Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 51 (1978)
Heft: 5-6

Artikel: Prof. G. Busch zum 70. Geburtstag
Autor: Yuan, S.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-114972

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

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

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

Download PDF: 12.07.2025

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

Helvetica Physica Acta, Vol. 51 (1978), Birkhäuser Verlag, Basel

Prof. G. Busch zum 70. Geburtstag

Am 12. September 1978 hat Prof. Dr. Georg Busch, Gründer des Laboratoriums für Festkörperphysik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, seinen 70. Geburtstag gefeiert. Der Jubilar stammt aus Zürich. Er spricht heute noch gerne von der guten und strengen Erziehung, die er an der dortigen Kantonalen Industrieschule – dem heutigen Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Gymnasium – genossen hat. Busch's Wirken in Forschung und Lehre ist ausserordentlich vielseitig und fruchtbar. Sein Hauptinteresse gilt der Erforschung neuer Materialien, vor allem hochwertiger Halbleiter und Metalle, welche spezifische physikalische Eigenschaften besitzen. Als Pionierleistung hat er 1935 als zweites bedeutsames Ferroelektrikum KH_2PO_4 entdeckt. Bald nach Abschluss seiner Doktorarbeit im Jahre 1938 wandte er sich einer damals noch recht unbekannten Materialgruppe, den Halbleitern, zu. Zu jener Zeit gab es auf der ganzen Welt nur etwa drei Laboratorien mit insgesamt weniger als einem Dutzend Physikern, die sich mit Halbleitern befassten; die immense technische Bedeutung der Halbleiter wurde erst viel später erkannt. Die Hauptschwierigkeit lag darin, dass wegen unzureichender Präparationstechniken meist nur verunreinigte oder mit sonstigen Gitterdefekten behafteten Substanzen zur Verfügung standen, die keine reproduzierbaren Messresultate lieferten. Dieses Problem wurde inzwischen für manche konventionelle Halbleiter wie Si, Ge, GaAs und InSb dank intensiver Arbeit verschiedener Laboratorien und infolge des grossen Interesses der Industrie gelöst; heute gilt ja Silizium als die Substanz, die am reinsten hergestellt werden kann. Die Schwierigkeit der Präparation besteht jedoch weiter für viele neue – und auch alte – Halbleiter und Halbmetalle wie EuS, GdN, CeP, TmSe, ScP, USb, NiO und Se. Viele dieser Substanzen enthalten Uebergangselemente (wie z.B. Nickel oder Scandium) und weisen dementsprechend kompliziertere chemische Bindung auf als die konventionellen Halbleiter. Ueberdies spielen bei Verbindungen nicht nur die chemische und Phasen-Reinheit eine wichtige Rolle, sondern auch die Stöchiometrie und die kristalline Homogenität und Perfektion. Das Ringen um solche neue Elektronenleiter – angefangen beim Leitgedanken zu ihrer Auswahl bis zur mühevollen Realisierung durch Arbeiten der Synthese, Analyse und Charakterisierung – stellt heute eine der wichtigsten Aufgaben von Busch's Labor dar.

Der erste Impuls, der Busch 1938 auf die Halbleiterforschung brachte, kam von der schweizerischen Industrie. Auf Anregung der Firma Sprecher Schuh untersuchte Busch spannungsabhängige Widerstände von zusammengesinterten Körnern von Karborund (SiC). Solche Widerstände werden hauptsächlich als Ueberspannungsschutz verwendet. Die technische Aufgabe hatte Busche rasch gelöst. Die physikalischen Grundlagen des Problems haben ihn jedoch jahrelang beschäftigt. Es stellte sich heraus, dass die Spannungsabhängigkeit solcher Widerstände keineswegs eine Eigenschaft des SiC-Kristalls ist, sondern vielmehr von den elektrischen Kontakten zwischen den SiC-Körnern herrührt. Proben aus spitzen Körnen leiten viel besser als solche aus runden Körnern. Daraus schloss Busch, dass der Stromdurchgang zwischen den Körnern an Stellen hoher Feldstärke vor sich geht und damit wesentlich durch den Tunneleffekt verursacht wird.

Diese Erkenntnis führte ihn später zu Untersuchungen von elektrischen und thermischen Kontaktphänomenen sowie von Elektronen-Emissions-Erscheinungen. Anderseits zeigten Messungen von Transportphänomenen wie elektrische Leitfähigkeit, Hall-Effekt und Thermospannung an SiC-Einkristallen verschiedener Reinheit sehr deutlich den Einfluss der Verunreinigungen als Störstellen. Zur Interpretation der Messergebnisse führte Busch das Störband-Modell ein, das später viele theoretische Arbeiten anregte.

Aus diesen Untersuchungen erkannte Busch in Halbleitern verschiedene Vorzüge, die die Metalle nicht haben: Halbleiter sind im Infrarotgebiet weitgehend durchsichtig; sie wirken im elektrischen Feld wie ein leitendes Dielektrikum; vor allem lässt sich die Zahl der Leitungselektronen in Halbleitern durch Temperaturänderung oder durch gezielten Einbau fremder Atome (Dotierung) in weiten Grenzen variieren (etwa zwischen 10^{12} und 10^{21} cm^{-3}). Diese Eigenschaften führen zu interessanten physikalischen und technischen Möglichkeiten. Voraussetzung ist allerdings, dass man vorerst reine und möglichst perfekte einkristalline Materialien hat.

Mit diesem Ziel vor Augen untersuchten Busch und seine Mitarbeiter nach 1945 verschiedene damals neue Halbleiter: zuerst das graue Zinn, das wie Si und Ge in der Diamantstruktur kristallisiert, dann intermetallische Verbindungen wie z.B. Mg_2Sn, Mg_2Pb, InSb, Ag_2Se, und später auch die Mischkristalle von Si–Ge und Sb–Bi. Schon beim grauen Zinn zeigten 1951 Messungen der magnetischen Suszeptibilität etwas aussergewöhnliches: die Leitungselektronen weisen eine sehr kleine effektive Masse und dementsprechend eine sehr hohe Beweglichkeit auf. Das war der erste experimentelle Hinweis, dass die Leitungselektronen in Halbleitern ungewöhnliche effektive Massen haben können. Diese Behauptung wurde zwei Jahre später von anderen Laboratorien durch das Zyklotronresonanz-Experiment erhärtet.

Im Frühjahr 1952 besuchte Busch eine Tagung der American Physical Society. Angeregt durch eine theoretische Diskussion über die Rolle der Leitungselektronen beim Ferromagnetismus (damals gab es als Ferromagnete nur Metalle wie Fe, Co und Ni; bei Isolatoren kannte man nur Antiferro- und Ferrimagnete) stellte sich Busch die Frage: 'Gibt es auch ferromagnetische Halbleiter?' Wenn nämlich die Leitungselektronen einen grossen Einfluss auf die ferromagnetischen Eigenschaften haben, so sollte es doch möglich sein, diese Eigenschaften durch die Variation der Zahl der Leitungselektronen zu steuern, was bei einem Halbleiter durch Dotierung, Temperaturänderung oder gar durch Lichteinstrahlung bewerkstelligt werden kann. In den darauffolgenden Jahren wurde in seinem Labor eine systematische Suche nach ferromagnetischen Halbleitern unternommen, die sich als ausserordentlich mühevoll erwies. Inzwischen wurden von anderen Forschern entdeckt, dass $CrBr_3$ und EuO ferromagnetische Isolatoren sind. In den Monochalkogeniden und Monopniktiden der Seltenen Erden, die wie EuO in der einfachen NaCl-Struktur kristallisieren, erblickte nun Busch die geeigneten Modellsubstanzen, welche Aufschluss über die Phänomene der magnetischen Ordnung geben können. Seit 1962 wurde eine Reihe dieser Verbindungen hergestellt und systematisch deren magnetische, optische, elektrische und thermische Eigenschaften untersucht. Es stellte sich heraus, dass EuS ein ferromagnetischer Halbleiter ist, während die meisten anderen Verbindungen ferri- oder antiferromagnetische Struktur aufweisen. Die optischen Untersuchungen an den Eu-Monochalkogeniden führten 1964 zur Entdeckung eines spektakulären magnetooptischen Effektes: die magnetische Ordnung bewirkt eine ausserordentlich starke Verschiebung der Absorptionskante – eine Entdeckung, die sowohl physikalisch wie auch technisch von grosser Bedeutung ist. Die Eu-Monochalkogenide sind Halbleiter, weil in diesen Verbindungen die Eu-Ionen zweiwertig auftreten. Die meisten Ionen der Seltenen Erden sind jedoch dreiwertig, ihre Monochalkogenide deshalb metallisch. Infolge ihres ionogenen Charakters zeigen diese Metalle prächtige Farben. Solche metallische Substanzen mit einem beträchtlichen ionogenen Charakter bezeichnet Busch als 'polare Metalle'. Weitere Beispiele dieser Art sind ScS und YSe, die 1977 in seinem Labor neben den Monopniktiden ScP und YAs hergestellt wurden. Bei den Monopniktiden hat man ursprünglich Halbleiter-Eigenschaften erwartet; die bishe-

rigen Proben weisen jedoch halbmetallischen Charakter auf. Gegenwärtig interessiert sich Busch besonders für Scandium-Verbindungen, weil Sc als das erste Uebergangselement nur ein einziges 3d-Elektron besitzt. ScS und ScP könnten deshalb als Modellsubstanzen zu einem besseren Verständnis für die Verbindungen der Uebergangselemente führen.

Parallel zu diesen Untersuchungen wurden seit 1946 verschiedene aufschlussreiche Experimente über Kontakt- und Elektronenemissions-Phänomene durchgeführt. Sehr früh führte Busch die Hochvakuumtechnik ins Labor ein, um eine möglichst kontrollierbare Oberflächen-Beschaffenheit der Proben zu erzielen. Das Hauptgewicht verschob sich im Laufe der Zeit von der Thermo- und Feldemission zur Photoemission. 1969 gelang es erstmals, durch Photoemission aus Festkörpern spin-polarisierte Elektronenstrahlen zu erzeugen. Dies lieferte nicht nur eine lang ersehnte Quelle für spin-polarisierte Elektronen, sondern löste auch eine Reihe reger Diskussionen über die Elektronenstruktur der betreffenden Substanzen aus.

Mit der Zeit bezog Busch auch Metalle in seinen Interessenbereich ein. Er erkannte recht früh den grossen Einfluss der Gitterdefekte auf die Eigenschaften der Metalle. 1957 wurden in seinem Labor hochreine – und deshalb auch sehr weiche – supraleitende Vanadium-Legierungen hergestellt, die später durch viele weitere Legierungen der Uebergangsmetalle ergänzt wurden. Die thermischen und magnetischen Untersuchungen an diesen Substanzen haben nicht nur aufschlussreiche Resultate gebracht, sondern auch wesentliche theoretische Arbeiten angeregt. Ein anderes Forschungsprogramm in Richtung Metalle entstand aus der Frage: 'Wie verhält sich ein Halbleiter beim Schmelzen?' Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, des Hall-Effektes und der magnetischen Suszeptibilität zeigten bald, dass z.B. Germanium beim Schmelzen metallisch wird, während das flüssige Selen halbleitend bleibt. Systematische Untersuchungen an einer Reihe von Elementen und Legierungen im flüssigen Zustand führten in kurzer Zeit zu zahlreichen bedeutsamen Arbeiten, welche wertvolle Informationen über die Elektronenstrukturen der Schmelzen lieferten.

Seit 1975 denkt Busch oft über das Energieproblem nach. Er sieht im Wasserstoff einen idealen Energieträger der Zukunft. Er erkannte, dass auch die Festkörperphysik und Festkörperchemie einen wesentlichen Beitrag zur Herstellung und Speicherung von Wasserstoff leisten können. Gegenwärtig wird in seinem Labor das Problem der Wasserstoff-Speicherung in Festkörpern intensiv bearbeitet.

Die vielseitige Aktivität seiner Forschungsgruppe dokumentiert sich in über 500 Publikationen, welche grundlegende Beiträge zu den Gebieten des Magnetismus, der Magnetooptik, der Elektronenemission, der Kontakt- und Transportphänomene, der chemischen Bindungen in Festkörpern sowie der flüssigen Metalle und Halbleiter darstellen. Diese grossen Leistungen schreibt Busch oft und gerne seinen Schülern und Mitarbeitern zu. Viele von ihnen sind heute im In- und Ausland in führender Stellung tätig.

Busch's Werk als Lehrer ist seinem Werk als Forscher durchaus ebenbürtig. Die Forschung führt ja nicht nur zu neuen Kenntnissen, sie dient gleichermassen zur Ausbildung junger Wissenschaftler. Auch im Unterricht hat Busch Hervorragendes geleistet. 1941 begann er mit seinen berühmten, didaktisch mustergültigen Vorlesungen. Er stellt die experimentallen Phänomene stets in den Vordergrund und interpretiert sie dann klar und systematisch. Seine Vorlesungen (wie Physikalische Messmethoden, die Naturkonstanten und ihre Bestimmungen, Ionenleitung, Dielektrika, Supraleitung, Halbleiter, Metallphysik, Fehlordnungserscheinungen,

Elektronenemission, Kontaktphänomene, Transportphänomene, sowie der Zyklus Festkörperphysik I und II) erfreuten sich stets einer grossen Zuhörerschaft. Als guter Experimentator hat er jahrelang Kurse über Feinmechanik und Glasblasen gegeben. Grosses Gewicht legt er auf den propädeutischen Unterricht, auch für Nichtphysiker. Das im Wesentlichen von ihm gestaltete 'Physikalische Praktikum für Anfänger' gilt als Vorbild für ähnliche Praktika im In- und Ausland.

Prof. Busch ist ein Mann mit klarem Weitblick und hoher ethischer Gesinnung. Er besitzt eine ausserordentliche schöpferische Kraft, die durch die reife Erfahrung noch verstärkt wird. Zu seinem Jubiläum wünschen ihm seine Schüler, Mitarbeiter, Freunde und Kollegen von Herzen gute Gesundheit und weiterhin viel Freude und Erfolg bei seinen vielseitigen Aktivitäten.

S. Yuan
Laboratorium für Festkörperphysik
ETH Zürich
CH 8093 Zürich