



## Zunderbildung beim Warmwalzen

W. Rasp, D. Filatov

Das Projekt **AW 130** „**Einfluss der Umformbedingungen beim Warmwalzen von Band auf Zunderbildung und Beizbarkeit**“ wird durch den „**Verein zur Förderung von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Walzwerkstechnik in der Hüttenindustrie (VFWH)**“ gefördert

Presented as lecture on the Max-Planck Hot Forming Conference Dec. 5th 2002 at the Max-Planck-Institut für Eisenforschung

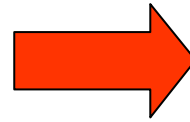


- Einleitung**
- Motivation des Forschungsvorhabens**
- Schwerpunkte der Arbeit**
- Stand der Kenntnisse**
- Ergebnisse und Zusammenfassung**



## neue Technologien

Dünnbandgießen und  
Dünnbrammengießen

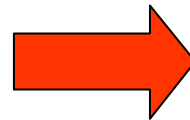


neue Werkstoffe wie LC, ULC,  
mikrolegierte Stähle mit **erhöhter  
Zunderbildung**

**Minderung der Zunderbildung**  
durch niedrigere Prozesstemperatur

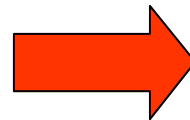
## neue Produkte

Warmbreitbandenddicke in  
CSP-Anlagen bis 0,8 mm



andere Walzspaltverhältnisse

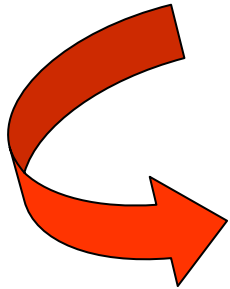
dünnes Warmband



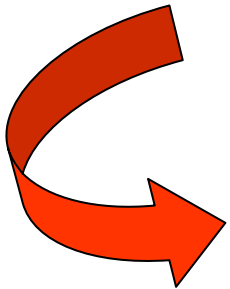
größere Fläche bei gleicher Masse

Konkurrenz zum Kaltband

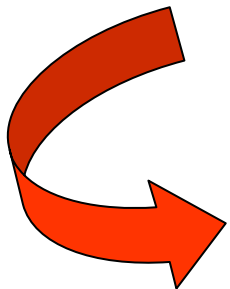
verändertes Beizverhalten von  
neuen Werkstoffen in dünnen  
Abmessungen



Ermittlung von **Verzunderungskoeffizienten** für die zu untersuchenden Werkstoffe mit Oxidationsversuchen bei hohen Temperaturen an der **Thermowaage**



Untersuchung der **Zundereigenschaften** in **Warmwalzversuchen** mit der am MPI für Eisenforschung entwickelten Versuchstechnik in Abhängigkeit von der **bezogenen Stichabnahme**, vom **Walzspaltverhältnis** und von der **Walztemperatur**

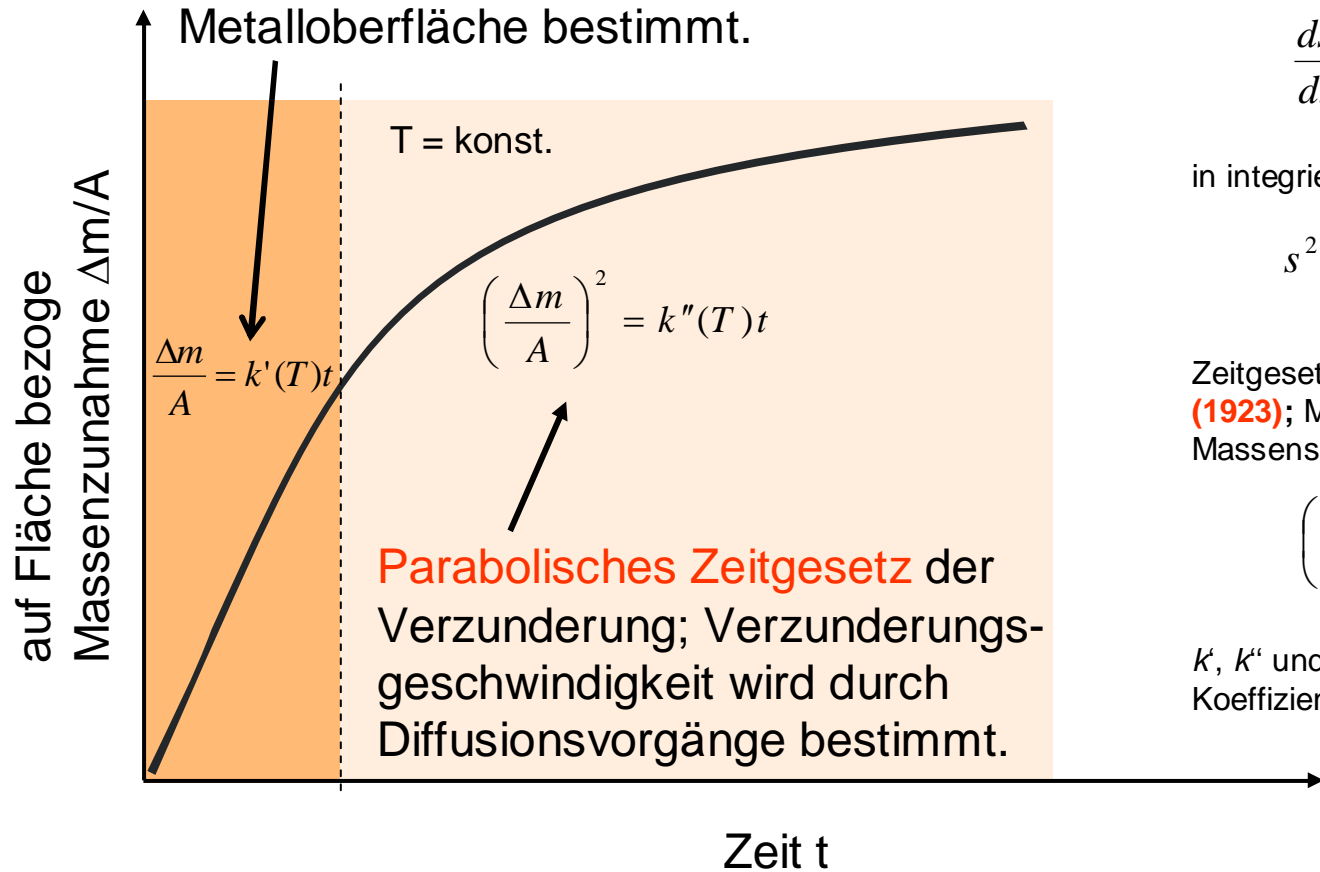


Untersuchung der **Beizbarkeit**

# Oxidation von Eisen in Luft



**Lineares Zeitgesetz** der Verzunderung;  
Verzunderungsgeschwindigkeit wird durch  
chemische Absorption von  $O_2$  an der  
Metalloberfläche bestimmt.



Zeitgesetz nach **Tammann (1920)**;  
Bestimmung der Schichtdicke durch  
Beobachtung der Anlauffarben

$$\frac{ds}{dt} = \frac{k'''(T)}{s}$$

in integrierter Form

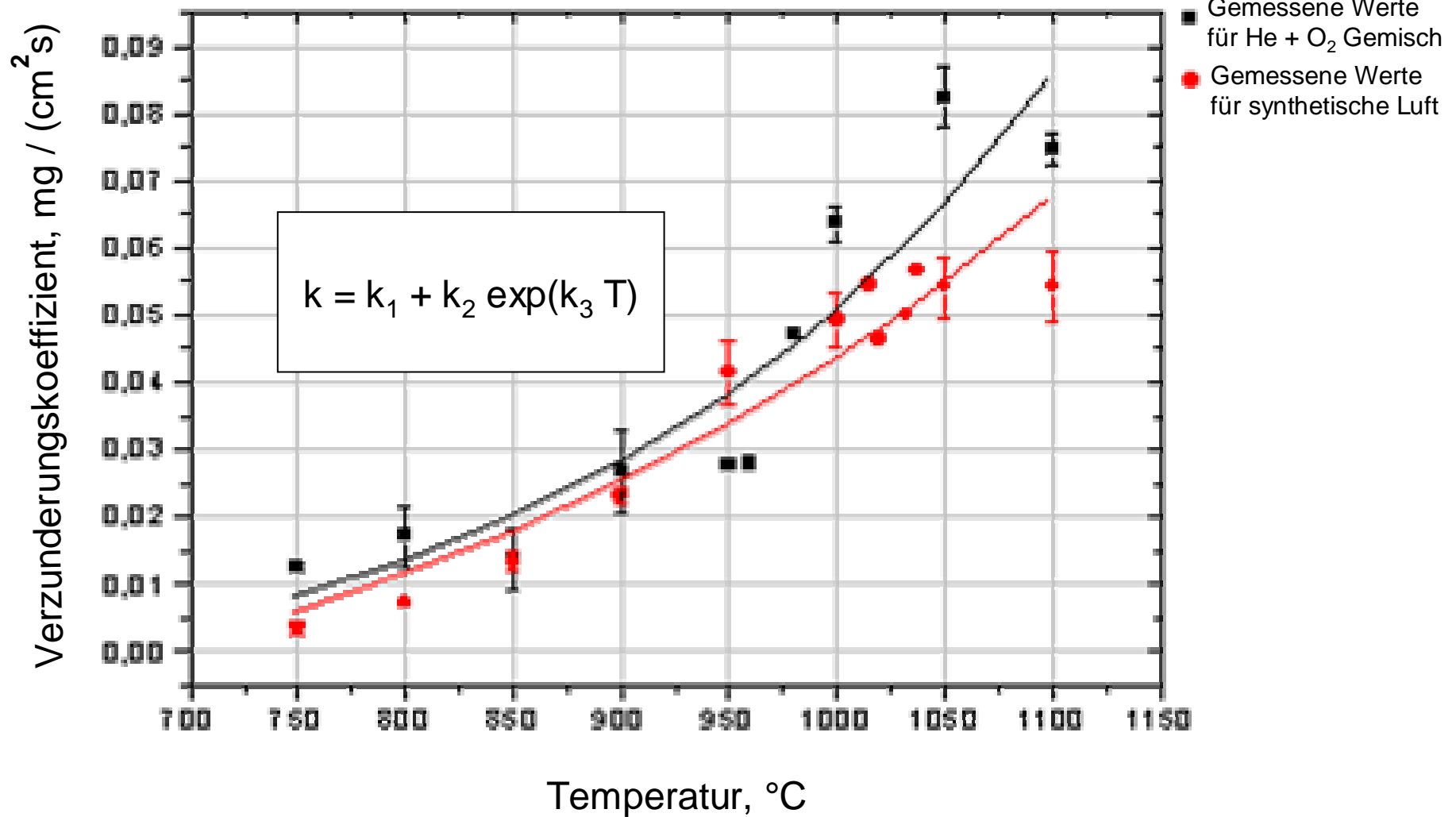
$$s^2 = 2k'''(T)t$$

Zeitgesetz nach **Pilling und Bedworth (1923)**; Messung der bezogenen  
Massenzunahme

$$\left(\frac{\Delta m}{A}\right)^2 = k''(T)t$$

$k'$ ,  $k''$  und  $k'''$  – temperaturabhängige  
Koeffizienten

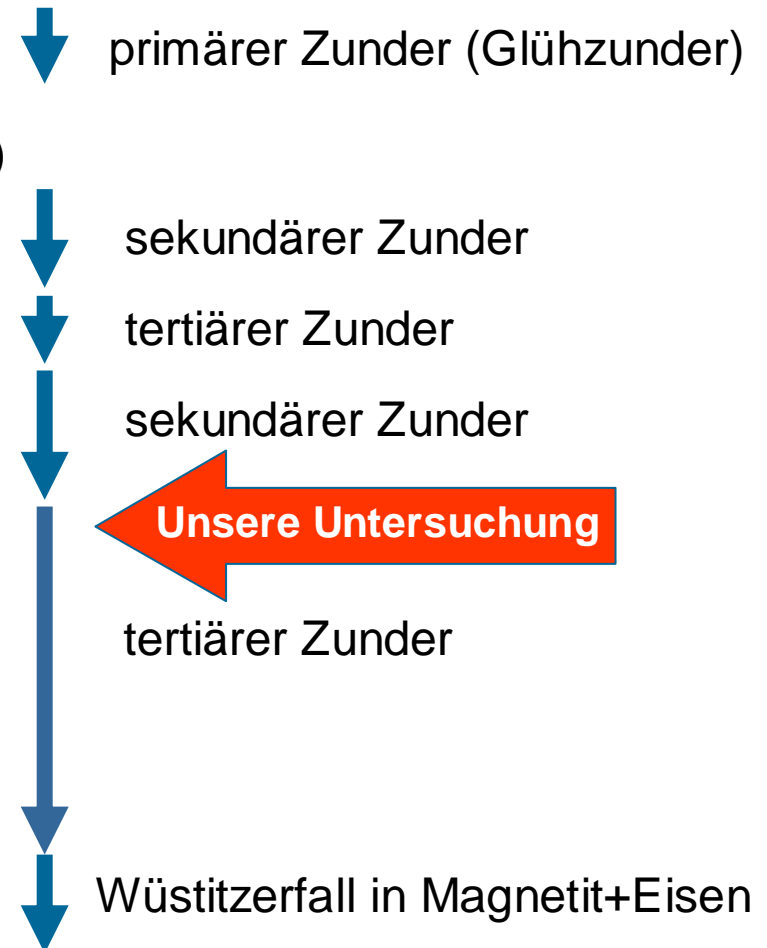
# Verzunderungskoeffizient



## Technologie der Warmbandproduktion in der konventionellen Warmbreitbandstraße

- Erwärmen der Bramme im Ofen
- Entfernung des Zunders im
  - Zunderbrecher (Gerüst mit Vertikalwalzen)
  - Zunderwäscher (Hochdruckwasserstrahl)
- Umformen in den Vorgerüsten
- Entfernung des Zunders im Zunderwäscher  
*Annahme, dass Vorbandoberfläche zunderfrei ist*
- Umformen in der Fertigstraße
- Luftkühlung auf dem Rollgang
- Wasserkühlung in der Laminarkühlanlage
- Haspeln
- Luftkühlung im Bund

## Begleitende Zunderbildung

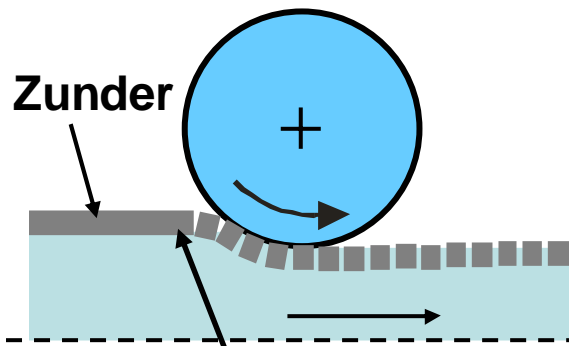


Der überwiegend aus Magnetit bestehende Zunder (Walzzunder)

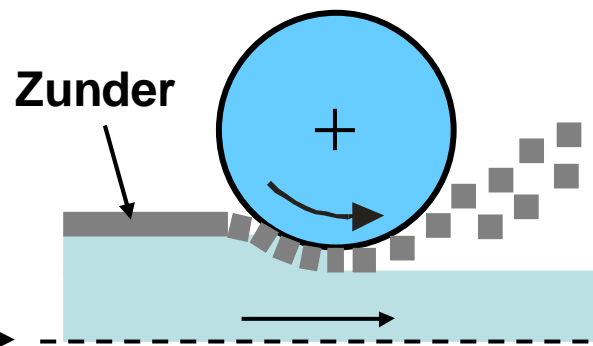
# Verhalten des Zunders beim Warmwalzen



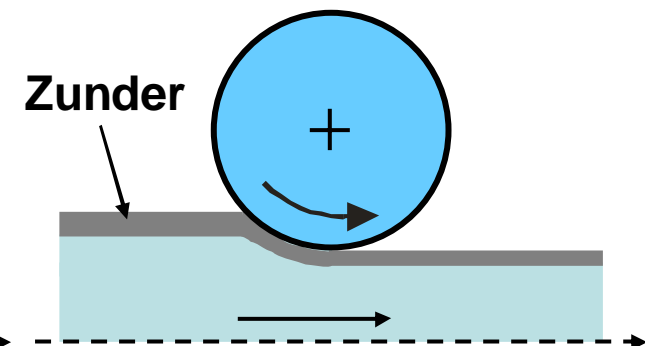
**Sprödes Verhalten,**  
Starke Verbindung  
Oxid / Metall



**Sprödes Verhalten,**  
schwache Verbindung  
Oxid / Metall



**Duktiles Verhalten,**  
Verformen zusammen  
mit dem Metall



Rückwärtszugspannungen können zusätzlich zu einer Rissbildung in der Zunderschicht vor dem Walzspalt führen.

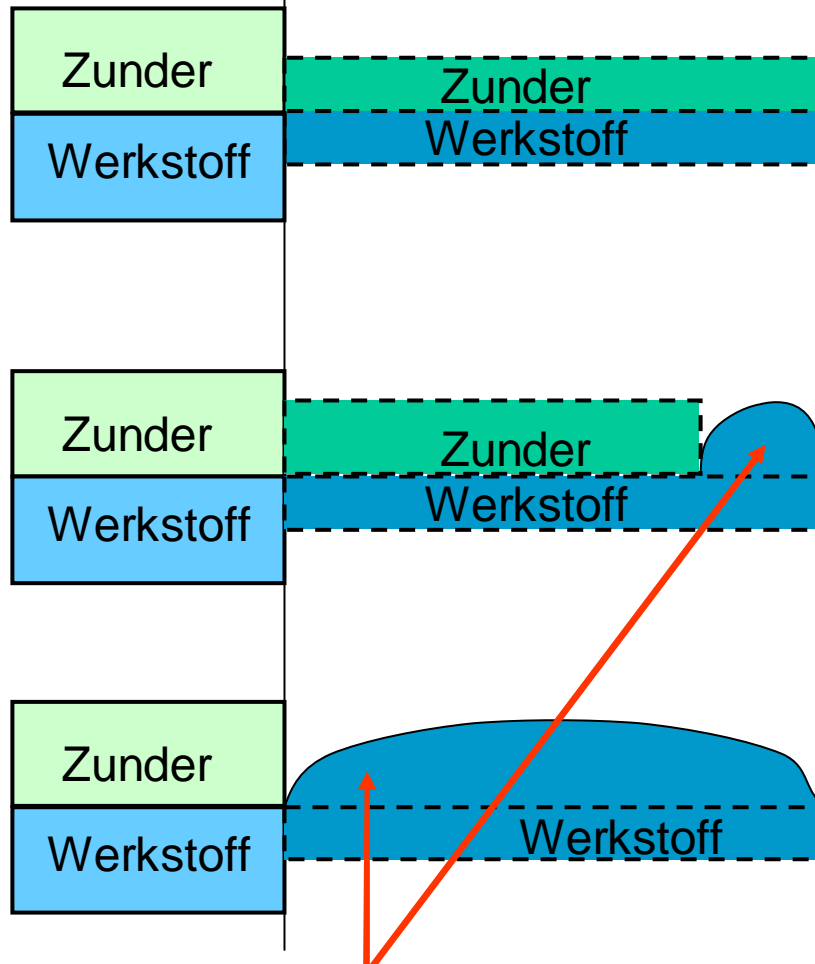


# Verformung des Zunders und des Werkstoffs



vor der Umformung

nach der Umformung



Zunder verformt sich  
im selben Grad wie  
der Werkstoff

$$\varepsilon' / \varepsilon = 1$$

Zunder verformt sich  
nicht im selben Grad wie  
der Werkstoff

$$\varepsilon' / \varepsilon < 1$$

Zunder verformt sich  
nicht, bleibt spröde und  
teilt sich in Bruchstücke

$$\varepsilon' / \varepsilon = 0$$

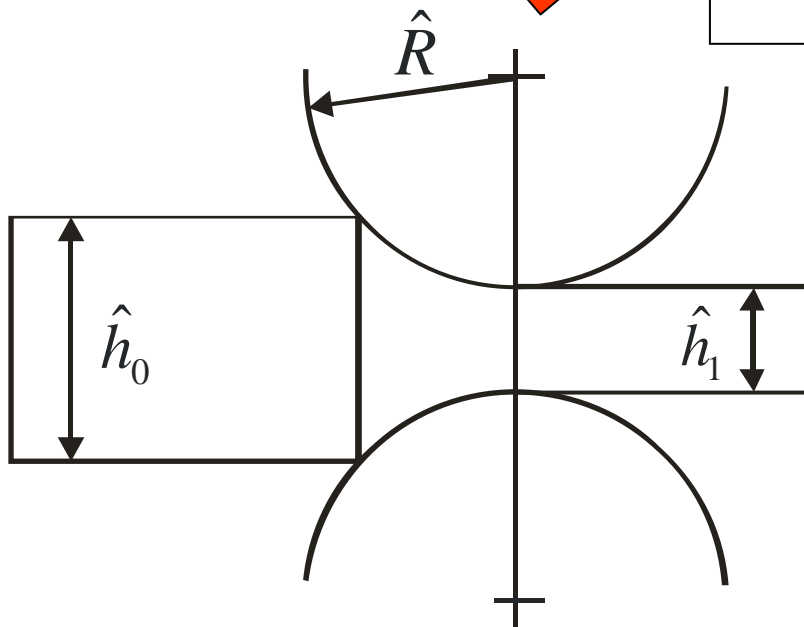
Werkstoff füllt die  
gebildeten Lücken,  
**Einwalzungen** entstehen

$\varepsilon'$  – bezogene Dickenabnahme des Zunders  
 $\varepsilon$  – bezogene Stichabnahme der Probe

# Versuchsgestaltung mit der Ähnlichkeitstheorie

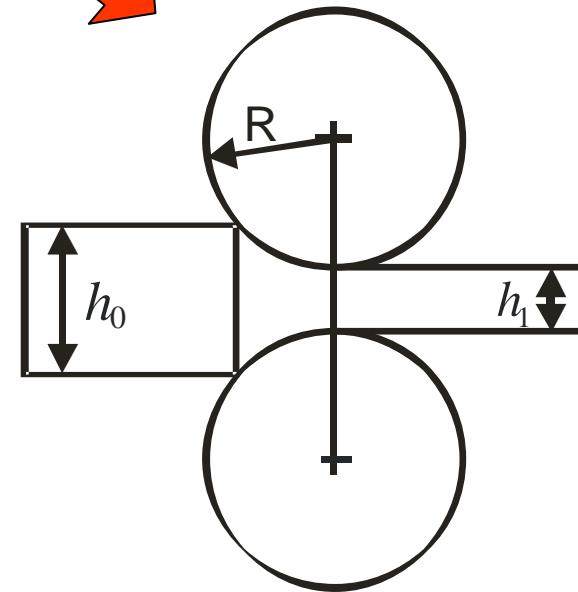


**Industrielle  
Hauptausführung**



$$\frac{\hat{R}}{h_0} = 7,3 \dots 9$$
$$\frac{\hat{h}_1}{h_0} = 0,5 \dots 0,6$$

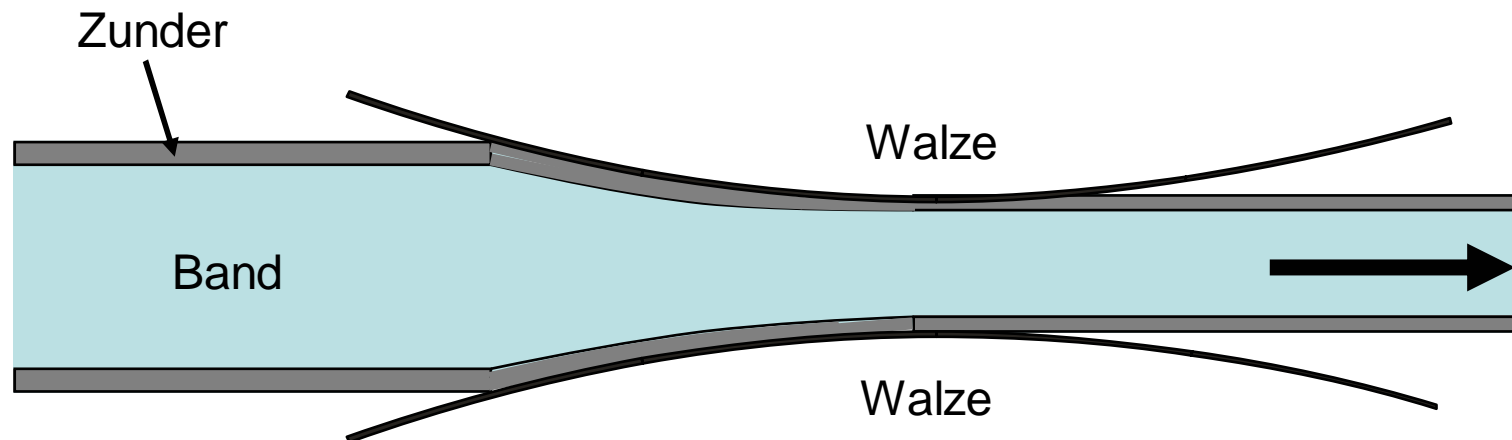
**Modell  
(Versuchswalzwerk)**





Ein **IF-Stahl DC06** nach EN 10130 (1998) Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen (FeP06 nach EN 10130 (1991))

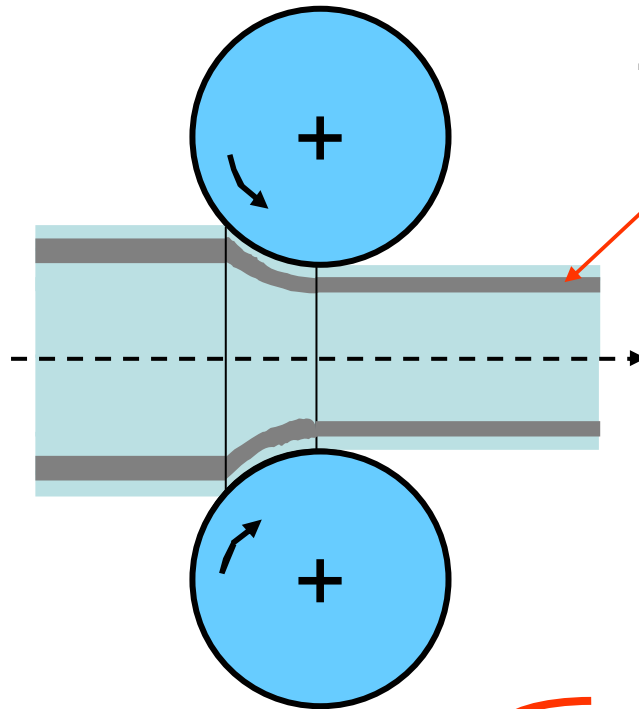
Ein **perlitarmer Sonderstahl S315MC** nach EN10149-2 (1995) Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen (QStE 300TM nach SEW 092).



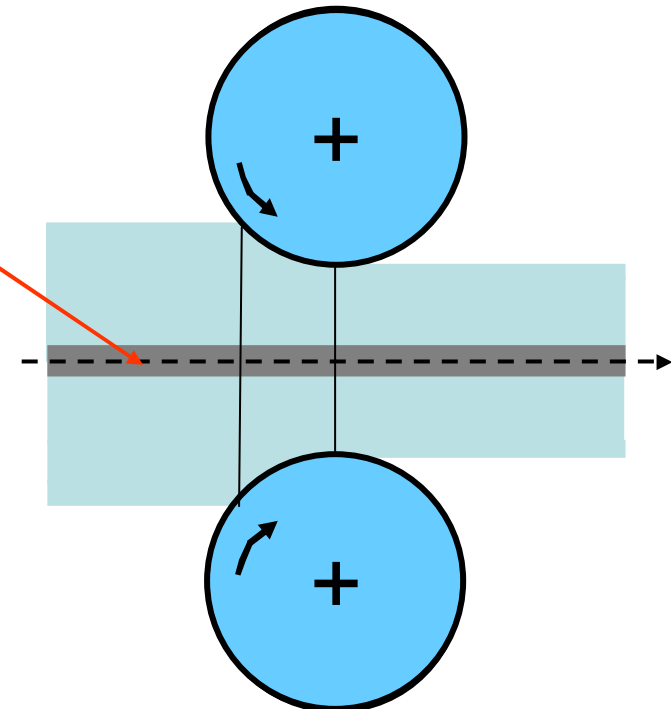
## Nachteile

- Zunderschichtdicke und Phasenanteile vor dem Walzspalt sind kaum messbar
- Umständliche Versuchsdurchführung
- Weitere Bildung der Zunderschicht nach dem Walzen und deswegen keine aussagekräftige Information über den Zunder nach dem Walzen

## 3-Schicht Sandwichprobe



## 2-Schicht Sandwichprobe

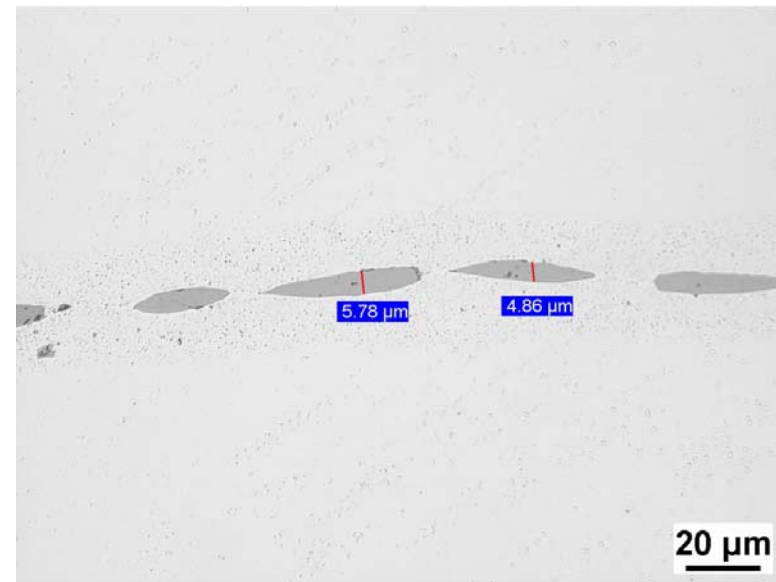
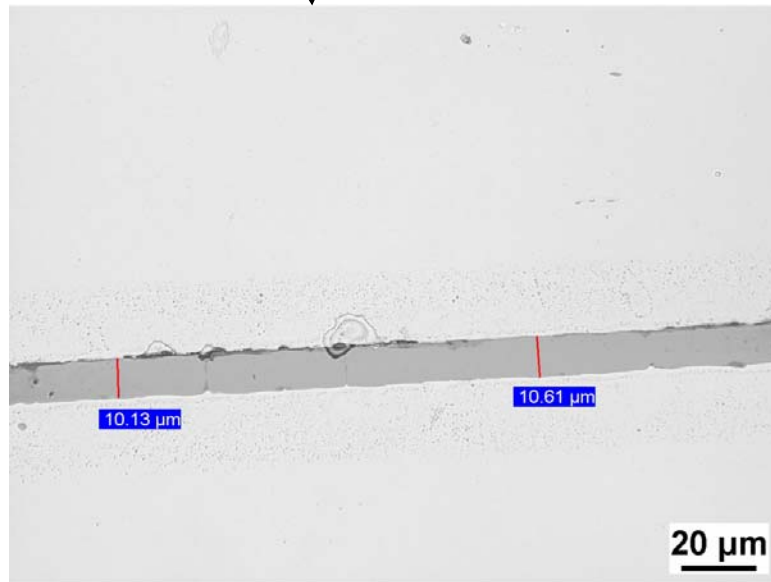
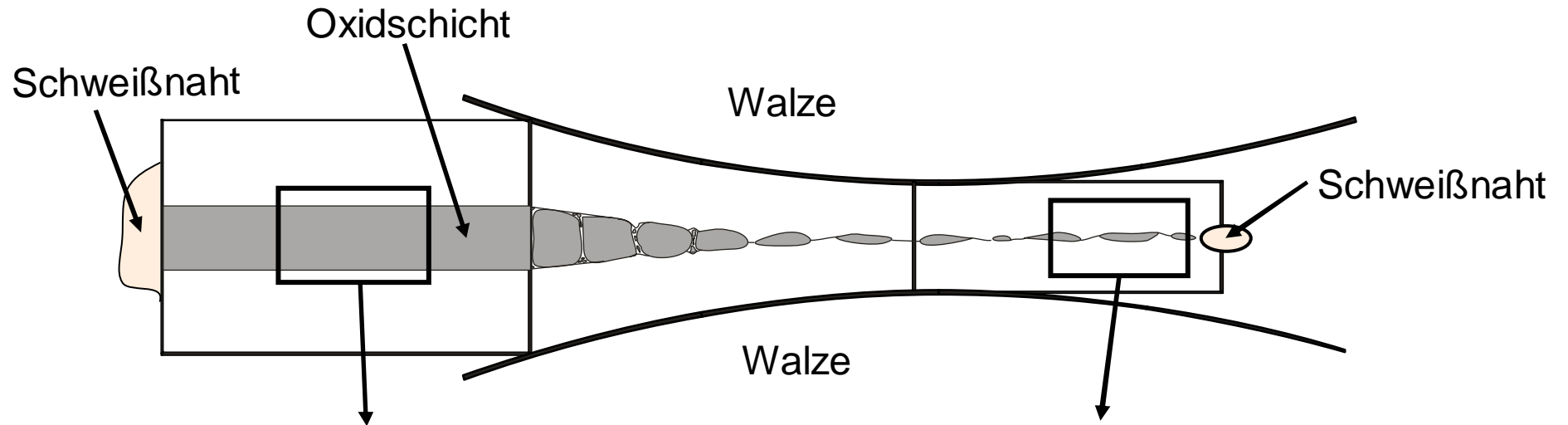


Zunderschicht

### Vorteile

- Zunderschicht messbar
- Keine weitere Oxidation
- Einfache Versuchsdurchführung
- Walzen mit Stecker möglich

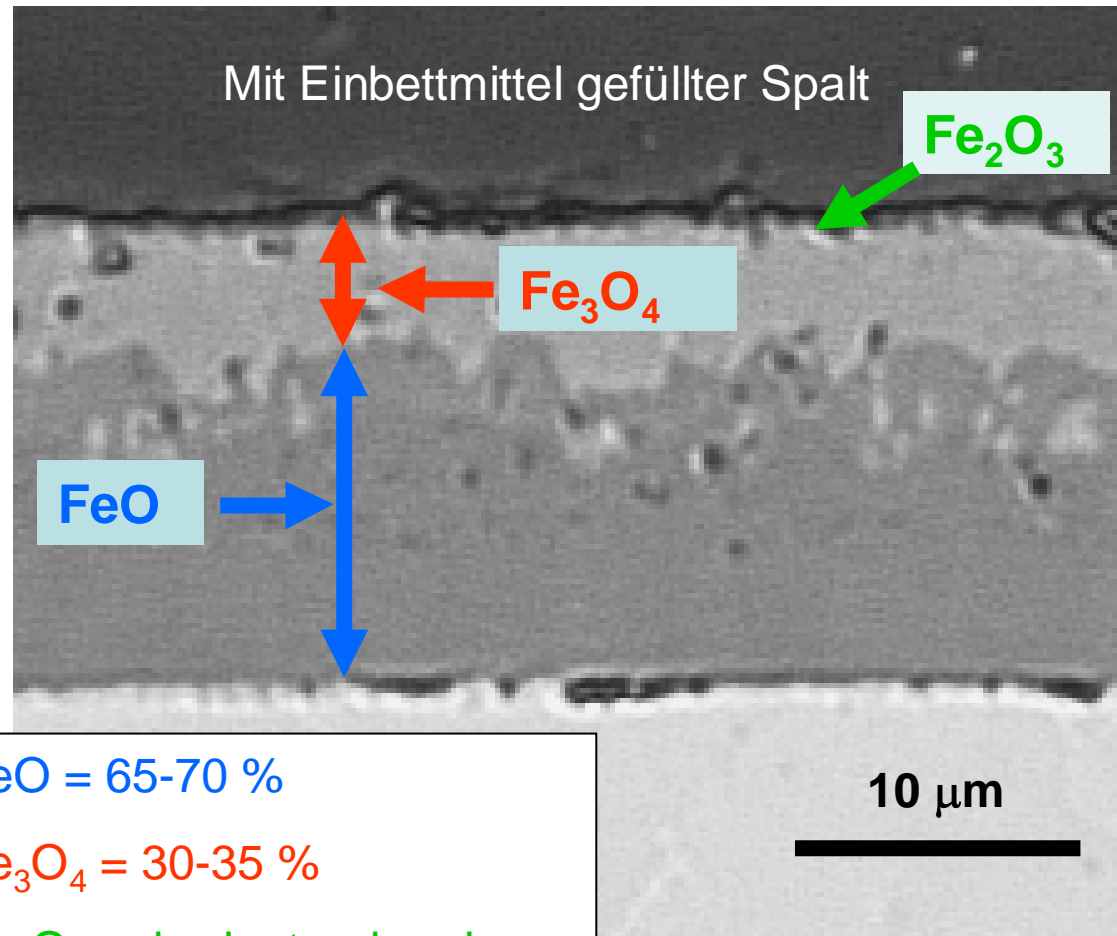
# Probentrennung und Vermessung



# Phasen der Oxidschicht



Phasenanteile der Oxidschicht auf einem perlitarmen Stahl vor dem Walzen

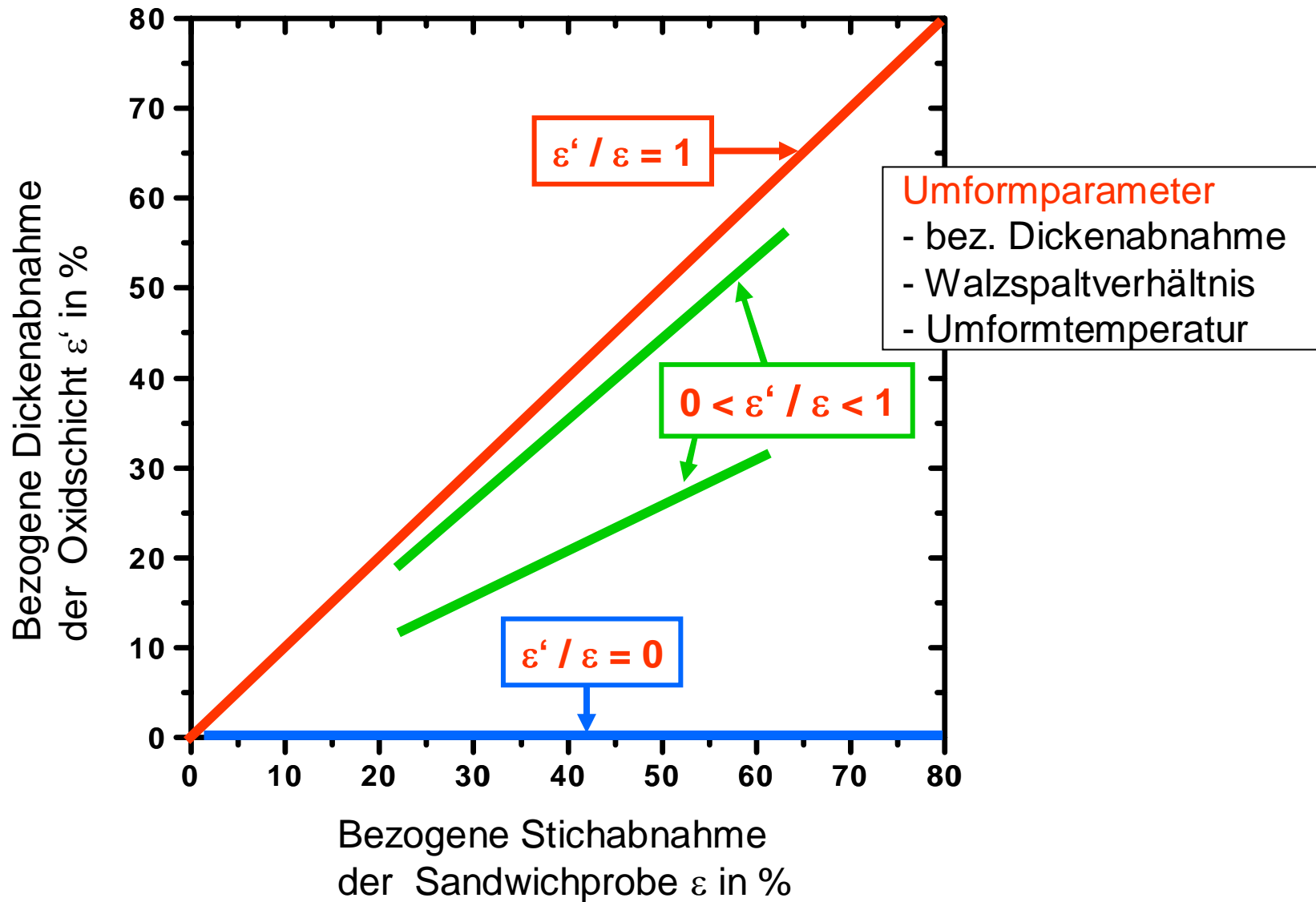


Anteil  $\text{FeO}$  = 65-70 %

Anteil  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  = 30-35 %

Anteil  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  unbedeutend gering

# Duktilität der Zunderschicht







1. **Neue Versuchstechnik** wurde entwickelt
2. Hinweise für die **industrielle Praxis** über **Aufbau und Art des Zunders** in Abhängigkeit von den Umformparametern
3. Hinweise für die **industrielle Praxis** über die notwendige **Beizleistung** bzw. über den Einsatz von **Zunderwäschern** etc.
4. Die Ergebnisse können **theoretische Ansätze zur Zunderduktilität** bei **realistischen Druck- und Temperaturverhältnissen** sowie FEM-Rechnungen verifizieren