

## WIE MAN MIT SCHNEEFLOCKEN SCHIESSEN KANN

### Neue Methoden zur Plasmanachfüllung in großen Kernfusionsanlagen

Das Schießen mit Schneeflocken ist kein neuer Partyspaß und auch kein Fitnesstraining, sondern eine Methode, wie man in großen Kernfusionsanlagen Plasma nachfüllen kann. Drei Verfahren werden zur Zeit am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching untersucht.

Experimentieranlagen zur Kernfusionsforschung, wie sie derzeit in allen großen Industrienationen gebaut oder betrieben werden, enthalten ein durchschnittliches Plasmavolumen von mehreren Kubikmetern, das durch starke Magnetfelder zusammengehalten wird. In jeder dieser Anlagen geht während der Entladungen ein Teil des Plasmas verloren, da Teilchen durch Stöße oder Umladungsprozesse in der Lage sind, den Magnetfeldkäfig zu verlassen. Da in den großen Anlagen die Dauer der Entladungen bereits relativ lang ist (mehrere Sekunden), geht in dieser Zeit ein großer Teil des Plasmas verloren. Vorrichtungen zur Reinigung des Plasmas, sogenannte Divertoren, welche die äußerste, verunreinigte Plasmaschicht ständig absaugen, erhöhen die Plasmaverluste. Solche Divertoren werden z.B. in der Garchinger Tokamak-Anlage ASDEX eingebaut.

Zum Ausgleich der Plasmaverluste ist es nötig, neue Teilchen nachzufüllen. In kleineren Anlagen ist dies relativ unproblematisch; dort genügt es einfach, eine bestimmte Gasmenge während der Entladung nachzufüllen, um die Dichte wieder zu erhöhen. Die Gasteilchen strömen ins Plasma ein und werden durch Stöße ionisiert. Bei den großen Anlagen ist dieses einfache Verfahren nicht mehr anwendbar, da die neu einströmenden Teilchen nicht schnell genug sind, um noch während der Entladungszeit das Innere des Plasmas zu erreichen. Es kommt also hier darauf an, Verfahren zu entwickeln, mit denen man genau definierte Wasserstoffmengen mit hoher

Geschwindigkeit, d.h. mit bis zu 1000 Metern pro Sekunde, ins Plasma einbringen kann. Als günstiger Weg hierbei bietet sich das Einschließen von gefrorenen Wasserstoffkügelchen, sogenannten "Pellets", von der Größe etwa eines Kubikmillimeters an. Im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München werden zur Zeit drei Methoden entwickelt, mit denen man Pellets beschleunigen kann: der Wirbelstrom-Beschleuniger, die Leichtgaskanone und die Zentrifuge.

Der Wirbelstrom-Beschleuniger geht auf ein Gerät zurück, das am Institut für Luft- und Raumfahrttechnik der Technischen Universität München für Meteoriten-Simulationsversuche entwickelt wurde. Ein metallisches Trägerblättchen, "Treiber" genannt, liegt zunächst auf dem offenen Ende einer Spule. Schickt man nun durch diese Spule einen hohen elektrischen Stromstoß (ca. 10 bis 100 Kilo-Ampère), erzeugt dieser im Trägerblättchen einen entgegengesetzt gerichteten Strom. Die beiden Ströme stoßen sich ab und der Treiber wird mit großer Kraft von der Spule weggestoßen. Deponiert man nun vorher auf dem Treiber das Wasserstoff-Kügelchen, wird dieses mitbeschleunigt. Anschließend fängt man das Trägerblättchen z.B. mit einer Lochblende ab und erhält so ein frei fliegendes schnelles Pellet. Bei Versuchen mit Glaskügelchen, die im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik durchgeführt wurden, erreichte man bereits Geschwindigkeiten von etwa 1000 Metern in der Sekunde.

Die Leichtgaskanone ist in der Ballistik ein wohlbekanntes Experimentiergerät für die Erzeugung von Geschwindigkeit von einigen 1000 Metern pro Sekunde. Allerdings arbeiten solche Geräte mit Temperaturen von über 1000 Grad. Gefrorener Wasserstoff jedoch liegt bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, also bei etwa  $-270^{\circ}\text{C}$ . Eine Spezialentwicklung dieses Gerätes im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik ist in der Lage, durch einen Gasstoß Eiskügelchen auf Geschwindigkeiten bis zu 600 Metern pro Sekunde zu beschleunigen.

Während beim Wirbelstrom-Beschleuniger elektrische Kräfte und bei der Leichtgaskanone ein Gasstoß zur Beschleunigung des Eiskügelchens dienen, wird bei der Zentrifuge das Pellet durch reine Fliehkraft beschleunigt. Auf eine schnell rotierende Scheibe läßt man das Eiskügelchen von oben fallen. Es wird dann entlang eines Stegs auf der Zentrifugenscheibe durch die Fliehkraft nach außen getrieben. Untersuchungen haben gezeigt, daß das Pellet den Stoß durch den Steg bei Geschwindigkeiten unter 50 Metern pro Sekunde als Ganzes übersteht.

Die Eiskügelchen, sogenannte "Pellets", erzeugt ein Kryostat, der Wasserstoff auf  $-270^{\circ}\text{C}$  abkühlt. Durch eine enge Düse wird ein Stäbchen des dann gefrorenen Wasserstoffs nach unten gedrückt und mit Hilfe zweier Heizdrähte in der gewünschten Länge abgetrennt. Das frei nach unten fallende Pellet hat eine sehr geringe Winkelstreuung und trifft deshalb fast immer den gleichen Punkt, was für das exakte Funktionieren der Beschleunigungsgeräte wichtig ist. Die Beschleunigung muß dann so schnell erfolgen, daß die Umgebungswärme nicht in das Eiskügelchen eindringen und es zum Schmelzen bringen kann, d.h. innerhalb einiger Tausendstel Sekunden.

Bei allen drei Verfahren ist bisher die Repetitionsrate noch zu gering. Für eine wirksame Plasmanachfüllung benötigt man voraussichtlich etwa 100 eingeschossene Kügelchen pro Sekunde. Die bisher erprobten Geräte können jedoch nur einzelne Pellets beschleunigen. Die Entwicklungsarbeit konzentriert sich deshalb darauf, die Wiederholungsfrequenz für die "Schüsse" zu erhöhen. Am aussichtsreichsten erscheint hierfür die Zentrifuge, da bei ihr ohne besonderen Aufwand die Kügelchen schnell hintereinander aufgebracht und weggestoßen werden können.

Zunächst jedoch sind die Arbeiten im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik darauf ausgerichtet, bald ein zuverlässig funktionierendes Gerät für Einzelschüsse zur Verfügung zu haben, mit welchem man die Wechselwirkung des Pellets mit Kontaktflächen sowie seine Verdampfung und Ionisierung im Plasma untersuchen kann. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Schwesterinstitut in Risø, Dänemark ist dabei geplant.

Hinweis gemäß § 26 Abs.1 Bundesdatenschutzgesetz:

Die Postbezieher dieser Veröffentlichung sind in einer Adreßkartei gespeichert, die mit Hilfe der automatisierten Datenverarbeitung geführt wird.