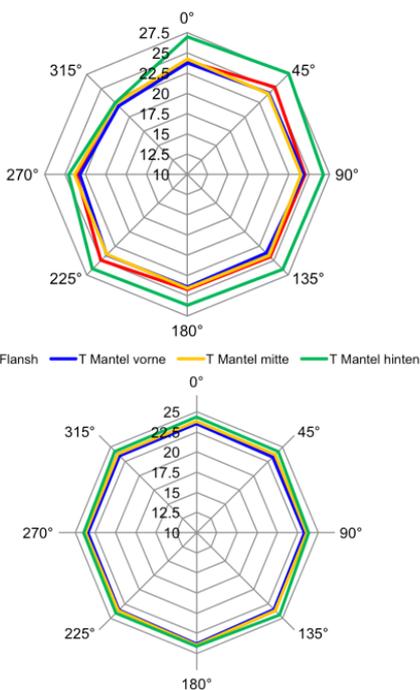
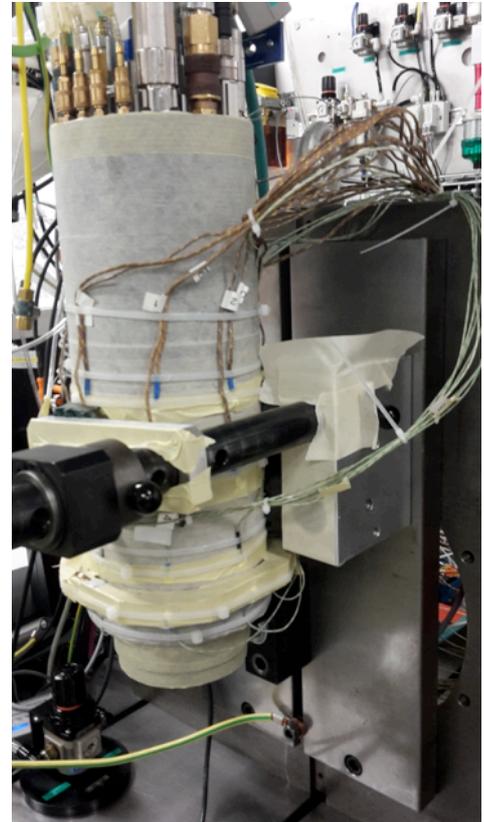


## KTI 17993.1: DeltaZero 4PSP – Minimale Temperaturgradienten in Präzisionsbearbeitungsspindeln durch Latentspeicherdispersion (2015-2017)

Das Ziel des Projekts war die Reduktion der Temperaturgradienten in Frässpindeln, insbesondere der sog. polaren Temperaturverteilung auf weniger als 1°C. Hintergrund ist der Umstand, dass eine einseitige Erwärmung der Spindel die Präzision der Fertigung beeinträchtigt. Der Umsetzungspartner Step-Tec AG beliefert beispielsweise Hersteller von Bearbeitungszentren im Formenbau, wo heute Unsicherheiten im Mikrometerbereich gefordert werden. Ausgangslage war eine beispielhafte Frässpindel Typ 6000 (Abbildung rechts, Spindel im Prüfstand mit Messsensorik zur Erfassung der Temperaturgradienten; gesamte Länge 0.6 m). Hierfür wurden zwei komplementäre Wege parallel verfolgt. Erstens wurde die Kühlkanalgeometrie der Spindel (Typ 6070 Kühlmittel CoolCore) optimiert. Es wurde ein Makroprogrammiertool *DuctDesigner* entwickelt, welches die Berechnung von Wärmeleitung und Druckabfall im Kühlkanal innert weniger als einer Sekunde vollzog,



was eine systematische Parametervariation erlaubte. Zur Berechnung der Wärmeverteilung in der Spindel wurde die Modellierplattform *Emod* von Forschungspartner *inspire* erweitert und erfolgreich angewandt. Ergänzend wurden die Berechnungen mit CFD-Simulationen validiert.

Zweitens wurde durch den Forschungspartner *HSLU* eine Latentspeicherdispersion (PCD) entwickelt, welche bei der gewünschten Betriebstemperatur von 23°C einen Phasenwechsel vollzieht. Während dieses Aufschmelzens weist sie eine stark erhöhte (scheinbare) Wärmekapazität auf. Für den industriellen Einsatz sollte die PCD eine mehrjährige Gebrauchsdauer erlauben und zudem korrosionshemmend, giftfrei und kostengünstig sein.

Alle Anforderungen wurden erfüllt. Eine nachteilige Eigenschaft von PCD, die Notwendigkeit des Unterkühlens zur Umkehr des Phasenwechsels um rund 10°C, konnte nicht behoben werden. Stattdessen wurde durch *HSLU* ein Kühlsystem mit zwei Wärmetauschern entwickelt, welches die Unterkühlung ohne Energieverlust ermöglicht. Eine modellbasierte Temperaturregelung wurde evaluiert, ergab aber bei bekannter Aufschmelztemperatur keine Vorteile

Die abschliessende Validierung zeigte, dass alle Projektziele erreicht wurden. Die polare Temperaturverteilung konnte unter 1°C gesenkt werden (Abbildung links, Ausgangslage oben, Resultat unten). Die Kühlung erfolgte durch ein industrialisiertes Kühlaggregat, welches die physikalische und chemische Stabilität der Latentspeicherdispersion sicherstellt. Im Quervergleich mit der Ausgangslage zeigte sich, dass die verbesserte polare Temperaturverteilung vor allem der optimierten Kühlkanalgeometrie geschuldet ist, während die PCD bewirkt, dass die Temperaturdifferenz von Vor- und Rücklauf der Spindelkühlung um rund 20% sinkt (Bild unten rechts). Der Umsetzungspartner hat verschiedene Projekterkenntnisse zum Patent angemeldet.

