

**Schrauben Betzer GmbH & Co. KG (KMU)**  
Dr.-Ing. Karl Hofmann v. Kap-her  
Heedfelder Straße 61-63, 58509 Lüdenscheid  
Tel.: 02351 9692-15, Fax: 02351 9692-96  
E-Mail: hvk@betzer.de  
www.betzer.de

**Branche:**  
Präzisionsschraubenhersteller  
**Projektschwerpunkte:**  
Werkzeugherstellung und Prüfung im betrieblichen Einsatz, Analyse der Werkzeuge während und am Ende des Einsatzes

**P. C. Turck Produktion- und Verwaltungs-GmbH (KMU)**  
Dipl.-Ing. Axel Kunz  
Altenaer Straße 16-18, 58507 Lüdenscheid  
Tel.: 02351 1800-1, Fax: 02351 1800-90  
E-Mail: kunz@pcturck.de  
www.pcturck.de

**Branche:**  
Lieferant für Fahrzeugsystemtechnik  
**Projektschwerpunkte:**  
Werkzeugherstellung und Prüfung im betrieblichen Einsatz, Analyse der Werkzeuge während und am Ende des Einsatzes

**Gustav Alberts GmbH & Co. KG (KMU)**  
Konstruktionsleiter Anton Bauer  
Gewerbegebiet Grünenthal, 58849 Herscheid  
Tel.: 02357 907-102, Fax: 02357 907-294  
E-Mail: info@gah.de  
www.gah.de

**Branche:**  
Hersteller von Produkten für die Bauindustrie  
**Projektschwerpunkte:**  
Prüfung von cryo-behandelten Werkzeugkomponenten im betrieblichen Einsatz, Analyse der Werkzeuge während und am Ende des Einsatzes

**Carl Bechem GmbH**  
Dr. Heinz Dwuletzki  
Weststraße 120, 58089 Hagen  
Tel.: 02331 935-0, Fax: 02331 935-1199  
E-Mail: dwuletzki@bechem.de  
www.bechem.de

**Branche:**  
Hersteller von Hochleistungsschmierstoffen u. a. für die Metallumformung  
**Projektschwerpunkte:**  
Lieferung von Schmierstoffen für die Umformversuche, Entwicklung von neuen Schmierstoffen

**slittec GmbH (KMU)**  
Wolfgang Czolbe  
Ridderstraße 30, 48683 Ahaus  
Tel.: 02561 69581-10, Fax: 02561 69581-20  
E-Mail: czolbe@slittec.de  
www.slittec.de

**Branche:**  
Entwickler und Hersteller von schneidtechnischen Anlagen  
**Projektschwerpunkte:**  
Bereitstellung von Messern und Durchführung von Praxisversuchen

**Tweer & Lösenbeck GmbH & Co. KG (KMU)**  
Matthias Pithan  
F + E  
Postfach 28 03, 58478 Lüdenscheid  
Tel.: 02351 95435-0, Fax: 02351 95435-10  
E-Mail: m.pithan@tweer-loesenbeck.de  
www.tweer-loesenbeck.de

**Branche:**  
Hersteller von Kleinschrauben für die Elektro-, Elektronikindustrie, den Automobilbau und die Medizintechnik  
**Projektschwerpunkte:**  
Einsatz von cryo-behandelten Stempeln und Matrizen sowie deren Analyse während und nach dem Einsatz

### Projektpartner assoziiert

**Böhler AG Deutschland, Düsseldorf**  
www.boehler.de  
**Projektschwerpunkt:**  
Kostenlose Lieferung von pulvermetallurgischen Kalt- und Schnellarbeitsstahl

**Air Liquide Deutschland GmbH, Krefeld**  
www.airliquide.de  
**Projektschwerpunkt:**  
Kostenlose Beistellung von flüssigem Stickstoff für Cryo-Behandlungen bei der FHMS

**Edelstahlwerke Witten Krefeld Härtereitechnik, Witten**  
www.ewk-haertereitechnik.com  
**Projektschwerpunkt:**  
Kostenlose Vakuumhärtung von Werkzeugen

## Ein innovatives Behandlungsverfahren für Werkzeuge (Cryoduran)

### Das Projekt

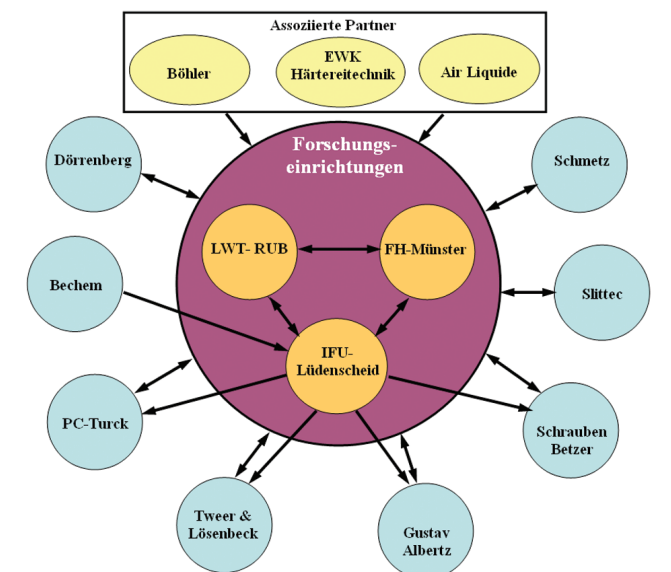
Umformwerkzeuge spielen im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Automobiltechnik eine bedeutende Rolle. Sie bringen Komponenten durch Kaltmassivumformung (z. B. Schrauben) oder durch Blechstanzen und -umformen (z. B. Karosserieteile) in Form. Die Lebensdauer dieser Werkzeuge wird durch Verschleiß und Bruch begrenzt. Während dem Verschleiß mit planbaren Werkzeugwechseln begegnet werden kann, tritt Bruch immer unverhofft ein und zieht meist längere Produktionsausfallzeiten und damit auch hohe Ausfallkosten nach sich.

Als Werkstoffe für Umform- und Schneidwerkzeuge kommen Kalt- und Schnellarbeitsstähle zur Anwendung, die mit Blick auf Verschleiß durch eine Wärmebehandlung, die aus Härten mit anschließendem Abschrecken, meist auf Raumtemperatur, und Anlassen (ein Verfahren der Wärmebehandlung, bei dem innere Spannungen abgebaut werden) auf eine möglichst hohe Härte gebracht werden. Leider nimmt die Zähigkeit dieser Werkstoffe mit zunehmender Härte ab, so dass die Bruchgefahr und damit das vorzeitige Ausfallrisiko der Werkzeuge steigen. Vor diesem Hintergrund besteht in der Umformtechnik ein großes Interesse an harten Werkstoffen, die gleichzeitig eine hohe Bruchsisicherheit, d. h. hohe Zähigkeit aufweisen.

Ziel des Vorhabens ist es deshalb, mit einer neuartigen, bisweilen sehr komplexen Tieftemperaturbehandlung, im Folgenden Cryoduran genannt, die Leistungsfähigkeit von Werkzeugstählen signifikant zu steigern. Die Leistungssteigerung umfasst einerseits die Erhöhung der Bruchzähigkeit, aber auch die Verbesserung des Verschleißverhaltens von Umform- und Stanzwerkzeugen. Damit verbunden ist ebenso eine deutlich längere Lebensdauer bei minimiertem Bruchrisiko, so dass unvorhersehbare Ausfallzeiten aufgrund von Werkzeugbruch verringert werden können. Beides führt zur Einsparung bei den Produktions- und Maschinenkosten sowie zu einer erheblichen Erhöhung der Produktivität.

Die Cryo-Behandlung wird heutzutage an unterschiedlichen Stellen der konventionellen Wärmebehandlungskette angewendet, wobei keine gesicherte Erkenntnis darüber besteht, nach welchem Wärmebehandlungsschritt diese Behandlung am effektivsten wirken kann. Die Durchführung

und Dauer der Cryo-Behandlung wurde bisher ebenfalls nicht näher beleuchtet. Die sich in den meisten Fällen anschließende Anlassbehandlung wird stets konventionell bei den sonst üblichen Temperaturen und Zeiten durchgeführt. Da bislang die ablaufenden Vorgänge bei der Tieftemperaturbehandlung wissenschaftlich nicht erschöpfend untersucht worden und vollständig verstanden sind, besteht hier zwingend Klärungsbedarf. Eine Optimierung der gesamten Wärmebehandlung im Hinblick auf eine zuverlässige Einstellung der geforderten Eigenschaften ist unbedingt notwendig. Vor diesem Hintergrund ist eine wissenschaftlich fundierte Untersuchung unumgänglich, um das gesamte Verbesserungspotenzial, welches eine innovative Cryo-Behandlungsstrategie bietet, für industrielle Anwendungen auszuschöpfen.



Struktur des Netzwerkes der Verbundpartner

Zur Klärung aller dieser offenen Fragen hat sich ein Netzwerk aus drei Forschungseinrichtungen und acht Industrieunternehmen, von denen sechs Klein- bzw. mittelständische Unternehmen (KMU) sind, sowie drei assoziierten Industriepartnern zusammen gefunden, die eine derartige Entwicklung begleiten wollen. Die Partner im Netzwerk wurden derart ausgewählt, dass einerseits die wissenschaftlichen Grundlagen kompetent erarbeitet werden können, andererseits jedoch die Nähe zur Umsetzung und Anwendung des neuen Verfahrens Cryoduran in der Industrie gegeben ist.

### Die Kooperation

Die glaubwürdigen Verbesserungen der Eigenschaften haben in der deutschen Industrie das Interesse an verbesserten Werkzeugen durch Cryo-Behandlung geweckt. Das fehlende metallkundliche Verständnis, die stark unterschied-

lichen Ergebnisse in der Literatur und die Unklarheit in Bezug auf die Prozessführung haben die Anwender von Werkzeugstahl jedoch bisher davon abgehalten, Werkzeuge einer Cryo-Behandlung zu unterziehen. Vor diesem Hintergrund hat sich ein aus drei Forschungseinrichtungen und elf Unternehmen bestehendes Netzwerk das Ziel gesetzt, die metallkundlichen Grundlagen der Eigenschaftsverbesserungen aufzuarbeiten und auf dieser Basis eine innovative Cryo-Behandlungsstrategie für Werkzeugstähle zu entwickeln, mit der signifikant verbesserte Werkzeuge produziert werden können, die anschließend in wichtigen industriellen Anwendungen erprobt werden.

Die Struktur des Netzwerkes wurde unter folgenden Aspekten entworfen:

- ▶ Wer verfügt über entsprechendes Know-how und eine entsprechende Ausstattung, um die wissenschaftlichen Fragestellungen zum Projekt Cryoduran zu bearbeiten?
- ▶ Welche Industriepartner sind an der industriellen Nutzung und Weiterentwicklung interessiert?

Den wissenschaftlichen Kern des Netzwerkes bilden die drei Forschungseinrichtungen. Während der Lehrstuhl Werkstofftechnik (LWT) der Ruhr-Universität im Wesentlichen die metallkundlichen Effekte zunächst an Laborproben aus Werkzeugstahl elektronenmikroskopisch aufarbeitet, fällt der Fachhochschule Münster (FHMS) die Prüfung der Eigenschaften cryo-behandelter Versuchsproben und die Umsetzung der Cryo-Behandlung in einer speziellen Abkühlkammer mit verdampfendem Flüssigstickstoff zu. Aufgrund der hohen benötigten Mengen an Flüssigstickstoff hat sich der assoziierte Partner Air Liquide bereit erklärt, einen Anteil des benötigten Flüssiggases kostenlos zur Verfügung zu stellen. Die benötigten Versuchswerkstoffe werden von den Firmen Dörrenberg Edelstahl GmbH und Böhler AG bereitgestellt.

Als Verbundpartner konnte der Ofenhersteller Schmetz gewonnen werden, der ein Anlagenkonzept zur Integration der Cryo-Behandlung in den Hochdruckgasabschreckprozess zur risikofreien Härtung von Werkzeugen im Vakuumofen entwickeln soll. LWT und FHMS qualifizieren die Firma Schmetz für diese Cryo-Behandlung, die parallel versuchsweise industriell bei Dörrenberg durchgeführt wird.

Auf der Grundlage der an Laborproben ermittelten Behandlungsergebnisse werden im nächsten Schritt Prototypen von Stanzwerkzeugen von P. C. Turck gefertigt und im industriellen Maßstab, aber zunächst unter kontrollierten Bedingungen, im Institut für Umformtechnik (IFU) für Umform- und Stanzoperationen auf Industriemaschinen eingesetzt. Mit einer speziellen Replikatechnik werden in regelmäßigen Zeitabständen Oberflächenabdrücke der Werkzeugkontur genommen und von LWT, FHM und IFU bezüglich der wirkenden Verschleißmechanismen untersucht. Schließlich werden die Werkzeuge am Standzeitende zerstört und metallografisch ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Versuchseinsätze sind die Basis für weitere Optimierungen bezüglich der Stahlzusammensetzung und der Cryo-Behandlung. Letztlich werden optimierte Werkzeuge mit grundsätzlich verschiedenen Aufgabenstellungen bei den Firmen Schrauben Betzer,

P. C. Turck, der Alberts GmbH, der Firma Tweer & Lösenbeck sowie der Firma Slittec unter Verwendung von Schmierstoffen der Firma Bechem als Werkzeuge in der täglichen Produktion eingesetzt. Diese Einsätze werden von den Forschungseinrichtungen begleitet, die auf Basis von Nachuntersuchungen in einem zweiten Iterationsschritt weitere Anpassungen der Cryo-Prozesstechnik vornehmen und diese für verschiedene Werkzeugstähle festschreiben. Abschließend wird zur Qualitätssicherung eine Widerstandsprüftechnik installiert, anhand derer die Gefügestände der cryo-behandelten Bauteile integral ohne aufwändige metallkundliche Analysen bestimmt werden können, so dass die notwendige Reproduzierbarkeit gewährleistet werden kann.

## Die Perspektiven

In Deutschland werden pro Jahr 35.000 t Kaltarbeitsstähle zur Herstellung von Werkzeugen benötigt. Davon sind ca. 10.000 t ledeburitische Chromstähle, die entweder konventionell (9.000 t) oder pulvermetallurgisch (1.000 t) hergestellt werden. Bei der momentanen Preissituation von 3.000 bzw. 30.000 Euro/t ergibt sich ein mittlerer Werkzeugstahlwert von etwa 57 Mio. Euro. Bei einem Anteil von 8 % an den Gesamtwerkzeugkosten lassen sich damit die jährlichen Werkzeugkosten auf 710 Mio. Euro hochrechnen. Falls es gelingt, die Cryo-Behandlung nur bei 20 % der Werkzeuge anzuwenden und mit diesen Werkzeugen einen mittleren Standzeitgewinn von 50 % je Werkzeug zu erzielen, so ergäbe sich ein Einsparpotenzial von 70 Mio. Euro, das relativ kurzfristig erreicht werden kann. Dabei sind die Einsparungen im Bereich des Werkzeugwechsels noch nicht berücksichtigt. Geht man darüber hinaus davon aus, dass neben dem Anwendungsfokus des Netzwerkes (Kaltmassiv- und Blechumformung) Kaltarbeitsstähle im nennenswerten Umfang als Kaltwalzen und Rohrbiegerollen zum Einsatz kommen, kann das Anwendungsfeld bei Erfolg schnell weiter ausgedehnt werden.

Die im Netzwerk integrierten Industriepartner gewinnen somit einen Vorsprung bei der Sicherung ihres gegenwärtigen Marktsegmentes durch Produktivitätssteigerung und Kostensenkung bzw. bei der Eroberung neuer Marktsegmente durch die Produktion bisher schwierig oder nicht zu fertigender Stanz- und Umformprodukte.

Mittelfristig kann erwartet werden, dass die kurzfristig erzielten positiven Ergebnisse auf dem Stanz- und Umformsektor dazu führen, dass weitere Anwendungsgebiete der Werkzeugstähle, wie z. B. der Bereich der Zerspanung, das Kaltwalzen etc. für das neue Behandlungsverfahren Cryoduran in den Fokus kommen. Das Cryoduran-Verfahren ist prinzipiell für Werkzeuge der spanenden Bearbeitung (Bohren, Fräsen, etc.) geeignet, da es leicht den häufig verwendeten Beschichtungsverfahren (PVD – Physical Vapour Deposition und CVD – Chemical Vapour Deposition) vorgeschaltet werden kann. Darüber hinaus wird die Behandlung für die in der Automobilindustrie benötigten Großwerkzeuge interessant sein. Hier könnten Umform- und Schneidwerkzeuge für PKW-Seitenteile mit Stückgewichten bis zu 10 t in ihrer Standzeit maßgeblich verbessert werden.

Um diese Entwicklung seriös und fachwissenschaftlich voranzutreiben, wird weitere Forschungsarbeit in einem Netzwerk notwendig sein, welches um entsprechende neue Anwender erweitert werden muss.

Aus den Ergebnissen des beantragten Forschungsvorhabens wird von dem Verbundpartner Institut für Umformtechnik (IFU) die optimierte und auf den jeweiligen Stahl zugeschnittene Behandlung in einem Leitfaden zusammengestellt. Dieser Leitfaden stellt die Informationsgrundlage über das neue Behandlungsverfahren Cryoduran für Industriebetriebe der Metallbe- und -verarbeitung dar. Mit seiner Hilfe sollen Industriefirmen in die Lage versetzt werden, tieftemperaturbehandelte Werkzeuge unter optimalen Bedingungen für die benötigten Umformvorgänge einzusetzen.

Zu den Aufgaben des IFU zählt die Beratung bei Produktionsproblemen von Industrieunternehmen ebenso wie die Schulung von Mitarbeitern zu technischen Fragestellungen, so dass der Inhalt des Leitfadens direkt an interessierte Firmen in vielfältiger Form (Einzelberatungen, Seminaren, Publikationen in Fachzeitschriften) weitergegeben werden kann. Darüber hinaus werden diese Ergebnisse auch von den beiden anderen beteiligten Forschungseinrichtungen LWT und FHMS durch Vorträge auf nationalen und internationalen Fachkonferenzen sowie durch Publikationen in Fachzeitschriften einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

## Das Projekt im Überblick

Ein innovatives Behandlungsverfahren für Werkzeuge (Cryoduran)  
**Technologiefeld / Branche:** Wärmebehandlung, Werkzeugstähle, Umformtechnik, Werkzeugherstellung, Metallverarbeitende Industrie, Maschinenherstellung  
**Laufzeit:** 01.01.2007 bis 31.12.2009  
**Projektkosten:** 454.656 Euro  
**Förderungssumme:** 373.682 Euro

## Projektpartner Forschung

### Ruhr-Universität Bochum

(Koordinator)  
Prof. Dr.-Ing. Werner Theisen  
Lehrstuhl Werkstofftechnik  
Universitätsstraße 150, 44780 Bochum  
Tel.: 0234 32-25964, Fax: 0234 32-14104  
E-Mail: werner.theisen@rub.de  
**Fachgebiete:**

Entwicklung und Optimierung von Werkzeugstählen und deren Wärmebehandlung

#### Zielbranchen:

Stahlhersteller, Werkzeughersteller, Wärmebehandler, Metallverarbeitende Industrie, Maschinenhersteller etc.

#### Projektschwerpunkte:

Projektkoordination, Optimierung der Wärmebehandlungsverfahren, Optimierung der Stahlzusammensetzung, tribophysikalische Untersuchungen

### Fachhochschule Münster

Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Peterseim  
Fachbereich Maschinenbau, Labor für Werkstofftechnik  
Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt  
Tel.: 02551 96-2415, Fax: 02551 96-2174  
E-Mail: peterseim@fh-muenster.de

#### Fachgebiet:

Leistungssteigerung von Stählen durch optimierte Wärmebehandlungen

#### Zielbranchen:

Werkzeughersteller, Wärmebehandler, Metallverarbeitende Industrie, Maschinenhersteller etc.

#### Projektschwerpunkte:

Grundlagenuntersuchungen, Wärme- und Tieftemperaturbehandlungen, Analytik

### Institut für Umformtechnik (IFU), Aninstitut der Fachhochschule Südwestfalen

Prof. Dr.-Ing. Franz Wendl  
Karolinenstraße 8, 58507 Lüdenscheid  
Tel.: 02351 1064-203, Fax: 02351 1064-201  
E-Mail: wendl@ifu-lued.de

#### Fachgebiete:

Optimierung von Umformprozessen auf der Schnittlinie zwischen Forschung und Anwendung, technische Beratung von Industrieunternehmen

#### Projektschwerpunkte:

Werkzeugherstellung, Versuchsplanung, Umform- und Stanzversuche

## Projektpartner Industrie

### Schmetz Vakuumtechnik GmbH (KMU)

Dipl.-Ing. Luigi Dallo  
Holzener Straße 39, D-58708 Menden  
Tel.: 02373 686-135, Fax: 02373 686-250  
E-Mail: luigi.dallo@schmetz.de  
www.schmetz.de

#### Branche:

Hersteller von Vakuumöfen

#### Projektschwerpunkte:

Entwicklung eines Anlagenkonzeptes zur Integration der Cryo-Behandlung, Durchführung von Versuchswärmebehandlungen

### Dörrenberg Edelstahl GmbH

Dr.-Ing. Christoph Escher  
Hammerweg 7, 51766 Engelskirchen  
Tel.: 02263 79-1, Fax: 02263 79-412  
E-Mail: christoph.escher@doerrenberg.de  
www.doerrenberg.de

#### Branche:

Werkzeugstahlhersteller mit Full-Service für den Werkzeugbau

#### Projektschwerpunkte:

Stahlauswahl und Bereitstellung von herkömmlichen / optimierten Versuchswerkstoffen