

Eletta Messtechnik GmbH – Großbeerenstraße 169 - 12277 Berlin

Eletta Messtechnik GmbH - Eingriffsfrei Durchfluss messen: Clamp-on-Durchflussmessung in Kühlkreisläufen unabhängig von Magnetfeldeinflüssen

Vier KATflow 150 mit Profibus DP-Schnittstelle in Hochtemperaturanwendung eines Fusionsreaktors

Eletta feierte in 2022 das 75-jährige Jubiläum, kein Wunder, denn das schwedische Unternehmen ist seit Jahrzehnten der Markt- und Technologieführer bei der Überwachung von Kühlkreisläufen überall dort, wo die Umgebung mit magnetischer oder nuklearer Strahlung belastet ist.

Alle Betreiber von Teilchenbeschleunigern verlassen sich auf die Robustheit und Langlebigkeit der Eletta-Strömungswächter. Und so wurden wir auch für den Stellarator Wendelstein 7-X angefragt.

Vorab ein wenig Hintergrundwissen zum Thema Fusionsreaktoren:

Fusionsenergie besitzt das Potential, der Menschheit kohlenstofffreie, unbegrenzte Energie zu liefern und uns von den Zwängen der limitierten Ressourcen unserer Erde zu befreien. Wir freuen uns, dass unsere nicht-invasive Clamp-On-Ultraschall-Durchflussmesstechnik einen kleinen Beitrag zum Betrieb einer ehrgeizigen experimentellen Forschungsanlage leistet: dem Wendelstein 7-X, einem sogenannten Stellarator, in Greifswald, Deutschland. Zusammen mit dem Tokamak-Projekt ITER in Südfrankreich sollen beide Langzeitprojekte eine Brücke zu den ersten Fusionskraftwerken von morgen spannen. Ausschlaggebend für die erfolgreiche Anwendung des Durchflussmessers war die Unempfindlichkeit der Geräte gegenüber den massiven Magnetfeldern, die für den Einschluss des Hochenergieplasmas entscheidend sind.

Die Anlage Wendelstein 7-X ist ringförmig aufgebaut; mit einem Durchmesser von etwa 14 m. Sie basiert auf dem Stellarator-Prinzip, bei dem ausschließlich externe Spulen das verdrillte Magnetfeld erzeugen, mit dem das für die Kernfusionen notwendige Wasserstoffplasma eingeschlossen wird. Die erforderlichen Plasmatemperaturen werden u.a. über ein ICRH-System (Ion Cyclotron Resonance Heating) erzeugt. Dazu werden über eine Antenne Radiowellen im Kurzwellenbereich in das Plasma eingestrahlt, die dort – ähnlich einer Mikrowelle – absorbiert werden und so die Temperatur des Plasmas bis auf 150 Mio. °C erhöhen. Diese sehr hohe Temperatur, die Teilchendichte und eine ausreichende Wärmeisolation des Plasmas von der Umgebung sind die drei nötigen Voraussetzungen für ein erfolgreiches Labor-Fusionsexperiment mit einem Stellarator- Magnetfeld.

Zur Installationsumgebung dieser ICRH-Antenne gehören acht wassergekühlte Kühlkreisläufe. Diese sind wesentliche technische Bestandteile, um die Antenne bei laufenden Fusionsexperimenten nicht zu überhitzen. Die Wassertemperatur in den Rohrleitungen mit 8 mm Innendurchmesser beträgt 150° C bei 26 bar maximalem Druck, der Wasserdurchfluss aller Kreisläufe 5,4 m³/h. Zur Durchflussmessung wurden zunächst Versuche mit Schwebekörper-Durchflussmessern vollzogen.

Der Magnetfeldeinfluss des Stellarator-Spulensystems war jedoch zu stark, sodass sich diese Technik nicht bewährte. Die an den Wendelstein-Experimenten beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der LPP-ERM/KMS, des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) und des Forschungszentrums Jülich mussten daraufhin eine andere Lösung entwickeln. Aufgrund des in den Kühlkreisläufen verwendeten deionisierten Wassers bestand ein zweites Auswahlkriterium darin, ein Durchfluss-Messsystem zu finden, das unabhängig von der Medienleitfähigkeit funktioniert.

Der stationäre Clamp-on-Durchflussmesser KATflow 150 erfüllte schließlich alle technischen Vorgaben, die an ein neues Durchfluss-Messsystem gestellt wurden. Alle Komponenten der Messeinheit sollten nichtmagnetisch sein, was mit dem Kunststoffgehäuse der Durchflussmesseinheit und dem Edelstahlgehäuse der eingesetzten Sensorik gewährleistet war. Des Weiteren durfte kein direkter Kontakt zum Medium hergestellt werden. Dies war durch die Wandlerbefestigung mithilfe von Clamp-On-Technologie sichergestellt, und indem Messungen durch die Rohrwandungen der in den Kühlkreisläufen installierten Edelstahlleitungen realisiert werden konnten.

Die insgesamt vier installierten Durchflussmesser vom Typ KATflow 150 bewähren sich in dieser Hochtemperaturanwendung (Durchflussmessungen von deionisiertem Wasser bei 150° C) bestens. Über die kundenseitig gewünschte Profibus-DP-Schnittstelle in jeder Einheit können die Messdaten mit 4 Mbit/s übertragen werden. Dank der kombinierten Temperaturerfassung sind die Wissenschaftler heute in der Lage, neben der Verifizierung der für die Kühlung der ICRH-Antenne benötigten Durchflussrate, die Verlustleistung und Energie der Radiowellenstrahlung abzulesen und zu bewerten.

Partner des Projektes:

Laboratory for Plasma Physics, Ecole Royale Militaire-Koninklijke Militaire School (LPP-ERM/KMS),
Trilateral Euregio Cluster (TEC), Brussels

Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik,
Trilateral Euregio Cluster (TEC)

Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Greifswald