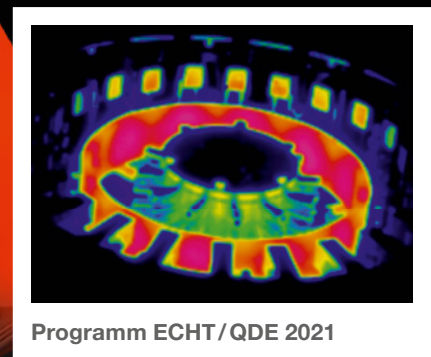




Arbeitsgemeinschaft  
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.



Editorial von Winfried Gräfen



Programm ECHT/QDE 2021



AWT-Online-Seminar – Nitrieren  
und Nitrocarburieren für Praktiker

- A6 Editorial von Winfried Gräfen
- A7 Mitgliedernews
- A8 Neues Projekt am Leibniz-IWT: ETA im Bestand
- A9 Verabschiedung des Bundeshaushaltsgesetzes
- A10 HK2021 – Call for papers
- A11 Programm ECHT/QDE 2021
- A14 AWT-Seminar und Seminarplaner
- A16 Arbeitsblatt – Maß- und Formänderungen von Leichtbauzahnradern
- A22 Termine – Härterekreise – Fachausschüsse – Tagungen



## Liebe Freundinnen und Freunde, liebe Mitglieder unserer AWT,

ich hoffe, dass Sie trotz der strengen Corona Verordnungen im Kreise Ihrer Familien ein gesegnetes Weihnachtsfest erlebt haben und gesund in das neue Jahr gekommen sind. Natürlich wünschen wir uns alle, dass die uns von der Regierung auferlegten Beschränkungen etwas gelockert werden könnten. Der entwickelte Impfstoff gibt uns ein wenig Hoffnung auf Besserung, die noch andauernde kalte Jahreszeit spricht eher dagegen.

Nach unserer Mitgliederversammlung und dem erfolgreich verlaufenen Kongress Ende Oktober haben im November noch zwei AWT Seminare im Online-Format stattgefunden. Dem von Herrn Dr. Steinbacher geleitete Carbonitrierlehrgang folgten neun Teilnehmer und dieser erhielt ausnahmslos sehr gute Bewertungen. Ebenso positiv wurde das Plasmanitrierseminar, das von 14 Teilnehmern verfolgt wurde, unter der Leitung von Herrn Dr. Klümper-Westkamp gesehen. Ausdrücklich bedanke ich mich bei allen beteiligten Referenten, die nicht nur hervorragende Beiträge geliefert, sondern auch auf die ihnen zustehenden Honorare verzichtet haben, um unserer AWT finanziell unter die Arme zu greifen. Wir erwarten, dass zumindest die für das erste und zweite Quartal 2021 geplanten Seminare im Online-Format durchgeführt werden.

Die Härtereikreise in Stuttgart und Friedrichshafen sind auch auf das Online-Format umgestiegen. Die Leiter Dr. Kleff und Herr Vogt zeigten sich mit dem Ablauf, der Diskussionsbereitschaft und der Anzahl der Teilnehmer sehr zufrieden. Weitere Härtereikreise werden diesen Beispielen folgen. Der Härtereikreis Ruhr hat dies auch schon angekündigt. Die AWT ermöglicht auf jeden Fall allen Härtereikreisen den Umstieg auf das Online-Format.

Die von der AWT organisierte ECHT 2021 (European Conference on Heat Treatment) findet zusammen mit der 2nd international Conference on Quenching and Distortion Engineering (QDE) am 27. und 28. April 2021 statt. Als Tagungsort war ein Hotel in Berlin vorgesehen. Zusammen mit den Organisatoren Dr. Jörg Kleff von der ZF Friedrichshafen AG und Dr. Thomas Lübben vom Leibniz-IWT Bremen hat der Vorstand der AWT entschieden, auch diese Tagungen nur im Online-Format anzubieten und durchzuführen.

Nach den von uns durch unseren Härtereikongress gesammelten Erfahrungen erwarten wir eine interessante und mit vielen neuen Aspekten versehene ECHT und QDE Tagung, die von zahlreichen Teilnehmern verfolgt wird. Versäumen Sie es nicht, sich anzumelden.

In den letzten Wochen haben die drei Gruppen „Wachstumsorientierung (Finanzen, Produkte und Kunden), Technologieorientierung (Produkte, Kunden und Prozesse) und Effizienzoptimierung (Prozesse und Mitarbeiter)“, die aus dem Workshop-Prozess für die neue Ausrichtung der AWT hervorgegangen sind, ihre Arbeit aufgenommen. Im ersten Schritt stellten sich die Teilnehmer vor, Organisatorisches wurde geregelt und Aufgaben wurden verteilt. Ich werde in den folgenden Ausgaben der AWT Info regelmäßig über die Fortschritte aus den drei Kreisen berichten.

Zu guter Letzt freuen wir uns darauf, dass wir den HK 2021 in diesem Jahr wieder als Präsenzveranstaltung in Köln planen dürfen. Der Termin ist vom 26. bis 28. Oktober. Vorträge können wie immer bis zum 15. März auf der Seite [www.hk-awt.de](http://www.hk-awt.de) angemeldet werden. Standanmeldungen können ebenfalls mit dem Formular auf der Webseite übersandt werden. Wir freuen uns auf das Wiedersehen mit unseren Mitgliedern unserer Fachgemeinschaft!

Ich wünsche Ihnen für die nächsten Wochen alles Gute und bleiben Sie gesund.

Mit einem herzlichen Glückauf!

Ihr

Dr. Winfried Gräfen  
Vorsitzender der AWT

## Mitglieder-News



Dr. Stefanie Hoja

### Neue Leitung des Fachausschusses 3 „Nitrieren und Nitrocarburieren“

Auf die Sitzung am 16. Dezember wurde Frau Dr. Stefanie Hoja zur Obfrau des FA 3 in der Nachfolge von Dr. Heinrich Klümper-Westkamp gewählt. Frau Hoja ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Wärmebehandlung des Leibniz IWT und wird den Fachausschuss zukünftig gemeinsam mit Dr. Uwe Huchel von der Firma Eltropuls leiten.

### Wir begrüßen unsere neuen Mitglieder

#### Personen

Lydia Achelis, Michael Fiderer, Alexandra Lohrmann,  
Alisa Wilke

#### Firmen

CADFEM GmbH, Kutzner + Weber GmbH



Professor Dr.-Ing. habil. Peter Mayr

### Verabschiedung von Professor Dr.-Ing. habil. Peter Mayr als Gutachter der HTM

Nach rund 40 Jahren der aktiven Mitarbeit an der HTM verkündete Herr Professor Dr.-Ing. habil. Peter Mayr kürzlich das endgültige Niederlegen seines Amtes. Trotz seiner Pensionierung im Jahr 2004 wirkte Herr Mayr weiterhin aktiv als Gutachter der HTM mit und engagierte sich im Peer Review-Prozess bei der Qualitätssicherung der wissenschaftlichen Beiträge. Mit der Beendigung dieser Tätigkeit hat er sich nun vollständig aus den Sphären des Journals und des Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien Bremen zurückgezogen. Diesen Anlass möchten wir nutzen, um Herrn Mayr unsere größte Anerkennung für seine beeindruckende berufliche Karriere sowie sein unerlässliches Engagement bei der HTM bis ins hohe Alter auszusprechen.

Herr Mayr übernahm im Jahr 1981 die Leitung des ehemaligen Instituts für Härtereitechnik in Bremen und reformierte dieses in den darauffolgenden Jahren. Das Ergebnis war der Grundstein des heutigen Leibniz-IWT, in dem zusätzlich zur Werkstofftechnik die beiden Forschungsabteilungen Fertigungstechnik und Verfahrenstechnik integriert wurden. Zusätzlich wirkte Herr Mayr als Chefredakteur maßgeblich an der HTM mit und verhalf ihr mithilfe seines unermüdlichen persönlichen Einsatzes zu ihrem ausgezeichneten Ruf als qualitativ hochwertige und internationale Zeitschrift, den sie bis heute hat.

Ohne Herrn Mayrs Einsatz wäre die HTM nicht dort, wo sie heute steht. Sein großes fachliches Wissen und das persönliche Engagement, das Herr Mayr stets an den Tag gelegt hat und das der HTM zu ihrem Erfolg verholfen hat, möchten wir hiermit noch einmal besonders hervorheben. Im Namen der Redaktion und der AWT bedanken wir uns herzlich und verabschieden Herrn Mayr.



## Neues Projekt am Leibniz-IWT: ETA im Bestand

### Leibniz-IWT mit Millionenförderung für die Entwicklung der Energieeffizienzsteigerung im Industriebestand

Erfreuliche Nachrichten für die Wärmebehandlung des Leibniz-IWT: das Teilprojekt „Energieeffiziente Wärmebehandlung“, mit dem die IWT-Abteilung innerhalb des Verbundvorhabens „ETAimBestand – Technologie- und Methodenbaukasten zur Energieeffizienzsteigerung im Bestand der Metall verarbeitenden Industrie“ beteiligt ist, wird nach aktuellem Beschluss mit rund 1,5 Millionen Euro gefördert. Das Verbundprojekt steht unter der Federführung des PTW der TU Darmstadt und setzt sich zum Ziel, Lösungen zu entwickeln, welche eine schnelle, flächendeckende und wirtschaftliche Verbreitung von Energieeffizienztechnologien in der deutschen Industrielandschaft ermöglichen, die für die Erreichung der Klimaziele dringend benötigt werden.

Das im November aufgenommene Projekt „ETAimBestand“ verfügt über eine geplante Laufzeit von drei Jahren und eine Fördersumme von rund 10 Millionen Euro. Die Förderung erfolgt im Rahmen des siebten Energieforschungsprogramms der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Der Projektträger Jülich (PTJ) übernimmt die Betreuung.

Je nach Anwendungsfall und Systemgrenze können im deutschen Industriebestand Energieeinsparpotentiale zwischen 25 bis 40 % des Gesamtenergiebedarfs gehoben werden. Jedoch ist der Maßnahmentransfer mit einer hohen Komplexität sowie vielen technischen und organisatorischen Hürden verbunden. Im regulären Betrieb ohne externe Begleitung werden daher meist nur die „Low Hanging Fruits“ zur Steigerung der Energieeffizienz ausgeschöpft. Eine flächendeckende Ausschöpfung auch der komplexen, systemischen Energieeffizienzpotentiale im deutschen Industriebestand ist jedoch unbedingt erforderlich, um die ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung erreichen zu können.

In dem Teilprojekt „Energieeffiziente Wärmebehandlung“ sollen alle Ofenkomponenten, Bauformen und Verfahrensabfolgen bezüglich Effizienzsteigerung überprüft und daraus Maßnahmen für Anlagen im Bestand abgeleitet werden. Der Schwerpunkt liegt auf Anlagen zum Nitrieren und Nitrocarburierten. Aspekte wie Prozessabgasverwertung, Abwärmenutzung und –minimierung sollen durch technische Neuerungen, konstruktive und strömungstechnische Maßnahmen sowie Modifikationen im Verfahrensablauf in den Bestand einfließen. Der Aufbau eines Expertensystems für die energieeffiziente Konstruktion im Ofenbau soll den Konstrukteur bereits im CAD System unterstützen, Wärmebrücken zu identifizieren, zu vermeiden und zu optimieren, so dass bereits in einem sehr frühen Stadium der Ofenanlage eine Energieeffizienzklasse zugeordnet werden kann.

Die Beteiligung von AWT-Firmenmitgliedern an diesem Projekt ist ausdrücklich erwünscht. Interessenten können sich bei Herrn Klümper-Westkamp melden.

#### Kontakt

Leibniz Institut für Werkstofforientierte Technologien  
Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp  
Tel.: +49 421 218 51315  
E-Mail: [hkw@iwt-bremen.de](mailto:hkw@iwt-bremen.de)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Budget für die Industrielle Gemeinschaftsforschung wächst in 2021 auf 200 Millionen Euro

Mit der Verabschiedung des Bundeshaushaltsgesetzes wurde das Budget für die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) erstmals seit Gründung der BRD auf 200 Mio. Euro erhöht. Die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) hat damit, mit vielfacher Unterstützung der Mitgliedsvereinigungen und ihrer Unternehmen, ein seit Jahren erstrebtes Ziel erreicht.



„Die Politik hat Wort gehalten: Wir begrüßen es sehr, dass der in dieser Höhe lange angestrebte Mittelaufwuchs für die IGF nun im Haushaltsgesetz für das Jahr 2021 vom Bundeshaushaltsgeber bewilligt wurde“, erklärte der Präsident der AiF Prof. Dr. Sebastian Bauer. „Gerade in Krisenzeiten stärken Innovationen von kleinen und mittleren Unternehmen deren aktuelle und künftige Wettbewerbsfähigkeit, auch über die deutschen Grenzen hinaus. Insofern ist es eine gute Entwicklung, dass in den vergangenen Monaten trotz der Corona-Pandemie weit mehr Anträge auf Forschungsförderung bei uns eingingen als in den Jahren zuvor“, so Bauer weiter. „Wir haben uns deswegen auch sehr gefreut, dass das Bundeswirtschaftsministerium im Rahmen des zweiten Nachtragshaushalts 2020 zusätzliche 36 Millionen Euro für die IGF zur Verfügung stellte. Und die nun für 2021 bereitgestellten 200 Millionen Euro für die IGF sind angesichts der Folgewirkungen der Corona-Pandemie ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung.“

Denn trotz der guten Nachricht: Längst nicht alle Vorhaben, die von den über 200 unabhängigen Gutachtern als „sehr gut“ bewertet worden seien, könnten aufgrund des begrenzten Budgets realisiert werden.

Dazu bedürfe es einer mittel- bis langfristigen Lösung, betonte Bauer. „Wünschenswert wäre eine stabile und damit kontinuierlich wachsende finanzielle Stärkung der IGF. Sie würde für alle Beteiligten – für die mittelständischen Unternehmen, die Forschungseinrichtungen und -vereinigungen und letztendlich auch für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – Planungssicherheit mit noch stärkeren Effekten auf Innovationskraft, Wettbewerbsfähigkeit, Arbeitsplätze und auch Steueraufkommen bewirken“, sagte der AiF-Präsident. Dazu schlug er eine „Initiative zur Förderung von Innovationen im Mittelstand“ vor, die unter anderem einen definitiven, jährlichen Mittelaufwuchs zugunsten der IGF und damit der anwendungs- und transferorientierten sowie technologieoffenen Forschung zum Vorteil von mittelständischer Unternehmen vorsehen sollte. Analog zum „Pakt für Forschung und Innovation“ sollten im Rahmen der betreffenden Initiative auch die staatlich bereitgestellten Fördermittel für die Industrielle Gemeinschaftsforschung dauerhaft dynamisiert werden.

Quelle: Presseinformation der AiF vom 11. Januar 2021

# HK 2021

Werkstoffe – Prozesse – Produkte  
Materials – Processes – Products

26. – 28. Oktober 2021  
Koelnmesse

## Call for Papers

### HK 2021

Der 77. HK der AWT findet von Dienstag, den 26., bis Donnerstag, den 28. Oktober 2021 auf dem Gelände der Koelnmesse statt.

Zum HK 2021 wird das Konzept beibehalten am ersten Tag wissenschaftliche Innovationen aus der Werkstofftechnik zu präsentieren und am zweiten Tag die industrielle Praxis in den Fokus zu nehmen.

Vorträge können bis zum 15. März auf dem Formular auf [www.hk-awt.de](http://www.hk-awt.de) zu folgenden Themen angemeldet werden:

- Wärmebehandlung – Verfahren, Anlagen, Medien, Sicherheit
- Herstellung und Bearbeitung in der Prozesskette
- Eigenschaften von Bauteilen in der Bearbeitung und Anwendung
- Neue Werkstoffentwicklungen
- Werkstoffanalytik und Qualitätskontrolle
- Simulation und Digitalisierung

Bitte senden Sie uns ein Abstract von 1.800 Zeichen inkl. Leerzeichen und Ihr Foto. Wenn möglich, kennzeichnen Sie Ihr Abstract als Beitrag für den wissenschaftlichen Kongress oder für die Praxistagung.

**Großes HK-Special**  
**Wasserstoff in Wärmebehandlung**  
**und Werkstofftechnik**

Ein halber Tag des wissenschaftlichen Kongressprogramms wird werkstofftechnische Innovationen aus dem Bereich Wasserstofftechnologie und deren Umsetzung in die industrielle Praxis vorstellen.

Themen:

- Grüner Wasserstoff
- Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes
- Wasserstoff in der Stahlherstellung und Weiterverarbeitung
- Wasserstoff als Brenngas in der Wärmebehandlung
- Wasserstoff als Energieträger im Verkehrsmittelbau
- Wasserstoffspeicherung

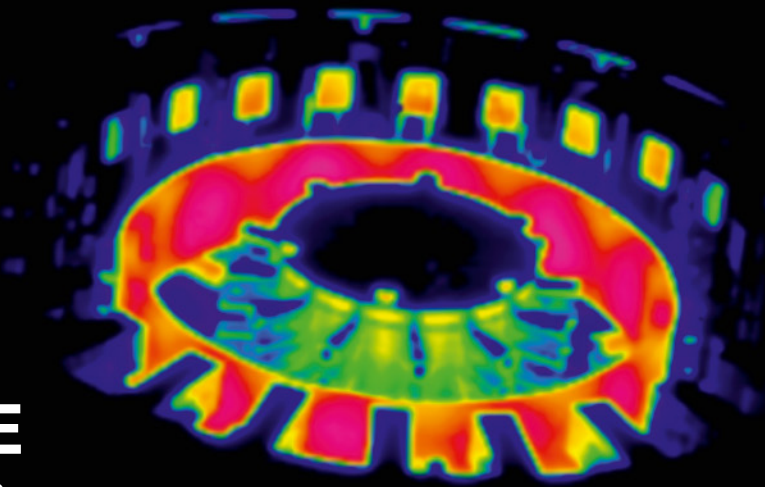
[www.hk-awt.de](http://www.hk-awt.de)

**Online-Conference**

# ECHT 2021 and QDE

## 2nd International Conference on Quenching and Distortion Engineering

27/28 April 2021 – online



The Quenching and Distortion Engineering conference series follows up on the former series of IDE, organized by IWT Bremen, Germany, and QCD, organized by IFHTSE. These two have been merged into the QDE series.

In 2021 the QDE conference is also part of the European Conference on Heat Treatment (ECHT) series which is supported by the European organizations for heat treatment. Consequently, the ECHT and QDE conference will cover both aspects:

- the quenching process as an essential step in the heat treatment of metallic components and
- the relation of the distortion potential of a component with all steps of the manufacturing process especially quenching.

ECHT and QCD 2021 will present actual findings and developments from industry and science on the central topics of the conference Quenching and Control of Distortion. In particular, three keynote lectures on these central topics will be presented, highlighting the points of quenching in gases, quenching in liquids, respectively, and the direct links between quenching and distortion. In addition to these aspects, contributions on quenching and partitioning, quenching and tempering and austempering will be presented. Furthermore, new findings on material behaviour during heat treatment obtained by using in-situ measurement methods will be presented.



Online registration at

[www.echt-qde-2021.de](http://www.echt-qde-2021.de)

### Chairmen of the conference

Dr.-Ing. Thomas Lübben  
(Leibniz-Institute for Materials Engineering, Germany)

Dr.-Ing. Jörg Kleff  
(ZF Friedrichshafen AG, Germany)

### Conference fees

Normal attendance fee: 390 €

Speakers attendance fee: 370 €

Retired AWT-members, students: 180 €

The deadline for Early Bird registrations expires on 31st January 2021.

The logo sponsorship (logo at the conference room, main page on [www.echt-qde-2021.de](http://www.echt-qde-2021.de) and the proceedings) can be ordered at [s.mueller@awt-online.org](mailto:s.mueller@awt-online.org). Price: 600 Euro excl. 19 % VAT

### Organizer

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V.  
Contact: Ms. Hella Dietz (Conference Manager)  
Paul-Feller-Straße 1, 28199 Bremen, Germany  
Phone +49 421 522 93 39 – Fax +49 421 522 9041,  
[info@echt-qde-2021.de](mailto:info@echt-qde-2021.de)

**The conference language is English.**

### 09:00–09:20 1. Opening Session

Greetings IFHTSE

Greetings Chairmen

Organizational remarks

Eva Troell

(IFHTSE president, Sweden)

Jörg Kleff, Thomas Lübben

(Chairmen, Germany)

Jörg Kleff, Thomas Lübben

### 09:20–10:50 2. Gas Quenching

#### Keynote lecture: Quenching processes in gases

The Long-term Perspective – Distortion Capability of Advanced Case Hardening

Flexible and modular multiprocess installations

Eva Troell (RISE – Research Institutes of Sweden)

Volker Heuer (ALD Vacuum Technologies GmbH, Germany)

Pierre Berton

(ECM Technologies, France)

### 11:05–13:00 3. Determination of heat transfer

Developing Prototype of Test System Using a Small Ball Probe for Determination of Cooling Characteristics of Quenchants

Experimental determination of heat transfer using a polymer solution shower during induction hardening

Instrumentation study for aspersion cooling experiments aiming optimal estimation of the heat flux dissipation by 2D inverse heat conduction problems

Investigation of Heat Transfer in Arrays of Water Jets and Sprays

Kyozo Arimoto

(Arimotech Ltd., Japan)

Maria Kadanik

(University of Rostock, Germany)

Arthur Olivera

(IRT M2P, France)

Nithin Mohan Narayan

(Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)

### 13:45–15:40 4. New aspects of quenching in liquids

#### Keynote lecture: Quenching processes in fluids

Advanced developments in the field of liquid quenchants in order to the technological progress and the increased requirements for environmental protection

Applying of electric potential to control the quenching process of aluminium alloys

Monitoring product temperature in a combined carburizing furnace and oil quench bath to identify and eliminate distortion problems

Scott Mackenzie

(Quaker Houghton Inc., USA)

Rainer Braun

(Burgdorf GmbH & Co. KG, Germany)

Peter Krug (TH Köln, Germany)

Steve Offley

(PhoenixTM GmbH, Germany)

### 15:55–17:35 5. Quenching and partitioning, quenching and tempering, austempering

Investigation of the tempering/partitioning behavior of a martensitic stainless steel at different quenching and tempering temperatures

Q&T versus Q&P – a tough competition Comparison of the hardness-toughness relationship of medium-Mn steels after Q&T and Q&P treatments

Experimental determination and modelling of tempering effects of martensite during quenching and annealing of a bearing steel EN 100Cr6

Development of a prototype austempering plant with controlled spray cooling

Simona Kresser

(FH-Wels, Austria)

Reinhold Schneider

(FH-Wels, Austria)

Martin Hunkel

(Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)

Sven Wagner

(Heess GmbH & Co. KG, Germany)



<b>09:00 – 10:40</b>	<b>6. Tools for distortion understanding and case studies on distortion problems</b> Simulated Strains-Based Approach for Explaining Distortion and Residual Stress Due to Heat Treatment  Advanced distortion analysis in the complex plane  Dimensional stability of low temperature surface hardened stainless steel components  Influence of the quenching process on the distortion behavior of a weight-reduced counter gear	Kyozo Arimoto (Arimotech Ltd., Japan)  Holger Surm (Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)  Alexandra Bauer (Bodycote, Germany)  Thomas Lübben (Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)
<b>10:55 – 12:25</b>	<b>7. Distortion Engineering by controlled production processes</b> <b>Keynote lecture: Quenching and distortion</b>  Application of the Distortion Engineering Methodology to Quenched and Tempered Steam Turbine Blades  Cost- and resource-saving gearbox production by the use of distortion controlled inductive fixture hardening	Rainer Fechte-Heinen (Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)  Giulio Lucacci (C*Blade S. p. A., Italy)  Michael Bergmeir (Aichelin Holding GmbH, Austria)
<b>13:25 – 15:05</b>	<b>8. Distortion Engineering by controlled quenching processes and TRIP</b> Model-Based Distortion Reduction of Steering Racks  Reducing Distortion during Quenching of Steel Components using a Controlled Cooling Method  Transformation Plasticity in PM-Steels: Quantification of TRIP-effects in dependency of porosity	Frank Sarfert (Robert Bosch GmbH, Germany)  Justin Sims (Dante Solutions, Italy)  James Damon (Karlsruhe Institute of Technology KIT, Germany)
<b>15:20 – 16:10</b>	<b>9. In-situ analysis of material behavior during heat treatment processes</b> Time-resolved investigations during low pressure carburizing by means of in-situ synchrotron X-ray diffraction.  Secondary tempering of a low-alloy steel with nanobainitic or martensitic microstructure: experimental investigation and simulation  Effect of carbon and nitrogen enrichment in the austenitic field on the formation of microstructures and residual stresses in carburized and carbonitrided low-alloyed steel parts: experimental study and simulation	Ogün Baris Tapar (Leibniz-Institute for Materials Engineering IWT, Germany)  Steve Gaudez (Institute Jean Lamour, France)  Julien Teixeira (Institute Jean Lamour, France)
<b>16:10 – 16:30</b>	<b>10. Closing Session</b> Announcement of the winner of the Aichelin Young Speaker Award  Announcement of next ECHT 2022  Conclusions, closing ceremony	Klaus Buchner (Aichelin Holding GmbH, Austria)  N. N.  Jörg Kleff, Thomas Lübben (Chairmen, Germany)

## AWT-Online-Seminar am 10./11. März 2021

# Nitrieren und Nitrocarburieren für Praktiker

Nitrieren und Nitrocarburieren ist ein zentrales Thema, wenn es im Verkehrsmittelbau und im Maschinenbau um die Leistungssteigerung von Bauteilen und Komponenten geht. In zunehmendem Maße wird das Verfahren neben den primären Anwendungsbereichen der Festigkeitssteigerung und Verschleißminderung auch in Verbindung mit der Nachoxidation als umweltschonende Korrosionsschutzbehandlung eingesetzt. Neue Anwendungsentwicklungen für austenitische Stähle sowie für die Mikrozerspanbarkeit mit Diamantwerkzeugen zeigen, dass das Potential noch lange nicht ausgeschöpft ist.

Um die Behandlung des Nitrierens und vor allem des Nitrocarburierens in der Bandbreite der Möglichkeiten verschiedenartiger Randschichten einzustellen und reproduzierbar zu realisieren, ist sowohl eine grundlegende Kenntnis der metallurgischen Vorgänge als auch der praktischen thermodynamischen Verfahrensabläufe notwendig. Umfassender Sensoreinsatz und Regelungen sind für den Praktiker wichtig, um enge Zielvorgaben sicher zu erreichen.

Ziel des Seminars ist die Vermittlung der grundlegenden Zusammenhänge zwischen Werkstoff, Wärmebehandlung und Randschichteigenschaften. Schwerpunktmäßig wird die Gasnitrocarburierung im Praxisteil behandelt. Durch die Einbeziehung der Referenten wird ein intensiver Erfahrungsaustausch ermöglicht.

### Anmeldung

AWT-Mitglieder: 450 €

Gebühr für den 2. Teilnehmer\*: 250 €

Persönliche AWT-Mitglieder bzw. Mitarbeiter eines AWT-Mitgliedunternehmens geben bei der Anmeldung bitte die AWT-Mitgliedsnummer an.

Sonstige Teilnehmer: 500 € / 2. Teilnehmer\*: 270 €

Anmeldung unter [seminare@awt-online.org](mailto:seminare@awt-online.org) / +49 421 5229339

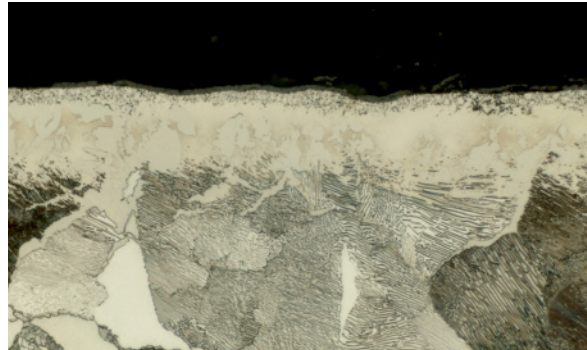
### Leistungsumfang

Vorträge und interaktiver Austausch mit den Referenten auf der AWT-Konferenz-Plattform, die Seminarunterlagen und das Teilnahmezertifikat in elektronischer Form. Die Bedingungen für AWT-Seminare finden Sie unter [awt-online.org](http://awt-online.org).

### Online-Seminar

Mi, 10. März 2021, 08:30–13:00 Uhr

Do, 11. März 2021, 8:30–13:00 Uhr



Leitung:

Dr.-Ing. Dr. Heinrich Klümper-Westkamp

### Programm

1. Grundlagen des Nitrierens und Nitrocarburierens – Übersichtsvortrag und Einführung in die Thematik  
Dr.-Ing. Dr. H. Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT, Bremen
2. Öfen, Medien, Verfahren – Typische Verfahrensabläufe und -parameter in verschiedenen Anlagentypen  
Dr. J. Crummenauer, Oerlikon Metaplas GmbH
3. Messen und Regeln – Gezielt und reproduzierbar Nitrierabläufe automatisieren  
K.-M. Winter, Nitrex Metal Inc.
4. Reinigung vor dem Prozess – Arbeitshilfen und Hinweise für die Bauteilreinigung  
N. N.
5. Qualitätssicherung, Prüfen – Verbesserte Ergebnisse mit Qualitätssicherung erreichen  
Dr.-Ing. Dr. H. Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT, Bremen
6. Sicherheit, Fehler, Schäden – Nitrierfehler vermeiden, Anlagen und Prozesssicherheit optimieren  
Dr.-Ing. S. Hoja, Leibniz-IWT Bremen

### Aus der Praxis – wir zeigen, worauf es ankommt!

- Anlagenkomponenten
- Ergebnisbeurteilung
- Behandlungsende, Nachbehandlung
- Reinigung
- Chargierung
- Prozessstart
- Prozesskontrolle

\*Teilnahmegebühr für mehrere Teilnehmer aus einem Unternehmen auf Anfrage. Preis für 2. Person zzgl. ges. USt.  
Irrtümer, Druckfehler und Änderungen vorbehalten. Die AWT behält sich vor, ein Seminar aus wichtigem Grund abzusagen.

## Seminarplaner 2021

Seminar	Termin
Nitrieren und Nitrocarburieren für Praktiker Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT Bremen	10./11. März 2021
Gefüge und Metallografie der Stähle Prof. Dr.-Ing. habil. Brigitte Clausen, Leibniz-IWT Bremen	19./20. Mai 2021
Arbeits- und Betriebssicherheit in der Wärmebehandlung Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT	16./17. Juni 2021
Bainitisieren in Theorie und Praxis Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT	22./23. September 2021
Reinheitsgrad von Stählen Prof. Dr.-Ing. habil. Brigitte Clausen, Leibniz-IWT Bremen	29./30. September 2021
Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungen Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Keßler, Universität Rostock	10./11. November 2021
Einsatzhärten für Praktiker Dr.-Ing. Matthias Steinbacher, Leibniz-IWT Bremen	24./25. November 2021

Die Seminare werden nach derzeitigem Stand als Online-Seminare durchgeführt. Sobald es die allgemeine Lage erlaubt, werden wieder Präsenzseminare angeboten. Voranmeldungen können jederzeit bei Frau Hella Dietz von der AWT-Geschäftsstelle +49 421 5229339, h.dietz@awt-online.org erfolgen.

## Wissensvorsprung durch die Seminare der AWT!



Arbeitsgemeinschaft  
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.



## Arbeitsblatt

## Maß- und Formänderungen von Leichtbauzahnradern

AiF-Nr.: 19875 N

Obmann: Dr.-Ing. Axel Majorek

**beteiligte Unternehmen:** Aichelin Holding GmbH, ALD Vacuum-Technologies GmbH; Cenit AG; Daimler AG; Georgsmarienhütte GmbH; Hanomag Lohnhärtereier GmbH; Härtereier Technotherm GmbH & Co. KG; Heess GmbH & Co. KG; map tec landau GmbH; Renk AG Augsburg; Tandler Zahnrad- und Getriebefabrik GmbH & Co. KG; VTN Witten GmbH; Wittmann Härtereier GmbH & Co. KG; ZF Friedrichshafen AG

**Forschungsstelle:** Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien IWT

**Projektleiter:** Thomas Lübben

**Sachbearbeiter:** Jwalant Kagathara, Thomas Lübben

**Forschungsvereinigung:** AWT e. V.

**Projektbegleitender Fachausschuss:**

FA 15 (Maß- und Formänderung)

## Zielsetzung und Lösungsweg

Im Rahmen des Projektes sollte die im Vorgängerprojekt (17995 N) entwickelte Methode zur Ableitung der Verkippungs-ISO-Linien bei gewichtsreduzierten Zahnradgrundkörpern anhand eines exemplarischen Beispiels aus der Teilegruppe „Zahnrad mit langer Nabe und Versatz zwischen Zahnkranz und Nabe“ in die Praxis überführt werden (s. Bild 1, links).

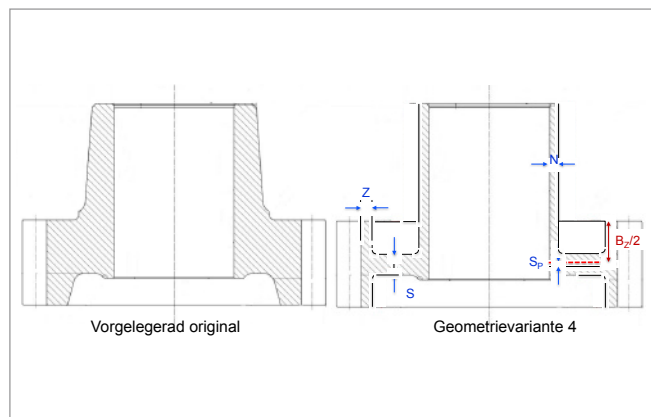


Bild 1: Querschnitt des ausgewählten Zahnrad (links), gewichtsreduzierte Variante mit charakteristischen Abmessungen (rechts)

Im Detail waren folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Können die numerischen Untersuchungen auch bei einem realen Zahnrad unter Vernachlässigung der Verzahnung mit einem 2D-Modell (deutlich geringere Rechenzeit) durchgeführt werden, da die Verzahnung einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Grundkörperverzerrung hat?
- Wie sensitiv sind die Verkippungen von Zahnkopf und Zahnrad für Variationen der Härtebarkeit und des Kohlenstoffprofils?
- Wie muss die Umwandlungsmodellierung modifiziert werden, um mindestens die korrekten Trends der Maß- und Formänderungen vorherzusagen zu können?
- Können für komplexere Zahnrad mit asymmetrischer Massenverteilung Isolinien-Darstellungen der Verkippungen aus Regressions-Analysen von Simulationen gewonnen werden?
- Wie groß ist das Kompensationspotential der geometrischen Gestaltung der Querschnittsübergänge für die Verkippungen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde durch systematische Geometrievariationen untersucht, welche Auswirkungen Gewichtsreduzierungen eines Vorgelegerads auf die Maß- und Formänderungen nach dem Einsatzhärten haben. Diese Arbeiten wurden in enger Verknüpfung von experimentellen und numerischen Untersuchungen durchgeführt. Auf der experimentellen Seite wurden neben geometrischen Aspekten auch der Einfluss der Größen Fertigungseigenheiten, Härtebarkeit, C-Profil und Abkühlprozess untersucht. Zur Klärung der Frage, ob auch in diesem Projekt die Simulationen mit axialsymmetrischen 2D-Modellen durchgeführt werden können oder ob hier aufgrund eines expliziten Einflusses der Verzahnung 3D-Simulationen durchgeführt werden müssen, wurden vergleichende Untersuchungen zwischen gewichtsreduzierten Zahnradern mit und ohne Verzahnung durchgeführt.

Zur Vorbereitung der numerischen Untersuchungen wurden Arbeiten zur Ermittlung des temperatur- und ortsabhängigen Wärmeübergangskoeffizienten (WÜK) und des Umwandlungsverhaltens durchgeführt. Ferner wurden umfangreiche Kalibrierungs- und Validierungsarbeiten durchgeführt. Im numerischen Bereich wurden zyklische Randbedingungen zur Modellierung von Schrägverzahnungen programmiert. Nach einer leider nur partiellen Validierung wurde dieses Modell in enger Kombination mit experimentellen Arbeiten für die Evaluation des Kompensationspotentials von modifizierten Querschnittsübergängen

eingesetzt. Letztlich wurde es zur Erlangung eines tieferen Verständnisses der Verzugsentstehung durch die komplexen Wechselspiele von Geometrie und den thermischen und umwandlungsbedingten Dehnungen angewendet.

**Ergebnisse**

Die Variationen der Geometrie (s. Bild 2, Details in [5]) mit einer Massereduzierung von bis zu 43,6 % haben gezeigt, dass die Maß- und Formänderungen der Nabe durch die Wandstärke der Nabe dominiert werden. Die ortsabhängigen Radiusänderungen am Zahnkopf können und müssen durch eine quadratische Gleichung beschrieben werden, aus der Kippwinkel/-amplitude, Balligkeit und mittlere Radiusänderung abgeleitet werden können. Der Kippwinkel des Zahnkopfes wird durch die Nabenwandstärke, Stegbreite und Stegposition beeinflusst, die zugehörige Balligkeit ist unter den gegebenen Bedingungen (Schmelze 1, Ölabschreckung mit Gasaufkohlung) nur für die Variante G1 deutlich von Null verschieden. Der Steg sorgt für vergleichsweise kleine Rundheitsabweichungen. Das Zahnrad (Steg + Zahnkranz + Zahn) verkippt in allen untersuchten Fällen in axialer Richtung. Die zugehörige Änderung der z-Koordinate der Zahnradmittellinie lässt sich durch eine Gerade beschreiben. Die Kippwinkel von Zahnrad und Zahnkopf sind einander in den meisten Fällen betragsmäßig sehr ähnlich (Bild 3).

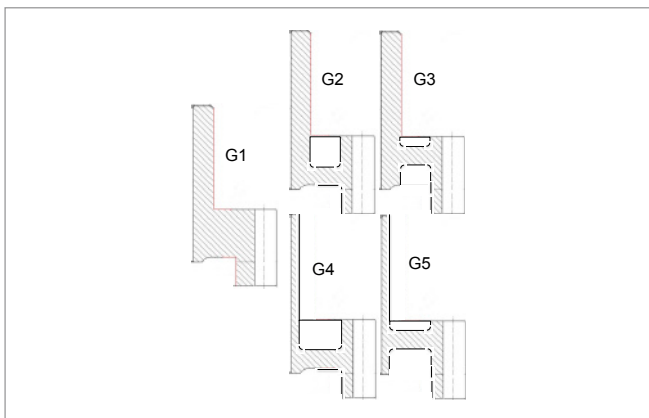


Bild 2: Experimentell untersuchte Geometrievarianten G1 – G5. Massereduzierung für G1: 8,5 %; G2 + G3: 24,6 %; G4 + G5: 43,6 %

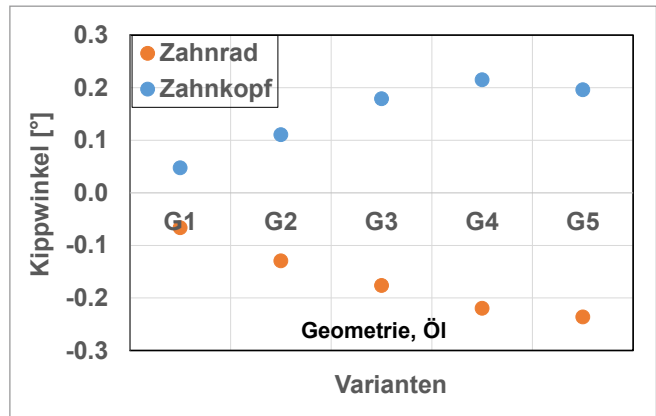


Bild 3: Einfluss der Geometrie auf die Kippwinkel von Zahnrad und Zahnkopf

Die Untersuchungen zum Einfluss der Verzahnung auf den Grundkörperverzug (Details s. [3]) haben ergeben, dass er bei Schrägverzahnung hinsichtlich der Maßänderungen von Nabe und Steg vernachlässigt werden kann. Gleiches gilt für die Formänderungen der Nabe. Für die Maß- und Formänderungen des Zahnkopfes (Bild 4) und für das Kippen von Steg + Zahnkranz + Zähnen muss er hingegen berücksichtigt werden. Ferner kommen die unterschiedlichen Wechselwirkungen der Strömung mit der Verzahnung bei unterschiedlichen Zahnorientierungen für den untersuchten Fall nicht zur Erklärung des abweichenden Maß- und Formänderungsverhaltens in Frage. Die erste Forschungsfrage muss daher mit nein beantwortet werden. Die Simulation des Kippverhaltens in axialer und radialer Richtung erfordert die Verwendung von 3D-Modellen zur korrekten Beschreibung des Verzahnungseinflusses. Die dafür notwendigen zyklischen Randbedingungen konnten erfolgreich programmiert werden.

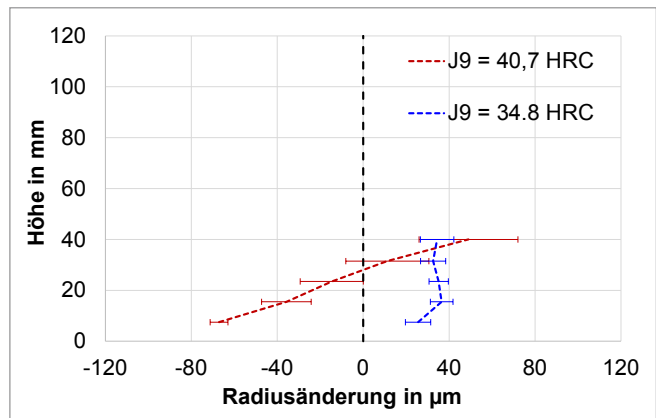


Bild 4: Einfluss der Verzahnung auf die Radiusänderungen des Zahnkopfes

Fertigungseigenspannungen haben unter den vorliegenden Bedingungen keinen relevanten Einfluss auf die Maß- und Formänderungen der Räder vom Typ G4. Da dieser Typ mit die geringsten Wandstärken hat, kann davon ausgegangen werden, dass diese Aussage auf die anderen Geometrievarianten übertragen werden kann. Bei weiteren Abmessungsreduzierungen wäre obige Aussage zu überprüfen. Für die Simulation kann unter diesen Bedingungen von eigenspannungsfreien Bauteilen ausgegangen werden.

Die Wirkung einer reduzierten Härtebarkeit (Details s. [5]) besteht an der Nabe im Wesentlichen auf den durch den Steg gestützten Bereich. Hier kommt es aufgrund der modifizierten Umwandlungsvorgänge zu deutlich anderen Radiusänderungen. In den Bereichen ober- und unterhalb des Steges gibt es zwar durchaus Veränderungen der Radiusänderungen, die für G5 größer ausfallen als für G4, aber die Breitenänderung der Nabe wird nur um einige  $\mu\text{m}$  vergrößert. Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dass die Nabe in diesen Bereichen trotz der reduzierten Härtebarkeit keine nennenswerte Veränderung der Gefügezusammensetzung erfährt. Für Zahnkopf und Zahnrad führt die reduzierte Härtebarkeit für beide Geometrien zu deutlich kleineren Kippwinkeln. Am Zahnkopf ist dies für G4 auf eine nichtlineare Radiusänderung zurückzuführen, im Fall von G5 auf eine in weiten Teilen des Zahnkopfes konstante Änderung (Bild 5).

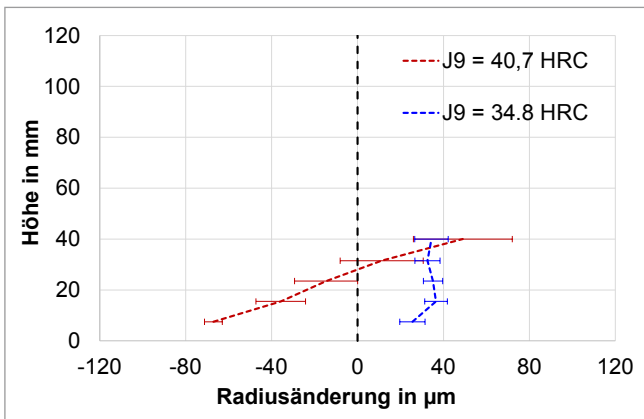


Bild 5: Einfluss der Härtebarkeit auf die Radiusänderungen des Zahnkopfes (Geometriertyp G5)

Variationen im Aufkohlprozess (Details s. [5]) führen an der Nabe zu deutlich unterschiedlichen Maß- und Formänderungen, die auf keinen Fall vernachlässigt werden können. Insbesondere kann ein überhöhtes Kohlenstoffprofil im Extremfall zu einer Verdopplung der Rundheitsänderungen führen. Die Wandstärkeänderung der Nabe und die Breitenänderungen von Steg und Zahnkopf wachsen und die Balligkeit des

Zahnkopfes sinkt mit steigendem Kohlenstoffeintrag. Die Kippamplitude des Zahnkopfes zeigt keinen einheitlichen Trend. Trotz der vergleichsweise großen Modifikationen des Standard C-Profiles resultieren daraus nur relativ kleine Veränderungen (maximaler Wert: G4, reduzierte Aufkohlung: +40  $\mu\text{m}$ ), (Bild 6).

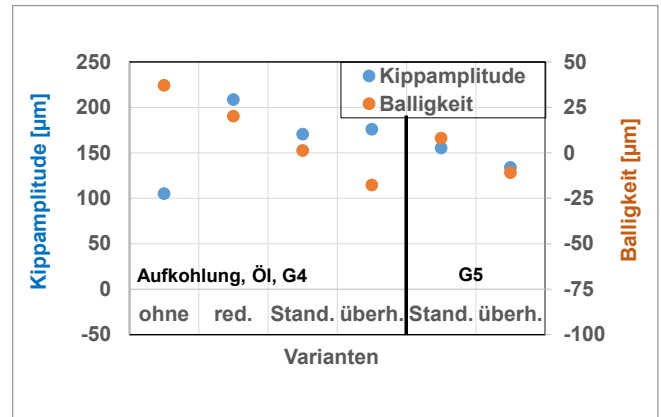


Bild 6: Kippamplitude und Balligkeit des Zahnkopfes in Abhängigkeit von Geometrie und Aufkohlung

Mit den letzten beiden Untersuchungspaketen konnte die zweite Forschungsfrage beantwortet werden.

Die Abkühlintensität (Details s. [5]) hat einen deutlichen Einfluss auf die Maß- und Formänderungen der Nabe. Kippamplitude und Balligkeit des Zahnkopfes werden ebenfalls deutlich durch den Abschreckprozess beeinflusst, wobei eine Salzbadabschreckung ähnlich gute Werte wie die Ofenabkühlung ergibt. Die Kippwinkel von Zahnrad und Zahnkopf sind auch für die verschiedenen Abkühlprozesse ähnlich. Ausnahme ist die Hochdruck-Gasabschreckung (HDGA), die deutlich kleinere Kippwinkel des Zahnkopfes produziert (Bild 7).

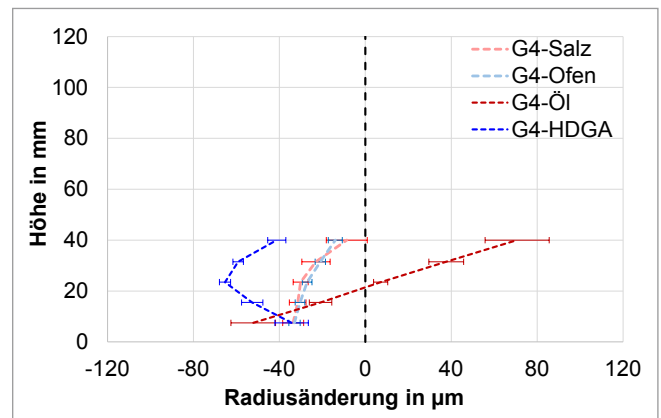


Bild 7: Einfluss des Abkühlprozesses auf die Radius-änderungen des Zahnkopfes (Geometriertyp G4)

Die Vorarbeiten für die numerischen Untersuchungen haben bei der Ermittlung des WÜK an den Geometrietypen G1 und G4 neben der Temperaturabhängigkeit auch eine deutliche Ortsabhängigkeit ergeben. Unter Berücksichtigung dieser Effekte lassen sich die Abkühlverläufe dieser Bauteiltypen bis auf kurze Ausnahmen zu Beginn der Abschreckung mit maximalen Abweichungen zum Experiment von betragsmäßig unter 60 °C berechnen (Details s. [6]).

Zur Erzielung einer besseren Modellgüte für die Bainitbildung wurde in diesem Projekt nicht die Längenänderung von Dilatometerproben, sondern ihre Volumenänderung ermittelt. Weiterhin wurde die Kohlenstoffabhängigkeit der Umwandlung nicht aus dem Datensatz des SFB 570 verwendet, sondern ebenfalls für die vorliegende Schmelze S1 ermittelt (Details s. [6]). Die Untersuchungen haben ergeben, dass die anisotrope Umwandlungsdehnung für diese Schmelze vernachlässigbar klein ist. Die Martensitbildung, die Härte und die Phasenzusammensetzung können mit dem resultierenden Umwandlungsmodell für die Dilatometerproben gut beschrieben werden. Trotz des deutlich größeren Aufwandes kann die Kinetik der Bainitbildung aber nicht mit ausreichender Genauigkeit modelliert werden. Der derzeitige Erklärungsansatz geht davon aus, dass das Additivitätsgesetz für die Bainitbildung zumindest für die untersuchten Schmelzen in diesem und dem Vorgängerprojekt nicht gilt. Es wurden daher insgesamt drei unterschiedliche Modelle abgeleitet, die im Rahmen der Kalibrierung und Validierung auf Eignung überprüft wurden.

Die Arbeiten zur Kalibrierung und Validierung der Simulation haben gezeigt, dass für das 2D-Modell des Geometrietyps G4 ohne Verzahnung das Kohlenstoffprofil sehr gut berechnet werden kann. Diese Aussage kann auch für die übrigen Geometrien übernommen werden, da der Aufkohlungsprozess über den gesamten Vorhabenszeitraum hervorragend reproduzierbar war. Trotz der Einschränkungen bei der Modellierung der Bainitumwandlung können mit dem Kompromissmodell für die Umwandlung (Kompromiss zwischen genauer Berechnung der Kinetik bzw. der Phasenanteile) in Kombination mit dem orts- und temperaturabhängigen WÜK-Modell für G4 ohne Verzahnung die Phasenzusammensetzung, die Härte, die mittleren Maßänderungen und die orts aufgelösten Maßänderungen mit ausreichender Genauigkeit vorhergesagt werden. Einschränkungen gibt es allerdings bei den Kippwinkeln und der Maßänderungen des Zahnkranzes. Letzteres Manko kann auf die verwendete Wärmeübergangsverteilung zurückgeführt werden, die an einem verzahnten Teil bestimmt wurde. Eine Übertragbarkeit dieser Aussagen auf andere Geometrien scheint fraglich zu sein, da der WÜK auch durch die Geometrie beeinflusst wird und zudem eine Sensitivitätsstudie eine

Empfindlichkeit der berechneten Maß- und Formänderungen für Variationen des WÜK gezeigt hat (s. [6]).

Die Untersuchungen mittels 3D-Modellen haben ergeben, dass für die Geometrie G4 mit und ohne Verzahnung 3D- bzw. 2D-Modelle praktisch identische Ergebnisse für Nabe und Steg liefern, also die 3D-Modellierung korrekt erfolgte. Die Anwendung auf die Geometrietypen G1, G2, G3 und G5 hat gezeigt, dass unter den gegebenen Bedingungen akzeptable Ergebnisse für die Verkippung nur resultieren, wenn eine am jeweiligen Bauteiltyp ermittelte Wärmeübergangsbeschreibung vorliegt. Aus Plausibilitätsbetrachtungen abgeleitete Modelle sind nicht ausreichend. Die Balligkeit hingegen wird selbst unter diesen idealisierten Bedingungen nicht korrekt berechnet (s. [6]). Dieses Manko ist sehr wahrscheinlich, wie bereits im Vorgängerprojekt, auf die immer noch unzureichende Modellierung der Bainitumwandlung zurückzuführen. Die dritte Forschungsfrage konnte daher nicht beantwortet werden.

Unterm Strich muss aus diesen Ergebnissen gefolgert werden, dass aufgrund des unerwarteten und sehr spät erkannten großen Einflusses des WÜK auf die Verkippung und der nicht erreichten Verbesserung des Umwandlungsmodells eine vollumfängliche Validierung des Berechnungsmodells nicht möglich war. Die vierte Forschungsfrage muss daher zum jetzigen Zeitpunkt mit „nein“ beantwortet werden.

Die daher überwiegend experimentell durchgeführte Analyse des Einflusses der Querschnittsübergänge auf die Verkippung hat ergeben, dass sich die Wirkung der Modifikationen an der Nabe im Wesentlichen auf eine Reduzierung der Rundheitsabweichung beim Typ G5 beschränken. Für Zahnkopf und Zahnrad kann für G5 eine nicht vernachlässigbare Reduzierung des jeweiligen Kippwinkels erzielt werden, wobei die resultierende Reduzierung der Kippamplitude am Zahnkopf bis zu 40 µm beträgt (s. Bild 8). Die Antwort auf die fünfte Forschungsfrage lautet daher: Es wurde ein kleineres Reduzierungspotenzial der Kippwinkel für Geometrien mit stark asymmetrischer Stegposition identifiziert. Es konnten allerdings keine Vorteile für die Querschnittsübergänge nach Mattheck festgestellt werden.

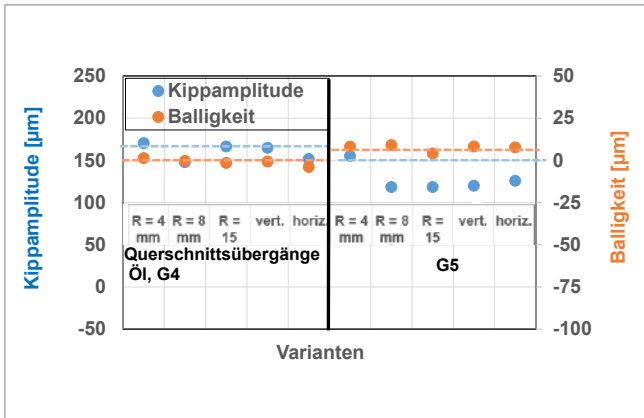


Bild 8: Kippamplitude und Balligkeit des Zahnkopfs in Abhängigkeit von Geometrie und Form der Querschnittsübergänge (Viertelkreise mit Radius 4 mm, 8 mm, 15 mm, bzw. nach Mattheck in vertikaler und horizontaler Ausrichtung)

Die numerischen Analysen konnten im Rahmen des möglichen Untersuchungsumfangs (nur Geometriety G4) ebenfalls keine Vorteile für die Übergänge nach Mattheck identifizieren.

Die Studien zur Erlangung eines grundlegendes Verständnisses der Verkippungsentstehung haben für die weitestgehend korrekt simulierbare Geometrievariante G4 gezeigt, dass die Verkippung des Zahnkopfes in radialer Richtung und die Verkippungen von Steg und Zahnkranz in axialer Richtung aus dem Wechselspiel der Asymmetrien in den Verzugspotentialträgern Masseverteilung, Temperaturverteilung und Verteilung der Legierungselemente – hier Kohlenstoff – resultieren. Dabei spielt die Masseverteilung erwartungsgemäß eine zentrale Rolle. Je nach Abmessungen von Nabe, Steg und Verzahnung leisten diese Bereiche Beiträge zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Solange keine Phasenumwandlungen stattfinden, wird das Geschehen von der Verteilung der thermischen Dehnungen in diesen Bereichen diktiert. Solange keine ortsabhängige Kohlenstoffverteilung vorliegt, sind diese proportional zu den Temperaturen. Nach einer Aufkohlung gilt dies nicht mehr, da die thermischen Dehnungen auch proportional zum thermischen Ausdehnungskoeffizienten sind, der wiederum vom C-Gehalt abhängt. In dieser Phase kann aber dennoch eine gute Vorstellung des Verkippungsgeschehens aus der Analyse der Asymmetrien dieser drei Bereiche erlangt werden.

Nach Beginn der Phasenumwandlung kommen zusätzliche Volumenvergrößerungen ins Spiel, die den thermischen Schrumpfungen entgegenwirken. Auch für die Verteilungen der Umwandlungsdehnungen ist eine Beurteilung der Asymmetrien zum Verständnis der Verkippungsentwicklungen zielführend. Allerdings macht die Überlagerung von thermischen und umwandlungsbedingten Dehnungen die Erlangung von Erkenntnissen zunehmend komplizierter (s. [6]).

Die ursprünglich als mithilfe der Simulation einfach zu beantworten eingeschätzte Frage „Sind die finalen Kippwinkel von Zahnkopf und Zahnrad nur zufällig ähnlich bzw. gleich?“ (vergl. Bild 3) konnte bislang trotz großen Aufwands nicht uneingeschränkt beantwortet werden. Falls es Gründe gibt, die zu dieser Ähnlichkeit führen, konnten sie bislang nicht identifiziert werden. Die derzeitige Antwort auf diese Frage geht aufgrund des extrem komplexen Zusammenspiels von Geometrie, thermischen und umwandlungsbedingten Dehnungen von zufälliger Gleichheit aus, da eine feste Kopplung von Verzahnung und Steg nicht beobachtet werden konnte.

### Zusammenfassung

Die experimentellen Untersuchungen haben zunächst das prinzipielle Verzugsverhalten des verwendeten Vorgelegerrads aufgezeigt und eine adäquate mathematische Beschreibung ermöglicht. Die wesentlichen Formänderungen sind die Verkippung des Zahnkopfs in radialer Richtung und die daraus resultierende Kippamplitude sowie die Verkippung von Steg + Zahnkranz + Zahn in axialer Richtung.

Die in der Serienfertigung auftretenden Schwankungen von Härtebarkeit und Aufkohlung sollten für das untersuchte Vorgelegerrad eher von untergeordneter Bedeutung für den Verzug sein. Variationen des Abschreckprozesses und Geometriemodifikationen zeigen erwartungsgemäß deutliche Einflüsse, die aber bei entsprechender Kombination (gewichtsreduziertes Zahnrad in Kombination mit geringerer Abschreckintensität) zu beherrschbaren Verzügen führen können.

Die Arbeiten zum Einfluss der Querschnittsübergänge haben ein Potenzial zur Reduzierung der Zahnkopfverkippung für Bauteile mit asymmetrischer Steglage aufgezeigt.

Die vorbereitenden experimentellen Arbeiten zur Simulation konnten zeigen, dass unter den gegebenen Bedingungen die Fertigungseigenstressungen keinen Einfluss auf den Verzug haben. Da eine Vernachlässigung der Verzahnung zu deutlich modifizierten Verzügen führen kann, müssen allerdings 3D-Simulationsmodelle verwendet werden.



Die vorliegenden bzw. gewählten Ansätze zur Bestimmung und Beschreibung der Bainitumwandlung bzw. des Wärmeübergangskoeffizienten (WÜK) haben sich als nicht ausreichend herausgestellt. Im Fall der Bainitbildung konnte das auf ein grundsätzliches Problem zurückgeführt werden. Für den Wärmeübergang hätte für jede zu simulierende Geometrie der WÜK bestimmt werden müssen. Eine numerische Bestimmung der Isolinien-Darstellung der Verkipfung war aufgrund dieser beiden Probleme nicht möglich. Entsprechend konnte die im Vorgängerprojekt entwickelte Methode zur Ableitung der Verkipnungs-ISO-Linien bei gewichtsreduzierten Zahnradgrundkörpern nicht in die Praxis überführt werden.

„Das Ziel des Vorhabens wurde teilweise erreicht.“

#### Literatur

- [1] Lübben, Th., Surm, H.; Zoch, H.-W.: Distortion of gear base bodies in consideration of lightweight construction. Extended Abstract 1st Int. Conference on Quenching and Distortion Engineering, November 2018, Nagoya, Japan (electronical).
- [2] Lübben, Th.; Kagathara, J.: Distortion of gears as consequence of lightweight construction – influence of toothing. Proc. European Conference on Heat Treatment, 5-7 June 2019, Bardolino, Italy (electronical).
- [3] Lübben, Th.; Kagathara, J.: Distortion of gears as consequence of lightweight construction – influence of teeth. HTM J. Heat Treatm. Mat. 75 (2020) 3, p. 153 – 162.
- [4] Kagathara, J.; Lübben, Th.: Case Hardening Simulation of a Complex Spur Gear. Proc. ECHT Conf. 2020, Antwerp, Belgium, 30.11.-02.12.2020.
- [5] Lübben, Th.; Kagathara, J.: Einfluss von Einsatzhärteprozess und Härtebarkeit auf das Verzugsverhalten eines gewichtsreduzierten Vorgelegerads. HTM J. Heat Treatm. Mat. 75 (2020) 6.
- [6] Kagathara, J.; Lübben, Th.: Numerical study to understand the distortion behavior of a weight-reduced counter gear. HTM J. Heat Treatm. Mat. 76 (2021) 1.

#### Danksagung

Das IGF-Vorhaben Nr. 19875 N der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Projektes und für die vielfältige Unterstützung durch die Mitglieder des projektbegleitenden Arbeitskreises.

#### Kontakt

Forschungsstelle

Dr.-Ing. Thomas Lübben

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien – IWT

Badgasteiner Straße 3

28359 Bremen

Tel.: +49 421 218 51321

E-Mail: luebben@iwt-bremen.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Termine

### Veranstaltungen der AWT-Härtereikreise März und April 2021

23. Februar	Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, Michaela Sommer	Hagen – online
02. März	E-Mobilität – Teil 2 – Klimaretter und Arbeitsplatzvernichter? Uwe Schmelzing	Stuttgart – online
09. März	E-Mobilität – Klimaretter und Arbeitsplatzvernichter? Uwe Schmelzing	Ulm
11. März	Möglichkeiten der Fertigungsüberwachung über zerstörungsfreie Prüfmethode, Sören Barteldes	Friedrichshafen – online
16. März	Stand der Technik – Adiabate Freikühlsysteme Effektivbeispiel als technisches, wirtschaftliches und umweltpolitisches Novum, Leonard Elsässer	Hannover – online
23. März	Das Härten von Stahl, Prof. Dr.-Ing. Franz Wendl	Hagen – online
13. April	Vergleich verschiedener Verfahren zum Einsatzhärten von Großserien-Getriebeteilen, Dr. Herwig Altena	Stuttgart – online
15. April	Feinkornstabile Einsatzstähle für die Aufkohlung oberhalb 950°C, Dr. Isabell Ortlepp	Friedrichshafen
20. April	Einsatzhärten im Gas: Prozess- und Anlagentechnik, Dirk Joritz	Hannover
20. April	CQI-9 Prozessmanagementsystem - Kurzübersicht der Änderungen 3rd > 4th Edition, Markus Milde	Hagen – online
20. April	Automatisierte Prüfung mit Induktionsthermografie, Dr. Christian Srajbr	Ulm

### Aktuelle Termine der AWT-Fachausschüsse

10. Februar 2021	FA 10	Funktionelle Schichten	online
18. Februar 2021	FA 1	Trendscouting	online
16. April 2021		Gemeinschaftsausschuss AWT/DGM Werkstofftechnik Stahl	online
15./16. April 2021	FA 12	Härteprüfung	Dortmund
19. Mai 2021	FA 8	Sicherheit in Wärmebehandlungsbetrieben	Stuttgart

Der nächste Workshop der Fachausschussleiter wird am 2./3. März 2021 als Webkonferenz stattfinden. Nähere Auskünfte über die Treffen der AWT-Fachausschüsse erteilt Frau Hella Dietz von der AWT-Geschäftsstelle +49 421 5229339, h.dietz@awt-online.org.

**Achtung: Aufgrund der aktuellen Lage finden fast alle Veranstaltungen der Fachausschüsse und Härtereikreise als Webkonferenz statt oder können entfallen. Bei Rückfragen zu den Terminen der Härtereikreise nehmen Sie bitte Kontakt zu den örtlichen Härtereikreisleitungen auf. Mehr Informationen zu den Treffen der Fachausschüsse erteilt Frau Hella Dietz von der AWT-Geschäftsstelle unter h.dietz@awt-online.org oder telefonisch unter +49 421 5229339. Stand: 12.01.2021**

### Internationale Events

27. – 28. April 2021	QDE + ECHT 2021	Webkonferenz
26. – 28. Mai 2021	4th Meditarian Conference on Heat Treatment and Surface Engineering	Istanbul (TR)
05. – 09. September 2021	SCT 2020, Steels in Cars and Trucks	Mailand (IT)
26. – 28. Oktober 2021	HK 2021	Köln
23. – 25. November 2021	27th IFHTSE Congress	Yokohama (JP)



Arbeitsgemeinschaft  
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.

AWT-Geschäftsstelle  
Paul-Feller-Str. 1 · 28199 Bremen  
Tel. +49 421- 52 29 339  
Fax +49 (0) 421- 52 29 041  
info@awt-online.org · www.awt-online.org

## Mitglied werden / Become a member

Ich beantrage hiermit die Aufnahme als Personen-Mitglied in die AWT.  
I herewith apply for a personal AWT-membership

Name / Name Vorname / First Name Titel / Title

Anschrift / Address

Geburtsdatum / Date of birth E-Mail – erforderlich für den Bezug der AWT-Mitgliederzeitschrift  
Email – necessary for the receipt of the AWT membership magazine

Arbeitgeber/Tätigkeit / Employer/function

Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt zurzeit 50,- Euro. / The annual fee is 50,- Euro.

- Ich bestätige, die Satzung und die Regelungen zum Datenschutz ([www.awt-online.org](http://www.awt-online.org)) zur Kenntnis genommen zu haben und willige ein, dass die aufgeführten Daten für vereinsinterne Zwecke in einer EDV-gestützten Mitglieder- und Beitragsdatei gespeichert, verarbeitet und genutzt werden. / I herewith confirm that I have taken note of the statute and the regulations on the privacy policy and I consent to the data to be stored, processed and used for internal purposes in an EDP-supported membership and contribution file.
- Ich erkläre mich weiterhin mit der Veröffentlichung meines Namens im Vereinsorgan „AWT-Info“ einverstanden.  
I consent to the publication of my name in the Body of the Association ‘AWT-Info’ as well as on our website.

Ich ermächtige die AWT, meinen Mitgliedsbeitrag mittels Lastschrift von meinem Konto abzubuchen.  
I herewith authorize the AWT to collect the membership fee from my bank account by direct debit.

IBAN BIC

Ort/Datum Unterschrift

- Ich bestelle hiermit die HTM – ‚Journal of Heat Treatment and Materials‘ zum Vorzugspreis für Mitglieder von 421 Euro im Jahr. Diese Bestellung kann innerhalb von 10 Tagen bei der AWT-Geschäftsstelle schriftlich widerrufen werden. (Bitte ankreuzen und unterschreiben, wenn ein Abonnement gewünscht wird).  
I would like to order the HTM – ‘Journal of Heat Treatment and Materials’, the scientific Journal of AWT at a special rate of 421 Euro/year. The placement of this order can be cancelled within 10 days by written notice to the AWT-branch office.

Ort/Datum / Place/date Unterschrift / Signature

Gemeinnützig anerkannter Verein beim Finanzamt Bremen