

Ab 1. August 1998:

ein neuer staatlich anerkannter Ausbildungsberuf



Mikrotechnologe/ Mikrotechnologin

mit den Schwerpunkten

Halbleitertechnik

Mikrosystemtechnik

Mikrotechnologen

- ✓ ein Beruf für Industriebetriebe, Hochschulinstitute und Forschungseinrichtungen im Bereich der Mikroelektronik und Mikrosysteme
- ✓ wissensbasiertes Berufsprofil mit prozessorientierter und verfahrenstechnischer Ausrichtung
- ✓ Ausbildung entsprechend betrieblicher Anforderungen
- ✓ Ausbildungsdauer: 3 Jahre
- ✓ Lernort Betrieb und Berufsschule
- ✓ Abschlussprüfung vor der Industrie- und Handelskammer
- ✓ flexibler Einsatz nach der Ausbildung

BIBB

Bundesinstitut für Berufsbildung
10702 Berlin

Tel: (030) 8643-2406
Fax: (030) 8643-2603
Internet: <http://www.bibb.de>

ZVEI

Zentralverband Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e.V.
Stresemannalle 19
60596 Frankfurt am Main
Tel: (069) 6302-277
Fax: (069) 6302-286
e-mail: forschung@zvei.org

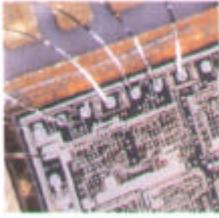
IG Metall

Industriegewerkschaft Metall
Lyoner Straße 32
60528 Frankfurt am Main
Tel: (069) 6693-2238
Fax: (069) 6693-2852
e-mail: igm.berufsbildung@t-online.de

© 1998 by: Bundesinstitut für Berufsbildung, Berlin

Redaktionelle
Bearbeitung: Hans Borch

Herausgeber: Bundesinstitut für Berufsbildung • Der Generalsekretär
10702 Berlin



Mikrotechnologe/Mikrotechnologin

ein neuer staatlich anerkannter Ausbildungsberuf im High-Tech Bereich

Eine neue Zukunftsbranche

Die Mikroelektronik und die sich mit großen Schritten entwickelnde Mikrosystemtechnik gehören zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Die Nutzung ihrer vielfältigen Möglichkeiten durch die Erschließung neuer Anwendungen und die Entwicklung neuer Produkte ist eine Herausforderung für den Industriestandort Deutschland.

- Die Mikroelektronik stellt die Hardware für Signalverarbeitung und Ansteuerung in miniaturisierten Systemen. Mit immer noch kleineren Strukturen und komplexeren Schaltungsarchitekturen werden ständig mehr Funktionen auf winzigen Siliciumflächen inkorporiert.
- Doch nicht nur mikroelektronische sondern auch mechanische und optische Bauelemente lassen sich heute im Mikromaßstab herstellen. Standardmaterial ist auch hier Silicium, so dass sensorische und aktorische Elemente zusammen mit steuernden Funktionen auf demselben Chip als komplexes Mikrosystem realisiert werden können.

In der *Mikroelektronik* entstanden in den vergangenen Jahren eine Reihe neuer - für die Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wichtiger Entwicklungs- und Produktionsstandorte.

In der Entwicklung der *Mikrosystemtechnik* gehört Deutschland im internationalen Vergleich zur Spitzengruppe. Das Leistungspotential von Wissenschaft und Industrie ist in den letzten Jahren in voller Breite aufgebaut worden. Nun kommt es darauf an, dass aus den überzeugenden Erfolgen der Grundlagenforschung, der industriellen Forschung und Entwicklung auch marktfähige Produkte hervorgehen.

Warum ein neuer Ausbildungsberuf?

Für die Herstellung mikrotechnischer Bauteile und Komponenten kommen technisch anspruchsvolle und hochkomplexe Fertigungsverfahren zur Anwendung, die umfassend qualifizierte und verantwortungsbereite Fachkräfte auf allen Ebenen erforderlich machen.

- Die Sicherung der hohen Qualitätsstandards in der Produktion, erfordert nicht nur Ingenieure, sondern auch qualifizierte Fachkräfte auf Facharbeiterebene, die über das in diesem Technologiefeld erforderliche Know-how verfügen.

Umfassende Neuordnung in Jahresfrist

1996 ergriff der ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.) die Initiative zur Anerkennung eines neuen Ausbildungsberufes.

In Jahresfrist entwickelten Experten aus der Arbeits- und Ausbildungspraxis von ZVEI und IG Metall gemeinsam mit dem Bundesinstitut für Berufsbildung eine Ausbildungsordnung. Parallel dazu erarbeiteten Experten der Länder einen Rahmenlehrplan für den Berufsschulunterricht.

Ab dem **1. August 1998** kann nach diesem neuen Berufsbild ausgebildet werden.

Warum ausbilden?

Der neue Ausbildungsberuf

- sichert eine breite Basisqualifikation, die einen flexiblen Einsatz auf unterschiedlichen Arbeitsplätzen eines Betriebs ermöglicht,
- legt die Grundlage für die betriebliche Weiterbildung zur Bewältigung des technischen Wandels und fördert die berufliche Entwicklung.

Betriebe im wachsenden Markt der Mikrotechnik brauchen zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit eine ausgewogene Fachkräftestruktur. Mit der Mikrotechnologen-Ausbildung erhalten sie auf der Facharbeiterebene qualifizierten Nachwuchs zur

- Sicherung der Qualitätsstandards,
- Sicherung der verfahrenstechnischen Prozesse



Ausbildungsprofil Mikrotechnologe/ Mikrotechnologin

Berufsbezeichnung: Mikrotechnologe/Mikrotechnologin

Ausbildungsdauer: drei Jahre

Die Ausbildung erfolgt an den Lernorten Betrieb und Berufsschule in den Schwerpunkten

- Halbleitertechnik
- Mikrosystemtechnik

Arbeitsgebiet:

Mikrotechnologen/Mikrotechnologinnen stellen in verfahrenstechnischen Prozessen mikrotechnische Produkte her. Ihre Tätigkeit ist von Logistik, Verfahrenstechnik, Qualitätsmanagement, Entsorgung und technischem Support geprägt. Sie arbeiten in der Produktion und deren Infrastrukturbereichen sowie in FuE-Bereichen von Betrieben und Forschungseinrichtungen.

In dem Schwerpunkt „Halbleitertechnik“ stellen sie Halbleiterprodukte her durch Aufbringen von Schichten, Strukturieren, Ätzen, Dotieren und Montage sowie durch halbleiterspezifische Prüfungen. Typische Einsatzgebiete sind zum Beispiel diskrete Halbleiter, Leistungshalbleiter, integrierte Halbleiter, ASICS, Optohalbleiter oder optoelektronische Anzeigesysteme.

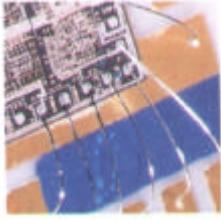


In dem Schwerpunkt „Mikrosystemtechnik“ werden insbesondere Träger für die Bauelemente durch Beschichtungsverfahren sowie Mikrosysteme durch Bestücken, Löten, Bonden, Versiegeln und Testen hergestellt. Typische Einsatzgebiete sind zum Beispiel die Herstellung von Schaltungsträgern in Dickschichttechnik oder Dünnschichttechnik, Hybridtechnik, SMD-Montage-technik, Herstellung von Bauelementen durch lithografisches Tiefätzen oder Galvano- und Abformtechnik.

Berufliche Fähigkeiten:

Mikrotechnologen/ Mikrotechnologinnen

- planen und organisieren Arbeitsabläufe, dokumentieren sie und führen Qualitätsmanagementmaßnahmen durch,
- richten Anlagen zur Herstellung von Mikroprodukten ein, stellen die Prozessparameter ein und stellen die Produktionsfähigkeit von Anlagen her,
- sichern und prüfen von Reinraumbedingungen,
- bedienen, beschicken und überwachen Anlagen zur Durchführung von Herstellungs- und Montageprozessen
- führen prozessbegleitenden Prüfungen und Endtests durch und optimieren Prozessparameter entsprechend der prozessbegleitenden Prüfungen,
- erkennen Störungen in den Prozessabläufen und ergreifen Maßnahmen zur Sicherung der Prozessabläufe,
- handhaben Arbeitsstoffen unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Arbeitsschutzvorschriften sowie des Umweltschutzes, lagern die erforderlichen Werkstoffe/Chemikalien und stellen diese für den Produktionsablauf bereit,
- warten die Anlagen zur Aufbereitung der Prozesschemikalien und sorgen für eine fachgerechte Entsorgung der Reststoffe,
- prüfen Anlagen zur Herstellung von Mikroprodukten, erkennen Störungen und führen vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen durch,
- erkennen Verbesserungspotentiale bei Ausbeute, Qualität, Durchlaufzeiten und Wirtschaftlichkeit, realisieren Verbesserungen unter Einsatz von Problemlösungstechniken und optimieren Produktionsprozesse.



Strukturmerkmale des Berufes

Neue Berufsbezeichnung kennzeichnet wissensbasierte Qualifikation

Die Berufsbezeichnung Mikrotechnologe unterstreicht die prozess- und verfahrenstechnische ausgerichtete Qualifikation dieser Fachkräfte. Mit der Aufnahme der Berufsbezeichnung Technologe wird der Stellenwert und die Attraktivität dieses Berufes verbessert.

Ausbildung nach betrieblichen Anforderungen

Innerhalb des Ausbildungsberufes wurde eine **Spezialisierung** vorgesehen und zwar die Schwerpunkte

- Halbleitertechnik
- Mikrosystemtechnik

2/3 der Ausbildungsinhalte sind gemeinsame Inhalte, 1/3 der Ausbildungsinhalte sind schwerpunktspezifisch.

Viele der Betriebe sind hinsichtlich spezieller Produktparten spezialisiert. Auch diese Betriebe sollen für Ausbildung gewonnen werden. Um diesen unterschiedlichen Anforderungen innerhalb Mikro-Technik zu entsprechen, wurden Einsatzgebiete vorgesehen. Folgende Beispiele für Einsatzgebiete werden in der Verordnung genannt:

im **Schwerpunkt Halbleitertechnik:**

- diskrete Halbleiter,
- Leistungshalbleiter,
- integrierte Halbleiter,
- kundenspezifische Schaltkreise (ASICs),
- Optohalbleiter,
- optoelektronische Anzeigesysteme.

im **Schwerpunkt Mikrosystemtechnik:**

- Dickschichttechnik,
- Dünnschichttechnik,
- Hybridtechnik,
- Montagetechnik oberflächenmontierbarer Bauelemente (SMD),
- lithografisches Tiefätzen,
- Galvano- und Abformtechnik.

Das Einsatzgebiet wird vom Ausbildungsbetrieb festgelegt. Es können auch andere Einsatzgebiete zugrunde gelegt werden, wenn die zu vermittelnden Fertigkeiten und Kenntnisse in Breite und Tiefe gleichwertig sind.

Durch diese Konstruktion - sowohl gemeinsame Inhalte für alle Auszubildenden als auch an den betrieblichen Produkten und Arbeitsprozessen ausgerichtete Ausbildungsinhalte - soll die inhaltliche Breite und eine in die Tiefe gehende Spezialisierung der Ausbildung sichergestellt werden.

Die inhaltliche Ausrichtung des Berufes

Für die Herstellung mikrotechnischer Bauteile und Komponenten kommen technisch anspruchsvolle und hochkomplexe Fertigungsverfahren zur Anwendung. Teil dieser Fertigungsverfahren sind physikalische und chemische Prozesse, durch die Schichten strukturiert auf- und abgetragen, Stoffumwandlungen vorgenommen sowie Trenn- und Fügetechniken durchgeführt werden.

Die Mikrotechnologen / Mikrotechnologinnen haben deshalb eine prozess- und verfahrenstechnisch ausgerichtete Qualifikation, die ein umfassendes naturwissenschaftliches und technisches Wissen und Verständnis erfordert. Sie müssen Prozessabläufe analysieren, prozessbegleitende Prüfungen und Endtests auswerten. Dabei beurteilen sie Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der mikrotechnischen Produkte sowie Prozessparameter, Prozessschritte und Strukturen und können auf zu verändernde Prozessparameter schließen.

Zur Durchführung der Prozessabläufe müssen sie Arbeitsstoffe/Chemikalien unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Arbeitsschutzvorschriften sowie des Umweltschutzes handhaben, lagern und für den Produktionsablauf bereitstellen

Zu ihren Tätigkeiten gehört das Einrichten, Überprüfen, Überwachen und die vorbeugende Instandhaltung der Produktionsanlagen. Dazu können sie technische Zusammenhänge beurteilen und sind in den Bereichen MSR-Technik, Vakuumtechnik, Reinraumtechnik und in der Ver- und Entsorgungstechnik für Medien qualifiziert.



Die berufliche Handlungskompetenz der Mikrotechnologen umfasst aber nicht nur technisch-naturwissenschaftliche Bereiche. Damit sie ihre Arbeit selbständig unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Qualität, Arbeitssicherheit und Umweltschutz ausführen können, müssen sie auch Kompetenzen im Bereich des methodischen Vorgehens und der Zusammenarbeit im Team besitzen, betriebliche Zusammenhänge kennen sowie kommunikationsfähig sein.

Dazu gehört insbesondere das selbständige Planen, Organisieren, Kontrollieren und Dokumentieren von Arbeitsvorgängen und von Prozessabläufen unter Berücksichtigung des betrieblichen Gesamtzusammenhanges. Dazu müssen die Mikrotechnologen/Mikrotechnologinnen Vorgaben der Produktionsplanung und Prozessvorschriften auswerten, benötigte Masken, Vorrichtungen, Werkstoffe, Medien und sonstige

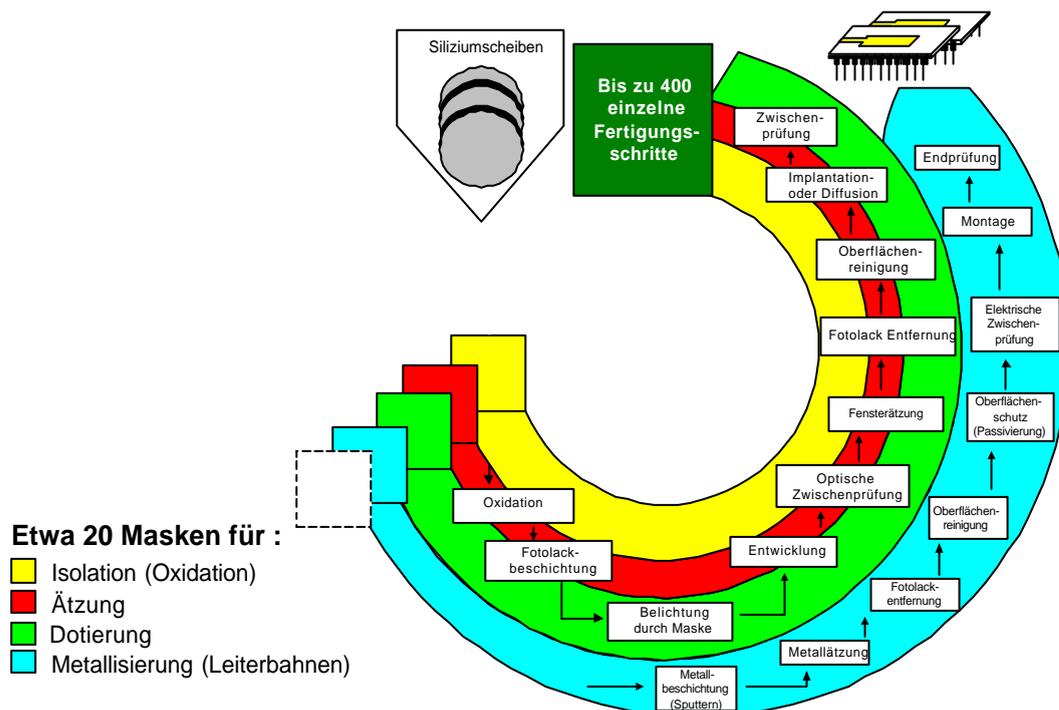
Prozessmittel bereitstellen, Personaleinsatz koordinieren sowie vorbeugende Instandhaltung, Arbeits- und Testabläufe festlegen. Zur Qualitätssicherung müssen sie auch Messdaten erfassen, statistisch bearbeiten und auswerten sowie diese zu Protokollen und Dokumentationen zusammenfassen.

Die mindestens zu vermittelnden Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind, werden im Ausbildungsberufsbild dargestellt:

Ausbildungsberufsbild

1. Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht,
2. Aufbau und Organisation des Ausbildungsbetriebes,
3. Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit,
4. Umweltschutz,
5. Anwenden technischer Unterlagen,
6. Planen und Organisieren der Arbeit,
7. Dokumentieren der Arbeiten, Bedienen von Datenverarbeitungsanlagen, Datenschutz,
8. Qualitätsmanagement,
9. Bereitstellen und Entsorgen von Arbeitsstoffen,
10. Sichern und Prüfen der Reinraumbedingungen,
11. Umrüsten, Prüfen und vorbeugendes Instandhalten von Produktionseinrichtungen,
12. Einstellen von Prozessparametern,
13. Optimieren des Produktionsprozesses,
14. Herstellungs- und Montageprozesse
15. prozessbegleitende Prüfungen,
16. Durchführen von Endtests,
17. Sichern von Prozessabläufen im Einsatzgebiet.

Fertigung einer integrierten Schaltung, Prinzipablauf





Die Berufsschule

Der Rahmenlehrplan der KMK als Vorgabe für den Berufsschulunterricht ist in Lernfelder gegliedert. Lernfelder sind die durch Zielformulierungen beschriebenen thematischen Einheiten. Sie orientieren sich an konkreten beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsabläufen. Indem die Berufsschule solche beruflichen Handlungsabläufe didaktisch aufbereitet, werden auch die fachwissenschaftlichen Anteile in den Erklärungszusammenhang des Lernfeldes mit einbezogen.

Die Strukturierung des Rahmenlehrplanes nach Lernfeldern soll nicht nur ganzheitliches Lernen anregen, sondern auch das vorgesehene Konzept der ganzheitlichen handlungsorientierten Prüfungen unterstützen.

Struktur des Rahmenlehrplanes

Lernfelder	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
1. Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen	80		
2. Beurteilen von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung	80		
3. Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe	40		
4. Einhaltung von Reinraumbedingungen	20		
5. Anwenden von Standardsoftware	60		
6. Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen		140	
7. Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie		60	
8. Erstellung von Schichten und deren Strukturierung		80	
9. Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren			40
10. Fertigstellung mikrotechnischer Produkte			80
11. Einhaltung von Qualitätsstandards			40
12. Beschreibung von Mikrosystemen			60
13. Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen			60
Summe	280	280	280



Die Prüfungen

Die **Zwischenprüfung** findet in der Mitte des zweiten Ausbildungsjahres statt. Gegenstand der Zwischenprüfung sind die Ausbildungsinhalte des ersten Ausbildungsjahres.

In der **Abschlussprüfung** soll der Prüfling seine Befähigung zur Ausübung einer qualifizierten beruflichen Tätigkeit nachweisen. Die Prüfung soll sich daher unter Berücksichtigung der berufstypischen Arbeitsprozesse an praxisgerechten betrieblichen Aufgaben orientieren und die gesamte Breite der Qualifikationen abdecken.

Um diesen Anforderungen zu genügen und gleichzeitig den Aufwand und die Kosten für die Durchführung der Prüfung zu begrenzen, sind folgende Prüfungselemente vorgesehen:

Prüfungsteil A:

Zwei betriebliche Aufträge und -dokumentation (35 Stunden)

- Inbetriebnahme einer Produktionsanlage und Herstellen der Produktionsfähigkeit und
- Durchführen eines Prozessschrittes, einschließlich Arbeitsplanung, Feststellen der Prozessfähigkeit der Anlage, Materiallogistik, Ver- und Entsorgung von Arbeitsstoffen, Bedienen und Beschicken der Anlage, prozessbegleitende Prüfungen, Qualitätsmanagement.

Fachgespräch (30 Minuten)

In den betrieblichen Aufträgen sollen aktuelle Themenstellungen aus dem Betriebsgeschehen des jeweiligen Einsatzgebietes des Prüfungsteilnehmers aufgegriffen werden, die möglichst auch für den Betrieb verwendbar sein sollen. Dabei können die betrieblichen Aufträge eigenständige, in sich abgeschlossene Aufträge oder ein abgeschlossener Teilauftrag aus einem größeren Auftrag sein.

Der Prüfling wählt die betrieblichen Aufträge entsprechend den Anforderungen der Ausbildungsordnung aus und legt dem Prüfungsausschuss das zu realisierende Konzept einschließlich der Arbeitsplanung zur Genehmigung vor. Innerhalb eines Zeitraumes von etwa 3 Wochen sollen die Aufträge in einer Zeit von maximal 35 Stunden realisiert werden. Zusammen mit den Aufträgen werden Dokumentationen erstellt, die vom Prüfungsausschuss beurteilt wird.

In maximal 30 Minuten soll der Prüfling ein Fachgespräch über sein Aufträge führen.

Das Ergebnis der Aufträge sowie das Fachgespräch werden bei der Bildung der Note jeweils mit 50 % gewichtet.

Prüfungsteil B:

Prüfungsbereich **Sicherung von Qualitätsstandards** (90 Minuten)

Prüfungsbereich **Sicherung verfahrenstechnischer Prozesse** (90 Minuten)

Für die beiden Prüfungsbereiche werden in der Ausbildungsordnung mehrere Aufgaben genannt. Diese ganzheitlichen Aufgaben sollen sich auf praxisrelevante Fälle beziehen, arbeitsauftragsbezogen und ganzheitlich sein. Bei diesen Aufgaben handelt es sich nicht um reine Wissensfragen sondern um komplexe Aufgabenstellungen. Die Aufgaben werden schriftlich gelöst, können aber gegebenenfalls auch - je nach Vorgabe des Prüfungsausschusses - unter Einbezug von IT-Systemen gelöst werden.

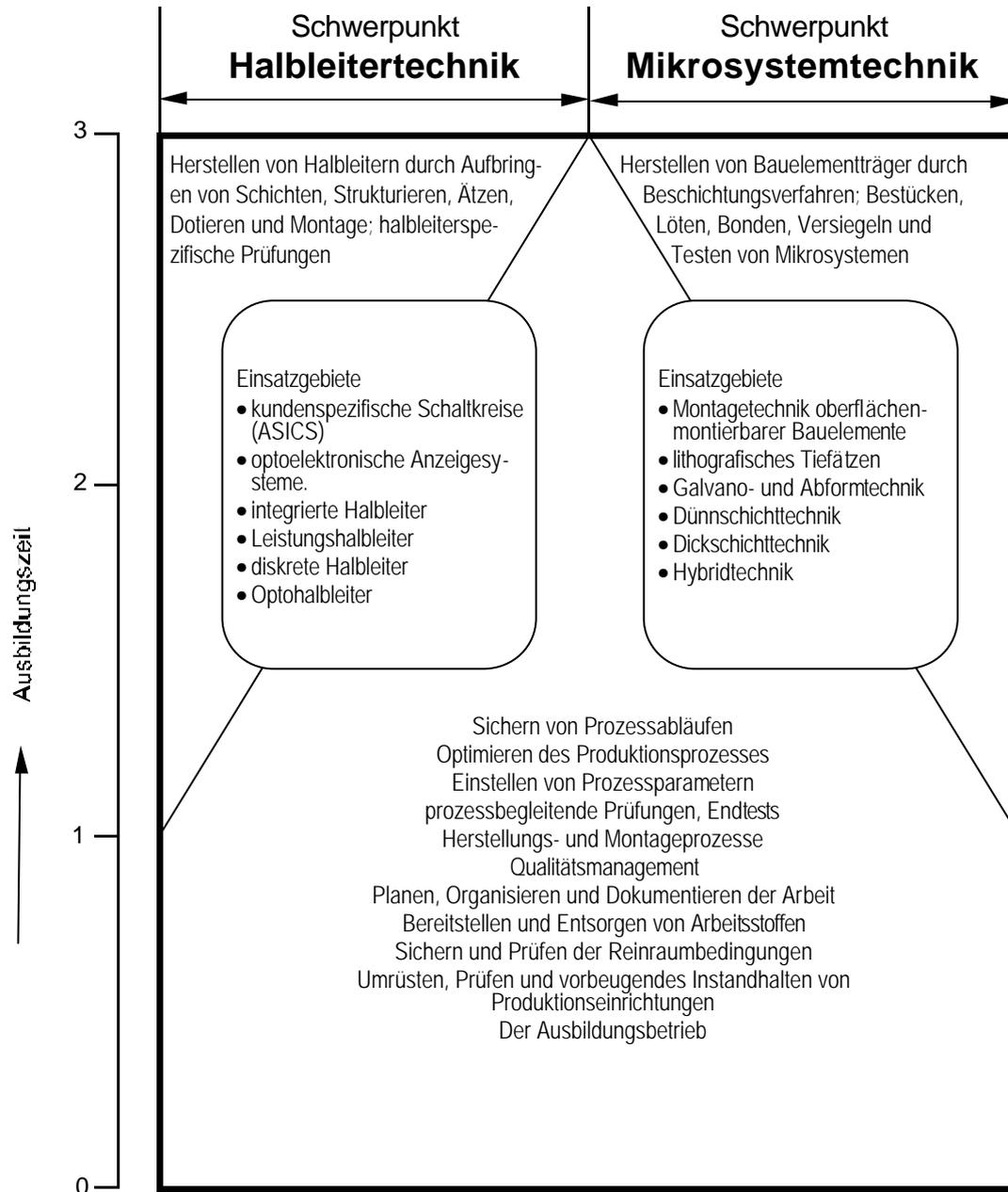
Prüfungsbereich **Wirtschafts- und Sozialkunde** (60 Minuten)

In diesem Prüfungsbereich können auch programmierte Aufgaben gestellt werden.

Die Prüfungsbereiche *Sicherung von Qualitätsstandards* und *Sicherung verfahrenstechnischer Prozesse* sollen gegenüber der Wirtschafts- und Sozialkunde jeweils das doppelte Gewicht bekommen.

Die drei Prüfungsbereiche können durch eine mündliche Prüfung ergänzt werden, falls diese für das Bestehen der Prüfung den Ausschlag geben kann.

Mikrotechnologie/Mikrotechnologin





Für neu ausbildende Betriebe

Die Berufsausbildung

Die Berufsausbildung in dem Beruf wird im dualen Ausbildungssystem durchgeführt. Man versteht darunter die Berufsausbildung an den beiden Lernorten Ausbildungsbetrieb und Berufsschule.

Der Betrieb bildet die praxisorientierten Qualifikationen aus. Die betriebliche Ausbildung richtet sich nach den Vorschriften des Berufsbildungsgesetzes (BBiG). In der Ausbildungsordnung sind die Ausbildungsinhalte festgelegt, die im Betrieb mindestens zu vermitteln sind.

Welche Betriebe können ausbilden?

Der Betrieb muss für die Berufsausbildung nach Art und Einrichtung geeignet sein. Eignung heißt, dass im Betrieb die Tätigkeiten vorhanden sein müssen, an denen der Auszubildende die zu vermittelnden Fertigkeiten und Kenntnisse erlernen kann. Außerdem muss die notwendige Ausstattung vorhanden sein, die für die Vermittlung der vorgesehenen Ausbildungsinhalte erforderlich sind.



Als geeignete Ausbildungsstätten kommen Produktionsstätten und deren Infrastrukturbereiche sowie FuE-Bereiche von Betrieben, Hochschulinstituten und Forschungseinrichtungen in Betracht, die

- die Halbleiterprodukte wie diskrete und Leistungshalbleiter (z.B. Dioden, Transistoren, Thyristoren), integrierte Halbleiter (z.B. Speicher- und Logikchips), Optohalbleiter (z.B. Leuchtdioden und optoelektronische Anzeigesysteme),
- mikromechanische Bauelemente,
- Schaltungsträger in Dickschichttechnik oder Dünnschichttechnik sowie
- Mikrosysteme
in Einzel- oder Serienfertigung herstellen

Ausbildungsverbund

Nicht alle Betriebe sind in der Lage, die erforderlichen Voraussetzungen fachlicher oder ausstattungsmäßiger Art nachzuweisen. Auf Ausbildung braucht aber trotzdem niemand zu verzichten.

Durch das Zusammenwirken einer Anzahl von Betrieben zur gemeinsamen Ausbildung können auch solche Betriebe ausbilden, die alleine nicht alle erforderlichen Inhalte vermitteln können oder nicht über neue Technologien verfügen. Möglicherweise können durch einen Ausbildungsverbund betriebliche Ausbildungskapazitäten besser genutzt werden.

Wer vermittelt die Fachtheorie?

Die Berufsschule ist der Partner im dualen Ausbildungssystem. Sie vermittelt die erforderlichen Theorieanteile für die Berufsausbildung (in der Regel 13 Wochen im Schuljahr), die im Rahmenlehrplan des jeweiligen Berufes festgelegt sind.

Zwischen der Berufsschule und den örtlichen Ausbildungsbetrieben ist es förderlich, wenn inhaltliche und schulorganisatorische Fragen aufeinander abgestimmt werden.

Bei der Einführung neuer Ausbildungsberufe hat die Berufsschule besondere organisatorische Probleme zu lösen. So kann z.Z. noch niemand konkrete Ausbildungszahlen und Ausbildungsstandorte nennen. An die Berufsschulen werden daher hohe Anforderungen gestellt, z.B. bei der Qualifizierung der Lehrer oder der Ausstattung der Schulen.

Falls Sie beabsichtigen auszubilden, nehmen Sie daher rechtzeitig Kontakt mit der Schulverwaltung auf oder lassen Sie sich von der Industrie- und Handelskammer beraten. Nur eine rechtzeitige Anmeldung der Auszubildenden ermöglicht der Schulverwaltung und den Lehrern den Unterricht vorzubereiten.

Welche Voraussetzungen müssen die Auszubildenden erfüllen?

Für die Ausbildung im dualen System ist keine Schulbildung vorgeschrieben. Der Betrieb wählt sich seine Auszubildenden nach seinen eigenen Auswahlkriterien aus.

Bei der Auswahl ist aber zu berücksichtigen, dass in der Ausbildung zum Mikrotechnologen/zur Mikrotechnologin technische und naturwissenschaftliche Qualifikationen erworben werden und deshalb bei den Auszubildenden entsprechende Neigungen und Voraussetzungen vorhanden sein sollen.

Wer nimmt die Prüfungen ab?

Bei der Industrie- und Handelskammer wird ein Prüfungsausschuss eingerichtet. Der Prüfungsausschuss besteht aus Fachleuten der Berufspraxis und aus Berufsschullehrern. Die Fachleute der Berufspraxis werden zur Hälfte von den Arbeitgebern, zur anderen Hälfte von den Gewerkschaften benannt.

Der Prüfungsausschuss beschließt auf der Grundlage der Ausbildungsordnung die Prüfungsaufgaben. Falls Prüfungsaufgaben überregional erstellt werden, werden diese Aufgaben verwendet.

Nach einem Jahr Berufsausbildung wird eine Zwischenprüfung abgenommen. Diese Zwischenprüfung soll den Ausbildungsstand feststellen und damit Auszubildenden, Ausbildern und Berufsschullehrern Hinweise auf Mängel bzw. auf notwendige Ausbildungsmaßnahmen geben.

Kurz vor dem Ablauf der Ausbildungszeit wird dann die Abschlussprüfung abgenommen. In der Abschlussprüfung wird dann festgestellt, ob der Prüfling die für die Berufsausübung erforderlichen Fertigkeiten und Kenntnisse beherrscht. Auf der Grundlage der Abschlussprüfung erstellt die Industrie- und Handelskammer ein Prüfungszeugnis.

Kontakt zum Ausbildungsberater der Kammer suchen

Die zuständigen Stellen (in der Regel Industrie- und Handelskammern) haben die Aufgabe, die Berufsausbildung zu überwachen und die Betriebe zu beraten. Diese Aufgaben werden durch Ausbildungsberater wahrgenommen. Betriebe, die mit der Ausbildung neu beginnen, sollten rechtzeitig den Kontakt zum Ausbildungsberater der Industrie- und Handelskammer suchen.

Wer weiß bescheid?

Eine andere Möglichkeit zur Information ist die Kontaktaufnahme mit Betrieben aus der Branche, die bereits Ausbildungserfahrungen haben.

Der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) benennt Ansprechpartner in der Region, die Betrieben bei der Einführung der Ausbildung der Mikrotechnologen unterstützen, gemeinsame Interessen bündeln und die Zusammenarbeit mit der Berufsschulen aufbauen und koordinieren.

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Stresemannallee 19

60596 Frankfurt am Main

Tel: (069) 6302-277

Fax: (069) 6302-286

e-mail: forschung@zvei.org



**Verordnung
über die Berufsausbildung zum
Mikrotechnologe /zur Mikrotechnologin
Vom 6.3.1998**

§1

Staatliche Anerkennung des Ausbildungsberufes

Der Ausbildungsberuf Mikrotechnologe / Mikrotechnologin wird staatlich anerkannt.

§2

Ausbildungsdauer

Die Ausbildung dauert drei Jahre.

§3

Ausbildungsberufsbild

Gegenstand der Berufsausbildung sind mindestens die folgenden Fertigkeiten und Kenntnisse:

1. Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht,
2. Aufbau und Organisation des Ausbildungsbetriebes,
3. Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit,
4. Umweltschutz,
5. Anwenden technischer Unterlagen,
6. Planen und Organisieren der Arbeit,
7. Dokumentieren der Arbeiten, Bedienen von Datenverarbeitungsanlagen, Datenschutz,
8. Qualitätsmanagement,
9. Bereitstellen und Entsorgen von Arbeitsstoffen,
10. Sichern und Prüfen der Reinraumbedingungen,
11. Umrüsten, Prüfen und vorbeugendes Instandhalten von Produktionseinrichtungen,
12. Einstellen von Prozessparametern,
13. Optimieren des Produktionsprozesses,
14. Herstellungs- und Montageprozesse
15. prozessbegleitende Prüfungen,
16. Durchführen von Endtests,
17. Sichern von Prozessabläufen im Einsatzgebiet.

§ 4

Ausbildungsrahmenplan

(1) Die Fertigkeiten und Kenntnisse nach § 3 sollen unter Berücksichtigung der Schwerpunkte „Halbleitertechnik“ sowie „Mikrosystemtechnik“ nach der in der Anlage enthaltenen Anleitung zur sachlichen und zeitlichen Gliederung der Berufsausbildung (Ausbildungsrahmenplan) vermittelt werden. Eine von dem Ausbildungsrahmenplan abweichende sachliche und zeitliche Gliederung des Ausbildungsinhaltes ist insbesondere zulässig, soweit betriebspraktische Besonderheiten die Abweichung erfordern.

(2) Die Fertigkeiten und Kenntnisse nach § 3 sind im Schwerpunkt Halbleitertechnik in einem der folgenden Einsatzgebiete anzuwenden und zu vertiefen:

1. diskrete Halbleiter,
2. Leistungshalbleiter,
3. integrierte Halbleiter,
4. kundenspezifische Schaltkreise (ASICs),
5. Opto Halbleiter,
6. optoelektronische Anzeigesysteme.

(3) Die Fertigkeiten und Kenntnisse nach § 3 sind im Schwerpunkt Mikrosystemtechnik in einem der folgenden Einsatzgebiete anzuwenden und zu vertiefen:

1. Dickschichttechnik,
2. Dünnschichttechnik,
3. Hybridtechnik,
4. Montagetechnik oberflächenmontierbarer Bauelemente (SMD),
5. lithografisches Tiefätzen,
6. Galvano- und Abformtechnik.

(4) Das Einsatzgebiet wird vom Ausbildungsbetrieb festgelegt. Es können auch andere Einsatzgebiete zugrunde gelegt werden, wenn die zu vermittelnden Fertigkeiten und Kenntnisse in Breite und Tiefe gleichwertig sind.

(5) Die in dieser Verordnung genannten Fertigkeiten und Kenntnisse sollen so vermittelt werden, dass der Auszubildende zur Ausübung einer qualifizierten beruflichen Tätigkeit im Sinne des § 1 Abs. 2 des Berufsbildungsgesetzes befähigt wird, die insbesondere selbständiges Planen, Durchführen und Kontrollieren einschließt. Diese Befähigung ist auch in den Prüfungen nach den §§ 7 und 8 nachzuweisen.

§ 5 Ausbildungsplan

Der Auszubildende hat unter Zugrundelegung des Ausbildungsrahmenplans für den Auszubildenden einen Ausbildungsplan zu erstellen.

§ 6 Berichtsheft

Der Auszubildende hat ein Berichtsheft in Form eines Ausbildungsnachweises zu führen. Ihm ist Gelegenheit zu geben, das Berichtsheft während der Ausbildungszeit zu führen. Der Auszubildende hat das Berichtsheft regelmäßig durchzusehen.

§ 7 Zwischenprüfung

(1) Zur Ermittlung des Ausbildungsstandes ist eine Zwischenprüfung durchzuführen. Sie soll in der Mitte des zweiten Ausbildungsjahres stattfinden.

(2) Die Zwischenprüfung erstreckt sich auf die in der Anlage für das erste Ausbildungsjahr aufgeführten Fertigkeiten und Kenntnisse sowie auf den im Berufsschulunterricht entsprechend dem Rahmenlehrplan zu vermittelnden Lehrstoff, soweit er für die Berufsausbildung wesentlich ist.

(4) Der Prüfling soll im praktischen Teil der Prüfung in höchstens vier Stunden eine Arbeitsaufgabe sowie im schriftlichen Teil der Prüfung in insgesamt höchstens 90 Minuten die zur Arbeitsaufgabe gehörende Arbeitsplanung und Dokumentation bearbeiten. Hierfür kommen insbesondere folgende Gebiete in Betracht:

Umrüsten, Prüfen und Instandhalten von Produktionseinrichtungen, insbesondere mechanische Einrichtungen, Einrichtungen der Vakuumtechnik, elektrische Einrichtungen, Einrichtungen zur Ver- und Entsorgung mit Medien; Verhalten im Reinraum; Handhaben von Gasen, Chemikalien und anderen Arbeitsstoffen; Produktionsorganisation, insbesondere Zusammenhänge von Technik, Arbeitsorganisation, Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit, Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit.

§ 8 Abschlussprüfung

(1) Die Abschlussprüfung erstreckt sich auf die in der Anlage aufgeführten Fertigkeiten und Kenntnisse sowie auf den im Berufsschulunterricht vermittelten Lehrstoff, soweit er für die Berufsausbildung wesentlich ist.

(2) Der Prüfling soll **in Teil A der Prüfung** in insgesamt höchstens 35 Stunden zwei betriebliche Aufträge bearbeiten und dokumentieren sowie in insgesamt höchstens 30 Minuten darüber ein Fachgespräch führen. Hierfür kommen insbesondere in Betracht:

- a) Inbetriebnahme einer Produktionsanlage und Herstellen der Produktionsfähigkeit einschließlich Arbeitsplanung und
- b) Durchführen eines Prozessschrittes, einschließlich Arbeitsplanung, Feststellen der Prozessfähigkeit der Anlage, Materiallogistik, Ver- und Entsorgung von Arbeitsstoffen, Bedienen und Beschicken der Anlage, prozessbegleitende Prüfungen, Qualitätsmanagement.

Die Ausführung der Aufträge wird mit praxisbezogenen Unterlagen dokumentiert.

Durch die Ausführung der Aufträge und deren Dokumentation soll der Prüfling belegen, dass er Arbeitsabläufe und Teilaufgaben zielorientiert unter Beachtung wirtschaftlicher, technischer, organisatorischer und zeitlicher Vorgaben selbstständig planen und fertigungsgerecht umsetzen sowie Dokumentationen fachgerecht anfertigen, zusammenstellen und modifizieren kann.

Durch das Fachgespräch soll der Prüfling zeigen, dass er fachbezogene Probleme und deren Lösungen darstellen, die für die Aufträge relevanten fachlichen Hintergründe aufzeigen sowie die Vorgehensweisen bei der Ausführung der Aufträge begründen kann.

Dem Prüfungsausschuss ist vor der Durchführung der betrieblichen Aufträge die Aufgabenstellung einschließlich einer Zeitplanung zur Genehmigung vorzulegen. Das Ergebnis der Bearbeitung der Aufträge sowie das Fachgespräch sollen jeweils mit 50 vom Hundert gewichtet werden.

(3) Der **Prüfungsteil B** besteht aus den drei Prüfungsbereichen Sicherung von Qualitätsstandards, Sicherung verfahrenstechnischer Prozesse sowie Wirtschafts- und Sozialkunde.

(4) Für den **Prüfungsbereich Sicherung von Qualitätsstandards** kommt insbesondere eine der nachfolgenden Aufgaben in Betracht:

1. Beschreiben der Vorgehensweise zur systematischen Eingrenzung eines Fehlers in einer Anlage insbesondere der MSR-Technik, Vakuumtechnik, Reinraumtechnik oder in der Ver- und Entsorgungstechnik für Medien. Dabei soll der Prüfling zeigen, dass er funktionelle Zusammenhänge beurteilen, Signale an Schnittstellen interpretieren, Diagnosesysteme einsetzen sowie auf Fehlerursachen schließen kann;
2. Organisieren und Dokumentieren von Arbeitsvorgängen und Qualitätsmanagementmaßnahmen. Dabei soll der Prüfling zeigen, dass er Standardsoftware anwenden, Sachverhalte schriftlich wiedergeben, Berechnungen durchführen, Grafiken erstellen, Messdaten erfassen, statistisch bearbeiten und auswerten sowie diese zu Protokollen und Dokumentationen zusammenfassen kann;
3. Planen der Ver- und Entsorgung von Produktionsanlagen mit Medien und Werkzeugen. Dabei soll der Prüfling zeigen, dass er unter Beachtung von logistischen sowie Haltbarkeits-, Sicherheits- und Umweltkriterien Maßnahmen zur Lagerung, Prüfung, Bereitstellung von Medien und Werkzeugen sowie der Entsorgung von Reststoffen treffen sowie die entsprechenden Vorschriften anwenden kann.

Für den **Prüfungsbereich Sicherung verfahrenstechnischer Prozesse** kommt im Schwerpunkt Halbleitertechnik insbesondere eine der nachfolgenden Aufgaben in Betracht:

1. Analysieren der Ergebnisse prozessbegleitender Prüfungen und der Testergebnisse von Halbleiterbauteilen. Dabei soll der Prüfling zeigen, dass er Prozessabläufe analysieren, Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Halbleiterbauteilen sowie Prozessparametern, Prozessschritten und Strukturen beurteilen, auf zu verändernde Prozessparameter schließen und Vorschläge für Verbesserungen im Bereich Defektdichte, Durchlaufzeit, Qualität und Ausbeute machen kann;
2. Planen und Organisieren von Prozessabläufen zur Herstellung von Halbleiterbauteilen. Dabei soll der Prüfling zeigen, dass er unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Qualität, Arbeitssicherheit und Umweltschutz Vorgaben der Produktionsplanung und Prozessvorschriften auswerten, benötigte Masken, Vorrichtungen, Werkstoffe, Medien und sonstige Prozessmittel bereitstellen, Personaleinsatz koordinieren sowie vorbeugende Instandhaltung, Arbeits- und Testabläufe festlegen kann.

Im **Prüfungsbereich Wirtschafts- und Sozialkunde** kommen Aufgaben, die sich auf praxisbezogene Fälle beziehen sollen, insbesondere aus folgenden Gebieten in Betracht:

allgemeine, wirtschaftliche und gesellschaftliche Zusammenhänge aus der Berufs- und Arbeitswelt.

(5) Für den Prüfungsteil B ist von folgenden zeitlichen Höchstwerten auszugehen:

- | | |
|--|-------------|
| 1. ganzheitliche Aufgabe I | 90 Minuten, |
| 2. ganzheitliche Aufgabe II | 90 Minuten, |
| 3. im Prüfungsbereich Wirtschafts- und Sozialkunde | 60 Minuten. |

(6) Innerhalb des Prüfungsteiles B haben die ganzheitlichen Aufgaben I und II gegenüber dem Prüfungsbereich Wirtschafts- und Sozialkunde jeweils das doppelte Gewicht.

(7) Der Prüfungsteil B ist auf Antrag des Prüflings oder nach Ermessen des Prüfungsausschusses in einzelnen Prüfungsbereichen durch eine mündliche Prüfung zu ergänzen, wenn diese für das Bestehen der Prüfung den Ausschlag geben kann. Bei der Ermittlung der Ergebnisse für diesen Prüfungsbereich sind die bisherigen Ergebnisse und das Ergebnis der mündlichen Ergänzungsprüfung im Verhältnis 2 : 1 zu gewichten.

(8) Die Prüfung ist bestanden, wenn jeweils in den Prüfungsteilen A und B mindestens ausreichende Leistungen erbracht wurden. Werden die Prüfungsleistungen in den betrieblichen Aufträgen einschließlich Dokumentation insgesamt, in dem Fachgespräch oder in einem der drei Prüfungsbereiche mit ungenügend bewertet, so ist die Prüfung nicht bestanden.

§ 9 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am 1. August 1998 in Kraft.

Ausbildungsrahmenplan für die Berufsausbildung zum Mikrotechnologe/zur Mikrotechnologin

Abschnitt I: Gemeinsame Ausbildungsinhalte

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
1	Berufsbildung, Arbeits- und Tarifrecht (§ 3 Nr. 1)	a) Bedeutung des Ausbildungsvertrages, insbesondere Abschluss, Dauer und Beendigung erklären b) gegenseitige Rechte und Pflichten aus dem Ausbildungsvertrag nennen c) Möglichkeiten der beruflichen Fortbildung nennen d) wesentliche Teile des Arbeitsvertrages nennen e) wesentliche Bestimmungen der für den ausbildenden Betriebes geltenden Tarifverträge nennen	während der gesamten Ausbildung zu vermitteln		
2	Aufbau und Organisation des Ausbildungsbetriebes (§ 3 Nr. 2)	a) Aufbau und Aufgaben des ausbildenden Betriebes erläutern b) Grundfunktionen des ausbildenden Betriebes wie Beschaffung, Fertigung, Absatz und Verwaltung erklären c) Beziehungen des ausbildenden Betriebes und seiner Beschäftigten zu Wirtschaftsorganisationen, Berufsvertretungen und Gewerkschaften nennen d) Grundlagen, Aufgaben und Arbeitsweise der betriebsverfassungs- oder personalvertretungsrechtlichen Organe des ausbildenden Betriebes beschreiben			
3	Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (§ 3 Nr. 3)	a) Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz feststellen und Maßnahmen zu ihrer Verwaltung ergreifen b) berufsbezogene Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften anwenden c) Verhaltensweisen bei Unfällen beschreiben sowie erste Maßnahmen einleiten d) Vorschriften des vorbeugenden Brandschutzes anwenden; Verhaltensweisen bei Bränden beschreiben und Maßnahmen der Brandbekämpfung ergreifen			
4	Umweltschutz (§ 3 Nr. 4)	Zur Vermeidung betriebsbedingter Umweltbelastungen im beruflichen Einwirkungsbereich beitragen, insbesondere a) mögliche Umweltbelastungen durch den Ausbildungsbetrieb und seinen Beitrag zum Umweltschutz an Beispielen erklären b) für den Ausbildungsbetrieb geltende Regelungen des Umweltschutzes anwenden c) Möglichkeiten der wirtschaftlichen und umweltschonende Energie- und Materialverwendung nutzen d) Abfälle vermeiden; Stoffe und Materialien einer umweltschonenden Entsorgung zuführen			

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
5	Anwenden technischer Unterlagen (§ 3 Nr. 5)	a) Betriebs- und Gebrauchsanleitungen, Montage- und Wartungspläne, Zeichnungen, Fließbilder und Schaltungsunterlagen in deutscher und englischer Sprache lesen und anwenden	4		
		b) Informationsquellen, insbesondere Dokumentationen, Handbücher, Fachberichte und Firmenunterlagen, in deutscher und englischer Sprache lesen und auswerten		4	
		c) berufsbezogene nationale und europäische Vorschriften sowie technische Regelwerke lesen, auswerten und anwenden			
6	Planen und Organisieren der Arbeit (§ 3 Nr. 6)	a) Arbeitsplatz unter Berücksichtigung betrieblicher Vorgaben und ergonomischer Regeln einrichten	6		
		b) Materialien, Ersatzteile, Werkzeuge sowie Betriebsmittel auswählen, lagern, disponieren und bereitstellen			
		c) Geräte und technische Einrichtungen betriebsbereit machen, warten und überprüfen, bei Störungen Maßnahmen zur deren Beseitigung einleiten			
		d) Arbeitsschritte festlegen und erforderliche Abwicklungszeiten einschätzen			
		e) Arbeitsabläufe und Teilaufgaben unter Beachtung wirtschaftlicher und terminlicher Vorgaben planen, bei Abweichungen von der Planung Prioritäten setzen			6
		f) Probleme analysieren und als Aufgabe definieren, Lösungsalternativen entwickeln und beurteilen			
		g) Möglichkeiten zur Verbesserung der Arbeitsabläufe und Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Funktionsbereichen des Ausbildungsbetriebes erkennen sowie Vorschläge zur Verbesserung von Arbeitsvorgängen machen			
		h) innerhalb der Gruppe Personaleinsatz und Arbeitsaufgaben organisieren und koordinieren			
		i) Gesprächs- und Moderationstechniken sowie Präsentationstechniken anwenden			
7	Dokumentieren der Arbeiten, Bedienen von Datenverarbeitungsanlagen, Datenschutz (§ 3 Nr. 7)	a) Standardsoftware, insbesondere Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations-, Grafik- und Planungssoftware, anwenden	4		
		b) Statistiken führen und interpretieren			4
		c) Fertigungsdaten abrufen, eingeben und sichern			
		d) Daten für die Betriebskostenrechnung dokumentieren			
		e) Schriftverkehr und Berechnungen durchführen, Protokolle anfertigen, Daten und Sachverhalte visualisieren, Grafiken erstellen			
		f) Vorschriften zum Datenschutz anwenden			

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
8	Qualitätsmanagement (§ 3 Nr. 8)	a) Prozesse überwachen und protokollieren, Messungen und Endkontrollen durchführen	4		
		b) Arbeitsergebnisse zusammenführen, kontrollieren und unter Berücksichtigung betrieblicher Kostenzusammenhänge bewerten c) Zielerreichung kontrollieren, Qualitätsmanagementmaßnahmen durchführen, Qualitätskontrollen und technische Prüfungen dokumentieren d) Messergebnisse mit Werkzeugen der statistischen Qualitätskontrolle auswerten e) Einflüsse auf die Produktqualität ermitteln sowie Vorschläge zur Verbesserung machen		8	
9	Bereitstellen und Entsorgen von Arbeitsstoffen (§ 3 Nr. 9)	a) Arbeitsstoffe kennzeichnen, nach logistischen, Haltbarkeits-, Sicherheits-, Qualitäts- und Umweltkriterien den Vorschriften entsprechend lagern, bereitstellen und auf Einsatzfähigkeit prüfen b) Laborgeräte zum Handhaben von Arbeitsstoffen auswählen und einsetzen c) gasförmige Arbeitsstoffe handhaben, insbesondere Gase entnehmen, Drücke messen d) Detektionsverfahren für Gase anwenden e) Chemikalien handhaben sowie Lösungen, insbesondere Ätzlösungen und fotochemische Lösungen, nach Konzentrationsvorgaben herstellen f) Arbeitsstoffe, insbesondere Gase und Chemikalien, entsorgen	15		
		g) Reinheit der Arbeitsstoffe sicherstellen, Verunreinigungen vermeiden, prüfen und entfernen			3
10	Sichern und Prüfen der Reinraumbedingungen (§ 3 Nr. 10)	a) betriebliche Richtlinien bezüglich Reinraumkleidung und Verhalten im Reinraum einhalten b) elektrostatische Gefährdung von Bauelementen (ESD-Sicherheit) prüfen und dokumentieren, bei Abweichungen Maßnahmen zur Beseitigung einleiten	4		
		c) Funktion von Filtern prüfen sowie Partikelmessungen der Reinraumluft durchführen d) anhand der Produktqualität auf die Entstehung und Ausbreitung von Verunreinigungen schließen e) Qualität des Laminarstroms sowie die reinraumgerechte Anordnung von Anlagen, Geräten und Arbeitsplätzen kontrollieren, Aufstellungsvarianten für Geräte und Anlagen erarbeiten			4

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
11	Umrüsten, Prüfen und vorbeugendes Instandhalten von Produktionseinrichtungen (§ 3 Nr. 11)	a) mechanische und elektrische Komponenten sowie DV-technische Einrichtungen an geänderte Prozessabläufe und unterschiedliche Produkte anpassen, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> – mechanische Konstruktionsteile zerlegen und zusammenbauen – Rohre, Rohrleitungsteile, Schläuche, Ventile und Regler verbinden sowie auf Dichtigkeit und Funktion prüfen – konfektionierte elektrische Leitungen befestigen und anschließen – Änderungen der Anlage dokumentieren 	15		
		b) elektrische Größen messen, Bauteile prüfen sowie Signale an Schnittstellen prüfen c) vakuumtechnische Einrichtungen prüfen			
		d) Störungen in Anlagen und Prozessleiteinrichtungen feststellen, melden sowie dem Instandsetzer beschreiben, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> – Störungen in Messeinrichtungen aufgrund chemischer und physikalischer Einwirkungen feststellen – Einrichtungen zum Messen von Temperatur, Druck, Flüssigkeitsstand, Durchfluss, Volumen- und Massenstrom prüfen – Sensoren prüfen und justieren – Sicherheits- und Meldesysteme nach Prüfvorschriften kontrollieren, Prüfprotokolle anfertigen e) vorbeugende Instandhaltung unter Berücksichtigung spezifischer Produktionsbedingungen durchführen, Arbeitsgeräte und Anlagen reinigen		13	
12	Einstellen von Prozessparametern (§ 3 Nr. 12)	a) Betriebswerte von Produktionseinrichtungen nach Anweisung, Schaltungs- und Prüfungsunterlagen sowie Datenblätter einstellen, abgleichen und prüfen b) Sollwerte von prozessrelevanten Größen, insbesondere Drehzahl, Temperatur-, Druck- und Durchflusssollwerte, einstellen c) Funktions- und Prozessablauf anhand technischer Unterlagen kontrollieren, prüfen, anpassen und dokumentieren		4	
13	Optimieren des Produktionsprozesses (§ 3 Nr. 13)	a) Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich Defektdichte, Durchlaufzeit, Qualität und Ausbeute feststellen b) Messergebnisse im Team analysieren und Verbesserungspotentiale diskutieren c) Prozessabläufe anhand von Ergebnissen prozessbegleitender Kontrollen nach Vorgaben verändern, Optimierung des Zusammenwirkens von Prozess und Anlage unterstützen d) beim Fertigungsablauf neuer oder veränderter Produkte mitwirken und eigene Erfahrungen zur Optimierung nutzen		6	

Abschnitt II: Ausbildungsinhalte in den Schwerpunkten

1. Schwerpunkt Halbleitertechnik

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
14	Herstellungs- und Montageprozesse (§ 3 Nr. 14)	<p>Produktionsanlagen zur Herstellung von Halbleiterkomponenten bedienen und beschicken, Prozesse kontrollieren und überwachen, insbesondere</p> <p>a) Oberflächenbehandlungen durchführen, insbesondere dünn-schleifen, chemisch-mechanisch polieren und tempern</p> <p>b) Strukturen durch Belacken, Belichten, Entwickeln und Ätzen erzeugen</p> <p>c) Schichten, insbesondere durch Oxidation, Gasabscheidung, Epitaxie, Aufdampfen und Sputtern, erzeugen</p> <p>d) Dotierprozesse durchführen</p> <p>e) nasschemische Prozesse, insbesondere Reinigungs- und Ätzprozesse, durchführen</p> <p>f) Wafer trennen</p> <p>g) Chips montieren, kontaktieren und häusen</p>			18
15	Prozessbegleitende Prüfungen (§ 3 Nr. 15)	<p>a) optische Identifizierung von Einzelkomponenten und Teilkomponenten integrierter Schaltungen auf Wafern durchführen, insbesondere von Widerständen, Dioden, Transistoren, Kondensatoren, Kontaktierungen</p> <p>b) Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften mikrotechnischer Produkte sowie Prozessparametern, Prozess-Schritten und Strukturen beachten</p> <p>c) Partikelmessungen und Schräglichtkontrollen durchführen</p> <p>d) Justage und Maßhaltigkeit der Strukturen kontrollieren</p> <p>e) Schichtdicken optisch, elektrisch und mechanisch messen</p> <p>f) elektrische Kennwerte von Bauelementen anhand von Teststrukturen messen und prüfen</p> <p>g) anhand von Prüfungsergebnissen auf Prozessfehler und auf zu verändernde Prozessparameter schließen</p>			10
16	Durchführen von Endtests (§ 3 Nr. 16)	<p>a) Parametermessungen im Waferprüffeld durchführen</p> <p>b) elektrische Funktionsanalyse, insbesondere unter Dauerbelastung, wechselndem Klima sowie wechselnder Betriebsspannung, durchführen</p>			6

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
17	Sichern von Prozessabläufen im Einsatzgebiet (§ 3 Nr. 17)	a) technologische Entwicklungstrends, insbesondere bei Materialien, Strukturgrößen und Einsatzfeldern von Halbleiternprodukten, beachten b) Wettbewerbssituation der Produkte, insbesondere in Bezug auf Preise und Qualität, beachten c) Informationen über technische und technologische Bedingungen sowie über Vorgaben der Produktionsplanung beschaffen und an das Team weitergeben d) Produktionsfähigkeit von Anlagen herstellen sowie vorbeugende Instandhaltung zum logistisch richtigen Zeitpunkt im Rahmen des Produktionsablaufes durchführen e) für die rechtzeitige Lieferung benötigter Masken, Medien und Vorrichtungen sorgen sowie Vollständigkeit, Verständlichkeit und Aktualität von Prozessvorschriften kontrollieren f) Beschaffenheit und Menge von Arbeitsstoffen kontrollieren, Proben entnehmen und zur Analyse vorbereiten g) Abgasreinigungs- und Neutralisationsanlagen bedienen und überwachen, pH-Wert von Lösungen bestimmen und Lösungen neutralisieren h) Prozesswasser filtrieren, Aufbereitungsanlagen zur Vollentsalzung und Entkeimung von Prozesswasser bedienen und überwachen, Leitfähigkeit messen i) bei der Durchführung von Prozess-Schritten vor- und nachgelagerte Prozess-Schritte berücksichtigen k) Störungen im Prozess erkennen sowie Prozessabläufe durch Nutzung von Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesskette sichern l) Vor- und Endprodukte lagern und transportieren			18

2. Schwerpunkt Mikrosystemtechnik

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
14	Herstellungs- und Montageprozesse (§ 3 Nr. 14)	Produktionsanlagen zur Herstellung von Komponenten der Mikrotechnik bedienen und beschicken, Prozesse kontrollieren und überwachen, insbesondere a) Träger für Bauelemente, insbesondere in Dünnschicht- oder Dickschichttechnik, herstellen b) Substrate trennen c) Bauelemente von Mikrosystemen bestücken, kleben, löten und schweißen d) Blech- und Kunststoffteile der Mikrotechnik montieren e) Substrate montieren, kontaktieren und häusen			18

Lfd. Nr.	Teil des Ausbildungsberufsbildes	Fertigkeiten und Kenntnisse, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind	zeitliche Richtwerte in Wochen im Ausbildungsjahr		
			1	2	3
1	2	3	4		
15	Prozessbegleitende Prüfungen (§ 3 Nr. 15)	<ul style="list-style-type: none"> a) Elemente von Mikrosystemen, insbesondere Sensoren, Aktoren sowie mechanische und optische Funktionselemente, unterscheiden b) Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Mikrosystemen sowie Prozessparametern, Prozess-Schritten und Strukturen beachten c) Schichtdicken optisch und mechanisch messen d) Kennwerte von Bauelementen messen und prüfen e) Verbindungen und Justage im Gehäuse kontrollieren f) anhand von Testergebnissen auf Prozessfehler und auf zu verändernde Prozessparameter schließen 			6
16	Durchführen von Endtests (§ 3 Nr. 16)	<ul style="list-style-type: none"> a) Parametermessungen durchführen b) Endmessungen und Belastungstests durchführen c) Systemabgleich durchführen d) Funktionsanalyse, insbesondere unter Dauerbelastung, wechselndem Klima sowie wechselnder Betriebsparameter, durchführen 			10
17	Sichern von Prozessabläufen im Einsatzgebiet (§ 3 Nr. 17)	<ul style="list-style-type: none"> a) technologische Entwicklungstrends, insbesondere bei Materialien, Funktionen und Einsatzfeldern von Mikrosystemen, beachten b) das Zusammenwirken von Mikrosystemen mit dem Gesamtsystem berücksichtigen c) Wettbewerbssituation der Produkte, insbesondere in Bezug auf Preise und Qualität, beachten d) Informationen über technische und technologische Bedingungen sowie über Vorgaben der Produktionsplanung beschaffen und an das Team weitergeben e) Produktionsfähigkeit der Produktionsanlagen herstellen sowie vorbeugenden Instandhaltung zum logistisch richtigen Zeitpunkt im Rahmen des Produktionsablaufes durchführen f) für die rechtzeitige Lieferung benötigter Werkzeuge, Bauteilen und Medien sorgen sowie Vollständigkeit, Verständlichkeit und Aktualität von Prozessvorschriften kontrollieren g) Beschaffenheit und Menge von Bauteilen und Medien kontrollieren h) bei der Durchführung von Prozess-Schritten vor- und nachgelagerte Prozess-Schritte berücksichtigen i) Störungen im Prozess erkennen sowie Prozessabläufe durch Nutzung von Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesskette sichern j) Vor- und Endprodukte lagern und transportieren 			18

Nach der Rahmenvereinbarung über die Berufsschule (Beschluss der KMK vom 15.03.1991) hat die Berufsschule zum Ziel:

- eine Berufstätigkeit 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.
- Zum Erreichen 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 Gesellschaft gerecht zu werden;
- im Rahmen ihrer Möglichkeiten Behinderte und Benachteiligte umfassend stützen und fördern;
- auf die mit Berufsausübungen 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 Kernprobleme unserer Zeit wie z.B.

Arbeit und Arbeitslosigkeit,

- Friedliches Zusammenleben von Menschen, Völkern und Kulturen in einer Welt unter Wahrung kultureller Identität,
- Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlage, sowie
- Gewährleistung der Menschenrechte

eingehen.

Alle aufgeführten Ziele der Berufsschule sind auf die Entwicklung von Handlungskompetenz gerichtet. Diese wird hier verstanden als die Bereitschaft und Fähigkeit des einzelnen, sich in gesellschaftlichen, beruflichen und privaten Situationen sachgerecht, durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten.

Handlungskompetenz entfaltet sich in den Dimensionen von Fachkompetenz, Humankompetenz (Personalkompetenz) und Sozialkompetenz.

Fachkompetenz bezeichnet die Bereitschaft und Fähigkeit, auf der Grundlage fachlichen Wissens und Könnens Aufgaben und Probleme zielorientiert, sachgerecht, methodengeleitet und selbständig zu lösen und das Ergebnis zu beurteilen.

Humankompetenz (Personalkompetenz) bezeichnet die Bereitschaft und Fähigkeit, als individuelle Persönlichkeit die Entwicklungschancen, Anforderungen und Einschränkungen in Familie, Beruf und öffentlichem Leben zu klären, zu durchdenken und zu beurteilen, eigene Begabungen zu entfalten sowie Lebenspläne zu fassen und fortzuentwickeln. Sie umfasst personale Eigenschaften wie Selbständigkeit, Kritikfähigkeit, Selbstvertrauen, Zuverlässigkeit, Verantwortungs- und Pflichtbewusstsein. Zu ihr gehören insbesondere auch die Entwicklung durchdachter Wertvorstellungen und die selbstbestimmte Bindung an Werte.

Sozialkompetenz bezeichnet die Bereitschaft und Fähigkeit, soziale Beziehungen zu leben und zu gestalten, Zuwendungen und Spannungen zu erfassen, zu verstehen sowie sich mit anderen rational und verantwortungsbewusst auseinander zusetzen und zu verständigen. Hierzu gehört insbesondere auch die Entwicklung sozialer Verantwortung und Solidarität.

Methoden- und Lernkompetenz erwachsen aus einer ausgewogenen Entwicklung dieser drei Dimensionen.

Kompetenz bezeichnet den Lernerfolg in bezug auf den einzelnen Lernenden und seine Befähigung zu eigenverantwortlichem Handeln in privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Situationen. Demgegenüber wird unter **Qualifikation** der Lernerfolg in bezug auf die Verwertbarkeit, d.h. aus der Sicht der Nachfrage in privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Situationen, verstanden (vgl. Deutscher Bildungsrat, Empfehlungen der Bildungskommission zur Neuordnung der Sekundarstufe II).

Teil III **Didaktische Grundsätze**

Die Zielsetzung der Berufsausbildung erfordert es, den Unterricht an einer auf die Aufgaben der Berufsschule zugeschnittenen Pädagogik auszurichten, die Handlungsorientierung betont und junge Menschen zu selbständigem Planen, Durchführen und Beurteilen von Arbeitsaufgaben im Rahmen ihrer Berufstätigkeit befähigt.

Lernen in der Berufsschule vollzieht sich grundsätzlich an konkretem, praktischem Handeln sowie vielfältigen gedanklichen Operationen, auch gedanklichem Nachvollziehen von Handlungen anderer. Dieses Lernen ist vor allem an die Reflexion der Vollzüge des Handelns (des Handlungsplans, des Ablaufs, der Ergebnisse) gebunden. Mit dieser gedanklichen Durchdringung beruflicher Arbeit werden die Voraussetzungen geschaffen für das Lernen in und aus der Arbeit. Dies bedeutet für den Rahmenlehrplan, dass die Beschreibung der Ziele und die Auswahl der Inhalte berufsbezogen erfolgt.

Auf der Grundlage lerntheoretischer und didaktischer Erkenntnisse werden in einem pragmatischen Ansatz für die Gestaltung handlungsorientierten Unterrichts folgende Orientierungspunkte genannt:

- Didaktische Bezugspunkte sind Situationen, die für die Berufsausübung bedeutsam sind (Lernen für Handeln).
- Den Ausgangspunkt des Lernens bilden Handlungen, möglichst selbst ausgeführt oder aber gedanklich nachvollzogen (Lernen durch Handeln).
- Handlungen müssen von den Lernenden möglichst selbständig geplant, durchgeführt, überprüft, ggf. korrigiert und schließlich bewertet werden.
- Handlungen sollten ein ganzheitliches Erfassen der beruflichen Wirklichkeit fördern, z.B. technische, sicherheitstechnische, ökonomische, rechtliche, ökologische, soziale Aspekte einbeziehen.
- Handlungen müssen in die Erfahrungen der Lernenden integriert und in Bezug auf ihre gesellschaftlichen Auswirkungen reflektiert werden.
- Handlungen sollen auch soziale Prozesse, z.B. der Interessenerklärung oder der Konfliktbewältigung, einbeziehen.

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

Das Unterrichtsangebot der Berufsschule richtet sich an Jugendliche und Erwachsene, die sich nach Vorbildung, kulturellem Hintergrund und Erfahrungen aus den Ausbildungsbetrieben unterscheiden. Die Berufsschule kann ihren Bildungsauftrag nur erfüllen, wenn sie diese Unterschiede beachtet und Schülerinnen und Schüler - auch benachteiligte oder besonders begabte - ihren individuellen Möglichkeiten entsprechend fördert.

Teil IV Berufsbezogene Vorbemerkungen

Der vorliegende Rahmenlehrplan für die Berufsausbildung zum Mikrotechnologen/zur Mikrotechnologin ist mit der Verordnung über die Berufsausbildung vom 8.3.98 abgestimmt.

Für den Prüfungsbereich Wirtschafts- und Sozialkunde wesentlicher Lehrstoff der Berufsschule wird auf der Grundlage der „Elemente für den Unterricht der Berufsschule im Bereich Wirtschafts- und Sozialkunde gewerblich/technischer Ausbildungsberufe“ (Beschluss der KMK vom 18.5.1984) vermittelt.

Der vorliegende Rahmenlehrplan geht von folgenden schulischen Zielen aus:

Die Schülerinnen und Schüler

- sind in der Lage, grundlegende Berechnungen durchzuführen und die Bedeutung der Ergebnisse für den Produktionsprozess zu werten.
- beachten einschlägige Normungen, Bestimmungen und Vorschriften beim Umgang mit Chemikalien und wenden diese bei Arbeiten an Geräten und Anlagen an.
- setzen für die Fehlersuche und Behebung von Störungen begründete Methoden ein und leiten aus Fehlerdiagnosen Folgerungen für die Fehlerbehebung ab.
- entwickeln ein Qualitätsbewusstsein, das sie befähigt, Reinraumbedingungen einzuhalten, kostengünstige Lösungen aufzuzeigen und die Qualität sicherzustellen.
- sind in der Lage, die Auswirkungen auf die Umwelt bei der Entsorgung von Chemikalien und Werkstoffen einzuschätzen und die Umweltvorschriften zu beachten.
- kooperieren und kommunizieren im Rahmen beruflicher Handlungen mit den Mitarbeitern des Betriebes.
- verstehen englischsprachige Beschreibungen, Anleitungen und Datenblätter und setzen diese zur Ausführung berufsbezogener Arbeiten ein.

Hinweis: Besondere Berücksichtigung findet die Fachsprache Englisch in den Lernfeldern 5 bis 10. Hierfür ist ein zeitlicher Umfang von 40 Unterrichtsstunden zu berücksichtigen.

Übersicht über die Lernfelder für den Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin

Nr.	Lernfelder	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
1	Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen	80		
2	Beurteilung von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung	80		
3	Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe	40		
4	Einhaltung von Reinraumbedingungen	20		
5	Anwendung von Standardsoftware	60		
6	Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen		140	
7	Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie		60	
8	Erstellung von Schichten und deren Strukturierung		80	
9	Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren			40
10	Fertigstellung mikrotechnischer Produkte			80
11	Einhaltung von Qualitätsstandards			40
12	Beschreibung von Mikrosystemen			60
13	Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen			60
	Summe	280	280	280

Lernfeld 1: Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Std.
--	--

Zielformulierung:

Die Schülerinnen und Schüler 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 einschlägigen Verfahren zur Messung von elektrischen Größen und werten die gewonnenen Ergebnisse.

Sie untersuchen das Verhalten von passiven Bauelementen im Gleich- und im Wechselstromkreis.

Sie halten die einschlägigen Vorschriften ein.

Inhalte:

- elektrische Größen, deren Zusammenhänge und Darstellungsmöglichkeiten
- analoge und digitale Signale
- Meßmethoden zur Erfassung elektrischer Größen
- Funktion und Aufbau passiver Bauelemente
- Schutzbestimmungen, Schutzmaßnahmen, Sicherheitsregeln

Lernfeld 2: Beurteilung von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Std.
--	--

Zielformulierung:

Die Schülerinnen und Schüler 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 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

Inhalte:

- Vorschriften der Gefahrstoffverordnung hinsichtlich Kennzeichnung und Handhabung von Chemikalien
- Periodensystem
- Säuren, Laugen, pH-Wert
- Kohlenstoffverbindungen, Alkohole
- Lösemittel
- reaktive Gase und deren Spaltprodukte
- Gewinnung von Reinstwasser und Wiederaufbereitung von Abwasser
- Anforderungen an Rohre und Armaturen

Lernfeld 3: Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe **1. Ausbildungsjahr**
Zeitrichtwert: 40 Std.**Zielformulierung:**

Die Schülerinnen und Schüler 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 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.

Inhalte:

- Leitungsvorgänge in Metallen, Halbleitern und Nichtleitern
- polykristalline und einkristalline Halbleiter
- Leitungsvorgänge in gestörten Halbleitern
- PN-Übergang

Lernfeld 4: Einhaltung von Reinraumbedingungen	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 20 Std.
Zielformulierung: Die Schülerinnen und Schüler erklären den Zusammenhang zwischen Luftreinhaltung und Produktionsausbeute. Sie sind in der Lage die Reinraumbedingungen zu überwachen.	
Inhalte: <ul style="list-style-type: none">• Reinraumklassifizierung• Ursachen, Arten und Auswirkungen von Verunreinigungen• Partikelmessung• physikalische Anforderungen an die Belüftung (Durchsatz, Strömung, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit)• technische Maßnahmen zur Luftreinhaltung• Kontrollmessungen	

Lernfeld 5: Anwendung von Standardsoftware	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Std.
Zielformulierung: Die Schülerinnen und Schüler beschreiben 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 graphische Darstellungen und verwenden diverse Softwarefunktionen zur Verwaltung von Dokumenten. Die Schüler beschreiben und handhaben zeitgemäße Datenschutz- und Datensicherungskonzepte. Sie verstehen Erläuterungen in deutscher und englischer Sprache und beherrschen ausgewählte englischsprachige Befehle in Wort und Schrift.	
Inhalte: <ul style="list-style-type: none">• Aufgaben eines Betriebssystems• Einsatz kommerzieller Software• Verwaltung von Daten• Backup-Methoden• Handreichungen, englischsprachige Anleitungen	

Lernfeld 6: Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen**2. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 140 Std.****Zielformulierung:**

Die Schülerinnen und Schüler 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 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.

Inhalte:

- Aufbau, Wirkungsweise und Eigenschaften passiver und aktiver Schaltelemente
- bipolare und unipolare Technik
- Grundsaltungen der Verstärkertechnik
- logische Grundsaltungen, Speicherzellen
- 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

**Lernfeld 7: Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikro-
technologie**
**2. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 60 Std.**
Zielformulierung:

Die Schülerinnen und Schüler 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 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.

Inhalte:

- Physikalische und chemische Eigenschaften von Fotolacken
- Belackungstechnik
- Belichtungsverfahren
- Entwicklungsverfahren
- Reinigungsverfahren
- Prüfverfahren
- Beschreibungen in englischer Sprache

Lernfeld 8: Erstellung von Schichten und deren Strukturierung
**2. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 80 Std.**
Zielformulierung:

Die Schülerinnen und Schüler 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 die Unfallverhütungsvorschriften.

Beim Einsatz von Gefahrstoffen beachten Sie die Vorschriften für den Umgang und die Entsorgung.

Die Schüler entnehmen Informationen aus englischsprachigen technischen Anleitungen.

Inhalte:

- 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

Lernfeld 9: Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren	3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 40 Std.
Zielformulierung: Die Schülerinnen und die Schüler 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.	
Inhalte: <ul style="list-style-type: none">• Eigenschaften und Auswahl der Dotierstoffe (Wertigkeit, Diffusionskonstante, Löslichkeit)• Diffusionsverfahren, Diffusionsanlagen• Ionenimplantationsverfahren, Implantationsanlagen• Reaktionsgleichungen• Einfluss des Vakuums	

Lernfeld 10: Fertigstellung mikrotechnischer Produkte	3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Std.
Zielformulierung: Die Schülerinnen und Schüler 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.	
Inhalte: <ul style="list-style-type: none">• Rückseitenprozesse• Trennen der Scheibe• Chipmontage, Bestückung• Kontaktierung• Häusen• Funktionsprüfung	

Lernfeld 11: Einhaltung von Qualitätsstandards**3. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 40 Std.****Zielformulierung:**

Die Schülerinnen und Schüler begründen die Bedeutung des Qualitätsmanagements.

Sie stellen das Qualitätsmanagement eines (ihres) Betriebes 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.

Inhalte:

- Kriterien zur Festlegung von Qualitätsstandards
- Kundenorientierung
- Maßnahmen des Qualitätsmanagements
- Anforderungen an Mitarbeiter
- statistische Kenngrößen (Normalverteilung, Mittelwert, Standardabweichung)
- statistische Prozessregelung

Lernfeld 12: Beschreibung von Mikrosystemen**3. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 60 Std.****Zielformulierung:**

Die Schülerinnen und Schüler 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.

Inhalte:

- 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

Lernfeld 13: Einstellung, Prüfung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen**3. Ausbildungsjahr
Zeitrichtwert: 60 Std.****Zielformulierung:**

Die Schülerinnen und Schüler 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.

Inhalte:

- 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-Wertes)
- PC-gestützte Steuer- und Regelungstechnik
- Fließbilder
- Messprotokoll
- Fehlerdiagnose

Das Bundesinstitut für Berufsbildung

Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) arbeitet gemeinsam mit Arbeitgebern, Gewerkschaften, Bundesländern und Bundesregierung an der Verbesserung und Weiterentwicklung der nationalen und internationalen Berufsbildung.

Im Mittelpunkt seiner gesetzlich festgelegten Forschungs- und Dienstleistungsarbeit steht die Berufsbildung der Facharbeiter, Fachangestellten, Gesellen und Meister.

Das BIBB

- beobachtet und untersucht die Aus- und Weiterbildungspraxis in den Betrieben
- erprobt neue Wege in der beruflichen Aus- und Weiterbildung
- modernisiert gemeinsam mit Arbeitgebern und Gewerkschaften die betrieblichen Regelungen für Ausbildung und beruflichen Aufstieg
- unterstützt die betriebliche Berufsbildungspraxis mit modernen Ausbildungsunterlagen und Ausbildungsmedien
- entwickelt Konzepte für die Qualifizierung der betrieblichen Ausbilder
- begutachtet die Qualität des beruflichen Fernlehrangebots
- fördert moderne Ausbildungszentren als Ergänzung der betrieblichen Aus- und Weiterbildung
- betreut internationale Programme zur Weiterentwicklung der Berufsbildung

BIBB ▶

**Bundesinstitut
für Berufsbildung**

**Bundesinstitut für Berufsbildung
Fehrbelliner Platz 3
Berlin-Wilmersdorf**

**Postadresse: Bundesinstitut für Berufsbildung
10702 Berlin**

Telefon: 030/ 8643-2406

Fax: 030/ 8643-2603

Internet: <http://www.bibb.de>