

**Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik
Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen**

H

Lehrprogramm

für das Lehrgebiet

Elektrophysik

zur Ausbildung in der Grundstudienrichtung

Elektroingenieurwesen

**an Universitäten und Hochschulen der DDR
(Kat.-Nr.: 01 8140 61 2)**

Ag 127/128/89/1100 – ZLO 1041/89

**Gesamtherstellung:
Zentralstelle für Lehr- und Organisationsmittel des
Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen, Zwickau**

Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik
Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen

L e h r p r o g r a m m
für das Lehrgebiet
E l e k t r o p h y s i k
zur Ausbildung in der Fachrichtung
M i k r o e l e k t r o n i k
innerhalb der Grundstudienrichtung
E l e k t r o i n g e n i e u r w e s e n

Als verbindliches Lehrprogramm für die Ausbildung
an Universitäten und Hochschulen der DDR bestätigt.

Das Lehrprogramm tritt
am 1. 9. 1989 in Kraft.

Prof. Dr. Schwanke
Stellvertreter des Ministers
für Hoch- und Fachschulwesen

1041/89

Das Lehrprogramm wurde von einer Arbeitsgruppe unter Leitung von Prof. Dr. sc. nat. H. Lippmann, Technische Universität Karl-Marx-Stadt, ausgearbeitet.

Der Arbeitsgruppe gehörten an:

Doz. Dr. Bernhardt, Humboldt-Universität zu Berlin

Doz. Dr. Röppischer, Technische Hochschule Ilmenau

Prof. Dr. sc. techn. K. Schade, Technische Universität Dresden

Prof. Dr. sc. nat. Zscherpe, Ingenieurhochschule Mittweida

Das Lehrprogramm wurde im Wissenschaftlichen Beirat für Elektroingenieurwesen beim MHF diskutiert und mit Praxispartnern abgestimmt.

(Vorschläge und Hinweise zur weiteren Vervollkommnung des Lehrprogramms sind an das MHF, Abt. Technische Wissenschaften II, zu richten.)

1. Zielstellung und Inhalt der Ausbildung und Erziehung

1.1. Ausbildungs- und Erziehungsziel

Aufbauend auf den in der Physikausbildung erworbenen physikalischen Grundlagenkenntnissen, in zunehmendem Maße unter Verwendung der in der Mathematik-Grundlagenausbildung vermittelten mathematischen Fähigkeiten sowie der Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung Grundlagen der Elektrotechnik besteht die Aufgabe darin, den Studenten mit den wesentlichen elektrophysikalischen Grundlagen seines Fachgebietes auszustatten. Dabei erfordert es das Studienziel der Fachrichtung Mikroelektronik, gleichermaßen Wert zu legen auf die Aneignung relevanter Kenntnisse aus der Elektro-, der Atom- und der Halbleiterphysik, auf die Vermittlung des Wesens physikalischer Modelle und Hypothesen und auf den Erwerb anwendungsbereiten Wissens, vor allem auf ausgewählten Gebieten der Halbleiterphysik. In letzterer Hinsicht hat die Lehrveranstaltung Grundlagen für die Ausbildungsfächer Grundlagen elektronischer Bauelemente und Schaltungen, Fertigungsverfahren, Fertigungsprozeßgestaltung sowie für Lehrveranstaltungen aus dem Zeitfonds zur Verfügung der Einrichtung zu schaffen.

1.2. Inhalt

1.2.1. Übersicht über Aufteilung der Themengruppen

Themengruppe	Direktstudium		Fernstudium	
	Vorl.	Sem./ Übung	selbst. wiss. Arb.	Lehrver- anstaltg.
Themengruppe 1	14	—	20	5
Themengruppe 2	12	4	24	6
Themengruppe 3	12	4	24	6
Themengruppe 4	34	16	64	16
Themengruppe 5	8	2	12	3
Zeitfonds zur Verfügung des Lehrenden	10	4	16	4
Gesamtstundenzahl	90	30	160	40

1.2.2. Inhaltliche Schwerpunkte der Themengruppen

Themengruppe 1: Ausgewählte Grundzüge der Atom- und Kernphysik

- Thema 1: Atome, Ionen; Atomaufbau aus Kern- und Elektronenhülle
- Nachweise für die Existenz der Atome
 - Nachweise für den Atomaufbau aus Kern- und Elektronenhülle
- Thema 2: Freie Elektronen
- Erzeugung
 - Bestimmung von Ladung und Masse
 - Grundzüge der Elektronenoptik
 - Relativistische Effekte
- Thema 3: Mehrelektronensysteme, Pauli-Prinzip, PSE
- Thema 4: Bau der Atomkerne
- Kernladung, Kernmasse; Nukleonen, Kernradius
 - Isotope
 - Massenspektrometer
 - Nachweis von Kernstrahlung
 - Massendefekt, Kernbindungsenergie
- Thema 5: Natürliche und künstliche Radioaktivität
- Thema 6: Röntgenstrahlung
- Spektrum, Entstehung
 - Absorption
- Thema 7: Wechselwirkung energiereicher Strahlung mit Materie (im Überblick)
- Wirkungsquerschnitt
 - Prozesse
- Thema 8: Sekundär- und Augerelektronenemission
- Thema 9: Plasma, Grundbegriffe und elementare kinetische Theorie
- Erzeugung und Vernichtung von Ladungsträgern in Gasen

Themengruppe 2: Kristalle

- Thema 1: Struktur und Bindung
- Kondensierte Materie, Nah- und Fernordnung, Kristalle und amorphe Festkörper
 - Poly- und einkristalline Schichten, Epitaxie
 - chemische Bindung in Kristallen
- Thema 2: Kristallgitter
- Symmetrie
 - spezielle Kristallstrukturen
- Thema 3: Gitterschwingungen
- Thema 4: Strukturuntersuchungen von Kristallen
- ausgewählte Grundlagen und Verfahren (im Überblick)

- Thema 5: Kristallbaufehler**
 – prozeßinduzierte Defekte
 – Platzwechselfvorgänge

Themengruppe 3: Elektronische Leitfähigkeit von Festkörpern

- Thema 1: Modell des freien Elektronengases und Leitfähigkeit von Metallen**
 – Herkunft und Nachweis
 – vereinfachtes Stoßmodell, Beweglichkeit, Ohmsches Gesetz
- Thema 2: Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Metallen**
- Thema 3: Atomistisches und Bändermodell des Halbleiters**
 – Eigen- und Störstellenhalbleiter
- Thema 4: Leitfähigkeit von Halbleitern**
 – Effektive Masse der Elektronen und Löcher
 – Beweglichkeit
- Thema 5: Halleffekt**

Themengruppe 4: Halbleiter im thermodynamischen Gleichgewicht und im Nichtgleichgewicht, Halbleiteroberfläche

- Thema 1: Aussagen der Quantenmechanik und -statistik**
 – Zustandsdichte
 – Fermi-Dirac-Statistik
- Thema 2: Ladungsträgerkonzentrationen und Fermienergie**
 – Eigenhalbleiter
 – Störstellenhalbleiter, Kompensation der Störstellen
- Thema 3: Halbleiter im Nichtgleichgewicht**
 – Überschußladungsträger
 – Kontinuitätsgleichungen und Behandlung von Raumladungs- und Dichtestörungen
 – Quasineutralitätsnäherung
- Thema 4: Makropotential und Bänderdiagramm**
- Thema 5: Quasi-Gleichgewichtsdarstellung des Halbleiters**
- Thema 6: Rekombinationsprozesse**
 – Band-Band-Rekombination, Lebensdauer
 – Rekombination über Störstellen, SRH-Modell
- Thema 7: Generationsprozesse**
 – Photogeneration, Photoleitfähigkeit
 – Stoßionisation, Lawineneffekt
- Thema 8: Boltzmann-Gleichgewicht des inhomogenen Halbleiters**
- Thema 9: Austrittsarbeit und thermische Elektronenemission**
- Thema 10: Raumladungszone der Halbleiteroberfläche**
 – Oberflächenpotential, Oberflächenkapazität
 – Feldeffekt

1041/89

- Oberflächenzustände
- Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit

Themengruppe 5: Dielektrika

Thema 1: Verschiebungs- und Orientierungspolarisation

Thema 2: Dielektrische Verluste

Thema 3: Ferroelektrika, Piezoelektrizität

2. Didaktisch-methodische Hinweise für die Gestaltung der Ausbildung und Erziehung

2.1. Direktstudium

Den Schwerpunkt in der physikalischen Fachausbildung der Fachrichtung Mikroelektronik bildet die Festkörper- und Halbleiterphysik. Eine an sich notwendige und folgerichtige Durchführung dieses Programms auf quantenmechanischer Grundlage verbietet sich durch die zeitlichen Einordnungsbedingungen in den Studiengang und den zur Verfügung stehenden Zeitfonds. Von Grund auf quantenmechanisch geartete, für die Halbleiterphysik unbedingt benötigte Zusammenhänge und Begriffsbildungen (wie z. B. Bändermodell, lokalisierte Zustände, Zustandsdichte, Quantenstatistik usw.) müssen dem Studenten daher mit beschreibenden, der Anschaulichkeit noch möglichst zugänglichen Überlegungen nahegebracht werden.

Das in der Themengruppe 1 zu erwerbende Grundlagenwissen ist in erster Linie Informationswissen im Sinne des erforderlichen Bildungsniveaus des Ingenieurs. Themengruppe 2 konkretisiert den so geschaffenen Hintergrund vor allem durch die Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens mit Hilfe von Kristallmodellen und konfrontiert den Studenten mit dem für die Mikroelektroniktechnologie außerordentlich wichtigen Gebiet des Realkristalls.

Während in der Themengruppe 3 der Teilchenaspekt der Elektronen im Elektromengasmodell noch genutzt werden kann und ein auf vereinfachten Abstraktionen beruhendes Bändermodell des Festkörpers für die Behandlung der Leitungsmechanismen ausreicht, muß am Beginn der Themengruppe 4 eine Bereitstellung quantenmechanisch-festkörperphysikalischer Grundlagen ohne deren Herleitung erfolgen, um das Verständnis des folgenden zu gewährleisten. Dazu gehört auch die häufig benötigte Handhabung der Fermi-Dirac-Verteilungsfunktion. Im übrigen stellt diese Themengruppe den Schwerpunkt der Lehrveranstaltung dar. Sie beinhaltet jedoch nicht Bauelementewirkprinzipien und die hier erforderlichen Grundstrukturen, ebensowenig die Phänomene der Kontaktelektronik.

In Übereinstimmung mit dem besonderem Ausbildungsziel des Lehrgebietes und mit den hochschulspezifischen Forschungsthemen wird angestrebt, in sich abge-

schlossene, im Umfang begrenzte wissenschaftliche Aufgaben den Studenten zu übertragen, die sie in selbständiger Arbeit, in engem Kontakt mit den das Lehrgebiet vertretenden Hochschullehrern lösen.

Durch Rechenübungen und Seminare soll der Student besonders in den Themengruppen 3 und 4 tiefer eindringen und selbst Rechnungen durchführen lernen. Hierzu sind die Anwendung der Kleincomputer sowie ausgewählte Computersimulationsbeispiele vorzusehen.

Nach dem ersten Ausbildungssemester ist eine Belegarbeit, möglichst abgeleitet aus der Hochschulforschung zu erbringen, der die Durchführung von Berechnungen aus der Atom- und Kernphysik sowie zur Bewegung von Ladungsträgern im Vakuum unter dem Einfluß elektrischer und magnetischer Felder, auch zur Stimulation des Selbststudiums beinhaltet. Die Lehrveranstaltung wird mit einer schriftlichen Abschlußprüfung beendet.

2.2. Fernstudium

Die für das Direktstudium gegebenen didaktisch-methodischen Hinweise gelten sinngemäß auch für das Fernstudium. Im Fernstudium erfolgen die Wissensaneignung und die Ausprägung von Fähigkeiten und Fertigkeiten vorrangig durch die selbständig-wissenschaftliche Arbeit, insbesondere durch das selbständige Literaturstudium, das Lösen wissenschaftlich-produktiver Aufgaben und durch die gezielte Nutzung der Berufstätigkeit für das Studium.

Durch Lehrveranstaltungen werden die selbständig-wissenschaftliche Arbeit planmäßig angeleitet und kontrolliert sowie das Wissen und Können gefestigt und vertieft. Im Lehrgebiet ist eine Belegarbeit anzufertigen. Das Lehrgebiet wird mit einer schriftlichen Abschlußprüfung beendet.

3. Literatur

3.1. Pflichtliteratur

a) Direktstudium

Mierdel, G.:	Elektrophysik VEB Verlag Technik Berlin 1972
Simonyi, K.:	Physikalische Elektronik Akademiai Kiedó, Budapest 1972
Kleine Enzyklopädie:	Atom – Struktur der Materie VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1970 und Nachauflagen

1041/89

Weißmantel, Ch., Hamann, C.: Grundlagen der Festkörperphysik
VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften,
Berlin 1979

Bonč-Bruevič, V. L.,
Kalašnikov, S. G.: Halbleiterphysik
VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften,
Berlin 1982

b) Fernstudium

Lehrbriefe: Physikalische Grundlagen elektronischer Bauelemente

3.2. Zusatzliteratur für das Direkt- und Fernstudium

Kittel, Ch.: Einführung in die Festkörperphysik
Akademische Verlagsgesellschaft
Geest & Portig K.-G. Leipzig 1973

Kirejew, P. S.: Physik der Halbleiter
Akademie-Verlag, Berlin 1974

Möschwitzer, A.,
Lunze, K.: Halbleiterelektronik
VEB Verlag Technik Berlin 1977