

**100**  
**BETRIEBE**  
FÜR  
**RESSOURCEN-  
EFFIZIENZ**  
BADEN-WÜRTTEMBERG

ulrich GmbH & Co. KG  
Ulm

# 100 Betriebe für Ressourceneffizienz

Exzellenzbeispiele in Baden-Württemberg aus allen Teilen der Wirtschaft

**Praxisbeispiel der  
ulrich GmbH & Co. KG**

# Reduzierung des Hartmetallverbrauchs durch Echtzeitregelung

**ulrich GmbH & Co. KG (ulrich medical), Ulm und Schülerforschungszentrum Südwestfalen (SFZ), Bad Saulgau**

Technik/Verfahrenstechnologie:

Zerspanung, Fräsen

Maßnahme:

Verschleißreduzierung des Fräasers bei der zerspanenden Bearbeitung

## Ausgangslage und Zielsetzung

ulrich medical ist unter anderem auf die Entwicklung und Herstellung von Implantaten spezialisiert. Die Implantate werden mittels zerspanender Bearbeitung aus dem Werkstoff Titan, andere Bauteile aus diversen nicht-rostenden Stählen hergestellt. Dabei unterliegt das Belastungsprofil des Fräasers während der Bearbeitung oftmals Schwankungen und der Verschleiß ist hoch. Folglich mussten die Fräser bislang häufig gewechselt werden. Zudem kam es aufgrund von Fräserbrüchen oft zu Produktionsunterbrechungen. Da die Fräser aus teurem Hartmetall bestehen, ist ein hoher Tauschrhythmus ein beachtlicher Kostenfaktor. Hinzu kommt, dass Hartmetallrückstände in Form von Spänen für die Kreislaufwirtschaft ein großes Problem darstellen. Sie führen zu Hartmetalleinschlüssen im neuen, recycelten Rohmaterial, was wiederum zu erneuten Fräserbrüchen und Hartmetallrückständen führt. Deshalb wurde eine längere Nutzungsdauer der Fräser als Ziel gesetzt. Gleichzeitig sollte die Herstellung pro Implantat nicht länger als bisher dauern.

zum Bruch des Werkzeugs führen. Daher wurde nach Möglichkeiten gesucht, den Vorschub optimal anzupassen und dabei zudem immer den Verschleiß des Fräasers zu berücksichtigen.

## Idee

Während des Landesentscheids von Jugend Forscht im März 2015 in Stuttgart wurde zwischen Schülern und Betreuern des Schülerforschungszentrum Südwestfalen (SFZ) gemeinsam mit dem Produktionsleiter von ulrich medical eine Idee geboren: Man nimmt mit Industrie 4.0 ein aktuelles Thema, leitet daraus eine konkrete Problemstellung (wie z. B. cyber-physische Systeme) ab und macht daraus ein großes Gesamtprojekt unter der Überschrift: Zerspanung im Zeitalter von Industrie 4.0. In diesem Gesamtprojekt sollten Schüler des SFZ gemeinsam mit Auszubildenden von ulrich medical systematisch nach Lösungen suchen. Im Juni 2015 nahm das Projekt mit fünf Schülern und vier Auszubildenden dann Fahrt auf. Ziel waren die Entwicklung eines cyber-physischen Systems, mit dessen Daten man den Bediener unterstützen kann, und die Teilnahme am Wettbewerb Jugend Forscht 2016.

## Herausforderung

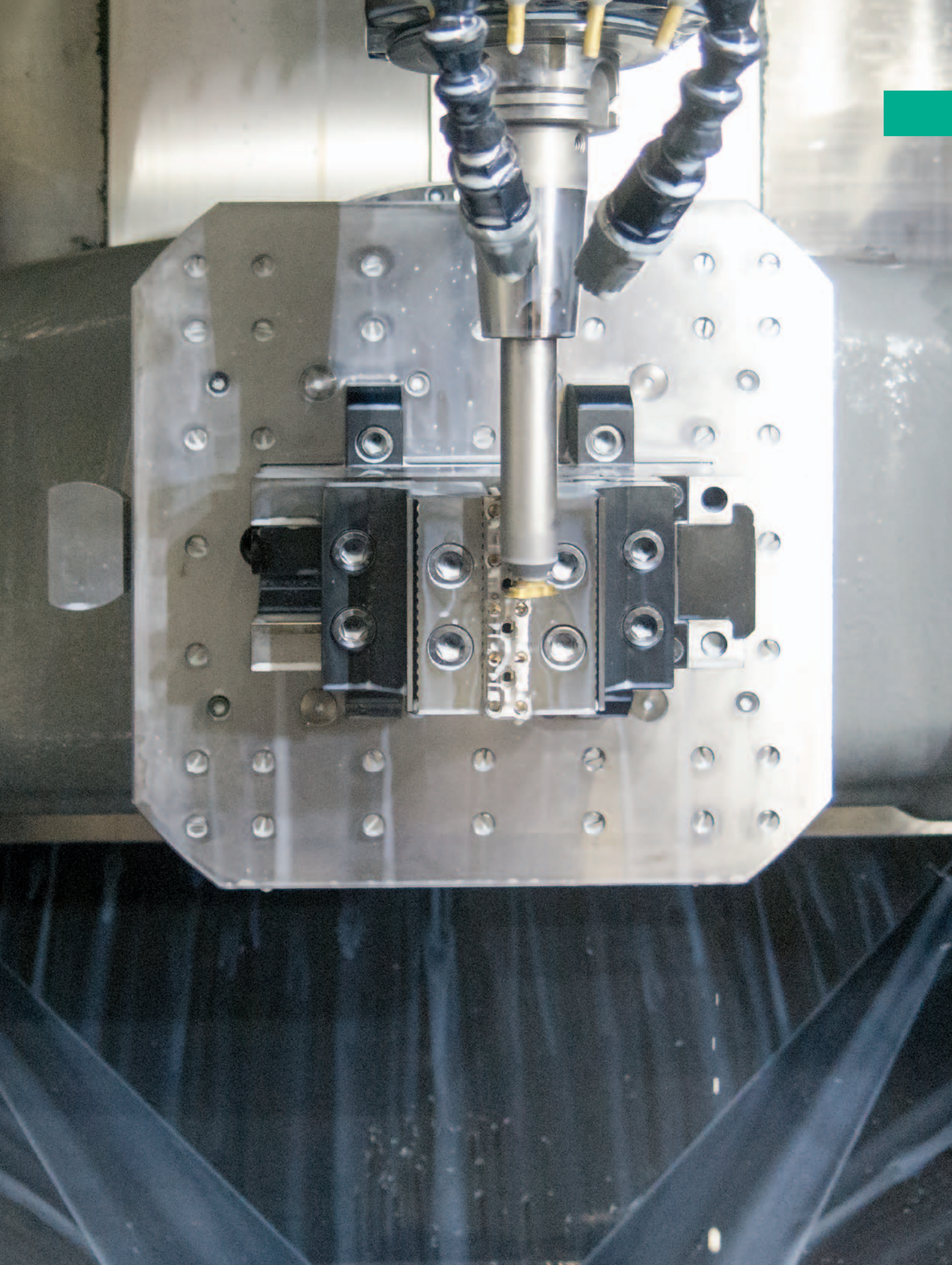
Während der Bearbeitung eines Implantats sind die Kräfte, die auf den Fräser wirken, unterschiedlich stark. Sind sie zu hoch, verkürzt sich die Lebensdauer des Fräasers. Sind sie zu gering, verlängert sich die Bearbeitungszeit unnötig. Prinzipiell kann der Vorschub bei der Bearbeitung an Stellen, an denen geringere Kräfte auftreten, höher gewählt werden und an Stellen, an denen starke Kräfte auftreten, niedriger. Nachteilig ist, dass der aktuelle Verschleiß des Fräasers dabei nicht berücksichtigt wird. Denn je höher die Abnutzung des Fräasers ist, desto höhere Kräfte werden für die Bearbeitung benötigt. Dies kann bis hin

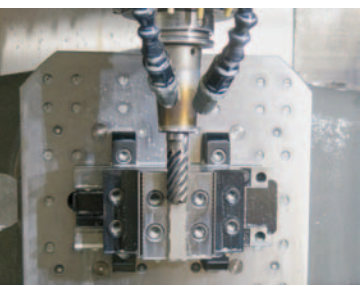
Die ersten Monate waren ernüchternd. Messaufbauten funktionierten nicht wie geplant, die Aufbereitung der Daten war problematisch und die Maschinen reagierten auf Manipulationsversuche nur sehr verzögert. Erst der von Marc Engelhardt, Lukas Bohnacker und Jannik Münz zum Patent angemeldete Messaufbau brachte den Durchbruch und bildete die Basis für das Jugend Forscht-Projekt sowie die jetzt umgesetzte Maschinenregelung.



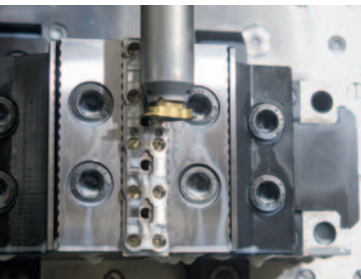
Wirbelkörperersatz-Implantat

Bild rechts: Nutenfräsen einer Wirbelsäulenplatte





Vorschruppen beim Fräsen



Nutenfräsen einer Wirbelsäulenplatte

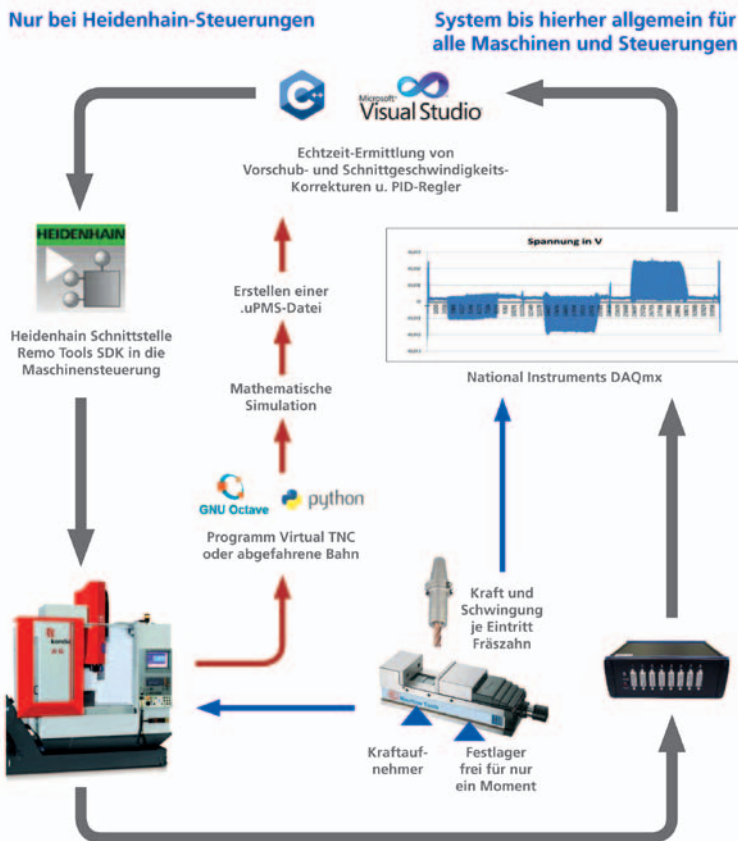
Ziel war ab diesem Zeitpunkt die Entwicklung einer Regelung, mit der sich nicht nur schneller, sondern auch qualitativ hochwertiger und dazu mit deutlich geringerem Fräserverschleiß produzieren lässt. Diese sollte mittels eines cyber-physischen Systems erfolgen, welches die Kräfte misst, die während der Bearbeitung auf den Fräser wirken und die Prozessparameter der Werkzeugmaschine dann entsprechend optimal anpasst.

**Umsetzung**

Mit ausführlichen Messreihen und einer mathematischen Simulation gelang es dem Projektteam, die zu erwartenden Kräfte für den Fräser zu ermitteln. Auf Grundlage dieser Daten konnten die jeweils optimalen Werte für den Vorschub definiert werden. Diese werden als Richtwerte an die Maschinenregelung übergeben. Die Maschinenregelung vergleicht permanent die gemessenen Werte mit den mathematisch vorsimulierten Werten für jeden Prozesspunkt und gleicht über einen programmierten PID-Regler (Proportional-Integral-Derivative Controller) den Vorschub insoweit an, dass die definierten Maximalkräfte nie überschritten werden.

Neben ulrich medical und dem Schülerforschungszentrum Südwürttemberg (SFZ) war auch die Dr. Johannes Heidenhain GmbH beteiligt, da die neue Regelung explizit für Bearbeitungszentren mit Heidenhain iTNC 530 und Heidenhain TNC 640-Steuerungen konzipiert wurde.

Es gelang erstmals, ein echtzeitfähiges System zu entwickeln, das ein Bearbeitungszentrum hochdynamisch ausregeln kann. Gemäß dem Industrie 4.0 Grundgedanken erzeugt ein cyber-physisches System eine große Menge an Daten – in diesem Fall Messsignale von Kräften mit einer Frequenz von 1.500 Hz. Ein sehr schnelles Netzwerk überträgt die Daten an einen Zentralrechner. Dieser macht annähernd in Echtzeit Auswertungen und gibt Regelsignale an die Maschinensteuerung zurück. Bei Maschinen mit drei Achsen erfolgt die Datenübertragung mittels Direktverkabelung, bei Maschinen mit fünf Achsen dagegen mittels Funkübertragung, was die Übertragungszeit minimiert. Dem Bediener der Maschine bietet das System überdies nützliche Zusatzinformationen. So wird er über den Verschleißzustand des Werkzeugs sowie über eventuelle Unregelmäßigkeiten im Werkstoff (z. B. Einschlüsse bei Gussteilen) informiert.



**Einsparungen**

Durch die neue, gezielte Vorsimulation des Zerspanungsprozesses mit anschließender Regelung des Vorschubs konnte der Werkzeugverschleiß um über 80 % reduziert werden. Bei einer Prozessfähigkeitsuntersuchung (MFU) der Titanlegierung TiAl6V4 konnten Standzeiten von 20 Stunden Späneingriffszeit je Zahn erreicht werden, ohne Auswirkungen auf statistische Werte wie  $C_m$  und  $C_{mk}$  des Prozesses. Ohne diese Regelung wird mit den gleichen Zerspanparametern nach ein bis zwei Stunden Späneingriffszeit ein deutlicher Verschleiß sichtbar, der sich auch in den  $C_m$ - und  $C_{mk}$ -Werten des Prozesses widerspiegelt.

Zum Verständnis der monetären Bedeutung lässt sich sagen, dass sintermetallurgisches Hartmetall, das primär aus Wolframcarbid und Cobalt besteht, rund 400 Euro/kg kostet. Zudem ist es in der Herstellung sehr energieintensiv. Je nach Einsatzgebiet, Teilespektrum und Rohmaterialart lassen sich je Bearbeitungszentrum bis zu 40 kg Hartmetall pro Jahr einsparen.

Ein weiterer positiver Aspekt ist die bessere Qualität der Bauteiloberfläche. Durch die Ausregelung lässt sich beim repräsentativen Musterteil die durchschnittliche Rauhtiefe  $R_z$  trotz des deutlich längeren Einsatzes des Werkzeuges von  $R_{z4}$  auf  $R_{z3}$  reduzieren.

Hinzu kommt eine Einsparung bei der Herstellzeit, die allerdings je nach Verschleiß des Fräasers pro Implantat unterschiedlich hoch ausfällt. Beim repräsentativen Musterteil veränderte sich die Herstellzeit trotz längerer Werkzeugstandzeit und besserer Oberflächen-güte von 74 auf durchschnittlich 67 Sekunden.

### Lernziel

Das Projekt ermöglichte detaillierte Einblicke in die Steuerung und Regelung von Werkzeugmaschinen und vertiefte das Verständnis für Mess-Sensorik. Die anfänglichen Schwierigkeiten bei der Messung der Kräfteinwirkung auf den Fräser konnten durch den neuen patentierten Messaufbau erfolgreich behoben werden. Das entwickelte Verfahren wird nun nach und nach an allen Produktionsmaschinen implementiert. Mittelfristig soll das System derart weiterentwickelt werden, dass es von allen zerspanenden Bearbeitungszentren genutzt werden kann. Da das System ohne Kontrollschnitt auskommt, wird es in anderen Branchen wie z. B. dem Formenbau noch zu viel größeren Einsparungen führen.

### Unternehmen

Als international agierendes, mittelständisches Familienunternehmen blickt ulrich medical auf über 100 Jahre erfolgreicher Unternehmensgeschichte zurück. Mit den Produktbereichen Wirbelsäulenimplantate, Kontrastmittel-injektoren sowie Chirurgische Instrumente, Fußchirurgie und Blutsperrgeräte bietet der Medizintechnikhersteller ein umfassendes Portfolio innovativer Produkte. Als einer der wenigen in der Branche entwickelt und produziert das Unternehmen in Deutschland und setzt dabei auf modernste Fertigungstechnologien. Am Hauptsitz in Ulm arbeiten über 300 Mitarbeiter. Als inhabergeführtes Unter-



Maschinenbediener am Bearbeitungszentrum

nehmen legt ulrich medical besonderen Wert auf eine langfristige, nachhaltige Unternehmensentwicklung und ist daher stolz auf sein kontinuierliches, gesundes Wachstum.

### Das Schülerforschungszentrum Südwürttemberg (SFZ)

Die Förderung des MINT-Nachwuchses (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) hat in Südwürttemberg eine fast 40-jährige Geschichte. Rudolf Lehn, ehemaliger Leiter des SFZ-Südwürttemberg, förderte seit Beginn seiner Schullehrerlaufbahn im Jahre 1977 Schüler mit besonderem Interesse an Physik außerhalb des normalen Unterrichts. Nach vielen Erfolgen entwickelte sich über mehrere Zwischenstufen hieraus im Jahr 1999 das Schülerforschungszentrum Südwürttemberg. Inzwischen hat das SFZ acht Standorte und über 500 Schülerinnen und Schüler forschen und entwickeln in den Labors und Werkstätten des SFZ zu allen möglichen Themen rund um Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik. Organisiert ist das SFZ als gemeinnütziger Verein in dem neben der Wirtschaft auch das Land Baden-Württemberg, die Kommunen und Landkreise sowie zahlreiche ehrenamtliche Privatpersonen engagiert sind. Inzwischen wurde dieses Konzept schon mehrmals kopiert, da unzählige Preise bei nationalen und internationalen Wettbewerben den Erfolg dieser Arbeit dokumentieren.



Firmensitz in Ulm



**ulrich GmbH & Co. KG**  
**(ulrich medical)**  
 Buchbrunnenweg 12  
 D-89081 Ulm  
[www.ulrichmedical.com](http://www.ulrichmedical.com)  
 Dieter Münz  
[d.muenz@ulrichmedical.com](mailto:d.muenz@ulrichmedical.com)



**Schülerforschungszentrum**  
**Südwürttemberg (SFZ)**  
 Klösterle 1  
 D-88348 Bad Saulgau  
[www.sfz-bw.de](http://www.sfz-bw.de)  
 Tobias Beck  
[info@sfz-bw.de](mailto:info@sfz-bw.de)

Das Projekt „100 Betriebe für Ressourceneffizienz“ wurde 2013 von der Allianz für mehr Ressourceneffizienz zwischen den führenden Wirtschaftsverbänden des Landes Baden-Württemberg und der Landesregierung initiiert. Zu der Allianz gehören das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, der Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e.V. (LVI), der Baden-Württembergische Industrie- und Handelskammertag e. V. (BWIHK), der Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Landesverband Baden-Württemberg, der Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbauer Baden-Württemberg (VDMA) und der Zentralverband Elektrotechnik und Elektroindustrie (ZVEI), Landesstelle Baden-Württemberg.

Das Projekt wird gemeinsam vom Institut für Industrial Ecology (INEC) an der Hochschule Pforzheim, der Landesagentur Umwelttechnik BW und dem Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart durchgeführt. Die präsentierten Beispiele wurden sorgfältig geprüft und von einer Jury aus Mitgliedern der beteiligten Allianzpartner ausgewählt.

Die Initiative soll aufzeigen, wie Ressourceneffizienz konkret umgesetzt werden kann und welcher Nutzen damit verbunden ist. Sie wird die bisherigen Aktivitäten zur Ressourceneffizienz im Land mit konkreten, vorzeigbaren Ergebnissen unterstützen und auf die operative Handlungsebene bringen. Damit sollen weitere Unternehmen zum Mitmachen gewonnen werden.

Die 100 Exzellenzbeispiele sollen über Baden-Württemberg hinaus Strahlkraft entfalten und die Leistungsfähigkeit der einheimischen Wirtschaft unterstreichen. Ziel ist es, die Exzellenzbeispiele repräsentativ, öffentlichkeitswirksam und beispielgebend hervorzuheben und darzustellen.

**Weitere Informationen über das Projekt:**

[www.100betriebe.pure-bw.de](http://www.100betriebe.pure-bw.de)

**Kontakt zum Projektteam:**

Prof. Dr. Mario Schmidt,  
E-Mail: [mario.schmidt@hs-pforzheim.de](mailto:mario.schmidt@hs-pforzheim.de)

Dr.-Ing. Hannes Spieth,  
E-Mail: [hannes.spieth@umwelttechnik-bw.de](mailto:hannes.spieth@umwelttechnik-bw.de)

**Die Seiten sind ein Auszug aus dem Buch**

Mario Schmidt, Hannes Spieth, Joa Bauer, Christian Haubach: 100 Betriebe für Ressourceneffizienz, Band 1 - Praxisbeispiele aus der produzierenden Wirtschaft. Verlag Springer Spektrum 2017.

[www.springer.com/de/book/9783662533666](http://www.springer.com/de/book/9783662533666)

Die Arbeiten zu diesem Projekt wurden im Rahmen des Forschungsprojektes FZK L75 14008-10 mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gefördert.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT