# Die ETA - Ausbildung

## *Aufgaben - Strategien - Konzepte*

bbs me Otto-Brenner-Schule

FED

LeiterplattenAkademie

ILFA

Revisionsstand 17.07.2013

# *Die Situation*

## Bitte entscheiden Sie

☐ **Nein**, unser Unternehmen setzt keine elektronischen Produkte ein.

**Nein**, wir benutzen privat keine elektronischen Produkte.

**Nein**, es gibt in unserem Umfeld nichts, was die Existenz elektronischer Produkte erfordert.

☐ **Ja**, wir wissen, daß es elektronische Produkte gibt und wir sind an weiteren Informationen interessiert.

▶ Herzlich willkommen.

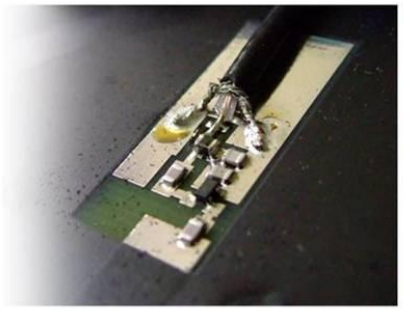
Vielen Dank, daß Sie gekommen sind.

*Wir wünschen Ihnen einen aufschlußreichen Vortrag.*

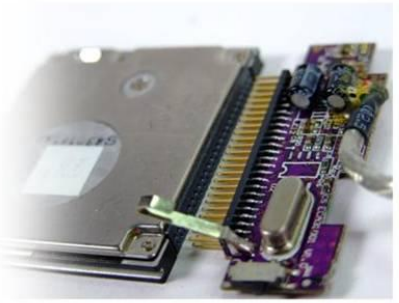
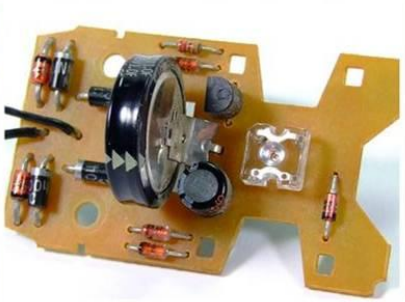
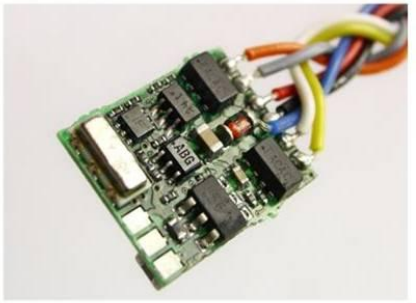
# Die Situation

Jeder braucht die Elektronik….

DVB-T Antenne
Druckerpatrone

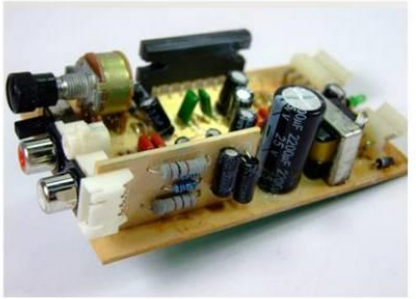



Microdrive
Fahrradbeleuchtung
Modelleisenbahn

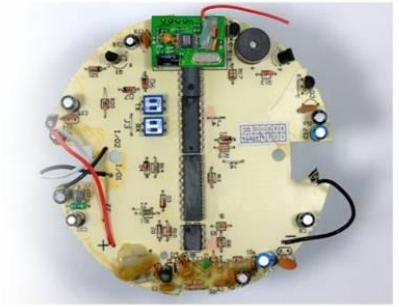




Harddisk
Graphikkarte
KFZ-Audioverstärker





Rauchmelder
DECT-Telefon
Rasierapparat

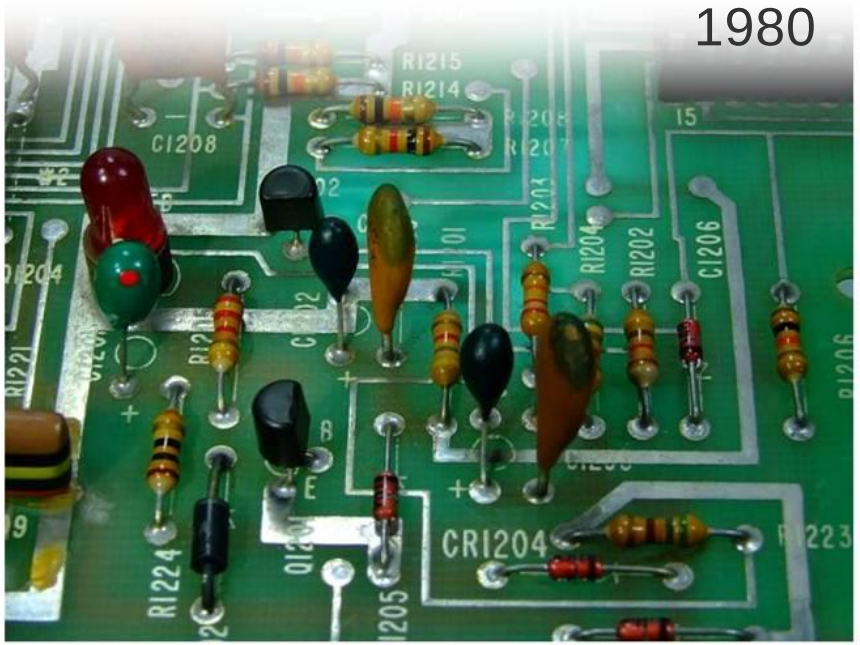


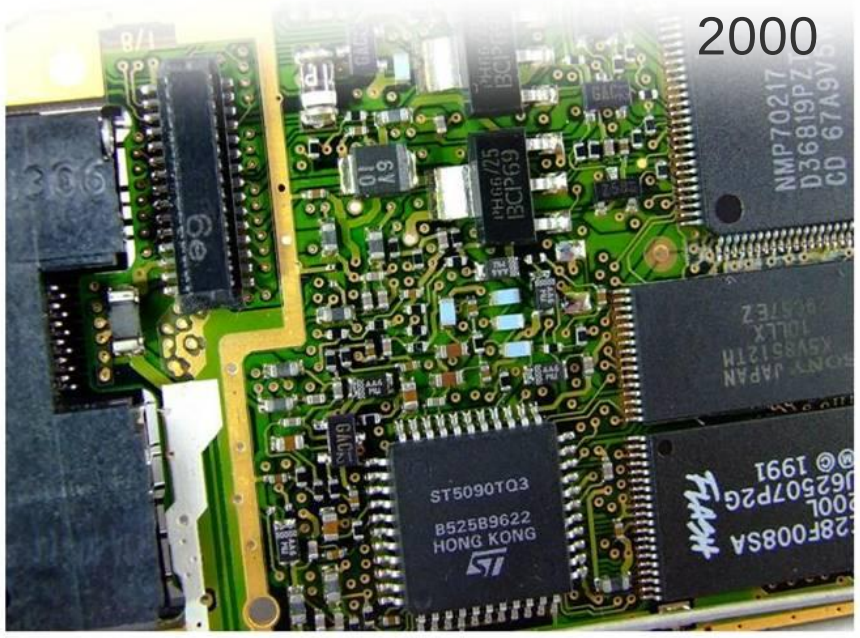


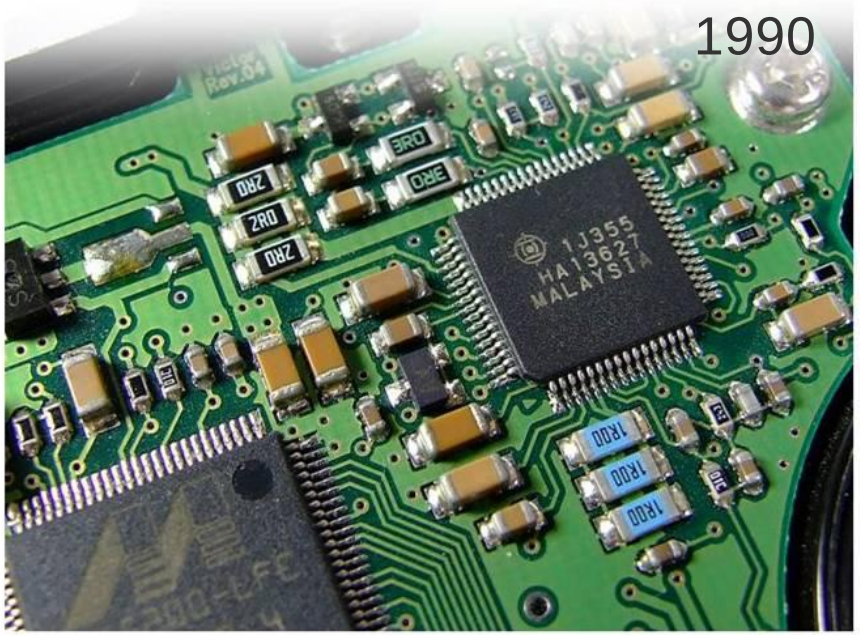
# Die Situation

## Eine kleine Reise durch die Zeit

Die Evolution der elektronischen Baugruppen in den letzten 25 Jahren zeigt auf, daß die Bauteil-integration und die physikalischen Anforderungen die Konstruktion dieses Produktes bestimmen.



## Die Situation

Eine Welt ohne Elektronik ist für uns heute nicht mehr vorstellbar. Die moderne Industriegesellschaft ist ohne Elektronik nicht mehr existenzfähig. Die Kommunikation, die Energieproduktion, und die medizinische Versorgung würden ohne Elektronik innerhalb weniger Stunden völlig funktionsunfähig werden.

Die zukünftige Entwicklung des Standortes Europa und der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit setzen eine systematische und kontinuierliche Qualifikation der Mitarbeiter eines Unternehmens voraus. Das erfordert eine fachlich hochwertige Aus- und Weiterbildung.



Facharbeiter und Ingenieure erhalten ihre *fachliche* Erstausbildung bereits auf der Schule.

Aber : Es müssen auch das Verantwortungsbewußtsein und die Entscheidungskompetenz gefördert werden.

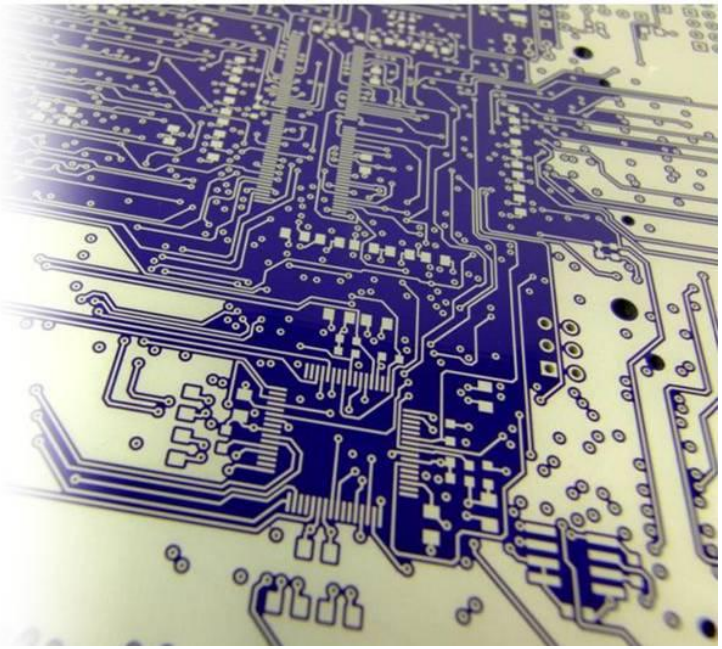
Und : Das Verständnis für das Miteinander der benachbarten Fachbereiche muss vermittelt und erlernt werden.

# Die Situation

Insbesondere für die berufsbildenden Schulen ist es die Aufgabe, das erforderliche Fachwissen aus *allen* Bereichen zu vermitteln, die für die Produktion zuverlässiger elektronischer Baugruppen erforderlich sind.

Unverzichtbar ist die Kenntnis aus den fachlichen Bereichen :

- **Schaltungsentwicklung**
- **CAD-Design**
- **CAM-Bearbeitung**
- **Leiterplattentechnologie**
- **Baugruppenproduktion**



Jedes Ausbildungskonzept, das erfolgreich sein will, muss diese Fachbereiche in die zu unterrichtenden Lernfelder integrieren.

# Die Situation

Die Integration der Fachbereiche in die Ausbildung an den berufsbildenden Schulen ist tiefgehend. Es müssen logistische, technische und kaufmännische Anforderungen erfüllen werden.

Elementare Aspekte sind :

- Die Produktklassifizierung
- Die Einsatzumgebung
- Die Qualitätsrichtlinien
- Die Elektrophysik
- Die Stromversorgung
- Die Thermik des Gerätes
- Das Leiterplattenmaterial
- Die Legierung von Loten
- Die Bestückungstechnologie
- Die Kostenfaktoren
- Die Reparaturmöglichkeiten
- Das Recycling
- Die Mechanischen Vorgaben
- Die Designrichtlinien
- Die EMV-Problematik
- Die Signalintegrität
- Die Betriebssicherheit
- Die Bauteilekonfiguration
- Die Fertigungstechnologie
- Die Metallurgie
- Die Testtechnologie
- Die Zeitfaktoren
- Die Entsorgung
- Der Umweltschutz

# *Die Anforderungen*

# Die Anforderungen

## Technologische Aspekte

Viele Aufgabenstellungen bei der Konstruktion elektronischer Baugruppen sind nicht lösbar, wenn die Nebenbedingungen nicht erkannt werden. Die Kombinationsmöglichkeit der unterschiedlichsten Qualitäten hat in den letzten Jahren zu einer dramatischen Zunahme an erforderlicher Detailkompetenz geführt.

Hieß es beispielsweise *früher* :

"Welchen minimalen Abstand können zwei Leiterbahnen haben ?",

so heißt es *heute* :

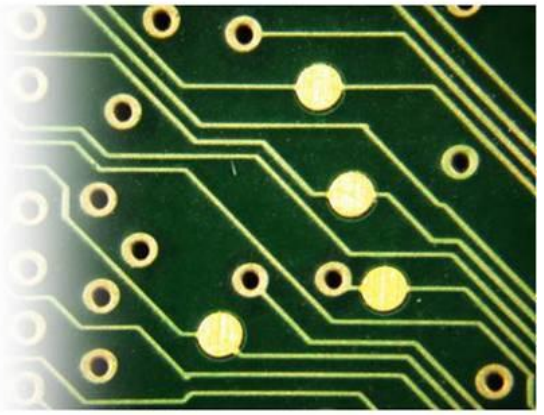
"Welchen minimalen Abstand können zwei Leiterbahnen mit 100ym Breite haben, wenn die Basiskupferdicke 17ym beträgt, und welcher Mindestabstand muss dann zur Tangente des nächstgelegenen Vias eingehalten werden, und welche Restringbreite ist dann noch minimal zulässig ?"

# Die Anforderungen

## 3 Ausbildungsschwerpunkte…

Diese drei übergeordneten Bereiche sind wichtig :

- **Die Layout-Erstellung**
- **Die Leiterplattenfertigung**
- **Die Baugruppenproduktion**



Die Komplexität der Zusammenhänge führt zu der Forderung, daß ein Mitarbeiter in einem Bereich der Prozeßkette auch die beiden anderen Bereiche kennen muss, um alle Anforderungen an die Funktion der Baugruppe (…..i.e. des Gerätes) erfolgreich umsetzen zu können.

Das Layout ist die Konstruktionsvorgabe für die Fertigung der Leiterplatte. Layout und Leiterplatte bestimmen die Wirtschaftlichkeit und die Funktionalität der Baugruppe.

# Die Anforderungen

## …3 Ausbildungsschwerpunkte

Die moderne und zukunftssichere Ausbildung junger Menschen muss bereits in der Berufsschule eine breit gefächerte und fachlich versierte Kenntnis aus diesen drei Bereichen vermitteln.
Nur dann, wenn diese Voraussetzung gegeben ist, können später die Unternehmen ihre zukünftigen Mitarbeiter/innen auf ihre individuellen Anforderungen hin weiterbilden.



Um eine hohe Ausbildungsqualität an den **Schulen** zu gewährleisten, müssen die **Industrie** und die **Fachverbände** die Formulierung zeitgemäßer Lerninhalte konsequent und aktiv mitgestalten.

Durch die ergänzende Einbindung internationaler Normen und Richtlinien in das Lehrmaterial ergibt sich eine stabile Ausbildung, die dem internationalen Wettbewerb gerecht werden kann.
Insbesondere die weltweit akzeptierten Richtlinien und Empfehlungen des amerikanischen Fachverbandes IPC sind hier zu nennen.

# Die Anforderungen

## Logistische Hintergründe

Der Einfluss des CAD-Designers auf die effektive Qualität einer elektronischen Baugruppe nimmt drastisch zu.

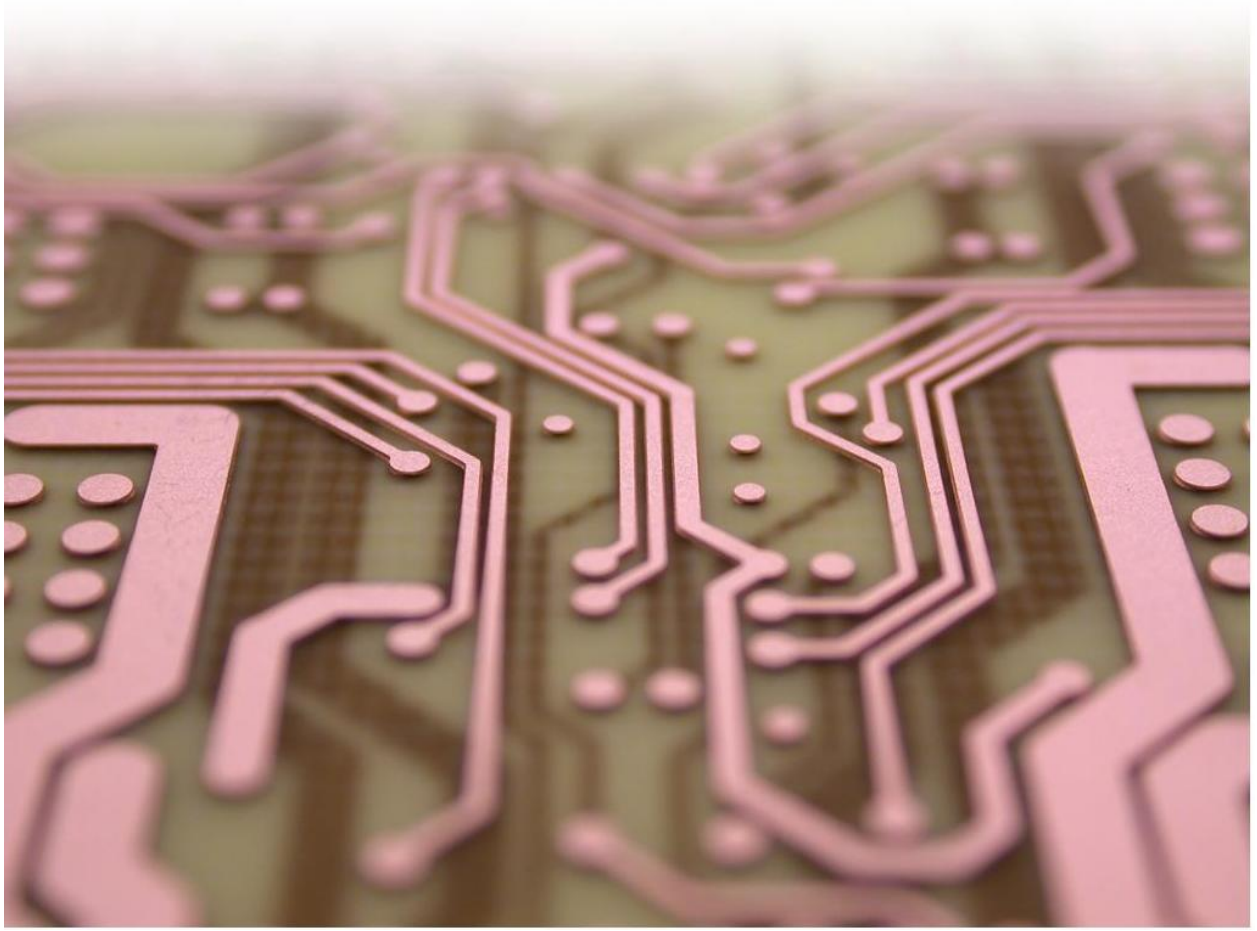
Die Summe der Anforderungen an das Design von Leiterplatten und Baugruppen ergibt sich aus der Summe der Anforderungen an die zuverlässige Funktion einer Baugruppe.
Bisherige Unzulänglichkeiten beim Design werden nicht mehr toleriert werden können. Aktuelles Wissen ist dringend gefordert. Neben dem klassischen Design for Manufacturing werden das Design for Environment und/oder das Design for Recycling an Bedeutung gewinnen.

Die Varianten der elektronischen Bauteile werden zunehmen und in ihrer Ausprägung differenzierter werden. Die Fertigungsverfahren für Leiterplatten und Baugruppen werden diversifizierter werden.

Für die Arbeit des Designers bedeutet das einen deutlich höheren Aufwand für die Logistik und die Pflege der Bauteilbibliotheken am CAD-System.

# Die Anforderungen

## Technologische Hintergründe

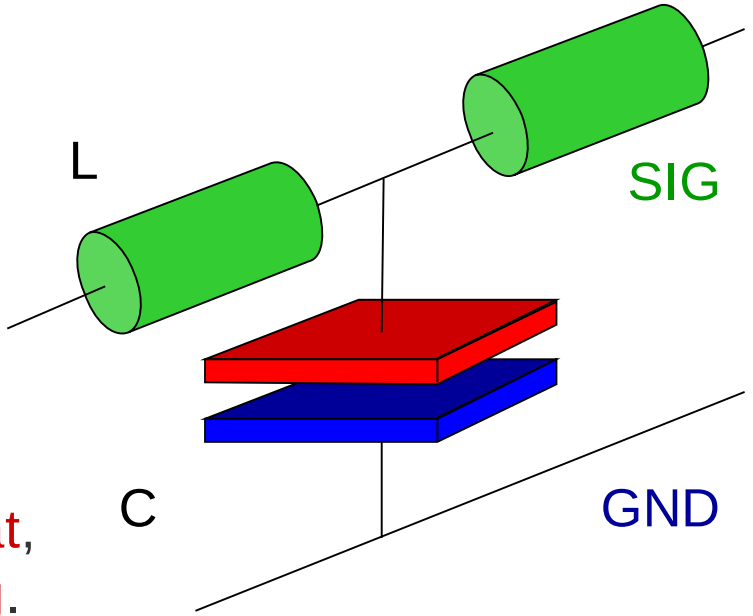


**Was sehen Sie?**

Wahrscheinlich sehen Sie "Leiterbahnen". Nun gut, das ist ein Anfang.

# Die Anforderungen

## Technologische Hintergründe




Der Querschnitt einer Leiterbahn definiert über die Leitungslänge das Gewicht, den elektrischen Widerstand, die Signalübertragungsgeschwindigkeit, die Kapazität, die Induktivität und die Entwärmung.

Das elektromagnetische Feld zwischen den Leiterbahnen definiert über die Einkopplung die Impedanz, die Signalintegrität und das EMV-Verhalten. Der räumliche Abstand zwischen den Leiterbahnen definiert das Übersprechen, die Kriechströme und die Spannungsfestigkeit.

Diese Effekte wirken direkt auf die Funktion einer Baugruppe.

Die qualitativen Konsequenzen für die physikalischen Eigenschaften einer Baugruppenkonstruktion müssen präzise vorausgesagt werden können.

# *Die Projektpartner*

# Die Projektpartner

…. eine Allianz aus der bbs|me, dem FED und ILFA

| | | |
|---|---|---|
| bbs\|me Otto-Brenner-Schule | Berufsbildende Schule Metall + Elektronik | (Hannover) |
| FED | Fachverband Elektronik Design | (Berlin) |
| ILFA | ILFA Feinstleitertechnik GmbH | (Hannover) |



bbs|me Otto-Brenner-Schule

**Otto-Brenner-Schule**

Berufsbildende Schulen
Metalltechnik
+ Elektrotechnik

Lavesallee 14
DE-30169 Hannover

# Die Projektpartner

## bbs|me

Die „bbs“ kann auf eine fast 90-jährige Chronik zurückschauen. Aus der „Gewerblichen Berufsschule IV“ wird 1953 mit Sitz in der Lavesallee 14 die „Gewerbliche Berufsschule V“ für Metalltechnik. Seit 1991 gilt der Name „BBS 5 / Otto-Brenner-Schule“. Ab 2003 firmiert die Schule unter dem Namen „Berufsbildende Schule Metalltechnik - Elektrotechnik der Region Hannover / Otto-Brenner-Schule (bbs|me)“.

Die Ausbildung zum ETA wurde von Herrn Berhard Gräbel vor über 20 Jahren an der bbs|me eingeführt mit der Vision, junge Menschen „…aus der Schule und durch die Schule auf dem Weg in den Beruf zu bringen“.

Für fast 160 Schülerinnen und Schüler ist dies erfolgreich gelungen.






Bildnachweis : Homepage der bbs|me

# Die Projektpartner

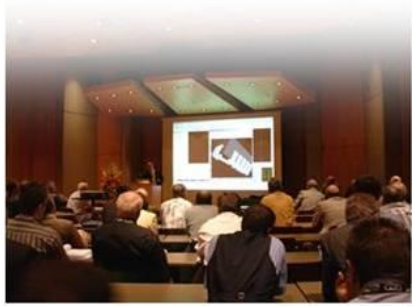
## FED

Der FED e.V. wurde 1992 gegründet. Die Motivation war von Beginn an, die Position des CAD-Designs zu stärken.

Bestimmend für die Verbandsarbeit ist die technologische Entwicklung im Bereich elektronischer Baugruppen gegen Ende der 80er-Jahre. Treibende Kraft ist die Erkenntnis, daß das CAD-Layout die Voraussetzung für eine effektive und funktionssichere Leiterplatte ist, die dann ihrerseits als zuverlässige Basis für die elektronische Baugruppe dient.

Seit 1999 bietet der FED ein hochwertiges Weiterbildungskonzept an. Auf dem „CID“ und dem „CID+“ aufbauend ist der „FED-Designer“ die aktuell hochwertigste Weiterbildung in der Elektronikindustrie.



# Die Projektpartner

## ILFA GmbH

Die Fa. ILFA Feinstleitertechnik GmbH wurde 1979 gegründet.
Das Unternehmen fertigt heute hochkomplexe Multilayer mit sehr weitgehenden Anforderungen an die elektrophysikalischen Eigenschaften der Leiterplatten.
Seit 1987 beschäftigt die Fa. ILFA Absolventen der bbs|me in den Fachbereichen CAD, CAM, Software-Entwicklung, technische Auftragsvorbereitung und technische Kundenberatung.
Die 1997 von ILFA im Internet veröffentlichten Designregeln für die systematische Konstruktion von Leiterplatten sind Bestandteil des Schulungskonzeptes des FED für die Aus- und Weiterbildung von Designern.






# Die Projektpartner

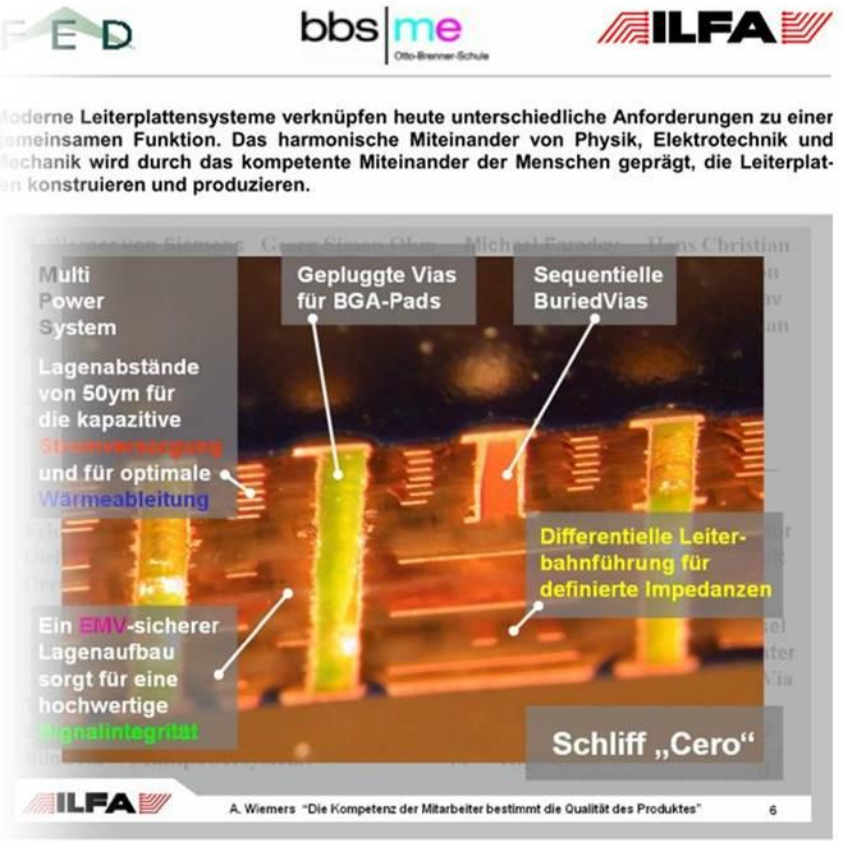
## Zielstellungen

2005 beginnt die Zusammenarbeit.

Zitat aus einem Plakat zu einer der ersten gemeinsamen Informations-veranstaltungen der Projektpartner im Jahr 2005 :

„…die Schülerinnen und Schüler realisieren Aufgaben im Team.
Sie kommunizieren fachsprachlich korrekt.
Sie wenden Methoden der Zeit-, Arbeits- und Lernplanung an.

Sie handeln verantwortungs-bewußt unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Aspekte…“




**Auszug aus dem „Lernfeld 1“ der bbs|me**

… Die Schülerinnen und Schüler analysieren elektrotechnische Systeme sowie **Wirkungszusammenhänge** auf der Anlagen-, Geräte-, Baugruppen- und Bauelementeebene. Sie lesen und erstellen technische Unterlagen. Sie bestimmen die Funktionen und das **Betriebsverhalten** ausgewählter Bauelemente und Baugruppen und deren Aufgaben in elektrotechnischen Systemen. Sie beschaffen dazu **selbstständig** Informationen und werten sie aus. Englischsprachige technische Dokumentationen werten sie unter Zuhilfenahme von Hilfsmitteln aus.
Zur **Analyse** und zum Erkennen allgemeiner **Gesetzmäßigkeiten** der Elektrotechnik ermitteln die Schülerinnen und Schüler elektrische Größen auf meßtechnischem und rechnerischem Weg. Die erreichten Ergebnisse werden dokumentiert und bewertet.
Die Schülerinnen und Schüler prüfen die **Funktion** elektrischer Schaltungen und Betriebsmittel. Sie analysieren und beheben Fehler.
Die Schülerinnen und Schüler realisieren Aufgaben im **Team** und kommunizieren fachsprachlich korrekt. Sie wenden **Methoden** der Arbeits-, Zeit- und Lernplanung an. Sie handeln **verantwortungsbewußt** unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Aspekte……

# *Ausbildung + Curriculum*

# Die Ausbildung an der bbs|me

## Die Arbeitsfelder

Die Arbeitsfelder der ausgebildeten ETAs sind im späteren Berufsleben sehr unterschiedlich. Die Laboratorien und Entwicklungszentren der Industrie, der Hochschulen und der technischen Universitäten bieten die üblichen Arbeitsplätze.
ETAs arbeiten in der IT-Branche in den Bereichen Hard- und Software-Entwicklung sowie in spezialisierten Firmen für die Fertigung von Leiterplatten oder für die Produktion von elektronischen Baugruppen.

Zu den typischen Aufgaben der ETAs gehören :

- Der Aufbau von Versuchsanordnungen
- Das Erstellen und Auswerten von Meßergebnissen
- Die Konstruktion von elektronischen Schaltungen (CAD)
- Das Installieren und Warten von Computern und EDV-Netzwerken
- Die technische Arbeitsvorbereitung (CAM)
- Die Auftragsentwicklung für elektrische Anlagen
- Die Dokumentation elektrischer Schaltungen und Anlagen

# Die Ausbildung an der bbs|me

## Die Ausbildungsschwerpunkte

Die Ausbildung bestimmende und zentrale Lernfelder sind definiert für :

| | |
|---|---|
| **Elektrotechnik** | Grundlagen der Elektrotechnik, der Nachrichtentechnik und Messtechnik |
| **Elektronik / Nachrichten-technik** | Elektronische Schaltungen entwickeln, aufbauen und prüfen |
| **Baugruppendesign** | Leiterplattenlayout (CAD)<br>Leiterplattenherstellung (CAM)<br>Baugruppenbestückung |
| **Querschnitts-qualifikation** | Dokumentieren, Präsentieren<br>Computertechnik, Hardware, Netztechnik, Software |

# Die Ausbildung an der bbs|me

## Die Ausbildungsinhalte

Während der zweijährigen Ausbildung finden neben dem naturwissenschaftlichen Theorieunterricht praktische Übungen in der Elektrotechnik, der Elektronik und der Nachrichtentechnik statt.
In diesen Praxisstunden werden von den ETAs Laborgeräte konzipiert und gebaut, zum Beispiel Meßgeräte oder Netzteile.

Das Unterrichtsfach Datenverarbeitung beinhaltet Soft- und Hardware gleichermaßen.

Anwendersoftware wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, PowerPoint und Layoutprogramme sind Bestandteil der Ausbildung.

In der Steuerungs- und Regelungstechnik ist der Aufbau und das Programmieren eines Mikrocontrollers (µC) ein Ausbildungsinhalt.
In den Projekten der ETAs wird der µC für die Steuerung technischer Vorgänge eingesetzt.

Die Projekte werden textverarbeitet und in HTML dokumentiert, im Internet publiziert und nach Abschluss präsentiert.

# Das Curriculum der bbs|me

## Die Lernfelder Nr. 1 bis Nr. 6

| | |
|---|---|
| **LF 1** | Elektrische und elektronische Systeme analysieren, beschreiben, berechnen und aufbauen |
| **LF 2** | Funktionsprüfungen von Bauelementen und Schaltungen durchführen |
| **LF 3** | Elektronische Schaltungen analysieren, planen, layouten und herstellen |
| **LF 4** | Programme für Baugruppen analysieren, entwickeln und prüfen |
| **LF 5** | Aufbau und Funktionsweise von Kommunikationsanlagen und Schnittstellen analysieren und planen |
| **LF 6** | Steuerungen mit analogen und digitalen Bausteinen planen, installieren und in Betrieb nehmen |

# Das Curriculum der bbs|me

## Die Lernfelder Nr. 7 bis Nr. 12

| | |
|---|---|
| **LF 7** | Regelungen analysieren, anpassen und aufbauen |
| **LF 8** | Projektieren, Herstellen und Prüfen elektronischer Baugruppen |
| **LF 9** | Messverfahren für Schaltungen auswählen, realisieren und Ergebnisse bewerten und dokumentieren |
| **LF 10** | Designen von Leiterplatten und Entwickeln von Baugruppen und Festlegen der Prüfverfahren |
| **LF 11** | Rechner als Baugruppe in technische Prozesse einbinden |
| **LF 12** | Energietechnische Anforderungen für Geräte und Schaltungen analysieren, planen und realisieren |

# Das Curriculum der bbs|me

## Berufübergreifende Lernfeldbereiche

Deutsch / Kommunikation

Englisch / Kommunikation

Politik

Religion

Sport

# Das Curriculum der bbs|me

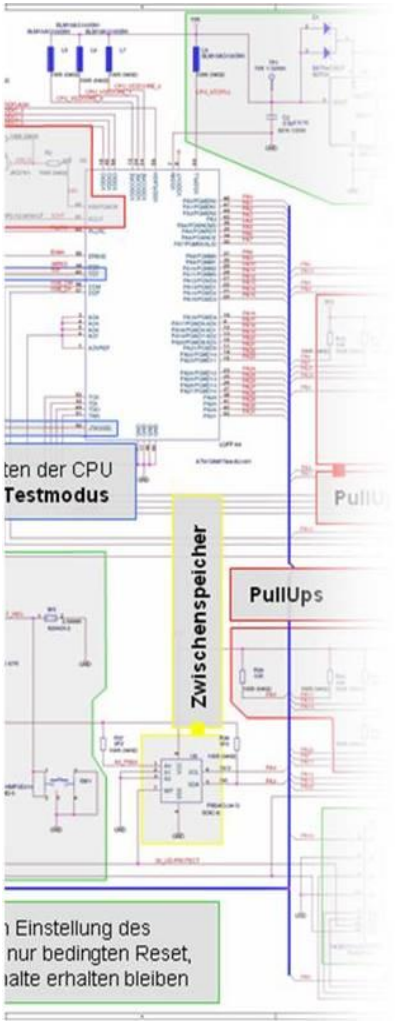
## Lernfeld 1 Elektrische Schaltungen analysieren, beschreiben, berechnen und aufbauen…

### Zielformulierung

Berechnung und Aufbau elektrischer Schaltungen ■ Analyse von elektrischen Geräten, Baugruppen und Bauelementen, sowie deren Wirkungszusammenhänge ■ Lesen und erstellen technischer Unterlagen ■ Funktionen und Betriebsverhalten ausgewählter Bauelemente und Baugruppen und deren Aufgaben in elektrotechnischen Systemen bestimmen ■ Selbstständig Informationen beschaffen, auch englischsprachige ■ Ableitung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten in der Elektrotechnik ■ Dokumentation und Bewertung von Ergebnissen und Lösungswegen ■ Erstellen technischer Zeichnungen ■ Verantwortungsbewußtes Handeln unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer und umweltbewußter Aspekte ■ Berücksichtigung der Unfallverhütungsvorschriften beim Arbeiten in und an elektrischen Anlagen ■ Arbeiten im Team ■ Fachsprachlich korrekte Kommunikation

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 1 …Elektrische Schaltungen analysieren, beschreiben, berechnen und aufbauen




**Inhalte**

Schaltpläne
Schaltzeichen
Elektrische Betriebsmittel
Grundschaltungen
Elektrische Grundgrößen
Verhalten und Kennwerte exemplarischer Bauelemente
Gefahren des elektrischen Stromes
Sicherheitsregeln
Arbeitsschutz
Funktionsprüfung
Methoden der Informationsbeschaffung
Betriebsmittel mechanisch bearbeiten
Feilen und Sägen
Bohren, Messen, Gewindebohren

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 2 Funktionsprüfungen von Bauelementen und Schaltungen durchführen…

### Zielformulierung

Funktionsprüfungen von Bauelementen und Schaltungen ■ Analyse verschiedener Messverfahren und Ableitung möglicher Anwendungsfälle ■ Vor der Aufnahme der messtechnischen Größen die theoretisch zu erwartenden Messwerte ermitteln ■ Entwerfen und realisieren von Meßschaltungen ■ Auswählen von Messgeräten und durchführen von Messungen ■ Ergebnisse sichern und tabellarisch und grafisch aufarbeiten ■ Aus den Ergebnissen das Betriebsverhalten von Bauelementen und Schaltungen prüfen ■ Ableiten von Gesetzmäßigkeiten der Elektrotechnik und Elektronik ■ Prüfen der Funktion elektrischer und elektronischer Schaltungen und Betriebsmittel ■ Anwendung von Algorithmen bei der Fehlersuche und beheben der Fehler ■ Benutzung von Standardsoftware zur Aufbereitung und Dokumentation der Messergebnisse

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 2 …Funktionsprüfungen von Bauelementen und Schaltungen durchführen



### Inhalte

Grundbegriffe der Messtechnik
Funktionsweise von Messgeräten
Messunsicherheit
Analogsignale
Digitalsignale
Erstellung von Messprotokollen
Messverfahren
Messbereichserweiterungen
Messbrücken
Funktionsweise des Oszilloskops
Ermittlung der Kenngrößen einzelner Bauelemente
Hinweise

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 3 Elektronische Schaltungen analysieren, planen, layouten und herstellen…

### Zielformulierung

Beschreibung des strukturellen Aufbaus, der funktionalen Zusammenhänge und der Materialeigenschaften von Bauelemente und Leiterplatten ■ Beschaffen von Informationen und Daten zu elektronischen Bauteilen ■ Erstellen von Bauteilen in der CAD-Bibliothek zur Herstellung des Leiterplattenlayouts ■ Grundschaltungen unterscheiden und bewerten ihrer Eigenschaften unter technischen, ökonomischen und sicherheitsrelevanten Aspekten ■ Schaltungen in Steuerungs- und Leistungsteil trennen ■ Verfahren für die Fertigung von Leiterplatten und Baugruppen dokumentieren ■ Anfertigung eines Layoutes für einseitige Leiterplatten nach standardisierten Designregeln ■ Notwendige Dokumente für die Herstellung der Leiterplatte und der elektronischen Schaltung anlegen ■ Fertigung von (Labor-)Leiterplatten und Aufbau einer elektronischen Schaltungen inklusive der Funktionsprüfung

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 3 …Elektronische Schaltungen analysieren, planen, layouten und herstellen



**Inhalte**

Leiterplattenherstellung
Durchkontaktiert/Bedrahtet (THT)
Oberflächenmontage/Surface mounted Device (SMD)
CAD-Bibliotheken
Bauteileliste
Bestückungsplan, Leiterbild, Schaltplan, Bohrplan,
LP-Spezifikation und Fertigungszeichnung
Normen (EN, DIN), Richtlinien (IPC), Designregeln
Plazierung der Bauelemente
Leiterbahnführung
Bestückungsdruck
Bohrdurchmesser
Verbindungstechnik
Prüftechnik

# Das Curriculum der bbs|me

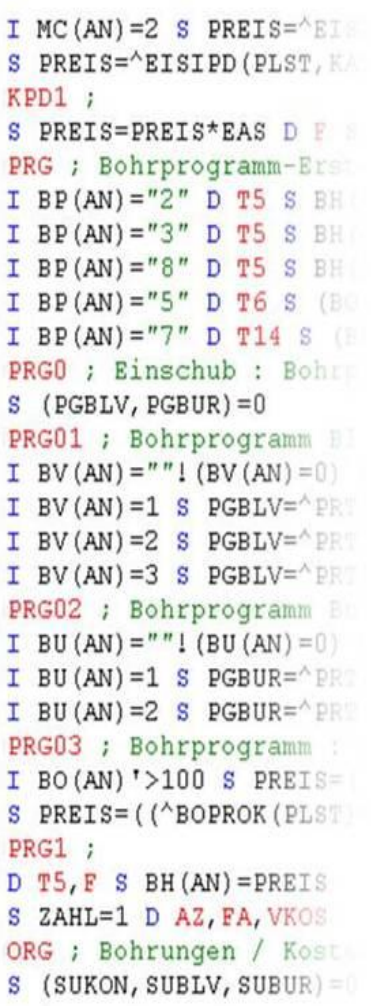
## Lernfeld 4 Programme für Baugruppen analysieren, entwickeln und prüfen…

### Zielformulierung

Programme für Baugruppen analysieren, entwickeln und prüfen ■ Computerinterne Darstellung von Informationen. Unterscheidung elementarer Datentypen ■ Problemstellungen aus technischen Bereichen analysieren und dokumentieren ■ Programmentwürfe mit genormten Darstellungen ■ Unter Berücksichtigung von Standardalgorithmen Ablaufdiagramme erstellen und in eine Programmiersprache umsetzen ■ Anwenden von ablauforientierter Programmiertechnik zur Abbildung von Problemlösungen in Baugruppen ■ Veränderung von Zeichenketten in Programmen und Anwenden von Arrays ■ Die Schülerinnen und Schüler testen Programme, beurteilen Programmergebnisse und wenden Algorithmen zur Fehlersuche an ■ Nutzung einer Programmierumgebung für die Fehlersuche

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 4 …Programme für Baugruppen analysieren, entwickeln und prüfen




### Inhalte

- Programmiersprachen
- Klassifizierung
- Compiler und Interpreter
- Syntax und Semantik
- Unterprogramme
- Verzweigung
- Schleifen
- Fallunterscheidung
- Funktion
- Prozedur
- lokale und globale Vereinbarungen
- Rekursion
- Programmablaufplan nach DIN 66001

# Das Curriculum der bbs|me

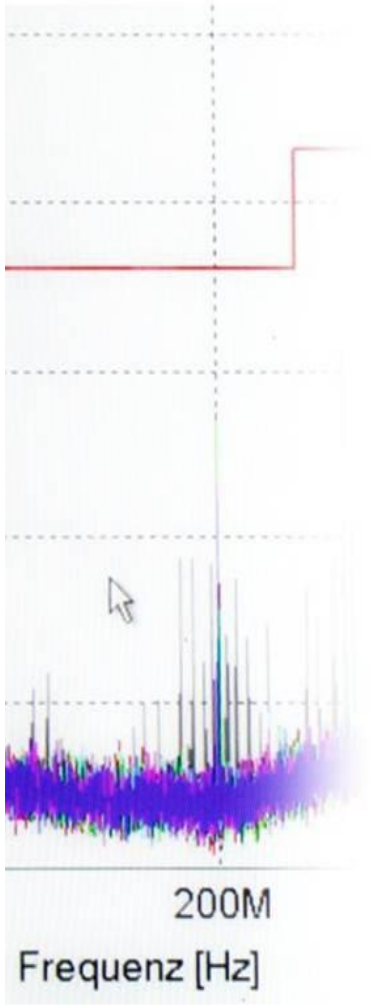
## Lernfeld 5 Kommunikationsanlagen und Schnittstellen analysieren, planen und realisieren…

### Zielformulierung

Kommunikationsanlagen und Schnittstellen planen und realisieren ■ Aufteilen der Anlagen und Schnittstellen in Baugruppen ■ Unterscheidung der Signalarten in der Kommunikationstechnik ■ Erklären des Modulationsverfahrens. Analysieren des Frequenzverhalten einer Baugruppe ■ Dokumentieren der Frequenzerläufe mit genormten graphischen Darstellungen ■ Untersuchen der Signalverstärkung und der Signaldämpfung für aktive und passive Zwei- und Vierpolbaugruppen ■ Dimensionierung von Kommunikationsschaltungen ■ Überprüfung der Ergebnisse mit Simulationssoftware ■ Erstellen von Schaltplänen und Layouts für Baugruppen in Kommunikationsanlagen ■ Realisieren der Schaltungen unter Beachtung der Designregeln ■ Prüfen der Schaltung auf Funktionalität ■ Fehler analysieren und beheben ■ Beschreibung der Umweltverträglichkeit der Schaltung

# Das Curriculum der bbs|me

Lernfeld **5** …Kommunikationsanlagen und Schnittstellen analysieren, planen und realisieren




**Inhalte**

Impedanzberechnung
Winkelfunktionen
Pythagoras
Elektromagnetische Welle
Funksignale
Digitale Signale
Ideale- und reale Impedanzen : R, C und L
Passive Zwei- und Vierpole
Durchlasskurven als Liniendiagramme
Grenzfrequenz, Resonanzfrequenz, Modulation
Dämpfungs- und Verstärkungsmaße
Komplexerechnung
RFID-Anwendungen
Designregeln für HF- und High-Speed-Baugruppen

# Das Curriculum der bbs|me

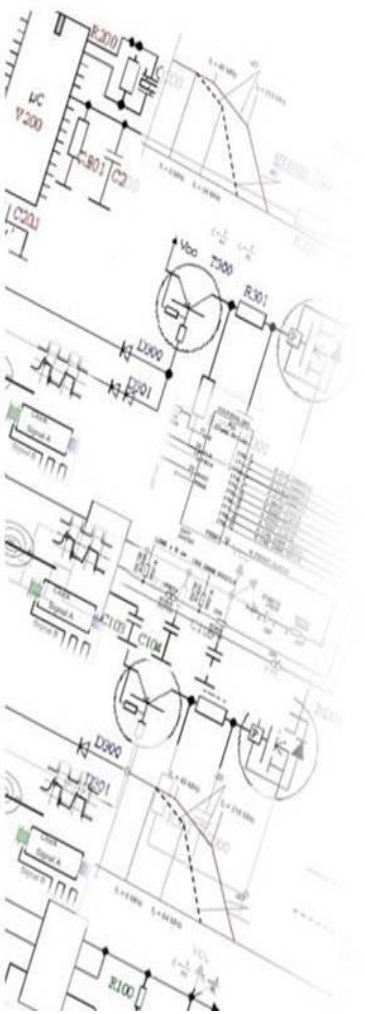
## Lernfeld 6 Steuerungen mit analogen Betriebsmitteln und digitalen Bausteinen planen, installieren und in Betrieb nehmen…

### Zielformulierung

Steuerungen planen und installieren und mit analogen Betriebsmitteln und digitalen Bausteinen in Betrieb nehmen ■ Analysieren von Schaltungen der Steuerungstechnik und Digitaltechnik und Überprüfung der Funktion ■ Selbstständige Beschaffung von Informationen und Auswertung ■ Bestimmen des Betriebsverhaltens ausgewählter Bausteine und Baugruppen sowie Festlegung ihrer Aufgaben in technischen Anwendungen ■ Erweitern und modifizieren von Schaltungen ■ Analyse von Fehlern und Behebung von Fehlern ■ Dokumentieren der Prüfverfahren, Lösungswege und Ergebnisse

# Das Curriculum der bbs|me

Lernfeld **6** …Steuerungen mit analogen Betriebsmitteln und digitalen Bausteinen planen, installieren und in Betrieb nehmen



**Inhalte**

Vergleich elektrischer und digitaler Grundfunktionen
Digitalbausteine
Grundschaltungen
Schaltalgebra
Zahlensysteme
Flipflops
Kippstufen
Teilerschaltungen
Zähler
Schieberegister
Signalumsetzung
Analog- und Digitalumsetzer

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 7 Regelungen analysieren, anpassen und aufbauen…

### Zielformulierung

Regelungen analysieren, anpassen und aufbauen ■ Die Eingangs- und Ausgangsgrößen von Sensoren prüfen und bestimmen ■ Auswertung von Ausgangssignalen ■ Untersuchen des Betriebsverhalten verschiedener Regelungen und Regelstrecken ■ Regler auswählen, bauen und bewerten der Regelstrecke ■ Analyse von Störgrößen und bewerten ihrer Auswirkungen auf die Regelstrecke ■ Erweitern und modifizieren von Regelungen ■ Realisieren von Regelungen ■ Überprüfen der Schaltungen auf ihre Funktion ■ Dokumentationen des Prüfverfahren und des Lösungsweges ■ Selbstständige Beschaffung und Auswertung von Informationen

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 7 …Regelungen analysieren, anpassen und aufbauen



### Inhalte

Arten der Regelung
Zeitverhalten
Dynamische Kenngrößen
Analoge Regler
Digitale Regler

# Das Curriculum der bbs|me

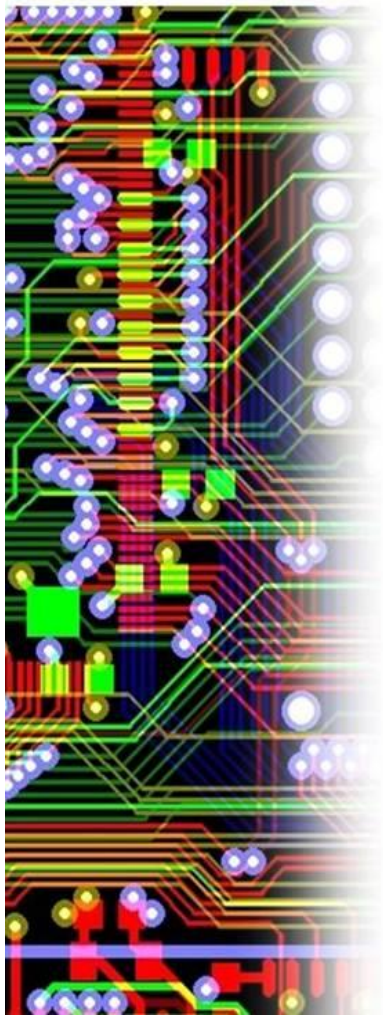
## Lernfeld 8 Elektronische Baugruppen projektieren, aufbauen, und festlegen von Testpunkten…

### Zielformulierung

Projektieren einer elektronischen Baugruppe ■ Herstellen und prüfen einer Baugruppe ■ Für den Herstellungsprozeß erstellen sie Arbeitspakete und dokumentieren den Projektablaufplan ■ Zusammentragen von Informationen zu elektronischen Schaltungen für elektronische Baugruppen ■ Auswerten der Information und anpassen der Baugruppe an die Ein- und Ausgabe ■ Festlegen der Anforderungen für die Aufbau- und Verbindungstechnik mit Bezug zur Einsatzumgebung der Baugruppe ■ Bewertung der Herstellung und der Betriebseigenschaften einer Baugruppen unter technischen, ökonomischen und sicherheitsrelevanten Aspekten ■ Festlegung von Prüfverfahren für die Baugruppenherstellung ■ Fertigung der Baugruppe und prüfen der Funktion der Baugruppe ■ Übergabe der Baugruppe und der dazu erstellten Dokumentationen ■ Einweisung in die Nutzung der Baugruppe.

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 8 …Elektronische Baugruppen projektieren, aufbauen, und festlegen von Testpunkten



**Inhalte**

Projektmanagement für die Fertigung einer Baugruppe
Lastenheft / Pflichtenheft
Grobkonzept / Feinkonzept
Kostenkalkulation
Projektdokumentation
Normen (EN, DIN), Richtlinien (IPC) und Regeln

*Projektierung einer Baugruppe :*

Zum Beispiel : µ-Prozessor, mit Schaltungsblöcken wie Spannungsversorgung, Prozessorumgebung und Schaltungen für die Ein- und Ausgangsdaten. Struktureller Aufbau sowie die funktionalen Zusammenhänge werden beschrieben und dimensioniert. Festlegung von Meßpunkten.

# Das Curriculum der bbs|me

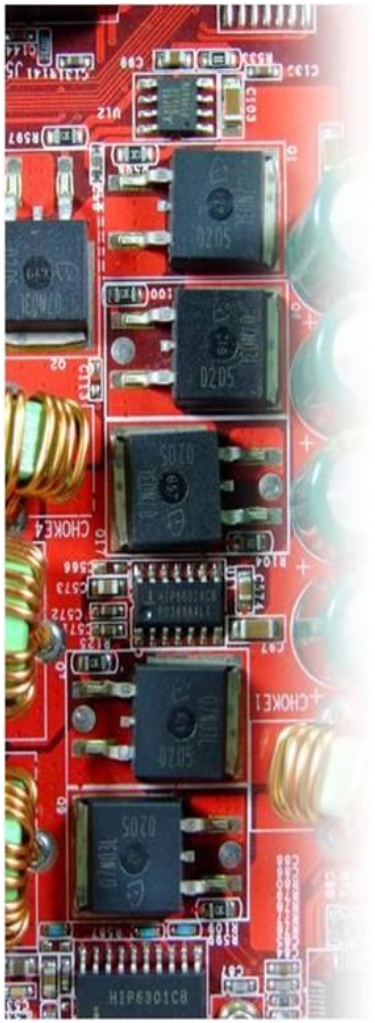
## Lernfeld 9 Mess- und Prüfverfahren auswählen, Ergebnisse bewerten und dokumentieren…

### Zielformulierung

Auswahl von Mess- und Prüfverfahren ■ Bewertung der Ergebnisse und Dokumentation ■ Vor der Meßaufnahme der Ist-Größen die Berechnung der theoretisch zu erwartenden Soll-Größen ■ Übertragung von Meß-ergebnissen in eine Tabelle ■ Durchführung eines Soll-Ist-Vergleiches mittels Nutzung eines Tabellenkalkulationsprogrammes ■ Auswerten der Ergebnisse und bestimmen der Funktionen und des Betriebs-verhaltens ausgewählter Schaltungen ■ Überprüfung der Funktion der Schaltungen unter verschiedenen Betriebsbedingungen ■ Erstellen von Messberichten, in denen die Ergebnisse der Messung, der Lösungsweg und die Auswertung dokumentiert sind

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 9 …Mess- und Prüfverfahren auswählen, Ergebnisse bewerten und dokumentieren



### Inhalte

Spule und Kondensator an Rechteckspannung
und an Wechselspannung
Phasenverschiebung
Blindwiderstand
Frequenzabhängigkeit
RC
Schaltungen
Resonanzfrequenz
Bandbreite
Verstärkerschaltungen
Messung der Eingangs- und Ausgangsignale
Dokumentation und Auswertung von Meßergebnissen
unter Verwendung von Tabellenkalkulations-
programmen und / oder Simulationsprogrammen

# Das Curriculum der bbs|me

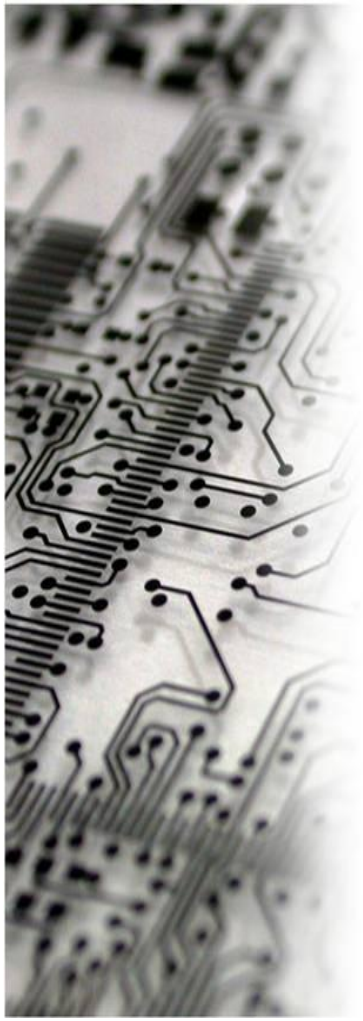
## Lernfeld 10 Designen von Leiterplatten und entwickeln von elektronischen Baugruppen…

### Zielformulierung

Designen von Leiterplatten und entwickeln elektronischer Baugruppen ■ Ermittlung der Anforderungen an Leiterplatten und Baugruppen im Produktionsprozeß und am Einsatzort ■ Beschaffung technischer Daten zu integrierten Bauteilen ■ Auswertung der Information und einbringen in die CAD-Bibliothek ■ Erstellen eines Leiterplattendesigns für ein- und zweiseitige Leiterplatten sowie für Multilayer ■ Berücksichtigen der Designregeln für Mischbestückung, Wärmemanagement und integrierte Powerplanes ■ Zusammenstellen und Dokumentieren der Produktions-daten (CAM-Plotdaten) ■ Kommunikation mit dem Leiterplattenhersteller vom Zeitpunkt der Datenaufbereitung bis hin zur Produktionsreife ■ Eigenständige Fertigung von Leiterplatten und Baugruppen ■ Beacht-ung der Kosten ■ Prüfverfahren für die elektrische und mechanische Funktion und die Sicherheit von Leiterplatten und Baugruppen festlegen ■ Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 10 …Designen von Leiterplatten und entwickeln von elektronischen Baugruppen



**Inhalte**

Standards IPC, FED, etc. und IEC-Normen
Produktkreationsplan
Aufbau- und Verbindungstechnik
Entwicklungsdokumente
Produktklassifizierung : IPC 1,2,3
Bibliotheken für Bauteile
Designstrategien
Fertigungsdokumente mit Produktionsdatenformaten
CAM-Plotdaten
Fertigungsprozeß der Leiterplatten-Herstellung
Fertigungsprozeß der Baugruppe
RoHs und WEEE
Industriell gefertigte Leiterplatten untersuchen
Umgebungsparameter

# Das Curriculum der bbs|me

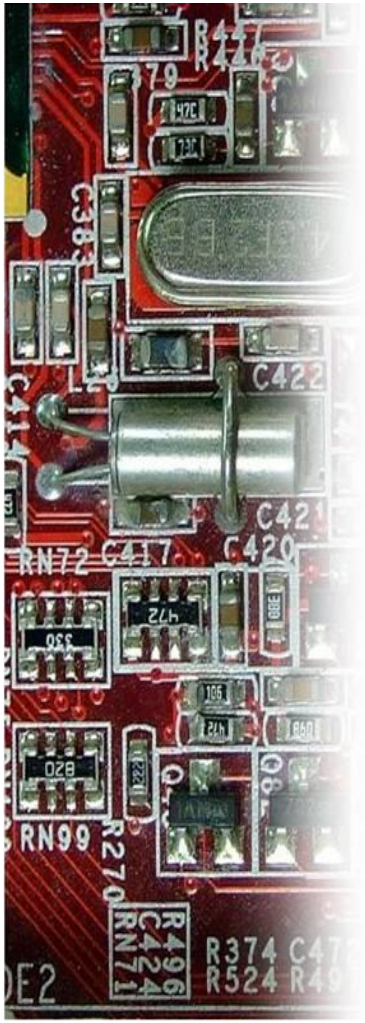
## Lernfeld 11 Rechner als Baugruppe in technische Prozesse einbinden…

### Zielformulierung

Einbinden eines Rechners als Baugruppe in technische Prozesse ■ Bedarfsermittlung, Installation und Konfiguration von Software ■ Programmierung von Software für einen Computer und Übertragung an den Mikroprozessor ■ Unterscheidung von analogen und digitalen Sensoren ■ Unter Beachtung der technischen Anforderungen anpassen der Sensoren an die Schnittstellen des Mikrocontrollers ■ Entwickeln von Programmblöcken für die Anwendungen technischer Prozesse ■ Strukturieren und verbinden der Prozesse zum gesamten Programm ■ Analyse der Anforderungen der anzusteuernden Hardwareschnittstellen und Erstellen eines Konzeptes für erforderliche Anpassungen ■ Ansteuerung der Hardware je nach Bedingung mit digitalen oder analogen Signalen ■ Überprüfen der Prozesse auf Software- und Hardwarefehler ■ Entwicklung und Anwendung geeigneter Methoden zur Fehlersuche ■ Beheben gefundener Fehler

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 11 …Rechner als Baugruppe in technische Prozesse einbinden




**Inhalte**

Byte + Wort
BCD-Code
Speicher
Interne Bussysteme
E/A-Bausteine
Register
Schnittstellen
Editor
Befehlsbearbeitung
Registeradressierung
Einstufige Speicheradressierung
Zweistufige Speicheradressierung
Mikroprozessor

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 12 Energietechnische Anforderungen für Geräte analysieren, planen und realisieren…

### Zielformulierung

Energietechnische Anforderungen an Geräte analysieren, planen und realisieren ■ Ermittlung der Anforderungen an die Energieversorgung der Geräte durch das Kundengespräch ■ Bestimmung des Energieflußes der Bauteile und Baugruppen ■ Auswählen und dimensionieren der Energieversorgungen unter Einbeziehung von Datenblättern ■ Bestimmen der Bauelemente ■ Anfertigen von Blockschaltbildern und Schaltplänen ■ Fertigung von Geräten ■ Überprüfen der Gerätefunktion und protokollieren der Betriebswerte ■ Prüfen der Energieversorgung von Geräten unter Einhaltung der Schutzmaßnahmen ■ Berücksichtigen der Gehäusebauteile, der EMV-Bedingungen sowie der thermischen Belastung der Bauelemente und Geräte ■ Kontrollieren und bewerten des Arbeitsablaufes und des Produktes nach ökonomischen, ökologischen und sicherheitsrelevanten Aspekten ■ Berücksichtigung und Einhaltung geltender Normen

# Das Curriculum der bbs|me

## Lernfeld 12 …Energietechnische Anforderungen für Geräte analysieren, planen und realisieren



**Inhalte**

Gehäuse
Mechanische bauteiltechnische Zeichnungen
Schutzklassen und Schutzgrade
Wärmeableitung
Verbindungs- und Anschlusstechniken
Schutzmaßnahmen
Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften
Filter und Abschirmung
Qualitätssicherung
Gleichrichterschaltungen
Festspannungsregler
Netzteile
Projekt- und Produktmanagement
Schutzmaßnahmen

# Die CID-Prüfung des FED

# Die CID-Prüfung des FED

## IPC und CID

Association Connecting Electronics Industries

Der „IPC“ ist der amerikanische Fachverband für Elektronik, die „Association Connecting Electronics Industries“.

Innerhalb des IPC gibt es das „Designers Council“, das für das PCB-Design zuständig ist.

Der IPC hat sich bereits vor langen Jahren der Dokumentation der Technologien und der Herstellungsverfahren für CAD-Designs, Leiterplatten und Baugruppen angenommen.

Der IPC hat auch diverse Qualifizierungsmaßnahmen eingeführt. Im Fachbereich CAD-Design sind die Prüfungen zum „CID“ (Standard) sowie zum „CID+“ (Speziell) wichtige Wissensnachweise (die Kurzform „CID“ steht für „**C**ertified **I**nterconnect **D**esigner“).

# Die CID-Prüfung des FED

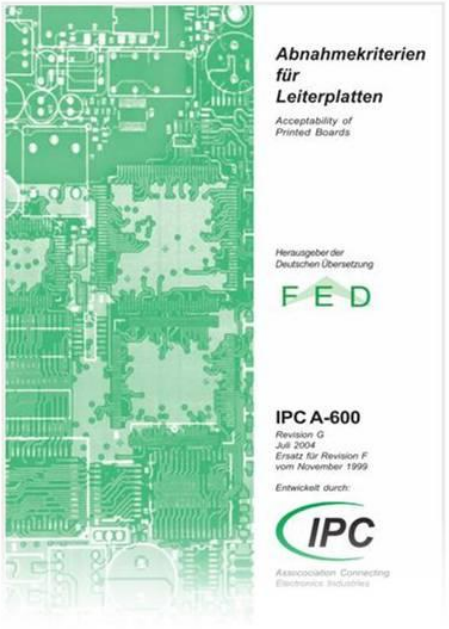
## Deutschsprachige IPC- / FED-Dokumente

Viele wichtige Dokumente des IPC hat der FED in den letzten Jahren in die deutsche Sprache übersetzt. Damit ist es gelungen, Richtlinien einzubinden, die im internationalen industriellen Umfeld Anerkennung finden. Durch die Integration der *CID-Prüfung* in das Schulungssystem des FED kann - auf dem Weg zum FED-Designer - zudem eine sehr hochwertige Zwischenqualifikation angeboten werden.









# Der FED-Designer

# Der FED-Designer

## Das Kurssystem

Der FED hat ein Kurssystem aufgebaut, daß sich auf die Qualifizierung der bereits im Berufsleben stehenden Designer konzentriert.
Durch deren fachliche Weiterbildung können sich die Unternehmen am effektivsten die unverzichtbare Kompetenz ihrer Mitarbeiter sichern.

Das stufenförmige Kurssystem umfaßt einen einwöchigen 1.Teil und mehrere dreitägige Teile. Das Konzept ermöglicht Mitarbeitern im Umfeld der betrieblichen Weiterbildung die problemlose Teilnahme.
Im Anschluß an den einwöchigen 1.Teil kann die international anerkannte Prüfung zum **CID** abgelegt werden. Nach dem Besuch des 4.Teiles kann die Prüfung zum **FED-Designer** abgelegt werden, dem einzigen hochwertigen deutschen Wissens- und Qualitätsnachweis für Leiterplatten und Baugruppendesigner.

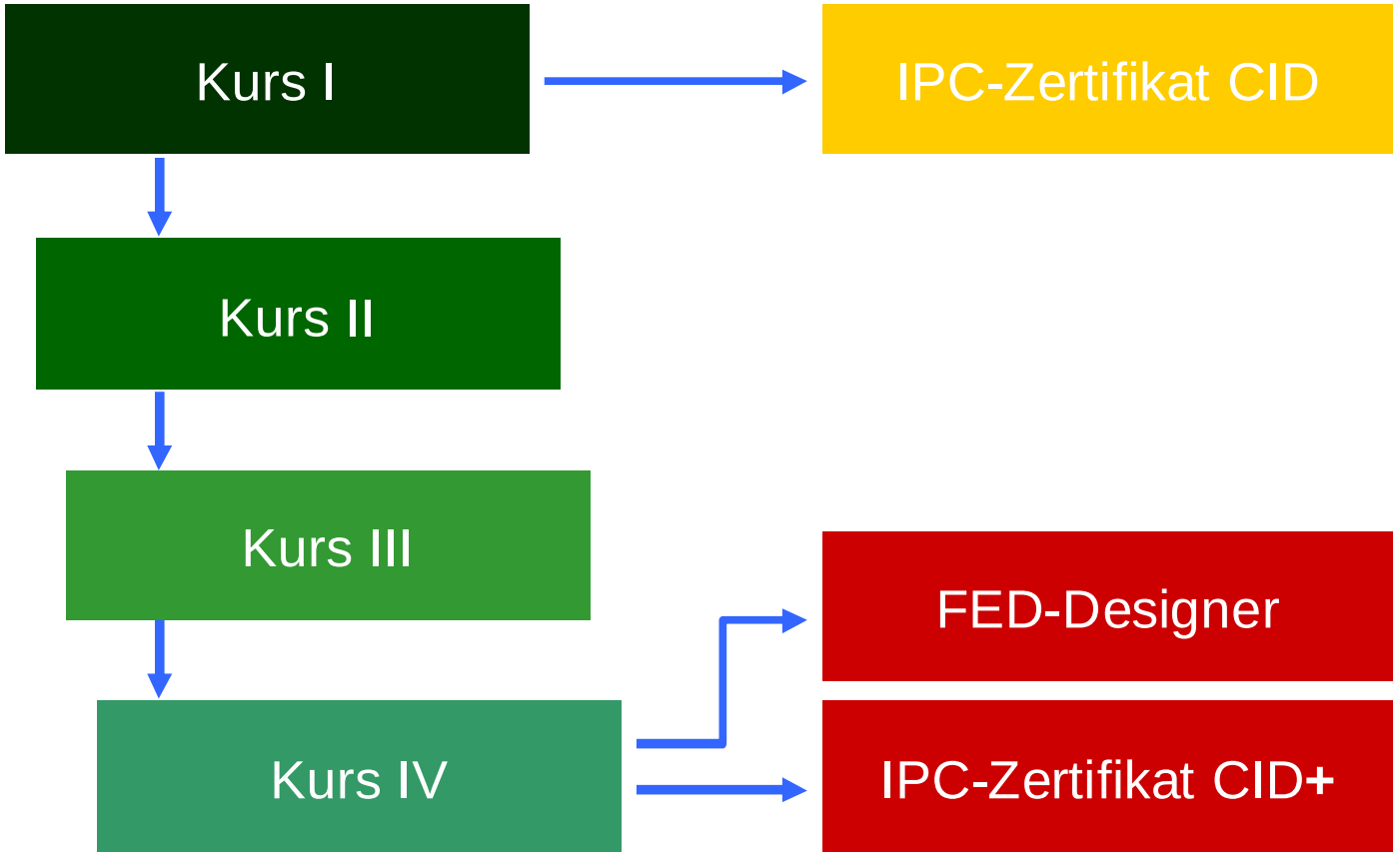


Mit dem Kurssystem wird das Berufsbild des Layouters und des Leiterplatten- und Baugruppendesigners formuliert.

# Der FED-Designer

## Das Kurssystem

Das stufenförmige Kurssystem des FED für Leiterplatten- und Baugruppendesigner bindet nationale und internationale Zertifikate mit ein.



# Der FED-Designer

## Der Wissens- und Qualitätsnachweis : FED-Designer und CID+

Die Kurse richten sich an bereits aktive Leiterplattendesigner, aber auch an alle Mitarbeiter/innen die im Umfeld der Konstruktion elektronischer Baugruppen und der Leiterplattenentwicklung tätig sind.

Mit dem Zertifikat CID+ wird die nächst höhere Stufe des Prüfungskonzeptes des IPC erreicht. Für diesen Abschluß sollten Grundkenntnisse zum Aufbau, der Fertigung, dem Einsatz und der Funktion von Leiterplatten bzw. Baugruppen vorhanden sein.

Mit dem Erwerb des Zertifikates zum **FED-Designer** ist der Nachweis des abgesicherten beruflichen Wissens verbunden, der in dem Kurssystem des FED vermittelt wird.
Im FED-Designer sind die beiden internationalen CID-Prüfungen **CID** und **CID+** integriert. Damit ist erstmalig im deutschsprachigen Raum ein beruflicher Wissensnachweis für Leiterplattendesigner möglich.

Der FED hat sich zur Aufgabe gestellt, diesen Beruf zur längst überfälligen amtlichen Anerkennung zu führen.

# Der FED-Designer

## Die Prüfungen zum FED-Designer und zum Advanced Certified Interconnect Designer CID+

Der 4.Kurs LBD IV führt die Weiterbildungskurse für Leiterplatten- und Baugruppendesign zum Abschluß. An den ersten zwei Tagen werden die Schwerpunkte der drei Kurse LBD I,II + III zusammengefaßt.
Die Themen werden unter Qualitäts- und Funktionalitätsaspekten betrachtet und mit Themen aus dem Study Guide II des IPC ergänzt.

Alle Einflüsse der Entwicklung und Produktion auf das Design werden berücksichtigt. Die Möglichkeiten, diese zu Daten für eine reibungslose Leiterplatten- und Baugruppenproduktion zusammenzuführen, werden erläutert. Das bereitet die zweiteilige Prüfung für die Zertifikate zum CID+ und zum FED-Designer vor, die am 3.Tag stattfindet.
Im 1.Prüfungsabschnitt sind 120 Fragen zum Erlangen des IPC-Zertifikates zum CID+ zu beantworten, im 2.Teil weitere 102 Fragen zum Zertifikat des FED-Designers.



Auf Grund der Anforderungen werden der Besuch der ersten drei Kursteile und die bestandene CID-Prüfung vorausgesetzt.

# Der FED-zertifizierte Layouter

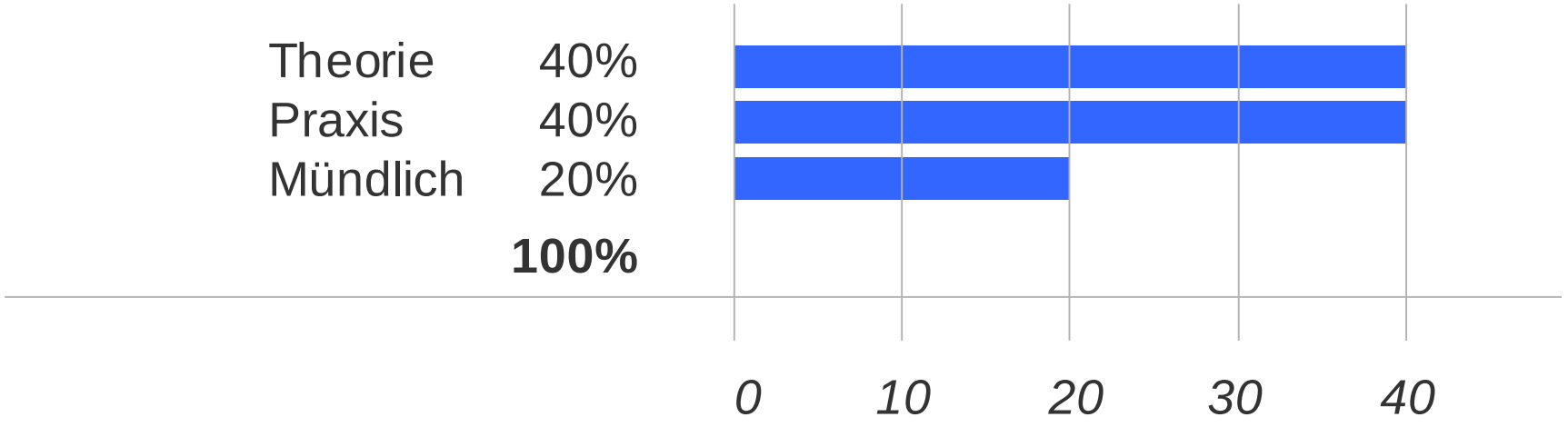
# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## Prüfbereiche

Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter umfaßt drei Kernbereiche :

- **A** Die theoretische Prüfung
- **B** Die praktische Prüfung
- **C** Die mündliche Prüfung

Die Wertigkeit der Kernbereiche an der Gesamtnote für die Prüfung ist :



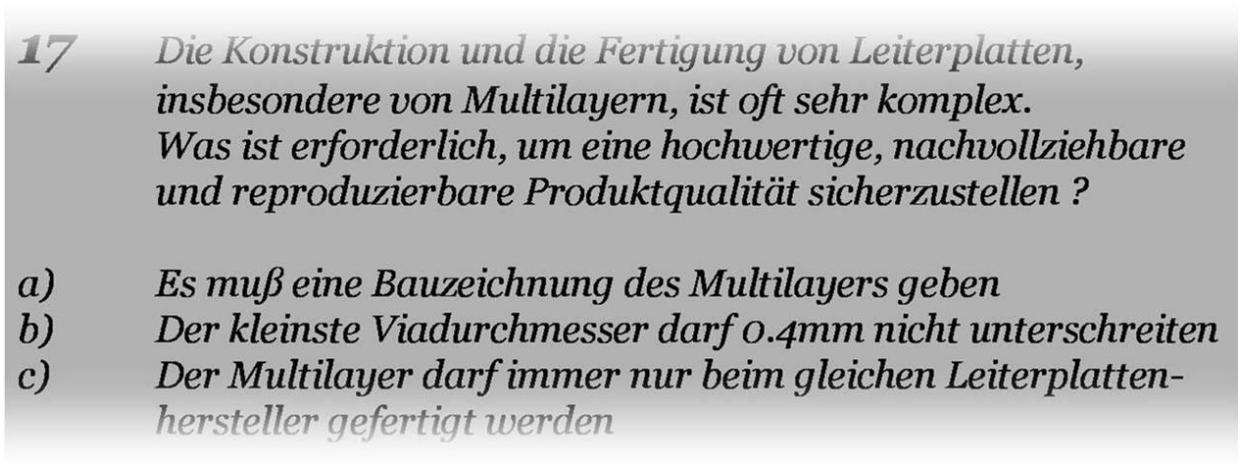
# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## A Theoretische Prüfung

Inhalte der theoretischen Prüfung sind :

Allgemeine Kenntnisse der Elektronik
Spezielle Kenntnisse über das CAD-Design
Spezielle Kenntnisse über die Herstellung von Leiterplatten
Spezielle Kenntnisse über die Produktion von Baugruppen

Der Fragenkatalog für die Absolventen der Prüfung ist eine Zusammenstellung aus dem offiziellen Fragenkatalog des FED zur Erlangung des Status eines „FED-zertifizierten Layouters“.



*17* *Die Konstruktion und die Fertigung von Leiterplatten, insbesondere von Multilayern, ist oft sehr komplex. Was ist erforderlich, um eine hochwertige, nachvollziehbare und reproduzierbare Produktqualität sicherzustellen ?*

*a)* *Es muß eine Bauzeichnung des Multilayers geben*
*b)* *Der kleinste Viadurchmesser darf 0.4mm nicht unterschreiten*
*c)* *Der Multilayer darf immer nur beim gleichen Leiterplattenhersteller gefertigt werden*

# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## B Praktische Prüfung

Inhalte der praktischen Prüfung sind :

- Die Pflege und Anlage von Bibliothekselementen
- Das Erstellen eines Schaltplanes
- Die Aufteilung des Schaltplanes nach Funktionsbereichen
- Die Plazierung der Bauteile im CAD-Design
- Bei Trafos : Primäre und sekundäre Layoutbereiche trennen
- Die korrekte Anlage von GND-Planes
- Die korrekte Anlage der VCC-Plane / der Stromversorgung
- Die Vorlagen für den Lötstop- und den Bestückungsdruck
- Die Dokumentation des Bohrplanes und der Bohrdurchmesser
- Die Maßzeichnung für die Leiterplattenkontur mit Referenz
- Die Spezifikation der Leiterplatte und der Layoutklasse
- Die Spezifikation des Lagenaufbaus und des Basismaterials

# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## B Praktische Prüfung : Die Aufgabenstellung

Das Aufbereiten, das Layouten und das Dokumentieren des Projektes sind die wichtigsten zu erfüllenden Aufgaben während der Prüfung.

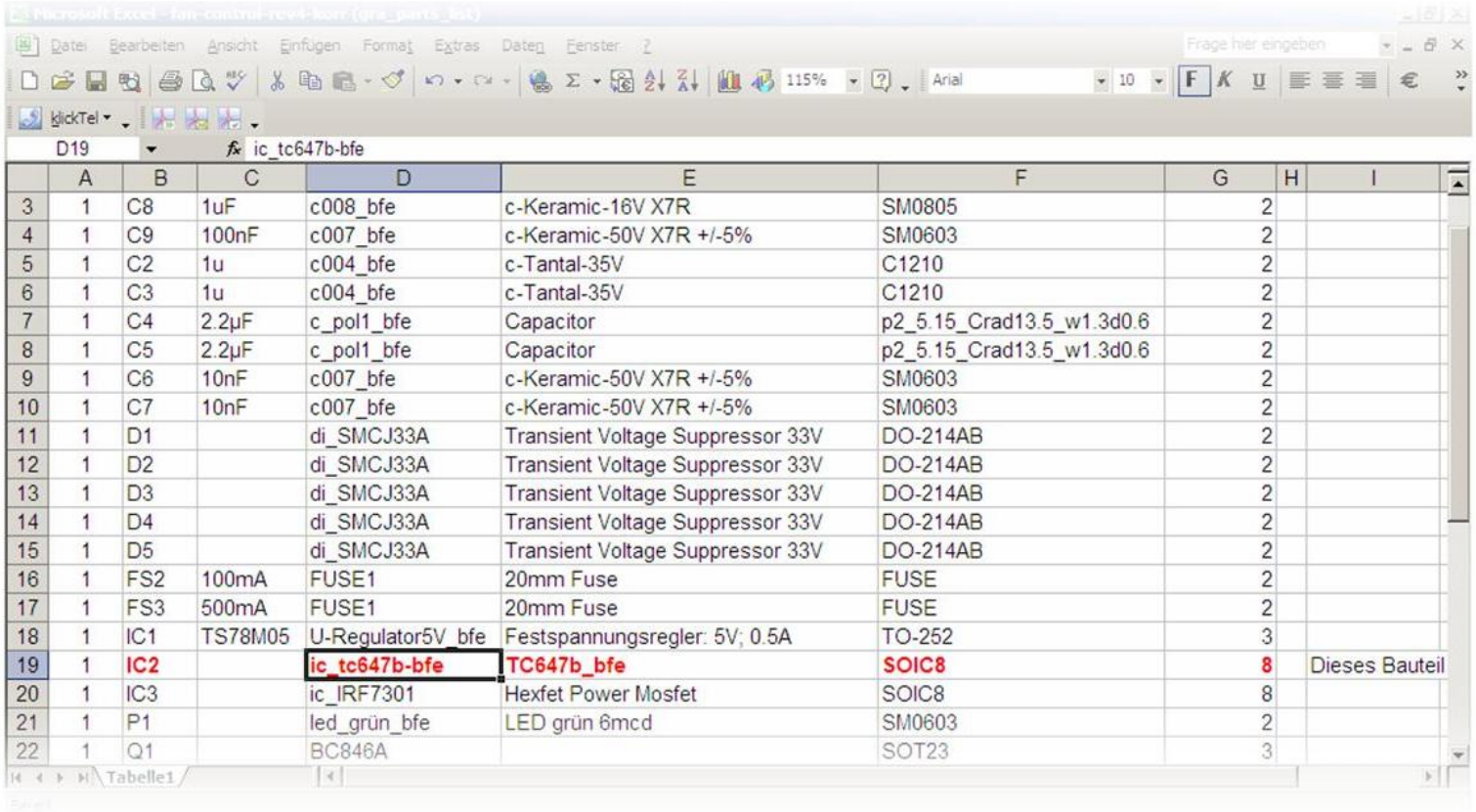
5. **Speichern** Sie folgende Daten ab, **drucken** Sie die gewünschten Datenfiles aus und stellen Sie ein Dokument in der angegebenen Reihenfolge zusammen.

| | ***Digital file*** | ***Ausdruck*** | Printout |
|---|---|---|---|
| Lastenheft | | X | Requirement specification |
| Bauteileliste | X | X | Bill of material (Tabellenfile) |
| Schaltplan | X | X | Schematic (Windows/ DINA4) |
| Layout mit Bemaßungen | X | X | Layout (Windows/ DINA4) |
| Bestückungsdruck | X | X | Silkscreen |
| Bohrinformation | X | X | Drill information (Report) |
| Gerberdaten im Ordner Cam/Plot | X | | Gerberdaten |

# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

**B** Praktische Prüfung : CAD-Bibliotheksarbeit + BOM

Die vorgegebene Stückliste („BOM“ = Bill of material) muß mit der CAD-Bibliothek abgeglichen werden. Separat spezifizierte Bauteile müssen in der Bibliothek eigenständig neu angelegt werden.



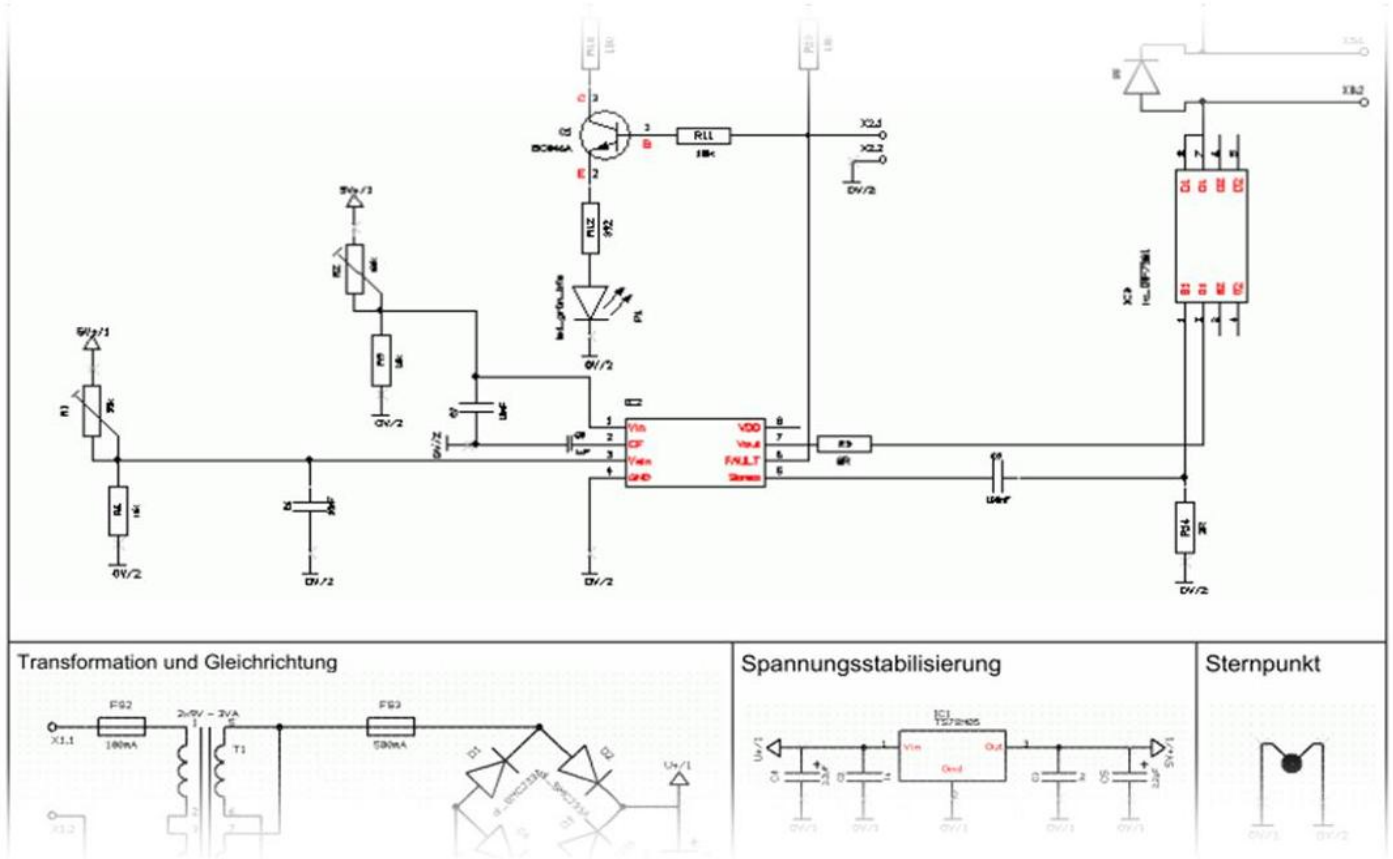
D19 | ic_tc647b-bfe

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | C8 | 1uF | c008_bfe | c-Keramic-16V X7R | SM0805 | 2 | | |
| 4 | 1 | C9 | 100nF | c007_bfe | c-Keramic-50V X7R +/-5% | SM0603 | 2 | | |
| 5 | 1 | C2 | 1u | c004_bfe | c-Tantal-35V | C1210 | 2 | | |
| 6 | 1 | C3 | 1u | c004_bfe | c-Tantal-35V | C1210 | 2 | | |
| 7 | 1 | C4 | 2.2µF | c_pol1_bfe | Capacitor | p2_5.15_Crad13.5_w1.3d0.6 | 2 | | |
| 8 | 1 | C5 | 2.2µF | c_pol1_bfe | Capacitor | p2_5.15_Crad13.5_w1.3d0.6 | 2 | | |
| 9 | 1 | C6 | 10nF | c007_bfe | c-Keramic-50V X7R +/-5% | SM0603 | 2 | | |
| 10 | 1 | C7 | 10nF | c007_bfe | c-Keramic-50V X7R +/-5% | SM0603 | 2 | | |
| 11 | 1 | D1 | | di_SMCJ33A | Transient Voltage Suppressor 33V | DO-214AB | 2 | | |
| 12 | 1 | D2 | | di_SMCJ33A | Transient Voltage Suppressor 33V | DO-214AB | 2 | | |
| 13 | 1 | D3 | | di_SMCJ33A | Transient Voltage Suppressor 33V | DO-214AB | 2 | | |
| 14 | 1 | D4 | | di_SMCJ33A | Transient Voltage Suppressor 33V | DO-214AB | 2 | | |
| 15 | 1 | D5 | | di_SMCJ33A | Transient Voltage Suppressor 33V | DO-214AB | 2 | | |
| 16 | 1 | FS2 | 100mA | FUSE1 | 20mm Fuse | FUSE | 2 | | |
| 17 | 1 | FS3 | 500mA | FUSE1 | 20mm Fuse | FUSE | 2 | | |
| 18 | 1 | IC1 | TS78M05 | U-Regulator5V_bfe | Festspannungsregler: 5V; 0.5A | TO-252 | 3 | | |
| 19 | 1 | IC2 | | ic_tc647b-bfe | TC647b_bfe | SOIC8 | 8 | | Dieses Bauteil |
| 20 | 1 | IC3 | | ic_IRF7301 | Hexfet Power Mosfet | SOIC8 | 8 | | |
| 21 | 1 | P1 | | led_grün_bfe | LED grün 6mcd | SM0603 | 2 | | |
| 22 | 1 | Q1 | | BC846A | | SOT23 | 3 | | |

# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

**B** Praktische Prüfung : Erstellen des Schaltplanes

Entsprechend der Vorgabe der Prüfungsaufgabe ist die Verdrahtung der elektrischen Netze in einem Schaltplan fachgerecht zu dokumentieren.



# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

**B** Praktische Prüfung : Vorgaben an das CAD-Layout

Die Anforderungen an das CAD-Layout werden präzise beschrieben.

**Zweiseitige Leiterplatte**

- auf Lage 1 sollen vorzugsweise Signallagen sein.
- auf Lage 2 sollen vorzugsweise die Powerplanes sein.

**Kontur**

- rechteckig 60 mm x 120 mm
- Kantenbearbeitung: parallel 2xRitzen 2xFräsen

**Verbindungstechnik**

- Primärseite: THT/ SMD; Reflow
- Sekundär: SMD; Powerplanes; Wellenlöten

**Hinweise**

- Information zu den Bauteilen finden Sie in der Bauteileliste
- Platzieren Sie die Bauteile über der zugehörigen Massefläche

**Sicherheitsabstände:**

- Der 230V Bereich muss durch einen Sicherheitsabstand von 6 mm von der restlichen Schaltung getrennt sein.

**Leiterbahnen:**

- Die Leiterbahnen für die Energieversorgung > 5V haben eine Breite von 2 mm.
- Die Leiterbahnen im 5V-Bereich haben eine Breite von 1 mm.

**GND-Planes:**

Die Massefläche ist geteilt auszuführen:

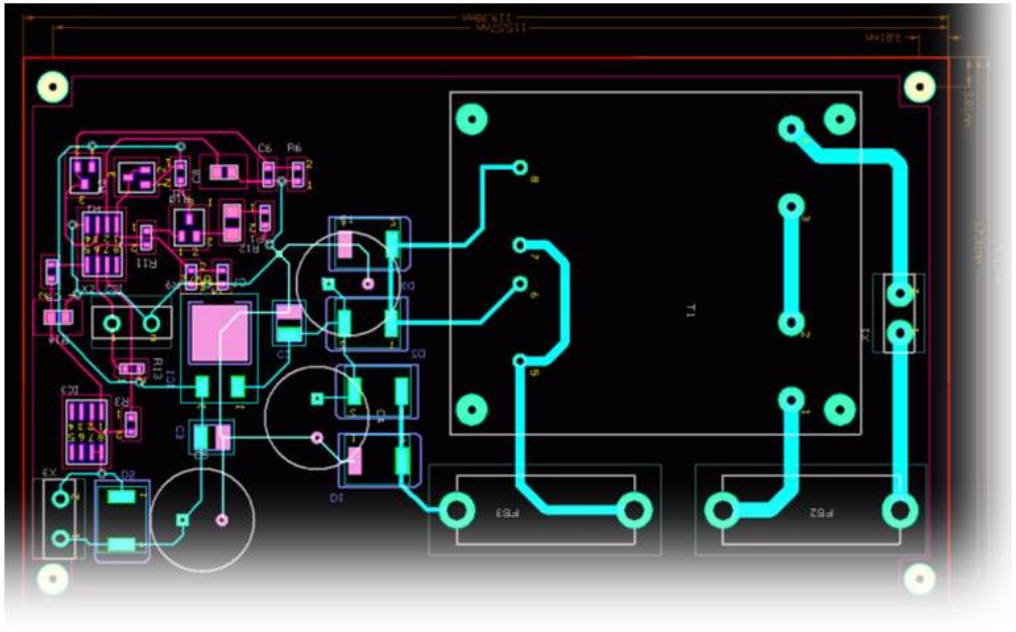
- in 0V/1 Spannungsversorgung
- 0V/2 Fancontrol-Schaltung.
- Die Masseflächen werden durch einen **Sternpunkt** galvanisch verbunden.

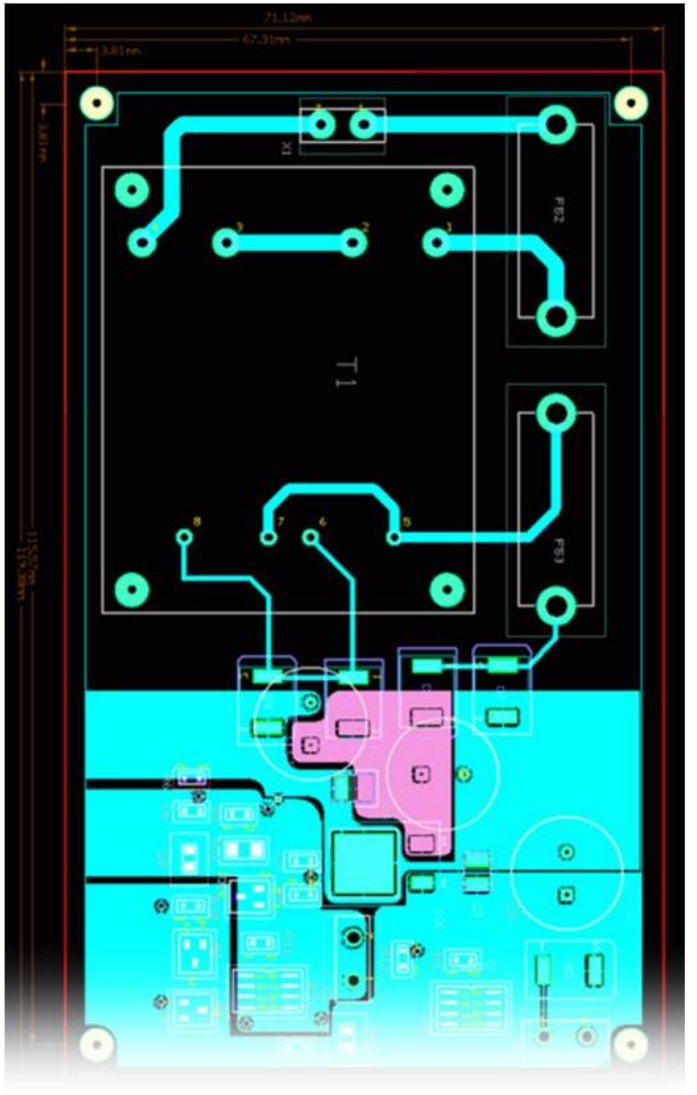
# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

**B** Praktische Prüfung : Das CAD-Layout

Ein CAD-Layout muß erstellt werden.

Die Vorgaben an den Signaltransfer, die Stromversorgung, die Bauteilplazierung und den sicheren Baugruppenbetrieb müssen vom Layout erfüllt werden.





# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

**B** Praktische Prüfung : Die Dokumentation

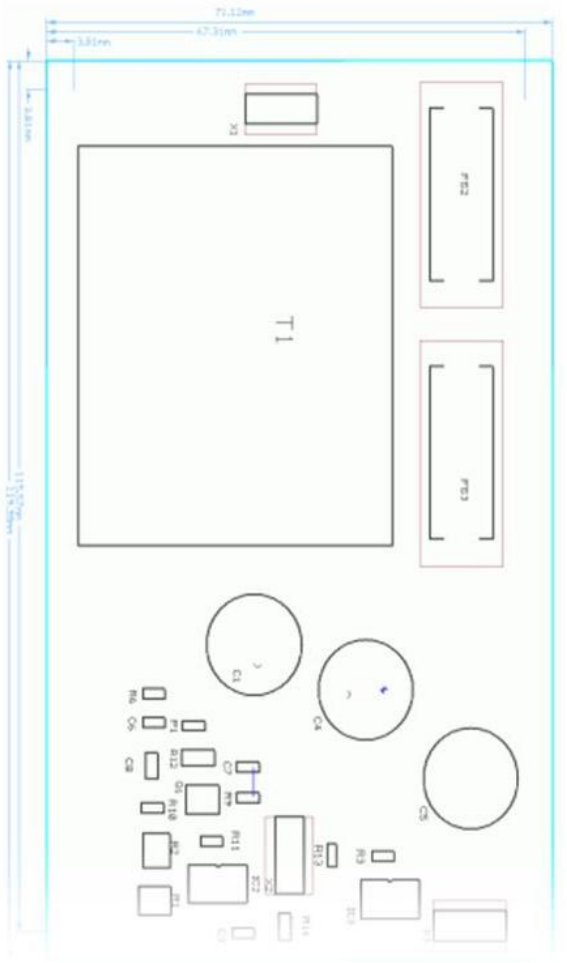
Die mechanischen Parameter für die korrekte Produktion der Leiterplatte werden dokumentiert.

Drill List Report
---
Report Written : 06.06.2009 22:13:15
Design Path : C:\bfe-pul-08-root\bfea07-pruef\general\fan-control-rev7.pcb
Design Title :
Created : 21.03.2009 18:55:35
Last Saved : 05.06.2009 21:24:44
Editing Time : ??????? min
Units: mm
Through Hole Drills

| Drill Diameter | Number Plated | Number Unplated |
|---|---|---|
| 0.600 | 0 | 6 |
| 0.711+ | 10 | 0 |
| 1.067- | 4 | 0 |
| 1.143 | 4 | 4 |
| 1.270 | 6 | 0 |
| 1.550- | 4 | 0 |
| 2.540 | 4 | 0 |

Total number of Through Hole Drills 42.
Total number of Mounting Holes 8.

Blind Hole Drills No Blind Hole Drills.
Buried Hole Drills No Buried Hole Drills.
Drill holes by Layer Span Layer Span
Number Of Holes
<Through Hole> 42 ---------- End Of Report ----------



# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

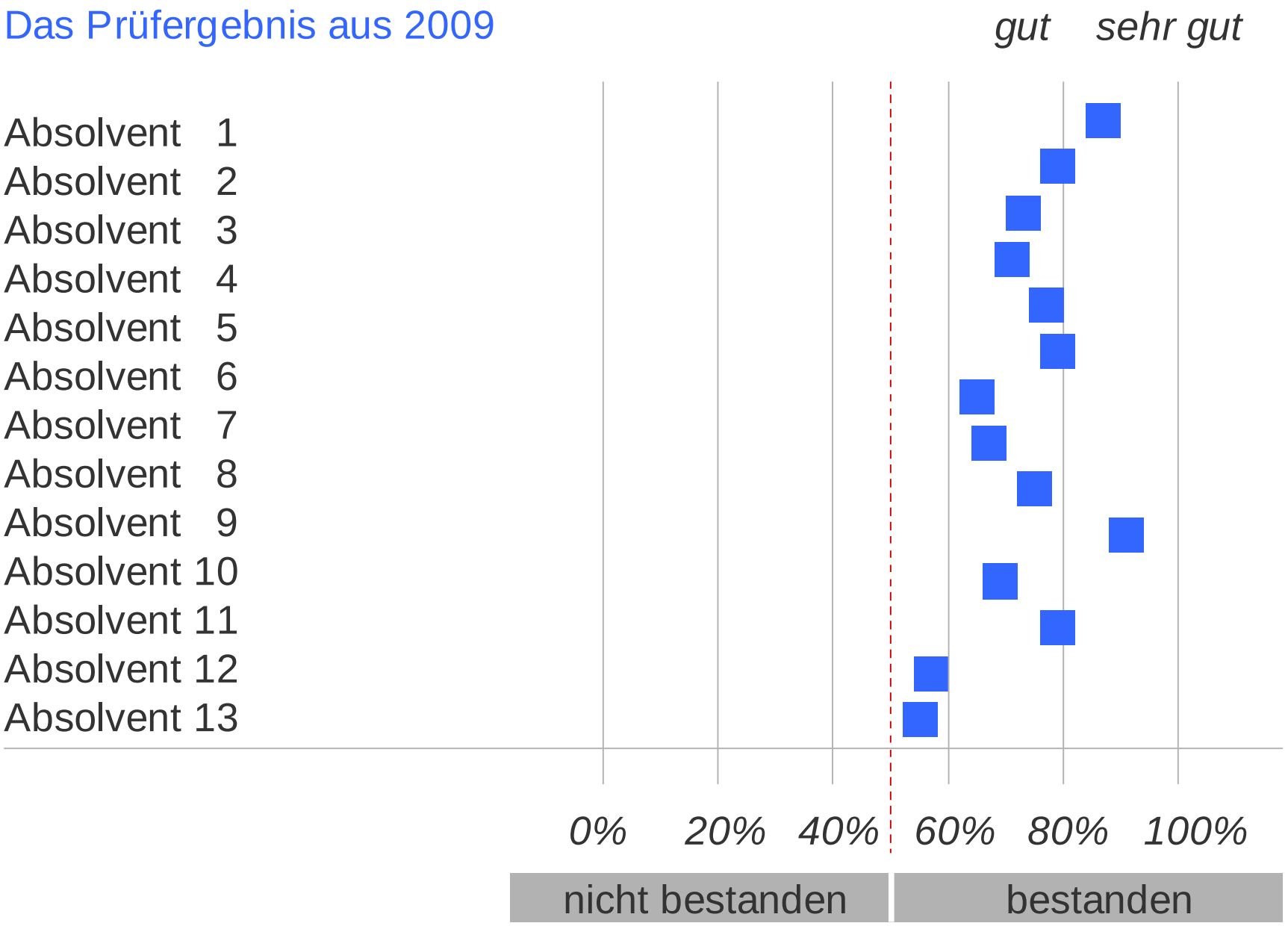
## C Mündliche Prüfung

Inhalte der mündlichen Prüfung sind :

- Die Gründe für die Definition eines Bibliothekselementes
- Wichtige Aspekte für die Spezifikation von Bauelementen
- Erläuterung der Funktionsbereiche des Schaltplans
- Elektrische Funktion : Erläuterung der Schaltungsaufteilung
- Mechanische Funktion : Erläuterung der Schaltungsfunktion
- Erläuterung der Leiterbahnführung im CAD-Layout
- Erläuterung und Diskussion der Groundflächen
- Erläuterung und Diskussion der Stromversorgung (VCC)
- Besprechen der nötigen Dokumentation für ein CAD-Layout
- Prüfen der Systematik für die Ablage der Projektdaten

# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## Das Prüfergebnis aus 2009



# Die Prüfung zum FED-zertifizierten Layouter an der bbs|me

## Das Zertifikat



FED

Zertifikat

Der

**Fachverband Elektronik-Design e. V.**

verleiht

Herrn / Frau

**Vorname Name**

den Titel eines

**FED-zertifizierten Layouters**

nachdem in ordnungsgemäßem Prüfungsverfahren und in Erfüllung aller vom Zertifizierungsprogramm „Layouter nach FED-Standards“ vorgeschriebenen Anforderungen

das Gesamturteil **„mit XXX Erfolg“** erteilt wurde.

Beglaubigt wird dies durch das Zertifikat Nr. XXX, ausgegeben am 19.06.2009

Hannover, den 19.6.09

Gerhard Gröner, Masterinstructor
FED-Vorstand

Prof. Dr. Rainer Thüringer
Prüfungskommission

Die Prüfung wird von der Prüfungs-kommission des FED vor Ort in der Berufsschule abgenommen.

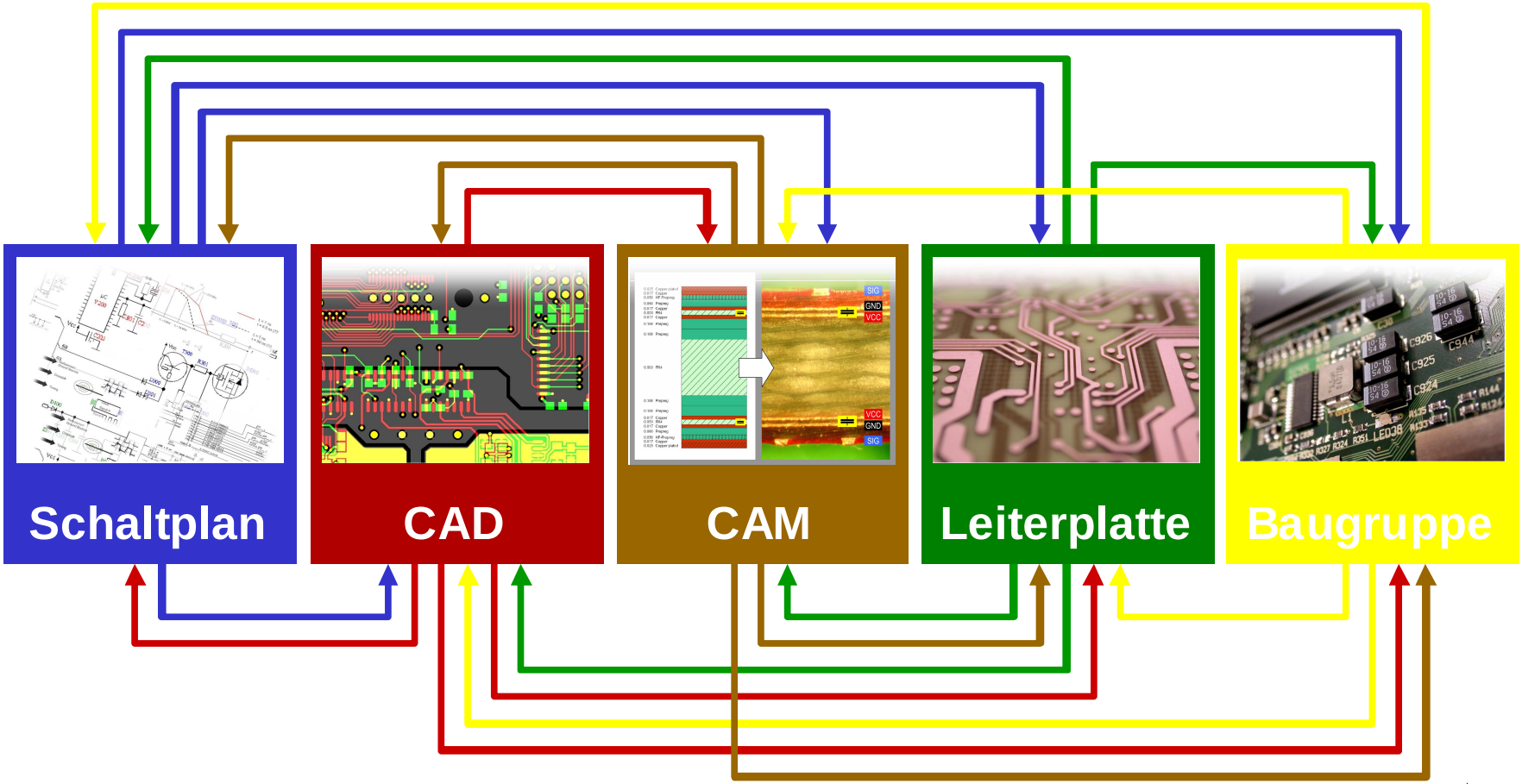
Der FED bestätigt dem Absolventen das erfolgreiche Bestehen mit einem Zertifikat, das dem Träger den Titel „FED-zertifizierter Layouter“ zuge-steht.

In der Industrie gewinnt dieses erst seit zwei Jahren vergebene Zertifikat bereits an Akzeptanz.
Bewerber/innen mit diesem Zertifikat haben  im Umfeld der Elektronik produzierenden Industrie deutliche Vorteile bei der Berufswahl

# *Lernen und Handeln*

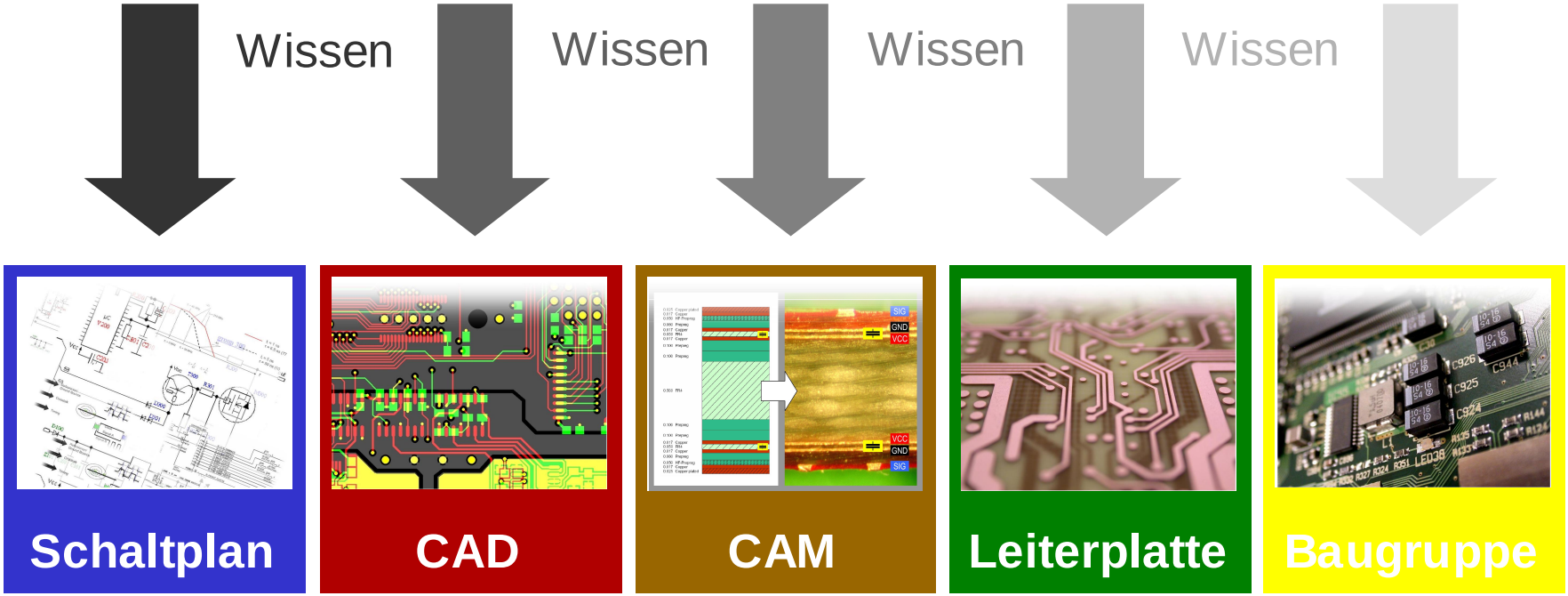
# Lernen und Handeln

Alle Disziplinen der Baugruppenproduktion beeinflussen einander.
Deshalb müssen Alle von Allem ausreichende Kenntnis haben.



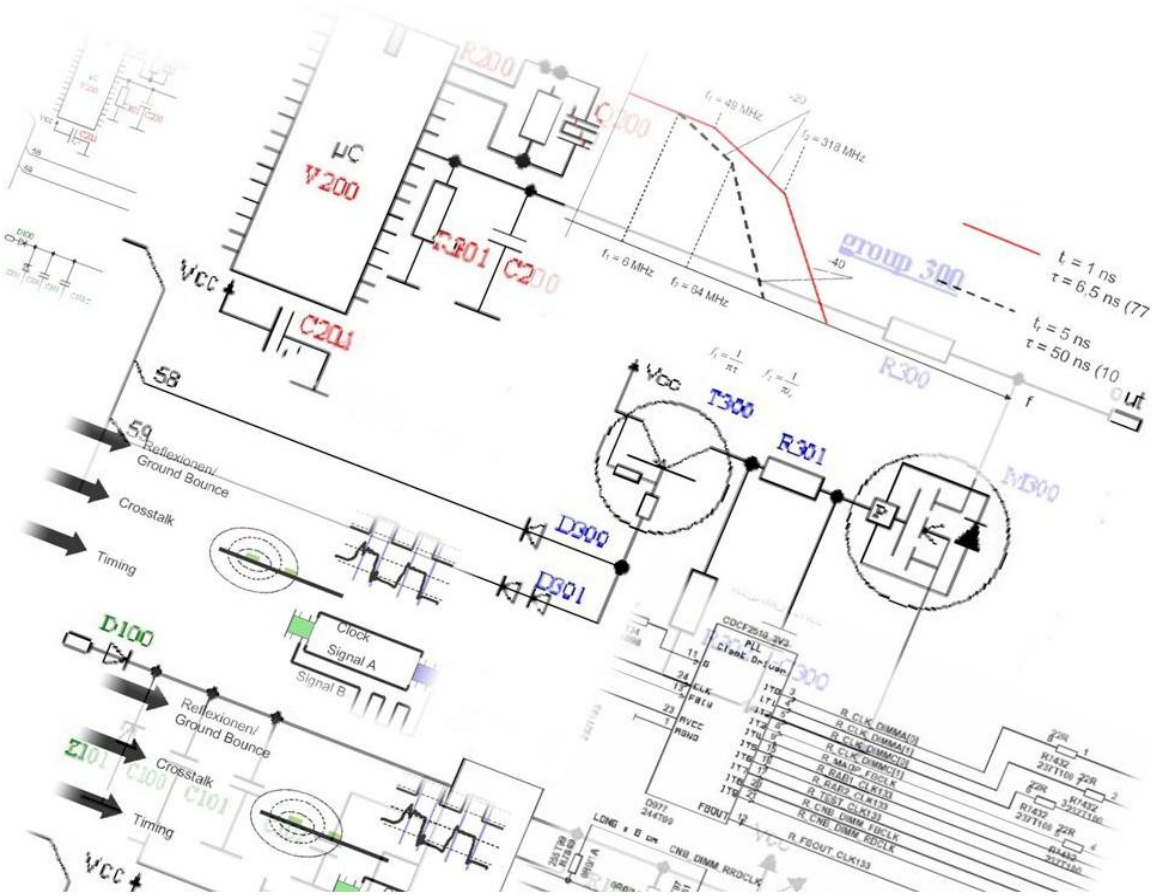
# Lernen und Handeln

Der größte Vorteil bietet sich im Vorfeld einer Baugruppenentwicklung, also beim Übergang vom Schaltplan zum CAD-Layout.
Wissen, das zu diesem Zeitpunkt eingesetzt werden kann, hat den wirtschaftlich und technologisch hochwertigsten Nutzen für das Produkt.



# Lernen und Handeln

## Schaltpläne




***Ursache***

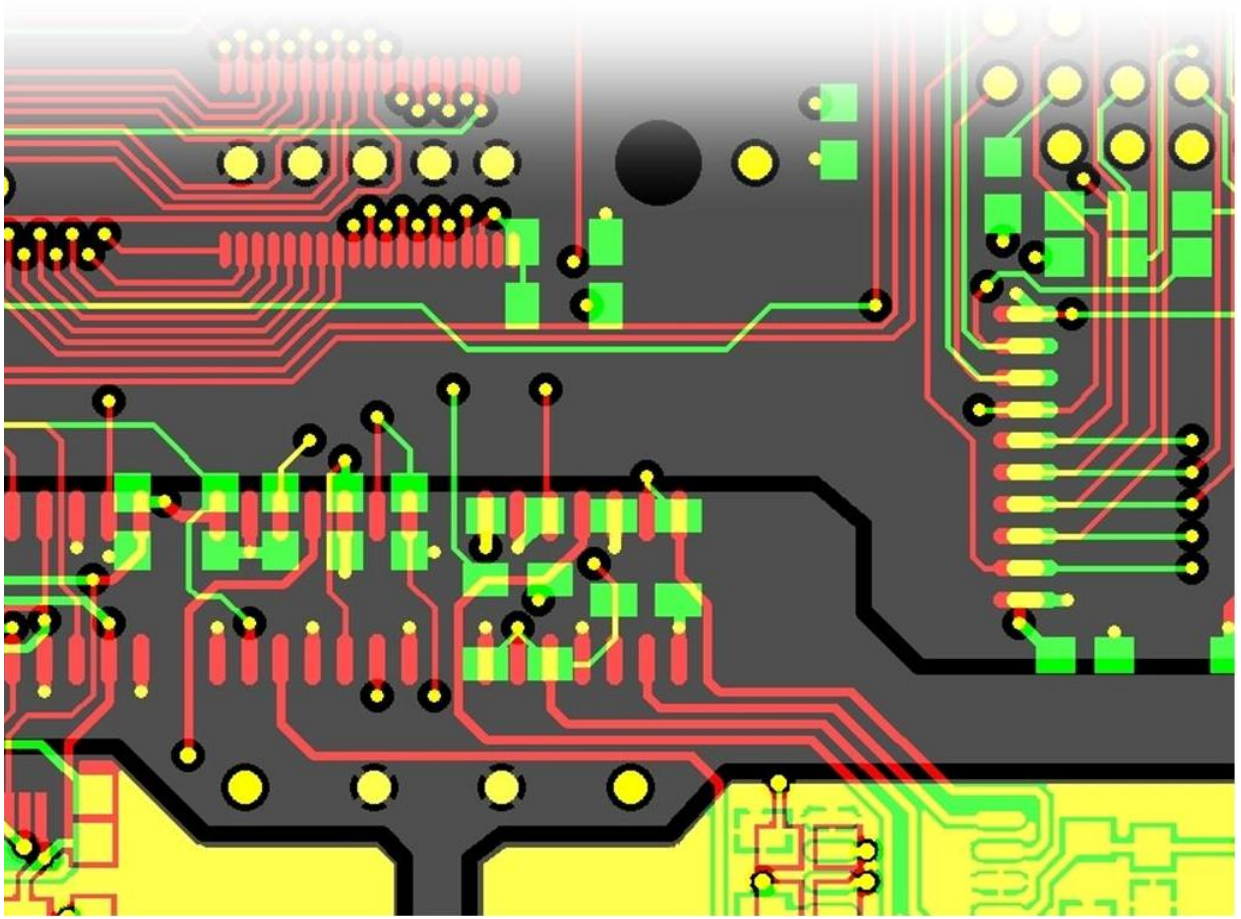
**+**

***Folgen***

Das Schaltungskonzept fixiert einzusetzende elektronische Bauteile.
Die Bauteile fixieren die geometrischen Anforderungen an das Layout.
Das Layout fixiert den Lagenaufbau und die Kosten der Leiterplatte.
Die Bauteilauswahl fixiert den Aufwand für Löten und Repair.

# Lernen und Handeln

CAD-Layout

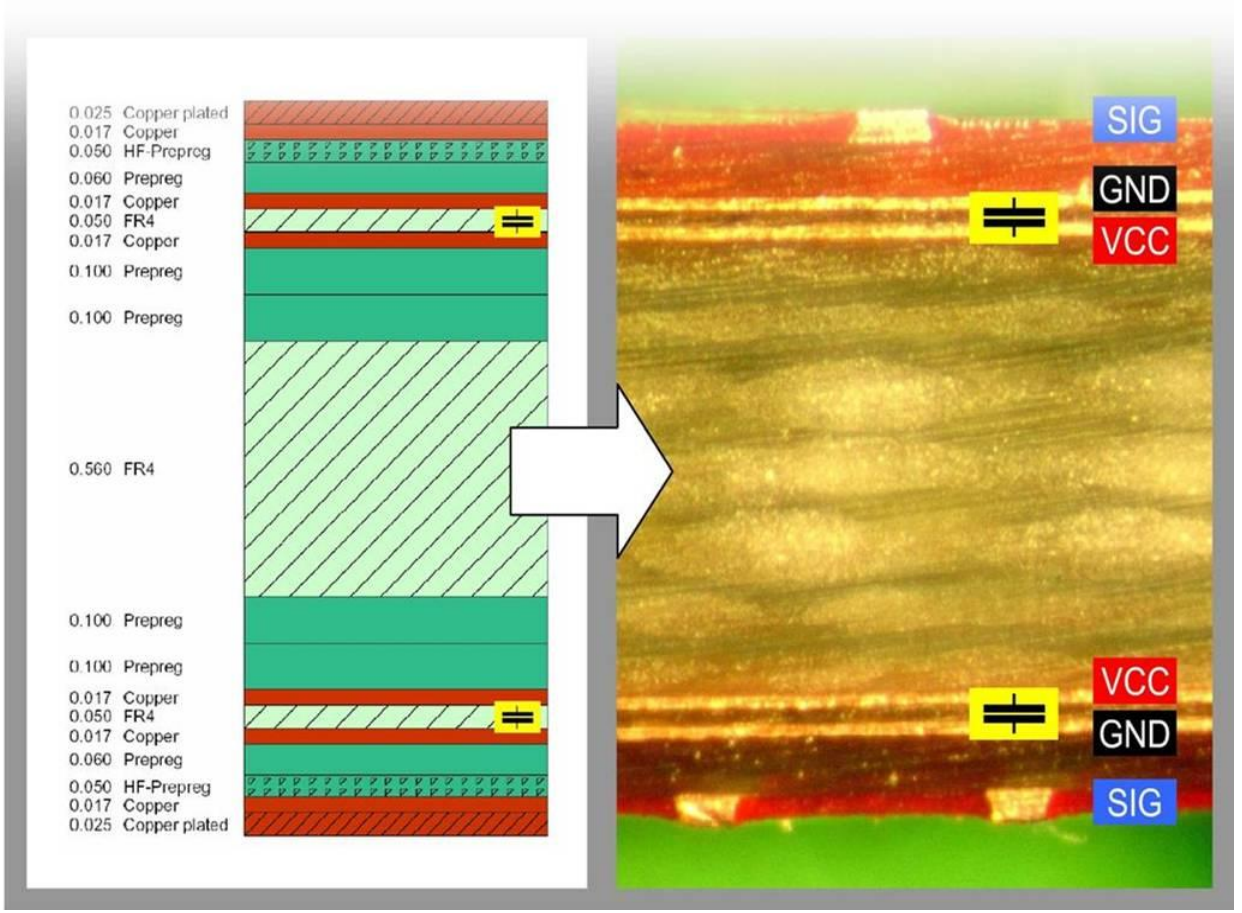


***Ursache***
**+**
***Folgen***

Die Layout-Geometrie fixiert die physikalischen Eigenschaften, die pauschale Produzierbarkeit, die Produktionstoleranz und den Ausschuß in der Fertigung. Die Pad-Flächen fixieren die langfristige fehlerfreie mechanische Stabilität der Bauteile auf der gelöteten Baugruppe.

# Lernen und Handeln

## CAM-Bearbeitung




***Ursache***

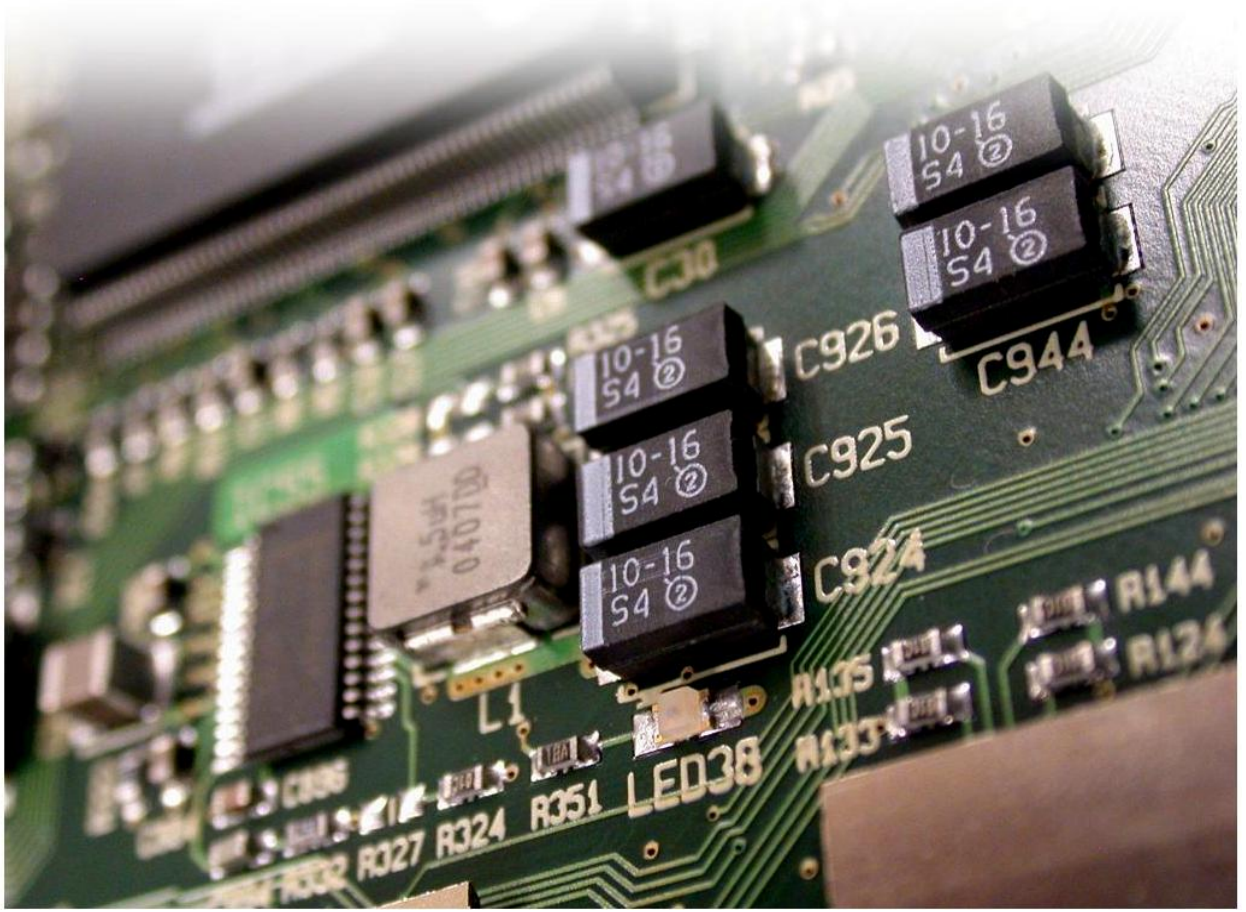
**+**

***Folgen***

Die physikalischen Anforderungen an die Leiterplatte fixieren die Auswahl des Basismaterials. Die technischen Eigenschaften des Materials und die galvanische Oberfläche der Leiterplatte fixieren die Profile für das Lötverfahren sowie Anzahl und Zuverlässigkeit möglicher Lötungen.

# Lernen und Handeln

## Baugruppe




***Ursache***
**+**
***Folgen***

Die Oberfläche der Leiterplatte und die Legierung der Bauteilanschlüsse fixieren das einzusetzende Lot und die Lötstrategie. Die Materialien der Leiterplatten und der Bauteilkörper fixieren Delaminations-Verhalten und Bauteilschäden, bedingt durch eine zu hohe Feuchtigkeitsaufnahme.

# Lernen und Handeln

## Persönliche Kompetenz entscheidet

Wichtig für die Konstruktion und die Fertigung einer Leiterplatte sind formales technisches Wissen, ausgewogene Kreativität, exzellente Kombinationsfähigkeit und eine hohe Kommunikationsbereitschaft.

Die Komplexität des Produktes erfordert eine intensive Kenntnis der miteinander verknüpften Bereiche "Konstruktion", "CAD", "CAM", "Leiterplatte" und "Baugruppe". Die Materialien und die Fertigungsprozesse der Partner müssen den Beteiligten vertraut sein.

Die Kompetenz für die Erstellung eines CAD-Layouts ist NICHT an ein Software-Programm delegierbar. Software ist ein Werkzeug. *Entscheiden* muss der Mensch auf der Basis seines Könnens.



Nur die qualifizierte und kontinuierliche Ausbildung der Menschen, die dieses Produkt herstellen, garantiert die zuverlässige Funktion anspruchsvoller Baugruppen.

# Lernen und Handeln

## Fazit

- Unverändert ist die Investition in Software und Maschinen notwendig.
  Die massive Leistungssteigerung eines Unternehmens und ein deutlicher strategischer Vorteil am Markt sind aber nur noch durch die fundierten Kenntnisse hervorragend ausgebildeter Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zu erreichen.

# *Die Ausbildung zum ETA*

# Die Ausbildung zum ETA

## Die Ausbildung zum ETA

Ausbildende Schule ist die :

*Otto-Brenner-Schule*

bbs me Otto-Brenner-Schule

Berufsbildende Schule Metalltechnik - Elektrotechnik für die Region Hannover

Der zweijährige Besuch der Berufsfachschule wird abgeschlossen mit der beruflichen Ausbildung :




Staatlich geprüfte Elektrotechnische Assistentin

bzw.

Staatlich geprüfter Elektrotechnischer Assistent

Mit dem Erweiterten Sekundarabschluss I kann als Zusatzqualifikation die Fachhochschulreife erworben werden.

# Die Ausbildung zum ETA

## Der Einstieg

Die Ausbildung zum ETA ist eine *berufliche Erstausbildung*.
Die schulische Ausbildung beginnt nach den Sommerferien.
Sie endet nach zwei Jahren mit einer staatlich anerkannten Abschlussprüfung.

Die vorausgesetzte Qualifikation für die Ausbildung ist der :

Sekundarabschluss I - der Realschulabschluss

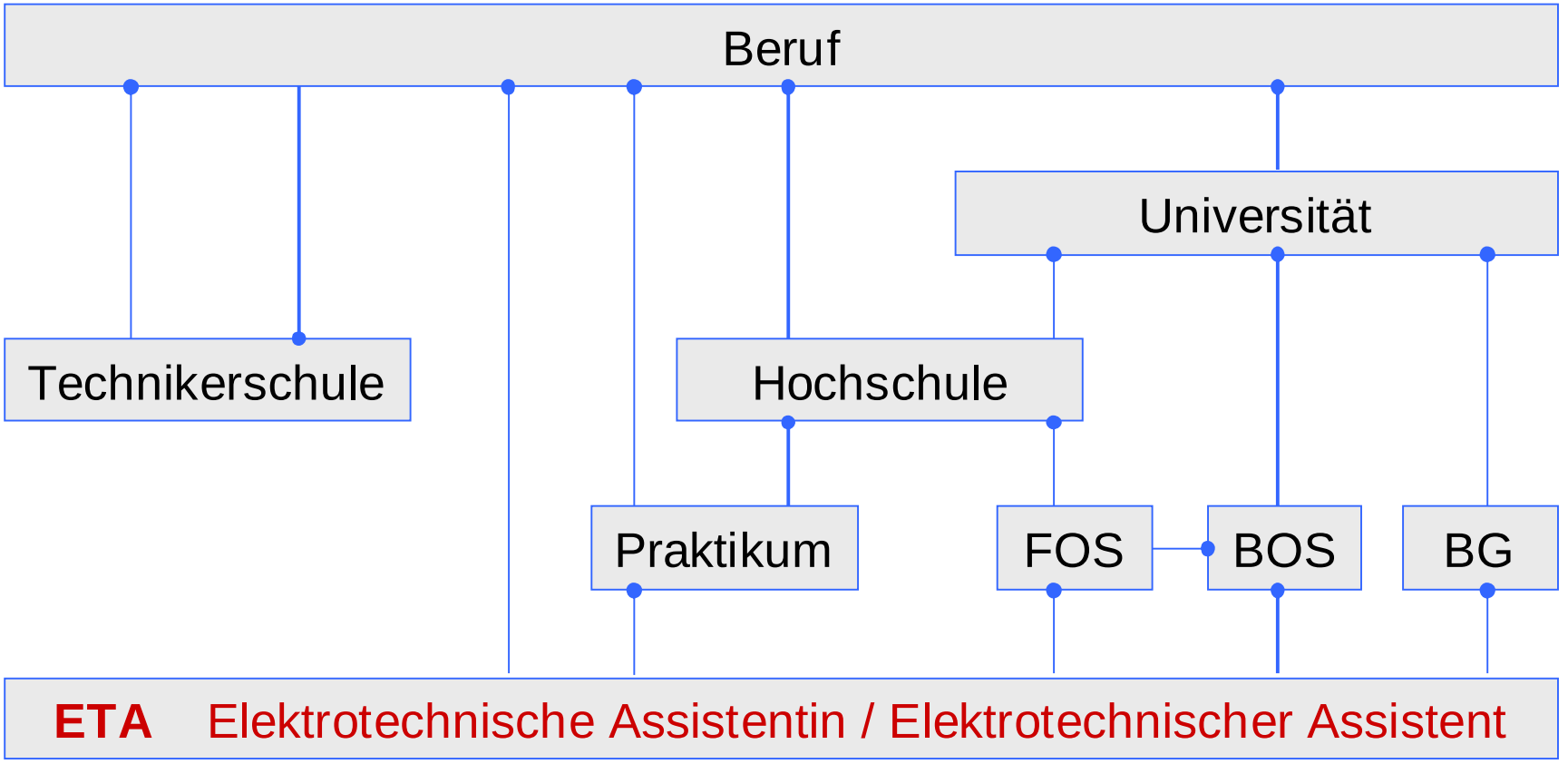
Von Vorteil sind Kenntnisse in den Bereichen :

Physik
Mathematik
Technik (z.B. Besuch von Wahlfächern in diesem Bereich)
Computertechnik
Sprache und Kommunikation (Deutsch und Englisch)

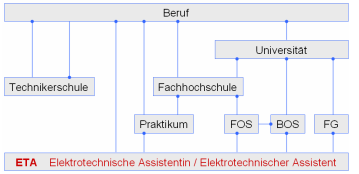
# Die Ausbildung zum ETA

## Möglichkeiten der Weiterbildung

Innerhalb des Bildungssystems gibt es viele Varianten, an die ETA-Ausbildung anzuknüpfen und weitergehende Schulen zu besuchen.

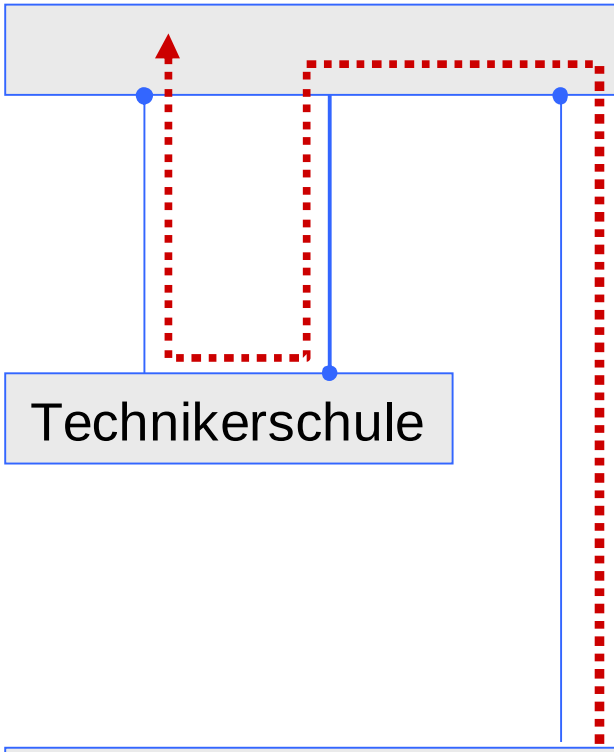


# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : Techniker

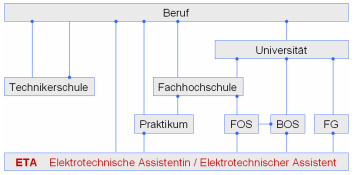
Nach der Ausbildung zum ETA ist mit bestandener Prüfung der direkte Übergang in die Berufswelt möglich. Zu einem späteren Zeitpunkt ist eine weitergehende Qualifikation zum Techniker möglich.




*Voraussetzung für die Zulassung zur Ausbildung zum Techniker ist eine mindestens einjährige berufliche Praxis. Die Ausbildung erfolgt berufsbegleitend über einen Zeitraum von 2 Jahren an einer Technikerschule (Fachschule Elektrotechnik).*

**ETA** Elektrotechnische Assistentin / Elektrotechnischer Assistent

# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : Hochschule / Uni

Die eleganteste Lösung ist die weiterführende schulische Ausbildung an der FOS. Anschließend kann ein fachgebundenes Studium an der Hochschule und ein freies Studium an der Universität erfolgen.

Beruf

Universität

*7 Semester an der Hoch-schule ► Bachelor*

Hochschule

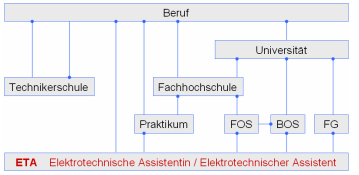
*Zusätzliche 4 Semester an der Universität ► Master*

*1 Jahr weiterführende Ausbildung in der 12. Klasse der **F**ach**O**ber**S**chule.*

FOS

**ETA** Elektrotechnische Assistentin / Elektrotechnischer Assistent

# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : Abendschule

Nach dem Besuch einer Abendschule und/oder einer Tagesschule kann über die Ausbildung zum Techniker die Voraussetzung für den Besuch einer Universität mit einem fachbezogenen Abschluß sein.

Beruf

Universität

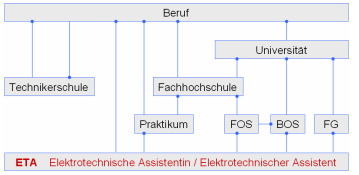
*Fachbezogene Universitätsausbildung*
*► Bachelor ► Master*

Technikerschule

*Mindestens 1/2 Jahr muß im Beruf gearbeitet werden.*
*Die Ausbildung zum Techniker kann in 2-jähriger Tagesschule oder in 4-jähriger Abendschule erlangt werden (...nach 2 Jahren Abendschule ist eine 1-jährige Tagesschule möglich).*

**ETA** Elektrotechnische Assistentin / Elektrotechnischer Assistent

# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : Berufl. Gymnasium

Mit einem geeigneten Notendurchschnitt ist der Besuch des Beruflichen Gymnasiums möglich. Das Abiturs berechtigt zum Besuch einer Universität, der mit der Qualifikation zum Master abgeschlossen werden kann.

Beruf

*Studium an der Universität ► Master*

Universität

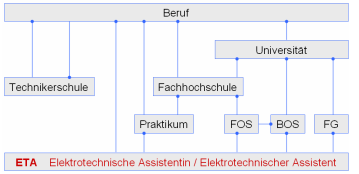
*3 Jahre **B**erufliches **G**ymnasium bis zur allgemeinen Hochschulreife (i.e. Abitur)*

BG

*Ein ETA-Abschluß mit einem Notendurchschnitt ≤ 3.0 ist Voraussetzung für den erweiterten Sekundarabschluß 1*

**ETA** Elektrotechnische Assistentin / Elektrotechnischer Assistent

# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : BOS

Nach der ETA-Ausbildung ist der Besuch der Berufsoberschule möglich. Der erfolgreiche Abschluß gestattet den Besuch der Universität, die mit dem Titel des Bachelors oder des Master abgeschlossen werden kann.

Beruf

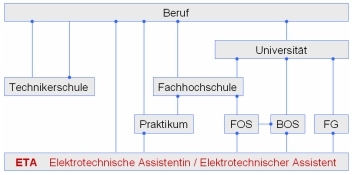
Universität

BOS

*12. + 13. Klasse **B**erufs**O**ber**S**chule. Anschließend Besuch der Universität mit fachgebundenem Studiengang und den möglichen Abschlüssen*
*► Bachelor ► Master*

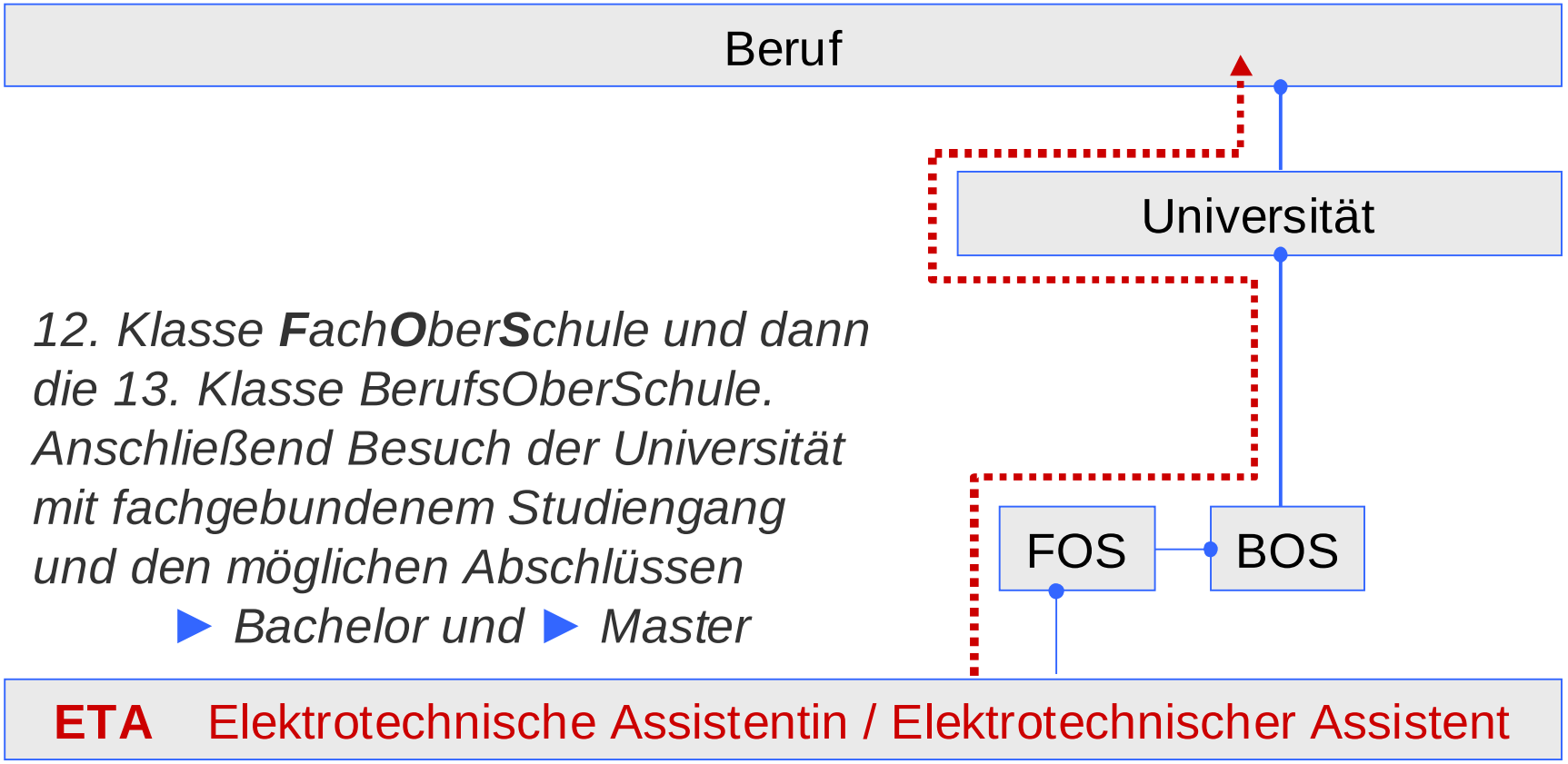
**ETA** Elektrotechnische Assistentin / Elektrotechnischer Assistent

# Die Ausbildung zum ETA




## Möglichkeiten der Weiterbildung : FOS & BOS

Nach dem Besuch der Fachoberschule ist ein Wechsel zur Berufsoberschule möglich. Von dort kann der Weg an die Universität führen, die mit dem Bachelor oder dem Master beendet werden kann.



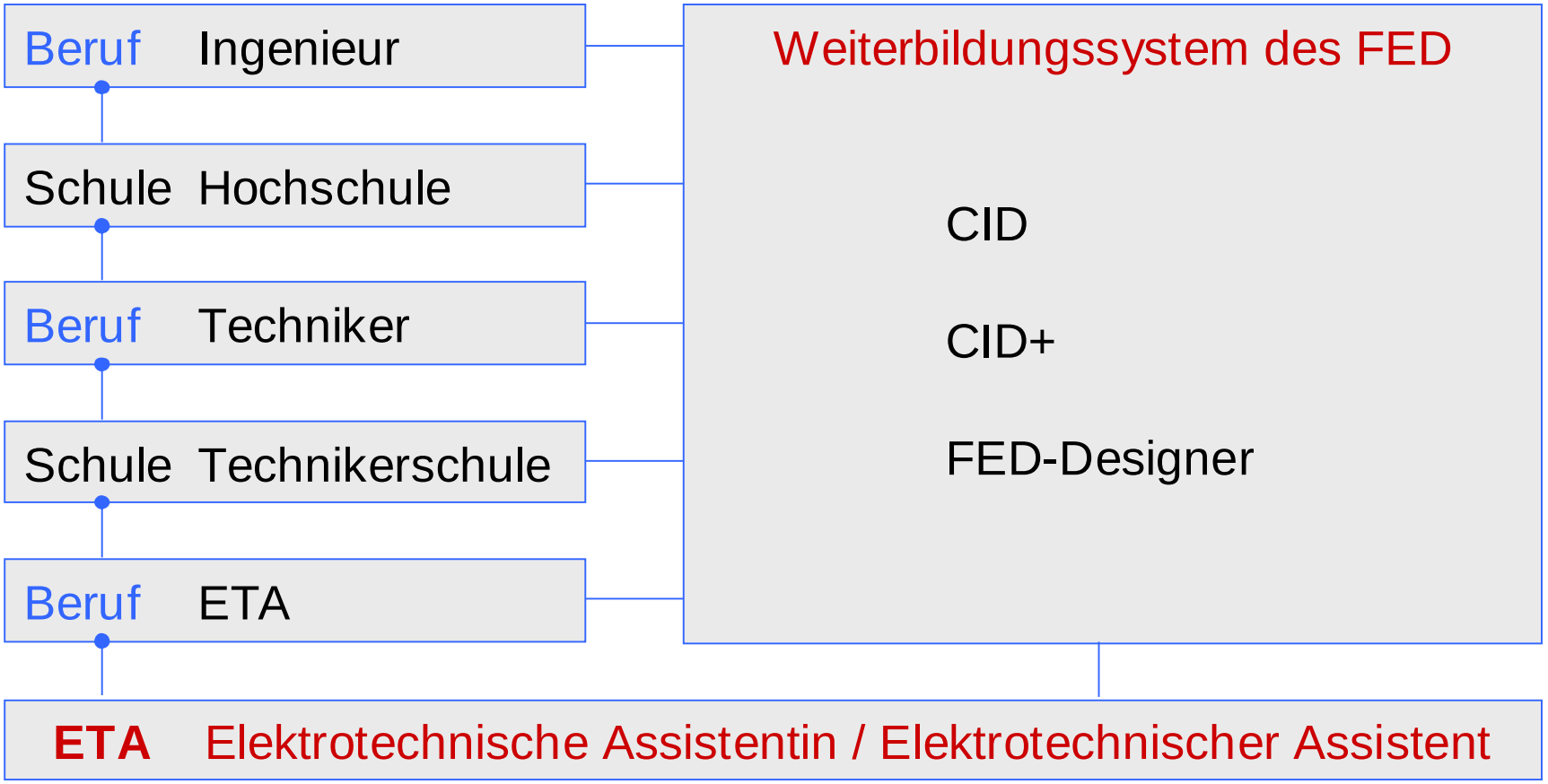

*12. Klasse **F**ach**O**ber**S**chule und dann die 13. Klasse BerufsOberSchule. Anschließend Besuch der Universität mit fachgebundenem Studiengang und den möglichen Abschlüssen*

*► Bachelor und ► Master*

# Die Ausbildung zum ETA

## Optionen im Beruf : Weiterbildung im FED

Im Beruf und während der möglichen Ausbildungsabschnitte besteht die Möglichkeit zu qualifizierter Weiterbildung auf fachlich aktuellem Niveau.



# *Die Perspektiven für ETAs*

# Die Perspektiven für ETAs

Die Absolventen/innen der ETA-Ausbildung haben gesicherte Grundkenntnisse in der Elektro-technik und in der Elektronik.



Diese elementare Kompetenz wird durch ein weites Spektrum an grundlegendem Wissen aus benachbarten Disziplinen ergänzt.

Zur rein formalen Fachausbildung kommt die intensive Schulung interdisziplinärer Bereiche. Das umfaßt die Ausbildung in sozialer Kompetenz, das Erlernen der systematischen Analyse von Arbeitsabläufen, das Erstellen von Lastenheften und die Dokumentation von Projekten.

Diese zahlreichen Qualitäten eröffnen den ETAs eine Weiter-bildung im Umfeld des zukünftigen beruflichen Lebens und/oder im Rahmen einer öffentlichen Weiterbildung zum Techniker und/oder zum Absolventen einer Hochschule.

# Die Perspektiven für ETAs

Im Leiterplatten- und Baugruppendesign sind zirka 16000 Menschen tätig, in der Leiterplattenfertigung zirka 3800 und in der Baugruppenproduktion zirka 86000 (Quelle : FED und VdL/ZVEI).

Eine systematische Ausbildung junger Menschen gibt es in diesen Industrie-bereichen jedoch bisher keineswegs. Und das, obwohl in den Unternehmen ein massiver Mangel an qualifizierten Mitarbeiter/innen herrscht.

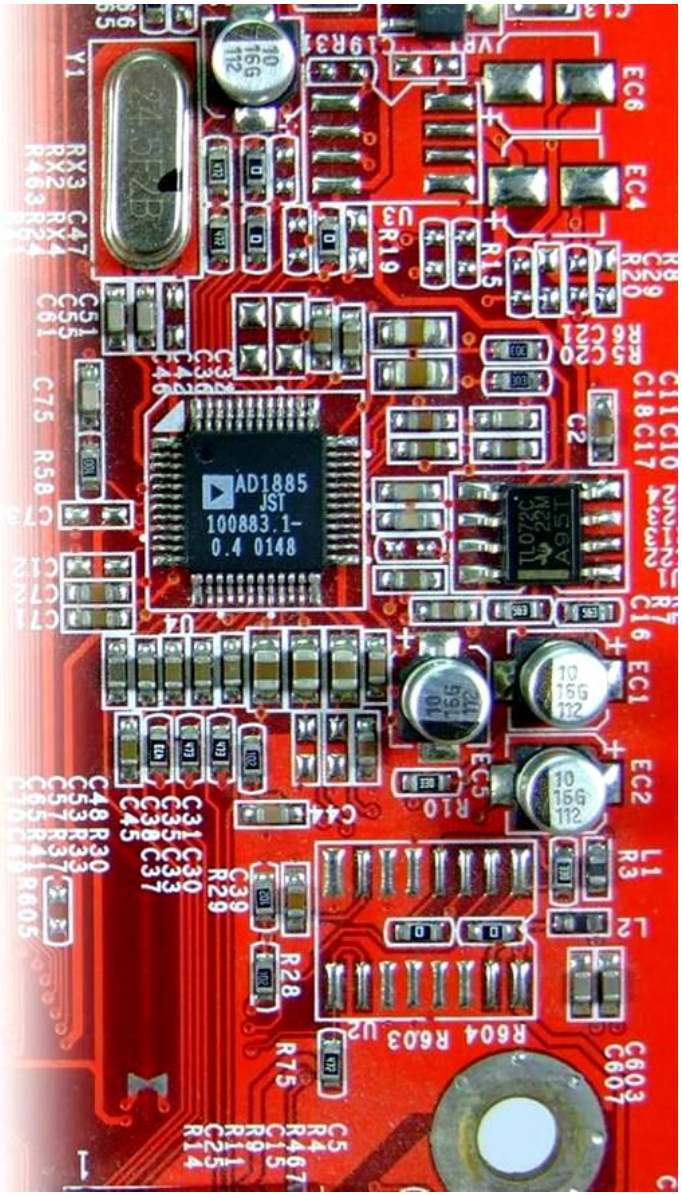



Für die Unternehmen ermöglicht die solide Wissensbasis der ETAs die Beschäftigung von Mitarbeitern oder Mitarbeiterinnen mit einem sehr tiefgehenden Verständnis für den Produktionsprozeß.

# Die Perspektiven für ETAs

Es ist festzustellen, daß eine Verlagerung der Verantwortlichkeit für viele industrielle Prozesse auf die Mitarbeiter/innen direkt am Arbeitsplatz stattfindet.

Die klassische und oft auch heute noch übliche Ablaufsteuerung von „oben“ nach „unten“ führt bereits zu massiven Mängeln in der Produktqualität.
Gefordert sind jedoch Mitarbeiter/innen, die jeden Tag im Produktionsprozeß eigenständig, eigenverantwortlich und fachlich richtig entscheiden können.




Die ETA-Ausbildung orientiert sich an der Praxis. Das Miteinander der (üblicherweise) jungen Absolventen ist von kooperativer Arbeitsweise geprägt.

# Die Perspektiven für ETAs

Die Ausbildung der ETAs ist mit den im Curriculum angedachten Erweiterungen sehr komplett. Der Bedarf an Mitarbeiter/innen mit einer derart vollständigen beruflichen Qualifikation ist in einer von der Elektronik bestimmten Industriegesellschaft enorm.

Neben den üblichen Berufssparten ergeben sich für die ETAs auch Perspektiven in allen assoziierten Berufsbereichen.
Das sind : Der Einkauf und Verkauf elektronischer Komponenten, der Vertrieb von Leiterplatten und/oder elektronischen Baugruppen sowie die Konstruktion und die Entwicklung elektronischer Schaltungen.



# Die Perspektiven für ETAs

In den ursprünglichen Fachbereichen CAD, Leiterplatte und Baugruppe wird die begleitende Kenntnis der technischen Arbeitsabläufe und der technischen Eigenschaften an Bedeutung gewinnen.

Das Curriculum berücksichtigt diese Situation. ETA's mit dem für das Schulungskonzept geplanten Kenntnisstand sind für die Betreuung von Projekten ausgebildet und können sehr wohl - nach weiterführender innerbetrieblicher Qualifikation - in ihren Unternehmen Führungsaufgaben übernehmen.

Die Einbindung in weiterführende Ausbildungswege (…Techniker, Studium an der Hochschule) ist bereits heute gegeben.



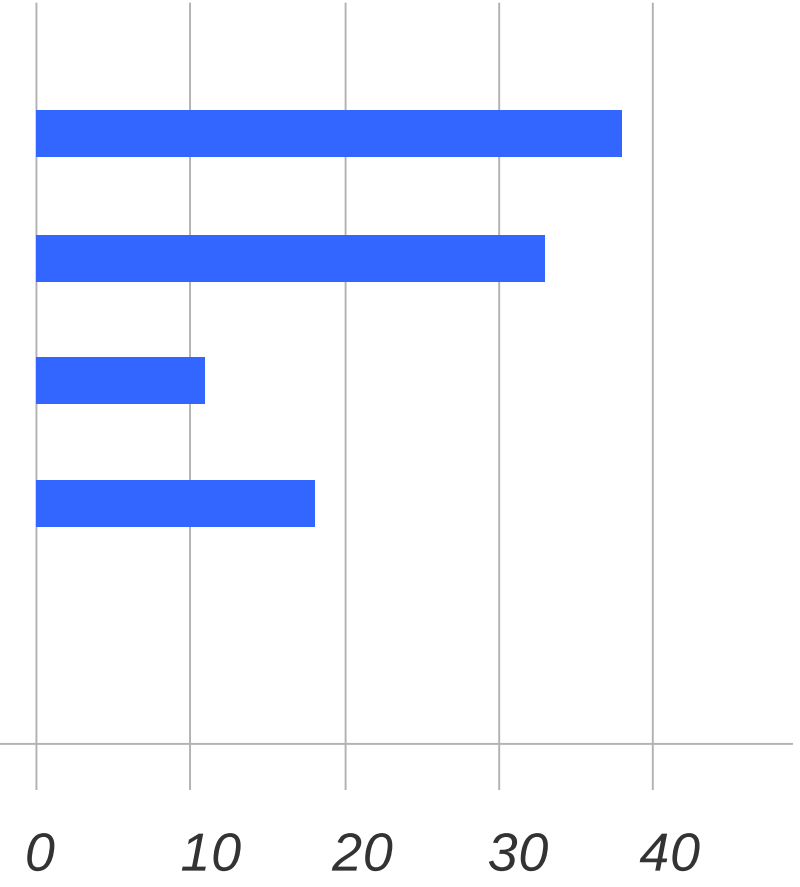
Für die ETAs ergibt sich die Perspektive für eine beruflich anspruchsvolle Karriere.

# Die Perspektiven für ETAs

## Tätigkeitsfelder für ETAs

Die ETA-Absolventen der Jahre 1997 bis 2004 waren auf die nachfolgenden Berufs- und Weiterbildungsbereiche verteilt.

| | |
|---|---|
| Beruf | 38 |
| Studium | 33 |
| Aus- und Weiterbildung | 11 |
| Keine Angabe/unbekannt | 18 |
| **100** | |

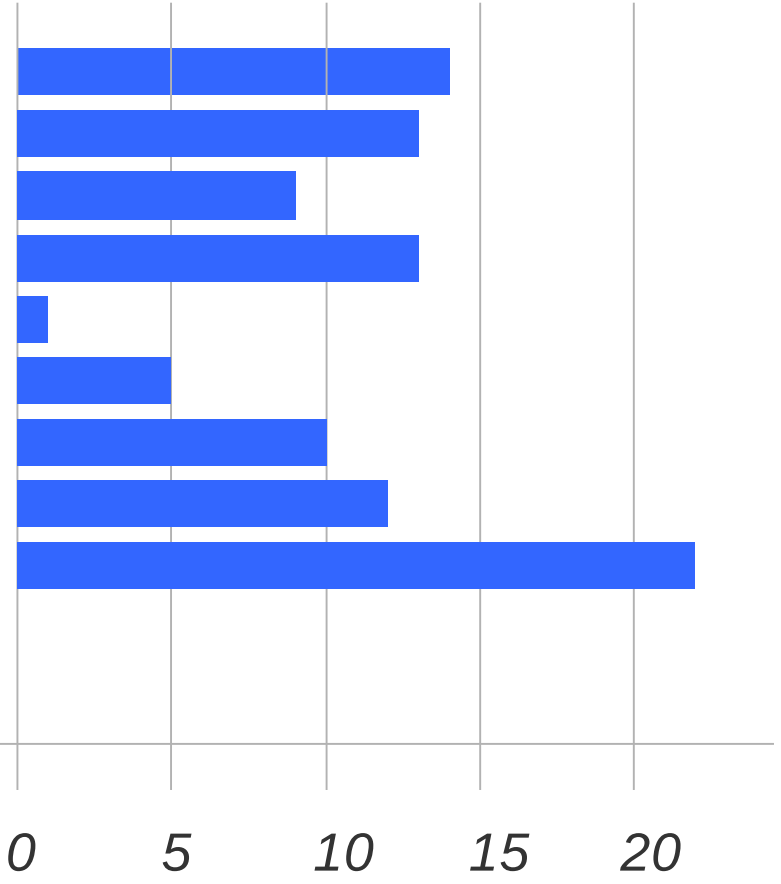


# Die Perspektiven für ETAs

## Berufe für ETAs

Für ETAs bietet die Elektronikindustrie vielfältige Arbeitsplätze. Die Absolventen der Jahre 1997 bis 2004 waren in den nachfolgenden Berufen tätig.

| | |
|---|---|
| Labor/Elektrotechniker | 14 |
| Arbeitsorganisation | 13 |
| Technische Kundenberatung | 9 |
| CAD-Layout | 13 |
| Hardware | 1 |
| Software | 5 |
| Netzwerke | 10 |
| Bundeswehr | 12 |
| Ausbildung im E.-Bereich | 22 |
| | **99** |



# Die Perspektiven für ETAs

## Die Absolventen in 2009

Die ETAs des Jahrgangs 2009 der bbs|me mit FED-Zertifikat nach bestandener CID-Prüfung. …Ab jetzt beginnt der Ernst des Lebens…



# *Die Perspektiven des Ausbildungskonzeptes*

# Die Perspektiven des Ausbildungskonzeptes

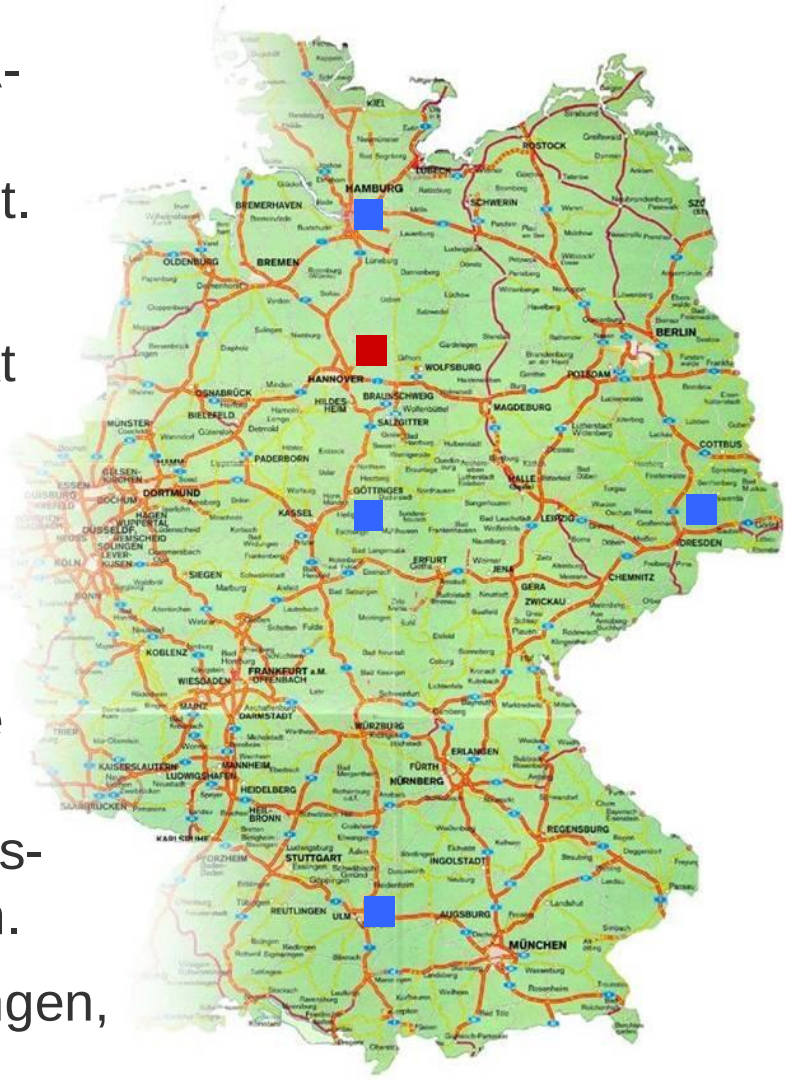
## Das ETA-Curriculum als Pilotprojekt

2009 wurde das Curriculum für die ETA-Ausbildung an der bbs|me vom Niedersächsischen Kultusministerium bestätigt.

Die bbs|me hat den Aufrag bekommen, die ETA-Ausbildung als Referenzprojekt durchzuführen.

Die Arbeitsgruppe bereitet zur Zeit den Kontakt zu vergleichbaren Schulungseinrichtungen in Deutschland vor.
Das Curriculum und das übergeordnete Ausbildungskonzept sollen vorgestellt werden. Eine Weitergabe der Schulungsdokumente ist zulässig und vorgesehen.

Im Gespräch sind Institutionen in Göttingen, Dresden, Hamburg und Ulm.



# Die Perspektiven des Ausbildungskonzeptes

## Leiterplatten- und Baugruppendesign und CID an der NTB

An der NTB, der Interstaatlichen Hochschule für Technik in Buchs (Schweiz, Lichtenstein), wurde 2006 entschieden, das Bachelorstudium zum Systemtechnik-Ingenieur im Bereich Elektronik durch Grundlagen im Leiterplatten- und Baugruppendesign zu ergänzen.
Im Studienjahr 2007-2008 wurde zusammen mit dem FED ein Pilotprojekt begonnen. Der (verkürzte) Kurs „Leiterplatten- und Baugruppendesign“ wurde inklusive der CID-Prüfung erfolgreich in einen bestehenden Vorlesungskurs eingebunden.

Im Studienjahr 2008-2009 wurde wiederum ein Wahlmodul angeboten, das von 26 Studenten und Studentinnen in Anspruch genommen wurde.




Bildnachweis : NTB Buchs

# *Kontakt + Referenzen*

# Die Arbeitsgruppe

Herr Bernhard Gräbel



Oberstudienrat an der Berufsbildenden Schule für Metalltechnik und Elektrotechnik.

*Adresse* bbs|me
Berhard Gräbel
Lavesallee 14
DE-30169 Hannover
eMail „bgraebel@t-online.de“

Herr Gerhard Gröner



Vorstandsmitglied des FED e.V.
IPC-Masterinstructor

*Adresse* Gerhard Gröner
Unterer Stadtmauerweg 3
DE-91413 Neustadt/Aisch
eMail „G.Groener.nea@t-online.de“

Herr Arnold Wiemers



Geschäftsführer des Geschäftsbereiches CAD
der Fa. ILFA GmbH bis 3‘2009, i.A., seit 4‘2009
Technischer Direktor der LeiterplattenAkademie GmbH

*Adresse* Arnold Wiemers
Kaiserstrasse 1-3
DE-38100 Braunschweig
eMail „awi@ilfa.de“

# Das Kompetenzteam der bbs|me

| | |
|---|---|
| Herr Bernhard Gräbel | Initiator der Ausbildung zum ETA.<br>Oberstudienrat an der Berufsbildenden Schule für Metalltechnik und Elektrotechnik. |
| Herr Stefan Armbrüster | LFP / Lehrer für Praxis an der bbs\|me |
| Herr Heinz Herbert Krause | LFP / Lehrer für Praxis an der bbs\|me |
| Herr Guido Kreysch | LFP / Lehrer für Praxis an der bbs\|me |
| Herr Ralph Kleinfeld | LFP / Lehrer für Praxis an der bbs\|me |
| Herr Michael Steincke | Kommissionsleitung, Studienrat an der bbs\|me |
| Herr Günter Brenneke | Berufsschullehrer |

| | |
|---|---|
| *Adresse* | bbs\|me<br>Lavesallee 14<br>DE-30169 Hannover |
| *Internet* | www.bbs-me.de<br>(Homepage der Berufsschule) |
| *Internet* | www.bfs-eta.de.vu<br>(Homepage der ETAs) |

# Die Projektpartner

*Berufsbildende Schulen*

Otto-Brenner-Schule bbs|me
Lavesallee 14
D-30169 Hannover

Internet www.bbs-me.de

+

*Industrie*

ILFA GmbH
Lohweg 3
D-30559 Hannover-Anderten

eMail info@ilfa.de
Internet www.ilfa.de

+

*Fachverband*

Fachverband Elektronik Design e.V.
Alte Jacobstraße 85/86
D-10179 Berlin

eMail info@fed.de
Internet www.fed.de

# Danke für die Unterstützung

| | |
|---|---|
| bbs\|me | Schulleitung / Herr Studiendirektor Uwe Backs |
| Kultusministerium Nds. | Referat 42 / Gewerbliches Schulwesen<br>Herr Uwe Ritzmann<br>Herr Diepholz-Seeger<br>Frau Nölker |
| ILFA GmbH | Geschäftsleitung |
| FED | Geschäftsleitung, Vorstand |
| FED/FH-Gießen | Vorsitzender der Prüfungskommission zum CID<br>Prof. Rainer Thüringer (HS Gießen) |
| tecnotron | Herr Achim Schulte |

---

| Sponsoren der bbs\|me | | |
|---|---|---|
| | FED | Projektbegleitung, Seminare, Dokumente |
| | ILFA | Projektbegleitung, Schulung, Praktika |
| | LPKF | Hardware Bohr-/Fräsautomat |
| | tecnotron | Software-Support |
| | Pulsonix | CAD-Software |

# Quellen

| | |
|---|---|
| Präsentation | *Arnold Wiemers*<br>ILFA GmbH<br>LeiterplattenAkademie GmbH |
| Referenzen | Diverse Präsentationen zur Weiterbildung an der bbs\|me, erstellt durch die Arbeitsgruppe von :<br>*Bernhard Gräbel* bbs\|me<br>*Gerhard Gröner* FED<br>*Arnold Wiemers* ILFA GmbH |
| Layout | Überlassung des Powerpoint-Layouts mit freundlicher Genehmigung der LA-LeiterplattenAkademie GmbH |
| Fotos + Graphik | Soweit nicht anders ausgewiesen :<br>*Arnold Wiemers* © *2011*<br>ILFA GmbH<br>LeiterplattenAkademie GmbH |
| Luftaufnahme bbs | Mit freundlicher Genehmigung der bbs\|me |

**Vielen Dank für Ihr Interesse.**