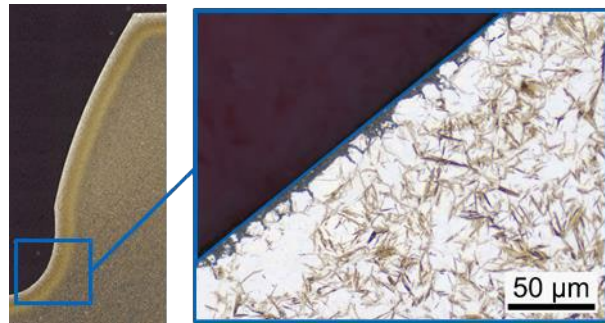


## Konditionierung von hoch restaustenithaltigen Zuständen durch Verfahren der Kaltverfestigung zur Erzeugung maximaler Zahnradtragfähigkeit

Einsatzhärten ist im Bereich der Antriebstechnik eines der am häufigsten verwendeten Wärmebehandlungsverfahren für hochbeanspruchte Verzahnungen. Gängige Normen und Richtlinien zur Auslegung von einsatzgehärteten Zahnrädern begrenzen in der Regel den zulässigen Restaustenitgehalt im Gefüge auf 30 Masse-% oder weniger. Im Bereich der Forschung hat sich jedoch in den letzten Jahren wiederholt gezeigt, dass durch Carbonitrieren, als Variante des Einsatzhärtens, auch erhöhte Restaustenitgehalte nicht zwingend zu einer Minderung der Tragfähigkeit von Zahnrädern führen. In abgeschlossenen Forschungsvorhaben und der Literatur finden sich Hinweise, dass ein hoher Restaustenitanteil sogar tragfähigkeitssteigernd wirken kann, sofern eine ausreichende, mechanisch induzierte Restaustenit- zu Martensitumwandlung vor der Beanspruchung im Betrieb stattfindet.

Im Rahmen des Forschungsprojektes erfolgten sowohl theoretische als auch experimentelle Untersuchungen an carbonitrierten, hoch-restaustenithaltigen Gefügeständen, welche vor der Beanspruchung im Betrieb bzw. Prüflauf gezielt einer Kaltverfestigung durch Strahl- und Festwalzprozesse unterzogen wurden. Hierzu wurden im Rahmen von Voruntersuchungen zunächst



**Abbildung 1:** Carbonitriertes, hoch-restaustenithaltiges Gefüge im Zahnfußbereich (Schliffbild)

verschiedene Wärmebehandlungsprogramme zur Erzeugung solcher Gefügestände an mehreren praxisüblichen Einsatzstählen durchgeführt. Anschließend Untersuchungen verschiedener Kaltverfestigungsprozesse an Probenkörpern belegen eine mechanisch induzierte Restaustenitumwandlung im Gefüge sowie eine Erhöhung der Biegezugfestigkeit gegenüber praxisüblichen einsatzgehärteten Gefügeständen. Weiterführende Untersuchungen an carbonitrierten Verzahnungen mit bis zu 70 Masse-% Restaustenitanteil (exemplarisch s. Abbildung 1) nach der Wärmebehandlung belegen ebenfalls eine mechanisch induzierte Restaustenitumwandlung vor den Prüfläufen sowie eine weitgehende Restaustenitstabilität während dieser. In umfangreichen Pulsatorversuchen konnte für sämtliche untersuchten Varianten eine signifikante Steigerung der Zahnfußtragfähigkeit gegenüber reinigungsgestahlten, einsatzgehärteten Gefügeständen nach dem Stand der Technik beobachtet werden. Bezüglich der Grübchentrugfähigkeit zeigte sich im Laufversuch keine Minderung gegenüber praxisüblichen, einsatzgehärteten Gefügeständen. Analogieuntersuchungen zur Grübchentrugfähigkeit im Zwei-Scheibenprüfstand an festgewalzten Probenkörpern belegen das Potential des Festwalzens als alternativen Kaltverfestigungsprozess sowie zur Tragfähigkeitssteigerung. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen es, bestehende

Carbonitrierprozesse zu optimieren, die Tragfähigkeit von Zahnrädern zu steigern und bieten die Basis zur zukünftigen Erweiterung bestehender Normen und Richtlinien zur Verzahnungsauslegung.

**Autoren:** **Tarik Boyraz, M. Sc.**

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien (IWT), Bremen

**Adrian Sorg, M. Sc.**

Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebesysteme (FZG), TU München

**Kontakt:** Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

**Dr. Stefan Groß**

T 069- 6603 -1127

**Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 01|F21546 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit den Mitteln der [IGF](#) gefördert.**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

Die [Industrielle Gemeinschaftsforschung \(IGF\)](#) ist ein europaweit erfolgreiches, themenoffenes und vorwettbewerbliches Förderprogramm des [Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz \(BMWK\)](#), das kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen einfachen Zugang zu praxisorientierter Forschung und zu aktuellen Forschungsergebnissen ermöglicht. In der IGF bestimmen Unternehmen bzw. Verbände, Forschungsvereinigungen und Forschungseinrichtungen gemeinsam den Forschungsbedarf und die Forschungsthemen ihrer Branche. Die Begleitung der Forschungsprojekte durch die Unternehmen garantiert die Praxisnähe der Forschungsprojekte. Die Ergebnisse der IGF-Projekte sind öffentlich und stehen allen interessierten Unternehmen zu gleichen Bedingungen zur Verfügung. So stärkt die IGF die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands in Deutschland und trägt damit maßgeblich zu Deutschlands Innovationsouveränität bei.

**Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.)** ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert. Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche. Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur\*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten. Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und

allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung, finanziert über die IGF und Eigenmittel ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. Weitere Informationen unter [www.fva-net.de](http://www.fva-net.de).