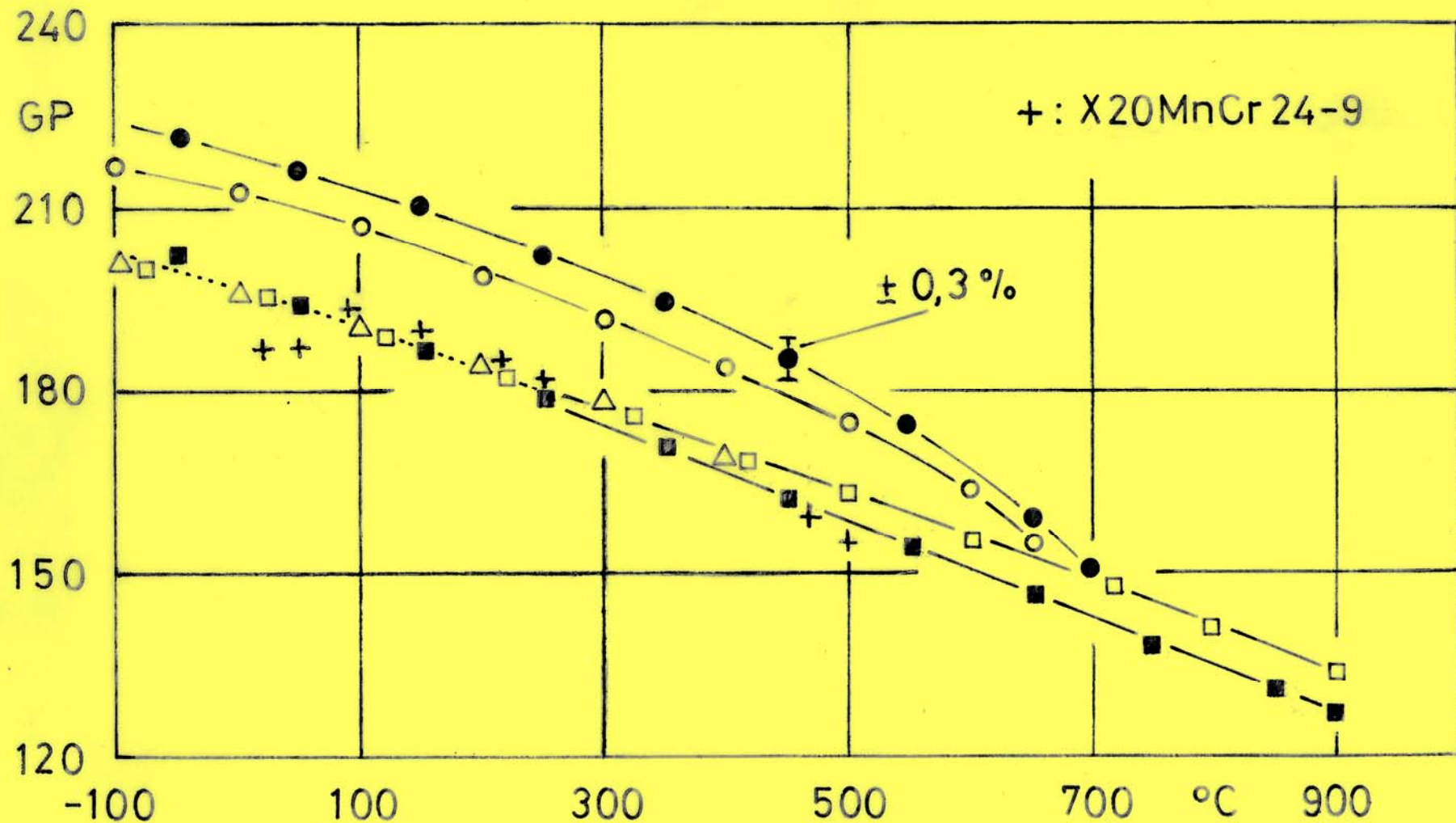


Bild 5: Elastizitätsmodul (dynamischer) von Stählen

o : unlegierte/ niedrigleg. Stähle

● : 5 bis 26 %Cr

austenitische Cr-Ni-Stähle

□ : 10 bis 22%Ni ■ : 12 bis 36%Ni
(16 bis 25%Cr) (16 bis 38%Cr)

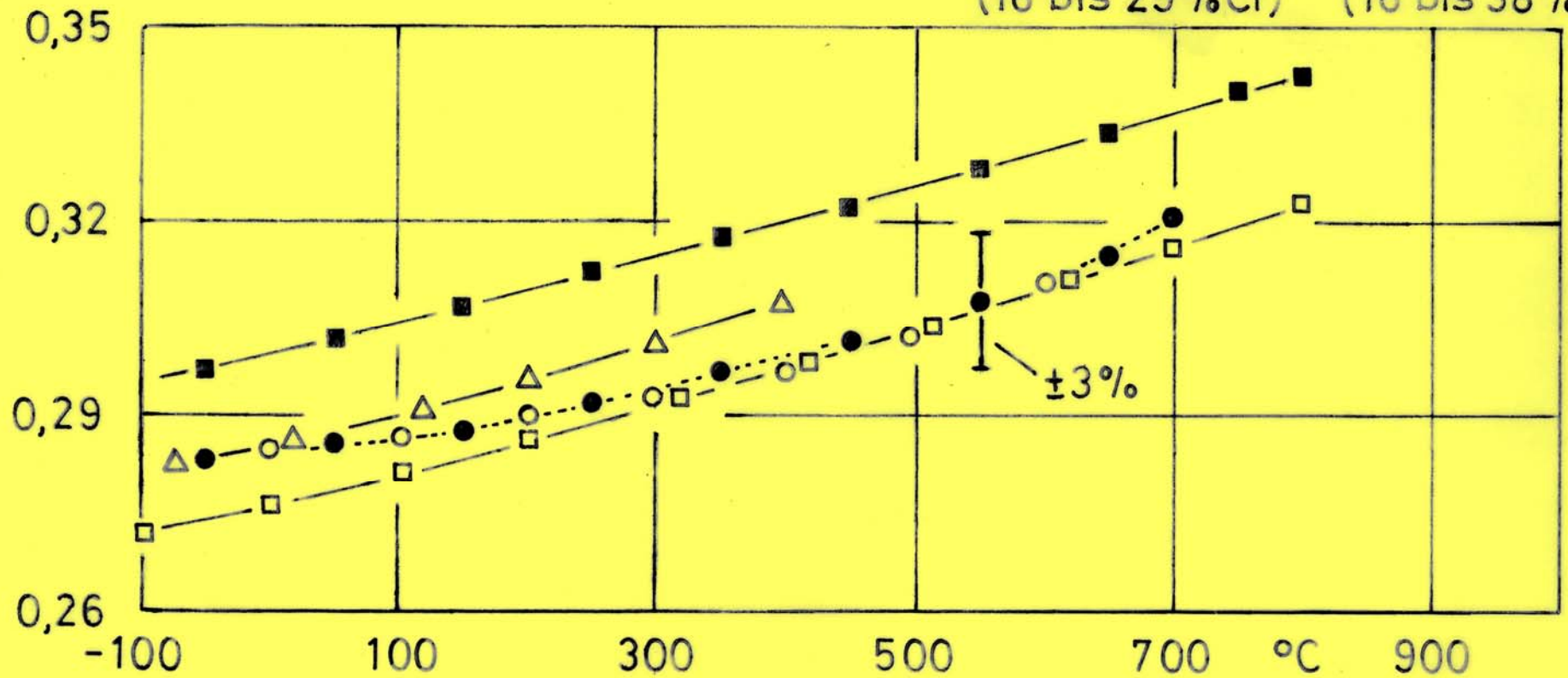


Bild 6: Querkontraktionszahl (dynamische) von Stählen

●: unlegierte / niedrigleg. Stähle

○: 18 % Cr

△: 5 bis 9 % Ni

■: austenitische Cr-Ni-Stähle

▲: X40MnCr23

C_p/w

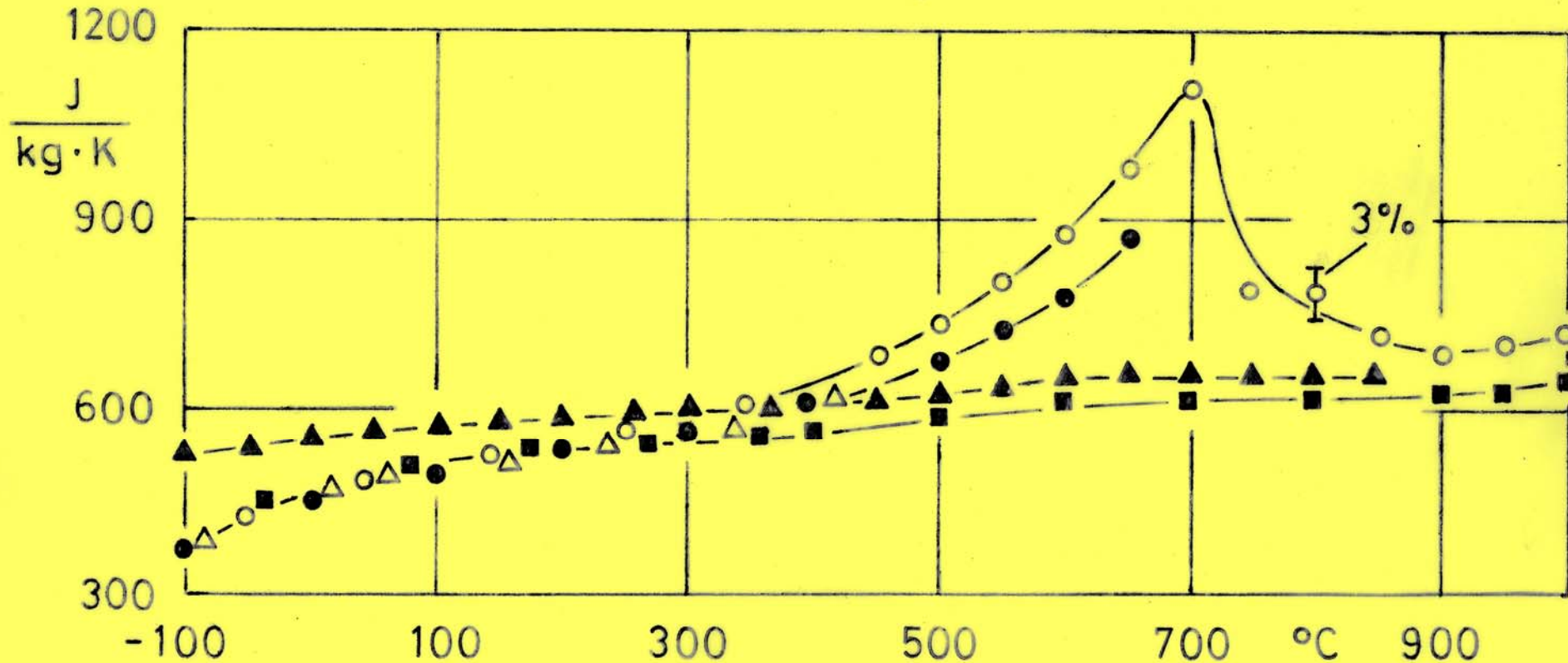


Bild 7: Wahre spezifische Wärmekapazität von Stählen

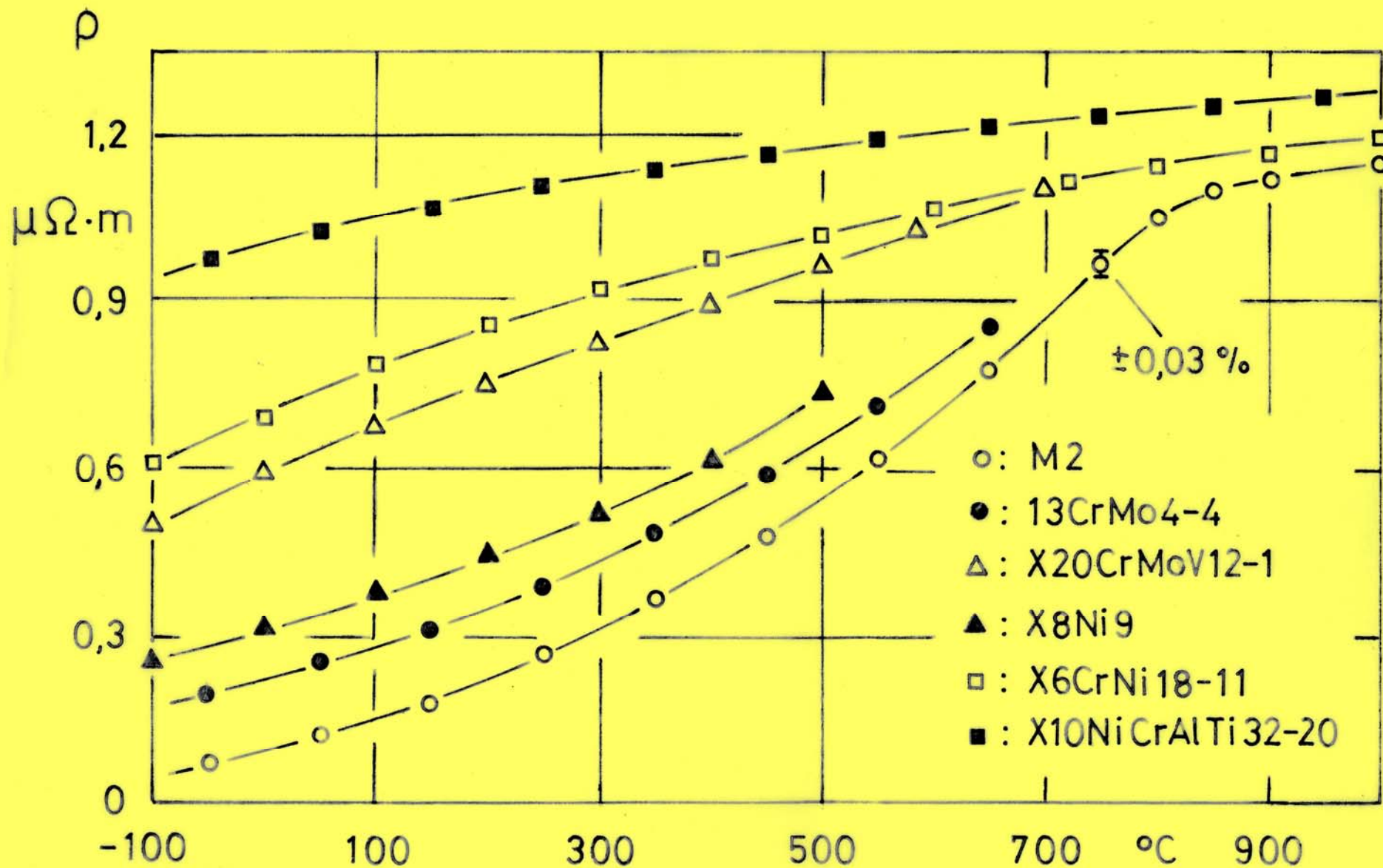


Bild 8: Spezifischer elektrischer Widerstand von Stählen

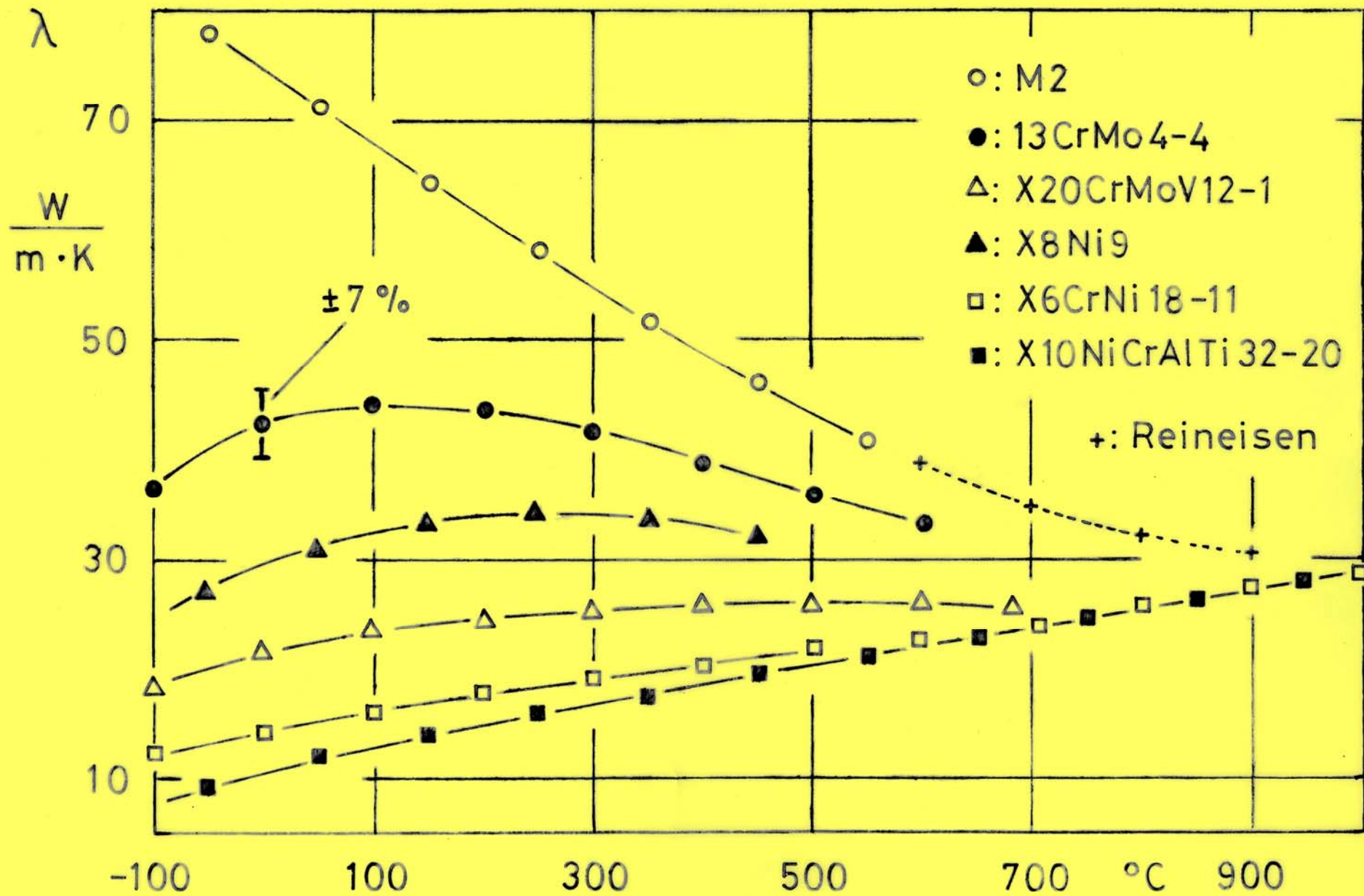


Bild 9: Wärmeleitfähigkeit von Stählen

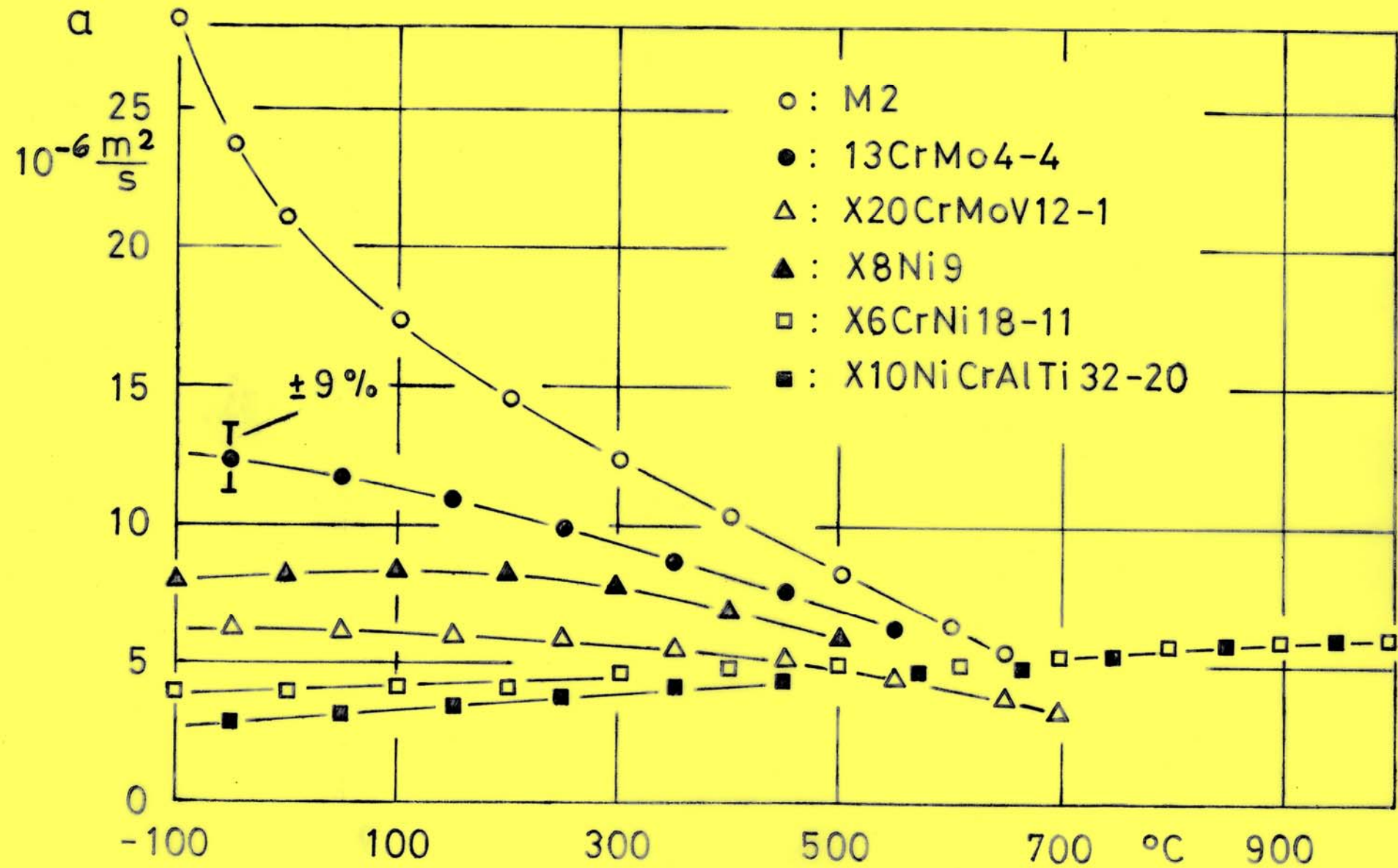


Bild 10: Temperaturleitfähigkeit von Stählen

Die physikalischen Eigenschaften der Stähle (Das „100-Stähle Programm“ / Abschlussbericht)

F. Richter / Mülheim an der Ruhr

Bei Prüfung der Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften der Stähle von der jeweiligen chemischen Zusammensetzung stellt sich eine Gruppe von Eigenschaften heraus, die sich bei leichten Änderungen in der chemischen Zusammensetzung nicht oder nur unwesentlich verändern. Das sind folgende Eigenschaften: Dichte, mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient, Elastizitätsmodul, Querkontraktionszahl und wahre spezifische Wärmekapazität. Dagegen werden die Transportgrößen in hohem Maße vom Gehalt der Legierungspartner beeinflusst. Das sind folgende Eigenschaften: spezifischer elektrischer Widerstand, Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit.

Die Dichte der untersuchten Stähle nimmt bei Raumtemperatur Werte zwischen 7,5 (Stahl mit 24 % Cr) über 7,87 (Armco-Eisen) und 8,5 Mg/m³ (Stahl mit 21 % Ni, 21 % Cr, 20 % Co und 10 % W) an. Bei 500 °C sinken sie auf 7,3 bis 8,3 Mg/m³. Der mittlere lineare Wärmeausdehnungskoeffizient für den Bereich 20 bis 100 °C liegt bei den meisten Stählen im Bereich 10 bis 12·10⁻⁶/K. Er steigt ein wenig auf Werte zwischen 11 und 15·10⁻⁶/K bei 500 °C. Ausnahmen bilden hier die austenitischen Cr-Ni-Stähle, zusammen mit dem antiferromagnetischen Mangan-Chrom-Stahl mit 24 % Mn und 9 % Cr.

Der Elastizitätsmodul unlegierter und niedriglegierter Stähle weist bei Raumtemperatur einheitliche Werte von rund 220 GPa auf. Mit einem Mittelwert von 200 GPa liegt er bei austenitischen Cr-Ni-Stählen etwas niedriger. Für alle Stähle ergeben sich bei 700 °C Werte von etwa 150 GPa. Die Querkontraktionszahl sämtlicher Stähle nimmt bei 20 °C Werte zwischen 0,28 und 0,30 an. Bei 700 °C ergeben die Messungen 0,31 bis 0,33. Die Zahlenwerte für den Elastizitätsmodul wie auch für die Querkontraktionszahl beziehen sich auf texturarmes Gefüge!

Im Temperaturbereich -100...500 °C unterscheiden sich die Werte für die spezifische Wärmekapazität von Stahl zu Stahl nur unwesentlich. Bei Raumtemperatur liegen sie zwischen 500 und 600 J/(kg·K), bei 500 °C zwischen 600 und 750 J/(kg·K). Bei den unlegierten und niedriglegierten Stählen ist auf das Maximum im Bereich der Curie-Temperatur (700...750 °C) zu achten.

Mit zunehmendem Gehalt an Legierungspartnern steigt der spezifische elektrische Widerstand bei 20 °C von 0,105 bei Armco-Eisen auf 1,05 μΩ·m bei hochlegierten Stählen. Bei 900 °C ergeben sich ziemlich einheitliche Zahlenwerte zwischen 1,1 und 1,3 μΩ·m. Ähnlich verhalten sich die Werte der Wärmeleitfähigkeit. Bei Raumtemperatur liegen sie zwischen 10 (austenitischer Cr-Ni-Stahl) und 73 W/(m·K) (Armco-Eisen). Bei 900 °C findet man auch hier wieder ein ziemlich einheitliches Verhalten mit Werten von rund 30 W/(m·K). Die Temperaturleitfähigkeit bietet ein ähnliches Bild im Vergleich zur Wärmeleitfähigkeit. Bei Raumtemperatur ergibt sich für den austenitischen Cr-Ni-Stahl ein Wert von 3·10⁻⁶ m²/s und von 20·10⁻⁶ m²/s bei Armco-Eisen. Bei 700 °C stellen sich einheitliche Werte von etwa 5·10⁻⁶ m²/s ein, praktisch unabhängig von der chemischen Zusammensetzung.

Messwerte für die einzelnen Stähle sind der demnächst erscheinenden Veröffentlichung zu entnehmen.