



# Die Wärmeausdehnung mit Z88Aurora im Griff

## Temperaturänderungen und ihre Auswirkungen

Die Wärmeausdehnung ist ein Phänomen, das in der Fertigung streng beachtet werden muss, sollen etwa Messmittel zuverlässige Ergebnisse liefern oder Bauteile bei jeder Betriebstemperatur problemlos funktionieren. Mit Z88Aurora kann dem Phänomen auf den Grund gegangen werden, was sowohl dem Konstrukteur als auch dem Auszubildenden eine Menge Erkenntnisgewinn bringt.

Es ist bekannt, dass bei Temperaturänderung jedes Material sich ausdehnt oder zusammenzieht, je nachdem, ob es wärmer oder kälter wird. Bereits geringste Temperaturschwankungen können sich fatal bei der Fertigung von Präzisionsbauteilen auswirken. Aus diesem Grund werden derartige Bauteile in klimatisierten Hallen gefertigt.

Zusätzlich werden die zur Zerspannung verwendeten Kühlschmierstoffe gekühlt, damit diese durch die Aufnahme der Zerspannungswärme nicht selbst zu einer Wärmequelle werden,

die das Werkstück „wachsen“ lässt. Messmittel, die direkt in der Fertigung verwendet werden, haben ausgeklügelte Technik mitbekommen, um die Temperatur zu kompensieren. So werden beispielsweise Temperatursensoren auf das zu messende Werkstück gelegt, um dessen aktuelle Temperatur zu messen. Zusätzlich wird im Rechner dasjenige Material ausgewählt, aus dem das Werkstück besteht. Durch mathematische Verrechnung wird nun versucht, die Abweichungen durch Wärmeeintrag bei der Fertigung in den Griff zu bekommen. Ob dies gelungen

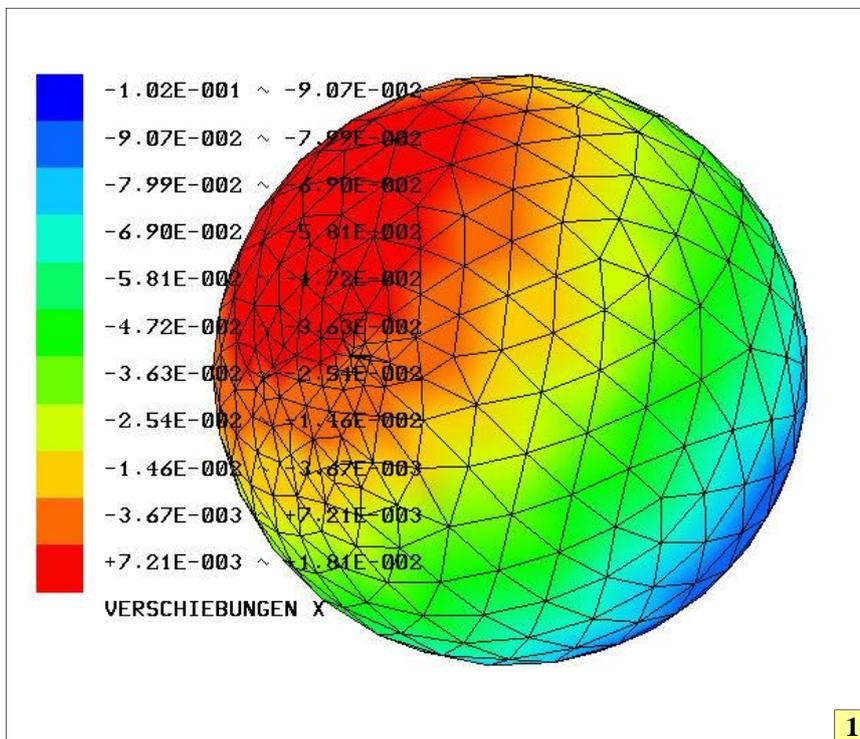
ist, kann erst eine Prüfung in einem klimatisierten Messraum zeigen, wo sowohl das zu messende Teil, als auch die Prüfmittel die genormte Messtemperatur von 20 Grad Celsius besitzen.

Die Berücksichtigung der Wärmeausdehnung ist jedoch nicht nur während der Fertigung wichtig. Auch im Betrieb werden Maschinen warm und dehnen sich daher die einzelnen Komponenten, aus denen die Maschine besteht, aus. Es ist daher wichtig, thermodynamische Berechnungen anzustellen, damit sowohl im kalten Zustand, als auch bei Betriebstemperatur die veränderten Abmessungen der Bauteile nicht zu einer Funktionsstörung führen. Ein klassisches Beispiel ist ein Kolbenfresser in einem Verbrennungsmotor, der bei Ausfall der Schmierung auftritt, da sich der Kolben durch die nun erhöhte Reibungswärme weiter erhitzt und dadurch vergrößert, was zur Berührung beziehungsweise Kaltverschweißung mit der Zylinderwand führt.

Derartige Szenarien lassen sich mit Z88Aurora sehr schön simulieren. Insbesondere bei kompliziert geformten Bauteilen ist es nur noch eingeschränkt möglich, von Hand Veränderungen der Bauteilstruktur zu errechnen, weshalb hier stets FEM-Programme zum Einsatz kommen. Aber auch einfache Fälle werden mit Gewinn untersucht, da so das Verständnis für die Wärmeausdehnung geschärft wird beziehungsweise das Verständnis leichter fällt.

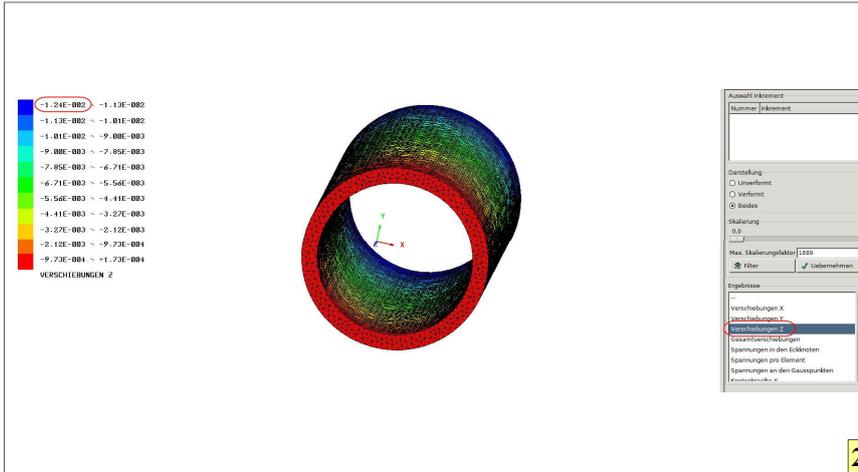
### Via Simulation zum Aha-Effekt

Vielfach ist die Handhabung der Formeln zur Berechnung der Wärmeausdehnung nicht klar, daher ist es angebracht, zunächst einmal eine Kugel in Z88Aurora zu simulieren. Es zeigt sich, dass eine Kugel sich bei Temperaturänderung gleichmäßig in alle Richtungen ausdehnt. Eine Kugel von 100 Millimeter Durchmesser, die aus dem Material S235JR, einem Baustahl, besteht, vergrößert sich bei nur fünf Grad Temperaturerhöhung bereits um 0,006 Millimeter. Das An-



1

1 Bei Erwärmung dehnt sich eine Kugel gleichmäßig in alle Richtungen aus. Auch unregelmäßig geformte Teile verhalten sich nicht anders. Dies bedeutet, dass die Formeln zur Berechnung der Wärmeausdehnung universell gültig sind und lediglich auf die Dimension (Länge, Durchmesser etc.) des betrachteten Teils anzuwenden sind.


**2**

2 Bei der Berechnung der Wärmeausdehnung spielt es keine Rolle, ob Vollmaterial oder Hohlkörper betrachtet werden. Die Formeln dazu sind in jedem Fall gleich anzuwenden. So ändert sich der Innendurchmesser des Rohrs bei einer Erwärmung um fünf Grad von 100 auf 100,006 Millimeter.

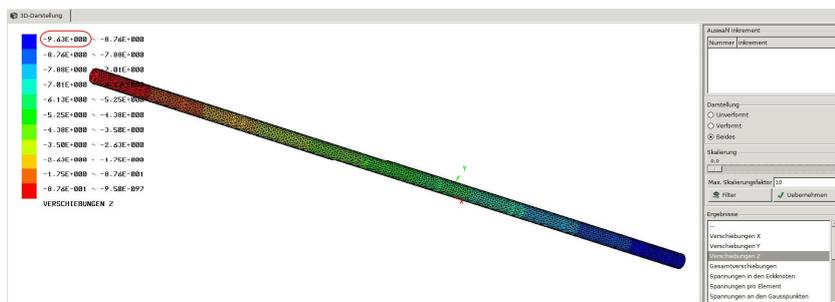
fertigen einer Passung kann also bereits bei dieser moderaten Temperaturänderung zu einem Problem werden, denn diese Maßänderung bei Temperaturänderung trifft mit dem gleichen Ergebnis auch auf den Durchmesser von Rundmaterial zu. Es ist also bei der Betrachtung des Phänomens ›Ausdehnung bei Temperaturänderung‹ nur die Abmessung an der Messstelle entscheidend.

Übrigens spielt es keine Rolle, ob die Bohrung eines Rohres oder ein Vollmaterial betrachtet wird, in jedem Fall wird die gleiche Formel beziehungsweise die gleiche Betrachtungsweise verwendet, da die Ausdehnung vom Material in gleicher Weise vollzogen wird. Dies bedeutet, dass sich eine Bohrung von 100 Millimeter Durchmesser bei fünf Grad Erwärmung ebenso um 0,006 Millimeter vergrößert. Wer das im Step-Format

vorliegende Rohr von 200 Millimeter Länge in Z88Aurora einliest, kann sich davon überzeugen, dass die von Hand berechneten Werte sehr gut mit der Simulation übereinstimmen: Längenänderung= 0,0124 Millimeter; Durchmesseränderung=0,00678

Der physikalische Effekt der Wärmeausdehnung hat aber nicht nur Nachteile. Dieses Phänomen wird technisch beim Schrumpfen verwendet. Durch Schrumpfen können extrem feste Verbindungen hergestellt werden, ohne dass geschraubt, geklebt oder geschweißt werden müsste. Der große Vorteil des Schrumpfens ist, dass der Vorgang rückgängig gemacht werden kann.

Diese Tatsache wird beim Einschrumpfen von Fräsern in entsprechende Schrumpffutter genutzt, die anschließend nicht nur absolut fest im Schaft sitzen, sondern auch einen per-


**3**

3 Entscheidend für das Ausmaß des Längenwachstums ist alleine die Abmessung des Teils. Ein Stab von 1000 Millimeter Länge beispielsweise, der einen Durchmesser von 20 Millimeter besitzt, dehnt sich bei einer Temperaturerhöhung von 800 Grad um 9,6 Millimeter aus. Der Durchmesser des Stabes vergrößert sich um 0,192 Millimeter.

Goldring Tooling  
Spindle Technology

Innovation & Precision

„Verpulvern Sie Ihr Geld nicht unnötig!“

...mit dem JetSleeve sparen Sie 1 €/min

www.hsk.com

fekten Rundlauf besitzen, der sich unterhalb von drei Mikrometer bewegt.

Es lohnt sich, weitere auf der Welt der Fertigung-Homepage zu findende Modelle im Step-Format in Z88Aurora einzulesen und mit ihnen zu experimentieren. Allerdings hat Z88Aurora seine Grenzen. Es ist damit nicht möglich, Stahlträger von 20 Meter Länge zu berechnen. Aber auch so ist mit diesem Software-Sahnestück sehr viel möglich, was nicht zuletzt Auszubildenden zugutekommt, die im Fach ›Wärmetechnik‹ mehr wissen wollen.