

AT8700040-55

INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ
GRAZ, ÖSTERREICH

INIS-mf--10902

JAHRESBERICHT

BERICHTSZEITRAUM

Oktober 1985 - September 1986

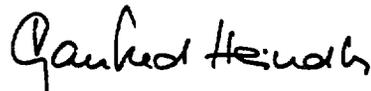
JAHRESBERICHT 1985/86

Das Institut für Theoretische Physik an der Technischen Universität Graz will mit dem vorliegenden Jahresbericht über die im Studienjahr 1985/86 durchgeführten Forschungsarbeiten und über die Lehrtätigkeit informieren.

Der Jahresbericht enthält eine Aufstellung der ständigen Mitarbeiter sowie eine Kurzbeschreibung der einzelnen Arbeitsgebiete der drei Abteilungen des Institutes: Mathematische Physik und Elektrodynamik, Energiephysik, Strahlenphysik und wird von einer Liste der abgehaltenen Lehrveranstaltungen ergänzt.

Mit dem Bericht verbinden wir auch unseren Dank für die Unterstützung und Förderung unserer Arbeiten. Er gilt insbesondere dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, der Internationalen Atomenergiebehörde, dem Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung, dem Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank, der Abteilung für Wissenschaft und Forschung der Steiermärkischen Landesregierung, der Österreichischen Forschungsgesellschaft für Internationale Kommunikation und dem Landesarbeitsamt für Steiermark.

Interessenten für spezielle Arbeitsgebiete werden eingeladen, sich mit den jeweiligen Mitarbeitern direkt in Verbindung zu setzen.



ao. Univ. Prof. Dr. M. Heindler
Institutsvorstand

Impressum:

Herausgeber: Institut für Theoretische Physik
Techn. Universität Graz, Petersgasse 16, A-8010 Graz
Für den Inhalt verantwortlich: ao. Univ. Prof. Dr. M. Heindler

1. Auflage: Dezember 1986

Mitarbeiter

Ao.Univ.-Prof., Dipl.-Ing., Dr.techn. Manfred HEINDLER (Institutsvorstand)
Ao.Univ.-Prof., Dipl.-Ing., Dr.techn. Walter PAPOUSEK
Ao.Univ.-Prof., Dr.phil. Bernhard SCHNIZER
am.O.Univ.-Prof., Dr. rer. nat. Ernst LEDINEGG
Univ.-Doz., Dipl.-Ing., Dr.techn. Wolfgang BULLA
Univ.-Doz., Dipl.-Ing., Dr.techn. Hansjörg MÜLLER
Univ.-Doz., Dipl.-Ing., Dr.techn. Ewald SCHACHINGER
Univ.-Doz., Dipl.-Ing., Dr.techn. Ferdinand SCHÜRER
Oberrat, Dipl.-Ing., Dr.techn. Waldemar NINAUS
Oberrat, Dipl.-Ing., Dr.techn. Herbert RABITSCH
Amtssekretär, Ing. Karl OSWALD
Amtssekretär, Ing. Gunthard KAHR
Oberoffizial Ludwig ROSMANN (Werkstättenleiter)
Gudrun HAAS (Sekretariat)
Detlef LIERZER (Lehrling)

Ersatzkräfte für nichtbesetzte Ordinariatsstelle (im Wechsel)

VA, Dipl.-Ing., Dr.techn. Werner WEIGLHOFER
VA, Dipl.-Ing., Dr.techn. Rudolf ZIEGELBECKER
VA, Dipl.-Ing., Dr.techn. Lothar LERCH
VA, Dipl.-Ing., Karl UNTERKOFLER

Mitarbeiter aus eigenen Einnahmen

VA, Dipl.-Ing. Winfried KERNBICHLER
VA, Dipl.-Ing. Ali NASSRI
Stud.Ass. Rainer FELDBACHER
Stud.Ass. Andreas MOLIN
Karl Heinz LESCH (Praktikant, Arbeitsmarktförderung)
Gerolf HEINRICH (Praktikant, Arbeitsmarktförderung)
Harald KRAMSER (Lehrling)
Manfred FERNER (Lehrling)
Mario PREM (Lehrling)

Universitätslektoren

Ao.Univ.-Prof., Dr.phil. Johann GÖTSCHL
Univ.-Doz., Dipl.-Ing., Dr.techn. Jürgen GERHOLD
Dr.phil. Martin HEYN
Dr.phil. Klaus SCHÖPF

Institutsstruktur

- Abteilung für Mathematische Physik und Elektrodynamik (Leiter: Prof.Dr.B.Schnizer)
- Abteilung für Energiephysik (Leiter: Prof.Dr.M.Heindler)
- Abteilung für Strahlenphysik (Leiter: Doz.Dr.Hj.Müller)

Elektrodynamik

E.Ledinegg

Im Rahmen der Elektrodynamik werden vor allem Ausbreitungsprobleme von elektromagnetischen Wellen in geschichteten Medien und in anisotropen Räumen betrachtet. Dazu kommt die Behandlung verschiedener Antennen- und Leiterformen, bzw. auch die Berechnung der Stromrückwirkung von Antennen aufeinander. Gegenwärtig besteht bei Untersuchungen über die Stromrückwirkung von gekreuzten Zylinderantennen eine Zusammenarbeit mit Dozent Dr.F.Schürer.

Als ein Beispiel, welches mehr den Grundlagen zuzordnen ist, sei auf den Nachweis der Darstellbarkeit des elektromagnetischen Streufeldes eines beliebigen Streukörpers durch Debye'sche Potentiale hingewiesen. Eine Reihe von Arbeiten befaßt sich auch mit dem Durchgang elektromagnetischer Wellen in anisotropen und stochastischen Medien. Zu diesem Zweck wurde eine von Uscinski stammende Mehrfachstreuungstheorie auf anisotrope Medien erweitert.

PUBLIKATIONEN

- E.Ledinegg, "Zur Darstellung des elektromagnetischen Feldes eines beliebig geformten Streukörpers mittels Debyescher Potentiale", AEU, 1986, 40, 2
- E.Ledinegg, "Elektromagnetische Wellenausbreitung in stochastischen anisotropen Medien bei beliebigem Einfall des Primärfeldes", Acta Phys.Austr. 56, 1985
- E.Ledinegg, "Satellite-Earth Communication Through The Anisotropic Stochastic Ionosphere In Polar Domains", U.R.S.I. International Symposium on Electromagnetic Theory, Budapest, 25.-29.08.1986
- E.Ledinegg, "General Theory Of Electromagnetic Fields Scattered By Objects Of Arbitrary Shape", U.R.S.I. International Symposium on Electromagnetic Theory, Budapest, 25.-29.08.1986

Quantenelektrodynamik und Feldphysik

E.Ledinegg

Feldphysikalische Schwerpunkte liegen hier vor allem in der quantentheoretischen Formulierung des Kohärenzbegriffes von Photonen- und Fermionenfeldern. Hier besteht eine Zusammenarbeit mit Dozent Dr.E.Schachinger. Gegenwärtig sollen die von verschiedenen Autoren stammenden quantenmechanischen Kohärenzbegriffe mit der von uns gegebenen Neutronenkohärenzdefinition, bei welcher ein "lokales" Pauli-Prinzip verwendet wird, verglichen werden. In einer Reihe von Diplomarbeiten wurde ferner die Theorie wechselwirkender Elementarteilchen unter dem Einfluß äußerer Felder im Rahmen des Furrybildes behandelt. Z.B. hat Herr Moshhammer in seiner Diplomarbeit den Versuch unternommen, ein modifiziertes Furrybild auch bei skalaren Teilchentheorien (z.B. Mesonenfelder) anzuwenden.

ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEIT:

H.Moshhammer, "Skalare Mesonen im äußeren Feld", Graz, April 1986

Zur elektromagnetischen Wechselwirkung gekreuzter Zylinderantennen

E.Ledinegg, B.Schnizer, F.Schürer

Während das Problem der Bodenrückwirkung sowohl auf Loop-Antennen, als auch auf Linearantennen in der Vergangenheit bereits Gegenstand mehrerer Publikationen von Institutsmitgliedern war, wird mit diesem Projekt versucht, die Rückwirkung gekreuzter Linearantennen analytisch zu erfassen. Die praktische Motivation für diese Studie ist durch die Frage nach der Filterwirkung von Gittern auf elektromagnetische Wellen gegeben.

Grundsätzlich gilt, daß die Rückwirkung linearer Antennen insofern schwieriger zu erfassen ist, als etwa die Rückwirkung auf Loop-Antennen-Systeme, da die eindimensionale Unbeschränktheit der Zylinderantennen zusätzliche Probleme aufwirft.

Konkret wurden nun in der ersten Phase dieser Untersuchungen zwei unendlich lange Zylinderantennen betrachtet, deren Achsen durch die Lage zweier windschiefer Geraden im freien Raum gegeben sind. Die Systemanregung erfolgt durch einen δ -Generator an der aktiven Antenne, und zwar am Ort des kürzesten Abstandes von der nur passiv wirkenden zweiten Antenne. Betrachtet man zunächst nur die aktive Antenne im freien Raum, so führt die Spaltanregung auf die sogenannte Hallénsche Integralgleichung zur Bestimmung der ungestörten Stromverteilung. Läßt man nun das Primärfeld der aktiven auf die passive Antenne wirken, so kann die induzierte Stromverteilung näherungsweise ermittelt werden. Für diese Approximation sind zwei Vorgangsweisen denkbar: Entweder man betrachtet nur das bezüglich der passiven Antenne azimutale \underline{H} -Feld der Primäranterie als Erregung, oder man versucht die Stromverteilung aufgrund der Anpassung der Tangentialkomponente des \underline{E} -Feldes an der passiven Antenne zu ermitteln. Während die erste Methode unmittelbar auf eine Integraldarstellung für die Stromverteilung führt, ist sie im zweiten Fall durch eine Integralgleichung vom Faltungstyp gegeben, die erst durch eine Fouriertransformation gelöst werden muß. Die erstgenannte Methode ist eine relativ grobe Näherung mit dem Vorteil, daß auch die Rückwirkung der passiven auf die aktive Antenne und damit die gesuchte Störung der primären Stromverteilung analytisch erfaßbar wird. Die an zweiter Stelle genannte bessere Näherung führt durch die notwendige Anwendung des Fourierischen Umkehrtheorems auf Schwierigkeiten, die jedoch durch die asymptotische Auswertung einzelner Integrale mit Hilfe der Sattelpunktmethode und einer Darstellung des primären \underline{E} -Feldes als Distribution überwunden werden konnten. Lediglich die explizite Auswertung der Ergebnisse erfordert numerische Methoden, wobei allerdings einer Numerik schwer zugängliche, uneigentliche Integrale zuvor durch eine Integraltransformation mit Hermitepolynomen in Integrale mit nichtsingulärem Integranden überführt werden müssen.

Elektrodynamik: Mikrowellenphysik und Antennentheorie

B.Schnizer, P.Mösl, M.Zink

Für die Anwendung als Empfangsantenne im Primärfokus eines Radioteleskops werden die Eigenschaften von Torusantennen vor einer leitenden Platte theoretisch untersucht und die Resultate mit Messungen verglichen, die von R.Wohleben im Antennenlabor des Max-Planck-Institutes für Radioastronomie in Bonn durchgeführt werden.

Bis jetzt wurde das allgemein verwendete Modell einer Torusantenne mit (einem meist unendlich) dünnen Querspalt, an dem die hochfrequente Speisespannung angelegt ist bzw. die Signalspannung abgenommen wird, für die drei vermessenen Toren vor einer unendlich ausgedehnten, unendlich gut leitenden Ebene ausgewertet und die Resonanzfrequenzen, die Eingangsadmittanz und das Strahlungsdiagramm berechnet. Die Übereinstimmung mit den Meßresultaten ist noch unbefriedigend. Dies liegt teilweise daran, daß die verwendeten Anspeisungen (kapazitiv: der Mittelleiter der speisenden Koaxialkabels endet in einem Blättchen, das parallel zur Torusoberfläche und von dieser nur durch einen kleinen Spalt getrennt ist; induktiv: der Mittelleiter wird um den Torus herumgeführt) vom theoretischen Modell sehr verschieden sind.

Es werden nun realistischere Modelle, die aber noch eine näherungsweise analytische Lösung gestatten, entwickelt. Bei noch genauerer Modellierung ist ein solcher Lösungsweg nicht mehr durchführbar; die Feldberechnungen müssen vollständig mit numerischen Methoden durchgeführt werden. Diese werden von M.Zink in der DFVLR in Oberpfaffenhofen bei München ausgeführt werden, da nur dort geeignete Rechenanlagen und die entsprechende Erfahrung mit den numerischen Methoden vorhanden sind.

ZUSAMMENARBEIT MIT:

Institut für Hochfrequenztechnik, Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), Oberpfaffenhofen bei München (A.Schroth, V.Stein, E.Kemptner, K.W.Kark)

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Technische Hochschule Darmstadt (G.Piefke)

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Fernuniversität Hagen, BRD, (R.Pregla, W.Pascher)

Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Antennenlabor, Bonn (R.Wohleben)

PUBLIKATIONEN

B.Schnizer, W.Pascher, R.Wohleben: "Calculated and Measured Radiation Characteristics of a Torus Antenna above a Conducting Plane", Kleinheubacher Berichte 29, 171-178 (1986)

B.Schnizer, W.Pascher, R.Wohleben: "Theoretical and Experimental Investigation of a Torus as a Primary Feed in Reflector Antenna", Proc.URSI, Int.Symp. on Electromagnetic Theory, Aug. 25-29, 1986, Budapest, Hungary, Akadémiai Kiadó

B.Schnizer, W.Pascher: "Theoretical and Experimental Investigation of a Torus as a Primary Feed in Reflector Antenna", erscheint in: Kleinheubacher Berichte 30 (1987)

LAUFENDE DIPLOMARBEIT

M.Zink: "Kapazitive Anregung einer Torusantenne über einer unendlich leitenden Ebene"

LAUFENDE DISSERTATION

P.Mösl: "Induktive Anregung einer Torusantenne über einer unendlichen, leitenden Ebene"

VORTRÄGE

- B.Schnizer, W.Pascher, R.Wohlleben: "Berechnete und gemessene Strahlungscharakteristik einer Torusantenne über einer leitenden Ebene"
Jahrestagung des URSI-Landesausschusses der BRD, Kleinheubach, 07.-11.10.1985
- B.Schnizer: "Elektromagnetische Wellenausbreitung in gyrotropen und stochastischen Medien. Felderregung in Strukturen durch Elektronenstrahlen oder Torusantennen"
Vortrag am Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik der TH Darmstadt, 14.10.1985
- B.Schnizer: "Berechnung elektromagnetischer Felder in Ringgeometrien"
Kolloquium am MPI für Radioastronomie, Bonn, 15.10.1985
- B.Schnizer, W.Pascher, R.Wohlleben: "Theoretische und experimentelle Untersuchungen einer Torusantenne als Primärfokus-Erreger in Reflektorantennen"
Jahrestagung des URSI-Landesausschusses in der BRD, Kleinheubach, 06.-10.10.1986

POSTERPRÄSENTATION

- B.Schnizer, W.Pascher, R.Wohlleben: "Theoretical and Experimental Investigation of a Torus as Primary Feed in Reflector Antenna"
International URSI Symposium in Electromagnetic Theory, Budapest, Ungarn,
25.-29.08.1986, Sect.U3.15

GASTVORTRÄGE

- V.Stein, DFVLR, Oberpfaffenhofen: Diskussion einiger Probleme bei der Berechnung der Streufelder komplizierter Strukturen, 03.10.1985
- K.W.Kark, DFVLR, Oberpfaffenhofen: Störungstheoretische Berechnung elektromagnetischer Schwingungen eines toroidalen Wellenleiters, 23.09.1986

DARSTELLUNG ELEKTROMAGNETISCHER FELDER IN ANISOTROPEN MEDIEN

W. Papousek, W. Weiglhofer

Für die Darstellung elektromagnetischer Felder existieren viele verschiedene mathematische Methoden. Besonders in isotropen Medien - die durch skalare Materialgrößen (Dielektrizitäts- und Permeabilitätskonstanten) beschrieben werden können - kann das elektromagnetische Feld durch Vektor- und Skalarpotential, oder durch Hertz'sche Vektoren, durch skalare Hertz'sche Potentiale, oder auch durch Green'sche Tensoren und Funktionen in jeweils einfacher Weise dargestellt werden.

Verkompliziert sich hingegen die Struktur der betrachteten Medien, in denen die elektromagnetischen Prozesse stattfinden etwa dahingehend, daß Dielektrizitäts- bzw. Permeabilitätstensoren zur adäquaten Beschreibung herangezogen werden müssen, so steigen auch die Anforderungen an die mathematische Lösungstheorie.

Im Rahmen unseres Forschungsprogrammes beschäftigen wir uns in erster Linie mit Lösungsdarstellungen in anisotropen Medien durch skalare Hertz'sche Potentiale bzw. Green'sche Tensoren.

- Im Anschluß an die von W. Weiglhofer im Dezember 1984 fertiggestellte Diplomarbeit "Skalare Hertz'sche Potentiale für gyrotrope Medien" werden weiterhin Felddarstellungen durch zwei skalare Hertz'sche Potentiale in gyrotropen Medien untersucht. Gyrotrope Medien sind spezielle anisotrope Medien, die sich durch das Vorhandensein einer ausgezeichneten Achse mit dazu rotationsinvarianten Materialparametern auszeichnen. Als Beispiele für derartige Medien dienen etwa kalte Elektronen- oder Ionenplasmen unter dem Einfluß eines statischen Magnetfeldes (ein Modell für die irdische Ionosphäre) oder magnetisierte Ferrite (vielfach als Hohlleiter-substrat verwendet). Hier konnte gezeigt werden, daß bei Vorhandensein von eingepprägten Stromdichteverteilungen, transversal gerichtet zur ausgezeichneten Achse des gyrotropen Mediums, neben den zwei skalaren Hertz'schen Potentialen noch zwei (singuläre) Hilfsfunktionen in den Felddarstellungen berücksichtigt werden müssen. Außerhalb der Quellverteilung ist es aber möglich, diese Felddarstellung in eine solche mit nur zwei skalaren Hertz'schen Potentialen zu transformieren, was in Einklang mit einem von Przedziecki bewiesenen Darstellungstheorem steht.
- Im Gegensatz zu isotropen Medien eröffnen gyrotrope Medien die erstaunliche Möglichkeit, das gesamte elektromagnetische Feld aus einer skalaren Funktion - einem sogenannten Superpotential - herzuleiten. Dies beruht auf der Tatsache, daß die beiden skalaren Hertz'schen Potentiale miteinander gekoppelt sind und so die Anzahl der unabhängigen Funktionen auf eins reduziert werden kann.
- Für die formale Felddarstellung in allgemeinen anisotropen Medien ist die Methode der Green'schen Tensoren hervorragend geeignet. Green'sche Tensoren stehen im Mittelpunkt der von W. Weiglhofer verfaßten Dissertation "The representation of electromagnetic fields in anisotropic media in terms of dyadic Green's functions". Es werden die mathematischen Eigenschaften der Green'schen Tensoren, wie etwa Symmetrien oder Reziprozitäten, untersucht. Zur expliziten Bestimmung der Green'schen Tensoren muß allerdings ein System von Tensor-differentialgleichungen erster Ordnung gelöst werden. In der zahlreich vorhandenen Literatur war Fouriertransformation die bisher einzig mögliche analytische Methode, diese Gleichungen zu lösen. Wir konnten - wieder für den Spezialfall des gyrotropen Mediums - zeigen, daß jeder der vier Green'schen Tensoren (mit jeweils neun unabhängigen Komponenten) auf zwei skalare Green'sche Funktionen reduziert werden kann. Diese skalaren Green'schen Funktionen sind aber nichts anderes als die auf Punktquellen spezialisierten skalaren Hertz'schen Potentiale. Damit konnte ein wesentlicher Zusammenhang zwischen zwei a priori sehr verschiedenen Methoden hergestellt werden.
- Weiters wird untersucht, ob die Methode der skalaren Hertz'schen Potentiale auf allgemeinere Medien - etwa bianisotrope und räumlich inhomogene Medien - ausgedehnt werden kann. Hier

wird nach Kriterien gesucht, die an die Struktur der betrachteten Medien zu stellen sind, um eine Felddarstellung durch skalare Funktionen zu ermöglichen.

PUBLIKATIONEN

- W.Weiglhofer und W.Papousek, "Skalare Hertz'sche Potentiale für anisotrope Medien", AEU 39 (1985), 343 - 346
- W.Weiglhofer und W.Papousek, "Zur Darstellung elektromagnetischer Felder in einem anisotropen Plasma durch skalare Potentiale", Kleinheubacher Berichte 29 (1986), 131 - 140
- W.Weiglhofer and W.Papousek, "Scalar Hertz potentials and dyadic Green's functions for gyrotropic media", U.R.S.I.-International Symposium on Electromagnetic Theory, August 25 - 29, 1986, Budapest, Hungary, Akadémiai Kiadó, 615 - 617
- W.Weiglhofer and W.Papousek, "Scalar Hertz potentials for transversally oriented current density distributions in gyrotropic media", to be printed in AEU 40 (1986)
- W.Weiglhofer, "Field representation in gyrotropic media by one scalar superpotential", submitted to IEEE-Transactions on Antennas and Propagation
- W.Weiglhofer, "The reduction of dyadic Green's functions to scalar Hertz potentials for gyrotropic media", submitted to Radio Science
- W.Weiglhofer, "Scalarization of Maxwell's equations in anisotropic media", to be printed in Kleinheubacher Berichte 30 (1987)

ABGESCHLOSSENE DISSERTATION

- W.Weiglhofer, "The representation of electromagnetic fields in anisotropic media in terms of dyadic Green's functions"

VORTRÄGE

- Jährliche Tagung des U.R.S.I.-Landesausschusses in der BRD, Kleinheubach, 07.-11.10.1985, "Zur Darstellung elektromagnetischer Felder in einem anisotropen Plasma durch skalare Potentiale"
- International U.R.S.I.-Symposiu, on Electromagnetic Theory, Budapest, Hungary, 25.-29.08.1986, "Scalar Hertz potentials and dyadic Green's functions for gyrotropic media"
- Jährliche Tagung des U.R.S.I.-Landesausschusses in der BRD, Kleinheubach, 06.-10.10.1986, "Skalarisierung der Maxwell'schen Gleichungen in anisotropen Medien"

POSTERPRÄSENTATION

- Österreichische Physikalische Gesellschaft, Jahrestagung 1986, Innsbruck, 24.-26.09.1986, "Darstellung elektromagnetischer Felder in anisotropen Medien durch skalare Hertz'sche Potentiale und Green'sche Tensoren"

Theorie nichtlinearer Schwingungen in Anwendung auf Teilchenbahnberechnungen in Beschleunigern

B.Schnizer, H.Moshammer

In Teilchenbeschleunigern werden die geladenen Teilchen durch magnetische Dipolfelder geführt, durch Quadrupolfelder fokussiert. Diese Felder sind notwendigerweise in der zur Sollbahn transversalen Richtung inhomogen. Ebenso sind sie längs der Sollbahn (exakt oder näherungsweise) räumlich periodisch. Die von den Magnetfeldern ausgeübten Kräfte sind geschwindigkeitsabhängig. Da die oben angeführten Felder baubedingt oder beabsichtigerweise auch noch höhere (n-pol) Anteile enthalten, sind die Bewegungsgleichungen der Teilchen nichtlinear.

Solche Nichtlinearitäten können bei Resonanz die Amplituden der Teilchenbewegung so anheizen, daß die Teilchen durch Auftreffen auf die Wand oder andere Begrenzungen verloren gehen. Bei der hohen Intensität der heute erzielbaren Teilchenstrahlen ist die Berechnung der Aperturbegrenzung eine sehr wichtige Aufgabe.

Wegen des komplizierten Charakters der Felder in einer realen Maschine können die Teilchenbahnen nur numerisch berechnet werden. Hiefür gibt es umfangreiche Programmsysteme.

Für ein qualitatives Verständnis der Teilchenbewegung sind aber mittels analytischer oder semi-analytischer Methoden erzielte Näherungslösungen sehr nützlich. Zu diesem Zweck werden Modelle von Beschleunigerstrukturen ausgewählt, die so weitgehend idealisiert sind, daß man derartige Lösungen auffinden kann, z.B. mittels Störungstheorie. Für die Bewegung in Richtung der Teilchenbahn bzw. in einer transversalen Richtung wurden von J. Hagel bereits am Institut in Zusammenarbeit mit CERN und hierauf am CERN solche Untersuchungen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit ihm sollen diese nun von H.Moshammer weitergeführt und auf zwei transversale Raumrichtungen erweitert werden.

ZUSAMMENARBEIT MIT:

Theory Group, LEP Division, CERN, Genf (E.Keil, J.Hagel)

LAUFENDE DISSERTATION

H.Moshammer: "Theorie nichtlinearer Schwingungen und Berechnung der effektiven Apertur in AG-Synchrotronen" (Arbeitstitel).

GASTVORTRAG

J.Hagel: "Nichtlineare Dynamik und ihre Anwendung in der Beschleunigerphysik" (07.05.1986)

Theoretische Atomspektroskopie: Berechnung des Starkeffekts bei Edelgasen

B.Schnizer, R.Ziegelbecker

Bei diesem Arbeitsgebiet handelt es sich um ein Gemeinschaftsprojekt zwischen dem Institut für Theoretische Physik und dem Institut für Experimentalphysik, für welches die Ergebnisse unmittelbare praktische Bedeutung haben: Dort wurden die Aufspaltungen mehrerer Edelgasspektren im elektrischen Feld ("Starkeffekt") in einzelne, aber auch in ganze "Büschel" von Stark-Komponenten mit dem Spektrographen aufgenommen und daraus die Lage zahlreicher atomarer Energieniveaus in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke ermittelt. Diese Daten enthüllen jedoch fast nichts, was einem echten Verständnis der beobachteten Phänomene dienlich wäre. Es fehlten Hinweise, welche der theoretische möglichen Komponenten im Experiment stark, schwach oder gar nicht sichtbar sind, welche davon entartet oder praktisch entartet sind, wodurch sie charakterisiert, und vor allem, wie sie benannt werden können.

Die theoretischen Modelle und numerischen Berechnungen mußten sich an diesen Anforderungen orientieren und werden ihnen in Form der Doktorarbeit von R.Ziegelbecker auch weitgehend gerecht. Stellvertretend für alle Edelgase, am Beispiel des einfach angeregten, neutralen Edelgasatoms (Neon I) konnte darin gezeigt werden, daß die Annahme exakter j_l -Kopplung (bei Edelgasen koppeln l und s des Leuchtelektrons getrennt (!) und in dieser Reihenfolge an den Drehimpuls j des Atomrumpfes) unter Verwendung der bekannten Energieeigenwerte des feldfreien Atoms und ausreichend großer Sätze von Basisfunktionen das Experiment bereits so gut wiedergibt, daß die experimentell beobachteten Linien, nicht zuletzt dank der in beiden Polarisierungen zusätzlich berechneten Linienintensitäten, in den meisten Fällen identifiziert werden können. Da weiters die Wellenfunktionen in einer anschaulichen Basis (n, l, m_l, \dots) berechnet wurden, wurde es möglich, ihre Struktur zur Charakterisierung jeder Stark-Komponente heranzuziehen und aufgrund dieser Erkenntnisse eine Terminologie zur Bezeichnung von Stark-Komponenten vorzuschlagen.

Hauptschwierigkeiten bei dieser Arbeit waren die Analyse der Voraussetzungen und die numerische Bearbeitung großer Datenmengen. Die Fälle sehr dicht liegender Stark-Komponenten oder der Anticrossings zwischen dem "gestrichenen" und dem "ungestrichenen" Termsystem, die eine noch genauere Kenntnis der Wellenfunktionen erfordern, harren noch der genauen Berechnung mit Hilfe der (relativ neuen) Quantendefekttheorie oder eines "self consistent field"-Programmes.

ABGESCHLOSSENE DISSERTATION

R.Ch.Ziegelbecker: "Berechnung des Stark-Effekts von Edelgasatomen unter Annahme reiner j_l -Kopplung am Beispiel des Ne I", Technische Universität Graz (1986)

PUBLIKATIONEN

R.Ch.Ziegelbecker, H.Jäger, B.Schnizer, L.Windholz: "Stark Effekt of Neon I-Lines (II)", Physica Scripta (to be published)

R.Ch.Ziegelbecker, H.Jäger, B.Schnizer, L.Windholz: "Tables Related to a Calculation of the Stark Effect of Neon I", Institutsbericht des Institutes für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz (to be published)

POSTERPRÄSENTATIONEN

R.Ch.Ziegelbecker und L.Windholz: "Calculation of the Stark-Effect of Neon Atoms Using J_l -Coupling", Europhysics Conference Abstracts, 18th EGAS Conference, A4-17, Marburg (1986)

R.Ch.Ziegelbecker und L.Windholz: "Berechnung des Starkeffekts von Neonatomen", Jahrestagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft, P1.11, Innsbruck (1986)

Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie eines Fermionensystems

W. Bulla, K. Unterkofler

Die Beschäftigung mit diesem Gebiet erfolgt in Zusammenarbeit mit Doz. Dr. F. Gesztesy, Institut für Theoretische Physik, Universität Graz, und Doz. Dr. H. Grosse, Institut für Theoretische Physik, Universität Wien, im Rahmen des von ihnen eingereichten Projektes "Quantisierung in äußeren Solitonenfeldern", welches vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich unter der Nr. P5588 unterstützt wird.

Ausgangspunkt der Arbeit ist ein Modell, das zur Beschreibung der Elektronen in Polyazetylenmolekülen entwickelt wurde. Es verwendet eine räumlich eindimensionale Diracgleichung mit im allgemeinen ortsveränderlicher Masse.

Die Untersuchungen erfolgen mit zeitgemäßen Methoden und Begriffsbildungen der mathematischen Physik; dies sind hier vor allem Funktionalanalysis und zur Behandlung der Quantenfelder auch die Theorie der C^* -Algebren und ihrer Darstellungen.

Der quantenmechanische Teil des Arbeitsprogramms ist der Untersuchung der oben erwähnten Dirac-Gleichung mit ortsabhängiger Masse gewidmet, der quantenfeldtheoretische Teil dem zugehörigen zweitquantisierten System, also einem Quantenfeld, das dieser Dirac-Gleichung genügt.

Im quantenmechanischen Bereich wurde von Herrn Unterkofler im Rahmen seiner Diplomarbeit die eindimensionale Dirac-Gleichung mit periodischem Potential untersucht (s. eigenen Abschnitt). Im quantenfeldtheoretischen Bereich wurden von Grosse und Mitarbeitern Ergebnisse zur Frage der unitären Implementierbarkeit von Eichtransformationen der quantenmechanischen Gleichung in der physikalischen Darstellung des zugehörigen Quantenfeldes erhalten; die eigenen Untersuchungen sind u.a. dem Zusammenhang zwischen den Implementierbarkeitsbedingungen, Ladungszahlen und dem analytischen Index eines mit den Eichtransformationen verbundenen Operators gewidmet. Gegenstand weiterer Arbeit soll der Versuch werden, die Ladungen der Grundzustände in verschiedenen Darstellungen des Quantenfeldes zueinander in Beziehung zu setzen.

DIPLOMARBEIT

K. Unterkofler: "Periodische Potentiale in der eindimensionalen Dirac-Gleichung"

In dieser Arbeit wurde die Übertragbarkeit der für Schrödinger-Operatoren mit periodischem Potential bekannten Ergebnisse auf die entsprechenden Dirac-Operatoren untersucht. Die fehlende Halbbeschränktheit und allgemeinere Struktur des Dirac-Operators machte es notwendig, vom Schrödinger-Fall abweichende Beweisverfahren zu verwenden. Es wird gezeigt, daß auch hier ein in Bänder aufgeteiltes rein absolutstetiges Spektrum auftritt, wobei sich die Bänder nicht überlappen können. Ferner war auch die direkte Integralzerlegung des Operators mit absolutstetigem Spektrum in eine in $\frac{1}{c}$ (c : Lichtgeschwindigkeit) holomorphe Schar von Operatoren mit diskreten Spektren eine Entwicklung der Bandkanten um den nichtrelativistischen Grenzfall möglich, wobei die in einer Arbeit von Gesztesy, Grosse und Thaller entwickelte abstrakte Störungstheorie für Dirac-Operatoren verwendet wurde.

Veröffentlichung in Vorbereitung.

THEMA

"Singuläre Schrödingeroperatoren"

Das Ergebnis dieser Untersuchungen erschien in der Arbeit: W. Bulla/F. Gesztesy, "Deficiency indices and singular boundary conditions in quantum mechanics".
Journal of Mathematical Physics 26, 2520 (1985)

Theorie der Supraleitung

E.Schachinger, M.Prohammer, D.Triebeinig, E.E.Langmann

Das physikalische Phänomen der Supraleitung ist heute eines der theoretisch am besten verstandenen. Es wird daher immer mehr Aufgabe der Theorie, eine möglichst genaue Interpretation experimenteller Ergebnisse durchzuführen, um so zu einem noch besseren Verständnis des quantenmechanischen Verhaltens von Festkörpern im allgemeinen zu kommen. Das bessere theoretische Verständnis verschiedenster Einflüsse auf das physikalische Verhalten eines Supraleiters beeinflusst schließlich auch die Suche nach neuen supraleitenden Materialien, welche für technische Anwendungen möglichst hohe Sprungtemperaturen ($>20\text{K}$) und hohe kritische Magnetfelder ($>20\text{T}$) haben sollten. Solche Materialien sind insbesondere für alle Anwendungen im Rahmen der Fusionsphysik wesentlich.

Im Rahmen der Arbeiten auf diesem Gebiet konnten im letzten Jahr vor allem Fortschritte in der theoretischen Behandlung des thermodynamisch kritischen Feldes $H_c(T)$ und des oberen kritischen Magnetfeldes $H_{c2}(T)$ gemacht werden. Die Übereinstimmung experimenteller Daten von Indium (Typ I Supraleiter) und V_3Si (nicht idealer Typ II A-15 Supraleiter) mit theoretisch errechneten ist nun so ausgezeichnet, daß man alle Einflüsse, welche man experimentell beobachten kann, auf rein quantenmechanische Ursachen zurückführen kann.

ZUSAMMENARBEIT

a.o.Univ.-Prof.Dr.H.WEBER, Atominstitut der Österreichischen Universitäten
Prof.Dr.J.P.CARBOTTE, McMaster University, Hamilton Ont., Kanada
Dr.M.SCHOSSMANN, McMaster University, Hamilton Ont., Kanada

PUBLIKATIONEN

- E.Schachinger und J.P.Carbotte: "Thermodynamics of Superconductors With Disorder Induced Increased Coulomb Repulsion"
Solid State Commun. 53, 997 (1985)
- E.Schachinger und R.Wunder: "Strong Coupling Kondo-Superconductors"
Physica 135B, 464 (1985)
- E.Schachinger, H.G.Zarate, M.Schossmann und J.P.Carbotte: "Possible Superconducting Parameters for a Chevrel Phase Compound $\text{Cu}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ "
Physica 135B, 377 (1985)
- L.Niel, M.Giesinger, H.W.Weber und E.Schachinger: "Thermodynamics of Anisotropic Superconducting Indium Analyzed in Terms of Eliashberg-Theory"
Phys.Rev. B32, 2976 (1985)
- E.Schachinger, H.G.Zarate, M.Schossmann und J.P.Carbotte: "On the Microscopic Interaction in the Chevrel Compounds $\text{Cu}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ und Mo_6Se_8 "
J.Low Temp.Phys. 62, 1 (1986)
- M.Schossmann und E.Schachinger: "Strong Coupling Theory of the Upper Critical Field H_{c2} "
Phys.Rev.B 33, 6123 (1986)
- M.Prohammer und E.Schachinger: "On the Mean Field Theory of One-Dimensional Antiferromagnetic Superconductors"
Solid State Commun. 58, 649 (1986)
- F.Marsiglio, J.P.Carbotte und E.Schachinger: "Specific Heat Difference Functional Derivative Within Strong-Coupling Theory"
J.Low Temp.Phys. (im Druck)

ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

M.Prohammer: "Koexistenz von Antiferromagnetismus und Supraleitung"

LAUFENDE DIPLOMARBEITEN

D.Trieblnig: "Dünne supraleitende Schichten im externen Magnetfeld"

E.E.Langmann: "Der Einfluß der Spin-Bahn Wechselwirkung auf das obere kritische Magnetfeld eines Supraleiters"

VORTRÄGE

Österreichische Physikertagung (Wien, Sept. 1985, eingeladen): "Theorie der kritischen Magnetfelder $H_c(T)$ und $H_{c2}(T)$ "

Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Freudenstadt, April 1986, eingeladen): "Theorie der kritischen Magnetfelder $H_c(T)$ und $H_{c2}(T)$ "

Seminar am Atominstitut der Österreichischen Universitäten (Järner 1986): "Theorie des oberen kritischen Magnetfeldes H_{c2} "

Seminar an der McMaster University, Hamilton, Kanada: "Phenomenology of Technical Superconductors"

FORSCHUNGSaufenthalt

Juni - September 1986: McMaster University, Hamilton, Ont., Kanada

FUSIONSPHYSIK - BEWERTUNG FORTGESCHRITTENER FUSIONSBRENNSTOFFE

M.Heindler, W.Kernbichler, R.Feldbacher

EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Unsere Forschungstätigkeit während des Berichtszeitraumes stellt die Weiterführung unserer früheren Arbeiten über die Nutzbarkeit und Attraktivität alternativer Fusionsbrennstoffe dar. War früher der Brennstoff pB-11 Gegenstand der Untersuchung, so wurde nun der Schwerpunkt auf Brennstoffzyklen gelegt, die primär auf dem Einsatz von Deuterium beruhen. Dabei handelt es sich um Isotopengemische zwischen p-d-t-³He-⁴He und durch zusätzliche Zugabe von ⁶Li um den sogenannten "Compound Fuel Cycle" p-d-t-³He-⁴He-⁶Li-⁷Li-⁷Be. In diesen Fusionszyklen ist eine große Zahl von Reaktionskanälen zu berücksichtigen; bei Zugabe von ⁶Li entstehen alle Isotope bis zu einer Ladungszahl Z=5, die für die radiologische Bewertung, fallweise auch für die energetische Beurteilung, zu berücksichtigen sind.

Ziel unserer Arbeit ist dabei, alle Brennstoffalternativen in der Fusion zu untersuchen und ihre Eigenschaften mit denen eines herkömmlichen Deuterium-Tritium Gemisches zu vergleichen. Wir beschränken uns dabei auf Reaktoren, die auf dem Prinzip des Magneteinschlusses beruhen. Das Verhalten in speziellen Konzepten (Tokamak, Spiegel, Reversed Field Pinch, ...) kann dabei jeweils mit Hilfe eines Satzes von Reaktorparametern (Einschlußzeit, Magnetfeld, ...) dargestellt werden.

BEWERTUNGSGRÖSSEN

Als Grundlage einer vergleichenden Bewertung verschiedener Brennstoffalternativen wird eine Reihe von Bewertungsgrößen definiert. Diese beinhalten alle für einen Vergleich relevanten energetischen Größen (Fusionsleistung, Energieverstärkung, Nettoleistung, Verlustleistungen) und Indikationen für ausgewählte Bewertungsbereiche (Neutronenproduktionsrate, -spektrum und -leistung, Tritiuminventar und -produktionsrate, Tritiumbrüterfordernis, Gammastrahlung, etc.) Die Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Brennstoffgemischen und/oder unterschiedlichen Einschlußkonzepten wird durch Bezug der Indikatoren auf gleiche Nettoenergieproduktion erreicht, die - abweichend von der üblicherweise verwendeten Fusionsleistung - die letztlich entscheidende Größe für eine energiewirtschaftliche Nutzung der Fusion darstellt.

METHODE

Für die Berechnung der Bewertungsgrößen wurde ein Beschreibungsmodell für das Plasma und den Reaktor entwickelt, wobei die Beiträge der einzelnen physikalischen Prozesse (Fusion, Energietransfer zwischen Ionen und Elektronen, Strahlung, Verluste, Heizung, ...) zu den Teilchen- und Leistungsbilanzgleichungen in einem stationären Punktreaktormodell explizit erfaßt werden. Eine grundlegende Annahme ist dabei, daß ein stabiler Einschluß des betrachteten Plasmas über lange Zeit gewährleistet ist.

Die Eigenschaften eines bestimmten Einschlußkonzeptes werden durch ein breites Spektrum von Parametern dargestellt. Dies betrifft operationelle Parameter (z.B. Ionentemperatur, Injektionsströme und -energien) und Reaktorparameter (Einschlußzeiten, Magnetfeld, Umwandlungseffizienzen). Auch Theorie- und Datenunsicherheiten werden durch geeignete Parameter erfaßt.

Die Sensivität der Bewertungsgrößen auf Veränderungen in diesem Parameterraum wird untersucht. Dies ermöglicht die Suche nach optimalen Bereichen (die ihrerseits in einem nächsten Schritt die Anforderungen an ein eventuelles Reaktorkonzept definieren) bzw. die Untersuchung von "trade-offs", z.B. in welchen Parameterbereichen eine Verminderung der Neutronenbelastung ohne wesentliche Verschlechterung der Energiebilanz möglich ist.

Die theoretische Beschreibung der plasmaphysikalischen Prozesse (in den einzelnen Termen der

Bilanzgleichungen) ist zum Teil der Literatur entnommen. Die Behandlung von Phänomenen, die spezifisch in Hochtemperaturplasmen auftreten und in der Literatur nur ungenügend erfaßt sind, wird im Kapitel 'Plasmaphysik' beschrieben. Ein weiteres Detaillierfordernis ist die Kenntnis und Verfügbarkeit von Wirkungsquerschnitten für die große Zahl an stattfindenden Kernreaktionen. Zu diesem Zweck wird in Zusammenarbeit mit der IAEA eine Wirkungsquerschnittsdatensammlung und Evaluierung durchgeführt.

Der hier beschriebene Zugang ermöglicht, die wesentlichen Eigenschaften einer Brennstoffkombination (Energetik, radiologische Auswirkungen, Brennstoffbedarf, technologische Erfordernisse, usw.) unter optimierten Einschlußbedingungen eines hypothetischen Reaktors darzustellen und damit das Potential für eine spätere energiewirtschaftliche Nutzung abzuwägen.

PROJEKTE

Neutronen- und radioaktivitätsarme Kernenergie (Steiermärkische Landesregierung)

Physical properties of magnetically confined advanced-fuel fusion-plasmas (International Atomic Energy Agency)

Vergleichende Bewertung von fortgeschrittenen Brennstoffen für jetzige und künftige Energieerzeugungsanlagen (Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung)

Daten und Reaktionsraten für fortgeschrittene Brennstoffe (Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung)

PUBLIKATIONEN, VORTRÄGE UND POSTERPRÄSENTATIONEN

Kernbichler, W., Heindler, M., "Compound Light Ion Fuel Cycles: An Approach to Optimization", Proc. 7th International Conference on Alternative Energy Sources, Miami Beach, Florida, USA, 09.-11.12.1985 (+ Vortrag)

Kernbichler, W., Heindler, M., "D-based Fuel Cycles in MCF-Reactors: Trade-Offs between Neutron-, Radioactivity- and Power Production", 4th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, Madrid, Spain, 30.06.-04.07.1986 (+ Poster)

Kernbichler, W., Heindler, M., Feldbacher, R., "The Promise of Tritium Lean Fuels", 14th Symposium on Fusion Technology, Avignon, France, 08.-12.09.1986 (+ Poster)

Kernbichler, W., Heindler, M., Feldbacher, R., "Fusion mit reduziertem Tritiuminventar", Jahrestagung der ÖPG, Innsbruck, 24.-26.09.1986 (Poster)

ZUSAMMENARBEIT

Prof.G.H.Miley, University of Illinois, Urbana, USA

Dr.K.Schöpf, Universität Innsbruck

IAEA Nuclear Data Section

IAEA Division of Research and Laboratories

DISSERTATIONEN UND DIPLOMARBEITEN

Kernbichler, W., "Brennstoffalternativen in der Fusion - eine physikalische Bewertung der Möglichkeiten" (Dissertation in Arbeit)

Feldbacher, R., "Neutronen und Tritium in Deuterium-Helium 3-Fusionsplasmen" (Diplomarbeit in Arbeit)

M.Heindler, G.Heinrichs, W.Kernbichler, A.Nassri

SUPRATHERMISCHE IONEN IN FUSIONSPLASMEN

Das Verhalten hochenergetischer Ionen in einem Fusionsplasma ist ein äußerst wichtiger Prozeß hinsichtlich der Plasmaselbstheizung und der davon beeinflussten Leistungsbilanz eines Fusionsreaktors.

Während in bisherigen Arbeiten über Bremsung von schnellen Ionen die Streuwechselwirkungen als der dominierende Effekt praktisch isoliert behandelt wurden, sollten in dieser Studie Coulombstreuung, Kernstreuung (NES), schnelle Fusion und Teilchenverluste gemeinsam Berücksichtigung finden.

Zunächst mußte für das damit vorliegende Transportproblem ein geeignetes mathematisch-physikalisches Modell formuliert werden. Als Zielgröße, welche die Bewertung der einzelnen oben angeführten Effekte in bezug auf ihre relative quantitative Bedeutung für die Leistungsbilanz ermöglicht, wurde dabei die Geschwindigkeitsverteilung $f_s(E)$ der suprathermischen Teilchen identifiziert. Diese ist Lösung einer modifizierten BOLTZMANN-FOKKER-PLANCK-Gleichung und kann für den stationären Fall - und nur der interessiert hier - unter folgenden Annahmen errechnet werden: von äußeren Kräften freies, homogenes, geschwindigkeits-isotropes Plasma mit Maxwell-scher Hintergrundverteilung; Vernachlässigung der Wechselwirkung schneller Teilchen untereinander; Berücksichtigung der Verluste durch die Plasmaoberfläche mittels eines gemittelten Volumenverlusttermes.

Für die eigentliche Berechnung von $f_s(E)$, die Gegenstand unserer derzeitigen Forschungsarbeit ist, waren allerdings einige Vorarbeiten zu erbringen. So ist die exakte Behandlung von Stößen mit großem Energie transfer (LET) unter Berücksichtigung der thermischen Bewegung des Hintergrundplasmas nur durch Formulierung eines LET-Stoßintegrals möglich. Dafür mußten unter recht erheblichem Rechenaufwand die Streukerne (= Streuübergangswahrscheinlichkeiten von LET-Stößen) ausgewertet werden.

Da durch dieses LET-Stoßintegral physikalisch gesehen eine vollständige Kopplung aller Energieintervalle auftritt - jedes E-Intervall ist Quelle der anderen - muß von einer rekursiven Mehrgruppenrechnung abgesehen und statt dessen ein iteratives Lösungskonzept verwendet werden.

Die Kenntnis von $f_s(E)$ ermöglicht in einem weiteren Schritt, die Rückwirkung der schnellen Ionen auf das Hintergrundplasma zu berechnen. Diese äußert sich in einer Aufheizung der Brennstoffionen und der gleichzeitigen Störung ihrer ursprünglichen Maxwellverteilung (durch sog. "recoil"-Effekte). Für die meisten Brennstoffzyklen führt das in der Folge zu einer Erhöhung der Reaktivität und damit zu einer Verbesserung der Energiebilanz.

ZYKLOTRONSTRAHLUNG IN PLASMEN

Zyklotronstrahlung von Elektronen in Magnetfeldern ist seit langem Gegenstand theoretischer und experimenteller Forschung, besonders in der Weltraum- und in zunehmendem Maße in der Plasmaforschung: Diagnose von Fusionsexperimenten (Electron Cyclotron Emission), Resonanzheizung von Plasmen (Electron Cyclotron Resonance Heating), nichtinduktive Stromerzeugung, Stabilisierung, Energietransport in bzw. Energieverluste aus Fusionsplasmen. Im Rahmen des Projektes "Zyklotronstrahlung in Plasmen" liegt der Schwerpunkt auf der Berechnung dieser Strahlungsverluste, die die Lösung der Strahlungstransportgleichung erfordert. Dies setzt wiederum die Kenntnis der lokalen Absorptions- und Emissionskoeffizienten (AEK) in ihrer Abhängigkeit von der Plasmatemperatur, Frequenz und Ausbreitungsrichtung der Strahlung voraus, die hinreichend genau und gleichzeitig numerisch leicht zu handhaben sind.

Nach einer Bestandsaufnahme der vorhandenen Darstellungen für die AEK und den Strahlungsverlust wurden bisher folgende Schritte durchgeführt:

- (1) Entwicklung einer exakten Integraldarstellung der AEK auf der Basis des Einzelteilchenmodells für Elektronen, die sich gegenüber den bestehenden Darstellungen durch eine leichte numerische Handhabbarkeit auszeichnet; Vergleich mit den aus der kinetischen Plasmatheorie gewonnenen numerischen Ergebnissen.
- (2) Herleitung einer analytischen Darstellung der AEK auf der Basis des Einzelteilchenmodells für Ausbreitungsrichtungen senkrecht zum eingeprägten Magnetfeld ohne die üblichen einschränkenden Annahmen (Wellenfrequenz \gg Gyrationfrequenz; Ruheenergie \gg kinetische Energie); Verallgemeinerung auf beliebige Ausbreitungsrichtungen.
- (3) Untersuchung der Genauigkeit der analytischen Darstellungen von AEK durch Vergleich von (1) mit (2).

Ergebnisse: Es ist gelungen, eine analytische Darstellung der Absorptions- und Emissionskoeffizienten zu finden, die im Niedertemperaturbereich (bis einige 10 keV) das Resonanzverhalten der Koeffizienten wiedergibt und bis weit über 100 keV gültig ist. Größere Genauigkeit und leichtere Handhabbarkeit zeichnen diese Darstellungen gegenüber bisher bekannten aus.

PROJEKTE

Physical Properties of Magnetically Confined Advanced-Fuel Fusion Plasmas (IAEA Research Contract)

Vergleichende Bewertung von fortgeschrittenen Brennstoffen für jetzige und künftige Energieerzeugungsanlagen (Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung)

Zyklotronstrahlung in Plasmen (Österreichische Nationalbank)

ZUSAMMENARBEIT MIT:

Prof.Dr.F.Gratton, Prof.Dr.G.Gnavi, Prof.Dr.C.Ferro-Fontan, University of Buenos Aires
Dr.M.Reyn, Dr.H.Biernat, Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaft

Dr.H.Riedler, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching
Dr.K.Schöpf, Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck
Internationale Atomenergie Organisation, Wien

PUBLIKATIONEN, VORTRÄGE UND POSTERPRÄSENTATIONEN

- Heinrichs, G., Kernbichler, W., Schöpf, K., "Bremsung Suprathermischer Ionen in Fusionsplasmen", Jahrestagung der ÖPG, Innsbruck, 23.-26.09.1986 (Poster)
- Kernbichler, W., Heindler, M., "D-Based Fuel Cycles in MCF-Reactors: Trade-Offs between Neutron-, Radioactivity- and Power-Production", 4th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, Madrid, Spanien, 30.06.-04.07.1986 (Publikation und Poster)
- Nassri, A., Heindler, M., "A New Formulation for the Synchrotron Absorption/Emission Coefficient in Plasmas", angenommen zur Publikation in The Physics of Fluids
- Nassri, A., Heindler, M., "Zyklotronstrahlung in der Plasmaphysik", Jahrestagung der ÖPG, Innsbruck, 23.-26.09.1986 (Vortrag)

LAUFENDE DIPLOMARBEITEN UND DISSERTATIONEN

- Heinrichs, G., "Suprathermische Ionen in Fusionsplasmen" (Diplomarbeit)
- Kernbichler, W., "Brennstoffalternativen in der Fusion - eine physikalische Bewertung der Möglichkeiten" (Dissertation)
- Nassri, A., "Zyklotronstrahlung in der Plasmaphysik" (Dissertation)

ENERGIESYSTEMANALYSE

M.Heindler, M.Hinterkircher, K.-H.Lesch, A.Molin, K.Mally

PROJEKT

IAEA Research Contracts No. 4o23/RB und 4o23/R1/RB, Methodology for the Impact of the Introduction of Advanced Nuclear Reactor Systems; dieser Vertrag ist Teil eines Coordinated Research Program on Requirements for Future Application of Advanced Reactors.

Zunehmend setzt sich die Einsicht durch, daß die Frage nach der energiewirtschaftlichen Bedeutung alternativer Energiekonzepte und nach deren sozialen, internationalen und umweltrelevanten Auswirkungen nicht beantwortet werden kann, solange man sich mit einer physikalisch-technischen Beschreibung einzelner Kraftwerke ("Reaktoren") begnügt. Die Analyse ist daher erstens auf nichttechnische Aspekte einzelner Kraftwerke und zweitens auf ganze Energieversorgungssysteme auszudehnen.

Ein wesentlicher Aspekt der Untersuchung von ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEMEN ist deren DYNAMIK. Dies erfordert die Einführung von zum Teil neuartigen Beurteilungsgrößen, um die zeitliche Veränderung des Systems adäquat beschreiben und belastbare Aussagen erhalten zu können.

Wir beschäftigen uns derzeit mit NUKLEAREN SUBSYSTEMEN von ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEMEN, wobei folgende Bereiche schwerpunktmäßig bearbeitet werden:

- Brennstoffkreisläufe gegenwärtiger und fortgeschrittener Spaltreaktorsysteme (U, U-Pu, U-Th, Pu-Th)
- Brennstoffkreisläufe von Spalt-Fusions-Systemen
- Methodologie zur vergleichenden Bewertung von Spaltreaktorsystemen

Bei der Untersuchung von GEGENWÄRTIGEN und FORTGESCHRITTENEN SPALTREAKTORSYSTEMEN sollen vor allem die verschiedenen Möglichkeiten im Bereich des Brennstoffkreislaufes und deren Einfluß auf die Energiebilanz des Systems dargestellt werden. Anhand der möglichen Brenn- und Brutstoffe werden verschiedene Konzepte für die Brennstoffversorgung erarbeitet und im Hinblick auf eine optimale Energie- und Ressourcenausnutzung miteinander verglichen. Dabei werden vor allem die Auswirkungen der Einführung des Schnellen Brütters auf die zeitliche Entwicklung der Systeme sowie auf den Bedarf an Natur-Uran mit Hilfe von Computermodellen untersucht, wobei die verschiedenen Brenn- und Brutstoffe getrennt berücksichtigt werden. So können auch Vor- und Nachteile beim Übergang auf Thorium-Kreisläufe beschrieben werden. Anhand einiger Fallstudien wurden diese Ergebnisse mit denen konventioneller Kernenergiesysteme verglichen.

Im Bereich der SPALT-FUSIONS-SYSTEME wird derzeit vor allem die Brennstoffversorgung von Leichtwasserreaktoren durch Fusionsbrüter - als Alternative zum Einsatz Schneller Brüter - untersucht. Dabei werden die Auswirkungen unterschiedlicher Ausbaustrategien auf die Brennstoff- und Energiebilanz des Gesamtsystems analysiert bzw. unter Vorgabe von Bedarfsprognosen optimale Installationspläne für die verschiedenen Reaktortypen ermittelt. Zum Vergleich der untersuchten Systeme bzw. Reaktorkonzepte mit anderen möglichen Alternativen wurden verschiedene Bewertungsfaktoren eingeführt. So wurde z.B. als Bezugsgröße die von den jeweiligen Systemen den Konsumenten zur Verfügung gestellte Gesamtenergie gewählt. Hier zeigt sich vor allem die Bedeutung einer dynamischen Systembeschreibung, da die Ergebnisse den Unterschied zwischen der Beurteilung eines isolierten speziellen Reaktorkonzepts und der als Grundlage für energiepolitische Entscheidungen dienenden Bewertung von komplexen Versorgungssystemen verdeutlichen. Die hier erarbeiteten Methoden sollen als Basis für eine Erweiterung der Untersuchungen auch auf nichtnukleare Systeme dienen.

Basierend auf Erkenntnissen des Systems Engineering und des Technology Assessment wird eine METHODOLOGIE ZUR VERGLEICHENDEN BEWERTUNG VON SPALTREAKTORSYSTEMEN entwickelt. Das an die Bedürfnisse des Coordinated Research Program on Requirements for Future Application of Advanced Reactors angepaßte Vorgehensmodell umfaßt fünf Stufen:

- Auswahl und Definition von Entscheidungsalternativen
- Festlegung der Einflußbereiche (Impact Identification)
- Einflußanalyse (Impact Analysis)
- Bewertung der Einflüsse (Impact Evaluation)
- Kommunikation der Ergebnisse

Eigene Arbeiten auf dem Gebiet der Energiesystemanalyse, wie z.B. die oben beschriebenen, erwiesen sich insbesondere bei der Festlegung der Einflußbereiche und bei der Einflußanalyse als wertvoll. Zur Bewertung der Einflüsse wird ein nutzwertanalytisches Modell herangezogen.

Außerdem wurde ein analytisches Modell zur Optimierung der Blockgröße von Kraftwerken entwickelt. Dabei wird jenes Reaktorsystem ermittelt, das in Abhängigkeit von der Blockgröße die geringsten diskontierten Gesamtfixkosten aufweist. Zahlreiche Parameter wie Diskontsatz, Kostendegression, Errichtungszeit, etc. werden in diesem Modell berücksichtigt.

ZUSAMMENARBEIT MIT:

Weger, I., Zentrum für Elektronische Datenverarbeitung, Graz

PUBLIKATIONEN, VORTRÄGE UND POSTERPRÄSENTATIONEN

- Heindler, M., "Impact Assessment - Possible Steps of Action", IAEA Research Coordination Meeting of the Coordinated Research Program on Requirements for Future Application of Advanced Reactors, Wien, 15.-18.10.1985 (Vortrag, Tagungsbesuch auch Molin, A.)
- Weger, I., Lesch, K.-H., Heindler, M., "Dynamic Analysis of Fusion-Fission Systems", Proceedings 7th Miami International Conference on Alternative Energy Sources, Miami Beach, Florida, USA, 09.-11.12.1985 (auch Poster, Tagungsbesuch Weger, I.)
- Lesch, K.-H., Weger, I., Heindler, M., "Dynamical Analysis of Different Concepts on Long Term Fission Strategies", Proceedings 4th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, Madrid, Spanien, 30.06.-04.07.1986 (auch Poster, Tagungsbesuch Lesch, K.-H., Heindler, M.)
- Molin, A., "Assessment of Nuclear Reactor System Alternatives", Proceedings 4th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, Madrid, Spanien, 30.06.-04.07.1986 (auch Poster und Tagungsbesuch)
- Lesch, K.-H., Weger, I., Heindler, M., "Dynamical Analysis of Different Concepts on Long Term Fission Strategies", ÖPG-Jahrestagung 1986, Innsbruck, 22.-26.09.1986 (Poster, Tagungsbesuch Heindler, M.)
- Molin, A., "Assessment of Nuclear Reactor System Alternatives", ÖPG-Jahrestagung 1986, Innsbruck, 22.-26.09.1986 (Poster)

LAUFENDE DIPLOMARBEITEN

- Hinterkircher, M., "Brennstofffluß in Konverter/Brütersystemen"
- Lesch, K.-H., "Neue Strategien für Nukleare Brennstoffkreisläufe"
- Molin, A., "Assessment of Nuclear Reactor System Alternatives"

(TAGUNGS-)BESUCHE

(siehe auch unter Publikationen)

- Heindler, M., Molin, A., Institut für Sozioökonomische Entwicklungsforschung und Technikbewertung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 14.10.1985
- Lesch, K.-H., IAEA Technical Committee on the Utilization of Thorium-Based Nuclear Fuel: Current Status and Prospectives, Wien, 02.-04.12.1985
- Molin, A., DPG-Arbeitstagung, Forschungsmanagement in der Physik X, Bad Honnef, BRD, 02.-04.12.1985
- Molin, A., IAEA Seminar on Supporting Industrial Infrastructure Requirements and Development for Nuclear Power, Wien, 14.-18.04.1986

HJ. Müller

Im Berichtsjahr wurde das Projekt "Zur Neutronenphysik von Absorberkugeln als Notabschalt-system im Hochtemperaturreaktor", welches in Zusammenarbeit mit der Kernforschungsanlage Jülich durchgeführt wurde, abgeschlossen. Nähere Details sind den Ausführungen von F. Schürer zu entnehmen.

Ein neuer Schwerpunkt wurde mit der Neutronendosimetrie in Angriff genommen. Hier liegt die Problematik einerseits in der Erfassung des in den meisten Fällen vorliegenden breiten Energiespektrums und andererseits in der damit verbundenen Anwendung des Qualitätsfaktors. Im thermischen Energiebereich liegt der Qualitätsfaktor nämlich bei 3, während dieser Faktor im MeV Bereich einen Wert von 10 erreicht. Die notwendige Verknüpfung dieser beiden Parameter in einem Meßgerät, wenn man das Problem im ersten Schritt nur von der gerätetechnischen Seite betrachtet, ist schwer zu realisieren und spiegelt sich in jedem für diese Zwecke gebauten Meßgerät durch die große Schwankungsbreite der Ergebnisse wider.

In der Diplomarbeit von Herrn Wladkowski wurden die ersten Untersuchungen mit Kugelsonden nach Bonner im thermischen Energiebereich mit Hilfe eines thermalisierten Neutronenstrahles aus dem Argonaut-Reaktor Graz vorgenommen. Die Fortführung dieser Arbeiten ist in weiteren Diplomarbeiten vorgesehen und soll die Dosimetrie im epithermischen und schnellen Energiebereich der Neutronen umfassen.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß auf dem Gebiet der Neutronendosimetrie eine Kooperation mit dem Trainingsreaktor der Technischen Universität Budapest in die Wege geleitet wurde.

Ein weiterer Problemkreis betraf die meßtechnische Erfassung von Dichteschwankungen im Bereich unter $0,001 \text{ g/cm}^3$ (0,1 %) in Flüssigkeiten mit rund 2 % Feststoffanteil. In der technischen Anwendung werden die Schwankungen einerseits durch die in die Flüssigkeit eingebrachten pulverförmigen Mineralstoffe und andererseits durch Holzfasern hervorgerufen. Die Untersuchungen zeigten, daß die Erfassung von Dichteschwankungen bis zu $0,001 \text{ g/cm}^3$ mit Hilfe von radioaktiven Isotopen (10 mCi Cs-137) für in Flüssigkeit homogen verteilten Stoffen möglich ist. Für zusätzlich in die Versuchslösung eingebrachte Holzfasern wird die Messung der Dichteänderung problematisch, da sich an den Fasern noch weitere Luftbläschen anlagern und damit ein Ergebnis mit großer Schwankungsbreite erhalten wird.

Die dritte abgeschlossene Diplomarbeit betraf die Bestimmung der Quellstärke von Neutronenquellen. Mit Hilfe der Wasserbadmethode gelang es, die Neutronenemission einer gerade an der Grenze des Meßbereiches liegenden Quelle zu ermitteln.

Durch den in Tschernobyl eingetretenen Reaktorunfall wurde im Mai 1986 Radioaktivität auch über Österreich abgelagert. Diese Aktivitäten gelangten teilweise in den biologischen Zyklus Pflanze-Tier-Mensch und sind damit als eine zusätzliche Strahlenbelastung aufzufassen. Daher ist die Kenntnis der Verteilung und Wanderung der radioaktiven Isotope im Boden für die Zukunft von großem Interesse. In einer zur Zeit laufenden Diplomarbeit wird dieser Problemkreis untersucht und nach einer Möglichkeit gesucht, die Aufnahme von radioaktivem Caesium durch Pflanzen zu verringern.

Ein weiteres Arbeitsgebiet betraf die Anwendung von radioaktiven Isotopen in der Verfahrenstechnik. In einer Kolonne sollte ein Zusammenhang zwischen den hydrodynamischen Größen des verwendeten Apparates und dem Stoffaustausch bei der Flüssig/Flüssig-Extraktion hergestellt werden. Mit Hilfe des Tracers Tc-99 m konnten Verweilzeiten ermittelt werden, die bei Variation von verschiedenen Parametern Aufschluß über die Optimierung des Kolonnenbetriebes brachten.

DIPLOMARBEITEN

- Wladkowski, J., "Bestimmung der Dosisleistung an einem thermischen Neutronenstrahl des Argonaut-Reaktors Graz", TU-Graz, 1986
- Kazianka, J., "Flüssigkeitsdichtemessung mit Hilfe von Gammastrahlen", TU-Graz, 1985
- Koch, K., "Quellstärkebestimmung von schwachen Neutronenquellen", TU-Graz, 1986
- Meisel, S., "Verteilung und Wanderung von künstlichen Radionukliden im Erdboden", TU-Graz, in Arbeit

POSTERPRÄSENTATIONEN

- Wachter, R., Bart, H.-J., Marr, R., Müller, H.J., "The application of liquid-membrane-permeation for the separation of copper from waste water", 5th International Symposium on Synthetic Membranes in Science and Industry, Tübingen, FRG, 1986

Untersuchungen über die durch Höhenstrahlung erzeugten Neutronen in der niederen Atmosphäre und den Bremsmechanismus in kompakten Moderatoren

E.Ledinegø, H.J.Müller, W.Ninaus, G.Kahr, H.Zlöbl, H.Grabner

FORSCHUNGSPROJEKT

Projekt-Nr. 4135, gefördert vom Fonds der wissenschaftlichen Forschung, Wien

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes bestand die Absicht, ein Sekundärhöhenstrahl-neutronenabsorptionsgerät zu entwickeln, um Wassergehalte von Schneedecken mit mehr als 1 % Genauigkeit zu bestimmen. Zur Erreichung dieser extremen Meßgenauigkeiten wurde ein Basisforschungsprogramm vorgeschlagen, das aus einem experimentellen und theoretischen Teil bestand. Der theoretische Teil, der sich analytisch mit dem Durchgang der Höhenstrahlneutronen durch eine Schneedecke zu befassen hatte, konnte inzwischen im Rahmen einer Zweigruppendiffusionstheorie zum Abschluß gebracht werden.

Neutronenphysikalische Aspekte bei der Entwicklung von DT-Fusionsreaktorblankets

H.Rabitsch

Es wurde eine Literaturstudie durchgeführt, um die theoretischen und experimentellen Methoden und Erfordernisse bei der Entwicklung von Fusionsreaktorblankets zu erfassen.

Zahlreiche integrale Experimente zur Bestimmung der Tritiumbrutrate zeigen, daß noch große Unterschiede zwischen den berechneten und experimentellen Werten bestehen. Diese Unterschiede lassen sich im wesentlichen auf Ungenauigkeiten der nuklearen Daten und der Sekundärneutronenverteilung zurückführen. Um die geforderten Genauigkeiten für die Tritiumbrutrate zu erreichen, ist es notwendig, die Wirkungsquerschnittsdaten für die vorgesehenen Blanketmaterialien (Brüter, Multiplikator, Kühlmittel, Reflektoren und Strukturmaterial) zu verbessern. Experimentell bedarf es genauerer Methoden zur Bestimmung der Tritiumbrutrate und der Neutronenflußdichte.

Neutronenphysikalische Untersuchungen zum Wassereintrich in gasgekühlte Kugelhaufenreaktoren

H.J.Müller, R.D.Neef, W.Ninaus, K.Oswald, H.Rabitsch, F.Schürer

+) Institut für Reaktorentwicklung der KFA Jülich

Für gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren stellt der Wassereintrich in die Corezone ein Sicherheitsrisiko dar. Durch Risse im Dampferzeuger kann es zur Wasserbeaufschlagung der Brennstoffzone und in der Folge bei untermoderierter Coreauslegung sogar zu einem Leistungsexkurs des Reaktors kommen.

Während in der Vergangenheit diesen Störfall betreffende Untersuchungen vor allem dem Reaktivitätsanstieg einer gepulsten unterkritischen Kugelschüttung in Abhängigkeit vom Wassergehalt gewidmet waren oder in der Form von theoretischen Analysen zur Reaktordynamik erfolgten, war das gegenständliche Projekt der Überprüfung des Reaktorprogrammsystems GAMTEREX einschließlich der Programme MUPO und ZUT-DGL gewidmet. Das vorrangige Ziel dieser Studie bestand in der Erfassung der Vorhersagegenauigkeit der Neutronenflußverteilung wasserbeaufschlagter Kugelhaufencores unter Anwendung des genannten Reaktorcodes. Aber auch das Reaktivitätsverhalten bei zunehmendem Wassergehalt bildete einen Schwerpunkt unserer Untersuchungen.

Die notwendigen Experimente wurden am Siemens-Argonaut-Reaktor (SAR) des Reaktorinstitutes an der Technischen Universität Graz durchgeführt. Zum Studium der Neutronenpopulation in einer kalten Hochtemperaturreaktorzone unter Störfallbedingungen substituierten wir den inneren Reflektor des SAR durch eine Schüttung aus kugelförmigen Brennelementen vom Typ AVR-Jülich. Das Ringcore wirkte als Treiberzone und ergab mit der eingebauten Kugelschüttung ein kritisches System. Durch das Einbringen von Polyäthylengranulat und Polystyrol gelang es, reproduzierbar eine Wasserbeaufschlagung im Ausmaß von 0 - 50 % des Lückenvolumens der Schüttung zu simulieren.

Die neutronenphysikalische Auslegung der Versuchsanordnung erfolgte mit Hilfe der erwähnten Diffusions- und Transportprogramme am Institut für Reaktorentwicklung der Kernforschungsanlage Jülich. Durch die Anwendung der Buckling- und Albedo-Recycling Technik konnte eine spektrale Kopplung benachbarter Reaktorzonen erreicht werden. Ein Verfahren, das sich besonders für die äußerst heterogene Versuchsanordnung als zielführend erwies.

Um die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Vorausrechnung experimentell zu verifizieren, wurden Meßkanäle aus Aluminiumrohren zur Positionierung von Aktivierungsfolien und Spaltdetektoren in die Kugelschüttung eingebaut. Die in den Foliendetektoren induzierte Aktivität ist proportional zur Reaktionsrate und wurde aus den repräsentativen Gammalinien der erzeugten Radionuklide bestimmt. Die Messung und automatisierte Auswertung erfolgte mit einem prozessrechnergesteuerten Meßplatz, der im wesentlichen aus einem NaJ-Detektor, der notwendigen Zähl- und Übertragungselektronik und dem Prozessor PDP 11/34 bestand.

Die gemessenen Reaktionsraten stimmen in nahezu allen Meßkanälen mit den vorausgerechneten Werten unter Berücksichtigung der Folienselbstabschirmung sehr gut überein. Es zeigte sich sogar, daß in der "nassen" Kugelschüttung die berechneten Reaktionsraten in einem höheren Maß durch die experimentellen Ergebnisse bestätigt wurden als dies für die trockene Kugelschüttung der Fall war.

Die experimentellen Untersuchungen des Reaktivitätsverhaltens betrafen den Bereich maximaler Neutronenvervielfachung und den Übergang aus der trockenen in die Phase geringer Wasserbeaufschlagung. Der gemessene Anstieg des effektiven Multiplikationsfaktors aus der trockenen Kugelschüttung heraus entsprach mit hoher Genauigkeit dem vorausgerechneten Reaktivitätskoeffizienten. Das Maximum der Reaktivität dürfte sowohl nach experimentellem als auch nach rechnerischem Befund bei einem Wassergehalt von 35 % des Lückenvolumens liegen.

Ferner konnte aus dem Vergleich des Funktionsverlaufes des effektiven Multiplikationsfaktors

der Versuchsanordnung mit dem des unendlichen Multiplikationsfaktors der Kugelregion geschlossen werden, daß in einem großen Kugelhaufenreaktor das Maximum der Reaktivität bei wesentlich geringerer Wasserkonzentration erreicht werden wird, als dies bei sehr kleinen Anordnungen der Fall ist.

Betrachtet man zusammenfassend die Gesamtheit aller vorliegenden Meßwerte im Vergleich mit den Ergebnissen der Vorausrrechnung, so kann dem Code-System GAMTEREX, MUPO und ZUT-DGL ein hohes Maß an Genauigkeit in der Voraussage von Kritikalität und Neutronenflußverteilung zuerkannt werden.

ZUSAMMENARBEIT

Institut für Reaktorentwicklung der Kernforschungsanlage Jülich, BRD

PUBLIKATIONEN

"Überprüfung transporttheoretischer Methoden zur Neutronenfluß- und Kritikalitätsbestimmung für den Störfall des Wassereintruches in gasgekühlte Kugelhaufenreaktoren",
Bericht des Reaktorinstitutes an der TU Graz, RIG-19 (April 1985),
(F.Schürerer, W.Ninaus, H.Rabitsch, K.Oswald, Hj.Müller, R.D.Neef, H.Kreiner)

"Investigations on the Water Ingress in a Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled Reactor",
Proceedings of a Specialists' Meeting on Safety and Accident Analysis for Gas-Cooled Reactors,
organized by the IAEA, Oak-Ridge, 13-15 May 1985, IAEA-TECDOC-358, 227-233
(Hj.Müller, W.Ninaus, F.Schürerer, H.Rabitsch, R.D.Neef)

"Steady-State Neutronic Investigations to the Accident of Water-Ingress in Systems with
Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled Reactor Fuel",
zur Veröffentlichung in Nucl.Sci.Eng. eingereicht
(F.Schürerer, W.Ninaus, R.D.Neef, K.Oswald, H.Rabitsch, Hj.Müller)

VORTRÄGE

Hj.Müller: "Investigations on the Water Ingress in a Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled
Reactor"
Specialists' Meeting on Safety and Accident Analysis for Gas-Cooled Reactors, orga-
nized by the IAEA and held at Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, 13-15 May 1985

Zur Neutronenphysik von Absorberkugeln als Notabschaltsystem im Hochtemperaturreaktor

H.J. Müller, R.D. Neef⁺, W. Ninaus, K. Oswald, H. Schaal⁺, F. Schürerer, S. Sgouridis

⁺) Institut für Reaktorentwicklung der Kernforschungsanlage Jülich

Gasgekühlte Kugelhaufenreaktoren verfügen über ein hohes Maß an inhärenter Sicherheit. Bei Versagen des Abschaltsystems sorgen der negative Temperaturkoeffizient der Reaktivität und andere physikalische Mechanismen für eine Selbstabschaltung des Reaktors. Um darüber hinaus ein höchstes Maß an Sicherheit für den Abschaltvorgang zu gewährleisten, wurde vorgeschlagen, den herkömmlichen Abschaltmechanismus durch ein diversitäres Abschaltssystem zu ergänzen.

Dieses Notabschaltsystem beruht auf der Verwendung von kleinen Absorberkugeln aus boriiertem Graphit (KLAK), deren Durchmesser wesentlich kleiner als der der Brennstoffkugeln ist. Bei Versagen des konventionellen Abschaltsystems rieseln die Absorberkugeln aus dem Deckenreflektor infolge der Schwerkraft in die Corezone ein und verteilen sich statistisch auf die Lücken der Kugelschüttung. Es bilden sich Nester unterschiedlicher Größe, in denen bis zu 50 Absorberkugeln festgehalten werden. Diese Anhäufung der KLAK setzt jedoch ihre Wirksamkeit durch Selbstabschirmung herab und reduziert den Abschalteffekt.

Zur Beurteilung der Effektivität und zur neutronenphysikalischen Optimierung dieses Notabschaltsystems wurde ein Rechenverfahren aus Moduln des Reaktorprogrammsystems RSYST entwickelt. Durch den Einsatz eindimensionaler Transport- und zweidimensionaler Diffusionscodes gelang es, das neutronenphysikalische Verhalten von binären Kugelschüttungen aus großen Brennstoff- und kleinen Absorberkugeln zu erfassen, wobei die Komplexität der Modellbildung vor allem dadurch erhöht wurde, daß sich die KLAK nicht einzeln auf die Lücken der Kugelschüttung aufteilen, sondern sich zu KLAK-Nestern verschiedener Größe vereinen.

Zu den Vorteilen des hier entwickelten mehrstufigen Zellmodells zählt, daß es nicht nur im besonderen auf die räumliche Selbstabschirmung in den KLAK-Nestern Bedacht nimmt, sondern auch problemlos in eine Gesamtcoreauslegung mit vorgegebener Nestverteilung bei variabler Clustergröße eingebaut werden kann. Darüber hinaus impliziert das Verfahren eine Rechenstrategie, in der die explizite Evaluation der Selbstabschirmungsfaktoren für die KLAK-Nester und deren Transfer in nachfolgende Rechenschritte entfällt, indem die Wirkung der Abschattung im KLAK-Nest unmittelbar in die Ermittlung der homogenisierten Wirkungsquerschnitte einfließt.

Mit dem Ziel, einerseits die Effektivität dieses Notabschaltsystems experimentell zu untersuchen und andererseits die Anwendbarkeit des entwickelten Rechenverfahrens zu überprüfen, wurden mit dem Siemens-Argonaut-Reaktor (SAR) kritische Experimente an einer Kugelschüttung aus HTR-Brennelementen und kleinen Absorberkugeln durchgeführt. Hierzu substituierten wir den inneren Reflektor des SAR durch eine Schüttung aus kugelförmigen Brennelementen und nutzten das Ringcore des SAR als Treiberzone. Zur Erzielung von reproduzierbaren Kugelanordnungen gingen wir von der sonst üblichen statistischen Schüttung auf eine geordnete Schüttung entsprechend der Struktur eines hexagonalen Kristallgitters über.

Im Zentrum dieser HTR-Testzone und damit in hinreichendem Abstand vom SAR-Ringcore fügten wir Nester aus kleinen Absorberkugeln in die Hohlräume der Schüttung ein. Bei den kritischen Experimenten wurden nun Reaktivitätsänderungen bestimmt, die sich bei konstanter mittlerer KLAK-Anzahl pro Brennelement durch die Variation der KLAK-Anzahl pro Nest ergaben.

Die Messungen zeigen in gleicher Weise wie die Ergebnisse der Vorausschätzung, daß mit steigender KLAK-Anzahl pro Brennelement der Absorptionseffekt zunimmt, während mit wachsender KLAK-Anzahl pro Nest die Selbstabschirmung größer wird und damit die Abschaltwirkung reduziert. Aus der guten Übereinstimmung zwischen den berechneten und experimentell bestimmten Reakti-

vitätsdifferenzen konnte geschlossen werden, daß das entwickelte Rechenverfahren den Abschalt-effekt borierter Graphitkugeln mit hinreichender Genauigkeit beschreibt.

PROJEKT

Zur Neutronenphysik von Absorberkugeln als Notabschaltsystem im Hochtemperaturreaktor
(Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Projekt-Nummer P 4933)

ZUSAMMENARBEIT

Institut für Reaktorentwicklung der KFA Jülich, BRD

PUBLIKATIONEN

"Investigations of an Emergency Shut-Down System Using Small Absorbing Spheres for Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled Reactors"
Proceedings of a Specialists' Meeting on Safety and Accident Analysis for Gas-Cooled Reactors, organized by the IAEA, Oak Ridge, 13-15 May 1985, IAEA-TECDOC-358 (85-94)
(W.Ninaus, S.Sgouridis, F.Schürerer, Hj.Müller, K.Oswald, R.D.Neef, H.Schaal)

"Theoretical and Experimental Investigations of a New Emergency Shut-Down System for Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled Reactors"
Zur Veröffentlichung in Nucl.Sci. and Eng. eingereicht.
(S.Sgouridis, F.Schürerer, Hj.Müller, W.Ninaus, K.Oswald, R.D.Neef, H.Schaal)

VORTRÄGE

Hj.Müller, "Investigations of an Emergency Shut-Down System Using Small Absorbing Spheres for Pebble-Bed High Temperature Gas-Cooled Reactors"
Specialists' Meeting on Safety and Accident Analysis for Gas-Cooled Reactors, organized bei the IAEA and held at ORNL, Oak Ridge, 13-15 May 1985.

Nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl

Hj.Müller, G.Kahr, W.Ninaus, K.Oswald, H.Rabitsch

Die wissenschaftliche Betreuung des Reaktorinstitutes an der Technischen Universität in Graz erfolgt durch Mitglieder des Institutes für Theoretische Physik.

Neben dem Siemens-Argonaut-Reaktor stehen dem Reaktorinstitut mehrere moderne Strahlenmeßplätze zur Verfügung. In den vergangenen Jahren wurden einige interessante Forschungsprojekte zur Reaktor- und Neutronenphysik abgeschlossen. Die gerätetechnische Ausstattung des Reaktorinstitutes entspricht dem internationalen Standard und das Fachpersonal besitzt jahrzehntelange Erfahrung auf den verschiedenen Gebieten der Strahlenphysik und Strahlenmeßtechnik.

Seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl werden am Reaktorinstitut und der angeschlossenen Staatlich Autorisierten Versuchsanstalt für Strahlenschutz und Strahlenmeßtechnik Messungen der radioaktiven Belastung von Luft, Regenwasser, Erde, Gras, Lebensmitteln, ... durchgeführt. Als Beispiel der Radioaktivitätsmessungen ist in Abb.1 der Verlauf der an Aerosole gebundenen Betaaktivität dargestellt. Der größte Teil der Aktivität wurde im Raum Graz mit den starken Regenfällen in der Nacht vom 29./30. April ausgewaschen. Das Maximum der Gesamtbetaaktivität erreichte den etwa zehnfachen Normalwert.

In den ersten Tagen und Wochen konzentrierten sich die Aktivitätsbestimmungen in den Lebensmitteln auf Jod-¹³¹. Es etablierte sich ein ständiger Meßdienst, der die Mitarbeiter bis an die Grenzen der Belastbarkeit beanspruchte. Zusätzlich wurde das Institut zur Anlaufstelle für viele Hilfe- und Ratsuchende, die telefonisch oder persönlich um Auskünfte ersuchten. Die Telefone liefen heiß und wir mußten uns teilweise Vorwürfe anhören, weil wir wegen der großen regionalen Unterschiede keine allgemeingültigen "Strahlenwerte" bekanntgeben konnten. Der Kontakt mit der Bevölkerung war für uns sehr wichtig und ein Lernergebnis ist: "Informieren beruhigt!"

Den organisatorischen Aufwand konnten wir nur mit Hilfskräften und der Unterstützung des Sekretariats (G.Haas, S.Doller) bewältigen.

Anfangs wurden vor allem Messungen für private Auftraggeber, später auch für öffentliche Institutionen durchgeführt.

Nach dem ersten Ansturm und dem routinemäßigen täglichen Meßdienst starteten wir auch einige interessante Projekte. So konnten wir Richtwerte für die Jod-¹³¹-Aktivitäten in Schilddrüsen von Verstorbenen (Raum Graz) angeben.

Mit Anfang Juni verlagerten sich die Aktivitätsbestimmungen in Lebensmitteln auf die Caesiumnuklide. Außerdem wurden die Nuklidverteilungen in zahlreichen Industriefiltern bestimmt. Ein längerfristiges Projekt soll den Aktivitätsanstieg von Caesium-137 in menschlichem Muskelgewebe erfassen. Ein besonders für die Steiermark interessantes Projekt betrifft Untersuchungen über die Verteilung und Wanderung der Radionuklide in landwirtschaftlich genutzten Böden. Hier besteht eine Zusammenarbeit mit mehreren Institutionen des Landes. Dieses Projekt verspricht interessante Ergebnisse.

Wir rechnen damit, daß wir mit den Auswirkungen nach Tschernobyl und vor allem mit den Auswertungen der Ergebnisse noch einige Zeit beschäftigt sein werden.

Die Herren Hj.Müller, W.Ninaus, K.Oswald, H.Rabitsch hielten zum Thema Tschernobyl Vorträge und beteiligten sich an Informations- und Diskussionsveranstaltungen.

FUBLIKATION

H.Rabitsch, Hj.Müller: ¹³¹J-Aktivität menschlicher Schilddrüsen im Raum Graz
(erscheint in "Die Naturwissenschaften")

Spezifische
Betaaktivität

MESSORT: REAKTORINSTITUT GRAZ
MESSGERÄT: METHAN-DURCHFLUSS-
ZÄHLER

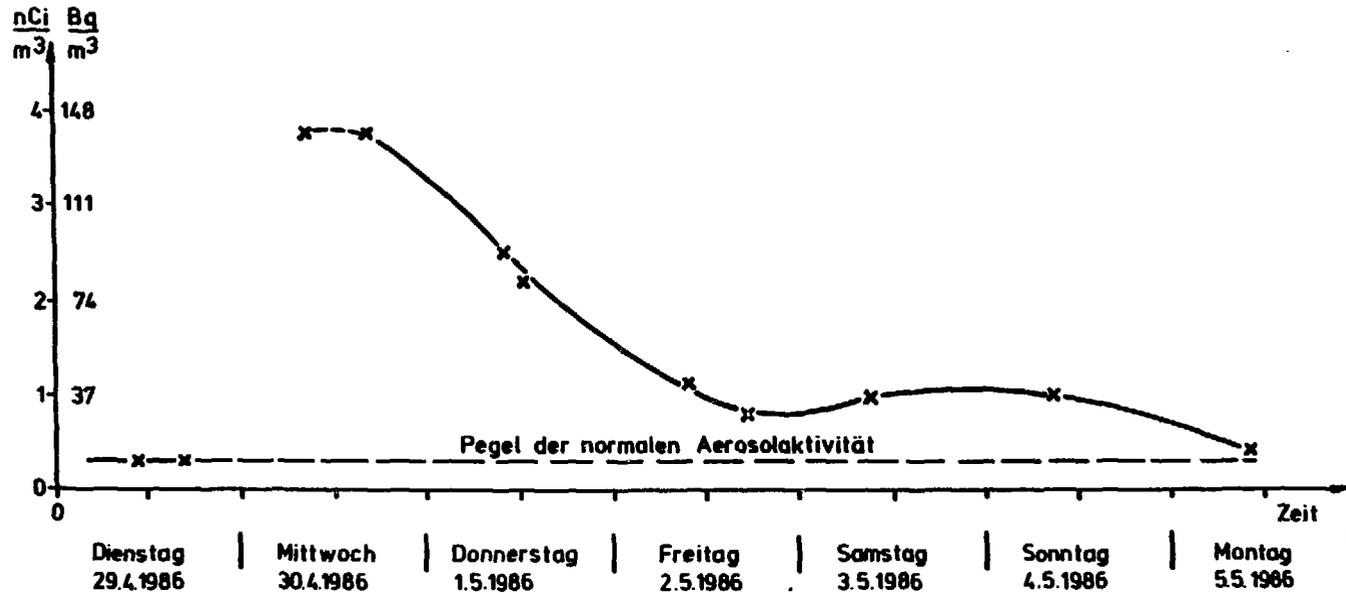


Abb.:1 Verlauf der aerosolgebundenen Gesamtbetaaktivität nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl

-25-

Lehrveranstaltungen

VORLESUNGEN UND PRAKTIKA

(Angaben in Klammer: Semesterwochenstunden, V = Vorlesung, U = Übung, PJ = Projektstudium)

W.Bulla:

Statistische Thermodynamik (2 V)
Quantenmechanik (Mathem. Fragen) (2 V)
Mathem.Behandlung d. Wellenmechanik (1 V)
Privatissimum (5 PV)
Durchführung v. wissensch.Arbeiten (35 DW)

Mitwirkung in der EV 'Mathem.Methoden IV' an der Univ. Graz, Inst.f.Theoret.Physik

J.Götschl/M.Heindler:

Soziale Technik 1 (2 PS)
Soziale Technik 2 (2 PS)

M.Heindler:

Wellenmechanik (2 V)
Arbeitsgemeinschaft Wellenmech. (2 U)
Plasmaphysik I (2 V)
Fusionsphysik I (2 V)
Nukleare Energiesysteme 1 (2 V)
Nukleare Energiesysteme 2 (2 V)
Projektstudien Energiephysik/
EDV I P,TM (2 PJ)
Projektstudien Energiephysik/
EDV IIP,TM (2 PJ)
Privatissimum (5 PV)
Durchführung v. wissensch.Arbeiten (35 DW)

M.Heyn:

Theorie d. schwach turbul.Plasmen 1 (2 V)
Theorie d. schwach turbul.Plasmen 2 (2 V)

W. Kernbichler:

Fusionsphysik II (2 V)

E. Ledinegg:

Feldphysik 1 (2 V)
Feldphysik 2 (2 V)
Allg.Relativitätstheorie 1 (1 V)
Allg.Relativitätstheorie 2 (1 V)

Hj. Müller:

Reaktormechanik 1, P	(4 LU)
Reaktormechanik 2, P	(4 LU)
Strahlenschutz	(2 V)
Teilchenbeschleuniger	(1 V)
Privatissimum	(5 PV)
Durchführung v. wissensch.Arbeiten	(35 DW)
Elektr.Meßtechnik 3	(2 V)
Elektr.Meßtechnik 3	(2 LU)

A.Nassri:

Plasmaphysik II	(2 V)
-----------------	-------

W. Ninaus:

Elektronik, Labor	(4 LU)
Elektronik 1	(2 V)
Elektronik 2	(1 V)

W. Papousek:

Elektrostatik	(2 V)
Elektrostatik	(1 U)
Vektor- u. Tensorrechnung 1	(2 V)
Vektor- u. Tensorrechnung 1	(1 U)
Vektor- u. Tensorrechnung 2	(2 V)
Vektor- u. Tensorrechnung 2	(1 U)
Spez. Relativitätstheorie	(2 V)
Elektrodynamik LK	(3 V)
Elektromagn. Wellenausbreitung 1	(2 V)
Elektromagn. Wellenausbreitung 2	(2 V)
Privatissimum	(5 PV)
Durchführung v. wissensch.Arb.	(35 DW)

H. Rabitsch:

Strahlenphysik 1	(2 V)
Strahlenphysik 2	(1 V)
Strahlenphysik 2	(1 U)

E.Schachinger:

Quantenmechanik	(4 V, 1 U)
Theoret. Festkörperphysik I	(2 V) mit H.Sormann
Theoret. Festkörperphysik II	(2 V) mit H.Sormann
Greensche Funktionen i.d.Festk.Ph.	(2 V)
Theorie der Supraleitung	(2 V)
Relativistische Quantenmechanik	(2 V)
Tiefemp.Techn.u.Supraleitung	(2 V, 1 LU, alle 2 Jahre, mit J.Gerhold, f.Elektrotechniker)
Supraleitung	(2 V) für Elektrotechniker
Tiefemperaturphysik II	(1 LU), alle 2 Jahre)

B.Schnizer:

Theoretische Physik EF	(2 V)
Theoretische Physik EF	(1 U)
Technik d. Greenschen Funktion	(2 V)
Technik d. Greenschen Funktion	(1 U)
Analytische Mechanik 1	(2 V)
Analytische Mechanik 1	(1 U)
Analytische Mechanik 2	(2 V)
Analytische Mechanik 2	(1 U)
Theoretische Physik LK	(2 V)
Theoretische Physik LK	(1 U)
Privatissimum	(5 PV)
Durchführung v. wiss. Arbeiten	(35 DW)

B.Schnizer, W.Papousek, W.Bulla, E.Schachinger, Hj.Müller, M.Heindler, F.Schürrer:

Theoretische Physik, Seminar 1	(2 SE)
Theoretische Physik, Seminar 2	(2 SE)

K.Schöpf:

Physik der Fusionsplasmen 1	(1 V)
Physik der Fusionsplasmen 2	(1 V)

F.Schürrer:

Elektrodynamik	(4 V)
Elektrodynamik	(1 U)
Lineare Gleichungen	(2 V)
Lineare Gleichungen	(1 U)
Privatissimum	(5 PV)
Durchführung v. wissensch.Arb.	(35 DW)

KURSE

Hj.Müller, W.Ninaus, H.Rabitsch (Reaktorinstitut), Großdorfer, D.Priesching (Arbeitsinspektorat Graz) in Zusammenarbeit mit dem Wirtschaftsförderungsinstitut (WIFI) Graz:

Strahlenschutzkurs für nichtmedizinische Anlagen nach der Österreichischen Strahlenschutzverordnung.

FÜHRUNGEN

Im Berichtszeitraum konnten sich mehr als 180 Besucher über den Versuchsreaktor und die Methoden der Strahlenmesstechnik informieren.