

*Warum eine ganze Welle verschleißfest produzieren, wenn sie es nur an einer Stelle sein muss und der verschleißfeste Werkstoff sehr teuer, selten oder schwer ist?*

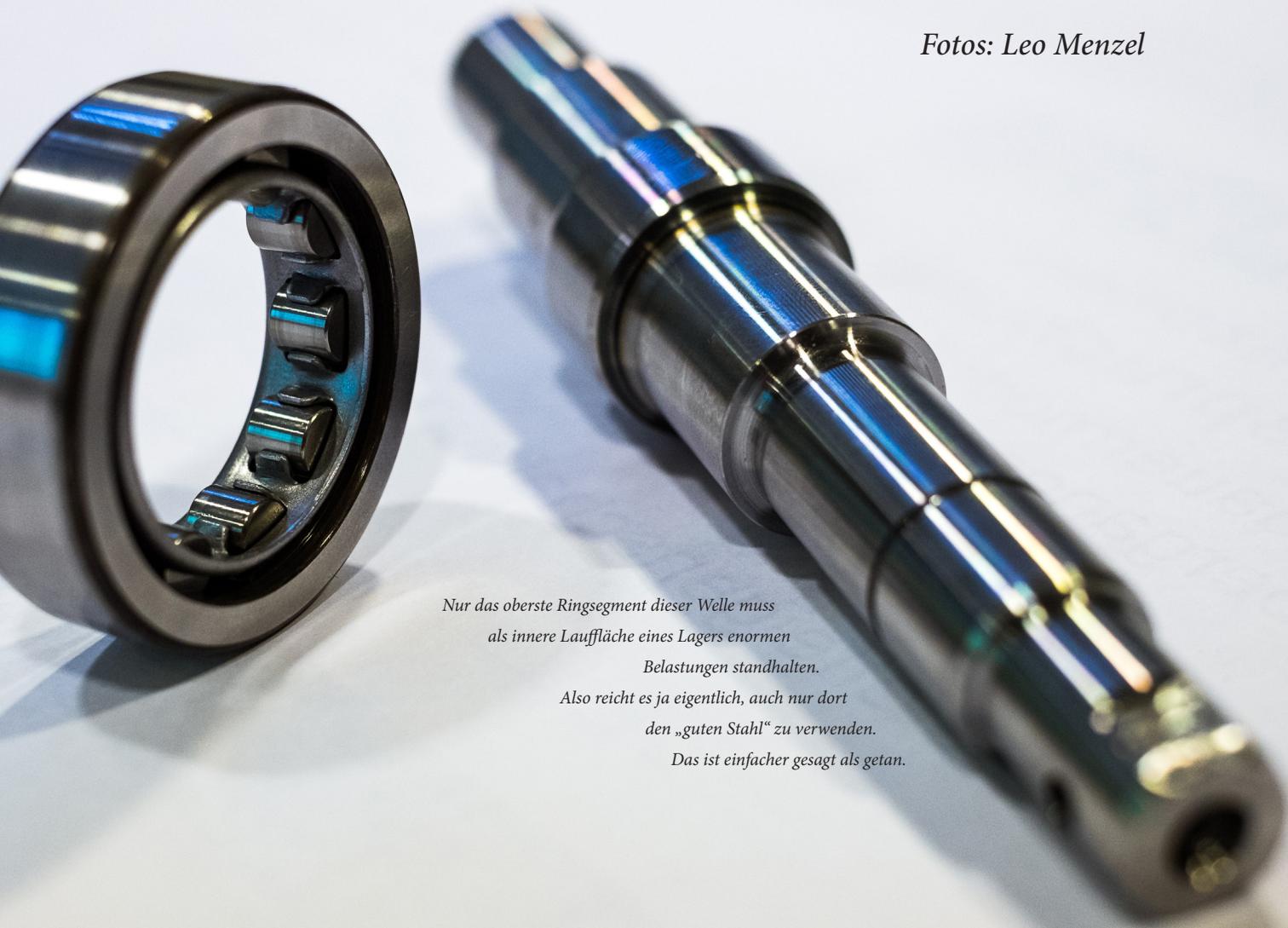
*Noch heißt die Antwort: Weil es unmöglich ist, ein solches Hochleistungsbauteil aus zwei verschiedenen Werkstoffen zu fügen und dann umzuformen.*

*Der Sonderforschungsbereich „Tailored Forming“ arbeitet aber seit Sommer 2015 daran, das Unmögliche möglich zu machen. Er ist am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen angesiedelt, beteiligt sind zehn Institute.*

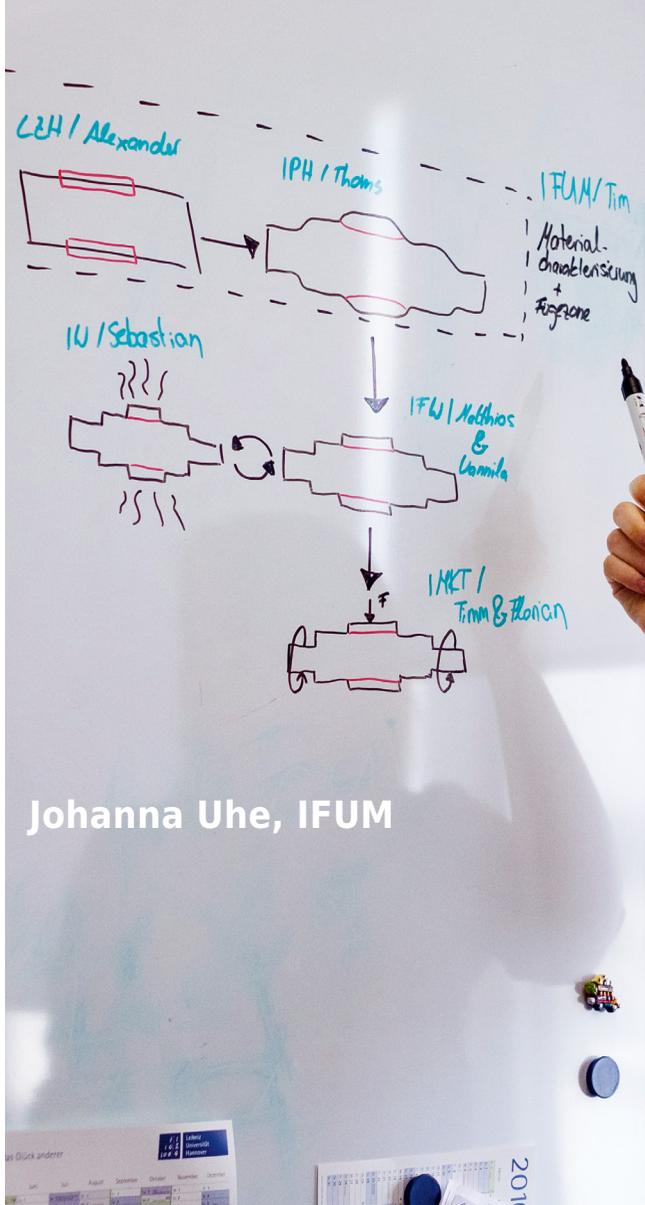
*Eine Geschichte über Teamarbeit – und einen Demonstrator namens „Welle 1“.*

# Wir machen die Welle!

*Fotos: Leo Menzel*



*Nur das oberste Ringsegment dieser Welle muss  
als innere Lauffläche eines Lagers enormen  
Belastungen standhalten.  
Also reicht es ja eigentlich, auch nur dort  
den „guten Stahl“ zu verwenden.  
Das ist einfacher gesagt als getan.*



Johanna Uhe, IFUM



## 1 Johanna Uhe hat alles im Blick

Das Werk wiegt fast zwei Kilo. Der Antrag zum Sonderforschungsbereich 1153 „Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming“ hat Gewicht, kein Wunder: Er skizziert einen ganz neuen Prozessansatz, beschreibt die Arbeitspakete von 14 verschiedenen Teilprojekten mit insgesamt 40 wissenschaftlichen Mitarbeitern und benennt die Wege, auf denen alle Teilergebnisse im Verlauf von zunächst vier Jahren zusammenfinden zum großen Ganzen.

Die Frau, die im Blick hat, wo der SFB steht, wo etwas gelingt, wo gerade Aufmerksamkeit gebraucht wird und vor allem: wie die vielen Beteiligten auch bei Unvorhersehbarem – das in der Grundlagenforschung zwangsläufig auftritt – Hand in Hand zusammenarbeiten, ist Johanna Uhe. Seit dem 1. Januar 2017 ist

die Diplom-Ingenieurin Teil der SFB-Geschäftsführung. Zuvor hatte sie im Teilprojekt „Verbundstrangpressen“ mitgearbeitet und war Doktorandensprecherin. Besonders wichtig sind ihr die AGs: Diese Arbeitsgemeinschaften liegen quer zu den Teilprojekten und dienen der projektübergreifenden Zusammenarbeit. Was das bedeutet, lässt sich exemplarisch an der „Welle 1“ der „AG Demonstratoren“ zeigen, in die die Einrichtungen aufeinander aufbauend ihre Ergebnisse einbringen. „Wenn jemand nicht weiterkommt, dann geht die Frage an alle Beteiligten“, sagt Uhe, „denn im Prinzip stehen alle vor der gleichen Herausforderung: Sie haben es mit der Kombination von zwei verschiedenen Materialien zu tun.“ Sie hat in den ersten Monaten die Erfahrung gemacht: „Das läuft gut“.



**Alexander Barroi, LZH**

*Aus diesem Stahlzylinder wird an den Stationen „Laserauftragsschweißen“ (Bild rechts), „Querkeilwalzen“, „spanende Bearbeitung“ und „Härten“ Schritt für Schritt ein „Welle-1-Demonstrator“ entstehen. Parallel dazu werden Prozessbedingungen für gute Eigenspannungen untersucht und Materialeigenschaften charakterisiert. Am Ende wird die Welle schließlich nach allen Regeln der Wissenschaft auf ihre Verschleißfestigkeit geprüft.*

## **Sonderforschungsbereich 1153:** Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming

Im Juli 2015 ist der SFB in seine erste Förderphase gestartet. Jeweils für vier Jahre bewilligt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) die Mittel für ein solches großes Grundlagenforschungsprojekt; zwei Verlängerungen sind möglich. Die rund 40 wissenschaftlichen Mitarbeiter aus zehn Instituten der Leibniz Universität Hannover, des Laser Zentrums Hannover und des Instituts für Integrierte Produktion Hannover wollen erforschen, wie sich massive hybride Hochleistungsbauteile – zunächst in der Kombination Stahl/Stahl und

Stahl/Aluminium – optimal an ihre jeweiligen Anforderungen so anpassen lassen, dass Werkstoffe ressourcenschonend eingesetzt werden und die Bauteile insgesamt möglichst gewichtssparend ausgelegt werden können.

Der Sprecher des Sonderforschungsbereichs ist Professor Bernd-Arno Behrens, der Leiter des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) am PZH. Zum Geschäftsführungsteam gehören Oberingenieur Dr.-Ing. habil. Anas Bouguecha und Johanna Uhe.

## 2 Alexander Barroi trägt auf

Für Alexander Barroi vom Laser Zentrum Hannover (LZH) stellt sich die Ausgangslage noch übersichtlich dar. Er hat einen Karton mit Stahlzylindern vor sich, die auf den ersten Schritt auf ihrem Weg zur Hochleistungsdemonstratorwelle 1 warten: den Auftrag eines hochwertigeren, verschleißfesteren Stahls. Dieser Stahl muss einmal rund um den Zylinder aufgeschweißt werden, genau dort, wo die Welle später besonders beansprucht wird.

Hier beginnen die Varianten, Alexander Barroi stellt sie vor: „Wir haben zwei Verfahren beim Laserauftragsschweißen: das Laserdrahtauftragsschweißen und das laserunterstützte Lichtbogenauftragsschweißen. Letzteres ist schneller, ersteres ist präziser.“ Auch die Form des Auftrags kann so oder so ausfallen: „Wir wollen zum Beispiel herausfinden, wie dick die Schicht sein muss, ob auch zwei einzelne Streifen vielleicht schon reichen und sie beim anschließenden Umformprozess zu einer Schicht werden. Wir gehen ohnehin davon aus, dass ein hoher Umformgrad gut ist fürs Materialgefüge.“ Ziemlich sicher ist, dass eine größere Vermischung der beiden Werkstoffe beim Auftragsschweißen nicht so gut ist, weil der bessere Werkstoff dadurch verunreinigt wird. „Trotzdem wollen wir das gezielt variieren, um zu gucken, welche Materialgradienten für den Umformprozess am besten sind.“

Viele Parameter, viele offene Fragen. Denn sobald zwei verschiedene Werkstoffe aufeinandertreffen, mit ihren unterschiedlichen Fließigenschaften etwa, wird alles zu Neuland. Auch Simulationen können da nicht schnell mal das Ergebnis vorwegnehmen. Und die Parameter, die Barroi variiert, sind

längst nicht das Ende der Fahnenstange: Das Laserauftragsschweißen, das bei diesem Demonstrator zum Einsatz kommt, ist im SFB nur ein Verfahren von vielen, um Halbzeuge aus zwei Werkstoffen zu fügen. Da ist intensive Zusammenarbeit mit den Kollegen erforderlich - und immer wieder die Rückmeldung, was sich im nächsten Schritt und bei der Materialcharakterisierung als sinnvoll herausstellt.

Der Elektrotechnik-Ingenieur, der seit zehn Jahren am LZH



forscht und bereits am Antrag des SFB mitgewirkt hat, schätzt diesen engen Austausch: „Die Institute rücken zusammen, das ist für uns als Nicht-Uni-Institut natürlich ungeheuer hilfreich: Man hat neue Ansprechpartner und es bilden sich Netzwerke. Auch die Hilfsbereitschaft untereinander ist wirklich groß. Da entstehen manchmal sogar Ideen zu neuen Projekten ganz zufällig.“

## 3 Thoms Blohm übernimmt zum Querkeilwalzen

Der Weg vom Laser Zentrum Hannover zum Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) ist nicht weit: Die Gebäude teilen sich einen Parkplatz. Sie sind der Kern des Wissenschaftsparks Marienwerder, ganz im Westen von Hannover. Am IPH soll die Welle 1 umgeformt werden. Auch dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine spezielle ist das Querkeilwalzen. Als klar war, dass eine der untersuchten Umformoptionen im SFB das Querkeilwalzen sein sollte, ein besonderer Schwerpunkt des IPH, stand auch schnell fest, dass Thoms Blohm in diesem SFB-Teilprojekt mitarbeiten würde. Blohm hat zwar während seines Maschinenbau-Studiums in

Hannover Biomedizintechnik und Energietechnik vertieft, ist seit seiner Diplomarbeit 2013 am IPH aber Experte fürs Querkeilwalzen. Auch er hat bereits in der Antragsphase des SFB mitgewirkt. „Ich konnte schon da die Zusammenarbeit mit den anderen planen. Wir haben beispielsweise gemeinsam überlegt, welche Durchmesser die Werkstücke haben können. Beim Walzen sind andere Querschnitte möglich als beim Massivumformen, das im IFUM gemacht wird.“

Die Zusammenarbeit zwischen IFUM und IPH ist rein organisatorisch ohnehin eng, denn Professor Bernd-Arno Behrens, Sprecher des Sonderforschungsbereichs, ist nicht nur

## Thoms Blohm, IPH



*Thoms Blohm zeigt im IPH einen Zylinder, wie er vom LZH kommt (hinten), gut sichtbar mit aufgeschweißten Materialringen, und einen zweiten nach dem Querkeilwalzen, der allerdings noch nicht zur Welle-1-Serie gehört, gut erkennbar an der Verjüngung in der Mitte.*

Leiter des IFUM, sondern auch Vorstandsmitglied des IPH und dort mit dem Bereich Umformung assoziiert. Aber auch mit dem Institut für Werkstoffkunde gab es schon im Vorfeld einen engen Austausch: „Wir haben festgestellt, dass dort eine Induktionsanlage angeschafft werden sollte – genau wie bei uns. Jetzt

nutzen wir gemeinsam die neue Anlage des IW, in der auch unsere Parameter berücksichtigt werden“ (siehe Seite 36). Was genau passiert beim Querkeilwalzen mit der Wellenform aus dem Laser Zentrum, die ungefähr in ihrer Mitte nun den „besseren“ Stahl aufgeschweißt hat?

Beim klassischen Gesenkschmieden wird das rotglühende Werkstück in der Umformpresse durch das sich von oben herabsenkende Werkzeug in die gewünschte Form gepresst. Beim Querkeilwalzen, das nur bei rotationssymmetrischen Teilen funktioniert, wird das heiße Werkstück dagegen durch zwei flache Werkzeuge – die Flachbacken –, die sich gegeneinander bewegen, in die gewünschte Form gewalzt. Grundsätzlicher Vorteil dieses Vorgehens: Der Grat fällt deutlich kleiner aus.

Um die Flachbacken so zu konstruieren, dass aus der aufgeschweißten Welle-1-Vorform durch das Querkeilwalzen das Gewünschte entsteht – also eine Welle gemäß vorgegebener Geometrie und mit guten Eigenschaften in der Fügezone – braucht Blohm die Vorgaben aus dem Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie, IMKT und eine Simulation des Stoffflusses beim Walzen. Das IMKT, das die Welle später auch auf Verschleißfestigkeit prüfen wird (Seite 40) definiert unter anderem die genaue Position des späteren Lagersitzes. Und die Simulation? „Das Simulationsprogramm weiß ja auch nicht,

was in der Fügezone passiert, aber simulieren müssen wir trotzdem. Wir machen, durchaus auch mit dem Support der Simulationsprogramm-Anbieter, einige legitime Annahmen, zum Beispiel „es klebt“. Und mittlerweile sieht das ganz gut aus, die Simulation und die ersten Walz-Ergebnisse passen gut zusammen.“



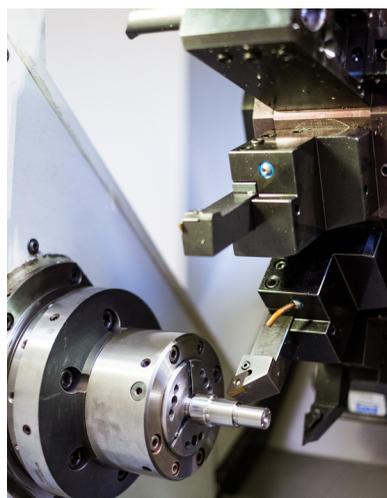
*Zwischen dieser und einer zweiten Flachbacke wird aus dem Zylinder mit aufgeschweißtem Ring fast schon eine Welle gewalzt.*

Das bedeutet: Die Flachbacken haben die richtige Form und die Halbzeuge sehen, wenn sie hindurch gewalzt wurden, aus wie in der Simulation. Der Prozess funktioniert, soviel ist jetzt sicher. Wie es aber innen aussieht, wie gut die Fügezone sein wird: Das müssen die Kollegen ohnehin im weiteren Verlauf zeigen.

Thoms Blohm hat noch mehr für den SFB zu tun: Neben diesen Demonstratorwellen wird er eine weitere Welle querkeilwalzen, eine serielle aus Stahl und Aluminium. „Das ist noch mal eine ganz andere Herausforderung. Wenn ich Alu bei 450 Grad umforme, dann ist das für den Stahl im Prinzip ja eine Kaltumformung. Das trotzdem hinzukriegen ist eine echte Aufgabe.“

## 4 Matthias Witt hebt ab

Wie kann man die verschiedenen Werkstoffe gemeinsam optimal zerspanen? Mit dieser Frage beschäftigt sich Matthias Witt vom Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, IFW. Je nach Werkstoffeigenschaften müssen die Parameter für die Zerspanung, etwa die Schnittgeschwindigkeit, unterschiedlich eingestellt werden. Matthias Witt möchte, dass die Werkzeugmaschine selbst erkennt, in welchem Werkstoff sie sich gerade befindet, und ihre Parameter entsprechend anpasst: „Das gibt es bisher noch nicht, aber es gibt auch noch keine hybriden Werkstücke.“ Drehen, Fräsen, Bohren, das sind die Prozesse, die für die hybriden Bauteile neu ausgelegt werden müssen. Dabei ist für Witt die



*Wenn die Welle 1 aus dem Bearbeitungszentrum kommt, sieht sie erstmals aus wie eine Welle: konturiert und glatt.*

Werkstoffkombination Stahl-Stahl die anspruchsvollere, denn ein Unterschied ist zwar da, aber von der Maschine sehr viel schwerer zu detektieren. Vielleicht kann man ihn sogar vernachlässigen. „Möglicherweise – aber das müssen wir noch herausfinden.“ Beim Stahl-Aluminium-Übergang gibt es dagegen einen deutlichen Eigenschaftensprung. Der macht es sehr einfach, diesen Übergang zu registrieren. Er hinterlässt andererseits aber auch eine deutliche Spur auf der Oberfläche. Wie man die verhindern kann, ist eine weitere Frage, die Witt versucht zu beantworten. Witt hat einen besonderen Bezug zum Sonderforschungsbereich: „Der Tag meines Vorstellungsgesprächs hier am IFW war der Tag, an dem auch der SFB bewilligt



**Matthias Witt, IFW**

wurde.“ Neu war er am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen allerdings nicht. Er war schon während seines Maschinenbaustudiums studentischer Mitarbeiter und übers IFW bereits für einen Studienaufenthalt in Vancouver. Dass er in diesem SFB-Projekt mitarbeiten kann, ist für ihn ein doppelter Glücksgriff: Neben dem Thema ist es die garantierte Laufzeit von vier Jahren. Genug Zeit also, um ausreichend Erkenntnisse für eine Dissertation zu sammeln. Besonders wichtig ist dabei auch die Zusammenarbeit mit seiner IFW-Kollegin: Vannila Prasanthan untersucht die Möglichkeiten, gute Eigenspannungen in die hybriden Bauteile einzubringen (Seite 38). Ihre Ergebnisse werden Witt vorgeben, welche Parameter der Bearbeitungsprozesse er entsprechend anpassen muss.

Zurzeit arbeitet der Maschinentechologe aber noch daran zu klären, mit welchen Verfahren die Bearbeitungszentren den Materialübergang Stahl-Stahl am besten erkennen. Braucht er dafür spezielle externe Sensoren, wie sie im zweiten am PZH angesiedelten SFB „Gentelligente Bauteile“ entwickelt wurden, oder reichen vielleicht schon einige Prozessdaten, um ihn zu detektieren?

*Was interessiert einen Maschinentechologen wie Matthias Witt an hybriden Bauteilen? Werkstoffübergänge und wie man sie kompensiert, entsprechende Prozessauslegung und -überwachung und „viele spannende Forschungsfragen!“*

## 5 Sebastian Herbst sorgt für Härte

Am Institut für Werkstoffkunde zeigt Sebastian Herbst nicht nur sehr eindrucksvoll, wie die Welle 1 an der Position des späteren Lagersitzes gehärtet wird, er erklärt auch noch sehr verständlich, was das eigentlich ist: Härte. Zuerst die Show: In einem kleinen Extraraum im Versuchsfeld des IW steht ein neues Gerät, das für seinen Wert von etwa 80.000 Euro zunächst sehr unspektakulär aussieht. Tatsächlich handelt es sich um die Induktionsanlage, die das IPH mitnutzt: Die Anlage schickt einen elektrischen Wechselstrom durch eine Spule, der innerhalb dieser Spule ein magnetisches Wechselfeld erzeugt. Dieses wiederum induziert in der Welle, wenn sie in diesem Feld platziert ist, große Wirbelströme. Sie erhitzen den äußeren Ring der Welle so stark, dass er augenblicklich rot

glüht. Sebastian Herbst hat für die Größenordnungen dieser Energiewandlung einen anschaulichen Vergleich: „Man könnte stark vereinfacht sagen, dass die Leistung eines Kompakt- oder Mittelklassewagens dazu genutzt wird, das Volumen eines kleinen Spielwürfels in einer halben Sekunde von Raumtemperatur auf über 1150 Grad Celsius zu erhitzen.“

Anschließend wird der glühende Abschnitt der Welle in ein Sprayfeld gefahren, in dem es von einem Luft-Wasser-Gemisch schnell abgekühlt wird. Das Ziel dieses Vorgehens ist es, den Ring außen sehr hart zu bekommen, das Innere aber duktil zu behalten – damit außen die Verschleißfestigkeit hoch ist, die Welle aber auch Schläge abfangen kann. Der Maschinenbau-Ingenieur Herbst, der seit 2012 am Institut für Werkstoffkunde

**Sebastian Herbst, IW**



*Oben: Wenn der Querschnitt der Welle sandgestrahlt wird, erkennt man die gehärtete äußere Schicht: Sie ist heller, weil dort weniger Partikel herausgestrahlt wurden. Links unten: induzierte Wirbelstrome erwärmen die äußere Schicht der Welle. Rechts unten: Kalte Dusche im Sprayfeld.*



**Vannila Prasanthan, IFW**



*Vannila Prasanthan untersucht die Eigenspannungen der Demonstratoren und stellt Bearbeitungsparameter für „gute“ Eigenspannungen zusammen. In der Welle 1 lassen sie sich allerdings nur messen, nicht gezielt beeinflussen, dafür ist der Materialübergang, um den es geht, zu tief innen.*

arbeitet, hat vor diesem SFB-Projekt unter anderem an Forschungsvorhaben mitgewirkt, die die Wärmebehandlung direkt in den Schmiedeprozess integriert haben, um Zeit und vor allem Energie zu sparen.

„Bei Temperaturen von über 1100 Grad“, erklärt er den aktuellen Welle-1-Arbeitsschritt, „löst sich 100 mal mehr Kohlenstoff auf Zwischengitterplätzen im Metallgitter des Eisens. Bei niedrigeren Temperaturen müsste er wieder aus dem Gitter heraus. Weil wir aber sofort abgekühlt haben, kann der Kohlenstoff nicht aus dem Eisengitter diffundieren. Er bleibt an Stellen, an die er nicht gehört, und verspannt das Gitter.“ Es entsteht sogenannter Martensit, der eine sehr hohe Härte besitzt. Diese Härte dient als Verschleißschutz, und man kann sie sogar sichtbar machen: Herbst zeigt den Querschnitt einer gehärteten Vorversuchswelle. Er wurde sandgestrahlt. Ganz oben an den Kanten glänzt ein schmaler Streifen heller als der Rest des Querschnitts. Das ist die gehärtete Schicht, deren Oberfläche durch den Sandstrahl weniger stark aufgeraut wurde.“

Die Welle 1 mit ihrer Werkstoffkombination Stahl-Stahl ist aus Sebastian Herbsts „Wärmebehandler“-Sicht weniger eine wissenschaftliche als eine technische Herausforderung. „Es ist schon interessant zu untersuchen, wie sich das Auftragserschweißen auf die Härteeigenschaften auswirkt, die das Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie dann misst. Die echte Herausforderung aber ist die Verbindung von Stahl-Alu“. Diese Kombination induktiv zu härten sei nach seiner Kenntnis noch nie erfolgreich versucht worden. „Da gibt es diverse werkstoffliche Probleme an den Übergängen. Stahl-Alu ist nicht ohne ...“ Am interessantesten findet er die Idee einer hybriden Welle, die links und rechts vom Lagersitz aus Alu besteht. Mit ihr könnte man enorm Gewicht sparen, bis zu einem Faktor 2,8. – denn das ist der Dichteunterschied zwischen Eisen und Aluminium.

Auch Herbst schätzt die Zusammenarbeit. „Wir haben eine Prozesskette, die uns zur Zusammenarbeit erzieht. Das ist sehr gut. Wir können uns hier zwar für Vorversuche selbst eine Welle drehen, aber bei den echten Prozessen bin ich auf alle vor mir angewiesen, und alle nach mir sind auf mich angewiesen.“

## 6 Vannila Prasanthan erzeugt Spannungen

Ihr Aussehen ändert die Welle 1 nun nicht mehr. Ab jetzt geht es, flapsig gesagt, darum, sie besser kennenzulernen und zu ermitteln, welche Prozessvarianten zu einer Lebensdauererhöhung und welche zu einem frühzeitigen Versagen führen. Die Ergebnisse der Untersuchungen fließen zurück in den Prozess und helfen, optimale Parameter zu identifizieren und klare Aussagen treffen zu können, auf welchen Wegen hybride Hochleistungsbauteile mittelfristig realisierbar sind.

Vannila Prasanthan arbeitet, wie Matthias Witt, am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen. Ihr Feld ist die Analytik. Sie sorgt dafür, dass Bauteile „gute“ Eigenspannungen aufweisen: „Druckeigenspannungen machen den Verbund stärker und erhöhen – bei einer Zug- oder Wechselbeanspruchung – die Lebensdauer. Deshalb möchten wir sie gern im Bauteil haben.“ Eigenspannungen werden bei der Fertigung durch mechanische und thermische Beanspruchungen hervorgerufen, die man durch die geschickte Wahl von Prozessstellgrößen wie Vorschub, Schnitttiefe und Schneidkantengeometrie entsprechend beeinflussen kann. „Da kommen ziemlich viele mögliche Variablen zusammen“, sagt Prasanthan, „die dann ja noch auf die Vielfalt der SFB-Demonstratoren treffen.“

Aktuell beschäftigt sie sich mit Voruntersuchungen, um daraus Empfehlungen für die Prozessparameter abzuleiten. „Wir wollen ja die Eigenspannungen im Materialübergangsbereich

einstellen und untersuchen. Einstellen kann man sie allerdings nur, wenn die Materialien sequenziell angeordnet sind.“ Mit anderen Worten: Die Eigenspannungen der Welle 1, die ja einen coaxialen Stahl-Stahl-Werkstoffübergang hat, also von innen nach außen, lassen sich wohl messen, nicht aber gezielt einstellen; der Übergang ist zu tief im Werkstoffinneren, um ihn durch die spanende Bearbeitung kontrolliert zu beeinflussen.

Prasanthan, die schon während ihres Maschinenbaustudiums am IFW mitgearbeitet hat, erweitert eine bestehende Methode für die Eigen Spannungsmessung, in der sie großes Potenzial sieht. Bislang werden Eigenspannungen damit über die Beugung von Röntgenstrahlung einer bestimmten Wellenlänge gemessen. Sie nutzt das gesamte Röntgenspektrum und kann damit bis in eine Tiefe von etwa 45 Mikrometern Eigenspannungen messen – vorher waren es höchstens fünf Mikrometer.

Noch arbeitet sie hauptsächlich mit Sebastian Herbst vom Härten und den beiden Kollegen vom Prüfstand im IMKT zusammen, mit denen sie ihre Schritte eng abstimmt, und natürlich mit Matthias Witt, der ihre Daten für seine Arbeit übernimmt. Mit jeder neuen Demonstratorvariante, mit jeder neuen Erkenntnis weitet sich die Zusammenarbeit ein bisschen mehr aus.

## 7 Timm Coors und Florian Pape berechnen und prüfen



**Timm Coors, Florian Pape,  
IMKT**

*Timm Coors (oben links) baut Welle mit Wälzlager in die Vorrichtung ein, mit der sie im Prüfstand (unten links) getestet wird. Mit dem Perthometer (unten rechts) werden Rauheit und Krümmung gemessen.*

Ihren weitesten Weg legt die Welle 1 zurück, wenn es zu Timm Coors und Florian Pape geht. Ihr Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie liegt direkt am Welfenschloss am zentralen Universitätsstandort. Die beiden Wissenschaftler sind dennoch gut mit ihren Kollegen vernetzt: Pape hat im PZH zum Thema Mikrotribologie promoviert und anschließend zwei Jahre im LZH im Bereich Oberflächentechnik gearbeitet. Coors, der seit 2012 am IMKT mitarbeitet und im Dezember 2016 dort als Wissenschaftlicher Mitarbeiter angefangen und das SFB-Projekt übernommen hat, gehörte während seines Maschinenbau-Studiums lange zum Formula-Student-Team „Horse Power“ der Leibniz Universität.

Florian Pape hatte schon vor dem ersten Schritt Vorgaben für die Welle gemacht, etwa für die Position der wälzbeanspruchten Zone. Jetzt, am Ende ihres Weges, schiebt Coors ein Standard-Wälzlager ohne innere Lauffläche auf die Welle. Es muss natürlich genau auf der Zone mit dem „besseren“, verschleißfesteren Stahl liegen. Während sie oben in den Büros an der zentralen Aufgabe arbeiten, das bestehende Ermüdungslebensdauermodell auf hybride Bauteile zu erweitern und Belastungen zu simulieren, etwa um zu klären, wie sich die Lebensdauer in Abhängigkeit von Randzoneigenschaften verändert, wird im Keller ergänzend geprüft und gemessen: Mehrere hundert Stunden verbringt die Welle mit Wälzlager meist im Prüfstand, der die Wälzfestigkeit unter den Bedingungen eines realen Einsatzes simuliert – inklusive Umlaufbiegung und Torsionsbeanspruchung. Im Labor nebenan wird unter anderem die Rauheit der Oberfläche gemessen. Pape erläutert das Ziel: „Wir wollen mit Hilfe von Bauteilversuchen und Simulationen abgleichen, wie sich hybride Bauteile von Bauteilen aus einem einzigen Werkstoff unterscheiden“. Noch laufen auch hier die Vorversuche – was sich bereits bewährt hat, ist der Austausch mit den Kollegen der anderen Standorte.



## 8 Tim Matthias charakterisiert und simuliert



**Tim Matthias, IFUM**

Am Ende läuft alles wieder beim Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen zusammen, bei Tim Matthias. Genau genommen läuft dort permanent alles zusammen: Der Experte für Massivumformsimulation sorgt dafür, dass jede Demonstrator-Variante vor und nach dem Umformprozess mitsamt den entsprechenden Referenz-Monowerkstoffen charakterisiert wird, und legt alle Daten in einer Datenbank ab. Diese Daten wiederum verwenden die Beteiligten, um ihre Schritte zu optimieren. „Es ist elementar, dass wir für die nächsten hoffentlich zwölf Jahre alles sauber dokumentiert und vergleichbar vorliegen haben“, erläutert Matthias.

Wie zuverlässig die Ergebnisse der numerischen Auslegung der Umformprozesse sind, hängt davon ab, wie gut die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe beschrieben sind. Tim Matthias ermittelt daher neben den Reibbedingungen, die zwischen den Werkzeugen und dem Werkstück vorherrschen,

die Fließkurven der einzelnen Monowerkstoffe bei relevanten Umformtemperaturen und -geschwindigkeiten. Zug- und Druckversuche in unterschiedlicher Ausrichtung zur Fügezone sollen helfen zu verstehen, was insbesondere beim Umformen in der Fügezone der hybriden Demonstratoren los ist, und welche Beanspruchungen welche Schäden der Fügezone zur Folge haben. Auch ein TriboIndenter steht zur Verfügung: Über den gemessenen E-Modul lässt sich der Schädigungsgrad der Fügezone ermitteln. Tatsächlich ist Tim Matthias nicht nur für Charakterisierungen zuständig, sondern simuliert auch selbst das Versagen der Fügezone beim Umformen.

An dieser Stelle stehen sie einem alle noch einmal vor Augen: die Demonstratoren, die Analysedaten, die Simulationen und die Modelle – und all die Wissenschaftler mit ihrer ganz speziellen Expertise, die es braucht, um ein solches Vorhaben gemeinsam zum Erfolg zu führen.



*Tailored Forming:*

*Noch steckt eine Test-Demonstratorwelle-1 im Wälzlager.*

*Bis Mitte 2019, zum Ende der ersten Förderperiode des SFB, sollen die ersten hybriden Wellen Realität sein. Sie könnten die Vorläufer vieler Hochleistungsbauteile sein, die sich mit zwei verschiedenen Werkstoffen angemessener und günstiger herstellen lassen.*