

# TECHNISCHE BERUFSAUSBILDUNG

LEHRGANG MASCHINEN- UND ANLAGENFÜHRER/IN

Härterei

INDUKTIONSHÄRTEN



## Kapitel

### **1. Wärmebehandlung**

- Prinzip und Ziel der Verfahren
- Anlagen der Wärmebehandlung
- Häufigste Verfahren (Schwerpunkte)
  - Härten und Vergüten
  - Einsatzhärten
  - Randschichthärten
  - Nitrierprozesse
  - Weitere Verfahren
  - Glühen
- Übersicht der metallurgischen Parameter
  - Härte, Zähigkeit und Zugfestigkeit
  - Erwärmungs- und Haltezeit
  - Abkühlung
  - Atmosphäre und Schutzgase
- Mass- und Formveränderung
- Prüfverfahren
- Bauteil- bzw. Werkstückreinigung

### **2. Induktionshärten bei Feintool**

- Maschinenkenntnisse
- Prozessschritte
- Qualitätssicherung

### **3. Arbeitssicherheit**

- Feintool-Vorschriften
- Spezielle Massnahmen an der Maschine

### **4. Pläne, Checklisten**

#### Impressum



Grundlagen Maschinen- und Anlagenführer/in

#### **MAF – Bedienung der Induktionshärter-Anlage**

in Zusammenarbeit mit  
kik AG, Bildungswerkstatt, CH-5430 Wettingen

Version 01, 2015

# VORWORT

Der Mitarbeiter soll als Maschinen- und Anlagenführer (MAF) die Technik und die Prozesse der Wärmebehandlung von Metallen, insbesondere das Härten und Induktionshärten mit den neuen Anlagen bei Feintool kennen und in der Praxis beherrschen:

- Prozess und Abgrenzung gegen andere Verfahren
- Maschinen/Anlagen
- Materialien/Produkte

# LERNZIELE

Maschinen- und Anlagenführer/innen bereiten Arbeitsabläufe vor, überprüfen Maschinenfunktionen gemäss Vorgaben und nehmen die Maschinen in Betrieb. Sie beherrschen die Reinigung und das Rüsten der Anlage und inspizieren alle Maschinenbereiche in regelmässigen Abständen und stellen die Vorgaben der Steuerungen ein, um die Betriebsbereitschaft sicherzustellen. Sie warten die Anlagen im Rahmen ihrer Zuständigkeit und melden Störungen. Sie überwachen und protokollieren den Produktionsprozess und bedienen und steuern den Materialfluss. Ausserdem führen sie qualitätssichernde Massnahmen durch.

### Detaillierte Kenntnisse zu:

- Bedienen, überwachen, reinigen, rüsten, testen der Anlage
- Durchführung und Dokumentation von Kontrollen
- Durchführung von Reinigungs- und Produktionsfreigaben
- Für Materialnachschub sorgen, Material kontrollieren, Maschine mit Material beschicken
- Funktionsstörungen erkennen, analysieren, ggf. beheben, dokumentieren und melden
- Fertige bzw. hergestellte Produkte abtransportieren bzw. zwischenlagern
- Einstellungs- und Produktionsdaten für den Maschinen- und Materiallauf ständig überprüfen
- Arbeitsplatz sauber halten, Vorschriften befolgen
- Unfallverhütungsvorschriften beachten und einhalten
- Persönliche Kontroll- und Begleiddokumente ausfüllen

### Speziell:

- Einhaltung der Feintool- und weiterer geltender Sicherheitsrichtlinien
- Einhaltung der internen Arbeitsanweisungen und Vorschriften
- Arbeitsvorbereitung (selbständiges Bereitstellen von Material, Hilfsmitteln Mess- und Prüfzeugen, Anweisungen und Formularen)
- Arbeitsplatz einrichten, Auftrag studieren
- Messen und Prüfen, Qualitätskontrollen gem. Vorgaben
- Selbstkontrolle, Fremdkontrolle
- Mitarbeit im Rahmen von Optimierungsprojekten zur Erhöhung der Anlageneffizienz und Minimierung der Umrüstzeiten
- Ausbildung neuer Mitarbeiter
- Selbständiges Lernen nach Vorgaben Lernplan und Nutzen des Lernangebots
- Zielvorgaben der Aufträge beachten

## Arbeitsbedingungen für Maschinen- und Anlagenführer (MAF)



In den Produktionshallen – bei Kunstlicht – bedienen und warten MAF überwiegend im **Stehen**, manchmal auch im Sitzen verschiedenste Bereiche der Anlage.

Während MAF in längeren Phasen **eigenständig** tätig sind, bewältigen sie umfangreichere Arbeiten **im Team**.



In den Produktionshallen herrscht oft ein erheblicher Lärmpegel. Stressresistenz und Konzentration sind gefordert.

MAF tragen **Schutzbekleidung**, an der Maschine zudem bei etlichen Tätigkeiten **Handschuhe und generell Sicherheitsschuhe**. Oft müssen die Hände waschen, da sie mit speziellen Flüssigkeiten der Waschvorgänge in Berührung kommen können.

MAF wechseln bei ihren Tätigkeiten zwischen den verschiedenen Anlagenbereichen; sie sind flexibel und dort einsetzbar, wo ihre Arbeitskraft gebraucht wird.

Insgesamt sind für den Beruf Disziplin, Fleiss und eine **gute körperliche Konstitution** wichtig.



Viele Tätigkeiten an den Anlagen übernimmt die **Elektronik**.

Hier rufen Anlagenführer die **Steuerungsprogramm-**

## MERKE

### ZTU-Diagramm

Jede Stahlsorte weist ein anderes Verhalten auf, das stark von den enthaltenen Legierungselementen abhängt. Damit hat jede Sorte sein eigenes ZTU-Diagramm.

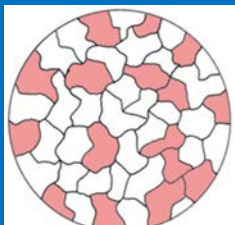
### Kohlenstoffstähle

Die fachlichen Bezeichnungen sind C22, C35, C45, C60.

Der Buchstabe C bedeutet Kohlenstoff, die Zahl den Prozentanteil an Kohlenstoff in Gewichtsprozent. Je höher der Kohlenstoffanteil, desto höher die zu erwartende Festigkeit (Härte), gleichzeitig erhöht sich bei höherem Kohlenstoffanteil die Gefahr der Rissbildung.

### Metallgefüge

In den Metallen sind die Atome bzw. Moleküle in Kristallform aneinandergebaut. Beim Erkalten eines flüssigen Metalls entstehen kristallähnliche Gebilde. Diese Gebilde ergeben das **Metallgefüge**. Kristallin entwickelt sich ein Gefüge, weil sich die einzelnen Kristalle beim Erstarren des flüssigen Metalls in ihrer Ausformung gegenseitig behindern. Solche Kristallite werden auch als Körner bezeichnet. Von der Korngröße sind wichtige mechanische Eigenschaften des Stahls abhängig; so sind etwa feinkörnige Gefüge zäher und fester als grobkörnige.



# WÄRMEBEHANDLUNG VON METALLEN

## Prinzip und Ziel der Verfahren

Nach der Produktion in der Giesserei hat der Stahl meist noch nicht die für den Verwendungszweck notwendigen Eigenschaften. Zwar sind die wichtigsten Grundlagen durch die Legierung bereits gelegt. Durch eine abschliessende Wärmebehandlung können dann weitere Verbesserungen erzielt werden.



## Wärmebehandlung umfasst viele Verfahren mit unterschiedliche Zielen:

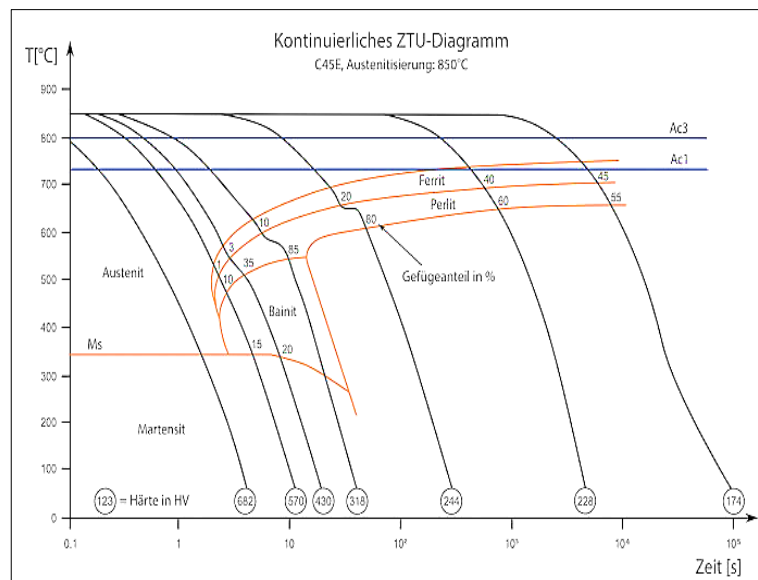
Der Werkstoffzustand kann über den **ganzen Querschnitt** so verändert werden, dass zum Beispiel Härte, Zugfestigkeit oder Zähigkeit einen bestimmten Wert erreichen. Andere Verfahren erlauben eine gezielte Änderung der **Randschicht**, können jedoch auch Veränderungen im **Werkstoffinneren** hervorrufen.

## Der Temperatur-Zeit-Verlauf

Eine Wärmebehandlung besteht aus drei Schritten:

- Aufheizen
- Halten
- Abkühlen

Es wichtig, **exakte Verläufe der Temperatur über die Zeit einzuhalten**. Dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm kann man entnehmen, welche Gefügeumwandlungen bei unendlich langsamer Abkühlung stattfinden. Ändert man jedoch die Abkühlgeschwindigkeit, können sich andere Gefügestrukturen ausbilden.



**Beim Aufwärmen** beginnen sich die Strukturen des Metalls nach und nach zu verändern.

**Das Halten** der Temperatur dient dazu, die Umwandlung gezielt andauern zu lassen.

**Beim Abkühlen** finden weitere Gefügeumwandlungen statt, deren

Verlauf und Art ebenfalls durch rasches, weniger schnelles oder sehr langsames Abkühlen beeinflusst werden können.

Der Verlauf der Gefügevorgänge ist messbar. Dabei werden für jede Metallsorte das Erhitzen und Abkühlen in einem ZTU-Diagramm (Zeit-Temperatur-Umwandlung) dargestellt.



## Häufigste Verfahren

### 1. Härten und Vergüten

- Komplette Bauteilerwärmung auf 30-50 °C oberhalb Ac3 (Temperatur: 790 - 900 °C).
- Härteprozess: schnelles Abkühlen durch Gas-, Warmbad-, Öl-, Emulsion- oder Wasserhärtung (Abschreckung).
- Um Sprödhheit zu eliminieren: Anlassen oder Entspannen auf Sollhärte.
- Bis ca. 300°C: Härten, ab ca. 300 – 700 °C: Vergüten.

#### Ziel des Härten

- Bauteile und Werkzeuge eine ausreichende Härte und Festigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen verleihen – z.B. bei statischer oder dynamischer Verformung durch Zug, Druck, Biegung, Verschleiss – durch gezielte Änderung des Metall-Gefüges.
- Möglichst vollständige Umwandlung von Austenit in Martensit.

#### Ziel des Vergütens (Kombination von Härten und Anlassen):

- Verbesserung des Werkstoffgefüges mit einer möglichst hohen Zähigkeit, hohe Standfestigkeit, hohe Dauerschwingfestigkeit, gute Zug- und Kerbschlagzähigkeit, gute Biege-wechselfestigkeit
- Ideale Voraussetzung für spätere thermochemische Wärmebehandlung

### 2. Einsatzhärten

- Oberfläche durch Diffusion gezielt mit Kohlenstoff anreichern.
- Komplette Bauteilerwärmung während des Aufkohlungsprozesses und des Härten.
- Aufkohlung im Gas, Plasma oder im Niederdruck (Temperatur über Ac3-Umwandlungspunkt bei 880-980°C).
- Abkühlung: Gasdruck-, Öl- oder Warmbadabkühlung (Temperatur: 790 – 950 °C).
- Eht (Einsatzhärtungstiefe): zwischen 0,1 und 2,5 mm.

#### Ziele des Einsatzhärten

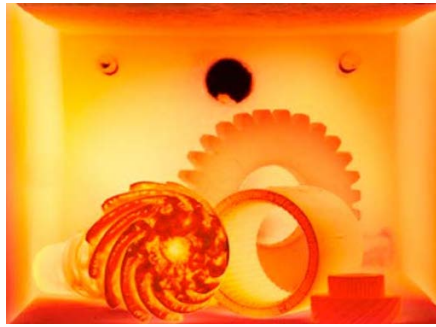
- Erreichen eines weichen und zähen Kerns bei gleichzeitiger harter Oberfläche des Werkstoffs. Die Randschichten des Werkstücks müssen einen Kohlenstoffgehalt von 0,85 % und der Kern einen Kohlenstoffgehalt von höchstens 0,21 % haben.

### 3. Randschichthärten

- Erwärmung nur der Randschicht (Temperatur: 800 – 950 °C), die Gefügeumwandlungen an der Oberfläche wie beim normalen Härten.
- Verfahren: Flamm-, Induktionshärten (bis ca. 4 mm), Laser- und Elektronenstrahlverfahren (bis ca. 1- 2 mm).
- Härteprozess: Erhitzen, Halten, Eigenkühlung, Emulsions- oder Wasserkühlung.
- Rht (Rand-Härtetiefe): Grenzhärte i. d. Regel 80% der Oberflächen-Härte des gehärteten Bereichs.

#### Ziele des Randschichthärten:

- Genau definierte Zonen (Verschleissbereiche) härten und den Rest des Werkstücks nicht verändern.



## Störende Faktoren

Beim Härten können störende Effekte durch Mass- und Formänderungen entstehen:

### Komplexe Konstruktion:

Konstruktive Bauteil-auslegungen müssen äusserst präzise sein. Form- und Massänderungen durch Verzug sind problematisch, insbesondere beim Leichtbau.

### Werkstoffherstellung:

Erschmelzung, Erstarung können Inhomogenitäten (Seigerungen) nach sich ziehen. Seigerungen führen zu unterschiedlichen Umwandlungsverhalten und unterschiedlicher Gefügeausbildung. Folge: Inhomogenes Verzugverhalten, im extremen Fällen entstehen Risse.

### Umformung:

Auswirkung auf die Gefüge-, Eigenspannungs- und Texturzustände. Beeinflusst nachfolgende Fertigung und Mass- und Formänderung.

### Zerspanen:

Inhomogene Eigenspannungszustände, können in der nachfolgenden Bearbeitung (Fräsen, Drehen, Bohren, Sägen) Quellen für Verzug ergeben.

Dies gilt auch für die Oberflächenbeeinflussung und Passivschichtbildung bei thermo-chemischen Folgeprozessen.

#### 4. Nitrierprozesse

- Komplette Bauteilerwärmung in N<sub>2</sub>-Umgebung (Temperatur: 480 - 580 °C)
- Härtingsprozess: Prozesse basieren auf thermochemische Diffusionsprozesse (Stickstoff dringt in den Stahl ein) ohne folgende Abschreckung bzw. schnelle Abkühlung des Bauteils.
- Funktioniert nur bei bestimmten Stahlsorten
- Nht ( Nitrierhärte ): Grenzhärte = Kernhärte + 50 HV

Ziel des Nitrierhärtens:

- Bei Werkstücken und Werkzeugen aus Eisenwerkstoffen das Verschleiss-, Korrosions- und Festigkeitsverhalten verbessern. Höhere Härte in der Diffusionsschicht.



#### 5. Weitere Verfahren

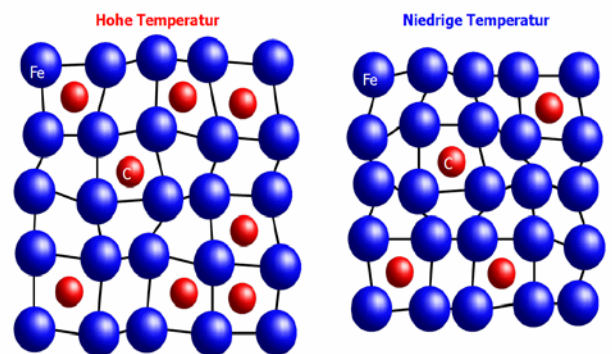
- **Carbonitrieren** ist eine besondere Art des Einsatzhärtens (Kohlenstoff und Stickstoff).
- **Bainitisieren** ist eine Zwischenstufe, bei der ein gehärteter Werkstoff entsteht, der nicht ganz die Festigkeit und Härte von Martensit erreicht. Das Abschrecken erfolgt in einem Salzwarmbad.
- **Laserhärten** mit Energieeintrag mittels Strahlung direkt auf die Bauteiloberfläche. Kurzzeitige, lokal begrenzte Erwärmung für 4-10 Sekunden, dadurch Homogenisierung der Kohlenstoffverteilung und Härtung. Selbstabkühlung.

#### 6. Glühen

Glühen besteht aus Anwärmen, Durchwärmen und Abkühlen von Halbzeugen, um die Materialeigenschaften gezielt zu beeinflussen.

- **Weichglühen:** Härte und Festigkeit des Stahls reduzieren und die Verformung (z.B. Walzen, Pressen, Ziehen) erleichtern (650 °C - 750 °C).
- **Spannungsarmglühen:** Eigenspannungen des Werkstücks beseitigen (stammen aus mechanischer Verformung oder Bearbeitung). Stahl-eigenschaften unverändert (480 °C - 680 °C).
- **Normalglühen (Normalisieren):** Bildung eines feinkörnigen Gefüges von Kristalliten, die gleichmässig über das Werkstück verteilt sind, ab (unter 800 °C für Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt; bei Stählen mit geringem Kohlenstoffgehalt bis 950 °C).
- **Grobkornglühen:** Grösse der einzelnen Kristallite erhöhen, um die Festigkeit und Zähigkeit des Materials zu senken und so die Spanbarkeit zu verbessern (950 °C – 1'100 °C).
- **Rekristallisationsglühen:** Wiederherstellung von Kristallitformen wie sie vor einer Kaltverformung vorgelegen haben, um Verformbarkeit für weitere Umformprozesse wiederherzustellen. Temperaturen knapp oberhalb der Rekristallationstemperatur (550 °C - 700 °C).
- **Diffusionsglühen / Lösungsglühen:** Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Legierung eine gleichmässige Verteilung von Fremdatomen im Metallgitter (bis zu 2 Tage lang bei 1050 °C - 1300 °C).
- **Anlassen:** Abbau innerer Spannung im Stahl nach dem Härten. Erwärmen auf Temperaturen unterhalb des Umwandlungspunktes A1 von 723 °C (meist bei 300 °C und 550 °C). Dauer Minuten bis 100 Stunden.

Durch die **Gitterverzerrung** der relativ großen Kohlenstoffatome ist die **Löslichkeit** des **Kohlenstoffs** im **Austenitgitter** (hier: schematisch gezeichnet) **begrenzt**. Mit **abnehmender Temperatur** nehmen auch die Gitterschwingungen und damit die Räume für die Kohlenstoffatome ab → es können **weniger Kohlenstoffatome gelöst werden!**



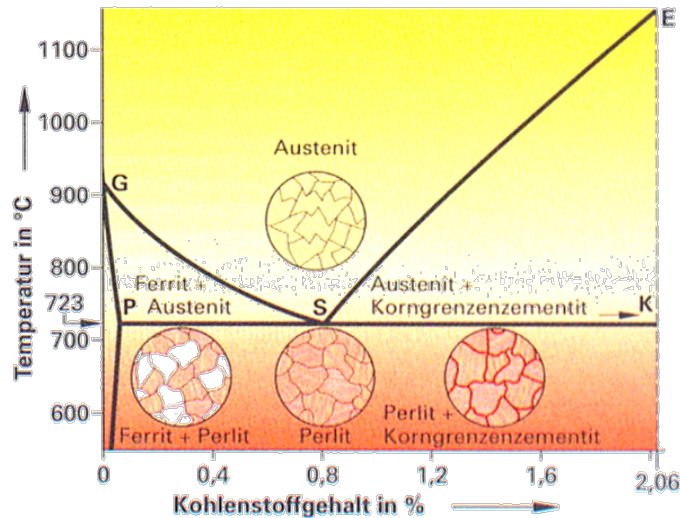


## Was geschieht im Stahl bei der Wärmebehandlung?

### Beim Erhitzen:

Beim Erhitzen auf über 790 °C finden alle Prozesse des Glühens, ausser Grobkorn- und Diffusionsglühen statt (siehe vorher).

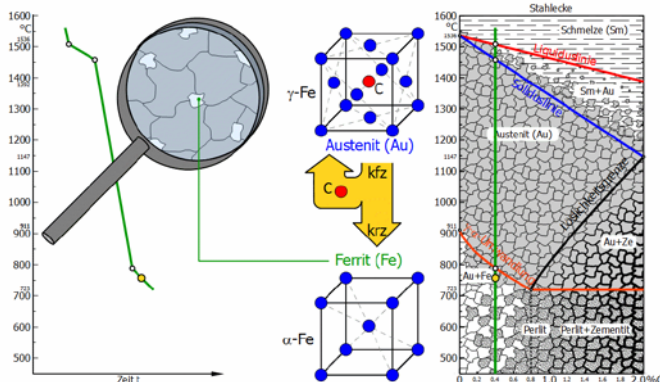
Speziell beim Härten Härten will man häufig möglichst homogenes Austenit erhalten. Das bedeutet, dass der Kohlenstoff nicht als Eisen-carbid, sondern im Metallgitter gelöst vorliegt und möglichst gleichmässig verteilt ist. Nach dem Erreichen einer Temperatur in der Randschicht dauert es noch einige Zeit, bis das Werkstück vollständig durchgewärmt ist.



### Beim Abkühlen:

Die Werkstücke werden nach dem Erhitzen und Halten in Abhängigkeit von Werkstoff und Verfahren *in spezifischen Medien* (Wasser, Öl, Wasser-Polymer-Gemische, Salz, Schutzgas, Luft) unterschiedlich schnell abgekühlt. Die Arten des Abkühlens sind vielfältig, von der *Ofenabkühlung bis hin zum schroffen Abschrecken*, um bestimmte technologische Eigenschaften (Festigkeit, Härte, Zähigkeit, Gefüge, etc.) einzustellen.

Bei Erreichen der **Gitterumwandlungslinie** beginnt das **Austenitgitter** an den Korngrenzen in das kubisch-raumzentrierte **Ferritgitter** umzuklappen. Da der **Kohlenstoff** im **Ferrit** nicht mehr gelöst werden kann, diffundiert dieser in den angrenzenden und **untersättigten Restaustenit**.



Bei langsamer Abkühlung und niedrigeren Haltetemperaturen finden (wie beim gezielten, langsamen Erwärmen) Prozesse, wie das *Spannungsarmglühen, Normalglühen, Weichglühen, Grobkornglühen, Diffusionsglühen und Rekristallisationsglühen* (siehe „Glühen“, oben), statt.

Die Verfahren haben alle zum Ziel, die Körnung des Werkstoffs zu ändern und Spannungen und Versetzungen abzubauen.

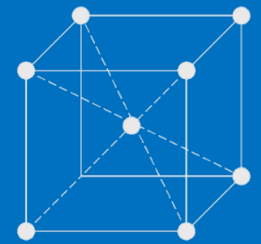
Bei rascher Abkühlung erfolgt die *Umwandlung von Austenit in Perlit* sehr schnell bei etwa 723°C. Dabei kann der Kohlenstoff nicht mehr vollständig diffundieren und die Umwandlung und Ausscheidung von Zementit wird behindert.

Bei extrem schneller Abkühlung erfolgt eine Gefügewandlung erst unterhalb von 400°C. Dann bildet sich innerhalb kürzester Zeit ein *tetragonal raumzentriertes Gitter*, welches sich stark vom normalen Perlit oder Bainit unterscheidet. Dieses Gefüge wird *Martensit* genannt und ist extrem hart und spröde.

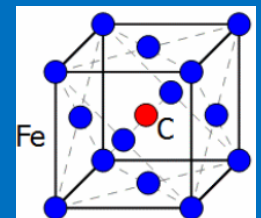
## WIKI

### Stahl

Eisen hat eine kristalline Form des Kubus (Würfels).



Stahl ist eine Legierung des Eisens mit Kohlenstoff und anderen Legierungselementen, meist Metallen. Im Zustand nach dem Erkalten der Stahlschmelze ist das Kristall durchsetzt von Kohlenstoff (der aus dem Koks kommt, mit dem das Roheisen gewonnen wird). Diese Kohlenstoffatome lagern sich in der geometrischen Mitte des Kubus (Würfels) ab.



Man spricht von kubisch-raumzentriertem Gitter (KRZ).

Dieser Stahl ist weich, d.h. bei 300-500 N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit bei unlegierten Stählen; bei legierten Stählen unter Zusatz von Mangan, Chrom, Molybdän u.v.a. erhöht sich diese auf 600 N/mm<sup>2</sup>. Will man nun einen Stahl härten, muss man darauf sehen, dass er genügend Kohlenstoff beinhaltet (Kohlenstoffstahl). Dies beginnt bei 0,23G% und geht bis 2,1G%.



## WIKI

### WERKSTÜCK

Als Werkstück bezeichnet man ein einzelnes abgegrenztes Teil weitgehend festen Materials, das in irgendeiner Form bearbeitet wird. Die Bearbeitungsmethode selbst spielt keine Rolle. Bei komplexeren Gegenständen wird darunter eher das einzelne Bauteil und seltener die bereits (teil-)montierte Baugruppe verstanden.

Der Begriff Werkstück hat sich im Handwerk und in der Industrie durchgesetzt.

### Härte

Ist der mechanische Widerstand, den ein Werkstoff der mechanischen Eindringung eines anderen Körpers entgegensetzt.

Je nach der Art der Einwirkung unterscheidet man verschiedene Arten von Härte.

So ist Härte nicht nur der Widerstand gegen härtere Körper, sondern auch gegen weichere und gleich harte Körper.

Die Definition von Härte unterscheidet sich gegenüber der von Festigkeit, welche die Widerstandsfähigkeit eines Materials gegenüber Verformung und Trennung darstellt.

## INDUKTIONSHÄRTEN BEI FEINTOOL

### Verfahren

Das bei Feintool angewandte Induktionshärten bringt vor allem kompliziert geformte Werkstücke – in genau definierten Bereichen (partielles Härten) – umgeben vom Inertgas  $N_2$  (Stickstoff) – auf die erforderliche Härtetemperatur von  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , um sie anschliessend, mit einer Wasser-Polymer-Emulsion von  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  abzuschrecken.

### Bauteile/Werkstücke

Zum Bearbeitung kommen Werkstücke aus dem Feinschneiden von Feintool hergestellt aus Vergütungsstählen C60. In Sachen Genauigkeit, Steuerbarkeit und Zugänglichkeit wird das Induktionshärten nur durch das Laserstrahlhärten übertroffen.



Induktionshärten wird bei Feintool vorwiegend für das Härten von Randzonen (Verschleissbereiche) bei Bauteilen verwendet, dort wo eine höhere Härte benötigt als beim kompletten Bauteil.

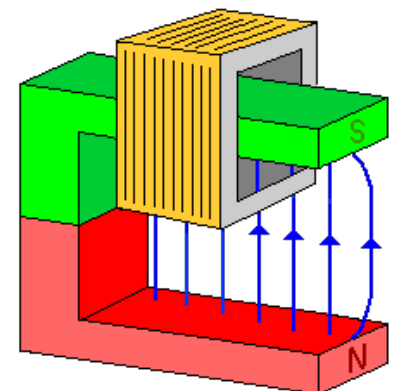
### Elektromagnetische Induktion

Induktion entsteht infolge von Wechselwirkungen zwischen elektrischen und magnetischen Feldern.

**Prizip A:** Bewegt man einen elektrischen Leiter so durch ein ruhendes magnetisches Feld, dass der Leiter die Feldlinien schneidet, so wird im Leiter eine elektrische Spannung induziert.

**Prizip B:** Ändert sich das Magnetfeld um einen ruhenden elektrischen Leiter, so wird ebenfalls im Leiter eine elektrische Spannung induziert.

Die Feintool-Induktionshärterei nutzt das Prinzip B, wobei das Werkstück den ruhenden elektrischen Leiter darstellt.



# DER PROZESS DES INDUKTIONSHÄRTENS

## PROZESSSCHRITT 1: WASCHEN DER WERKSTÜCKE

Zwei mächtige Waschmaschinen stehen in der Anlage nebeneinander, denn alle Werkstücke durchlaufen im gesamten Prozess **zwei Waschvorgänge**. Jede der beiden Waschmaschinen weist zwei untereinander verbundene Kammern auf, die durch eine Zwischenwand getrennt sind.



Unterhalb der Waschmaschinenkammern liegen die Waschmitteltanks und darunter Heizstäbe, die für die gleichbleibend hohe Temperatur der Waschflüssigkeiten sorgen (70 °C beim Waschvorgang der ersten Station, 40 °C beim zweiten Waschvorgang).



Die Waschmittel (Medien) und der Korrosionsschutz werden über ein Düsensystem von unten und oben mit Hochdruck auf die Waschkörbe und deren Inhalt gespritzt.

Die Rückseite der Waschmaschinen zeigt die Umwälzpumpen, Filter und Ölabscheider ebenso wie die Einlässe für die Waschmittel.

An der Maschinenfront befinden sich die Steuerung mit Touchscreenpanel und der Elektroschrank der Anlagensteuerung.



### IPC - Kontrollen

Inprozesskontrollen während des Prozesses oder **stündlich und am Ende einer Charge**; dies wird dokumentiert.

#### Waschmaschine:

1. Temperatur
2. Medien prüfen
3. Sichtkontrolle Werkstück auf Beschädigung und Trockenheit

#### Induktionsbereich:

1. Befüllung Waschkorb prüfen
2. Perfektes Montieren der Werkstücke in Aufnahme
3. Überprüfung korrektes Laufen der Kühldusche
4. Schliessen Türen gut
5. Sichtkontrolle der Härteergebnisse

#### Ofen:

1. Temperatur
2. Befüllung
3. Lagerung

Die **Häufigkeit der IPC** ist den Prüfplan-Vorgaben der Herstelleranweisung zu entnehmen.

### Qualität durch Optimierung

Qualität laufend steigern:

#### Vier Schritte:

- Messen des Ist-Zustandes;
- Implementieren einer Verbesserung;
- Nachmessen der Veränderung;
- Dokumentieren des veränderten Verfahrens.



# Waschen

## MERKE

Das Feinschneidöl auf den Werkstücken würde einerseits beim Härten, durch die hohen Temperaturen in den zu härtenden Zonen, verbrennen und andererseits, gemischt mit der Abschrecklösung (Polymer-Wassergemisch), die Abschrecklösung nach und nach verschmutzen und so verändern, dass die erwünschte Präzision des Härten (z.B. genaue Abschreckzeit) nicht garantiert wäre (siehe auch Induktionshärten).

## Arbeitssicherheit

Direkten Hautkontakt mit den Waschmitteln, dem Feinschneidöl und den Polymer-Kühlmittel vermeiden.

### Handschuhe tragen!

Nach Haut-Kontakt mit diesen Medien:

Betroffene Stellen **abwaschen, Hände öfters waschen**

Bei Augenkontakt:

**Augendusche mit klarem Wasser mehrmals**

Bei Kontakt an Schleimhäuten:

**Gründlich spülen, viel Wasser trinken**

Verschmutzte Arbeitskleider:

**Wechseln, waschen**



Seitlich, über **speziell gesicherte Schiebetüren** (Zweihandsteuerung der Waschmaschinentüren), werden die Waschmaschinen-Kammern mit den Waschkörben beschickt. Diese tragen die **Werkstücke aus Stahl C60**, ungehärteten Bandstahlblechen, die im Feinschneidprozess von Feintool gefertigt werden.

Bei der kleinen Anlage geschieht das Beschicken der Waschmaschine **mit Hilfe von Hebezeugen**, bei der grossen, vollautomatischen Anlage durch einen **Roboter**.



In den Waschkörben finden sich Halterungen für das senkrechte Platzieren (Charchieren) von jeweils

**68 zu bearbeitenden Bandblech-Werkstücken** pro Waschkorb.

Die Werkstücke werden bei der kleinen Anlage **von Hand in die Körbe gestellt** (handbeladen), in der vollautomatischen Anlage übernimmt dies wiederum ein Roboter. Die grössten Teile können bis 280 mm Durchmesser aufweisen.

**Auf der kleineren, handbeladenen Anlage, werden vorerst 2 Teile-Sorten bearbeitet, für die grosse Anlage sind 8 verschiedene Formen vorgesehen.**

## 1. Waschvorgang

In der ersten Station der Waschanlage – und zwar in der rechten der beiden Waschkammern – wird das **Feinschneidöl**, das aus dem Feinschneidprozess an den Werkstücken haftet, **bei 70 °C Temperatur**, entfernt bzw. gewaschen. Das Spülmittel besteht aus Wasser und einem Fettlöser, einmal gewaschen, wird ein **Korrosionsschutz** auf die Bauteile gespritzt.

Dann wechselt der Waschkorb in die rechte Kammer, wo die **Werkstücke getrocknet** werden.

Eine dem Waschprozess nachgeschaltete **Öl-Abscheideranlage** trennt das Feinschneidöl vom Spülwasser. Die Ölrückstände werden umweltgerecht entsorgt, das Wasser wieder dem Waschkreislauf zugeführt.



Die Körbe sind mit einem **Barcode** versehen, der vor dem Einbringen in die Waschmaschine elektronisch erfasst wird.

So weiss die Steuerung der Maschine jederzeit, welche Werkstücke wo und in welchem Prozessfortschritt unterwegs sind.

## PROZESSCHRITT 2 INDUKTIONSHÄRTEN UNTER SCHUTZGAS (N<sub>2</sub>)

Bei konventionellen Härteverfahren wird das komplette Werkstück in Öfen aufgeheizt. Dies dauert relativ lange und ergibt einen mehr oder weniger starken Verzug der Werkstücke.

Beim Induktionshärten (auch Induktivhärten genannt) hingegen wird – gezielt und äusserst kurz, rund 4 Sekunden lang – **nur der zu härtende Verschleissbereich des Werkstücks** erwärmt und dann rasch wieder abgekühlt. So findet kaum ein Verzug (oder nur sehr geringer) statt.

Der **Erwärmungsbereich** kann durch hochpräzise Werkzeuge (Induktoren) millimetergenau eingegrenzt werden.

Da bei dieser Härtung **nur eine Randschicht** (aussen oder im Innern des Werkstücks, an ausgeschnittenen Geometrien) gehärtet wird, bleibt das gesamte Werkstück mechanisch flexibler und kann auf den nicht gehärteten Flächen einfach nachgearbeitet, oder auch gerichtet werden.



Die bei Feintool eingesetzten Maschinen (Kleinanlage und Vollautomat) sind Werkzeugmaschinen mit entsprechender Energiequelle (Hoch-, Mittelfrequenz-, oder Dualfrequenz-Umrichter). Die zu härtende Zone, wird durch **speziell auf das Werkstück passende Induktoren** bearbeitet.

Über die Steuerung bzw. das Rezept, das die Anlage als Programm abarbeitet, werden die Härteparameter, durch genaue Vorgaben wie Energieleistung, Haltezeiten, Geschwindigkeiten, Abschreckzeit usw., exakt gesteuert.

## Wiki

### Oberflächenhärten

Unter dem Verfahren Oberflächenhärtung wird ein Härten der Oberfläche ohne das Einbringen anderer Elemente, wie Kohlenstoff oder Stickstoff, verstanden.

Dies wird durch ein **beschränktes Erhitzen** von Werkstücken erreicht, bei dem nur die Oberfläche auf Härtetemperatur gebracht wird und der Kern beim anschliessenden **Abschrecken** nicht beeinflusst wird.

Bei diesem Wärmebehandlungsverfahren wird die Werkstückoberfläche durch Strominduktion (oder durch Gasflammen beim Flammhärten) auf Austenitisierungstemperatur erwärmt.



### Schema Induktionshärten

Die Abkühlung / Abschreckung erfolgt durch eine nachgeschaltete Brause. Anschliessend werden die Bauteile entspannt.

Die dabei erzielbare Oberflächenhärte ist abhängig vom Kohlenstoffgehalt und die Einhärtetiefe ist abhängig vom Grad der Legierung des Werkstoffs. Ziel der Behandlung ist eine harte und verschleissfeste Oberfläche bei gleichzeitig zähem Kern.



## Wiki

### Austenit

Als Austenit bezeichnet man eine bestimmte Mischkristallform von Eisen. Sie entsteht bei der Erhitzung von kohlenstoffhaltigem Eisen oder Stahl auf 723 °C, indem das bis dahin vorhandene Ferritgitter in das sogenannte Austenitgitter umklappt.

Damit einhergehend ändern sich die Werkstoffigenschaften, so ist Austenit zum Beispiel nicht magnetisierbar, zäh und leicht umformbar.

Bei langsamer Abkühlung kehrt sich dieser Prozess unterhalb von 723 °C wieder um und aus dem Austenit wird wieder Perlit. Daher kommt Austenit bei Zimmertemperatur praktisch nur in legierten Stählen vor. Durch Beimischung von Nickel, Kobalt, Kohlenstoff oder Mangan kann man einen Stahl erzielen, der auch bei Zimmertemperatur als austenitisches Gefüge vorliegt.

Die austenitische Phase von Eisen liegt zwischen den Temperaturen 1392 °C und 911 °C. Hier sind die Eisenatome in eine kubischflächenzentrierte Gitterstruktur eingebunden.

### Perlit

Perlit ist eine streifenförmige Gefügeform von Eisen-Kohlenstoff-Legierungen als Phasengemisch aus Ferrit und Zementit. Perlit bildet sich aus Austenit beim Abkühlen unter 723 °C.

Bei der Bildung von Perlit verarmt das Gefüge lokal an Kohlenstoff, während sich die Nachbargebiete durch Diffusion immer weiter an Kohlenstoff anreichern. Bedingt durch die Abwechslung von kohlenstoffarmen und -reichen Gebieten, entsteht dabei die typische Lamellenstruktur.

### Physikalischer Prozess

Durch einen dem Werkstück angepassten, wassergekühlten Induktor aus Kupfer wird ein Magnetfeld, das durch die Energiequelle erzeugt wird, berührungslos auf das Werkstück übertragen. Der Abstand zwischen Induktor und Werkstück beträgt nur wenige Millimeter.

Dieses Magnetfeld erzeugt in der Wirkungszone einen **Induktionsstrom** (Gesetzmässigkeit der Induktion). Dadurch wird die **Elektronenbewegung des Stahls massiv erhöht**, was zu **grosser Hitze** führt. Das Werkstück erwärmt sich im Bereich des Wirkungsfeldes des Induktors in Sekundenbruchteilen über 2 Schritte auf die materialspezifische Härtetemperatur (i.d.R. zwischen 820 – 1'050 °C). Diese hohe Temperatur wird während einer kurzen Zeit gehalten, damit sich die Molekularstruktur des Stahls wie gewünscht verändert, denn ab ca. 790 °C löst sich die Metallgitterstruktur des Stahls auf, die Moleküle bewegen sich ungeordnet.



**Läuft der Prozess** an, schiebt sich eine Platte aus Kupfer (Induktor), durch die unter hohem Druck Kühlwasser läuft, bis auf wenige Millimeter vor das in die Maschine eingelegte Werkstück (Prinzip nachgestellt, steht aber auf dem Kopf).

Die am Induktor angelegte Wechselspannung, induziert im Werkstück Wirbelströme; bei ausreichender Intensität wird das Werkstück genau dort erhitzt, wo der Induktor einwirkt.

Anschliessend wird das Werkstück mit einer speziellen Abschreckemulsion (Wasser-Polymermischung) von 40 °C schockartig heruntergekühlt. Dadurch erstarrt das Metall und bildet schlagartig neue Gitterstrukturen aus.

Diese Veränderungen des Materialgefüges sind erforscht und genau bekannt und können so im Prozess genau gesteuert werden. In diesem Falle wird in die Zone, die erhitzt und dann abgeschreckt wurde, härter und wird somit verschleissfester.

### Eindringtiefe und Wirkzeit

Die Eindringtiefe der Induktion hängt von der Frequenz der Wechselspannung ab: Je hochfrequenter die Spannung, umso geringer die Eindringtiefe und somit auch die Einhärtetiefe (Skinneffekt).

	FREQUENZ	EINDRINGTIEFE
Hochfrequenz (HF)	50 bis 550 kHz	ca. 0,4 bis 3,0 mm
Zweifrequenz (SDF)	10 bis 250 kHz	ca. 0,4 bis 6,0 mm
Mittelfrequenz (MF)	3 bis 12 kHz	ca. 1,5 bis 26,0 mm

Der Grad der Erwärmung selbst kann über die Stromstärke im Transformator und über die Dauer der Stromzufuhr beeinflusst werden.

Um die Prozesszeiten möglichst gering zu halten und damit sich das Werkstück nicht durch Wärmeleitung vollständig erhitzt, ist die Dauer der Stromzufuhr sehr kurz (maximal wenige Sekunden).

#### Abschreckmittel:

- Öle
- Wasser-Öl-Emulsionen, Wasser-Polymer-Emulsionen
- Warmbad-Abschreckbäder
- Bewegte Luft
- Wasser (mit Zusätzen → Leidenfrost-Effekt)





### Korrosion vermeiden

Um Korrosion am Werkstück zu verhindern, wie sie bei Hitzeentwicklung in der normalen Luft durch den Luftsauerstoff entstehen würde, werden der Induktor und das Werkstück beim Härten von N<sub>2</sub>-Gas umgeben.

Dies verdrängt den atmosphärischen Sauerstoff, wodurch keine Korrosion stattfindet.

### Abschrecken

Beim Feintool Induktor wird das Werkstück zum Abschrecken über eine Brause (Dusche) einer Kühlflüssigkeit ausgesetzt, es handelt sich bei Feintool um ein Wasser-Polymergemisch von 40 °C.

Es kann aber auch Wasser, Öl oder Gas sein. Wasser hat die schroffste Abschreckung zur Folge, das Material wird dann sehr hart, birgt auch die Gefahr von Rissen. Öl oder das Wasser-Polymergemisch sind etwas milder, Insbesondere kann das Gemisch exakt auf das gesuchte Ergebnis abgestimmt werden. Bei Feintool liegt der Polymeranteil bei ca. 12 %.

## PROZESSSCHRITT 3: SCHLUSSREINIGUNG DER WERKSTÜCKE



Wenn die Teile aus dem Härteprozess kommen, sind sie mit der Abschrecklösung benetzt. Sie werden zunächst wiederum in die Waschkörbe gestellt, von Hand bzw. per Roboter.

Dann durchlaufen sie in der zweiten Waschstation die Schlussreinigung bei einer Temperatur von 40°C (bei höherer Temperatur verdickt das Polymergemisch, wird plastisch und würde an den Werkstücken kleben bleiben). Hier wird also die Wasserpolymer-Emulsion, die beim Härten zum Abschrecken der erhitzten Werkstücke zum Einsatz kommt, von den fertigen Werkstücken entfernt. In der linken Kammer dieser Station wird gewaschen, in der rechten wiederum getrocknet.

Das **Polymer-Gemisch muss entfernt werden**, da es auf den Endprodukten nicht erwünscht ist, denn die sollen sauber und mit einem Antikorrosionsmittel behandelt sein. Zudem verwandelt sich die Polymerlösung unter Wärme auch im Ofen in eine plastische Masse, die den Ofen und die Körbe verkleben würde.

## Wiki

### Schutzgas

Als Schutzgas wird ein Gas oder Gasgemisch bezeichnet, das die Aufgabe hat, die Luft der Erdatmosphäre zu verdrängen, vor allem den Sauerstoff der Luft.

In der Härtetechnik wird Schutzgas verwendet, da in der Härteanlage gasförmiger **Stickstoff** (oder Wasserstoff) verhindert, dass Sauerstoff den zu härtenden Stahl verändert.

Damit bleibt die Oberfläche des gehärteten Werkstücks glänzend blank und gleichzeitig fallen weniger Rückstände an, die sonst mühsam aus dem Abschreckmedium ausgefiltert werden müssten.

### Zementit

Zementit ist eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff der Zusammensetzung Fe<sub>3</sub>C (ein Eisencarbid) und tritt als Phase beim Abkühlen der Schmelze in Stahl und weissem Gusseisen auf. Zementit ist sehr hart (HV=800) und verschleißfest, aber spröde und daher schlecht plastisch verformbar. Er hat eine geringere Dichte als Eisen und ist unterhalb von 215 °C magnetisch.

### Ferrit

Ferrit tritt als Phase beim Abkühlen der Schmelze in Stahl auf. Es ist mit einer Härte von etwa 60 HV sehr weich es ist gut verformbar, hat aber nur eine geringe Wärmedehnung und ist korrosionsanfällig.

## Wiki

### Martensit

Für gewisse Eigenschaften des Stahls wünscht man sich einen bestimmten Anteil an Martensit im Gefüge. Es handelt sich dabei um eine metastabile Struktur in Metallen (auch Nichtmetallen). Martensit entsteht bei Stahl im Abkühlprozess der Schmelze aus dem Ausgangsgefüge entsteht. Dabei muss das Material der Hochtemperaturphase (bei Stahl: aus Austenit) auf eine Niedertemperatur (Übergangsgefüge: Ferrit) abgekühlt bzw. abgeschreckt werden.

### Bainit

Für gewisse Eigenschaften des Stahls wünscht man sich einen bestimmten Anteil an Martensit im Gefüge.

Bainit ist eine Art Zwischenstufengefüge. Es bildet sich bei Temperaturen und Abkühlgeschwindigkeiten, die zwischen denen für die Perlit- bzw. Martensitbildung liegen.

Der Anteil an Bainit im Stahl wirkt sich, richtig gesteuert, auf die Zähigkeit, Festigkeit und das Verformungsverhalten positiv aus.

Die Umwandlung in der Bainitstufe ist aber nicht nur aufgrund der guten mechanischen Eigenschaften interessant, sondern auch unter dem Aspekt einer verzugsarmen und praktisch härterisssfreien Wärmebehandlung.

### Begleitende Laborarbeit

Die Waschmittel beider Waschanlagen (ebenso wie das Wasser-Polymergemisch, das bei der Härtestation zum Abschrecken eingesetzt wird) werden laufend durch Probeentnahme und chemisch-physikalische Test und überwacht (untersucht werden insbesondere: PH-Werte, Reinheit, anteilmässig richtiges Anwesenheit der Korrosionsschutzmittel, Temperaturen, Ansiedelung von Bakterien und Hefepilzen). Die Temperatur von 60 °C kombiniert mit einem erhöhten PH-Wert wirken bakterizid, fungizid und viruzid und töten die meisten Mikroorganismen wirksam ab.

Merke:

Die Laborarbeiten und Standardtest werden in separaten Anweisungen, SOPs (Standard Operating Procedure) als verbindliche Beschreibung der Abläufe einschliesslich der Prüfung der Ergebnisse und deren Dokumentation detailliert beschrieben.

### PROZESSSCHRITT 4: ANLASSEN

Nach dem Härten ist das Werkstück an den behandelten Stellen hart, im restlichen Bereich relativ weich. Dies ergibt Spannungen im Bauteil, die zu Rissen führen können.

Deshalb muss es in einem einfachen Ofen angelassen werden, um die Innenspannungen zu beseitigen und den Restaustenit zu begrenzen.

Bei jedem Härten bildet sich nur ein Teil des Gefüges in den gewollten Martensit (eine Gefügeform des Stahls) um. Es bleibt - weicher Austenit. Beim Anlassen wandelt sich dieser weitgehend in Martensit um.

Das Anlassen geschieht bei Feintoll bei ca. 140 °C während rund 1,5 Stunden.

Dann werden die noch warmen Teile langsam, in Lagergestellen gestapelt, abgekühlt und für den Transport bereitgemacht, entweder direkt zum Kunden oder für weitere Verarbeitungsschritte zurück in die Produktion (z.B. Zum Schleifen, Polieren etc.).

### Die zentrale Steuerung

Ab einem Touchscreenpanel werden **bei der handbeladenen Kleinanlage** sowohl die Waschmaschine, wie auch der Anlassofen und die „Wegbegleitung“ der Werkstücke (Körperversorgung) überwacht und gesteuert. Der Härtebereich wird direkt bei diesem Anlageteil überwacht und gesteuert. **Bei der vollautomatisch Grossanlage** werden auch alle weiteren Funktionen über eine zentrale Steuerung gefahren, also auch die Roboter und der Induktionsbereich sowie alle Systeme mit den Kühl- und Waschflüssigkeiten sowie die Elektrik der Anlage.

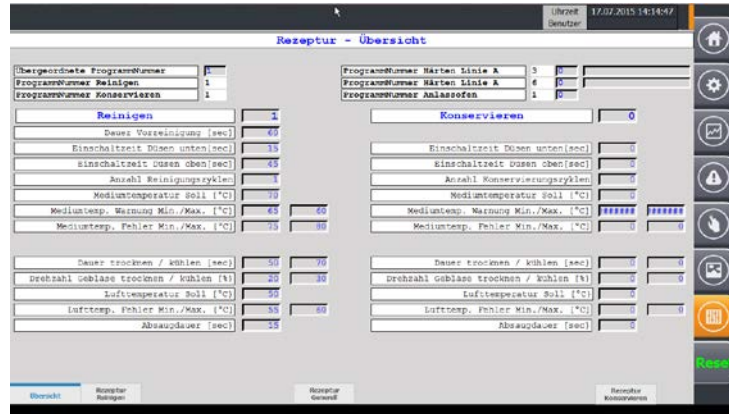




Die verschiedenen Panels zeigen die aktuellen Zustände der Maschinenbereiche (z.B. freigegeben, verriegelt, aktiv, in welchem Zustand, Fortschritte der Prozesse, Zeit, Temperaturen, Störungen etc.) mit Bildern, Symbolen, Farben, Texten und Tonsignalen. Im Hintergrund werden alle Vorgänge dokumentiert.

## Verwaltung und Pflege der Parameter

Formatdaten und deren Parameter sind durch die Qualifizierung der Anlage vorgegeben. Das Ändern von Formatdaten ist nur durch berechtigte Personen vorzunehmen. Diese haben zu überprüfen, dass die vorgeschriebenen Einstellungen nach Änderungen an den Formaten für die Produktion beibehalten werden.



## Zugriffsberechtigungen

- Es dürfen nur geschulte Mitarbeiter die Linie bedienen bzw. umrüsten. Die Schulung erfolgt durch den Lieferanten oder über autorisierte Personen.
- Die Schulungszertifikate der einzelnen Mitarbeiter sind im Mitarbeiterpass hinterlegt. Der Gesamtleiter der Anlage ist für die Erstvergabe der Berechtigungen verantwortlich.
- Es müssen regelmässige (mind. 1x pro Jahr) Autorisierungsprüfungen durchgeführt werden, die sicherstellen, dass nur befugte Personen das System benutzen (Recht auf Zugriff).
- Die Überprüfung wird durch den Gesamtleiter der Anlage durchgeführt.
- Die Formatdaten der Anlage sind auf dem Funktionsserver der Anlage hinterlegt und per Backup gesichert.
- Die auf der Maschine gespeicherten Formatdaten und/oder Prozessparameter dürfen nicht gelöscht werden.

## Berechtigungen im Detail

Bereich	Ebene	Zugang mit	Berechtigte	Erlaubte Tätigkeiten
Waschmaschine	Bediener	Passwort	Bediener	Maschine starten, abstellen
Härterei	Bediener	Passwort	Bediener	Maschine starten, abstellen
Kühlsysteme	Bediener	Persönl. Login	Bediener	Bedienen anpassen
Ofen	Bediener	Passwort	Bediener	Starten, Eingabe Werte
Steuerung	Administrator	Passwort	Systemtechniker (Elektroniker)	Änderungen der Systemparameter und die Festlegung des Passwortes
Roboter	Administrator	Passwort	Systemtechniker (Elektroniker)	Änderungen der Systemparameter Tests und Freigaben
Roboter	Bediener	Passwort	Bediener (zertifiziert)	Maschine starten, abstellen
Lager	Bediener	offen	Bediener	Abholen, beschicken
	Administrator	Passwort	Systemtechniker	Funktionswerte ändern / anpassen
Instandhaltung gross	Administrator	Zertifizierung, Auftrag	Systemtechniker (Elektroniker, Produktionsmechaniker)	Einstell-, Wartungs- und Inspektionstätigkeiten, Austausch von Teilen/ Teilausrüstungen
Instandhaltung klein	Bediener	offen	Bediener	Beheben kleiner Störungen, Aufruf Spezialist

## Merke

Um ein Werkstück kontrolliert abkühlen zu können, stehen unterschiedliche Abschreckmittel bereit. Allerdings kann mit den unterschiedlichen Abschreckmitteln die Abschreckgeschwindigkeit beeinflusst werden. Wasser beispielsweise besitzt die stärkste Abschreckwirkung.

**Wasser** wird meist bei unlegierten Stählen verwendet.

**Öle** hingegen sind etwas milder, was die Abschreckwirkung betrifft. Zudem ist beim Öl als Abschreckmittel die Verzugs- und Rissgefahr weitaus geringer als bei Wasser. Öl findet seinen Einsatz bei niedrig legierten Stählen.

Weitere Abschreckmittel sind **Wasser-Öl-Emulsionen** oder **Wasser-Polymer-Emulsionen**.

**Warmbad-Abschreckbäder** werden meist als **Salzschmelzen** bezeichnet. Dabei werden Werkstücke im Warmbad abgeschreckt, wobei sie dort bis zu 15 min. gehalten werden, bevor sie dann an der Luft abkühlen.

Die mildeste Form der Abschreckwirkung ist die **bewegte Luft**. Meist werden hochlegierte Stähle auf diese Weise abgekühlt.



# Induktions-Härterei

## Ablauf der Arbeit (Checkliste für die Ausbildung)

Waschmaschine	IPC-Kontrollen/Waschmaschine
Starten der Anlage	Medien Temperatur
Medien-Zuführung	Funktion Ölabscheider
Parameter an der Steuerung eingeben	Formate Steuerung kontrollieren, ev. anpassen
Ölabscheider einstellen	Sichtkontrolle Sauberkeit der Teile
Barcodeerfassung an Waschkörben	Laborkontrolle der Medien (gem. SOP)
Charchieren der Waschkörbe	
Beschicken und Entladen der Maschine	
Nachschub der gehärteten Teile sicherstellen	
Entleeren und Umschichten der Körbe in der Maschine	
Abtransport der fertigen Teile zum Lager	
Dokumentation der Vorgänge	
Klein-Störungen beheben	

Induktionshärter	IPC-Kontrollen/Induktionshärter
Starten der Anlage	Kontrolle Materialanwesenheit
Induktor einsetzen / kontrollieren	Formate Steuerung kontrollieren, ev. anpassen
Parameter an der Steuerung eingeben	Kontrolle Medien (Kühl- und Abschreck)
Nachschub an zu bearbeitenden Werkstücken	Sichtkontrolle Erfolg des Prozesses
Beschickung der Maschine mit Werkstücken	Laborkontrolle Polymergemisch (gem. SOP)
Entleeren der Maschine, Stapeln der Werkstücke im Korb	Kontrolle Elektrik-Parameter
Kühl- und Abschreckmedien zuführen	Bei grösseren Störung Systemtechniker rufen
Dokumentation der Vorgänge	
Kleinstörungen beheben	

Ofen	IPC-Kontrollen/Waage
Starten der Anlage	Temperaturkontrollen
Programm wählen	Ofenmechanik checken
Temperatur einstellen	
Ofen beschicken / Entleeren	
Dokumentation der Vorgänge	
Kleinstörungen beheben	

Lager	IPC-Kontrollen/Endpacker
Lagereingang handeln	Inhalte kontrollieren und eintragen
Entnahmen aus dem Lager	Anwesenheit und Richtigkeit prüfen
Bestände auf Reserve prüfen	Veränderungen erfassen
Bestellungen	Warengerechte Lagerung
Auslieferung	

Linienkontrollen
Korrektes Ausfüllen der Fertigungsberichte
Auftragsvorbereitung
Eintrag ins Logbuch
Rücklieferung buchen (nach Auftragsende)
Abrechnung / Bilanzierung
Referenz-/Rückstell-/Ansichtsmuster ziehen und ablegen
Freigabe Maschine, Gerät, Linie nach Reinigung bzw. Wartung
Korrekte, der Arbeit angemessene Schutzkleidung, Ordnung am Arbeitsplatz
Einhalten der Arbeitssicherheitsvorschriften