

PI 2/92

9.3.1992

Fusionsexperiment WENDELSTEIN 7-AS testet russische Plasmaheizung
Deutsch-russische Zusammenarbeit auf High-Tech-Gebiet / Leistungsfähiges Heizverfahren

Eine Hochleistungs-Mikrowellenheizanlage für das Plasma des Fusionsexperimentes WENDELSTEIN 7-AS, die im Institut für Angewandte Physik in Nishny Novgorod, dem ehemaligen Gorki, entwickelt und in Zusammenarbeit mit der russischen Industrie gebaut wurde, wird zur Zeit im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München getestet. Dies bedeutet Geräte- und Personalaustausch mit einem russischen Forschungsinstitut, das noch vor zwei Jahren unzugänglich in einer geschlossenen Stadt lag.



Abb.: Technisches Neuland wurde mit diesem russischen 140 Gigahertz-Höchstleistungssender zur Plasmaheizung betreten. Er liefert 500 Kilowatt Mikrowellenleistung in Halbsekunden-Pulsen, wurde am Institut für Angewandte Physik (IAP) in Nishny Nowgorod entwickelt und von der russischen Firma SALUT mit Sitz in Nishny Nowgorod gebaut. Als Gastwissenschaftler im IPP betreuen die Herren Dr. Sergej Malygin von SALUT (links), Dr. Vladimir Il'in vom Moskauer Kurtchatov Institut (Mitte) und Dr. Viktor Khiznjak vom IAP in Nishny Novgorod den Aufbau und Betrieb des Senders am IPP-Experiment WENDELSTEIN 7-AS in Garching.

Mikrowellen für das Plasma

Um in einem künftigen Fusionskraftwerk den energieliefernden Prozeß der Kernverschmelzung zu zünden, muß der Brennstoff - ein dünnes ionisiertes Wasserstoffgas, ein sogenanntes "Plasma" - in einem Magnetfeldkäfig eingeschlossen und auf hohe Temperaturen aufgeheizt werden. Erst bei 100 Millionen Grad setzen genügend viele Kernverschmelzungen ein. Die Aufheizung des Plasmas gelingt besonders gut durch das Einstrahlen von Höchsthfrequenzwellen: Ähnlich wie ein Schnitzel im Mikrowellengrill können auch die Plasmateilchen Energie aus dem elektromagnetischen Feld einer Welle aufnehmen.

Ein wesentlicher Teil der Heizung des WENDELSTEIN-Experiments in Garching wird seit 1988 von fünf Höchsthfrequenz-Sendern übernommen. Mit Mikrowellen einer Frequenz von 70 Gigahertz pumpen sie in drei Sekunden langen Pulsen eine Leistung von insgesamt einem Megawatt in das Plasma und heizen es auf bisher 25 Millionen Grad auf. Mikrowellen-Sender derart hoher Frequenz und Leistung, sogenannte Gyrotrons, sind erst seit einigen Jahren verfügbar. Die an WENDELSTEIN 7-AS benutzten Sender wurden von der amerikanischen Firma Varian speziell für das IPP entwickelt und sind seit ihrer Lieferung zuverlässig im Einsatz. Die Mikrowellen können das WENDELSTEIN-Plasma sowohl aus neutralem Wasserstoffgas erzeugen als auch anschließend wirksam heizen. Allerdings wirken sie - je nach Frequenz und Magnetfeld - nur bis zu einer bestimmten Dichte des Plasmas. Bei Überschreiten dieses Grenzwertes können sie im Plasma nicht mehr aufgenommen werden. Abgestimmt auf das zu heizende Plasma braucht man deshalb um so höhere Frequenzen, je höher die gewünschte Plasmadichte sein soll.

Gesucht: Höhere Leistung und Frequenz

Erste wertvolle Erfahrungen mit Mikrowellen der doppelten Frequenz von 140 Gigahertz erlaubte Anfang 1991 ein Sender, der im Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelt und anschließend in Garching an WENDELSTEIN 7-AS eingesetzt wurde. Damit wurden weltweit zum ersten Mal Plasmaexperimente bei dieser Heizfrequenz möglich. In Pulsen von jeweils einer Zehntel Sekunde Dauer strahlt der Prototyp eine Mikrowellenleistung von 100 Kilowatt in das Plasma. Die zugehörigen neuen Übertragungsleitungen wurden von Wissenschaftlern des Instituts für Plasmaforschung der Universität Stuttgart entwickelt. Mit der vergleichsweise geringen Senderleistung eher zum Ausmessen der Wärmeleitungseigenschaften des Plasmas als zum Aufheizen bestimmt, konnte die neue Röhre die Leistungsfähigkeit der höheren Frequenz trotzdem eindrucksvoll demonstrieren: Der den Mikrowellen zugängliche Dichtebereich des Plasmas hatte sich bis auf reaktorrelevante Werte verdoppelt.

Nach dem Erfolg der ersten Experimente bei 140 Gigahertz suchte man daher nach Sendern mit stärkeren und längeren Pulsen, um Mikrowellen auch zur Erzeugung und Aufheizung hochdichter Plasmen in WENDELSTEIN 7-AS nutzen zu können. Gyrotrons mit den verlangten Eigenschaften waren in allerjüngster Zeit in den USA sowie in Russland entwickelt worden. Die

russischen Hersteller suchten zur Erprobung ihrer Röhren nach einem leistungsfähigen Plasmaexperiment. So kam an WENDELSTEIN 7-AS mit der Senderanlage aus dem Institut für Angewandte Physik in Nishny Novgorod die von gemeinsamem Interesse getragene Zusammenarbeit zustande. Das Institut in Nishny Nowgorod kann bei der Entwicklung von Hochleistungs-Mikrowellensendern langjährige Erfahrung vorweisen. Zum Beispiel hatte es vor einigen Jahren das große russische Fusionsexperiment T10 im Moskauer Kurtchatov-Institut mit Mikrowellensendern ausgestattet.

Weitverzweigte Kooperation

Zwei russische Höchstleistungs-Sender wurden im vergangenen Herbst vom Moskauer Kurtchatov Institut, wo Probeläufe stattgefunden hatten, ins IPP geliefert. Bei Aufbau und Anschluß der Anlage an das WENDELSTEIN-Experiment werden die IPP-Wissenschaftler seither von drei russischen Experten eingewiesen und beraten. Vor Beginn der Heizexperimente an WENDELSTEIN 7-AS sollte zunächst die Leistungsfähigkeit der Prototypsenders getestet werden. Nach zwei Monaten waren die ersten Tests beendet: 500 Kilowatt Mikrowellenleistung kann der Sender für eine halbe Sekunde liefern, bis zu 900 Kilowatt werden in verkürzten Pulsen erzielt. Abgesehen von dieser Weltrekord-Leistung beeindruckt die High-Tech-Röhre die WENDELSTEIN-Physiker durch ihr einfallsreiches, weil "einfaches" und robustes technisches Konzept. Sie darf als derzeit modernster Höchstleistungssender in diesem Frequenzbereich gelten. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme stehen Heizexperimente am WENDELSTEIN-Plasma unmittelbar bevor. Im April bereits soll der Sender dann durch die zweite Sende-Röhre, eine weiterentwickelte Variante, ersetzt werden, die bis zu anderthalb Sekunden lange Heizpulse bei gleicher Leistung erlauben soll.

Die Zusammenarbeit mit den russischen Partnern wurde 1989 im Rahmen des Regierungsabkommens zur Wissenschaftlich-Technischen Zusammenarbeit (WTZ) zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Sowjetunion vereinbart. Beteiligt an dieser Zusammenarbeit sind neben der WENDELSTEIN-Mannschaft des IPP Wissenschaftler des Instituts für Angewandte Physik in Nishny Novgorod und des Moskauer Kurtchatov-Instituts. Auf deutscher Seite beteiligen sich außerdem Wissenschaftler des Instituts für Plasmaforschung der Universität Stuttgart, die für die Übertragungsleitungen zuständig sind, sowie Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Die Karlsruher betreiben vor allem die an ihrem Gyrotron bereits erprobten Meßgeräte zur Kontrolle der Senderqualität. Nach Ablauf des ersten Jahres wollen alle Beteiligten die Resultate bewerten und prüfen, wie die erfolgreiche Zusammenarbeit weitergeführt werden kann.

Isabella Milch

Anmerkung der Redaktion:

Dieser Text steht Ihnen zur beliebigen Auswertung auch ohne Namensnennung zur Verfügung. Reproduktionsfähige Abzüge des Fotos erhalten Sie (auch in Farbe) unter Tel.Nr.(089) 3299-1288.