

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UNTERRICHT UND KULTUS

Vorläufige Lehrplanrichtlinien für die Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

Unterrichtsfächer:    Englisch  
                                 Halbleiter- und Mikrosystemtechnik  
                                 Fertigungstechnologie  
                                 Chemische Prozesse

Jahrgangsstufen 10 bis 12

Dezember 1998

***Die vorläufigen Lehrplanrichtlinien wurden mit KMBek vom 5. August 1999 Nr. VII/6-S9414M10-1-14/83153 in Kraft gesetzt.  
Sie gelten mit Beginn des Schuljahres 1999/2000.***

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINFÜHRUNG	
1 Bildungs- und Erziehungsauftrag der Berufsschule	1
2 Ordnungsmittel und Studentafel	2
3 Leitgedanken für den Unterricht an Berufsschulen	5
4 Aufbau der vorläufigen Lehrplanrichtlinien, Verbindlichkeit	6
5 Übersicht über die Fächer und Lerngebiete	6
6 Berufsbezogene Vorbemerkungen	8
LEHRPLÄNE	
Englisch	9
Halbleiter- und Mikrosystemtechnik	11
Fertigungstechnologie	17
Chemische Prozesse	28
Anlagen:	
Mitglieder der Lehrplankommission	35
Verordnung zur Berufsausbildung	

---

## EINFÜHRUNG

### 1 Bildungs- und Erziehungsauftrag der Berufsschule

Die Berufsschule hat gemäß Art. 11 BayEUG die Aufgabe, den Schülerinnen und Schülern berufliche und allgemeine Lerninhalte unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Berufsausbildung zu vermitteln. Die Berufsschule und die Ausbildungsbetriebe erfüllen dabei in der dualen Berufsausbildung einen gemeinsamen Bildungsauftrag.

Die Aufgabe der Berufsschule konkretisiert sich in den Zielen,

- eine Berufsfähigkeit zu vermitteln, die Fachkompetenz mit allgemeinen Fähigkeiten humaner und sozialer Art verbindet,
- berufliche Flexibilität zur Bewältigung der sich wandelnden Anforderungen in Arbeitswelt und Gesellschaft auch im Hinblick auf das Zusammenwachsen Europas zu entwickeln,
- die Bereitschaft zur beruflichen Fort- und Weiterbildung zu wecken,
- die Fähigkeit und Bereitschaft zu fördern, bei der individuellen Lebensgestaltung und im öffentlichen Leben verantwortungsbewusst zu handeln.

Zur Erreichung dieser Ziele muss die Berufsschule

- den Unterricht an einer für ihre Aufgabe spezifischen Pädagogik ausrichten, die Handlungsorientierung betont;
- unter Berücksichtigung notwendiger beruflicher Spezialisierung berufs- und berufsfeldübergreifende Qualifikationen vermitteln;
- ein differenziertes und flexibles Bildungsangebot gewährleisten, um unterschiedlichen Fähigkeiten und Begabungen sowie den jeweiligen Erfordernissen der Arbeitswelt und der Gesellschaft gerecht zu werden;
- auf die mit Berufsausübung und privater Lebensführung verbundenen Umweltbedrohungen und Unfallgefahren hinweisen und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung bzw. Verminderung aufzeigen.

Die Berufsschule soll darüber hinaus im allgemeinen Unterricht, und soweit es im Rahmen berufsbezogenen Unterrichts möglich ist, auf die Kernprobleme unserer Zeit eingehen, wie z. B.

- Arbeit und Arbeitslosigkeit,
- friedliches Zusammenleben von Menschen, Völkern und Kulturen in einer Welt unter Wahrung ihrer jeweiligen kulturellen Identität,
- Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen sowie
- Gewährleistung der Menschenrechte.

## **2 Ordnungsmittel und Stundentafel**

Den vorläufigen Lehrplanrichtlinien<sup>1</sup> liegen der Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 30.1.98 - und die Verordnung über die Berufsausbildung für den Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin vom 6.3.98 (BGBl I, S. 477) zugrunde.

Der Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin ist ein Monoberuf. Die Ausbildungszeit beträgt drei Jahre.

<sup>1</sup>Vorläufige Lehrplanrichtlinien unterscheiden sich von herkömmlichen Lehrplänen darin, dass die Formulierungen der Lernziele und Lerninhalte aus den KMK-Rahmenlehrplänen im Wesentlichen unverändert übernommen werden.

Studentafel

Den vorläufigen Lehrplanrichtlinien liegt die folgende Studentafel zugrunde:

Pflichtunterricht:<sup>1</sup>

**Blockunterricht**

	Jgst. 10	Jgst. 11	Jgst. 12
Blockwochen	12	12	9

**Allgemein bildender Unterricht:**

Religionslehre	3	3	3
Deutsch	4	3	3
Politik und Gesellschaft	4	3	3
Sport	2	2	2

**Fachlicher Unterricht:**

Englisch	3	3	3
Halbleiter- und Mikrosystemtechnik	7	9	9
Fertigungstechnologie	10	10	10
Chemische Prozesse <u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	
Zusammen	39	39	39

Wahlunterricht (bis zu 2 Stunden je Fach)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Welche Lehrpläne für den weiteren Pflichtunterricht und für den Wahlunterricht gelten, geht aus dem Lehrplanverzeichnis des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus in seiner jeweils gültigen Fassung hervor.

<sup>2</sup> gemäß BSO in der jeweils gültigen Fassung

Pflichtunterricht:<sup>1</sup>

**Einzeltagunterricht**

	Jgst. 10	Jgst. 11	Jgst. 12
Unterrichtswochen	38	38	38

**Allgemein bildender Unterricht:**

Religionslehre	1	1	1
Deutsch	1	1	1
Politik und Gesellschaft	1	1	1
Sport	-	-	-

**Fachlicher Unterricht:**

Englisch	1	-	1
Halbleiter- und Mikrosystemtechnik	3	2	2
Fertigungstechnologie	4	2	2
Chemische Prozesse <u>2</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	
Zusammen	13	9	9

Wahlunterricht (bis zu 2 Stunden je Fach)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Welche Lehrpläne für den weiteren Pflichtunterricht und für den Wahlunterricht gelten, geht aus dem Lehrplanverzeichnis des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus in seiner jeweils gültigen Fassung hervor.

<sup>2</sup> gemäß BSO in der jeweils gültigen Fassung

### 3 Leitgedanken für den Unterricht an Berufsschulen

Lernen hat die Entwicklung der individuellen Persönlichkeit zum Inhalt und zum Ziel. Geplantes schulisches Lernen erstreckt sich dabei auf vier Bereiche:

- Aneignung von Wissen, was die Bildung eines guten und differenzierten Gedächtnisses einschließt;
- Einüben von manuellen bzw. instrumentellen Fertigkeiten und Anwenden einzelner Arbeitstechniken, aber auch gedanklicher Konzepte;
- produktives Denken und Gestalten, d. h. vor allem selbstständiges Bewältigen berufstypischer Aufgabenstellungen;
- Entwicklung einer Wertorientierung unter besonderer Berücksichtigung berufsethischer Aspekte.

Diese vier Bereiche stellen Schwerpunkte dar, die einen Rahmen für didaktische Entscheidungen, z. B. über Art und Umfang der Inhalte und der geeigneten unterrichtlichen Methoden, geben. Im konkreten Unterricht werden sie oft ineinander fließen.

Die enge Verknüpfung von Theorie und Praxis ist das grundsätzliche didaktische Anliegen der Berufsausbildung. Für die Berufsschule heißt das: Theoretische Grundlagen und Erkenntnisse müssen praxisorientiert vermittelt werden und zum beruflichen Handeln befähigen. Neben der Vermittlung von fachlichen Kenntnissen und der Einübung von Fertigkeiten sind im Unterricht überfachliche Qualifikationen anzubahnen und zu fördern.

Lernen wird erleichtert, wenn der Zusammenhang zur Berufs- und Lebenspraxis immer wieder deutlich zu erkennen ist. Dabei spielen konkrete Handlungssituationen, aber auch in der Vorstellung oder Simulation vollzogene Operationen sowie das gedankliche Nachvollziehen und Bewerten von Handlungen anderer eine wichtige Rolle. Methoden, die Handlungskompetenz unmittelbar fördern, sind besonders geeignet und sollten deshalb in der Unterrichtsplanung angemessen berücksichtigt werden. Handlungskompetenz wird verstanden als die Bereitschaft und Fähigkeit des Einzelnen, sich in gesellschaftlichen, beruflichen und privaten Situationen sachgerecht, durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten.

Handlungsorientierter Unterricht ist ein didaktisches Konzept, das fach- und handlungssystematische Strukturen miteinander verschränkt. Dieses Konzept lässt sich durch unterschiedliche Unterrichtsmethoden verwirklichen.

Im Unterricht ist zu achten auf

- eine sorgfältige und rationelle Arbeitsweise,
- Sparsamkeit beim Ressourceneinsatz,
- die gewissenhafte Beachtung aller Maßnahmen, die der Unfallverhütung und dem Umweltschutz dienen,
- sorgfältigen Umgang mit der deutschen Sprache in Wort und Schrift.

Im Hinblick auf die Fähigkeit, Arbeit selbstständig zu planen, durchzuführen und zu kontrollieren, sind vor allem die bewusste didaktische und methodische

Planung des Unterrichts, die fortlaufende Absprache der Lehrer für die einzelnen Fächer bis hin zur gemeinsamen Planung fächerübergreifender Unterrichtseinheiten erforderlich. Darüber hinaus ist im Sinne einer bedarfsgerechten Berufsausbildung eine kontinuierliche personelle, organisatorische und didaktisch-methodische Zusammenarbeit mit den anderen Lernorten des dualen Systems sicherzustellen.

#### **4 Aufbau der vorläufigen Lehrplanrichtlinien, Verbindlichkeit**

Die Ziele und Inhalte der vorläufigen Lehrplanrichtlinien bilden zusammen mit den Prinzipien des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland, der Verfassung des Freistaates Bayern und des Bayerischen Gesetzes über das Erziehungs- und Unterrichtswesen die verbindliche Grundlage für den Unterricht und die Erziehungsarbeit. Im Rahmen dieser Bindung trifft der Lehrer seine Entscheidungen in pädagogischer Verantwortung.

Die Ziele und Inhalte der vorläufigen Lehrplanrichtlinien werden in der Reihenfolge behandelt, die sich aus der gegenseitigen Absprache der Lehrkräfte zur Abstimmung des Unterrichts ergibt; die in den vorläufigen Lehrplanrichtlinien gegebene Reihenfolge innerhalb einer Jahrgangsstufe ist nicht verbindlich. Die Zeitrichtwerte sind als Anregungen gedacht.

#### **5 Übersicht über die Fächer und Lerngebiete**

Die Zahlen in Klammern geben Zeitrichtwerte an, d. h. die für das betreffende Lerngebiet empfohlene Zahl von Unterrichtsstunden.



Jahrgangsstufe 10

Englisch  
(36)  
36

Halbleiter- und Mikrosystemtechnik  
10.1 Erfassung und Darstellung  
von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen  
84

Fertigungstechnologie  
10.1 Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe  
10.2 Einhaltung von Reinraumbedingungen  
10.3 Anwendung von Standardsoftware  
10.4 Fertigstellung mikrotechnischer Produkte I  
120

Chemische Prozesse  
10.1 Beurteilung von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung  
72

Jahrgangsstufe 11

Englisch  
(36)  
36

Halbleiter- und Mikrosystemtechnik  
11.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen I  
108

Fertigungstechnologie  
11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie  
11.2 Erstellen von Schichten und deren Strukturierung  
11.3 Einhaltung von Qualitätskontrollen  
11.4 Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen I  
120

Chemische Prozesse  
11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie  
11.2 Erstellen von Schichten und deren Strukturierung  
72

Jahrgangsstufe 12

Englisch  
(27)  
27

Halbleiter- und Mikrosystemtechnik  
12.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen II  
12.2 Beschreibung von Mikrosystemen  
81

Fertigungstechnologie  
12.1 Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren  
12.2 Fertigstellung mikrotechnischer Produkte II  
12.3 Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen II  
90

Chemische Prozesse  
12.1 Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren  
12.2 Fertigstellen mikrotechnischer Produkte III  
54

## 6 Berufsbezogene Vorbemerkungen

"Der Beruf "Mikrotechnologie/Mikrotechnologin" ist der erste duale Ausbildungsberuf für die Chip-Industrie. Die dreijährige Ausbildung erfolgt in den *Schwerpunkten "Halbleitertechnik" und "Mikrosystemtechnik"*. Mikrotechnologen haben ihren Arbeitsplatz in der Produktion und in deren Infrastrukturbereichen sowie in den Forschungs- und Entwicklungslabors von Betrieben, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Unter Beachtung von logistischen, verfahrenstechnischen und qualitätssichernden Aspekten stellen sie dort Halbleiter und Mikrosysteme nach Fertigungsvorschriften als Prototyp, in Kleinserie oder in Großserien her. Sie planen und organisieren Versuchsreihen, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. Außerdem installieren sie Anlagen, Geräte und Apparaturen, stellen die Prozessparameter ein und überwachen die Prozesse. Zur Tätigkeit gehören darüber hinaus die Überprüfung der Funktionsfähigkeit von Fertigungsanlagen einschließlich der Mess-, Steuer- und Regelungseinrichtungen sowie die Durchführung von vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen und die Fehlersuche."

Zitat BIB-Berlin, Ausbildungsberufe

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologe/Mikrotechnologin

ENGLISCH, Jahrgangsstufen 10 - 12

Für das Fach Englisch gilt der Lehrplan für die Berufsschule: Englisch für gewerblich-technische Berufe, Juni 1997.

Dieser Lehrplan enthält neben berufsübergreifenden Lerninhalten (im Teil A des Lehrplans) auch berufsspezifische Lerninhalte, die im Lehrplanteil B ("Berufsspezifische Lerninhalte: Übersichten über Themen, Texte und Schriftstücke") gesondert aufgelistet sind. Diese Lerninhalte sollten - in Absprache mit den Fachlehrkräften - stets in zeitlicher Abstimmung mit entsprechenden Lerninhalten des fachlichen Unterrichts, zusätzlich auch integrativ in den Fächern Halbleiter und Mikrosystemtechnik, Fertigungstechnologie und Chemische Prozesse vermittelt werden.

Die folgende Seite stellt die Ergänzungsseite für die Mikrotechnologen/Mikrotechnologinnen zum o. g. Lehrplan dar. Sie sollte herausgetrennt und dem Englischlehrplan angeheftet werden.

**Mikrotechnologie/Mikrotechnologin**

LG 1: Themen wie	Gestaltung von Texten, Tabellen und Grafiken Datenverwaltung und -sicherung (z. B. Backup-Methoden) Datenschutz Elemente und Funktionen eines Mikrosystems Kenngrößen von Schaltungen und Schaltelementen Isolieren und Verbinden der Schaltelemente eines IC elektrische Prüfverfahren Elemente, Vor- und Nachteile fototechnischer Verfahren Gesundheits- und Umweltschutz, Entsorgung von Gefahrenstoffen Herstellung und Strukturierung von Schichten Planung von Versuchsreihen
LG 2: Texte wie	Datenblätter Beschriftungen auf Chemikalien und technische Anleitungen Bedienungsanleitungen für Maschinen und Geräte Handbücher/"Manuale" <sup>1</sup> Schaltpläne Ablaufpläne
LG 3: Schriftstücke/ Schreibenanlässe wie	Wartungs- und Fehlerprotokolle Arbeitspläne Tätigkeitsnachweise

In jedem Lernjahr sollten ca. 60 % der Unterrichtszeit auf das LG 1, ca. 30 % auf das LG 2 und ca. 10 % auf das LG 3 verwendet werden.

<sup>1</sup> besonders zu empfehlen: Peter von Zant, *Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing*. Semiconductor Services San Jose, CA, USA, 1984 ISBN 0-9613880-1-3

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

HALBLEITER- UND MIKROSYSTEMTECHNIK, Jahrgangsstufe 10

Lerngebiet: 10.1 Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen

84 Std.

84 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

10.1 Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen

In diesem Lerngebiet soll die Technische Mathematik besonders berücksichtigt werden.

84 Std.

Die Schüler und Schülerinnen untersuchen und bestimmen die Zusammenhänge zwischen den Grundgrößen der Elektrotechnik und wenden diese auf elektrische Grundschaltungen an. Sie unterscheiden zwischen analogen und digitalen Signalen und ordnen diese den unterschiedlichen Einsatzgebieten zu. Sie beherrschen die

Elektrische Größen, deren Zusammenhänge und Darstellungsmöglichkeiten

Analoge und digitale Signale

Messmethoden zur Erfassung elektrischer Größen

Funktion und Aufbau passiver Bauelemente

---

einschlägigen Verfahren zur Messung von elektrischen Größen und werten die gewonnenen Ergebnisse. Sie untersuchen das Verhalten von passiven Bauelementen im Gleich- und Wechselstromkreis. Sie halten die einschlägigen Vorschriften ein.

Schutzbestimmungen, Schutzmaßnahmen, Sicherheitsregeln

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

HALBLEITER- UND MIKROSYSTEMTECHNIK, Jahrgangsstufe 11

Lerngebiet: 11.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen I 108 Std.

108 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

11.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen I

In Verbindung mit dem LG 12.1  
In diesem Lerngebiet soll die Technische Mathematik besonders berücksichtigt werden.  
108 Std.

Die Schüler und Schülerinnen untersuchen die elektrische Wirkung von Schaltelementen diskreter und integrierter Schaltungen. Sie verwenden dazu Datenblätter in deutscher und englischer Sprache. Sie bauen einfache Schaltungen der Analog- und Digitaltechnik auf und erklären deren Funktion. Sie

Aufbau, Wirkungsweise und Eigenschaften passiver und aktiver Schaltelemente

Bipolare und unipolare Technik

Grundsaltungen der Verstärkertechnik

Logische Grundsaltungen, Speicherzellen

messen und dokumentieren die elektrischen Kenngrößen von Schaltelementen und Schaltungen, wie sie zur Prüfung von Wafern verwendet werden (Teststrukturen). Sie erklären den geometrischen und physikalischen Aufbau sowie dessen Einfluss auf die Eigenschaften der Schaltelemente. Sie bewerten die Stabilität der Schaltelemente. Sie beschreiben die erforderlichen Technologien, die beim Zusammenschalten einzelner Schaltelemente zum IC angewandt werden.

Bestimmung von Widerstand, Kapazität, Sperrstrom, Stromverstärkung, Steilheit, Schaltzeiten und Grenzfrequenz

Empfindlichkeit gegenüber physikalischen und chemischen Einflüssen (ESD, EMV)

Verfahren zum Isolieren und Verbinden der Schaltelemente des IC's

Datenblätter in deutscher und englischer Sprache



Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

HALBLEITER- UND MIKROSYSTEMTECHNIK, Jahrgangsstufe 12

Lerngebiete:	12.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen II	27 Std.
	12.2 Beschreibung von Mikrosystemen	<u>54 Std.</u>
		81 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

12.1 Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen II

In Verbindung mit dem LG 11.1  
In diesem Lerngebiet soll die Technische Mathematik besonders berücksichtigt werden.  
27 Std.

Die Schüler und Schülerinnen untersuchen die elektrische Wirkung von Schaltelementen diskreter und integrierter Schaltungen. Sie verwenden dazu Datenblätter in deutscher und englischer Sprache. Sie bauen einfache Schaltungen der Analog- und Digitaltechnik auf und erklären deren Funktion. Sie

Aufbau, Wirkungsweise und Eigenschaften passiver und aktiver Schaltelemente  
  
Bipolare und unipolare Technik  
  
Grundsaltungen der Verstärkertechnik  
  
Logische Grundsaltungen, Speicherzellen

messen und dokumentieren die elektrischen Kenngrößen von Schaltelementen und Schaltungen, wie sie zur Prüfung von Wafern verwendet werden (Teststrukturen). Sie erklären den geometrischen und physikalischen Aufbau sowie dessen Einfluss auf die Eigenschaften der Schaltelemente. Sie bewerten die Stabilität der Schaltelemente. Sie beschreiben die erforderlichen Technologien, die beim Zusammenschalten einzelner Schaltelemente zum IC angewandt werden.

Bestimmung von Widerstand, Kapazität, Sperrstrom, Stromverstärkung, Steilheit, Schaltzeiten und Grenzfrequenz

Empfindlichkeit gegenüber physikalischen und chemischen Einflüssen (ESD, EMV)

Verfahren zum Isolieren und Verbinden der Schaltelemente des IC's

Datenblätter in deutscher und englischer Sprache

## 12.2 Beschreibung von Mikrosystemen

54 Std.

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben grundlegende Funktionen von Mikrosystemen und erkennen Sensoren, Aktoren, Signalaufbereitung und Schnittstellen als deren wesentliche Bestandteile. Sie beschreiben den Aufbau, die verschiedenen Funktionsprinzipien, Eigenschaften und Anwendungsbereiche ausgewählter Sensoren und Aktoren.

Einsatz von Mikrosystemen (z. B. Airbag)

Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Durchflussmenge, Druck, Beschleunigung

Sensoren mit magnetempfindlichen und optoelektronischen Schaltelementen (z. B. für Drehzahl- und Füllstandsmessungen)

Aktoren (z. B. Mikromotor)

Schnittstellen zum makroskopischen Umfeld

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

FERTIGUNGSTECHNOLOGIE, Jahrgangsstufe 10

Lerngebiete:	10.1 Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe	24 Std.
	10.2 Einhaltung von Reinraumbedingungen	12 Std.
	10.3 Anwendung von Standardsoftware	48 Std.
	10.4 Fertigstellung mikrotechnischer Produkte I	<u>36 Std.</u>
		120 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

10.1 Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe

24 Std.

Die Schüler und Schülerinnen unterscheiden zwischen den verschiedenen Leitungsmechanismen ausgewählter Werkstoffe. Sie können die grundlegenden Merkmale elementarer Halbleiter anhand des Periodensystems der Elemente einordnen. Sie unterscheiden Halbleiterwerkstoffe und beschreiben

Leitungsvorgänge in Metallen, Halbleitern und Nichtleitern

Polykristalline und einkristalline Halbleiter

Leitungsvorgänge in gestörten Halbleitern

PN-Übergang

deren Herstellung. Sie erklären den Einfluss von Fremdatomen auf die elektrischen Eigenschaften von Halbleitern. Sie untersuchen das Verhalten von Dioden in Abhängigkeit von der äußeren Spannung und schließen daraus auf die Vorgänge in der Sperrschicht.

10.2 Einhaltung von Reinraumbedingungen

12 Std.

Die Schüler und Schülerinnen erklären den Zusammenhang zwischen Luftreinhaltung und Produktionsausbeute. Sie sind in der Lage, die geforderten Reinraumbedingungen zu überwachen.

Reinraumklassifizierung

Ursachen, Arten und Auswirkungen von Verunreinigungen

Partikelmessung

Physikalische Anforderungen an die Belüftung (Durchsatz, Strömung, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit)

Technische Maßnahmen zur Luftreinhaltung

Kontrollmessungen

10.3 Anwendung von Standardsoftware

48 Std.

Die Schüler und Schülerinnen be-

Aufgaben eines Betriebssystems

schreiben ausgewählte Systemvoraussetzungen für den Einsatz von Standardsoftware und Peripheriegeräten. Sie wenden grundlegende Funktionen des installierten Betriebssystems an. Sie gestalten mit Hilfe von Standardsoftware Texte, Tabellen und grafische Darstellungen und verwenden diverse Softwarefunktionen zur Verwaltung von Dokumenten. Sie beschreiben und handhaben zeitgemäße Datenschutz- und Datensicherungskonzepte. Sie verstehen Erläuterungen in deutscher und englischer Sprache und beherrschen ausgewählte englischsprachige Befehle in Wort und Schrift.

#### 10.4 Fertigstellung mikrotechnischer Produkte I

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben die notwendigen Verfahren und erklären deren physikalische und chemische Prinzipien zur abschließenden Bearbeitung der Scheiben bis zum funktionsfähigen Endprodukt. Sie wählen Werkstoffe, Werkzeuge und Anlagen dazu aus. Sie kontrollieren und

Einsatz kommerzieller Software

Verwaltung von Daten

Backup-Methoden

Handreichungen, englischsprachige Anleitungen

In Verbindung mit dem LG 12.2  
36 Std.

In dieser Jahrgangsstufe werden im wesentlichen Grundlagen der Metalltechnik behandelt.

Rückseitenprozesse

Trennen der Scheibe

Chipmontage, Bestückung

Kontaktierung

Häusen

dokumentieren elektrische und mechanische Eigenschaften. Sie analysieren Fehler und beschreiben die Möglichkeiten zu deren Beseitigung.

Funktionsprüfung

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

FERTIGUNGSTECHNOLOGIE, Jahrgangsstufe 11

Lerngebiete:	11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie	24 Std.	
	11.2 Erstellen von Schichten und deren Strukturierung		36 Std.
	11.3 Einhaltung von Qualitätsstandards		36 Std.
	11.4 Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen I	<u>24 Std.</u>	
			120 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Chemische Prozesse  
24 Std.

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben das fototechnische Verfahren als wesentliche Voraussetzung zur Strukturierung von Masken und Scheiben. Sie beschreiben das Justieren der Masken, Belichten, Entwickeln und Entfernen von Fotolacken. Außerdem beurteilen

Physikalische und chemische Eigenschaften von Fotolacken  
Belackungstechnik  
Belichtungsverfahren  
Entwicklungsverfahren

sie den fototechnischen Prozess anhand von Proben und bewerten das Gesamtergebnis. Sie vergleichen die Prinzipien fototechnischer Verfahren mit weiteren lithografischen Verfahren. Im Umgang mit Gefahrstoffen und der Entsorgung der Arbeitsstoffe halten sie die Bestimmungen des Gesundheits- und Umweltschutzes ein. Sie entnehmen Informationen aus Beschreibungen in englischer Sprache.

Reinigungsverfahren  
Prüfverfahren  
Beschreibungen in englischer Sprache

#### 11.2 Erstellung von Schichten und deren Strukturierung

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben die Verfahren zur Herstellung verschiedener Schichten sowie zu deren Strukturierung. Sie formulieren dazu die chemischen Reaktionsgleichungen. Zur Herstellung und Strukturierung von Schichten wählen sie die erforderlichen Medien aus. Sie beurteilen das Ergebnis der Schichtherstellung und Strukturierung anhand von Mess- oder Prüfergebnissen und ziehen daraus Schlüsse für die weitere Bearbeitung. Sie erklären die Herstellung und Prüfung des Va-

Verfahren zur Erzeugung von Oxydschichten, Nitridschichten, Polysiliziumschichten, Metallschichten, Epitaxieschichten und Widerstandsschichten  
Strukturierung durch Nassätzen und Trockenätzen  
Einfluss des Vakuums auf den Prozess  
Mess- und Prüfverfahren zur Schichtkontrolle  
Bedienungsanleitungen in Deutsch und Englisch

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Chemische Prozesse  
36 Std.



kuums. Im Umgang mit den Maschinen und Geräten beachten sie die Unfallverhütungsvorschriften. Beim Einsatz von Gefahrstoffen beachten sie die Vorschriften für den Umgang und die Entsorgung. Sie entnehmen Informationen aus englischsprachigen technischen Anleitungen.

### 11.3 Einhaltung von Qualitätsstandards

36 Std.

Die Schüler und Schülerinnen begründen die Bedeutung des Qualitätsmanagements. Sie stellen das Qualitätsmanagement eines (ihres) Betriebs dar. Sie berechnen und erläutern wichtige Kennwerte und Parameter der statistischen Prozessregelung. Sie leiten aus den Ergebnissen der statistischen Prozessregelung notwendige Änderungsmaßnahmen für den Fertigungsprozess ab.

Kriterien zur Festlegung von Qualitätsstandards

In diesem Lerngebiet soll die Technische Mathematik besonders berücksichtigt werden.

Kundenorientierung

Maßnahmen des Qualitätsmanagements

Anforderungen an Mitarbeiter

Statistische Kenngrößen (Normalverteilung, Mittelwert, Standardabweichung)

Statistische Prozessregelung

### 11.4 Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen I

In Verbindung mit dem LG 12.3

24 Std.

Die Schüler und Schülerinnen untersuchen die Wirkungsweise von Steuerungen und Regelungen an Beispielen verfahrenstechnischer Anlagen aus dem Fertigungsprozess. Sie nutzen Programme zur Simulation und Darstellung von Steuer- und Regelprozessen. Sie analysieren das Zeitverhalten von Reglern und Regelstrecken sowie deren Zusammenwirken im Regelkreis. Sie setzen Sensoren gezielt zur Messung prozessrelevanter Daten ein. Sie wenden verschiedene Methoden zur Datenübertragung an. Die erfassten Messwerte werden von ihnen mit Hilfe der Computertechnik dargestellt und ausgewertet. Sie sind in der Lage, den Einfluss von Störgrößen auf den Fertigungsprozess zu erfassen, Fehler zu erkennen und ihr eigenes Handeln darauf einzurichten.

Steuerungen (z. B. Ablaufsteuerung)

Regelstrecken mit und ohne Ausgleich

Stetige Regler, unstetige Regler

Analoge und digitale Übertragung von Messdaten

Zusammenwirken von Regelstrecke und Regler (z. B. Temperaturregelung im Oxydationsofen, Durchflussmengenregelung von Gasen, Regelung des pH-Werts)

PC-gestützte Steuer- und Regelungstechnik

Fließbilder

Messprotokoll

Fehlerdiagnose

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

FERTIGUNGSTECHNOLOGIE, Jahrgangsstufe 12

Lerngebiete:	12.1	Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren	18 Std.
	12.2	Fertigstellung mikrotechnischer Produkte II	27 Std.
	12.3	Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen II <u>45 Std.</u>	90 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

12.1 Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Chemische Prozesse

18 Std.

Die Schüler und Schülerinnen erklären die Wirkung des Dotierens auf die elektrische Leitfähigkeit. Sie begründen die Auswahl der Dotierstoffe. Sie erläutern die unterschiedlichen Verfahren des Dotierens. Sie beurteilen Prozessparameter und beschreiben deren Einfluss auf den Dotiervorgang.

Eigenschaften und Auswahl der Dotierstoffe (Wertigkeit, Diffusionskonstante, Löslichkeit)

Diffusionsverfahren, Diffusionsanlagen

Ionenimplantationsverfahren, Implantationsanlagen

Reaktionsgleichungen

---

Einfluss des Vakuums

12.2 Fertigstellung mikro-  
technischer Produkte II

In Verbindung mit dem LG 10.4 und dem Unterrichtsfach Chemische Prozesse  
27 Std.

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben die notwendigen Verfahren und erklären deren physikalische und chemische Prinzipien zur abschließenden Bearbeitung der Scheiben bis zum funktionsfähigen Endprodukt. Sie wählen Werkstoffe, Werkzeuge und Anlagen dazu aus. Sie kontrollieren und dokumentieren elektrische und mechanische Eigenschaften. Sie analysieren Fehler und beschreiben die Möglichkeiten zu deren Beseitigung.

Rückseitenprozesse

Trennen der Scheibe

Chipmontage, Bestückung

Kontaktierung

Häusen

Funktionsprüfung

12.3 Einstellung, Prüfung und  
Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen II

In Verbindung mit LG 11.4

45 Std.

Die Schüler und Schülerinnen untersuchen die Wirkungsweise von Steuerungen und Regelungen an Beispielen verfahrenstechnischer Anlagen aus dem Fertigungsprozess. Sie nutzen Programme zur

Steuerungen (z. B. Ablaufsteuerung)

Regelstrecken mit und ohne Ausgleich

Stetige Regler, unstetige Regler

In diesem Lerngebiet soll die Technische Mathematik besonders berücksichtigt werden.

Simulation und Darstellung von Steuer- und Regelprozessen. Sie analysieren das Zeitverhalten von Reglern und Regelstrecken sowie deren Zusammenwirken im Regelkreis. Sie setzen Sensoren gezielt zur Messung prozessrelevanter Daten ein. Sie wenden verschiedene Methoden zur Datenübertragung an. Die erfassten Messwerte werden von ihnen mit Hilfe der Computertechnik dargestellt und ausgewertet. Sie sind in der Lage, den Einfluss von Störgrößen auf den Fertigungsprozess zu erfassen, Fehler zu erkennen und ihr eigenes Handeln darauf einzurichten.

Analoge und digitale Übertragung von Messdaten

Zusammenwirken von Regelstrecke und Regler (z. B. Temperaturregelung im Oxydationsofen, Durchflussmengenregelung von Gasen, Regelung des pH-Werts)

PC-gestützte Steuer- und Regelungstechnik

Fließbilder

Messprotokoll

Fehlerdiagnose

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

CHEMISCHE PROZESSE, Jahrgangsstufe 10

Lerngebiet: 10.1 Beurteilung von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung

72 Std.

72 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

10.1 Beurteilung von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung

72 Std.

Die Schüler und Schülerinnen erklären die Handhabung, Reaktionsweise und das Gefahrenpotential von chemischen Stoffen. Sie beachten Sicherheitsvorschriften und entsorgen chemische Abfallstoffe umweltgerecht. Sie stellen einfache Reaktionsgleichungen auf. Sie führen Konzentrationsberechnungen durch und bestimmen

Vorschriften der Gefahrstoffverordnung hinsichtlich Kennzeichnung und Handhabung von Chemikalien

Periodensystem

Säuren, Laugen, pH-Wert

Kohlenstoffverbindungen, Alkohole

den pH-Wert. Sie untersuchen die Wirkung ausgewählter Chemikalien und die daraus resultierenden Anforderungen an die in der Halbleitertechnik verwendeten Materialien. Sie erklären wichtige Verbindungen der organischen Chemie.

Lösemittel

Reaktive Gase und deren Spaltprodukte

Gewinnung von Reinstwasser und Wiederaufbereitung von Abwasser

Anforderungen an Rohre und Armaturen

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

CHEMISCHE PROZESSE, Jahrgangsstufe 11

Lerngebiete:	11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie	36 Std.
	11.2 Erstellen von Schichten und deren Strukturierung	<u>36 Std.</u> 72 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

11.1 Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Fertigungstechnologie

36 Std.

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben das fototechnische Verfahren als wesentliche Voraussetzung zur Strukturierung von Masken und Scheiben. Sie beschreiben das Justieren der Masken, Belichten, Entwickeln und Entfernen von Fotolacken. Außerdem beurteilen sie den fototechnischen Prozess anhand von Proben und bewerten

Physikalische und chemische Eigenschaften von Fotolacken

Belackungstechnik

Belichtungsverfahren

Reinigungsverfahren  
Entwicklungsverfahren

---



das Gesamtergebnis. Sie vergleichen die Prinzipien fototechnische Verfahren mit weiteren lithografischen Verfahren. Im Umgang mit Gefahrstoffen und der Entsorgung der Arbeitsstoffe halten sie die Bestimmungen des Gesundheits- und Umweltschutzes ein. Sie entnehmen Informationen aus Beschreibungen in englischer Sprache

Prüfverfahren Beschreibungen in englischer Sprache

#### 11.2 Erstellung von Schichten und deren Strukturierung

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben die Verfahren zur Herstellung verschiedener Schichten sowie zu deren Strukturierung. Sie formulieren dazu die chemischen Reaktionsgleichungen. Zur Herstellung und Strukturierung von Schichten wählen sie die erforderlichen Medien aus. Sie beurteilen das Ergebnis der Schichtherstellung und Strukturierung anhand von Mess- oder Prüfergebnissen und ziehen daraus Schlüsse für die weitere Bearbeitung. Sie erklären die Herstellung und Prüfung des Vakuums. Im Umgang mit den Maschinen und Geräten beachten sie

Verfahren zur Erzeugung von Oxydschichten, Nitridschichten, Polysiliziumschichten, Metallschichten, Epitaxieschichten und Widerstandsschichten

Strukturierung durch Nassätzen und Trockenätzen

Einfluss des Vakuums auf den Prozess

Mess- und Prüfverfahren zur Schichtkontrolle

Bedienungsanleitungen in Deutsch und Englisch

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Fertigungs-technologie  
36 Std.

die Unfallverhütungsvorschriften.  
Beim Einsatz von Gefahrstoffen  
beachten sie die Vorschriften für  
den Umgang und die Entsorgung.  
Sie entnehmen Informationen aus  
englischsprachigen technischen  
Anleitungen.

Berufsschule: Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

---

Berufsschule

Fachklassen Mikrotechnologie/Mikrotechnologin

CHEMISCHE PROZESSE, Jahrgangsstufe 12

Lerngebiete:	12.1	Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren	36 Std.
	12.2	Fertigstellung mikrotechnischer Produkte III	<u>18 Std.</u>
			54 Std.

---

LERNZIELE

LERNINHALTE

HINWEISE ZUM UNTERRICHT

---

12.1 Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Fertigungstechnologie

36 Std.

Die Schüler und Schülerinnen erklären die Wirkung des Dotierens auf die elektrische Leitfähigkeit. Sie begründen die Auswahl der Dotierstoffe. Sie erläutern die unterschiedlichen Verfahren des Dotierens. Sie beurteilen Prozessparameter und beschreiben deren Einfluss auf den Dotiervorgang.

Eigenschaften und Auswahl der Dotierstoffe (Wertigkeit, Diffusionskonstante, Löslichkeit)

Diffusionsverfahren, Diffusionsanlagen

Ionenimplantationsverfahren, Implantationsanlagen

Reaktionsgleichungen

Einfluss des Vakuums

12.2 Fertigstellung mikrotechnischer Produkte III

In Verbindung mit dem Unterrichtsfach Fertigungstechnologie  
18 Std.

Die Schüler und Schülerinnen beschreiben die notwendigen Verfahren und erklären deren physikalische und chemische Prinzipien zur abschließenden Bearbeitung der Scheiben bis zum funktionsfähigen Endprodukt. Sie wählen Werkstoffe, Werkzeuge und Anlagen dazu aus. Sie kontrollieren und dokumentieren elektrische und mechanische Eigenschaften. Sie analysieren Fehler und beschreiben die Möglichkeiten zu deren Beseitigung.

Rückseitenprozesse

Trennen der Scheibe

Chipmontage, Bestückung

Kontaktierung

Häusen

Funktionsprüfung

Anlage

Die Mitglieder der Lehrplankommission waren:

Gerhard Bielesch  
Dr. Werner Kusch  
Günter Kirchberger

Regensburg  
ISB München  
Regensburg