

Nachruf auf Göstar Klingelhöfer

Dr. Göstar Klingelhöfer wurde am 2. Oktober 1956 im hessischen Gernsbach geboren und studierte Physik an der TU Darmstadt. Am dortigen Institut für Kernphysik diplomierte und promovierte er unter Anleitung von Egbert Kankleit. In der Diplomarbeit baute er unter anderem ein optimiertes Detektorsystem für ein Beta-Spektrometer (Orangenspektrometer) auf. Ihm gelang eine deutliche Verbesserung, die zum erfolgreichen Einsatz des Beta-Spektrometers in der Oberflächenphysik führte. In seiner Promotion befasste sich Göstar Klingelhöfer mit der Mößbauer-Spektroskopie durch Nachweis von Konversionselektronen mit Hilfe eines Orangenspektrometers. Damit trug er wesentlich zur Entwicklung der schichttiefenselektiven Konversionselektronen-Mößbauer-Spektroskopie (DCEMS) bei, die Untersuchungen ultradünner Oberflächen bis in den Bereich weniger Monolagen ermöglicht.

Nach seiner Promotion 1990 nahm Göstar Klingelhöfer das Angebot seines akademischen Lehrers Egbert Kankleit an, als Hochschulassistent an der Entwicklung eines miniaturisierten und weltraumtauglichen Mößbauer-Spektrometers (MIMOS) für die In-situ-Untersuchung planetarer Oberflächen mitzuarbeiten. Diese Arbeiten waren für Mars-Landemissionen konzipiert und wurden im Wesentlichen vom DLR finanziert. Kooperationen bestanden mit dem Oersted-Institut der Universität Kopenhagen (J. M. Knudsen), dem NASA Space Center in Houston (R. V. Morris), der Washington University in St. Louis (B. Fegley), dem CESR in Toulouse (C. d'Uston), dem MPI für Kosmochemie in Mainz (H. Wänke, G. Lugmair, R. Rieder) und dem Space Research Institute IKI in Moskau (S. Linkin, E. Evlanov, O. Prilutski).

Parallel zur Entwicklung der Erstversion des MIMOS I an der TU Darmstadt wurde unter Federführung des MPI für Kosmochemie in Mainz ein miniaturisiertes hochauflösendes Röntgenspektrometer (APXS) als zentrales Messinstrument für die In-situ-Analyse der chemischen Zusammen-



Göstar Klingelhöfer

setzung von Boden- und Gesteinsproben bei der 1996/1997 durchgeführten Mars-Pathfinder-Mission der NASA (Rover Sojourner) erarbeitet und gebaut. Göstar Klingelhöfer war mit seiner Kenntnis über neuartige Detektorsysteme auf Halbleiterbasis an beiden Projekten maßgeblich beteiligt.

Mit der Emeritierung von Egbert Kankleit 1997 schien das Projekt „Mößbauer-Spektroskopie auf dem Mars“ zum Abbruch verurteilt. Göstar Klingelhöfer war bereits auf der Suche nach einer Stelle in der freien Wirtschaft, als die Universität Mainz ihn einlud, das Projekt unter seiner technischen Leitung am Institut für Anorganische und Analytische Chemie (Lehrstuhl P. Güttlich) fortzuführen. 1999 siedelten Göstar Klingelhöfer und vier seiner Mitarbeiter nach Mainz über. Für exzellente Arbeitsbedingungen in jeder Hinsicht (Personalstellen, Zugang zu Werkstätten, finanzielle Unterstützung durch die Universität, DLR, ESA und DFG, Geräteausstattung, Freistellung von Unterrichtsaufgaben) war gesorgt.

In nur zwei Jahren war die zweite Version eines miniaturisierten Mößbauer-Spektrometers (MIMOS II) sowie eine Weiterentwicklung des APXS-Geräts in Zusammenarbeit mit dem MPI für Kosmochemie Mainz

fertiggestellt. Vertreter der NASA und ESA, eingeladen zu Vorführung und Testmessungen, waren begeistert und sicherten die Teilnahme beider Geräte an geplanten Marsmissionen zu.

2003 startete die NASA-Doppelmission mit den Rovern Spirit und Opportunity an Bord. Die Dauer der Erkundung der Marsoberfläche war für drei Monate ausgelegt. Doch alle Rover- und Messgerätfunktionen liefen derart problemlos, dass die Missionen über mehr als 14 Jahre arbeiten konnten. Die beiden Rover legten rund 7 km (Spirit) bzw. 45 km (Opportunity) zurück und sammelten Hunderte von Mößbauer- und Röntgenspektren von Boden- und Gesteinsproben, die zum Kontrollzentrum in Pasadena (JPL) übermittelt und dort von der Klingelhöfer-Gruppe ausgewertet wurden. Zwei besonders auffällige Befunde – die durch Mößbauer-Spektroskopie identifizierten Minerale Goethit und Jarosit, die nur in Gegenwart von Wasser entstehen – belegen eindeutig, dass es vor langer Zeit flüssiges Wasser auf der Marsoberfläche gab.

Für seine herausragende wissenschaftliche Leistung wurde Göstar Klingelhöfer mehrfach ausgezeichnet: 2005 mit der Eugen-Sänger-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 2006 mit dem Award of the „International Board on the Applications of the Mössbauer Effect“, 2007 mit dem Helmholtz-Preis für Präzisionsmessungen in Physik und Chemie. Unzählige Einladungen zu Vorträgen und als Gastwissenschaftler erreichten ihn aus aller Welt.

Wir trauern um Göstar Klingelhöfer, der plötzlich und unerwartet am 8. Januar verstorben ist. Wir werden ihn nicht vergessen und ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Prof. Dr. Philipp Güttlich, U Mainz,
Prof. Egbert Kankleit, Darmstadt,
Dr. Christian Schröder, U of Stirling,
 Schottland, **Dr. Mathias Blumers**, U Bonn,
Dipl.-Phys. Bodo Bernhardt, Von Hoerner
 und Sulger GmbH, Schwetzingen, im Namen
 der MIMOS-Gruppe und des Kollegiums
 des Instituts für Anorganische und
 Analytische Chemie der U Mainz

Nachruf auf Zhores Ivanovitch Alferov

Zhores Alferov wurde am 15. März 1930 in Vitebsk in Weißrussland geboren und starb am 1. März 2019 in St. Petersburg. Der Zweite Weltkrieg prägte seine Jugendjahre, sein von ihm verehrter älterer Bruder Marx wurde 1944 getötet. Während seines ganzen Lebens trat er daher konsequent für ein friedliches Zusammenleben in Europa ein. Trotz der Umwälzungen der Kriegs- und Nachkriegszeit gelang es ihm rechtzeitig, die Schule in Minsk abzuschließen. Am Leningrader Elektrotechnische „Uljanov“ Institut promovierte er 1952.

1953 begann er, am Physikalisch-Technischen Institut in Leningrad zu arbeiten. Abraham F. Ioffe, der erste Doktorand von Konrad Röntgen in München, war der Gründer. Viele Jahre später, 1987 bis 2003, wurde Alferov sein Nachfolger als Direktor des nun nach Ioffe benannten Instituts.

1988 folgte Alferov ein weiteres Mal seinem Vorbild, indem er das „Lyceum“ gründete – ein Tagesinternat für 15- bis 17-jährige Schüler mit Spezialunterricht in Naturwissenschaften und Sprachen. Basierend auf der Quelle der Talente des Lyceums baute Alferov 2002 im Alter von 72 Jahren die heutige „St. Petersburg Academic University of the Russian Academy of Sciences“ auf, deren Rektor er bis zu seinem Tode war. Die mangelnde Anwendungsnähe der russischen Wissenschaft beschäftigte ihn im letzten Abschnitt seines Lebens. Er wurde einer der wichtigsten Stichwortgeber und Ko-Vorsitzender des „Scientific Advisory Council“ der Skolkovo-Stiftung, die eine neue Wissenschaftsstadt am Stadtrand Moskaus plante.

Alferovs weltweiter Ruhm gründet auf seinen Pionierleistungen in den Bereichen der Halbleiterphysik, -technologien und -bauelemente, welche zur Verleihung des Nobelpreises 2000, des Kyoto-Preises und vieler anderer herausragender wissenschaftlicher Auszeichnungen führte. Eine der ersten war die Wahl in die Akademie der Wissenschaften der DDR 1987.

1960 entdeckte Theodor Maiman stimulierte Emission in Rubin.

Innerhalb von 18 Monaten wurden Gas- und Halbleiterlaser basierend auf Homoübergängen demonstriert. Festkörper- und Gaslaser arbeiteten bei Zimmertemperatur und erschlossen viele Anwendungsfelder. Halbleiterlaser funktionierten nur bei 4 K. Offensichtlich würde Lasertätigkeit bei Zimmertemperatur ebenso riesige Anwendungsfelder öffnen.

In p-n-Homoübergängen sind die Ladungsträger bei 300 K räumlich weit verteilt. Das führt zu enorm hohen Stromdichten von etwa 10^5 A/cm² an der Laserschwelle. 1963 schlugen Alferov und R. Kazarinov und unabhängig davon H. Kroemer vor, die Ladungsträger in einer Doppelheterostruktur zu lokalisieren, um den Schwellstrom um Zehnerpotenzen zu senken. 1966 zeigte Alferov die effiziente Leitung des emittierten Lichts infolge der großen Sprünge der Brechungsindizes an den Grenzflächen der DH-Struktur. In ersten Versuchen der Realisierung gelang es aber nicht, die direkten und indirekten Halbleiter (GaP/GaAs) mit unterschiedlichen Gitterkonstanten zu kombinieren.

1967 erfuhr Alferov von der großen chemischen Stabilität von AlGaAs-Schichten, die einen größeren fundamentalen Bandabstand haben als GaAs und dieselbe Gitterkonstante aufweisen. Perfekte AlGaAs/GaAs/AlGaAs-DH-Strukturen ließ er mittels Flüssigphasenepitaxie wachsen, Kantenemitter wurden prozessiert. 1968 wurde erstmals Laseremission im gepulsten Betrieb bei 300 K beobachtet, 1970 im kontinuierlichen Betrieb. Dieser Durchbruch löste eine Kettenreaktion von Arbeiten weltweit an DH-Strukturen mit Anpassung der Gitterkonstanten aus. Immer mehr Anwendungen fanden sich. Heute sind Halbleiterlaser aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. So basiert unsere gesamte optische Kommunikation darauf.

1988 demonstrierte Alferovs Team mit 40 A/cm² Schwellstromdichte einen weiteren Rekord für einen Laser mit einem Quantengraben als aktive Zone. Die Entwicklung von



Zhores Ivanovitch Alferov

Halbleiterlasern kulminierte 1994 in der Entwicklung und Demonstration von Quantenpunktlasern, gemeinsam mit meiner Arbeitsgruppe an der TU Berlin. QP-Laser besitzen eine noch niedrigere Schwellstromdichte und eine hohe Temperaturstabilität, also eine exzellente Energieeffizienz, und erlauben es, neue Wellenlängenbereiche im IR abzudecken. Heute finden QP-basierte Strukturen Anwendungen unter anderem in der GaN-Photonik und in Einzelphotonenemittern. Die VolkswagenStiftung, das BMBF und die DFG förderten entscheidend diese Kooperation Alferovs mit der TU Berlin. Viele seiner Studenten kamen mit Humboldt Fellowships nach Berlin, einige gründeten Firmen, die heute bei uns und in Russland Arbeitsplätze schaffen.

Dasselbe grundlegende Prinzip, die DH-Struktur, ermöglicht auch vollständig andere Bauelemente wie Hetero-Bipolartransistoren. Diese finden zum Beispiel Einsatz in Satellitentelefonie oder Solarzellen, für welche Alferov 1970 Effizienzen von über 30 Prozent erzielte. Die sowjetische Raumstation MIR wurde bereits zuvor 1986 mit Solarzellen aus seiner Entwicklung mit Energie versorgt.

Mit Zhores I. Alferov haben wir einen Forscher und Lehrer von weltweiter Bedeutung verloren.

Prof. Dr. Dieter Bimberg,
TU Berlin und CIOMP der CAS