

Institut für Plasmaphysik
Gesellschaft mbH
8046 Garching bei München
Telefon 0811/3699-285

IBM Deutschland
Internationale Büro-Maschinen
Gesellschaft mbH
7032 Sindelfingen
Telefon 07031/661-2829

»Institut für Plasmaphysik erhält IBM System /360 Modell 91«

Pressekonferenz am 17. April 1969 in Garching bei München

Presseinformation Nr. 13

Vortrag von Prof. Dr. A. Schlüter, Wissenschaftlicher Direktor
des Instituts für Plasmaphysik

DIE BEDEUTUNG DER NEUEN RECHENANLAGE FÜR DIE WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGSARBEIT DES INSTITUTS

Garching, 17. April 1969 - Das Institut für Plasmaphysik der Max-Planck-Gesellschaft hat in den letzten Wochen eine neue Großrechenanlage in Betrieb genommen. Da diese Anlage eine Investition von über 25 Mio DM bedeutet, glauben wir, daß die Öffentlichkeit, aus deren Steuermitteln letzten Endes diese Investition finanziert wird, einen Anspruch darauf hat, zu erfahren, warum wir und unsere Geldgeber der Ansicht sind, daß diese Anschaffung erforderlich war und welchen Nutzen sie haben soll.

Bevor ich versuchen werde, diesen Nutzen genauer zu beschreiben, will ich begründen, daß nach unserer Ansicht die Voraussetzungen hier gegeben sind, die Großrechenanlage sachgemäß zu betreiben. Das Institut für Plasmaphysik ist im Jahre 1960/61 durch Zusammenfassung eines Teils des Laboratoriums für Technische Physik der TH München und von Abteilungen des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik München entstanden. In diesem Max-Planck-Institut wurde in den ersten Nachkriegsjahren die erste elektronische Rechenmaschine der Bundesrepublik entworfen, konstruiert und gebaut. Die Entwicklung leistungsfähigerer Anlagen wurde in den folgenden Jahren fortgesetzt und die letztgebaute Maschine dieser Serie ist noch heute im Max-Planck-Institut in ständigem Gebrauch. An der Entwicklung dieser Ma-

schinen waren zum Teil auch Wissenschaftler beteiligt, die heute in unserem Institut tätig sind. Noch wichtiger ist aber die von der Verfügbarkeit über elektronische Rechenanlagen provozierte und von den wissenschaftlichen Bedürfnissen erzwungene dauernde Auseinandersetzung mit den Problemen des Betriebs von Rechenanlagen und der Entwicklung von numerischen Methoden zur Behandlung physikalischer Probleme. Die Notwendigkeiten der wissenschaftlichen Arbeit, zusammen mit der ererbten Tradition, führten gleich nach der Gründung unseres Institutes zu dem Beschluß, eine eigene Rechenanlage zu erwerben, die wegen der notwendigen großen Leistungsfähigkeit nicht mehr im Rahmen eines Institutes selbst gebaut werden konnte, sondern unter den kommerziell erhältlichen Geräten ausgesucht werden mußte. Unsere Wahl fiel damals auf eine Maschine vom Typ IBM 7090. Nach mehr als 7-jährigem Betrieb reicht nunmehr die Leistungsfähigkeit dieser Maschine nicht mehr aus, da mit dem Fortschreiten der Plasmaphysik unsere Rechenanforderungen erheblich größer geworden sind, andererseits sind jetzt Maschinen erheblich größerer Leistungsfähigkeit erhältlich und schließlich ist unsere Fähigkeit, diese Leistung zweckentsprechend zu benutzen, gewachsen.

Die Hauptaufgabe des Institutes für Plasmaphysik ist die Klärung der physikalischen Probleme, die entstehen, wenn man die Energie, die bei der Verschmelzung der Atomkerne von Wasserstoff (insbesondere von Deuterium und Tritium) zur technischen Energieerzeugung nutzbar machen will. Daß Energieerzeugung auf diesem Wege grundsätzlich möglich ist, ist seit langem bekannt, vor allem von den Untersuchungen der Astrophysiker, die gezeigt haben, daß die Sonne, genauso wie die meisten Sterne, ihre Energie gerade solchen Prozessen entnimmt. Es war aber auch klar, daß die Schwierigkeiten, im Laboratorium oder in einem technischen Maßstabe diesen Prozeß in Gang zu bringen, ungewöhnlich groß sind. In einem gewissen Sinne muß man die

Verhältnisse des tiefen Innern von Sternen, wie der Sonne, nachahmen. Zunächst muß man ein geeignetes Gas, das die Physiker dann ein Plasma nennen, auf Temperaturen von über 100 Mio Grad erhitzen und diese Temperaturen über genügend lange Zeit aufrecht erhalten, damit die Atomkerne aufgrund ihrer thermischen Bewegung die gewünschten Fusionsreaktionen durchführen. Während der Reaktionszeit muß das heiße Plasma natürlich von materiellen Wänden ferngehalten werden und das einzige Mittel, dies zu bewerkstelligen, scheint die Verwendung starker Magnetfelder zu einer sozusagen immateriellen Einschließung zu sein. Schon die Höhe der erforderlichen Temperatur, die mehr als 1000 mal größer ist als alle früher erreichten Temperaturen, zeigt, daß zumindest große technische Schwierigkeiten auftreten müssen. Einfache Überlegungen, die bei Beginn der Arbeiten an allen Stellen durchgeführt wurden, zeigten, daß man Temperaturen nur in sehr großen Apparaturen erzeugen und über die notwendigen Zeiten hin aufrecht erhalten kann, die sicher mehrere 100 Mio DM kosten würden. Man kann daher die benötigten Versuche nicht an Plasmen direkt durchführen, die in jeder Hinsicht den Plasmen eines wirklichen Fusionsreaktors entsprechen, sondern muß die Probleme der Heizung und der Einschließung an Modellplasmen untersuchen, die sich leichter, billiger und schneller herstellen lassen. Ob und inwieweit die Ergebnisse solcher Modellversuche auf die tatsächlichen Verhältnisse eines Fusionsreaktors übertragbar sind, kann nur durch eine intensive theoretische Analyse entschieden werden, die wieder nur mit Hilfe großer numerischer Rechnungen durchgeführt werden kann.

Tatsächlich ist die Lage noch komplizierter als es hiernach scheint. Es hat sich herausgestellt, daß die Einschließung durch Magnetfelder schwierig ist. Die Magnetfelder verhalten sich nicht wie starre Wände, sondern sie werden selbst durch das Plasma beeinflusst und modifiziert, und zwar nicht nur so, daß eine Deformation der Magnetfelder durch den Druck des Plasmas auftritt, sondern so, daß die Wechselwirkung zwischen Plasma und Einschließungsfeld elektromagnetische Wechselfelder entstehen läßt, durch die das Plasma sich der Einschließung entziehen kann. Man sagt

dann, daß die Einschließung instabil geworden ist. Theoretische Analysen und Experimente haben gezeigt, daß nur recht komplizierte Magnetfeldanordnungen Aussicht bieten, solche Instabilitäten zu verhindern. Eine Aufgabe, die nur mit Rechenmaschinen zu lösen ist, ist die Berechnung von Magnetfeldern der gewünschten Struktur. Wenn man dabei die Rückwirkung des Plasmas auf das Magnetfeld berücksichtigen will, reicht die Rechenkapazität auch der neuen Rechenanlage nur knapp aus. Aber auch bei den Experimenten, bei denen man unter Verzicht auf eine lange Einschließung hohe Temperaturen zu erzeugen versucht, treten numerische Probleme großen Umfanges auf, mit denen wir uns befassen müssen. Hohe Temperatur oberhalb von etwa 1 Mio Grad kann man nur durch schnelle Prozesse erzeugen, indem man in kurzer Zeit einem Plasma sehr viel Energie zuführt. Das hat aber zur Folge, daß das Plasma sich in keinem Augenblicke in einem Gleichgewichtszustand befindet, sondern daß man den ganzen dynamischen Prozeß verfolgen muß, um den jeweiligen Zustand des Plasmas zu kennen und nur das Verständnis der Vorgänge macht die Experimente nützlich.

Eine weitere wesentliche Komplikation folgt aus der Natur des Plasmas, die doch von der eines gewöhnlichen Gases erheblich verschieden ist. Für fast alle praktischen Zwecke kann man bekanntlich bei der Beschreibung eines Gases, etwa bei der Berechnung seiner Strömung, von der molekularen Struktur des Gases absehen und es wie eine zusammendrückbare Flüssigkeit behandeln. Diese Möglichkeit rührt daher, daß unter allen normalen Umständen die Moleküle eines Gases einerseits schon nach Zurücklegen eines mikroskopisch kleinen Weges miteinander zusammenstoßen und damit für eine sozusagen gleichmäßige Verteilung aller Eigenschaften im Raum sorgen, und daß andererseits diese Moleküle zwischen den Stößen praktisch gradlinig, gleichförmig fliegen. Beides ist in einem Plasma nicht der Fall. Eigentliche Zusammenstöße geschehen bei den Temperaturen eines Fusionsreaktors nur nach Zurücklegen eines Weges, der lang ist verglichen mit der Maschine selbst und zwischen

den Zusammenstößen bewegen sich die Teilchen des Plasmas sowohl unter dem Einfluß der äußeren Magnetfelder, aber auch wegen der langen Reichweite ihrer elektromagnetischen Wechselwirkungen auf krummen Bahnen. Damit wird aber eine Beschreibung eines Plasmas nach Art einer Flüssigkeit höchst problematisch. Die entstehenden Schwierigkeiten sind noch nicht befriedigend gelöst und wir erwarten hier eine ganz entscheidende Hilfe durch den Einsatz der Rechenmaschine. Die genaueste Beschreibung wäre natürlich die, in der man den Bewegungen aller Teilchen eines Plasmas durch gleichzeitige Berechnung ihrer Bahnen im Detail folgt. Wir haben Versuche zu derartigen Berechnungen bereits auf der neuen Maschine durchgeführt. Es ist aber klar, daß auch diese Maschine nur dem Schicksal von wenigen 100 Teilchen gleichzeitig folgen kann. Immerhin können solche numerischen Versuche Anhaltspunkte liefern für den Gültigkeitsbereich von Beschreibungen des Plasmas, die zwischen dem Flüssigkeitsbild und dem Vielteilchenbild sowohl bezüglich der erreichten Genauigkeit als auch des benötigten Rechenaufwandes liegen.

Der Einsatz von elektronischen Rechenmaschinen ist bei uns also notwendig, um mit erträglich experimentellem Aufwand einen Schritt in ganz neue physikalische Dimensionen zu tun. Dabei stoßen wir auf numerische Probleme von einer Art, wie sie in anderen Bereichen der Wissenschaft nicht oder noch nicht bearbeitet werden. Wir müssen daher einen erheblichen Aufwand nicht nur an eigentlicher Rechenzeit treiben, sondern auch bei der Entwicklung von numerischen Verfahren, also bei einer Aufgabe der praktischen Mathematik. Die Situation auf dieser theoretischen Seite entspricht im Grunde damit der Situation auf der experimentellen Seite, bei der wir gezwungen sind, in großem Umfange von den neuesten Technologien der Supraleitung, der Laser, der Hochfrequenztechnik oder der Holografie Gebrauch zu machen, oder neue Technologien sogar selbst entwickeln müssen, damit die Experimente durchgeführt werden können, die sich zum großen Teil an der Grenze des gerade noch Möglichen bewegen.

Als wir vor etwa 8 Jahren mit dem Aufbau dieses Institutes begannen, haben wir gewußt, daß das Problem, das wir meistern wollten, schwierig ist und daß wir nicht damit rechnen durften, innerhalb einiger Jahre ein Konzept für einen Fusionsreaktor vorlegen zu können. Wir sind daher nicht enttäuscht, daß wir auch heute noch nicht wissen, ob das Problem der thermonuklearen Energieerzeugung lösbar ist; wir sind aber ermutigt durch die Fortschritte, die wir in dieser Zeit und zwar gerade durch die engen Beziehungen zwischen Theorie und Experiment erzielt haben. Wir haben Temperaturen von weit über 50 Mio Grad erreicht und in anderen Versuchen, allerdings bei niedrigeren Temperaturen, erstmalig den gewünschten stabilen Einschluß in ringförmigen Anordnungen erzielt. Wir hoffen, daß wir mit unseren neuen geplanten Versuchen, in denen wir nun auch heiße Plasmen ringförmig einschließen wollen, dem Ziel wieder ein Stück näher rücken werden.

Zum Schlusse will ich noch daraufhinweisen, daß wir in diesem Institute Plasmaphysik nicht nur im Hinblick auf die thermonukleare Energiegewinnung betreiben, und daß diese Rechenmaschine nicht nur für die Zwecke dieses Institutes arbeiten wird. Im Institute untersuchen wir insbesondere noch die Möglichkeit, das Plasma als bewegten Teil von Generatoren zu benutzen, solche Anlagen nennt man "magnetohydrodynamische Generatoren". Wir untersuchen ferner die Möglichkeit, Plasmen zur Beschleunigung von Einzelteilchen auf sehr hohe Energien zu verwenden, nach einem Prinzip, das als Kollektiv-Ionen-Beschleuniger oder als Elektronenringbeschleuniger oder mehr scherzhaft als Smokatron bekannt geworden ist und vielleicht für gewisse Zwecke den Bau großer Beschleunigeranlagen vereinfachen und verbilligen kann. Auch bei diesen beiden Problemen begegneten wir den komplexen Eigenschaften eines Plasmas, müssen sie analysieren und deuten und benutzen auch dazu die Rechenmaschine. Den befreundeten Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, der Universität und der TH

wird für ihre wissenschaftlichen Zwecke die Maschine ebenfalls zur Verfügung gestellt. Dabei wird insbesondere die automatische Auswertung von Blasenkammeraufnahmen mit Hilfe der Rechenmaschine einen merklichen Teil ihrer Kapazität beanspruchen. Als Beweis unserer besonderen Großzügigkeit sehen wir es an, daß wir dem Kernforschungszentrum Karlsruhe ein Drittel der Gesamtrechnenzeit über eine Datenfernverbindung zur Verfügung stellen, damit die umfangreichen Rechnungen, die insbesondere bei der Entwicklung des schnellen Brüters anfallen, auf der hiesigen Maschine bearbeitet werden können. Unsere Großzügigkeit besteht vor allem darin, daß wir wissen, daß wir selbst dann, wenn wir die physikalischen Probleme eines Fusionsreaktors gelöst haben werden, voraussichtlich in ökonomische Konkurrenz zu der Energieerzeugung durch die Brüter treten müssen.