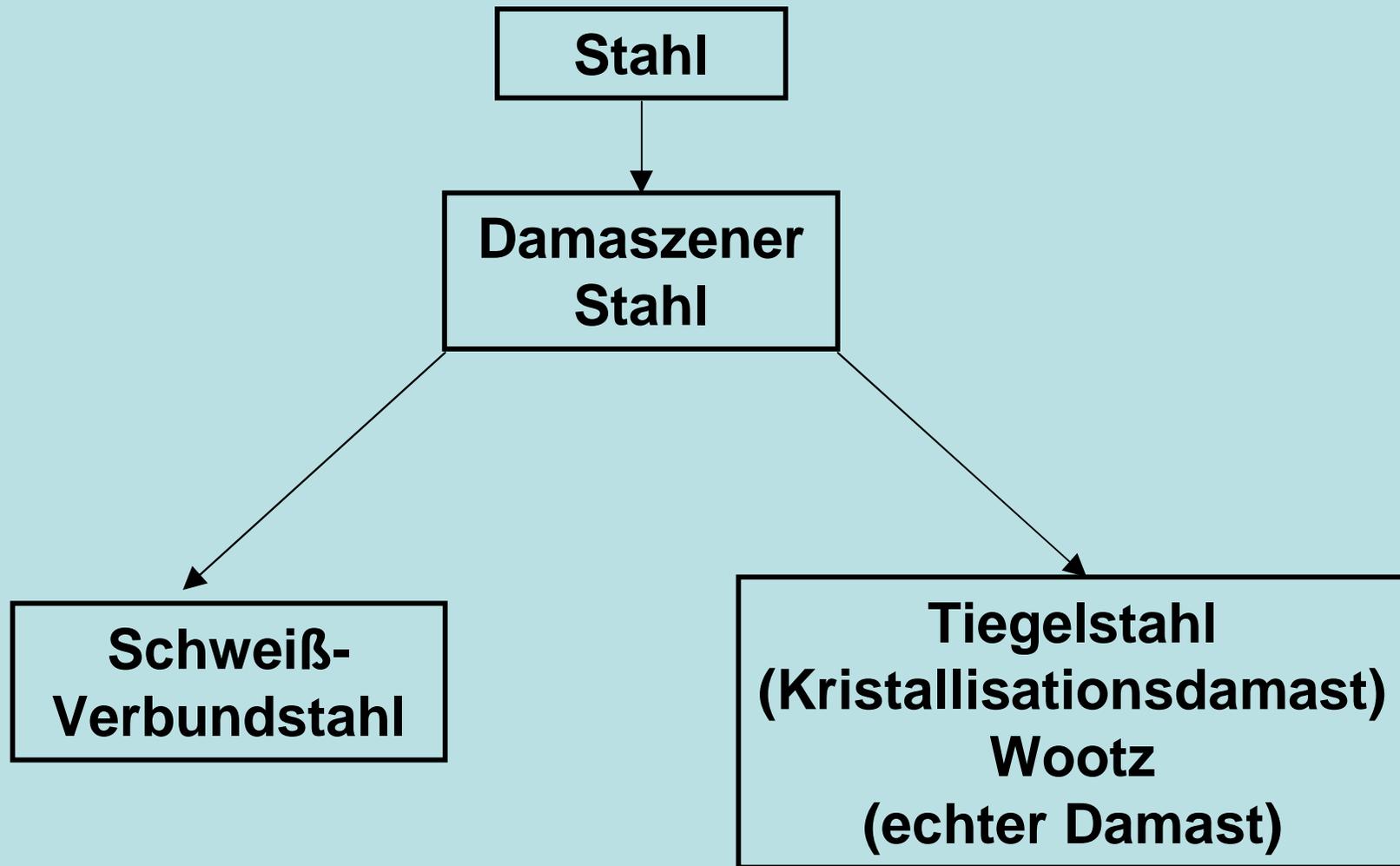


# Damaszener Stahl

## Herstellung und Anwendung

# Damast

- Damast-Stoffe
- Damaszierer (Ätzen der Oberfläche)
- Damasquintero (Toledo, Tauschierung, Belegung mit Edelmetallen)
- Schweißverbunddamast
- Kristallisationsdamast



# **Geschichte des Stahls**

- **Meteoriteisen**

- **Himmelseisen**
- **Metall der Götter**

- **Rennofen**

- **Direktreduktion**
- **keine schmelzflüssige Phase**



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Eisen schmelzen ergibt Gußeisen (nicht schmiedbar)

Betrieb eines Rennofens zu besichtigen

1. Wochenende im Mai,  
Solingen, Klingenmuseum

# Produkt des Rennofens

Luppe, Eisenschwamm

- große Poren
- viele Fremdstoffe

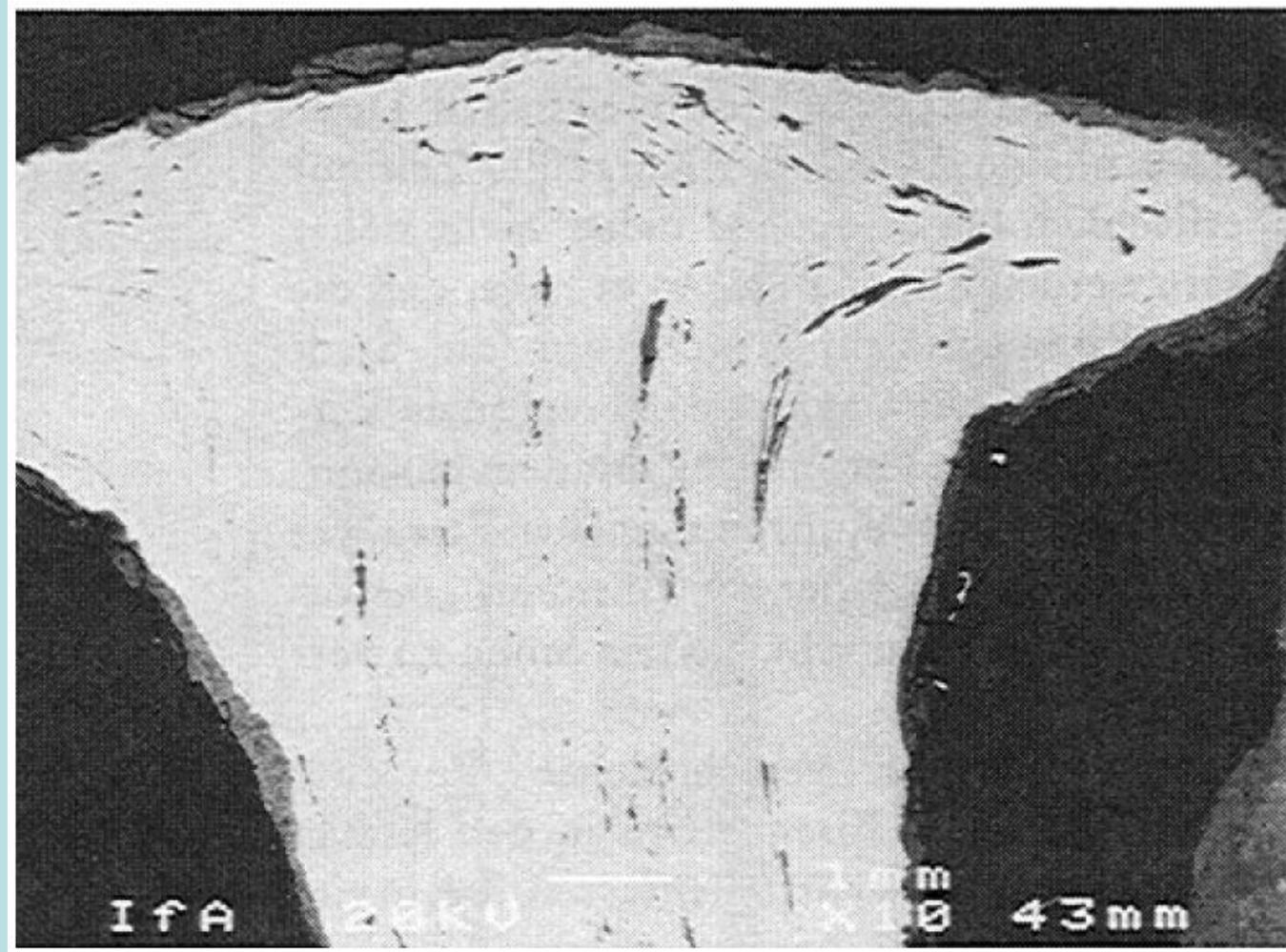
Schlacke

Holzkohle

Erz



# Nagelkopf aus Renneisen



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

**Kompaktieren und ausschmieden der Luppe  
zu Barren (Zain) 500g bis 20kg)**

**Aufkohlen oder ausbrennen des Kohlenstoffes  
auf gewünschte Größenordnung**

**homogenisieren durch umschmieden (kneten)**

**Große Schmiedestücke wurden aus mehreren Barren (Zaine)  
im Feuer verschweißt, z.B. Axt, Pflug**

**Eisenbarren waren wertvolle Handelsware**



Damaszener Stahl

**Barren unterschiedlich im C-Gehalt und Fremdstoffen, da auch Handelsware**

**Homogenisieren durch Umschmieden und Feuerschweißen**

**Beim Schleifen Kontrastunterschiede aufgefallen**

**Nächster Schritt: Bewusste Beeinflussung des Musters**

**Japanische Katana (Samuraischwerter) bis theoretisch 2 Mio Lagen, 21 Faltungen**

**1, 2, 4, 8, 16, 32, 64.....2.000.000 (kein Damast)**

# Andere Theorie über Damastklingen

Harter Stahl: spröde, Klingenbruch

Weicher Stahl: krumm, schartig

Fazit: Eine Klinge mit beiden Eigenschaften

# Schmelztiegeladamast (Wootz)

Überwiegend in Persien angewandte Technik

**Einsatzmaterial: Eisen (Stahl) aus dem Rennofen**

**Kohlenstoff**

**Spuren von Vanadium, wichtig!!! (0,02%)**

**Schmelzen und langsames Erstarren im Tiegel**

**Produkt: Wootz-König, 0,5 bis 2 kg**

**Vanadium wichtig für Dendriten-Wachstum und  
Mikroseigerung**

# Thermomechanisches Umformen

- 50 bis 400 Zyklen (wärmen und schmieden)
- Ca. 900°C Grenztemperatur
- Unter  $A_{c3}$ , sonst auflösen der Karbide
- Karbidzeilen werden gestreckt
- Vergrößerung der Karbide durch Anlagerung von  $Fe_3C$

Nachahmung durch westliche Schmiede in der Frühzeit misslungen, da fehlende Kenntnisse in der Temperaturführung.

Heute sind die Mechanismen weitestgehend geklärt.

# Wootz-König



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Wootz König



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Weitere Umformschritte



Damaszener Stahl

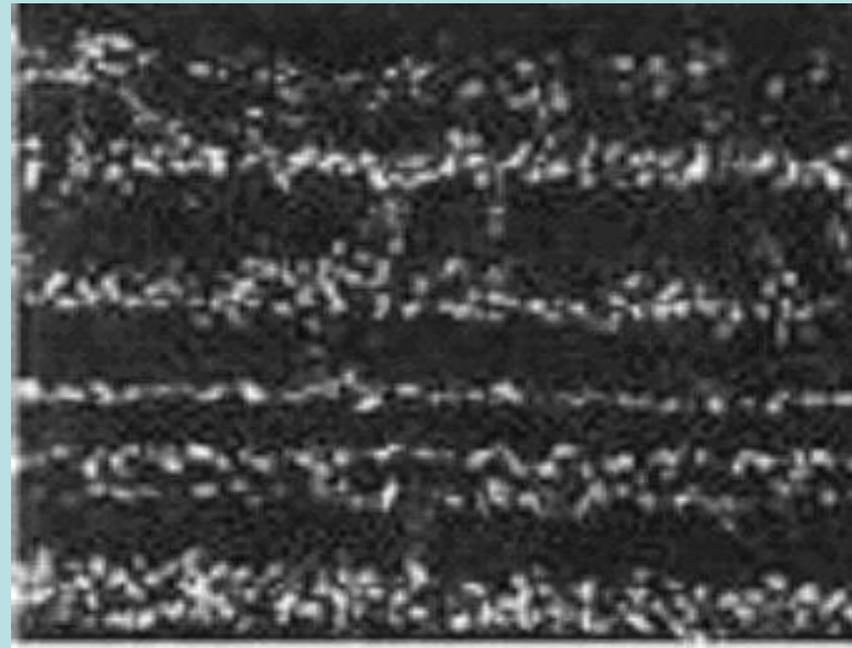
Dipl.-Ing. Norbert Bahls

**Wenn verflüssigter Damaszenerstahl erstarrt, schiebt sich auf der mikroskopischen Ebene eine Front von kristallisierendem Metall in die Schmelze hinein.**

**Sie ist nicht glatt, sondern hat die Form von aneinander gereihten "Tannenbäumen", so genannten Dendriten.**

**Elemente wie Vanadium, die als Verunreinigungen vorhanden sind, passen schlecht in das Kristallgitter des erstarrenden Stahls und reichern sich daher in der Restschmelze zwischen den Dendriten an.**

**Sobald sich auch diese verfestigt, sondern sich die Fremdatome in tropfenartigen "Perlen" ab, die wie auf einer Schnur aneinander gereiht sind. Wird der Stahl beim nachfolgenden Schmieden immer wieder erhitzt und langsam abgekühlt, bilden die Verunreinigungen die Keime für das Wachstum von harten Eisencarbidteilchen, welche die hell gefärbten Lamellen in der Damaszenerklinge erzeugen.**

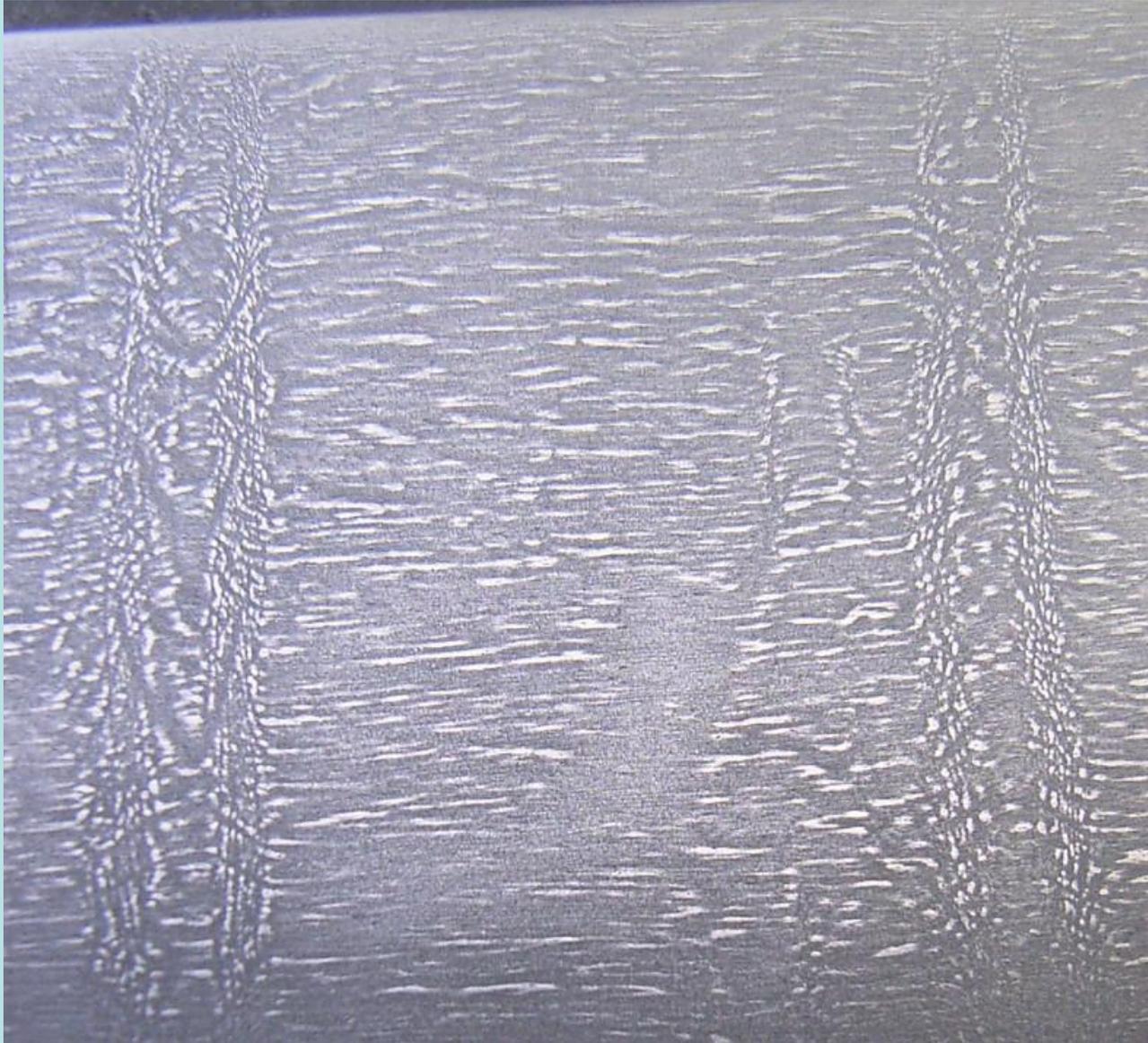




Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Mohammeds Leiter



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Fertige Wootz-Klinge



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# **Schweißverbundstahl „Damast“**

**Entsteht durch Feuerschweißen**

**Kein rostfreier Stahl möglich (außer Vakuum, Schutzgas)**

**Stahlauswahl nach:**

- technische Effekte (Härte, Schnitthaltigkeit, Korngröße)**
- optische Effekte (Kontrast, Muster)**
- gute Schweißbarkeit**

# Verwendete Stahlqualitäten

**Fast jeder niedrig legierte Vergütungsstahl, Werkzeugstahl**

**Grenzgehalte für Cr und Si liegt bei ca. 2%**

**Häufig verwendet wird: 1.2842 (90MnCrV8) 1.0503 (C45),  
75Ni8, 50NiCr13**

**Mn zeichnet dunkel, fast schwarz**

**C zeichnet grau**

**Ni zeichnet hell, silbern**

# Vorgehensweise beim Feuerschweißen

1. **Langsames Erhitzen bis Hellrot-Glut**
2. **Borax als Schlackenbildner aufbringen**
3. **Weiteres Erhitzen bis auf Schweißtemperatur, ca. 1200°C**
4. **Durchwärmen bis Kern auch auf Temperatur ist**
5. **Auf Amboß mit leichten Schlägen verbinden**
6. **Borax aufbringen und Vorgang wiederholen**
7. **Paket mit Lufthammer auf doppelte Länge ausrecken**
8. **Mit Warmschrot in der Mitte teilen**
9. **Oberfläche mit Borax und Drahtbürste reinigen**
10. **Paket falten, Borax Zugabe**
11. **Punkte 4 bis 10 beliebig wiederholen bis zur gewünschten Lagenzahl**

# Beispiel

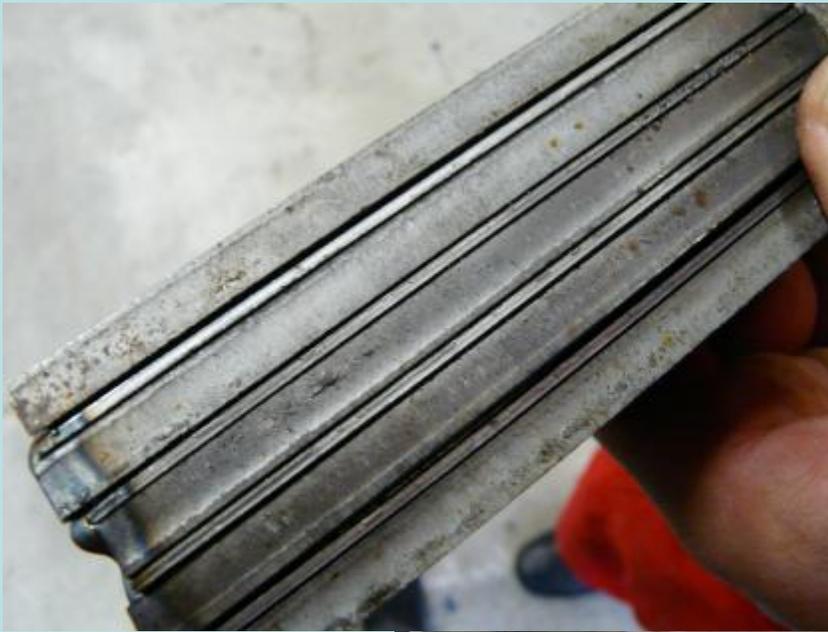
5-lagiges Ausgangspaket

6 Feuerschweißungen mit

5 Faltungen

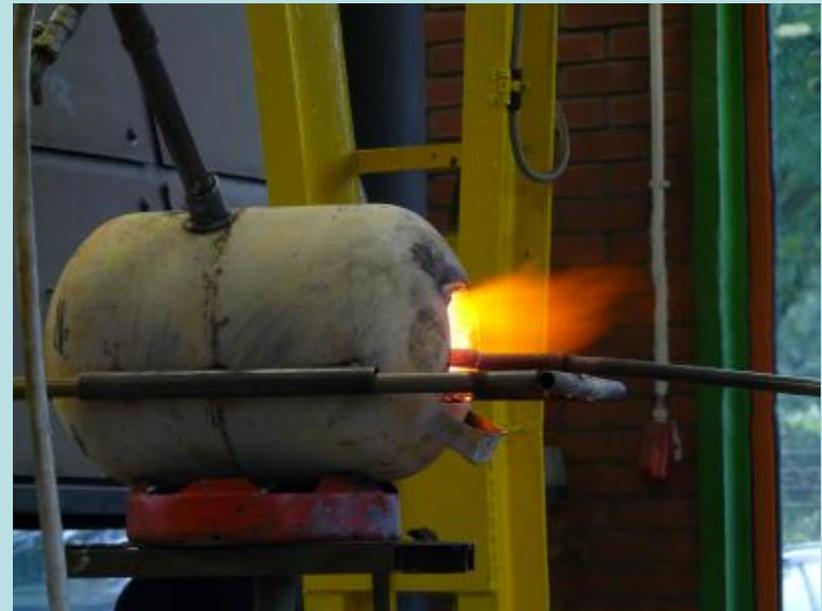
ergibt (theoretisch) 160 Lagen

5, 10, 20, 40, 80, 160



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



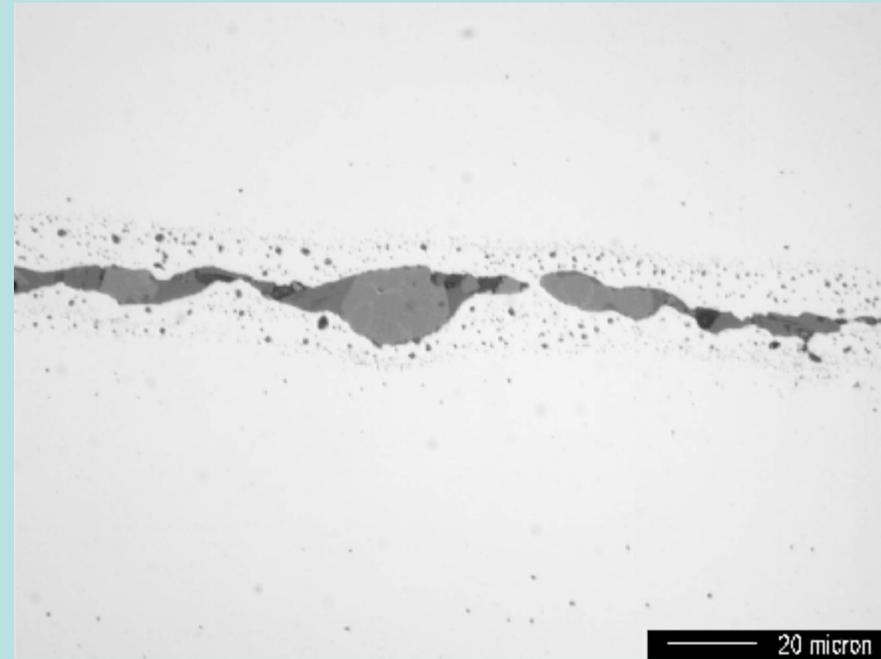
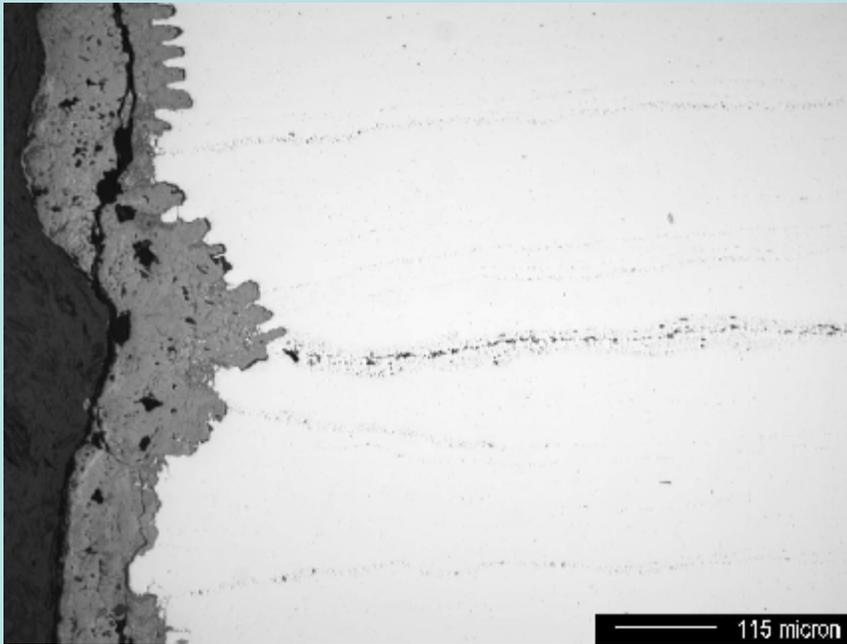
Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

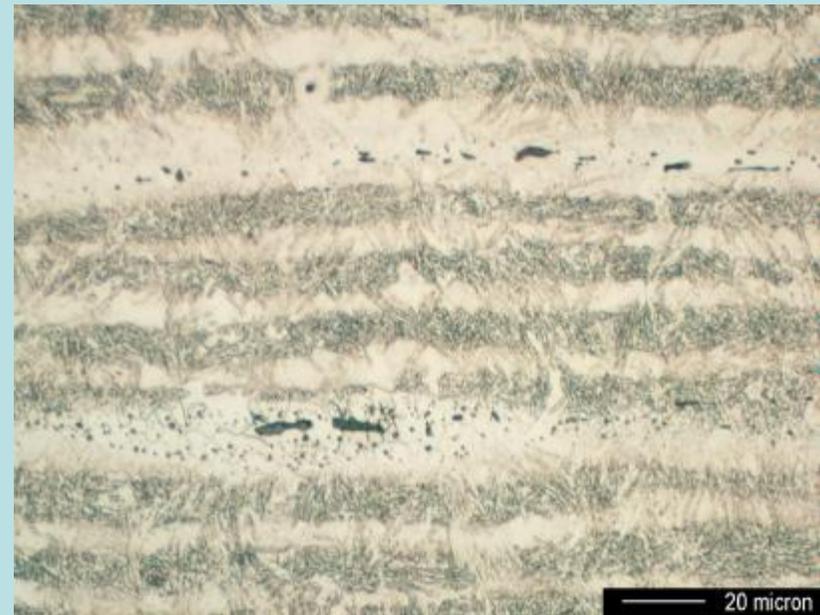


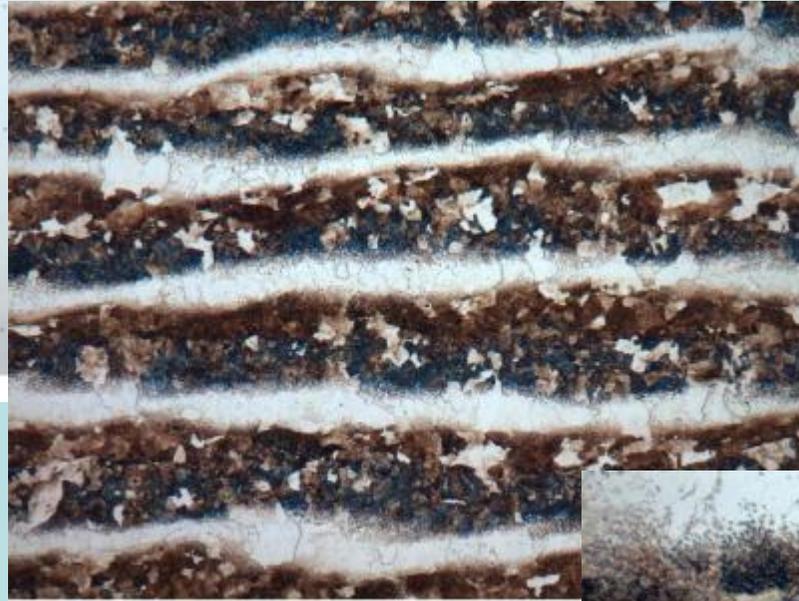
Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Schlackeeinschlüsse zwischen den Lagen





Unter Vakuum, ohne  
Flußmittel hergestellter  
Damast

# Musterbildung

- einfache Lagen, bis ca. 600 sinnvoll
- Torsion

## Oberflächenmanipulation:

- Leiterdamast
- Rosen
- Rauten

## Mosaiken:

- Stäbchen
- Blech und Pulver
- Drahterodieren

## Faltechniken:

- Firecracker
- einfache Mosaiken

Multibarren

Pulvermetallurgischer

Damast

# Wilder Damast



# Banddamast



# Große Rosen



# Kleine Rosen





Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

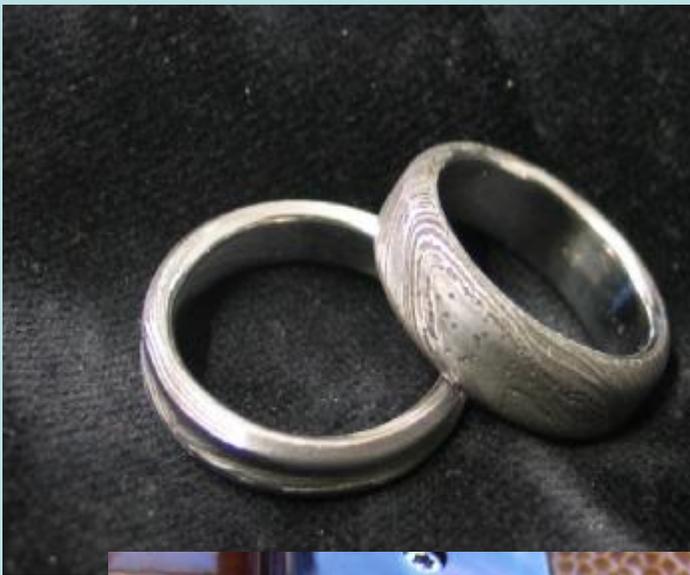


Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Objekte aus Damast

- Klingen
- Brieföffner
- Schmuck (Ringe, Broschen, Gürtelschnallen)
- Knöpfe
- Gebrauchsgegenstände (Besteck)
- Werkzeuge (Schneidwerkzeuge)
- Waffenläufe



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

# Weiterer Verfahrensablauf

## Wärmebehandlung

- Durchgehärtet
- Partiell gehärtet

## Schleifen und Polieren

## Ätzen, Kontast-bzw. Reliefätzung

- Schwefelsäure
- Eisen III Chlorid

## Scharfschliff

# Weltrekord

2,45 Tonnen schwerer Block

1,6 Tonnen netto

340 Lagen

3 Qualitäten

90MnCrV8, 110WCrV5, 75Ni8

Im Vakuum erzeugt



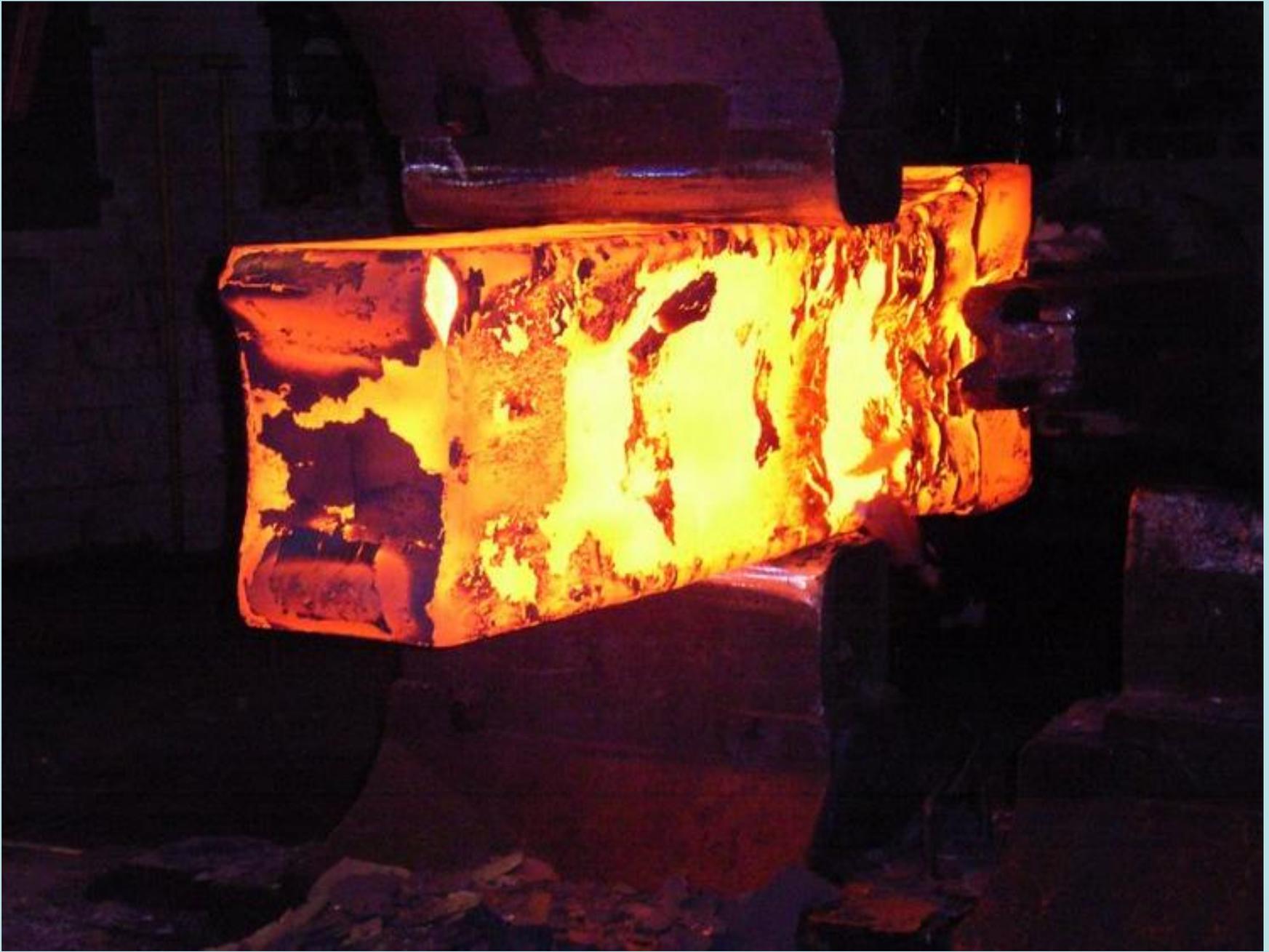
Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls



Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls

Damaszener Stahl

Dipl.-Ing. Norbert Bahls