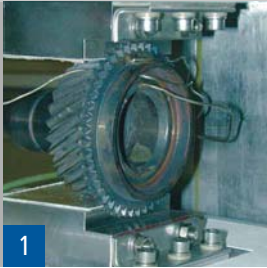


# Homogene magnetische Erwärmung von Werkstücken

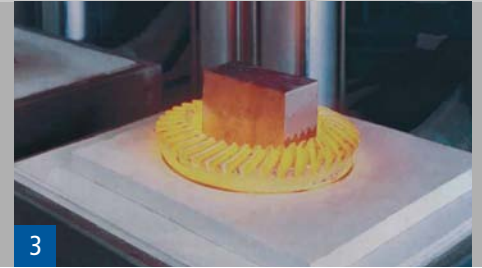
## Erwärmungstechnologie



1



2



3

1. Schrumpfpassen von Achse und Zahnrad 2. UMH-Maschine mit drehbarem Werkstücktisch  
3. Zahnrad mit Einsteckstück zur Leitung des magnetischen Flusses

### Anwendungen der UMH-Technologie

#### Vor- und Nachwärmen

Erwärmen gehärteter Teile für  
Elektronenstrahl- und Laser-  
schweißen oder Oberflächenhärten

#### Anlassen

Selektives Anlassen von  
komplexen, gehärteten Teilen

#### Schrumpfpassen

Verbinden von Läufers und Wellen,  
Getriebe und Lager

#### Abbau von Spannungen

Homogene Durchwärmung führt  
zu optimalen Werkstoffeigen-  
schaften

#### Erwärmen von Formen

- Ersetzt Quellen konduktiver  
Wärme
- Schnelles Anheizen beseitigt  
Bearbeitungsgängnisse

#### Verbinden

Gleichmäßige und präzise  
Erwärmung führt zu sehr guter  
Oberflächenanhaftung.



**Das Erwärmen von Werkstücken unterstützt das industrielle Elektronenstrahl- oder Laserschweißen und die Prozesse des Oberflächenhärtens. pro-beam setzt dazu das UMH-Verfahren (Uniform Magnetic Heating) ein. Diese patentierte Technologie hat sich im Rahmen von automatisierten Produktionsprozessen vielfach bewährt.**

Maschinen für das homogene magnetische Erwärmen (UMH) tragen dazu bei, die Produktionsprozesse von Qualitätsprodukten zu optimieren. Durch gleichmäßiges, kontrolliertes und spannungsfreies Erwärmen der Werkstücke vor oder nach dem Bearbeiten mit einem Elektronenstrahl oder dem Laser ergeben sich neue Anwendungsfälle für den Einsatz der Schweiß- und Härteverfahren.

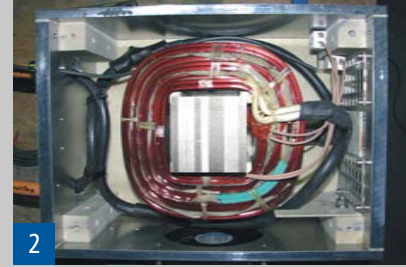
Homogenes magnetisches Erwärmen verhindert Verzüge und Verformungen von Werkstücken. Darüber hinaus optimieren UMH-Maschinen von pro-beam die Produktionsabläufe bei verschiedenen Einsatzgebieten der industriellen Wärmebehandlung. Die Nachteile herkömmlicher Erwärmungsverfahren lassen sich damit überwinden.

Traditionelle Erwärmungsmethoden – einschließlich der Induktionserwärmung – leiden unter der Ausbildung von Wärmegradienten. Störende Inhomogenitäten der Wärmeverteilung treten als Resultat des Skineffektes oder bedingt durch die Wärmeleitfähigkeit des Materials auf. Die traditionellen Verfahren sind daher charakterisiert durch hohe Temperaturgradienten, das Risiko einer Werkstückverformung sowie hohen Energieverbrauch.

Mit UMH-Systemen von pro-beam gelingt dagegen die homogene Erwärmung von Werkstücken. Das Verfahren nutzt den Effekt der Hystereseverluste. Sie führen zur Erwärmung von Werkstoffen, die in ein alternierendes Magnetfeld gebracht werden. Dieses innovative Verfahren ist sehr gut steuerbar, hat einen besseren Wirkungsgrad als traditionelle Methoden und bietet größere Flexibilität bei der Integration in industrielle Fertigungsprozesse.

1. UMH-Maschine vom Typ 100/100.55

2. Blick unter die Abschirmung der Magnetspule



## Funktionsprinzip von UMH-Systemen

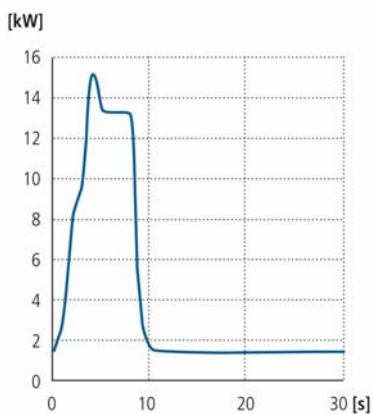
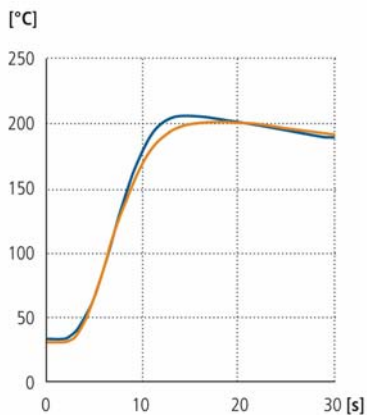


Diagramm oben:  
Typischer Temperaturverlauf bei der Erwärmung eines Getriebes

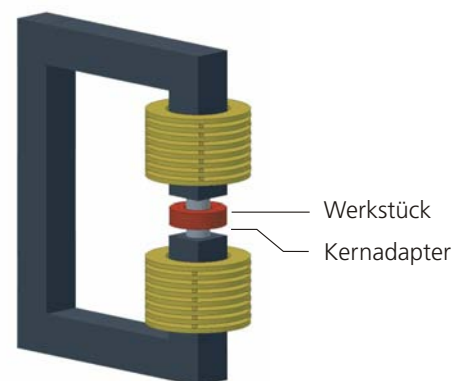
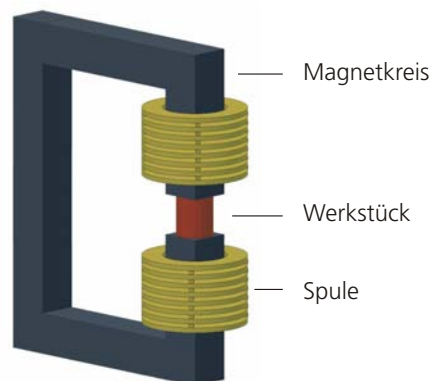
Diagramm unten:  
Referenzkurve des Stromverbrauchs

**Hysteresse Effekt** ■ Das Werkstück wird zur Erwärmung in ein alternierendes Magnetfeld gebracht. Neben der Erwärmung durch im Werkstück induzierte Wirbelströme der anliegenden Spulen des Magnetkreises wirkt bei ferromagnetischen Werkstücken der Hysteresse Effekt. Der magnetische Fluß durchdringt den Werkstoff und richtet seine magnetischen Domänen entsprechend der Polarisierung des angelegten Magnetfeldes aus. Wird die Richtung des externen Feldes geändert, so folgt ihm auch die Orientierung der Domänen ferromagnetischer Materialien. Dabei tritt ein Hysteresse-Effekt ein: Der Wechsel der Polarisationsrichtung erzeugt Reibungsverluste und damit Wärme. Bei entsprechend hoher Wiederholfrequenz der Feldumkehr führt das zu einer Erhöhung der Temperatur des Werkstoffs.

**Gleichförmige Durchwärmung** ■ Der Vorteil einer Erwärmung durch Hystereseverluste liegt in der gleichförmigen Durchwärmung der Werkstücke. Im Gegensatz zu traditionellen Erwärmungssystemen, die durch Oberflächenerwärmung und Wärmeleitung oder -strahlung in Richtung Kern das Werkstück erwärmen, bildet sich dabei kein Wärmegradient aus. pro-beam UMH-Systeme verwenden zwei Magnetspulen und einen Kern aus laminierten Elektroblechen. Dieser hat eine hohe Permeabilität und geringe Reluktanz. Der Kern konzentriert das Magnetfeld und leitet es verlustarm in das Werkstück ein. Der magnetische Fluss durchdringt das Werkstück. Die periodische Umkehr der Magnetfeldrichtung erzeugt eine praktisch gleichförmige Durchwärmung.

**Steuerung** ■ Die Wärmeenergieerzeugung durch Hystereseverluste ist abhängig von der magnetischen Flussdichte und der Frequenz der Feldumkehr. Zur Steuerung der Temperatur regelt man daher die elektrische Spannung und das Frequenzniveau am Magneten. Dadurch können die optimale Heizleistung und Heizgeschwindigkeit für jeden Werkstoff, unabhängig von der Größe oder der Form des Werkstücks eingestellt werden.

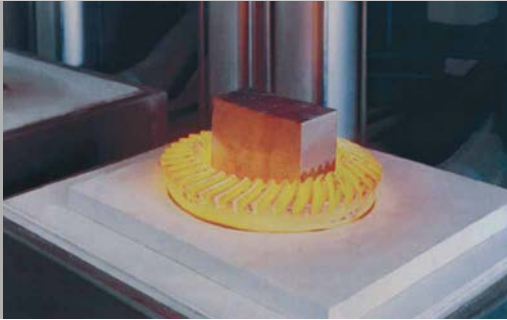
**Optimierung** ■ Abhängig von der konkreten Anwendung kann man mit Spezialwerkzeugen oder -formen den Erwärmungsprozess weiter optimieren. Ein Auswechseln der Spulen des Magneten ist nicht erforderlich – im Gegensatz zur induktiven Erwärmung.



C-förmiger magnetischer Kreis aus laminiertem Elektroblech

Detailansicht des Werkstücks im Spalt des Magnetkreises

# Homogene Erwärmung von Zahnrädern



## Automobilzulieferer nutzen die Vorteile der homogenen Durchwärmung unter anderem bei der Produktion von Getrieberädern

Bei der Fertigung von Fahrzeuggetrieben werden Zahnrad und Getriebekranz oder auch Vor- und Rücklauf eines Getriebes entlang einer kreisförmigen Naht miteinander verschweißt. Die bereits gehärteten Komponenten müssen dazu auf zirka 200° C erwärmt werden. Dabei darf die gehärtete Oberfläche der Zahnkränze nicht beeinträchtigt werden.

## Hohe Taktfrequenz

Eine UMH-Anlage von pro-beam benötigt nur zehn Sekunden, um Zahnräder aus Stahl mit zirka zehn Zentimetern Durchmesser auf diese Arbeitstemperatur zu bringen. Die beiden Komponenten werden dabei homogen von innen heraus erwärmt. Mit einem individuell angepassten Werkstückkern kann der magnetische Fluss optimal durch das Bauteil geführt werden.

Auch die anderen Parameter des Wechselstroms an den Magnetspulen und die Abstände ihrer Anordnung sind exakt auf die Größe der Bauteile abgestimmt.

## Kein Überhitzen

Durch das UMH-Verfahren lässt sich auf diese Weise das gefürchtete Überhitzen der empfindlichen Zähne des Zahnkranzes ausschließen. Weil sich kein Wärmegradient ausbildet, bleiben die Komponenten frei von internen Spannungen, was zu rissfreien Schweißnähten und damit zu sehr langlebigen Komponenten führt.

Eine UMH-Anlage lässt sich auch in komplexe Fertigungsketten integrieren. Mit einer Taktzeit von 15 bis 18 Sekunden bei einer reinen Aufwärmzeit von 10 Sekunden und der Möglichkeit, mehrere Bauteile parallel zu erwärmen, fügt sich eine UMH-Anlage nahtlos in die Prozesskette der Getriebeproduktion ein.

## Maschinentypen

### UMH S-37

Maschinenleistung: 37 kW  
Kernabmessungen:  
75 x 75 mm  
Aufstellbedingungen:  
1200 x 1200 x 2100 mm

### UMH M-37

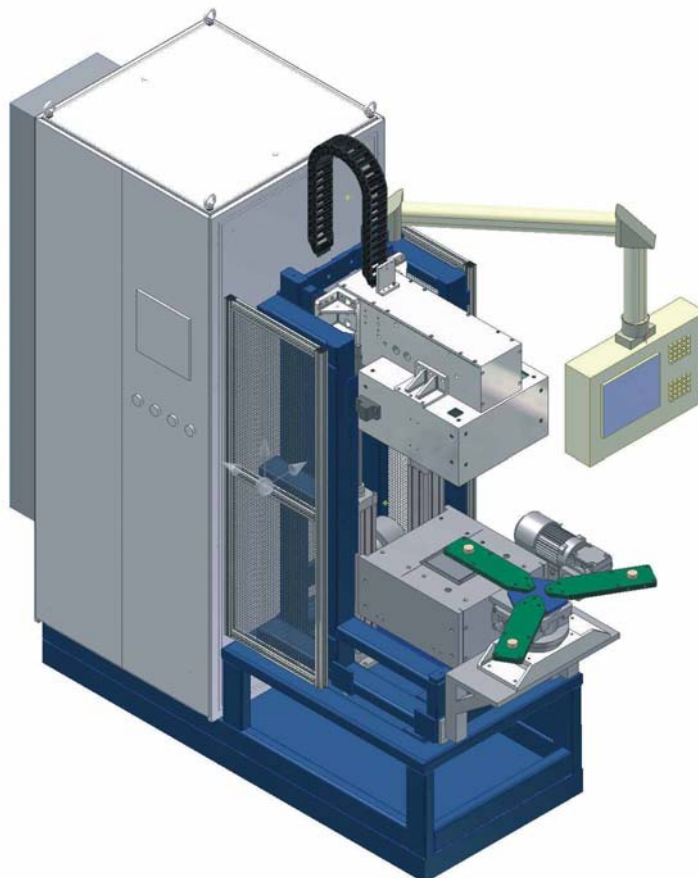
Maschinenleistung: 37 kW  
Kernabmessungen:  
100 x 100 mm oder  
75 x 150 mm  
Aufstellbedingungen:  
800 x 2200 x 2300

### UMH L-88

Maschinenleistung: 88 kW  
Kernabmessungen:  
150 x 150 mm,  
100 x 300 mm oder  
200 x 200 mm  
Aufstellbedingungen:  
800 x 2200 x 2300

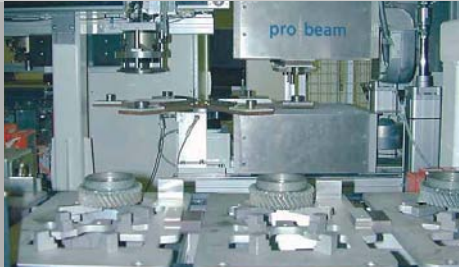
### UMH C-176

Maschinenleistung: 2x 88 kW  
Kernabmessungen:  
2x 100 x 300 mm  
Aufstellbedingungen:  
3500 x 3600 x 2100 mm



Modell einer Standard-Erwärmmaschine UMH M-37

Bild rechts: UMH-Maschine mit waagerechter Anordnung der beiden Magnetspulenpaare  
Bild unten: Die UMH-Maschine als Station einer komplexen Anlage



## Das Maschinenkonzept

### Die Vorteile der homogenen magnetischen UMH-Erwärmung

Homogene Erwärmung bis max. 1.100 °C

Präzise und genaue Temperatursteuerung bis max. +/- 2 °C

Flexibilität bei der Handhabung von Teilen verschiedener Größen und Formen mit einfachen Werkzeugen und ohne Notwendigkeit für einen Spulenwechsel

Totale Kontrolle über die Systemfunktionen mit Hilfe von Touch-Screen-Bildschirm und SPS

Spezielle PID-Regler-Programme optimieren die Anheizgeschwindigkeit

Die energieeffiziente und kompakte Auslegung spart Raum- und Betriebskosten

**pro-beam UMH-Systeme sind als Standard- und Sonderanlagen für spezifische Anwendungen erhältlich.**

**Die Modellpalette** ■ Abhängig von der erforderlichen Heizleistung kommen Ein-, Zwei- oder Mehrkopf Anordnungen mit installierter Leistung von 55 bis 630 kW zum Einsatz. Die Arbeitsfrequenz variiert zwischen 40 und 400 Hz. Der Rahmen für Standard-Maschinen ist als Schweißkonstruktion gefertigt.

**Der Metallkern** ■ Das Herzstück der Anlage bildet der aus Elektrolech gefertigte, laminierte Kern. Er ist als C-Kern ausgebildet, in dessen Luftspalt sich das Werkstück befindet. Zwei Magnetspulen an beiden Enden des Kerns erzeugen das alternierende, magnetische Feld. Das magnetische System ist von einer Aluminium-Abschirmung umgeben, die elektromagnetische Streufelder minimiert. Der obere Arm des C-förmigen Kerns lässt sich zum Beschicken mit Bauteilen öffnen. Bewegungen der Teile des ca. 80 Kilogramm schweren Metallkerns werden mit Pneumatikzylindern realisiert. In automatisierten Systemen werden Antriebsmotoren zum Be- und Entladen der UMH-Anlage eingesetzt.

**Die Steuerungssoftware** ■ Die Maschinensteuerung ist programmierbar, wobei man einzelne Steuerungsprofile speichern kann. Erwärmungsprofile für eine Vielzahl von Komponenten lassen sich auf diese Weise zuverlässig verwalten und reproduzierbar einsetzen. Reglungsalgorithmen (PID-Regler) für Temperaturkontrolle oder Leistungskontrolle sind verfügbar.

**Die Temperatursteuerung** ■ Die Kontrolle der Temperatur kann taktil über Temperatursensoren oder berührungslos über Pyrometer realisiert werden. Die vorhandenen Schnittstellen der Maschinensteuerung ermöglichen eine Integration der pro-beam UMH-Systeme in automatisierte Anwendungen.

**pro-beam systems GmbH**  
Weststraße 31  
D-09221 Neukirchen bei Chemnitz  
Tel. +49 (371) 27 13 5-0

Fax +49 (371) 27 13 5-50  
chemnitz@pro-beam.de  
www.pro-beam.de