Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 23: SIA-Heft 3

Artikel: Neue Methoden zur Plasmanachfüllung in grossen Kernfusionsanlagen
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85478

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Durch diese Bauart ergaben sich geringe Mehrkosten. Da aber auch der Gemeinderat eine Anpassung an die Umgebung wünschte, entstanden daraus keine Probleme. Die Baukosten für die gesamte Anlage betrugen nicht mehr als Fr. 480 000.–.
Das Beispiel zeigt, dass auch bei rein technischen Bauten ohne grossen Aufwand eine ästhetisch befriedigende Lösung gefunden werden kann.

Technische Daten

Grundlagen

Einwohner-Gleichwerte 500 EGW

Wassermengen

a) Trockenwetteranfall: TWA = 4 l/s
b) Regenwetteranfall (RWA):
- zur mechanischen Stufe: 3TWA = 12 l/s
- zur biologischen Stufe: 2TWA = 8 l/s

Regenfangbecken

Beckeninhalt: 64 m³

Sandfang

Inhalt der Sandkammer: 1,7 m³

Vorklärbecken

a) Beckeninhalt: 45 m³
b) Aufenthaltszeit
- bei TWA: 3 h
- bei RWA: 1 h

c) Oberflächenbelastung
- bei TWA: 0,7 m/h
- bei RWA: 2,0 m/h

Biologische Stufe («Biospiral»)

Beckengrösse: l = 5,95 m, b = 2,12 m, t = 2,20 m
Typ: MK - 24
Oberfläche der Spirale: 1570 m²
Scheibendurchmesser: 2,0 m
Strom: ca. 4500 kW/Jahr

Nachklärung

zwei Trommelfilter und zwei Filterpumpen

Faulraum

Einkammersystem mit vorgelagertem Umwälzungsschacht
a) Nutzinhalt: 75 m³
b) Aufenthaltszeit: 60 Tage

Projektverfasser

metron, Brugg-Windisch

V. Dietiker, Brugg-Windisch

Plasmaphysik

Neue Methoden zur Plasmanachfüllung in grossen Kernfusionsanlagen

Experimentieranlagen zur Kernfusionsforschung, wie sie zurzeit 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 je Sekunde, ins Plasma einbringen kann. Als günstiger Weg hierbei bietet sich das *Einschiessen von gefrorenen Wasserstoffkügelchen*, sogenannten «Pellets», von der Grösse etwa eines Kubikmillimeters an. Im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching (München) werden zurzeit *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 in Garching 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 Geschossgeschwindigkeiten von einigen 1000 Metern je 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° C. Eine Spezialentwicklung dieses Gerätes ist in der Lage, durch einen Gasstoss Eiskügelchen auf Geschwindigkeiten bis zu 600 Metern je 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 je Sekunde als Ganzes übersteht.
Die Eiskügelchen, ein sogenanntes «Pellet», erzeugt ein Kryostat, der Wasserstoff auf –270° 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 Tausendstelsekunden.
Bei allen drei Verfahren ist bisher die Repetitionsrate noch zu gering. Für eine wirksame Plasmanachfüllung benötigt man voraussichtlich etwa 100 eingeschossene Kügelchen je 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 dem man die *Wechselwirkung des Pellets mit Kontaktflächen* sowie seine *Verdampfung und Ionisierung im Plasma* untersuchen kann. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Schwesterinstitut in Risö (Dänemark) ist dabei geplant.