

## PRÄPARATIONSHILFE

# WÄRMEBEHANDLUNG

### EINFÜHRUNG

#### WAS IST EINE WÄRMEBEHANDLUNG?

Die Wärmebehandlung ist ein Prozess, mit dem die physikalischen und manchmal chemischen Eigenschaften von Stählen verändert werden können. Wärmebehandlungsvorgänge finden in mehreren Stufen mit steigender Temperatur statt, die für eine bestimmte Zeit gehalten und dann langsam oder schnell abgekühlt werden.

Dies kann das Gefüge des Stahls von der Oberfläche bis hin zum Kern verändern. Legierungselemente in Stählen können das Erreichen der gewünschten Mikrostruktur, durch die Wärmebehandlung, begünstigen.

#### DIE WICHTIGSTEN WÄRMEBEHANDLUNGEN

##### Abschrecken und Anlassen

Das Abschrecken dient dazu, dass der Austenit im Stahl in Martensit umgewandelt wird. Ziel ist es, das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (Abbildung 1) zu verwenden, um es in den austenitischen Bereich zu bringen (Austenitisierung). Dieses Diagramm wird verwendet, um die Temperatur einer Behandlung zu bestimmen, um Phasenumwandlungen durchzuführen.

Nach der Erwärmung folgt eine schnelle Abkühlung mit Wasser, Öl oder Gas. Das ZTU-Schaubild oder auch Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild genannt (kontinuierliches ZTU-Diagramm) bestimmt die Kühlbedingungen, unter denen Austenit in Martensit umgewandelt wird. Diese Art von Diagramm ist für jede Stahlsorte spezifisch.

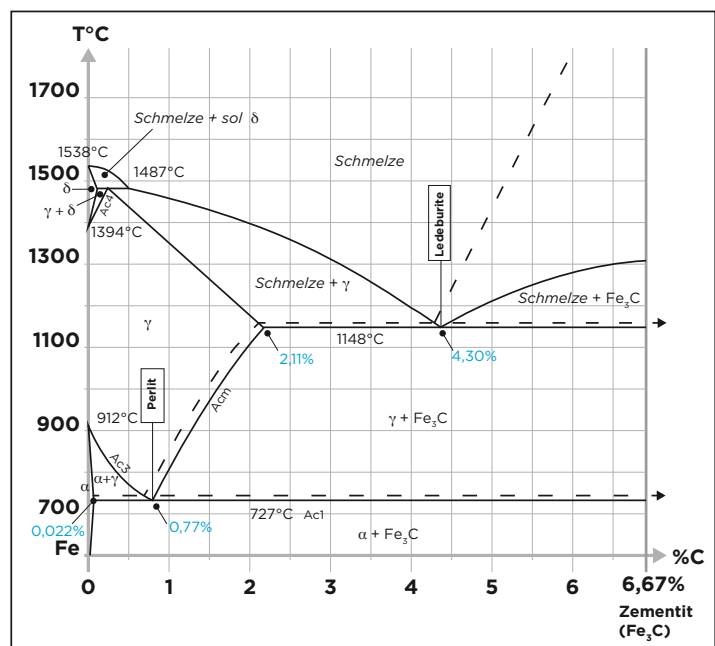
#### VORTEILE DER WÄRMEBEHANDLUNG

Mit Hilfe von Wärmebehandlungen ist es daher möglich, die Härte eines Stahls oberflächlich oder vollständig zu erhöhen, um die Beständigkeit gegen Verschleiß oder Stöße zu verbessern. Mittels Wärmebehandlungen ist es möglich grobkörniges Gefüge oder Inhomogenitäten, aufgrund eines falschen Herstellungsprozesses, wieder zu normalisieren.

Wärmebehandlungen ermöglichen es, die Bruchfestigkeit, die Elastizitätsgrenze und die Duktilität zu erhöhen und die Sprödigkeit eines Stahls zu verringern, indem innere Spannungen beseitigt werden.

=> Ziel ist es daher, seine physikalischen Eigenschaften entsprechend dem Endziel der Stahlverwendung zu ändern.

Abb. 1: Fe-C-Diagramm



Das Anlassen ist ein Wärmebehandlungsprozess, der im Allgemeinen nach dem Abschrecken durchgeführt wird. Nach dem martensitischen Härten wird das Anlassen verwendet, um im Material vorhandene Spannungen abzubauen. Bei Anlasstemperaturen zwischen 180 und 220°C, verringert sich die Härte oder Zugfestigkeit nicht (bzw. nur geringfügig), erhöht jedoch die Duktilität und Streckgrenze.

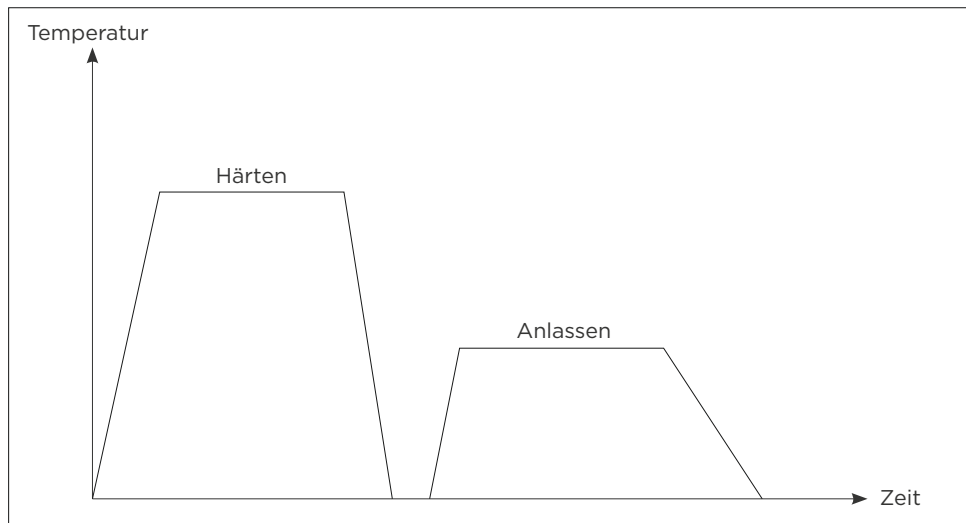


Abb. 2: Abschreck- und Anlasskurve

Es gibt andere Arten des Anlassens, die bei 200 bis 600 ° C durchgeführt werden können. Sie werden im Allgemeinen durchgeführt, um genaue mechanische Eigenschaften entsprechend der Stahlsorte und ihrer zukünftigen Verwendung zu erhalten.

### Induktionshärten

Das Prinzip der Induktionshärtung besteht darin, das Werkstück sehr schnell und lokal oberflächlich zu erhitzen, so dass sich das Metall in einem austenitischen Zustand befindet und sich beim schnellen Abkühlen in Martensit umwandelt.

Mittel- oder Hochfrequenzstrom fließt durch einen Induktor (Kupferrohrspule), der ein magnetisches Wechselfeld am Werkstück induziert und so seine Wärme an das Werkstück abgibt. Diesem Schritt folgt das Abkühlen mit einer Abschreckflüssigkeit.

Der Kühlvorgang kann nach dem Erhitzen (**Umlauf-Induktionshärten**, Abbildung 3) oder nach dem Erhitzen (**Induktionshärten mit Vorschub**, Abbildung 4) durchgeführt werden.

Mit dieser Technik können behandelte Oberflächen eine Tiefe von 0,5 bis 5 mm haben. Diese Behandlung eignet sich für Werkstücke, die einer Torsionsspannung ausgesetzt sind, und für die Schlagfestigkeit.

Diese Behandlung wird im Gegensatz zum Aufkohlen, das an mehreren Werkstücken gleichzeitig durchgeführt werden kann, einzeln durchgeführt.

Abb. 3: Umlauf-Induktionshärten

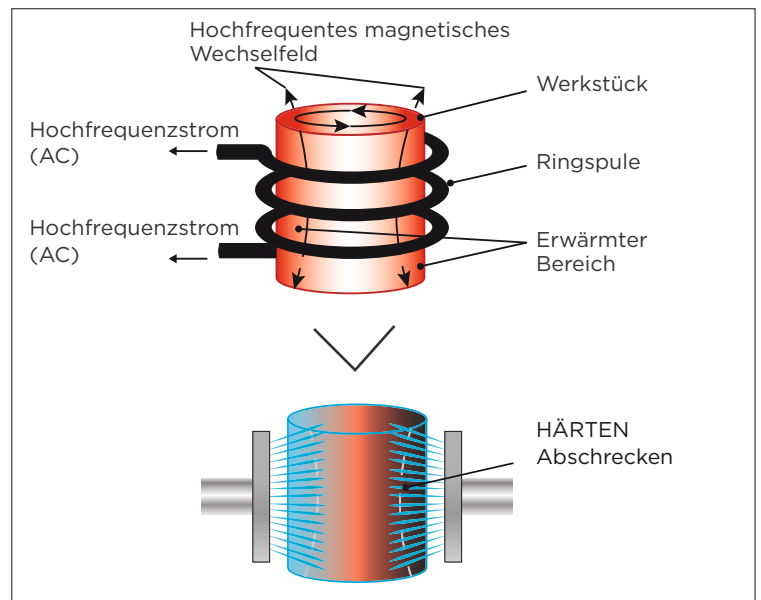
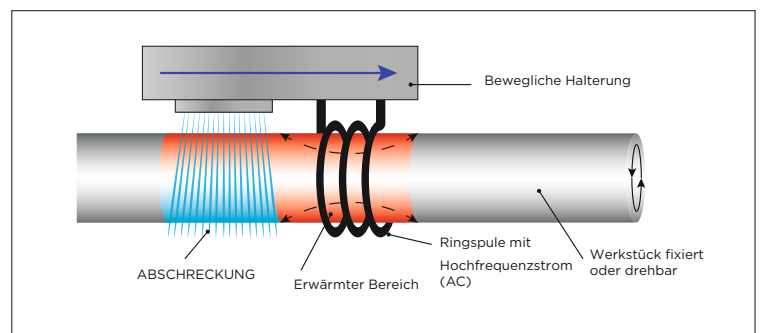


Abb. 4 Induktionshärten mit Vorschub



Anwendung: Welle, Zahnräder, Spindel usw.

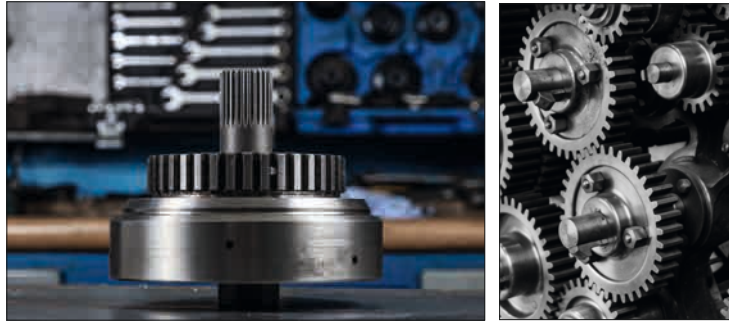


Abb. 5: Einsatzhärtetiefe

### Einsatzhärten

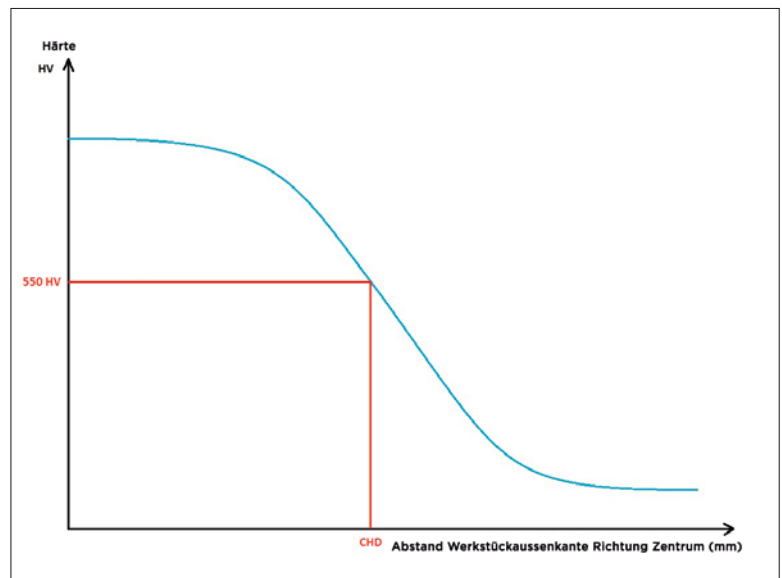
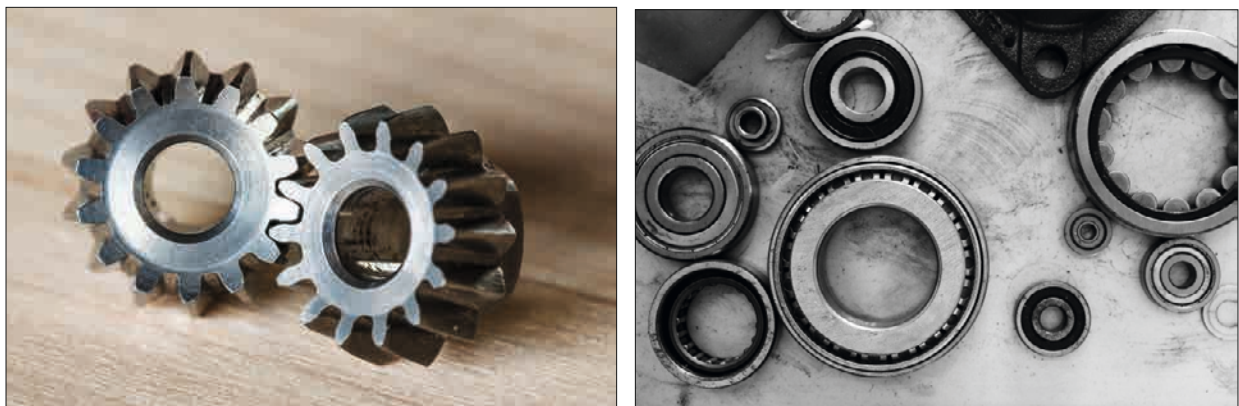
Einsatzhärten ist ein Verfahren zur Oberflächenhärtung. Ziel des Einsatzhärtens ist es einen weichen und zähen Kern bei gleichzeitig harter Oberfläche des Werkstoffs zu erhalten. Das Einsatzhärten ist eine thermochemische Behandlung, d. h. Sie findet in einem Medium statt, das die Zusammensetzung des Grundmetalls nach dem Wärmeaustausch mit dem Medium oberflächlich modifiziert. Aufkohlen ist in diesem Fall die Diffusion von Kohlenstoff in die Oberflächenschicht des Stahls.

Es gibt verschiedene Prozesse (fest, flüssiges oder gasförmiges Aufkohlen). Die Aufkohlung mit Gas wird heute am häufigsten eingesetzt. Die kohlenstoffreiche Atmosphäre (aus CH<sub>4</sub>, Propan oder Butangas) reichert die Oberflächenschicht an.

Es wird bei kohlenstoffarmen Stählen verwendet und ermöglicht die Anreicherung der Oberflächenschicht auf 0,6 bis 0,9% Kohlenstoff. Dieser thermochemischen Behandlung folgt eine schnelle Abkühlung, die die angereicherte Schicht härtet.

Die Einsatzhärtetiefe (CHD) wird durch den senkrechten Abstand von der Oberfläche zur Schicht bei einer Härtegrenze von 550 HV bestimmt. Die Tiefe der Gehäusehärte variiert im Allgemeinen zwischen 0,5 mm und 3 mm.

Anwendungen sind hauptsächlich mechanische Teile wie Zahnräder, Getriebewellen usw.



## Carbonitrieren

Carbonitrieren ist auch eine thermochemische Behandlung. Es ist die Kombination von Kohlenstoff und Stickstoff in der Behandlungsumgebung, die zu einer härteren Aufkohlungsschicht führt als beim herkömmlichen Aufkohlen.

## Nitrieren

Nitrieren ist eine weitere thermochemische Behandlung. Es handelt sich hierbei um die Diffusion von Stickstoff auf/in die Oberfläche eines legierten Stahls (der Chrom, Aluminium, Wolfram usw. enthält). Es wird im Allgemeinen bei 500 bis 550 ° C durchgeführt.

Das Nitrieren besteht aus zwei Schichten:

- **Die Verbindungsschicht** ("weiße Schicht"): eine Nitridschicht auf der Oberfläche, die aus den in der Behandlungsatmosphäre vorhandenen chemischen Verbindungen und dem Grundmetall besteht. Die Dicke kann von 5 bis 30µm variieren. Diese Schicht hat eine sehr hohe Verschleißfestigkeit. Die Härte reicht im Allgemeinen von 950 bis 1100 HV.

- **Die Diffusionsschicht:** Nitride der legierten Elemente fallen als feine, widerstandsfähige Nadeln aus. Diese Schicht kann in der Dicke von 0,05 bis 0,8 mm variieren. Die Härte kann je nach verwendetem Stahl zwischen 400 und 1200 HV variieren.

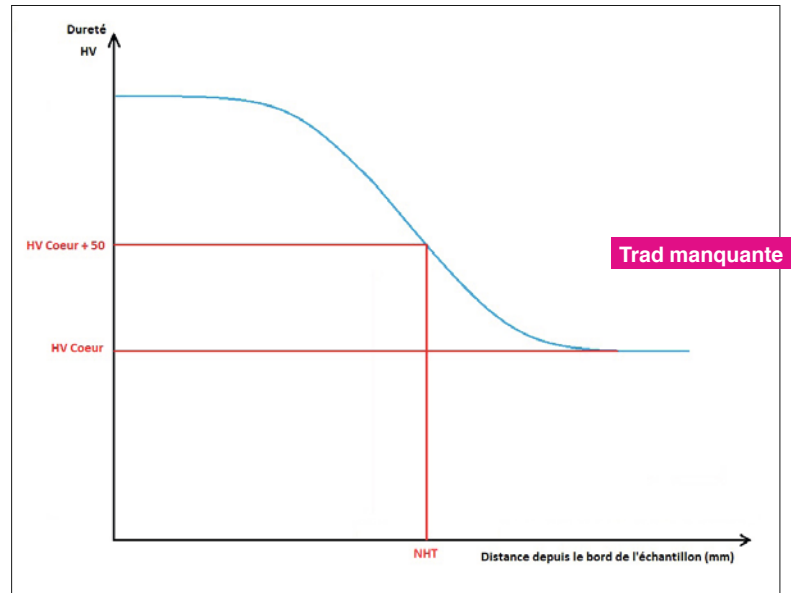
Es gibt verschiedene Nitrierverfahren: Salzbadnitrieren, Gasnitrieren und Plasmanitrieren.

Die Nitriertiefe (NHT) wird durch die Härtekurve nach DIN 50190-3 oder ISO 18203 bestimmt. Nach drei Einkerbungen der Kernhärte entspricht die Nitriertiefe diesem Wert HV Kern + 50 HV.

Anwendungen: Kolbenbolzen, Kurbelwellen, Ventile usw.



Abb. 6: Nitrierhärte tiefe



## METALLOGRAPHISCHE PRÄPARATION

Um eine hervorragende Inspektionsfläche zu erhalten, sind verschiedene Schritte im Präparationsvorgang erforderlich, von denen jeder, unabhängig vom Material, genauso wichtig ist, wie der nächste. Diese Schritte haben folgende Reihenfolge:

- Das Aufschneiden des zu untersuchenden Produkts (falls erforderlich), genannt "TRENNEN".
- Standardisierung der Geometrie der entnommenen Probe (falls erforderlich), genannt "EINBETTEN".
- Verbesserung des Oberflächenzustands dieser Probe, genannt "SCHLEIFEN & POLIEREN".
- Charakterisierung der Probe: Sichtbarmachung der Mikrostruktur der Probe durch ein Ätzreagenz (falls erforderlich) namens "ÄTZEN" und mikroskopische Untersuchungen (optisch oder elektronisch).

=> Jeder dieser Schritte muss sorgfältig ausgeführt werden, da sonst die nachfolgenden Schritte nicht ordnungsgemäß erfolgen können.

### TRENNEN

Der Zweck des Trennens besteht darin, einen genauen Abschnitt eines Produkts zu entfernen, um eine geeignete Oberfläche für die Inspektion frei zu legen, ohne die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Metalls zu verändern. Mit anderen Worten ist es wichtig, eine Erwärmung oder Verformung des Metalls zu vermeiden, die zu einer Gefüge-Veränderung oder einer Kaltverfestigung führen könnte. Das Trennen ist ein grundlegender Schritt, der die weitere Präparation und Inspektion von Teilen voraussetzt.

Das breite Angebot von PRESI an Trenn- und Präzisionstrennmaschinen mit mittlerer und großer Trenn-Kapazität, kann an alle Anforderungen hinsichtlich Schnittgenauigkeit, Dimensionierung oder Menge der zu trennenden Produkte, angepasst werden:



Abb. 7: MECATOME ST310



Abb. 8: EVO 400

Behandelte Stahlteile sind im Allgemeinen mittelgroße bis große Teile. Zwei Maschinen zeichnen sich durch die höchsten Anforderungen an die Wärmebehandlung aus:

- **Das Mecatome ST310** ist perfekt auf den Bereich der Wärmebehandlung abgestimmt. Es ist eine leistungsstarke und robuste manuelle Maschine. Der oszillierende Arm ermöglicht schnelle Schnitte ohne Anstrengung oder Verbrennungen.

=> Der Hauptvorteil des Mecatome ST310 ist seine oszillierende Bewegung. Dies ermöglicht, dass die Trennscheibe niemals den gleichen Kontaktpunkt mit dem Werkstück hat, so dass keine Verbrennungen auftreten (wenn das gewählte Verbrauchsmaterial für das Material geeignet ist) und die Trennzeit reduziert sich im Vergleich zu einem einfachen Kappschnitt.

- **Die EVO 400** ist eine Hochleistungstrennmaschine. Sie ist robust, leistungsstark und bieten einen großen Arbeitsraum. Sie ist für Werkstätten geeignet und bietet drei Trennmodi: unterstützt, automatisch und programmierbar (zur Wiederholbarkeit von Trennschnitten). Der Touchscreen erleichtert die Bedienung.

Diese Maschine kann auch Impulsschnitte ausführen. Das ist perfekt für Teile deren Inneres zu Verbrennungen oder Spannungen neigt. Das Impulstrennverfahren besteht aus abwechselndem Vorschub und Pause während des Trennens. Dies gibt den Spannungen innerhalb des Materials Zeit, sich allmählich zu lösen und der Kühlflüssigkeit mehr Wirkung.

Jede der Trennmaschinen im Sortiment, ist mit den entsprechenden Verbrauchsmaterialien und Zubehörteilen ausgestattet. Die Spannsysteme und die Auswahl dieser Verbrauchsmaterialien sind immer ein wesentliches Element für den Erfolg eines metallografischen Schnitts.

=> Das Spannen, d. h. das Fixieren des Werkstücks, ist ebenfalls wesentlich. Wenn das Werkstück nicht gut geklemmt wird, kann der Schnitt Risiken für das Verbrauchsmaterial, das Werkstück und die Maschine darstellen.

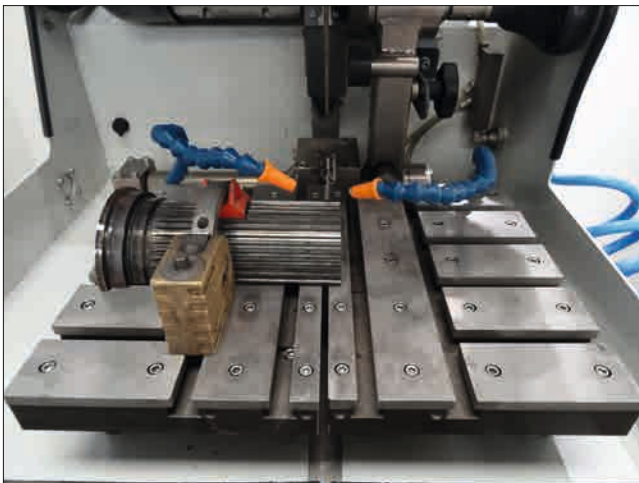


Abb. 9: Spannmöglichkeit an der Mecatome ST310

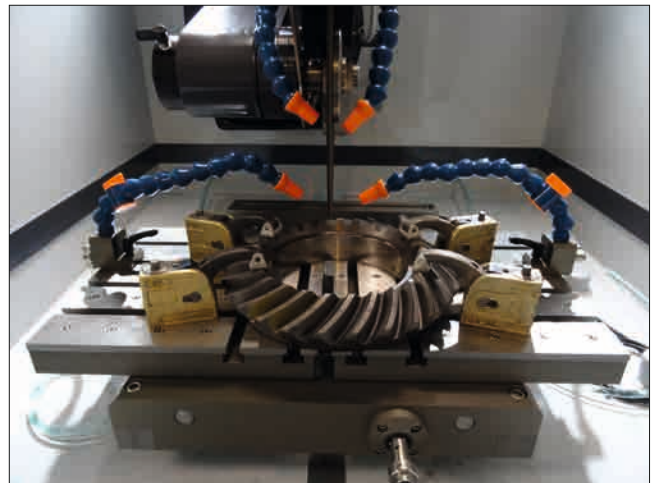


Abb. 11: EVO 400 (Krone) - Spannmöglichkeit

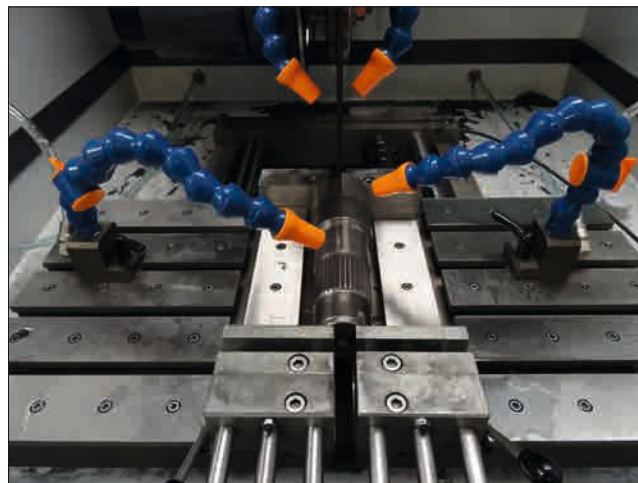



Abb. 10: Spannmöglichkeit am EVO 400 (Ritzelwelle)

Die Abbildungen 9 bis 11 zeigen verschiedene Spannmöglichkeiten mit Kopal-Spannern und Probenschnellspannern.

### **VERBRAUCHSMATERIAL**

Alle Trennmaschinen werden mit einer Schmier- / Kühlflüssigkeit verwendet, die eine Mischung aus Wasser und Rostschutzadditiv ist, um einen sauberen Schnitt ohne Überhitzung zu erzielen. Das Additiv schützt auch die Probe und die Maschine vor Korrosion.



	Stähle oberflächlich behandelt	Kernbehandelte Stähle
Präzisionstrennen	S Ø180 mm UTW AO	S Ø180 mm CBN
Trennen mittel- großer Proben	AO	S CBN
Trennen großer Proben	AO	S

Tabelle 1: Auswahl der richtigen Trennscheibe

=> Die Wahl der Trennscheibe ist entscheidend, um einen übermäßigen Verschleiß oder sogar den Bruch der Trennscheibe zu vermeiden. Die Härte des Werkstücks bestimmt die Trennscheibenauswahl.

## EINBETTEN

Proben können aufgrund ihrer komplexen Form, Zerbrechlichkeit oder geringen Größe schwierig zu handhaben sein. Durch die Einbettung sind sie einfacher zu handhaben, indem ihre Geometrie und Abmessungen standardisiert werden.

=> Das Erreichen einer qualitativ hochwertigen Einbettung ist wichtig, um zerbrechliche Materialien zu schützen und gute Präparationsergebnisse für das Polieren und zukünftige Analysen zu erzielen.

Vor der Einbettung sollte die Probe gesäubert werden und Schneidgrate sind zu entfernen. Eine Reinigung mit Ethanol und in einem Ultraschallbad ist ebenfalls möglich. Dies ermöglicht es dem Harz, so gut wie möglich an der Probe zu haften und reduziert somit die Schrumpfung (Raum zwischen dem Harz und der Probe).

Wenn der Schrumpf zu groß ist, kann dies zu Problemen beim Polieren führen. Schleifkörner können sich in diesem Raum festsetzen und zu einem späteren Zeitpunkt freigesetzt werden, wodurch die Gefahr der Entstehung von Kratzern auf der Probe und der Polierfläche besteht. In diesem Fall wird empfohlen, zwischen den einzelnen Schritten, die Probe in ein Ultraschallgerät zu legen.

Es gibt zwei Einbettmöglichkeiten:

• **DIE WARMEINBETTUNG** wird bevorzugt verwendet für Kanteninspektionszwecke oder nach der metallografischen Präparation zur Vorbereitung für eine Härteprüfung. **Diese Option erfordert eine Warmeinbettmaschine/ -presse.**



Abb. 12: MECAPRESS 3

Die für die Warmeinbettung erforderliche Maschine ist die Mecapress 3:

- Vollautomatische Warmeinbettpresse.
- Einfach zu bedienen.
- Ihr Speicher, Ihre Prozessanpassung und ihre Ausführungsgeschwindigkeit machen Sie zu einer hochpräzisen Maschine.
- Die Warmeinbettmaschine hat 6 verschiedene Formdurchmesser von 25.4-50 mm.

### PLUSPUNKT

Einer der Hauptvorteile dieses Verfahrens besteht darin, dass es perfekt parallele Flächen bietet.

- **KALTEINBETTUNG** ist zu bevorzugen:
- Wenn die zu untersuchenden Teile zerbrechlich / druckempfindlich sind
- Wenn sie eine komplexe Geometrie haben, z. B. eine Wabenstruktur.
- Wenn eine große Anzahl von Teilen in Serie eingebettet werden soll.

**Das Kalteinbettverfahren kann angewendet werden mit:**



Abbildung 13: Druckmontagevorrichtung



Abbildung 14: Vakuummontagevorrichtung: POLY'VAC

**PLUSPUNKT**

Verbessert die Qualität erheblich, insbesondere durch Reduzierung des Schrumpfs, Optimierung der Transparenz und Erleichterung der Einbettimprägnierung.

**PLUSPUNKT**

Maschine zur Vakuumimprägnierung poröser Materialien mit einem Epoxidharz.

Kalteinbettmittel bieten aufgrund der Kapillarwirkung des flüssigen Harzes nicht immer eine plane Fläche auf der Rückseite. Vor dem ersten Schleifschritt wird diese konkave Oberfläche (Meniskus) durch einen kurzen Schleifschritt mit Schleifpapier entfernt. Wichtig ist, dass bei diesem Vorgang die beiden Seiten der Einbettung parallel sind.

**VERBRAUCHSMATERIAL**

Um den Anforderungen der Benutzer gerecht zu werden, bietet PRESI eine ganze Reihe von Kalteinbettformen an. Das Kalteinbettverfahren hat verschiedene Einbettformen mit diversen Durchmessern von Ø 20 – 50 mm. Diese sind in verschiedene Typen unterteilt: transparente Formen mit der Bezeichnung "KM2.0", Silikon-, Teflon- oder Polyethylenformen.

Die Kalteinbettung ist auch flexibler als die Warmeinbettung, weil es unterschiedliche Einbettformen für spezifische Anforderungen gibt.

Zur Kontrolle der Härte und insbesondere zur Überprüfung der Konformität der Oberflächenbehandlung am Rand des Werkstücks ist es wichtig, ein Einbettmittel zu haben, das die geringste Schrumpfung zwischen dem Werkstück und dem Einbettmittel erzeugt. Warmeinbettmittel eignet sich am besten, da es dieses Problem aufgrund seiner mechanischen geeigneten Eigenschaften löst und daher in den meisten Fällen zu einer begrenzten Schrumpfung führt.

Um die Kosten zu senken, ist es möglich, ein wenig vom Epoxidharz in die Einbettform einzufüllen (d. h. 1/3 der späteren Probenhöhe) um es mit einem weniger qualitativen und daher weniger teuren Phenolharz aufzufüllen.. Wenn eine Kalteinbettung an behandelten Stählen durchgeführt werden muss, ist es vorzuziehen, sich für KM-B- oder KM-U-Acryl Kalteinbettmittel zu entscheiden, die beide von der Härte her ähnlich wie Warmeinbettmittel sind.


	<b>Stähle behandelt</b>
<b>Warmeinbettprozess</b>	Epoxid
<b>Kalteinbettprozess</b>	KM-B (mit Drucktopf) KM-U (mit Drucktopf)

Tabelle 2: Auswahl des richtigen Einbettmittels

## SCHLEIFEN UND POLIEREN

Die letzte und entscheidende Phase in der Probenpräparation ist das Schleifen und Polieren. Das Prinzip ist einfach, jeder Schritt verwendet ein feineres Schleifmittel als der vorherige. Ziel ist es, eine plane Oberfläche zu erhalten ohne Kratzer und ohne Artefakte, die die Durchführung metallographischer Kontrolluntersuchungen, wie mikroskopische Analysen, Härteprüfungen, Mikrostruktur- oder Messungen, beeinträchtigen würden.

PRESI bietet eine breite Palette an manuellen und automatischen Schleif- und Poliermaschinen mit einer großen Auswahl an Zubehör für alle Anforderungen an, vom Vorpolieren bis zum Superfinish und Polieren von Einzel- oder Serienproben.

Für die Härteprüfung ist das Polieren mit einer automatischen Poliermaschine aus dem Mecatech-Sortiment am besten geeignet.

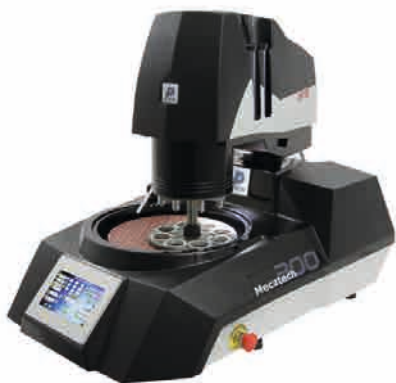


Abb. 15: MECATECH 300 SPC

**Die MECATECH-Reihe von automatischen Schleif- und Poliermaschinen** ermöglicht es sowohl manuell als auch automatisch zu Schleifen und zu Polieren. Mit seinen fortschrittlichen Technologien und einer Motorleistung von 750 bis 1500 W floss die gesamte über 50-jährige Erfahrung von PRESI in dieses sehr umfangreiche Sortiment. Unabhängig von Probenanzahl oder -größe gewährleistet die MECATECH ein optimales Schleif- oder Polierergebnis.

### VERBRAUCHSMATERIAL UND POLIERANLEITUNGEN

Alle folgenden Schleif- und Polierprozesse sind für die automatische Probenpräparation angegeben (für das manuelle Schleifen und Polieren: Berücksichtigen Sie nicht die Kopf-Parameter). Die Präparationsprozesse dienen zur Information und Beratung.

Alle ersten Schritte jeder Schleif- und Polieranleitung werden als "Nivellieren" bezeichnet und bestehen darin, Material schnell zu entfernen, um eine plane Oberfläche der Probe (und des Einbettmittels) zu erhalten. Die unten angegebenen Parameter sind standardisiert und können daher nach Bedarf geändert werden.

Der Probenandruck variiert je nach Probengröße, im Allgemeinen gilt jedoch Folgendes: 1 daN pro 10 mm Einbettdurchmesser für die Schleifschritte (z. B. Ø 40 mm = 4 daN), dann die Kraft bei jedem Polierschritt mit einer Schleifsuspension um 0,5 daN reduzieren.

Dieser Polierprozess wird für **oberflächlich und kernbehandelte Stähle empfohlen:**

N°	Verbrauchsmaterial	Suspension / Lubrikant	Arbeitsplatte (U/min)	Kopf (U/min)	Rotationsrichtung von Arbeitsplatte / Kopf	Zeit (mm)
1	I-Max R 54µm	∅ / Wasser	300	150	→ →	3'
2	I-Max R 18µm	∅ / Wasser	300	150	→ →	3'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	4'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n°3 / Wasser	150	100	→ ←	1'

Hinweis: Für eine Probe nach einem metallografischen Trennschnitt ist eine Nivellierung mit dem I-Max R - 54µm - Diamantschleifscheibe ausreichend. Wenn mehr Material entfernt werden muss, sollte ein I-Max R- Diamantschleifscheibe mit einer größeren Korngröße (75µm oder sogar 125µm) verwendet werden.

Das Schleifen erfolgt mit einer I-Max R-Diamantscheibe. Diese harzgebundenen Diamantscheibe kann mehrere hundert Schleifpapiere ersetzen. Sie bieten eine gute Ebenheit zum Polieren von hartmetallischen Werkstoffen.

Beim Schleifen ist es nicht erforderlich, die Drehrichtung von Kopf und Platte umzukehren, da dies die Ebenheit nachteilig beeinflussen kann. Das Umkehren der Drehrichtungen kann jedoch hilfreich sein, wenn eine große Menge Material entfernt werden muss.

Ein 3-Stufen-Polierprozess reicht für die Härteprüfung aus. Die mit der 3-µm-Suspension präparierte Oberfläche hat sehr feine Kratzer, diese sind fein genug, um die Härteeindrücke ablesen zu können. Das Poliertuch mit der RAM-Struktur kann auch durch ein ADRII-Poliertuch ersetzt werden.

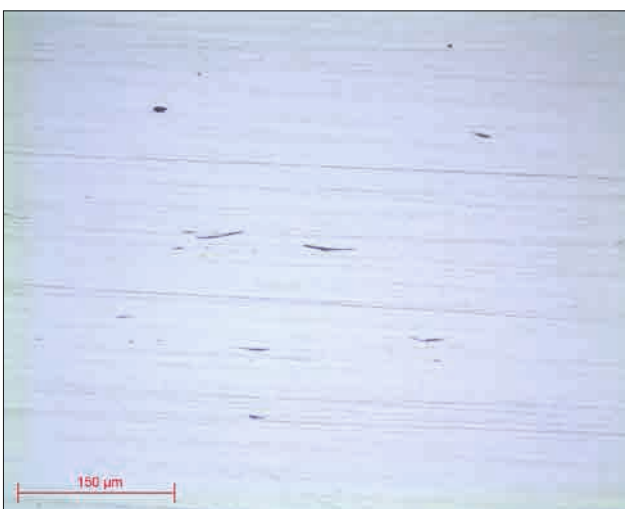


Abb. 16: Nach dem 3µm Polierschritt- Objektiv x20



Abb. 17: Nach dem 1µm Polierschritt - Objektiv x20

Wenn eine strukturelle Beobachtung erforderlich ist, kann ein 1µm-Finish auf einem NT-Poliertuch folgen.

Schließlich kann ein Superfinish mit PRESI Nr. 3 Aluminiumoxid verwendet werden, um beispielsweise den Reinheitsgrad zu ermitteln.



Abb. 18: Nach dem 1µm Polierschritt- Objektiv x50



Abb. 19: Aluminiumoxid-Finish mit PRESI-Nr. 3 Objektiv x50

Dies ist ein zweiter möglicher Polierprozess für **oberflächlich- oder kernbehandelte Stähle:**

N°	Verbrauchsmaterial	Suspension / Lubrikant	Arbeitsplatte (U/min)	Kopf (U/min)	Rotationsrichtung von Arbeitsplatte / Kopf	Zeit (mm)
1	I-Max R 54µm	Ø / Wasser	300	150	→ →	3'
2	MED-R	9µm super abrasive / Ø	150	135	→ →	4'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	3'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n°3 / Wasser	150	100	→ ←	1'

Für diesen zweiten Polierprozess wird Schritt 2 durch eine MED-R-Schleifscheibe ersetzt. Diese Scheiben tragen Einbettmittelkissen, welche es ermöglichen eine gute Planheit zu erhalten. Es wird mit einer Gel2+ - Schleifsuspension für MED-R verwendet, die ein 2-in-1-Produkt ist (die Schleifsuspension und das Schmiermittel sind bereits gemischt und gebrauchsfertig).

Zum Diamantpolieren werden die Schritte 3 und 4 unter Verwendung von konzentrierten polykristallinen LDP-Suspensionen durchgeführt. Polykristalliner Diamant hat mehrere scharfe Kanten, die zum Polieren mittelharter bis harter Materialien geeignet sind.

Wenn die zu polierenden Materialien korrosionsempfindlich sind, können LDP-Diamantsuspensionen durch wasserfreie, polykristalline ADS-Diamantsuspensionen ersetzt werden.

Manchmal ist es notwendig, den Polierprozess entsprechend der Behandlung anzupassen, insbesondere bei **nitrierten Stählen**.

N°	Verbrauchsmaterial	Suspension / Lubrikant	Arbeitsplatte (U/min)	Kopf (U/min)	Rotationsrichtung von Arbeitsplatte / Kopf	Zeit (mm)
1	Sic P320	Ø / Wasser	300	150	→ →	1'
2	TOP	9µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	4'
3	RAM	3µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	3'
4	NT	1µm LDP / Reflex Lub	150	135	→ →	1'
5	NT	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n°3 / Wasser	150	100	→ ←	1'

Hinweis: Die Nivellierung mit P320-Schleifpapier ist für eine Probe aus einem metallografischen Trennschnitt ausreichend. Wenn mehr Material entfernt werden muss, sollte ein Schleifpapier mit größerer Körnung verwendet werden.

Bei nitrierten Stählen ist das Polieren mit I-Max R oder MED-R zu aggressiv und es kann die Beschichtung beschädigt werden. Es ist daher vorzuziehen, die I-Max R-Diamantschleifscheibe durch ein P320-Schleifpapier zu ersetzen.

Die folgenden Schritte werden herkömmlicherweise unter Verwendung von Poliertüchern und LDP-Diamantsuspensionen und dem zugehörigen Schmiermittel Reflex LUB durchgeführt. Schließlich ist das Superfinishing optional mit Aluminiumoxid auf einem mit NT beflockten Poliertuch möglich.

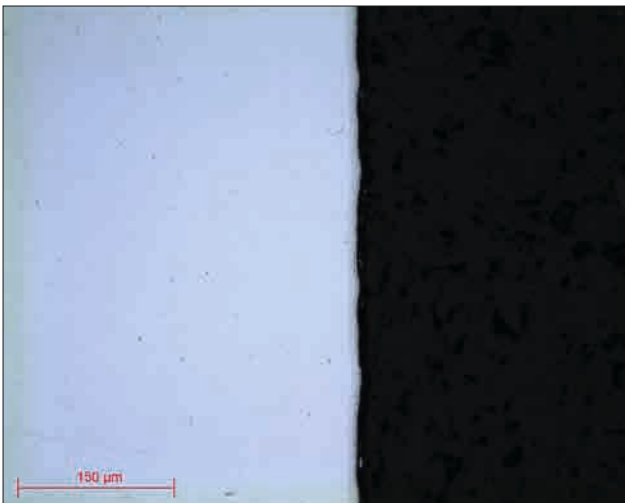


Abb. 20: ¼ µm - Objektiv x20, nitrierter Stahl

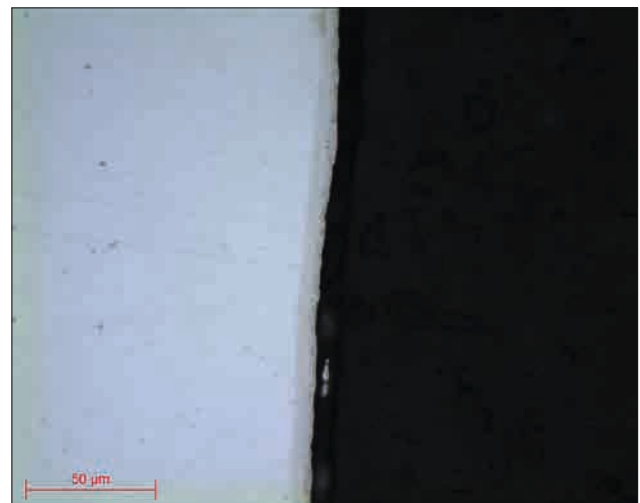


Abb. 21: ¼ µm - Objektiv x50, nitrierter Stahl

## MIKROSTRUKTUR

Behandelte Stähle werden im Allgemeinen mit einer 4% igen Nital-Ätzlösung geätzt (mit Ausnahme von rostfreien Stählen, die eine eigene Ätzlösung haben). Dies zeigt die Struktur und hebt bei nitrierten Stählen die Beschichtung (weiße Schicht) hervor. Alle vorgestellten mikroskopischen Aufnahmen wurden mit der **PRESI VIEW**-Software erstellt:



Abb. 22: Martensitisches Härtegefüge - Objektiv x50



Abb. 23: Martensitisches Härtegefüge nach dem Anlassen  
Objektiv x50

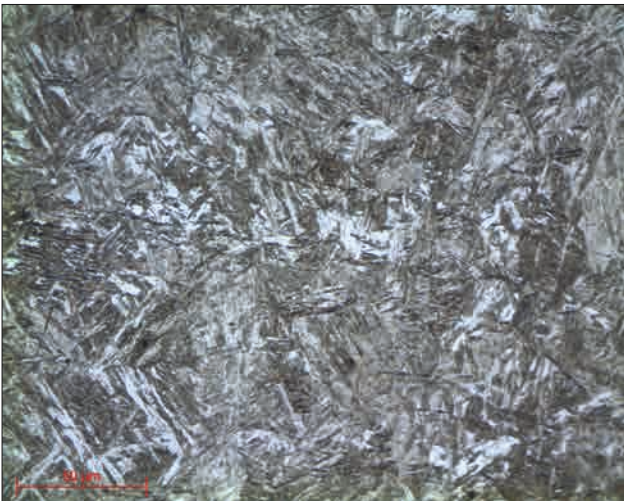


Abb. 24: Martensitische Struktur, Am Rand - Objektiv x50

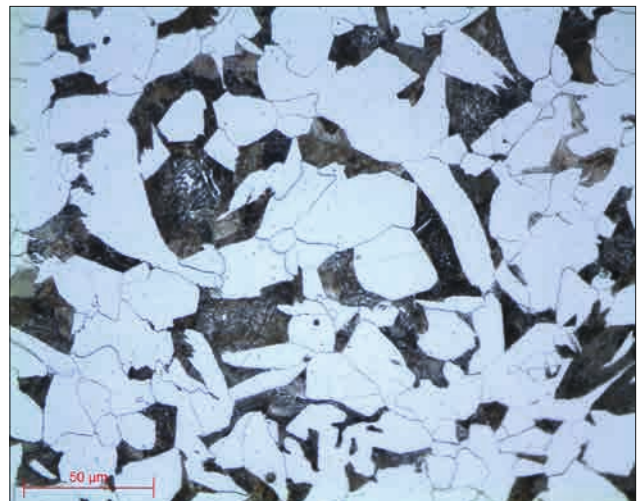


Abb. 25: Ferrit-Perlit Gefüge, Im Kern - Objektiv x50

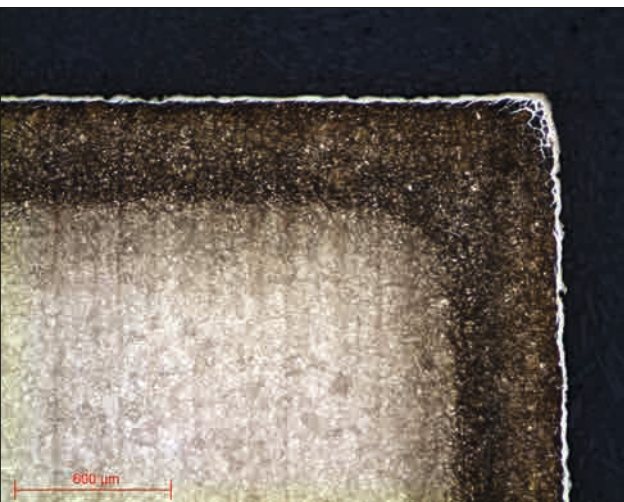


Abb. 26: nitrierter Stahl - Objektiv x5

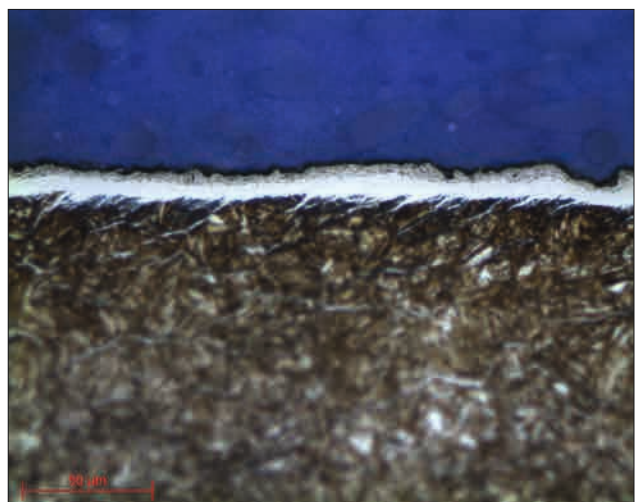


Abb. 27: Nitrierschicht - weiß - Objektiv x50

Die Abbildungen 22 bis 27 sind Beispiele für Strukturen, die bei der Inspektion von wärmebehandeltem Stahl auftreten können.

## HÄRTEPRÜFUNG

In der Regel werden Härteprüfungen durchgeführt, um Bauteile zu überprüfen. Starke Härteunterschiede werden aufgezeigt, wenn die Wärmebehandlung nur oberflächlich stattgefunden hat (Am Rand gehärtet, Kern noch weich), und leichte Härteunterschiede (mit ziemlich ähnlichen Härtewerten) bei einem durchgehend Wärmebehandelten Bauteil.

Zur Durchführung dieser Härteprüfungen sollte der **Härteprüfer PRESI HZ 10-4 mit der Presi Touch Pattern-Software verwendet werden.**



Abb. 28: Härteprüfer HZ 10-4



Abb. 29: Presi Touch Pattern-Bildschirm

**Der Härteprüfer HZ 10-4** hat einen Lastbereich von 10 g bis 10 kg. Es ist mit einem einzelnen Vickers- oder Knoop-Eindringkörper ausgestattet und es können bis zu 4 Objektive verwendet werden, die eine Vergrößerung von x 200 bis x 2000 ermöglichen.

Optional ist eine makroskopische Kamera erhältlich, die ein Übersichtsbild des zu prüfenden Bauteils / Probe erstellt (erleichtert das Positionieren von Härteverläufen).

**Die Presi Touch Pattern-Software** zeigt automatische Härteverläufe für Wärmebehandlung, EHT, NHT usw. an.

Die Bedienung ist intuitiv und alle Funktionen sind direkt zugänglich. Daten und Ergebnisse werden jederzeit angezeigt.

Härteprüfungen können regelmäßig oder unregelmäßig sein und es ist möglich, Einzelhärtemessungen durchzuführen. Eine Vorschau, der erwarteten Härteeindrücke vor der eigentlichen Härteprüfung, hilft bei der Positionierung dieses Härteverlaufes.

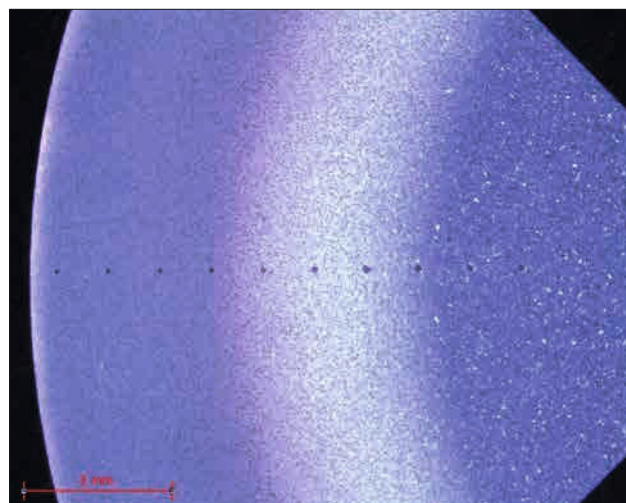


Abb. 30: Werkstück mit Härteverlauf

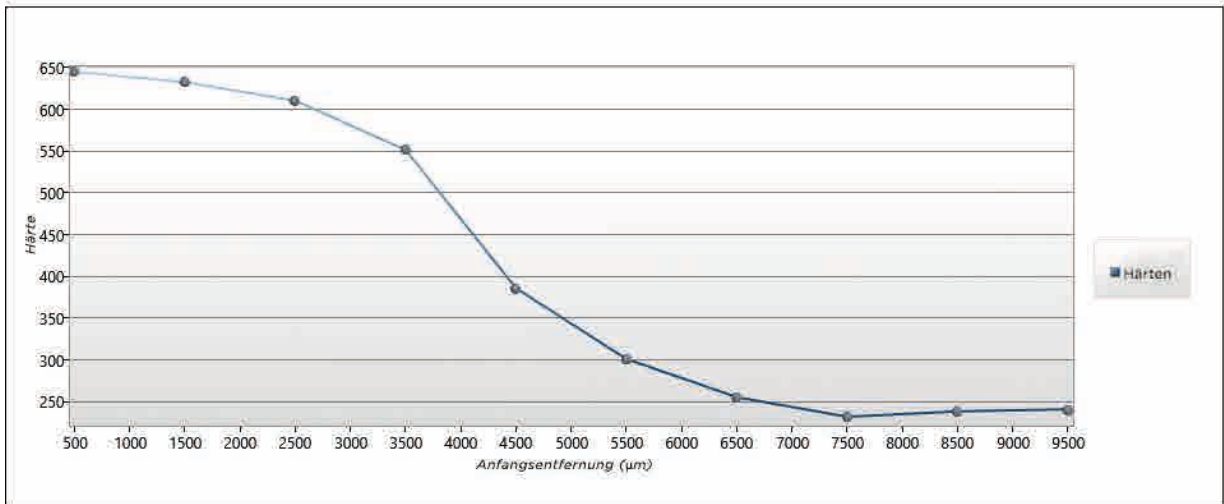


Abb. 31: Stahl - induktionsgehärtet

**PRESI**

[www.presi.com](http://www.presi.com)

Tel. : +49 2331 736 78 70 | Email : [presi.de@presi.com](mailto:presi.de@presi.com),

