

mikroelektronik

INFORMATION



Applikative Information

1/90

Werte Leser!

Die Ausgabe 1/90 der Informationsschrift "Applikative Information" enthält einige Formulierungen und Literaturquellen, die heute nicht mehr aktuell sind (s. Datum des Redaktionsschlusses).

In der Annahme, daß Sie der fachliche Inhalt zur SMD-Problematik unabhängig davon interessieren wird, haben wir uns entschlossen, dieses Heft **kostenlos** herauszugeben und hoffen, daß Sie auch weiterhin zum Leserkreis dieser Informationsschrift zählen werden.

Mit freundlichem Gruß
Ihre Redaktion

März 1990

APPLIKATIVE INFORMATION

– für Anwender der Mikroelektronik –

h i n w e i s e

1. Alle Beiträge in den Heften der "Applikativen Information" dienen der Anregung bei Schaltungs- und Geräteentwicklungen bzw. beim Finden von Rationalisierungslösungen und vor allem dem Erfahrungsaustausch. Es können keine Verbindlichkeiten des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin zur Bereitstellung der in den Beiträgen vorgestellten elektronischen Bauelemente abgeleitet werden.

Grundlage dafür sind die Listen für elektronische Bauelemente und Bausteine, die über die Bauelemente-Verantwortlichen der Betriebe beim VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin angefordert werden können.

2. Reproduktionen in irgendeiner Form durch Druck, Kopienherstellung, Microfiche u. a. sind nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Auszüge, Referate und Besprechungen müssen die volle Quellenangabe enthalten.

Oberflächenmontierbare Bauelemente (SMD) 2

	Seite
SMD-Konsultations-Stützpunkt in Berlin eröffnet	3
Ökonomische Strategie der DDR und Schlüsseltechnologie Mikroelektronik	5
Silizium-Epitaxial-Planar-Transistoren SCE 535 ... 540 für die SMD-Technik	20
Manuelle Verarbeitung von aufsetzbaren Bauelementen auf Leiterplatten	28

Redaktionsschluß: 15. 8. 1989



SMD-Konsultations-Stützpunkt in Berlin-Friedrichshain,
Grünberger Str. 49 (Foto: M. Richter)

herausgeber

veb applikationszentrum elektronik berlin
im veb kombinat mikroelektronik
- abt. applikative information mikroelektronik -
mainzer str. 25
berlin
1035

Dipl.-Ing. Klaus-Peter Göhler

VEB Applikationszentrum
Elektronik Berlin
im VEB Kombinat Mikroelektronik

SMD-Konsultations-Stützpunkt in Berlin eröffnet

Seit Mai 1989 besteht in den Räumen des Ingenieurbetriebes für die Anwendung der Mikroelektronik (IfAM) in Berlin, Grünberger Str. 49 ein Informations- und Beratungsstützpunkt für die Anwendung oberflächenmonierbarer Bauelemente (SMD).

Besonders Erstanwender von SMD-Bauelementen bekommen wertvolle Hinweise über den Bezug, die Handhabung und die Verarbeitung dieser Bauelemente. Unterstützt werden diese Hinweise durch eine kleine Ausstellung über den erreichten Stand des Bauelementesortimentes sowie Rationalisierungseffekte und erste Ergebnisse mit oberflächenmontierbaren Bauelementen.

Informiert wird über

- das gegenwärtige und perspektivische Sortiment oberflächenmontierbarer Bauelemente,
- die Gehäusekonzeptionen für aktive und passive oberflächenmontierbare Bauelemente,
- vorgesehene Lieferformen (Verpackung),
- technologische Hilfsstoffe wie Kleber, Pasten und Flußmittel sowie ihre charakteristischen Eigenschaften
- Entwicklungsstand und -ablauf ausgewählter technologischer Spezialausrüstungen (TSA) für die Verarbeitung von SMD-Bauelementen.

Die Beratungen erfolgen individuell. Darüber hinaus sind auch zentrale Veranstaltungen zum Gesamtproblem "Oberflächenmontage elektronischer Bauelemente" vorgesehen.

Anhand von Grafiken wird auf die Entwicklung der Oberflächenmontage und deren Beginn hingewiesen.

Zunächst nur für den Einsatz in der Hybridtechnik vorgesehen, werden die Vorteile der SMD-Technik seit einigen Jahren mit zunehmender Anwendungsbreite von der Geräteindustrie genutzt.

Neben dem Rationalisierungseffekt, der zu einer erheblichen Steigerung der Arbeitsproduktivität führt (bei der Leiterplattenfertigung ca. 30 ... 50 %, bei der Bestückung bis 500 %), wird durch Exponate die Materialeinsparung durch die Miniaturisierung verdeutlicht. Eingespart werden: Leiterplattenmaterial (30 ... 70 %), Verkappungsmaterial für die Bauelemente (bis zu 70 %) und Lotmaterial (30 ... 50 %) gegenüber der bislang vorherrschenden "Durchsteck-Technologie".

Der Vorteil des hohen Automatisierungsgrades bei der Leiterplattenbestückung erfordert neue hochgenaue Anlagen und Ausrüstungen für die Oberflächenmontage.

Im SMD-Konsultations-Stützpunkt erhält der Besucher Hinweise über die in der DDR verantwortlichen Herstellerbetriebe für derartige Spezialausrüstungen, wie Bestückungs- und Prüfautomaten sowie Lötanlagen.

Im Stützpunkt liegt ein Verzeichnis aller in der DDR vorhandenen Konsultationspartner zur SMD-Technik vor. Der Interessent erhält Namen und Adressen zu Fragen der

- Sortimentsentwicklung
- Applikation
- Lieferungen
- technischen Abstimmungen
- Verpackung
- Hilfsmaterialien, wie Kleber, Lötpasten
- Bestückungstechnik
- Löttechnik
- Prüftechnik
- Leiterplatten und
- Standardisierung.

Musterbauelemente dokumentieren den gegenwertigen Stand der Gehäusevarianten sowohl für passive als auch für aktive Bauelemente der beiden bauelementeherstellenden Kombinate "Elektronische Bauelemente Teltow" und "Mikroelektronik".

Über das lieferbare und zur Fertigung vorgesehene Bauelementesortiment erhält der Interessent entsprechendes Übersichtsmaterial.

Erste Anwendungsbeispiele für SMD-Bauelemente werden im Ausstellungsteil des Stützpunktes gezeigt:

- Farbfernsehempfänger "Color 40"
- Stereo-Radiorecorder "Audio 145"
- Stereo-Radiorecorder "SKR 700"
- Taschen-Stereoempfänger "Nante"
- Miniaturisiertes Stereokassettenwiedergabegerät "LCS 1010"
- Komfort-Fernsprechapparat
- PCM 30-Leiterkarte

Zur Verdeutlichung der Volumenreduzierung durch SMD-Bauelemente wurden zwei Leiterplatten mit gleicher Funktion aus dem Fernsehempfänger "Color 40" und seines Vorgängertyps gegenübergestellt. Die Leiterplatte des "Color 40" ist bei gleicher Anzahl von Bauelementen zu 77 % mit SMD-Bauelementen bestückt.

Durch den hohen Automatisierungsgrad von 84 % wurden pro Jahr durch die Oberflächenmontage 14,5 Arbeitskräfte, 23.800 Stunden eingespart.

Der Fertigungsaufwand für die SMD-bestückten Leiterplatten verringert sich um 25 % und die Leiterplattenfläche um 42 %.

Die Anwendung der Oberflächenmontage wird sich in der DDR, wie auch international, schrittweise vollziehen. Damit wird in den nächsten Jahren in der Leiterplattenbestückung die Mischtechnologie (Oberflächenmontage und Durchstecktechnik) dominieren.

Dipl.-Phys., Dr. oec. Rudolf Schneider

VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin
im VEB Kombinat Mikroelektronik

Mikroelektronik - Stand und Aussichten

1. Mikroelektronik: Ergebnis und Innovationsmotor der wissenschaftlich-technischen Revolution

Zu den wichtigsten Errungenschaften der wissenschaftlich-technischen Revolution rechnet man die Mikroelektronik. Mit ihrer schnellen Entwicklung und Herausbildung als fortschrittsweisende Technologie wurde eine neue Etappe revolutionärer Veränderungen im wissenschaftlich-technischen, wirtschaftlichen und sozialen Bereich der menschlichen Gesellschaft eingeleitet.

Die Mikroelektronik revolutioniert die Produktivkräfte und wirkt entscheidend auf die Entwicklung der Produktionsverhältnisse ein, wobei ihre sozialen Wirkungen von der herrschenden Gesellschaftsordnung bestimmt werden.

Die Dialektik der gesellschaftlichen Entwicklungsprozesse zeigt, daß ein wachsendes Lebensniveau und eine hohe Lebensqualität nur durch ein dynamisches Wachstum der Wirtschaft und ein dynamisches Wachstum der Wirtschaft nur durch eine schnelle Entwicklung der Produktivkräfte erreichbar sind. Dazu sind alle Potenzen moderner Technologien - auch die der Mikroelektronik - auszuschöpfen.

Eine erfolgreiche Entwicklung der sozialistischen Gesellschaft erfordert nach der Erneuerung der gesamtgesellschaftlichen Prozesse die Verbindung der sozialistischen Gesellschaftsordnung mit den Errungenschaften der wissenschaftlich-technischen Revolution.

Die Bedeutung der Mikroelektronik für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft ist mit solchen umwälzenden technischen Neuerungsprozessen vergleichbar wie z. B.

- der Erfindung des Buchdrucks im 16. Jahrhundert,
- der Einführung von Dampfmaschinen, Werkzeugmaschinen und des mechanischen Webstuhls im 18. Jahrhundert,
- der Entdeckung des Elektromagnetismus und der technischen Erschließung der Elektrizität im 19. Jahrhundert.

Mit der Mikroelektronik lassen sich viele technische Prozesse einfacher, schneller, billiger und qualitativ besser lösen. Viele Probleme und Aufgaben sind überhaupt erst mit Hilfe mikroelektronischer Lösungen ökonomisch realisierbar (Taschenrechner, Personalcomputer, Herzschrittmacher u. a.) und sichern sofort einen hohen Gebrauchswert.

Besonders hervorzuheben ist die Bedeutung der Mikroelektronik für die schnelle, rationelle und zuverlässige Lösung von Aufgaben auf dem Gebiet der Informationsverarbeitung, die in den 90er Jahren mit der Schaffung von Super-Computern, Wissensspeichern und Expertensystemen und anderen Formen der künstlichen Intelligenz eine neue Qualität der Anwendung erreichen wird. Mit der Informatik dringt die Mikroelektronik in alle Bereiche der Gesellschaft ein - sei es in Wissenschaft und Technik; Industrie und Verwaltung; Leitung, Planung, Kontrolle und Abrechnung; Kultur, Bildung und Erziehung. Überall, wo energetische, stoffliche und informationelle Prozesse ablaufen, gesteuert, beobachtet und ausgewertet werden müssen, lassen sich die diesbezüglichen Informationen (in Gestalt physikalischer Größen und elektrischer Signale) mit Hilfe der Mikroelektronik gewinnen, speichern, verarbeiten und übertragen.

Die Mikroelektronik stimuliert nicht zuletzt den Menschen als Hauptproduktivkraft der Gesellschaft, vervielfacht seine geistig-schöpferische Leistungsfähigkeit, erhöht den schöpferischen Anteil im Arbeitsprozeß und reduziert Routinearbeiten auf ein Minimum. Damit kann sich der Mensch immer mehr aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß herauslösen. "Er tritt neben den Produktionsprozeß, statt sein Hauptagent zu sein" /1/.

Trotz sehenswerter Leistungen im Bereich von Wissenschaft und Technik hat sich in der DDR dennoch die Zahl der manuell Tätigen im letzten Jahrzehnt nicht verringert. Es fehlten die Mittel für die Überführung wichtiger wissenschaftlich-technischer Ergebnisse in die Produktion /2/.

Die Entwicklung der Volkswirtschaft in Richtung weiterer Automatisierung sollte eines der Ziele der zukünftigen Mikroelektronikanwendung bleiben.

2. Effektivitätspotential der Mikroelektronik

Die weitere Durchsetzung der intensiv erweiterten Reproduktion erfordert für die Planung und Messung der Effektivität der gesellschaftlichen Produktion solche Maßstäbe zugrunde zu legen wie /3/:

- die Produktion muß bei absolut sinkendem Energie-, Rohstoff- und Materialverbrauch kontinuierlich wachsen
- das Wachstum der Arbeitsproduktivität muß größer sein als das der Nettoproduktion - bei einer zunehmenden absoluten Einsparung von Arbeitsplätzen
- die Arbeitsproduktivität muß schneller steigen als der Wert der Grundfondsausstattung je Arbeitsplatz
- die Exporterlöse aus neuen und qualitativ weiterentwickelten Erzeugnissen müssen schneller steigen als die aufgewandten Mittel für Wissenschaft und Technik.
- die Arbeitsproduktivität muß schneller wachsen als der Durchschnittslohn.

Dabei besitzt die Mikroelektronik eine Schlüsselstellung hinsichtlich der Entwicklung der Produktivkräfte in bisher nicht vorstellbaren Ausmaßen (Tabellen 1 und 2). Ihre Bedeutung und Wirkungsrichtung im System der Produktivkräfte, ihr Einfluß auf die intensiv erweiterte Reproduktion und die Beziehungen zu anderen wichtigen Elementen der wissenschaftlich-technischen Revolution zur umfassenden Intensivierung (wie elektronischen Rechentechnik und Datenverarbeitung, Steuerungs- und Regelungstechnik, Robotertechnik, Automatisierungs- und Informationsverarbeitungstechnik, Biotechnologie) sind dadurch charakterisiert, daß im Verlauf der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, kontinuierlich fortschreitend menschliche Arbeitsfunktionen mit Hilfe der Mikroelektronik auf technische Mittel übertragen werden.

Tabelle 1: Maßstäbe für die Effektivität der gesellschaftlichen Produktion und Gesetzmäßigkeiten der intensiv erweiterten Reproduktion /4/

- Die Produktion muß bei absolut sinkendem Energie-, Rohstoff- und Materialverbrauch kontinuierlich wachsen.
- Das Wachstum der Arbeitsproduktivität muß größer sein als das der Nettoproduktion - bei einer zunehmenden absoluten Einsparung von Arbeitsplätzen.
- Die Arbeitsproduktivität muß schneller steigen als der Wert der Grundfondsausstattung pro Arbeitsplatz.
- Die Exporterlöse aus neuen und qualitativ weiterentwickelten Erzeugnissen müssen schneller steigen als die aufgewandten Mittel für Wissenschaft und Technik.
- Die Arbeitsproduktivität muß schneller wachsen als der Durchschnittslohn.
- Die Wissenschaft muß den gesamten Reproduktionsprozeß durchdringen.
- Die dauerhafte umfassende Intensivierung erfordert eine schnelle und ständige Erneuerung der Erzeugnisse, Technologien und Produktionsverfahren.
- Die Rationalisierung ist als Hauptweg zur Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts zu nutzen.
- Die Proportionen zwischen monotoner und schöpferischer Arbeit sind durch umfassende Nutzung der Schlüsseltechnologien grundlegend zu verändern.
- Die engere Verbindung von Wissenschaft und Produktion stellt neue höhere Anforderungen an die Beherrschung der Arbeits-, Planungs- und Leitungsprozesse.
- Die erreichte Wende zur intensiv erweiterten Reproduktion ist kein abgeschlossener Prozeß sondern fester Bestandteil der kontinuierlichen und dynamischen Entwicklung der sozialistischen Produktionsverhältnisse.

Im Weltmaßstab wird die bisher erreichte Breite der Anwendung der Mikroelektronik mit 25.000 ... 30.000 Anwendungsfällen eingeschätzt. Die schnelle Entwicklung und sich weiter vertiefende Anwendung soll bis zum Jahre 2000 die Breitenwirksamkeit auf das 8 ... 10fache erhöhen. Damit werden immer weitere Kombinate, Zweige und Bereiche der Volkswirtschaft in den Kreis der Anwender einbezogen, sodaß das Effektivitätspotential der Mikroelektronik in einem vielstufigen, komplexen Prozeß immer umfassender sichtbar wird und wirksam gestaltet werden muß.

2.1. Effektivitätswirkungen der Mikroelektronik

Die immer umfassendere Anwendung der Mikroelektronik läßt folgende qualitativ neuartigen Zusammenhänge erkennen /5/.

2.1.1. Die auf der Mikroelektronik beruhenden neuen technisch-ökonomischen Wirkungsrichtungen und Anwendungsfelder, die zur gesellschaftlichen Effektivitätssteigerung beitragen, beinhalten vorrangig die umfassende Nutzung der Informationsverarbeitungstechnik.

Damit lassen sich in steigendem Umfang solche der Rationalisierung und Automatisierung nicht oder nur schwierig zugänglichen Bereiche der Arbeit (besonders geistige Routineprozesse und monotone Handhabungstätigkeiten) effektiv gestalten, das technologische Niveau der Produktion erhöhen und wesentliche ökonomische und soziale Effekte erreichen.

Tabelle 2: Stellung der Mikroelektronik bei der Entwicklung der Produktivkräfte /4/

Die Mikroelektronik

- weist einen hohen wissenschaftlich-technischen Gehalt und
- revolutionierende technische, ökonomische und soziale Wirkungen auf
- besitzt ein sehr hohes internationales Entwicklungstempo
- ermöglicht eine breitenwirksame multivalente Nutzbarkeit in allen Phasen des Reproduktionsprozesses und in allen Bereichen der Volkswirtschaft
- bewirkt die Ablösung und qualitative Wandlung bisheriger Techniken - die Herausbildung der Technik der Informationsverarbeitung als Basisinnovation für alle modernen Rationalisierungs- und Automatisierungsvorhaben
- ermöglicht die höchstmögliche Form der Veredlung von Rohstoffen und Material bei sinkendem spezifischen Energieaufwand
- ermöglicht die Schaffung neuer Gebrauchseigenschaften von Technologien, Verfahren und Erzeugnissen.

Die Mikroelektronik ist wesentlicher Ausgangspunkt und Grundlage

- für die konsequente durchgängige und flexible Automatisierung im umfassenden Sinne
- für die weitestgehende Herauslösung des Menschen aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß - Inhalt und Charakter der Arbeit erlangen unter sozialistischen Bedingungen völlig neue qualitative Merkmale und der Mensch als Hauptproduktivkraft gewinnt bisher nicht mögliche kreative Eigenschaften
- für die Entwicklung und Anwendung vieler anderer Technologien
- für die enge Verbindung der Vorzüge des Sozialismus mit den Errungenschaften der wissenschaftlich-technischen Revolution.

2.1.2. Die umfassende Anwendung der Mikroelektronik führt zu tiefgreifenden Veränderungen in den Beziehungen zwischen den quantitativen und qualitativen Wachstumsfaktoren und stimuliert ein dynamisches, auf gezielter Effektivitätssteigerung basierendes Wirtschaftswachstum. Damit wird unter Nutzung aller Vorteile der wissenschaftlich-technischen Revolution unter sozialistischen Bedingungen

- die Substitution lebendiger Arbeit durch Erhöhung des Ausstattungsgrades der Arbeitsplätze mit mehr mikroelektronisch gestützten Grundfonds möglich;
- die Wirksamkeit der lebendigen produktiven Arbeit vom höheren stofflichen und energetischen Umsatz auf die komplexe Nutzung, Einsparung und Veredlung der Rohstoffe, Materialien und Energieträger orientiert.
- die gleichzeitige Erhöhung der Gebrauchswerte der Erzeugnisse und eine absolute Kostensenkung realisierbar;
- durch die gleichzeitige Erhöhung des Wirkungsgrades aller Elemente der Produktivkräfte der arbeitszeit- und ressourcensparende Reproduktionstyp als bestimmender Faktor für die Steigerung der Arbeitsproduktivität durchgesetzt.

2.1.3. Mit der breitenwirksamen Anwendung der Mikroelektronik lassen sich günstige und neuartige Möglichkeiten für die komplexe Gestaltung ökonomischer und sozialer Effekte erreichen. Die Effektivitätswirkungen der Mikroelektronik entsprechen voll und ganz den sozialökonomischen Zielen, sind Ergebnis und Stimulus für die weitere Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Werktätigen und wirken rückwirkend auf die Beschleunigung der umfassenden Intensivierung.

2.1.4. Das Effektivitätspotential der Mikroelektronik umfaßt die Gesamtheit aller möglichen Wirkungen der Entwicklung, Produktion und Anwendung der Mikroelektronik zur Erhöhung der Effizienz des Reproduktionsprozesses, zur Sicherung eines günstigen Verhältnisses von Gesamtaufwand und Gesamtergebnis der Volkswirtschaft.

Dieses Potential ist eine dynamische Größe, es wird als ökonomische Kategorie vom jeweilig konkreten historischen Entwicklungsstand der Produktivkräfte und dem Charakter und Reifegrad der Produktionsverhältnisse bestimmt /5/.

2.1.5. Die Effektivitätswirkungen der Mikroelektronik lassen sich im Prozeß der intensiv erweiterten Reproduktion in der Wirtschaft der DDR wesentlich vergrößern, wenn alle vorhandenen und zu erwartenden Reserven dieses Effektivitätspotentials optimal genutzt werden.

Dazu zählen vor allem

- die volle Erschließung weiterer Anwendungsfelder der Mikroelektronik durch eine zielgerichtete und anwendungsorientierte Applikation,
- die Entwicklung neuer Generationen mikroelektronischer Bauelemente und Systemlösungen nach volkswirtschaftlich notwendiger Rang- und Reihenfolge,
- .. die Nutzung aller Vorteile der internationalen Arbeitsteilung mit den RGW-Ländern zur Optimierung des in der DDR für die Anwender verfügbaren Sortiments mikroelektronischer Bauelemente.

2.2. Einsparungseffekte durch Mikroelektronik

Geht man von den beiden Komponenten jeder Effektivitätssteigerung:

- der Aufwandsenkung und
- der Ergebnissteigerung

aus, so lassen sich die Wirkungen der Mikroelektronik wie folgt charakterisieren:

- direkte Einsparung an lebendiger Arbeit, an Arbeitsgegenständen (Rohstoffe, Energie, Material) und an Arbeitsmitteln
- indirekte Einsparung lebendiger Arbeit in Form
 - einer höheren Veredlung der Rohstoffe
 - der Herstellung neuer kostengünstigerer Gebrauchswerte und
 - einer Verbesserung der Gebrauchseigenschaften vorhandener Erzeugnisse und Leistungen.

Die volle Ausschöpfung der Einsparungseffekte erfordert, die durch die Anwendung der Mikroelektronik möglichen Substitutionseffekte zielgerichtet durch applikative Aufgaben und Maßnahmen zu unter-
setzen. Dazu zählen vorrangig die

- Substitution lebendiger Arbeit durch mikroelektronikgestützte Rationalisierungs- und Automatisierungslösungen
- Substitution konventioneller mechanischer, hydraulischer, elektro-mechanischer u. a. Baugruppen-Lösungen durch mikroelektronische Systemlösungen
- Substitution integrierter Standardschaltungen durch problemangepasste anwenderspezifische integrierte Hard- und/oder Software-Lösungen unter Beachtung der Effektivitätskriterien
- Substitution konventioneller Bauelemente-Verarbeitungstechniken durch moderne kostengünstige technologische Lösungen wie SMD-Technik
- Substitution von Arbeitsmitteln geringer Effektivität durch solche, die mit leistungsfähiger Mikroelektronik ausgerüstet sind - z. B. Austausch von Hand-Entwurfsplätzen durch CAD/CAM-Arbeitsstationen bis zur Einführung von CIM-Lösungen.

Hinsichtlich der Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik geht es bei den Einsparungseffekten vordergründig um die Ökonomie der Zeit. D. h. gegenüber dem international hohen Entwicklungstempo dürfen keine Zeitverzögerungen in der Forschung, Entwicklung und Produktionsüberleitung zugelassen werden. Sie würden die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Mikroelektronik und die Erschließung neuer Anwendungsgebiete verzögern und die Effektivitätswirkungen der Mikroelektronik negativ beeinflussen. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die exakte Beherrschung und strenge Einhaltung der technologischen Arbeitsabläufe, die sich in einer kontinuierlichen Senkung der Herstellungskosten mikroelektronischer Bauelemente niederschlagen müssen. Dabei sind eine Vielzahl von Einflußfaktoren und ihre gegenseitige Abhängigkeit zu beachten, um sie komplex und optimal zur Wirkung bringen zu können. Das betrifft z. B.:

- die verfügbaren Basistechnologien und die Beherrschung der Verfahren der Mikro-Strukturierung (Skalierung) bis in den Submikrometerbereich und die erkennbaren physikalisch-technischen Grenzen und ökonomisch vertretbaren Aufwendungen
- die verarbeitbare Scheibengröße und der Grad ihrer Ausnutzung sowie die optimal nutzbare Chipfläche
- die Beherrschung der Defektdichte, kritischen Störpartikel und Ausbeuten in Abhängigkeit von der Strukturabmessung
- die Nutzung fortgeschrittener Entwurfstechnologien und der Grad der Arbeitsteilung zwischen Hersteller und Anwender - speziell auf dem Gebiet der ASICs
- die Produktivität der Technologien und Produktionsausrüstungen
- die Schaffung einer optimalen Produktionskapazität zur Sicherung der Bedarfsdeckung und der Exportaufgaben.

Bei den Einsparungseffekten geht es somit um die Einsparung an verfügbaren Ressourcen generell, um die Anwendung der Mikroelektronik bei Herstellern und Anwendern zur Senkung der spezifischen Einsatznormative für die erforderlichen Ressourcen und damit insgesamt um eine direkte und indirekte Einsparung an lebendiger Arbeit, Arbeitsgegenständen und Arbeitsmitteln.

2.3. Mikroelektronik - Basistechnologie für Neuerungsprozesse

Unter den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution ergeben sich alle für die dynamische Entwicklung der Volkswirtschaft bestimmenden Neuerungsprozesse aus der Kombination und gegenseitigen Integration von spezifischen wissenschaftlich-technischen Erkenntnissen und fortgeschrittenen Verfahren sowie technologischen Leistungen aus den unterschiedlichsten Disziplinen von Natur und Technik. Dabei kommt der Entwicklungsprozeß, der in schöpferischer Anwendung der ökonomischen Potenzen von neuen wissenschaftlich-technischen Erkenntnissen zu prinzipiellen und praktisch realisierbaren Neuerungen führt, erst dann in Gang, wenn alle erforderlichen und zu kombinierenden Elemente ein solches hochentwickeltes integrierbares Stadium erreicht haben, das eine effiziente Verknüpfung der einzelnen Elemente gestattet /6/.

In diesem Prozeß der Herausbildung, Vervollkommnung und Anwendung von Neuerungsprozessen, Hoch- und Schlüsseltechnologien spielen die Mikroelektronik und die besonders auf der Integration von Mikroelektronik und elektronischer Rechentechnik beruhende Technik der Informationsverarbeitung eine Schlüsselrolle als Basistechnologie für die Entwicklung von Neuerungen.

Die interdisziplinäre Struktur von Neuerungsprozessen verlangt aber auch eine interdisziplinär erarbeitete Lösungsstrategie, um alle schöpferischen und routinemäßigen Arbeiten in der Entwicklungs- und Verwertungsphase so abzustimmen und konzentriert einer Lösung zuzuführen, daß die volkswirtschaftliche Effektivitätswirksamkeit einer Neuerung das internationale Entwicklungstempo mitbestimmt und zu marktbestimmenden Spitzenleistungen führt. Der konzentrierte Einsatz des mikroelektronischen Entwicklungspotentials der DDR auf die schnelle Entwicklung der "technologischen Zugpferde" der Mikroelektronik - der Halbleiterspeicherbauelemente - ist dafür ein charakteristisches Beispiel (Tabelle 3).

Tabelle 3: Entwicklung leistungsbestimmender Kenngrößen und der Effizienz von Speicherschaltkreisen bei der Realisierung eines 2-MByte-Hauptspeichers für die Informationsverarbeitung /7, 11/

a) Leistungsbestimmende Kenngröße								
Speicherkapazität in bit	1 K	4 K	16 K	64 K	256 K	1 M	4 M	16 M
Integrationsgrad in FE/Chip*	$2,3 \cdot 10^3$	$8,4 \cdot 10^3$	$38,5 \cdot 10^3$	$155 \cdot 10^3$	$650 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^7$
Laterale Struktur in μm	10	6	4	2,5	1,5	1,0	0,7	0,5
krit. Partikelgröße in μm	5	3	1	0,5	0,3	0,15	0,1	0,05
Defektdichte in cm^{-2}	8	5	2	1	0,5	0,2	0,15	0,1
Gatterverzögerungszeit in ns	6	4	3	2	1,4	1	0,7	0,6
Chipfläche in mm^2	9,6	12	15,6	23,0	40,5	65,0	~80	~110
Speicherzellengröße in μm^2	12900	860	435	170	112	36	18	~10
Anzahl erforderl. IS f. Hauptspeicher	$16 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	250	64	16	4	1
Anzahl notwendiger Lötstellen	$288 \cdot 10^3$	$72 \cdot 10^3$	$18 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	1024	288	72	18
b) Volkswirtschaftliche Effektivität								
Leistungsaufn. d. Hauptspeichers in W	7040	1200	300	75	19,2	5,6	1,5	0,4
ersetzte disk. Bauelemente in Stck. (Transist., Kond.)	$5 \cdot 10^3$	$9,2 \cdot 10^3$	$37 \cdot 10^3$	$148 \cdot 10^3$	$512 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^6$	$33,5 \cdot 10^6$

Anm.: * - Funktionseinheit/Chip

Die sich gegenwärtig vollziehende schnelle Entwicklung der Bauelemente der Mikroelektronik, die ihren Ausdruck im Übergang von der VLSI- zur ULSI-Technik und Submikron-Elektronik (Tabellen 4 und 5), der Erschließung des Megabit-Speicherbereiches (Bild 1), der Entwicklung von problemangepassten anwenderspezifischen Schaltkreisen (ASICs) sowie der Mikro-Optoelektronik u. a. Richtungen findet; die Schaffung von neuartigen höchstflexiblen Programmiersprachen und von selbstprogrammierbaren technischen Systemen, die zu völlig neuen Systemen der Wissensspeicherung und -verarbeitung als einer wesentlichen Grundlage für die Schaffung von Expertensystemen und "künstlicher Intelligenz" führen, ermöglichten die Entwicklung von sehr leistungsfähigen Techniken der Informationsverarbeitung und modernen Kommunikationstechniken. Die damit erreichbare neue Qualität der Mensch-Maschine-Kommunikation fördert in einem bisher nicht möglichen Ausmaß den Kreativitätsprozeß und die Bedeutung des Menschen als Hauptproduktivkraft.

Tabelle 4: Einschätzungen zur Entwicklung der technologischen Anforderungen und der Gebrauchswertstruktur mikroelektronischer Bauelemente im Verlauf von 50 Jahren monolithischer Integration auf Si-Basis /7, 11/

Jahr 1958 = t_0	1968	1978	1988	1998	2008
Kenngröße:					
Integrationsgrad in FE/Chip	$10^2 \dots 10^3$	$10^4 \dots 10^5$	$10^6 \dots 10^7$	$10^8 \dots 10^9$	$10^{10} (?)$
Packungsdichte in FE/mm	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
Äquivalente Gatter in Gatt./Chip	$10^1 \dots 10^2$	$10^3 \dots 10^4$	$10^5 \dots 10^6$	$10^7 \dots 10^8$	10^9
Laterale Struktur in μm	10 ... 8	4 ... 2	1 ... 0,7	0,4 ... 0,2	0,1(?)
Chipfläche in mm^2	10	30	~80	~170	~200
Scheibendurchmesser in mm	51	76	125	200	~250 (?)
Speicherzellengröße in μm^2	23000	170	~18	~2	~1
dRAM-Speicherkapazität in bit	256	64 K	4 M	256 M	1 G
sRAM-Speicherkapazität in bit	64	16 K	1 M	64 M (?)	256 M (?)
Mikroprozessoren-Verarbeitungsbreite in bit	4	16	32	64	
Speicher-Bitpreis in Pfg	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	$10^{-10} (?)$
Lithograf. Auflösung in μm	8,0	5,5	1,0	0,3 ... 0,2	0,1
Überdeckungsgenauigkeit in μm	2,0	1,0	<0,2	<0,1	<0,05
krit. Partikelgröße in μm	1,0	0,5	0,09	0,015	< 10^{-3}
Defektdichte in cm^{-2}	5	1,0	0,15	0,02	< 10^{-2}
Länge eines Gate in μm		3,0	0,8	0,15	~0,1
Gate-Isolatordicke in nm	100	70	15	5	~2 ... 1
Kanaltiefe in μm		9	2	1	~0,5
Gatterverzögerungszeit in ns	>5	2	0,7	0,4	~0,1

Anm.: (?) wahrscheinliche Grenzwerte für die Si-Mikroelektronik

3. Effektivitätsparameter der Mikroelektronik

In der Geschichte der Produktivkräfte stellt das Tempo der Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik eine einmalige wissenschaftlich-technische Leistung dar. Die Entwicklung von der konventionellen Halbleiter-/Transistortechnik zur modernen Mikroelektronik und ihre breitenwirksame Anwendungsmöglichkeit läßt gewaltige noch längst nicht voll ausgeschöpfte Möglichkeiten dieses volkswirtschaftlichen Effektivitätspotentials erkennen.

In den vier Jahrzehnten seit Entdeckung des Transistoreffekts und den 30 Jahren seit Realisierung erster monolithisch integrierter Schaltkreise standen unter dem Begriff "Mikroelektronik" ständig folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Verkleinerung der Abmessungen der elektrisch wirksamen Strukturen im einzelnen Bau- bzw. Funktionselement, Unterbringung von immer mehr Bauelementestrukturen auf einem Chip und damit schrittweise Erhöhung der Kapazität z. B. von Speicherschaltkreisen sowie ständige Erweiterung der Komplexität der integrierten Schaltkreise.

Tabelle 5: Zunehmender Anwendernutzen der Mikroelektronik mit wachsender Integration mikroelektronischer Funktionselemente und immer besserer Materialökonomie - Basis für die effektive Schaffung von Expertensystemen und Wissensbanken mittels höchstintegrierter dRAM-Speicher-Schaltkreise /7, 8, 9/

Speicherkapazität in bit internat. Einführung	64 K 1979	256 K 1982	1 M 1985	4 M 1989	16 M 1992	64 M 1995	256 M 1997/98	1 G um 2000
Kenngröße:								
Integrationsgrad in FE/Chip	$150 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^6$	$33 \cdot 10^6$	$130 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^9$
Laterale Struktur in μm	2,5	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Krit. Partikelgröße in μm	0,5	0,3	0,15	0,1	0,05	0,03	0,015	0,008
Defektdichte in cm^{-2}	1,0	0,5	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,01
Gatterverzögerungszeit in ns	2	1,4	1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Gate-Oxid-Dicke in nm	70	45	25	15	10	7	5	3
Länge eines Gate in μm	3	2	1,2	0,8	0,5	0,3	0,15	0,12
Kanaltiefe in μm	9	5	3	2	1,5	1,2	1,0	0,8
Chipfläche in mm^2	25	40	65	80...90	100...120	130...150	160...180	ca. 200
Speicherzellengröße in μm^2	170	80	45	18	10	5	2...1,5	1
Anzahl der Masken- ebenen für CMOS-Tech- nologie	14	16	18	20	22	24	26	28

- Senkung der Kosten pro elektrisches (integriertes) Funktionselement und Realisierung einer vorbestimmten elektronischen Schaltung mit einer immer geringeren bearbeiteten Fläche des Grundmaterials (Silizium, GaAs u. a.).
- Systematische Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit einer elektronischen Schaltung und Realisierung immer schnellerer integrierter Schaltkreise, um immer höhere Bitraten verarbeiten zu können und immer höhere Frequenzbereiche der Halbleitertechnik zu erschließen.
- Vorstoß bis zu den Grenzen der digitalen Mikroelektronik bei der Suche nach den kleinsten Abmessungen der noch wirksamen mikroelektronischen Strukturen (entsprechend der theoretischen Beschreibung des Transistoreffektes mit den zwei wesentlichen physikalischen Größen, die den Stromtransport im Halbleiter-Bauelement bewirken: der mittleren freien Weglänge l und der Bloch-Wellenlänge λ der quasifreien Ladungsträger).
- Ständige Abwägung des volkswirtschaftlich (ökonomisch) Sinnvollen mit dem physikalisch-technologisch Machbaren, bei der Analyse der ökonomischen Wirkungen der nutzbaren physikalischen Effekte.

Die revolutionierende Rolle der Mikroelektronik und ihr bedeutsames volkswirtschaftliches Effektivitätspotential läßt sich vor allem durch die folgenden Parameter charakterisieren (Tabellen 4 und 6 und Bild 2 /4, 11/):

1. Der **I n t e g r a t i o n s g r a d** eines integrierten Schaltkreises (Anzahl der Transistorfunktionen pro Chip) ist seit Verwirklichung der ersten monolithisch integrierten Schaltkreise (1958 Logikgatter mit Ge und 1959 mit Si als halbleitendem Material) ständig erhöht worden. Er verdoppelte sich etwa alle 1 ... 2 Jahre und erhöhte sich etwa alle fünf Jahre um das Zehnfache.

Dabei konnte die **P a c k u n g s d i c h t e** (Funktionselemente pro Flächeneinheit bzw. pro Chip) alle zehn Jahre etwa ver Hundertfacht werden.

2. Die simultane (kollektive) Herstellung der Schaltungsbestandteile im S c h e i b e n v e r - b a n d (auf einem Wafer), bei der einerseits eine Vielzahl von Funktionselementen (z. B. Transistoren) auf einem einzelnen Chip einschließlich der diese verbindenden Leiterzüge und andererseits eine zunehmende Zahl von Chips (als Träger des integrierten Schaltkreises) auf dem Wafer gleichzeitig hergestellt werden. Gegenüber der E i n z e l f e r t i g u n g konventioneller elektronischer Bauelemente (Transistoren, Dioden, Widerstände u. a.) bedeutet dies eine immense Steigerung der Arbeitsproduktivität.
3. Die ständige V e r b e s s e r u n g d e r M a t e r i a l - u n d E n e r g i e ö k o n o m i e bei gleichzeitig fortschreitender Vergrößerung der Scheibendurchmesser und der Chipflächen (durchschnittlich 19 % pro Jahr), sodaß einerseits eine schnelle Zunahme des Komplexitätsgrades bzw. der Speicherkapazität einer elektronischen Schaltung auf dem Chip möglich wurde und andererseits der Energieaufwand pro elektronischer Schaltungseinheit systematisch gesenkt werden konnte.
4. Die fortschreitende Verfeinerung der technologischen Verfahren unter Nutzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts besonders auf dem Gebiet der M i k r o s t r u k t u r i e r u n g , sodaß seit 1959 die kleinsten möglichen Strukturabmessungen auf einem Chip pro Jahr um etwa 11 % geschrumpft sind und gegenwärtig der Übergang in den Submikron-Bereich stattfinden kann. Verbunden damit wird im nächsten Jahrzehnt mit dem Übergang von der lichtoptischen Lithografie zur R ö n t g e n s t r a h l - L i t h o g r a f i e mit möglichen Strukturen um $0,2 \mu\text{m}$ als aussichtsreichstes perspektivisches Lithografie-Werkzeug gerechnet. Diese Tendenz ist engstens gekoppelt mit notwendigen Weiterentwicklungen der zur Strukturierung erforderlichen übrigen Prozeßtechniken wie Ätz-Technik, Isolation, Dotierung, Metallisierung und der dazu benötigten Werkstoffe und Ausrüstungen.
5. Die Entwicklung zur S u b m i k r o n - E l e k t r o n i k stellt zunehmend hohe Anforderungen an die Reduzierung der Defektdichte während des Fertigungsprozesses. Dabei spielen solche Faktoren eine große Rolle wie die Qualität der Ausgangsmaterialien, die Art und Weise der Prozeßführung sowie die Erzeugung von Stör-Partikeln durch die Fertigungseinrichtungen und vor allem die nicht völlig vermeidbare Abgabe von organischen Partikeln durch die im Fertigungsprozeß tätigen Werk tätigen, um ökonomisch vertretbare Ausbeuten in der Fertigung zu erreichen.
6. Die außerordentlich hohe K o s t e n r e d u z i e r u n g für eine produzierte elektronische Funktionseinheit, die durch die simultane Herstellung von immer mehr Funktionselementen auf einem Chip mit immer geringerem Flächen- (Material-)bedarf und Energieverbrauch im Einsatzfall möglich wurde, ist von wesentlicher Bedeutung für die Anwender und führt zur schnellen Erschließung immer neuer Anwendungsgebiete. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, daß die degressive Kostenentwicklung für einen monolithisch integrierten Transistor im genau umgekehrten Verhältnis zur progressiven Entwicklung des Integrationsgrades steht.
7. Die Ausweitung der Anwendung in bisher nicht vorstellbaren Dimensionen einer Breiten- und Tiefenwirkung erreichter und noch zu erwartender technologischer Wandlungsprozesse auf Basis der Submikron-Elektronik sowie zunehmende Ausschöpfung der Leistungsfähigkeit der Mikroelektronik bei ständiger partieller Verbesserung der den Fortschritt bestimmenden Leistungsparameter bis an die erkennbaren und ökonomisch sinnvoll zu realisierenden physikalisch-technischen Grenzen.
8. Die schnelle Weiterentwicklung und volkswirtschaftliche Nutzung neuartiger physikalischer Realisierungsmöglichkeiten von elektronischen Funktionselementen zur Signal- (Informations-)verarbeitung. -übertragung und -speicherung mit dem perspektivischen Ziel des Übergangs von der schaltungsorientierten monolithischen Integration zur physikalischen Funktionsintegration (F u n k t i o n a l e l e k t r o n i k).
9. Die notwendige Optimierung des Aufwandes für Entwicklung und Produktion (u. a. durch weitestgehende Automatisierung und rationelle Gestaltung der gesamten Prozeßtechnik vom Entwurf bis zur Typisierung), um die volkswirtschaftliche Effizienz auch bei Realisierung der nächsten Bauelemente-Generationen und "technologischen Sprünge" zur $1 \mu\text{m}$ -, $0,5 \mu\text{m}$ - und $0,3/0,2 \mu\text{m}$ -Technik, zu gewährleisten (u. a. durch Abstimmung und Organisation der Arbeitsteilung im RGW).

10. Die Verwirklichung einer neuen Qualität der Wirtschafts- und Wissenschaftsorganisation sowie einer höheren Form der Applikation der Mikroelektronik zur Sicherung der sich herausbildenden neuartigen Kooperationsbeziehungen zwischen Zulieferer - Bauelementehersteller - Anwender (z. B. mit Einführung von ASICs) und der sich dabei ergebenden Verschiebung der Verantwortung für den Entwurf, die Entwicklung und Produktion von Ausrüstungen, Werkstoffen, Verfahren und Bauelementen.

Anwendungsgebiete	Speichergeneration										
	Kernspeicher	Halbleiterspeicher mit Speicherkapazität in bit									
		1 K	4 K	16 K	64 K	256 K	1 M	4 M	16 M	64 M	256 M
Großrechner	► 1971										
Minirechner											
Mikrocomputer-systeme											
Grafiksysteme											
Tischrechner											
Personalcomp.											
Arbeitsplatzsysteme											
rechnergestützte Ingenieurtechniken: CAE, CAD, CAM, ... CIM											
Text- u. Bildverarbeitung											
Integr. Sprach- u. Datennetze (ISDN)											
Sprachverarbeitung											
Integr. Systeme f.d. Prozeß-automatisierung											
Kommunikationstechnik											
Supercomputer											
Expertensysteme											
Wissensverarb.											
Integr. Wissensspeicher u. Datenbanken											
Systeme der künstl. Intelligenz											

Bild 1: Entwicklung der Anwendungsgebiete für dynamische Speicher in der Informationstechnik /10/, /11/

4. Perspektiven der Mikroelektronik

Innerhalb von drei Jahrzehnten hat sich die Mikroelektronik weltweit als ein revolutionäres Element des wissenschaftlich-technischen Fortschritts durchgesetzt. Ihre umfassende Bedeutung für die Produktivkraft-Entwicklung ergibt sich aus den großen noch längst nicht erschöpften Potenzen zur umfassenden Intensivierung der Volkswirtschaft, zur Substituierung menschlicher Arbeitskraft und Steigerung der Arbeitsproduktivität, zur ökonomischen Verwendung von Energie, Material und Rohstoffen, zur effizienten Realisierung technologischer Wandlungsprozesse, zur Schaffung neuartiger Informationstechniken als Basis unterschiedlichster moderner Kommunikationsmittel und miniaturisierter leistungsfähiger Steuerungs- und Regelelemente für alle Arten von Prozeßtechniken sowie die verschiedensten Formen einer künftig zu realisierenden "künstlichen Intelligenz" (Tabellen 7 und 8).

Tabelle 6: Tendenzielle Entwicklung der Leistungsfähigkeit mikroelektronischer Bauelemente /7, 11/

Jahr	1959	1962/63	1967/68	1972/73	1976/77	1980/81	1984/85	1988/89	1992/93	nach 2000(?)
Kerngröße:										
Integrationsgrad in BE/Chip	1	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	≥ 10 ¹⁰
Packungsdichte in Transist./mm ²	1	10	50	200	10 ³	5 · 10 ³	2 · 10 ⁴	4 · 10 ⁴	> 10 ⁵	
Kosten pro Transist. Pkt.	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	~ 10 ⁻¹⁰
Strukturgröße in μ m		~20	10...8	7...5	5...3	3...2	2...1,5	1,5...1	0,5	≤ 0,3
Komplexitätsgrad in Gattersquiv. pro Chip		<10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	> 10 ⁹
Si-Scheibendurchm in mm	28	36	51	76	100	125	150	~200		
Chip pro Scheibe in Stck. (bei 10 mm ² Chipfläche)	30	60	120	250	480	720	> 1000			
Chipfläche in mm ²	1	5	10	15	20	30...50	60...80			100...200
Transistorfläche in μ m ²				> 500	~ 300	150	50	20	10	< 10
Eindringtiefe xj in μ m		bis 2,5	1,2...2	0,5...1,2	0,2...0,5	0,1...0,2				
IS-Entwurfsregel in μ m		10...8	8...5	5...3	3...2	1,5...1	0,8...0,6	0,5...0,3	< 0,2	
krit. Partikelgröße in μ m		~1	0,8	0,5	0,3	0,22	0,09...0,05	0,03	< 0,01	
Anzahl der Schablonenebenen		5	5	6...10	8...15	12...22	≥ 30			
Lithografiertechnik		Kontakt	Kont./Proj.	Proj./Stepper	Stepper	Stepper	Stepper			
BE-Generationen (Prototypen):		1 K	4 K	16 K	64 K	256 K	1 M	4 M	16 M	~256 M/1 G
DRAM (bit)		4	8	16	32	64				
Mikroprozessoren (bit)										

Anm.: (?) wahrscheinliche Grenzwerte für die Si-Mikroelektronik

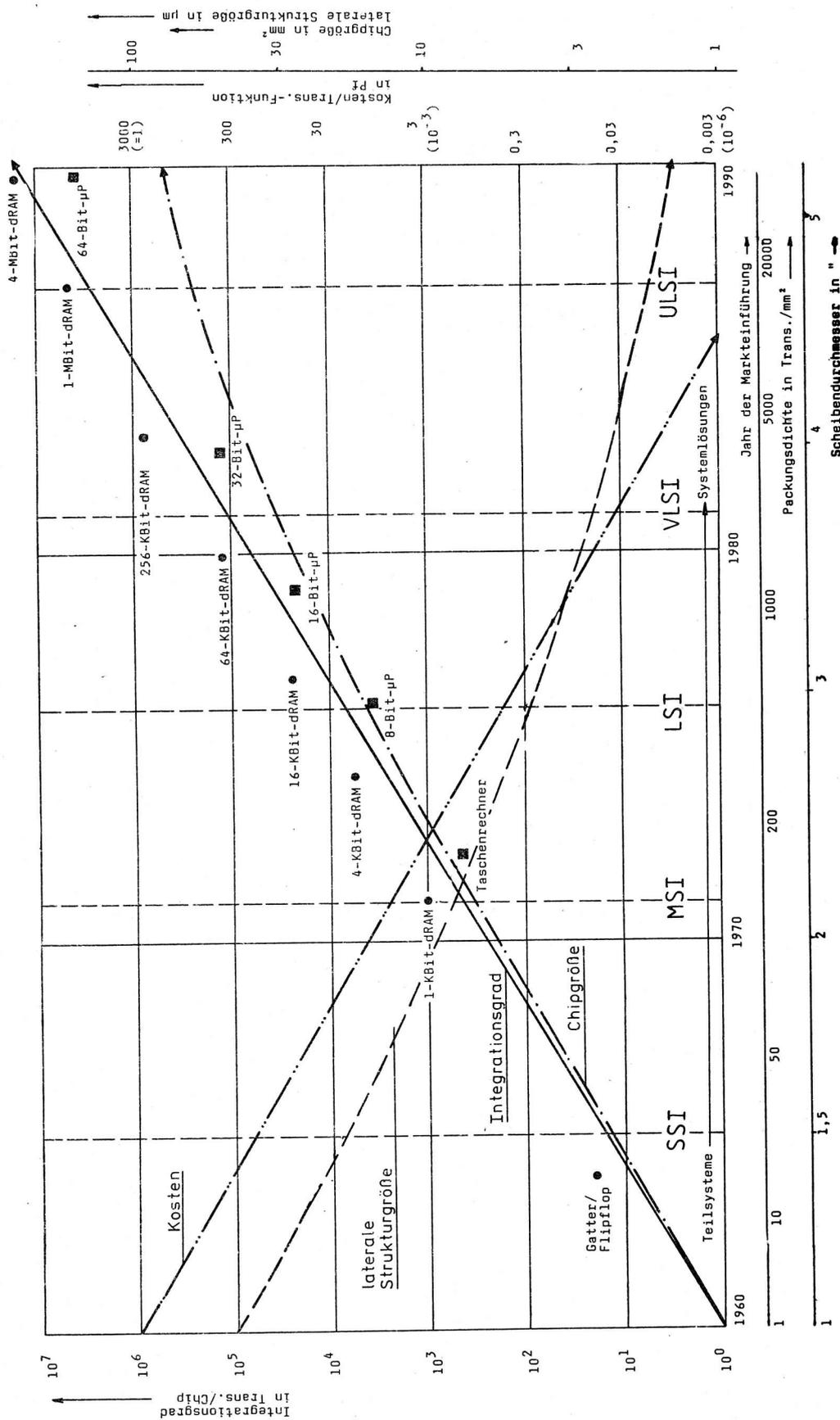


Bild 2: Entwicklungstendenz von Integrationsgrad, Kostenentwicklung, Struktur- und Chipgröße in Abhängigkeit von der Zeit /7/, /11/

Tabelle 7: Mikroelektronik - Katalysator des wissenschaftlich-technischen Fortschritts /4/

<p>Mikroelektronik</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ermöglicht rationelle Verarbeitung, Speicherung, Übertragung, Wandlung und Darstellung von Informationen ● revolutionierendes Element der Rechentechnik, Datenverarbeitung, Kommunikationstechnik und Bürotechnik ● entlastet den Menschen von Routineaufgaben, potenziert den schöpferischen Anteil am Arbeitsprozeß und ermöglicht die Einführung von leistungsfähigen CAD/CAM-Systemen ● führt zur Schaffung von Wissensspeichern und Expertensystemen als Ausdruck der künstlichen Intelligenz ● Grundlage der komplexen und flexiblen durchgängigen Automatisierung von Produktionsprozessen, ermöglicht die Schaffung bedienarmer (automatisierter) Betriebe ● Grundlage der Rationalisierung und Modernisierung von Maschinen und Anlagen, erhöht deren Leistungsfähigkeit, Energie- und Materialökonomie und senkt den Bedienungs- und Wartungsaufwand ● sichert eine moderne Nachrichten- und Kommunikationstechnik einschl. notwendiger Dienstleistungstechniken und die Schaffung lokaler Datennetze ● ermöglicht den Aufbau komplexer und durchgängiger automatisierter Systeme der Leitung, Planung und Kontrolle (auf Basis der wirtschaftlichen Rechnungsführung) ● führt zu einer hohen Gebrauchswertsteigerung im Bereich der Unterhaltungs-, Konsum- und Freizeitelektronik ● erhöht entscheidend das Niveau von Lehre, Erziehung und Ausbildung auf allen Ebenen der Aus- und Weiterbildung ● unverzichtbare Grundlage für die schnelle Entwicklung und umfassende Anwendung vieler anderer Technologien
--

Tabelle 8: Ökonomische Wirkungen moderner Technologien /4/

<p>Moderne Technologien</p> <ul style="list-style-type: none"> ● erfordern als Basistechnologie vor allem eine schnelle Entwicklung und breitenwirksame Anwendungsbereitschaft der Mikroelektronik ● sichern eine überdurchschnittliche Beschleunigung des Tempos der Produktivitätsentwicklung und damit des Wachstums der Produktion und des Nationaleinkommens bei gleichbleibender Arbeitskräftezahl ● bewirken eine dynamische Entwicklung der Produktivkräfte, verändern qualitativ den gesamten technologischen Prozeß und beeinflussen damit die ökonomischen Faktoren, die die Kosten der Produktion bestimmen und stimulieren den Kampf um die Selbstkostensenkung ● sichern die Erfüllung der Hauptaufgabe in ihrer Einheit von Wirtschafts- und Sozialpolitik u. a. durch eine ökonomische Nutzung der eingesparten Arbeitszeit, indem die freigesetzten Arbeitskräfte für andere produktive Aufgaben und im sozialen Bereich der Gesellschaft wirksam werden können ● haben tiefgreifende ökonomische und technologische Wirkungen <ul style="list-style-type: none"> . auf die Entwicklung und Produktion der Erzeugnisse und Verfahren . auf den gesamten Kreislauf der intensiv erweiterten Reproduktion . auf die Präsenz der DDR auf internationalen Märkten ● werden zum entscheidenden Faktor für das dynamische Leistungswachstum der Volkswirtschaft und zur dauerhaften Verwirklichung der umfassenden intensiv erweiterten Reproduktion

Fortsetzung Tabelle 8: Ökonomische Wirkungen moderner Technologien

Moderne Technologien

- erfordern eine zielgerichtete enge Verbindung von Wissenschaft und Produktion und klare ökonomische Prämissen für die mit einer Hochtechnologie zu erreichenden volkswirtschaftlichen Ergebnisse
- stimulieren auf der Grundlage neuartiger wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse in ihren Dimensionen und in der Intensität ihrer Wechselwirkung bisher nicht mögliche Breiten- und Tiefenwirkungen der technischen Umwälzungen
- sind Ausgangspunkt, Inhalt und Ziel revolutionärer Neuerungen, sind Schlüssel für neuartige Effektivitätsquellen und für wissenschaftlich-technische und volkswirtschaftliche Umwälzungen, beeinflussen den ökonomischen Fortschritt und die sozialen Wirkungen im technologischen Umfeld.

Neuere Beschreibungsmethoden für mikroelektronische Bauelemente mit Strukturabmessungen unter $0,25 \mu\text{m}$ lassen sehr wahrscheinlich nur noch eine Betrachtung des Bauelementes als quantenmechanisches System zu. Damit dürfte die Begrenzung des Wachstums der klassischen Mikroelektronik hinsichtlich des Entwurfs, der miniaturisierten Strukturen und der Chipfläche überwindbar sein. Anstelle des "Elektrons" wird sich Wissenschaft und Technik an der Schwelle zum 21. Jahrhundert mit den Wirkungen, Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Photonen, Super-Lattices und Neuronen auseinandersetzen müssen. Die darauf basierenden neuartigen Bauelemente erfordern eine neue Herangehensweise an den Entwurf, die Produktion und Anwendung elektronischer informationsverarbeitender Systeme und sie stellen neue Anforderungen an die Qualifikation der ingenieurtechnischen Kader. Mit dem Übergang von der klassischen Mikroelektronik zunächst zur Submikron-Elektronik wird in den 90er Jahren auch das Effektivitätspotential elektronischer informationsverarbeitender Systeme weiter wachsen und es wird mit den nachfolgenden Techniken (wie wahrscheinlich Picoelektronik, Funktionälelektronik oder/und möglicherweise Molekularelektronik) im volkswirtschaftlichen Maßstab eine weiter zunehmende Priorität erlangen.

Literatur

- /1/ Marx, K.: Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie
Berlin: Dietz 1984. S. 592
- /2/ Krenz, E.: In der DDR - gesellschaftlicher Aufbruch zu einem erneuerten Sozialismus. Neues Deutschl. B-Ausg. Berlin 44 (1989) 264, S. 3
- /3/ Autorenkollektiv: Planungsordnung 1986 - 1990
Berlin: Verl. Die Wirtschaft 1985. S. 30 ... 33
- /4/ Schneider, R.: Ökonomische Strategie der Partei - Schlüsseltechnologie Mikroelektronik - Entwickelte sozialistische Gesellschaft in der DDR (Lehrbrief)
VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin, 1987
- /5/ Marschall, W.; Steinitz, K.: Schlüsseltechnologie Mikroelektronik
Berlin: Dietz 1985. S. 136 ff. und S. 163 ff.
- /6/ Reichel, R.: Gezielte Applikation
Techn. Gemeinschaft, Berlin 32 (1984) 8, S. 4 ... 5
- /7/ Wissenschaftlich-technische u. ökonomische Information
VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin. Jg. 1988 ... 1988
- /8/ Biermann, W.: Mikroelektronik in der Volkswirtschaft der DDR
Einheit, Berlin 44 (1989) 1, S. 27 ... 32
- /9/ Mütze, K.; Schilling, M.: Tendenzen und Wechselwirkungen der Entwicklung und Produktion höchstintegrierter und mikroelektronischer Bauelemente und technologischer Spezialausrüstungen
Jenaer Rundschau, Jena 33 (1988) 1, S. 17 ... 23
- /10/ Pensel, H.-J.: Dynamische Speicher - Perspektiven für Produkt und Märkte
Techn. Rundschau, Bern 76 (1984) 51, S. 44 ... 46
- /11/ Schneider, R.: KDT-Empfehlung: Mikroelektronik 2000 - Herausforderung für Zulieferer, Hersteller und Anwender mikroelektronischer Bauelemente
WS Bauelemente der Elektrotechnik/Elektronik im FV Elektrotechnik der KDT, Berlin 1989

Dipl.-Ing. Matthias Stahl

VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus
im VEB Kombinat Mikroelektronik

Silizium-Epitaxial-Planar-Transistoren SCE 535...540 für die SMD-Technik

1. Einleitung

Bei der Entwicklung und Fertigung elektronischer Geräte spielen die Fragen der Miniaturisierung, der Kostenreduzierung und der Qualitätsverbesserung die entscheidende Rolle. Durch den Einsatz der SMD-Technik werden alle drei Punkte positiv beeinflusst. Damit haben oberflächenmontierbare Bauelemente, anfangs entwickelt für die Hybridtechnik, in den letzten Jahren große Bedeutung für die Aufsetzmontage in der Leiterplattentechnik gewonnen.

Der VEB Mikroelektronik "Anna Seghers" Neuhaus (MSN) entwickelt und produziert Transistoren kleiner und mittlerer Leistungen. Seit Anfang der 80er Jahre befinden sich SOT 23-Transistoren in seinem Produktionsspektrum.

In den letzten Jahren wurde das Sortiment an SMD-Transistoren im SOT 23-Gehäuse ständig erweitert, so daß heute alle Miniplasttransistoren in diesem Gehäuse erhältlich sind. Ab 1989 wird im VEB MSN das Spektrum an SMD-Transistoren durch die Einführung der SOT 89- und SOT 143-Gehäuse erweitert.

2. SOT 89-Gehäuse

Das SOT 89-Gehäuse (Bild 1) ist international seit Mitte der 70er Jahre bekannt.

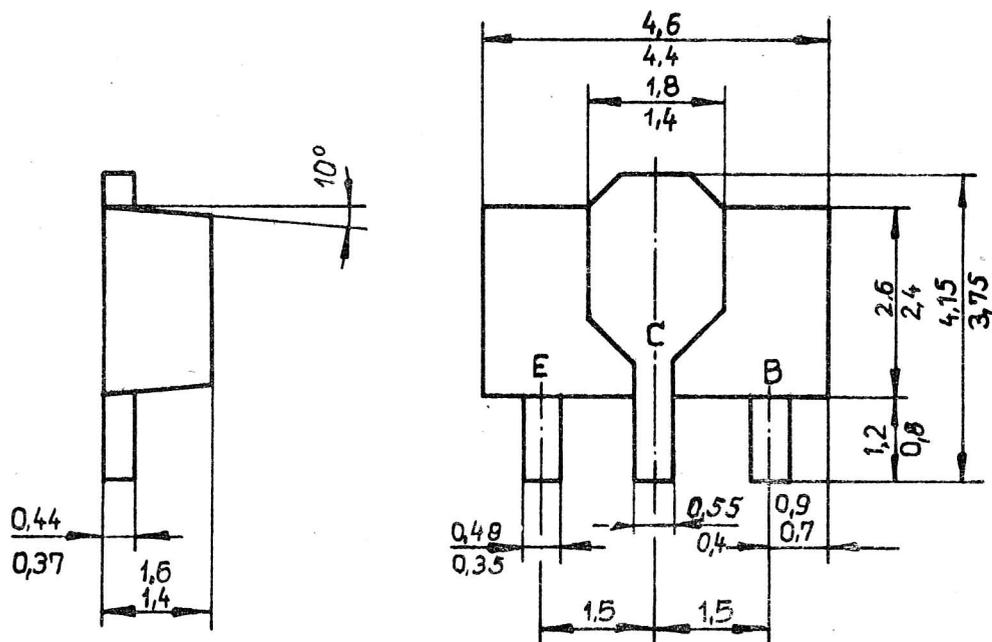


Bild 1: Gehäusemaßbild und Anschlußbelegung

ai 11 (1990) H. 1

Es wurde vorrangig für Bauelemente entwickelt, die wegen ihrer größeren Verlustleistung nicht mehr im SOT 23-Gehäuse montiert werden konnten.

Im allgemeinen kann das SOT 89-Gehäuse bis zu einer Gesamtverlustleistung von 500 ... 1000 mW verwendet werden. Der Wärmewiderstand zwischen den Anschlüssen und Lötflächen des Substrates R_{thas} ist beim SOT 89-Gehäuse vernachlässigbar.

Die Höchsthäufigkeitseigenschaften (f_T , G_p) des SOT 23-Gehäuses werden durch das SOT 89-Gehäuse nicht ganz erreicht.

Bauelemente im SOT 89-Gehäuse können auf jede Leiterplatte oder jede Hybridschaltung aufgebracht und verlötet werden. Hierbei ist der Einsatz von Schwall- und Reflowlötungen möglich, wobei jedoch dem Reflowlötungen dem Vorzug zu geben ist. In TGL 43 100 sind die Löteneigenschaften von SMD-Bauelementen festgelegt.

3. Transistoren SCE 535 ... 540

3.1. Allgemeines

Die Transistoren SCE 535/537/539 sind npn- und die Transistoren SCE 536/538/540 pnp-Silizium-Epitaxie-Planar-Transistoren. Sie sind für allgemeine NF-Anwendungen geeignet und können universell im Rahmen ihrer technischen Parameter eingesetzt werden (TGL 43 971).

Die npn-Typen sind komplementär zu den jeweiligen pnp-Typen. Alle Typen werden nach Stromverstärkungsgruppen (A ... C) selektiert.

Die Lieferung dieser Transistoren erfolgt in zwei Formen, einmal als Schüttgut und zum anderen für die automatische Bestückung im 12-mm-Blistergurt. Die Packmenge pro Gurtrolle beträgt 1000 Stück.

Alle Transistoren sind typcodiert und gestempelt.

Die Codierung besteht aus zwei Buchstaben und gewährleistet eine eindeutige Zuordnung nach Typ und Stromverstärkungsgruppe (s. 3.3.).

Angaben zum Herstellungsdatum sind auf der Verpackung enthalten.

Die Transistoren SCE 535 ... 540 unterliegen, wie alle SMD-Bauelemente, einer strengen Qualitätskontrolle. Ein wichtiger Teil dieser Qualitätskontrolle, besonders unter dem Aspekt der automatischen Bestückung, ist die Beanstandungsrate in ppm. Dabei steht das Ziel, in Zusammenarbeit mit der Geräteindustrie international übliche ppm-Werte zu erreichen.

3.2. Kenndaten

Tabelle 1: Grenzwerte (gültig für den Betriebstemperaturbereich $-55 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$)

Kenngröße	Kurzzeichen	Wert			Einheit
		535/536	537/538	539/540	
Kollektor-Basis-Spannung	U_{CBO}	45	60	100	V
Kollektor-Emitter-Spannung	U_{CEO}	45	60	80	V
Kollektor-Emitter-Spannung bei vorgegebenen R_{BE}	U_{CER}	45	60	100	V
		bei $R_{BE} = 1 \text{ k}\Omega$			
Emitter-Basis-Spannung	U_{EBO}		5		V
Kollektorstrom	I_C		1		A
Kollektorspitzenstrom	I_{CM}		1,5		A
Basisstrom	I_B		200		mA

Fortsetzung Tabelle 1

Kenngröße	Kurzzeichen	Wert			Einheit
		535/536	SCE 537/538	539/540	
Gesamtverlustleistung bei $\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$	P_{tot}^1		1		W
	P_{tot}^2		0,625		
Sperrschichttemperatur	ϑ_j		50		$^\circ\text{C}$
Wärmewiderstand Sperrschicht-Umgebung	R_{thja}^1		125		K/W
	R_{thja}^2		200		
Wärmewiderstand Sperrschicht-Kollektor	R_{thjc}		10		K/W

1 - Transistoren auf Keramiksubstrat, Fläche: 2,5 cm² Dicke: 0,7 mm
 2 - Transistoren auf Cevaunit, Fläche: 2,5 cm² Dicke: 1,5 mm

Tabelle 2: Statische Kennwerte ($\vartheta_a = 25^\circ\text{C} \pm 5\text{K}$)

Kenngröße	Kurzzeichen	min.	Wert			Einheit
			typ. npn	typ. pnp	max.	
Kollektor-Basis-Durchbruchspannung ($I_C = 1\text{ mA}$)	$U_{(\text{BR})\text{CBO}}$					V
	SCE 535/536	45				V
	SCE 537/538	60				V
	SCE 539/540	100				V
Kollektor-Emitter-Durchbruchspannung ($I_C = 50\text{ mA}$)	$U_{(\text{BR})\text{CEO}}$					V
	SCE 535/536	45				V
	SCE 537/538	60				V
	SCE 539/540	80				V
Emitter-Basis-Durchbruchspannung ($I_E = 10\ \mu\text{A}$)	$U_{(\text{BR})\text{EBO}}$	5				V
Kollektor-Basis-Reststrom ($U_{\text{CB}} = 30\text{ V}$)	I_{CBO}		<1	<10	<100	nA
Kollektor-Emitter-Reststrom bei $R_{\text{BE}} = 1\text{ k}\Omega$	I_{CER}					
	($U_{\text{CE}} = 45\text{ V}$) SCE 535/536		<1	<100		nA
	($U_{\text{CE}} = 60\text{ V}$) SCE 537/538		<1	<100		nA
	($U_{\text{CE}} = 80\text{ V}$) SCE 539/540		<1	<100		nA
Emitter-Basis-Reststrom ($U_{\text{BE}} = 5\text{ V}$)	I_{EBO}		<5	<5	<10	nA

Fortsetzung Tabelle 2

Kenngröße	Kurzzeichen	Wert			Einheit	
		min.	typ. npn	typ. pnp		max.
Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung	U_{GESat}					
($I_C = 500 \text{ mA}$, $I_B = 50 \text{ mA}^1$)			200	270	500	mV
($I_C = 100 \text{ mA}$, $I_B = 10 \text{ mA}$)			70	100		mV
Basis-Emitter-Sättigungsspannung	U_{BESat}					
($I_C = 500 \text{ mA}$, $I_B = 50 \text{ mA}^1$)			0,890	0,905	1,3	V
($I_C = 100 \text{ mA}$, $I_B = 10 \text{ mA}$)			770	780		mV
Basis-Emitter-Spannung	U_{BE}		840	850	1000	mV
($U_{CE} = 2 \text{ V}$, $I_C = 500 \text{ mA}$)						
Gleichstromverstärkung	h_{21E}					
($U_{CE} = 2 \text{ V}$, $I_C = 5 \text{ mA}$)		25				
($U_{CE} = 2 \text{ V}$, $I_C = 150 \text{ mA}^1$)						
Gruppe A		40			100	
Gruppe B		63			160	
Gruppe C		100			250	
($U_{CE} = 2 \text{ V}$, $I_C = 500 \text{ mA}^1$)		25				

1 - Messung erfolgt impulsmäßig $\frac{t_D}{T} = 0,01$, $t_p = 0,03 \text{ ms}$

Tabelle 3: Dynamische Kennwerte ($\vartheta_a = 25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$)

Transitfrequenz	f_T				
($U_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_C = 50 \text{ mA}$)		50	140	250	MHz
($U_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 10 \text{ mA}$)	$f = 20 \text{ MHz}$		80	115	MHz

Anm.: Die Ströme und Spannungen bei den pnp-Typen sind mit negativem Vorzeichen zu versehen.

3.3. Kennzeichnung

Für die einzelnen Bauelemente gilt folgender Buchstabenkode.

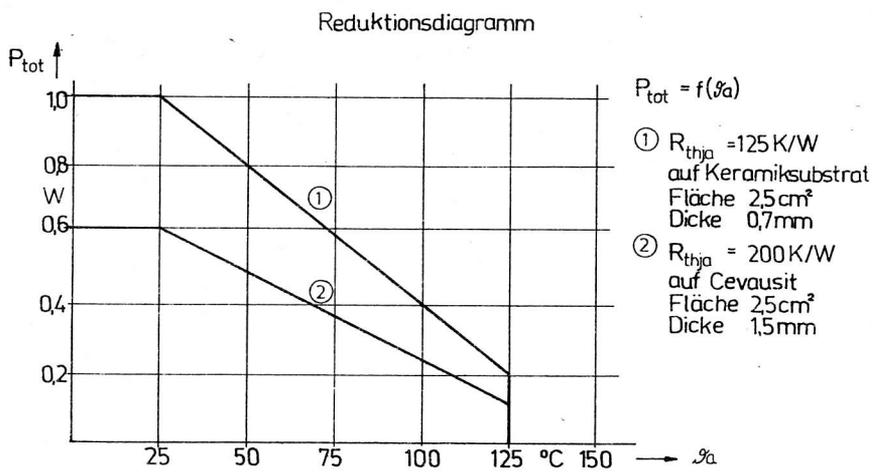
Tabelle 4: Buchstabenkode

Bauelement	Buchstaben-Kennzeichnung	Bauelement	Buchstaben-Kennzeichnung
SCE 535	BA	SCE 536	4A
SCE 535 A	BB	SCE 536 A	AB
SCE 535 B	BC	SCE 536 B	AC
SCE 535 C	BD	SCE 536 C	AD

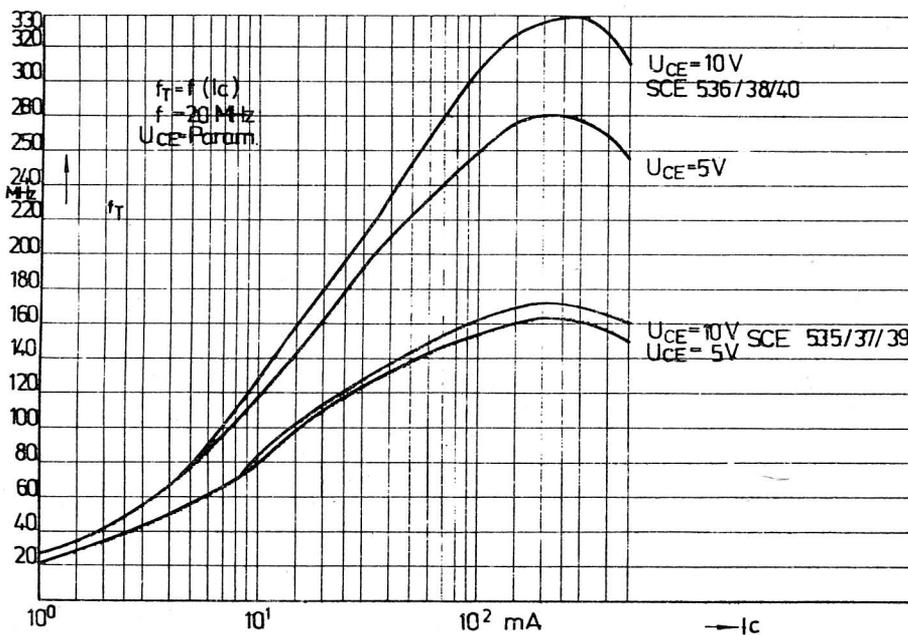
Fortsetzung Tabelle 4

Bauelement	Buchstaben- Kennzeichnung	Bauelement	Buchstaben- Kennzeichnung
SCE 537	BE	SCE 538	AE
SCE 537 A	BF	SCE 538 A	AF
SCE 537 B	BG	SCE 538 B	AG
SCE 537 C	BM	SCE 538 C	AM
SCE 539	BH	SCE 540	AH
SCE 539 A	BJ	SCE 540 A	AJ
SCE 539 B	BK	SCE 540 B	AK
SCE 539 C	BL	SCE 540 C	AL

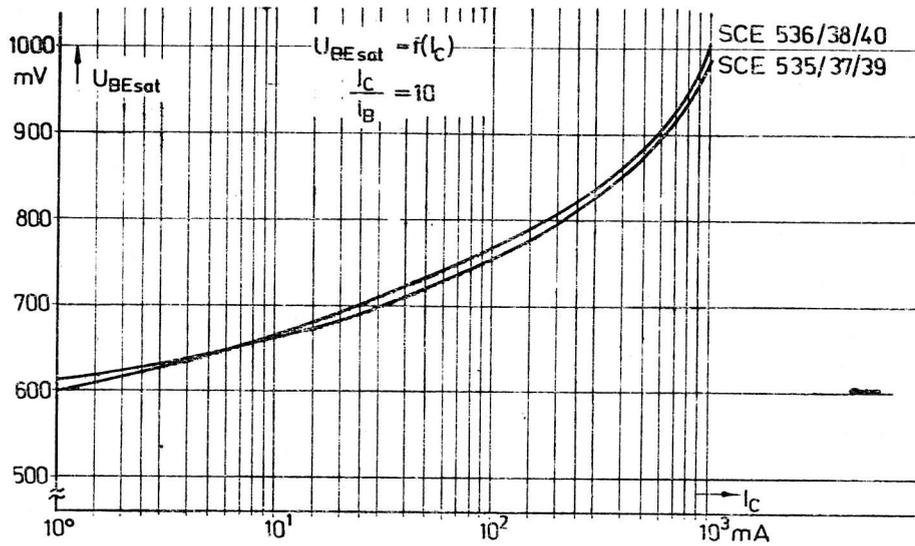
4. Diagramme



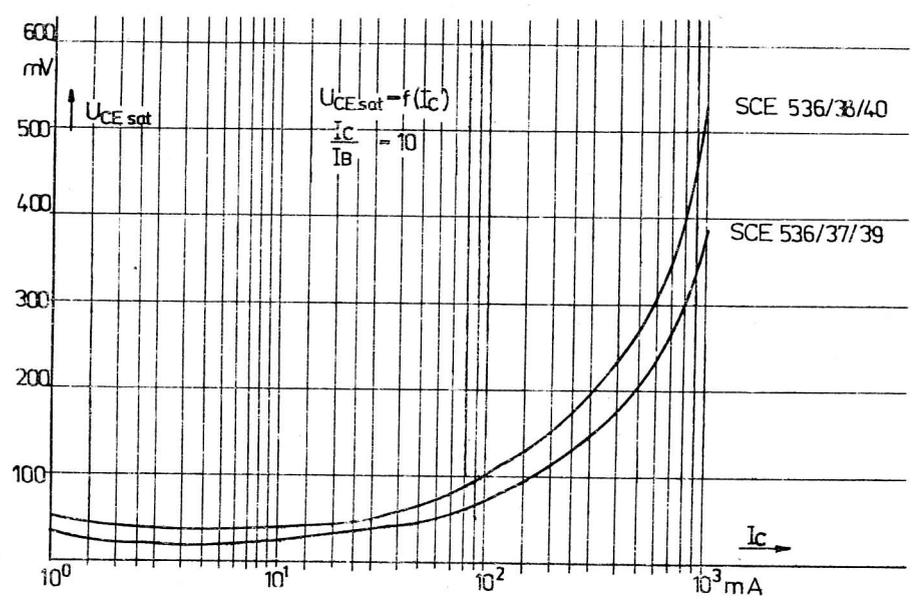
1



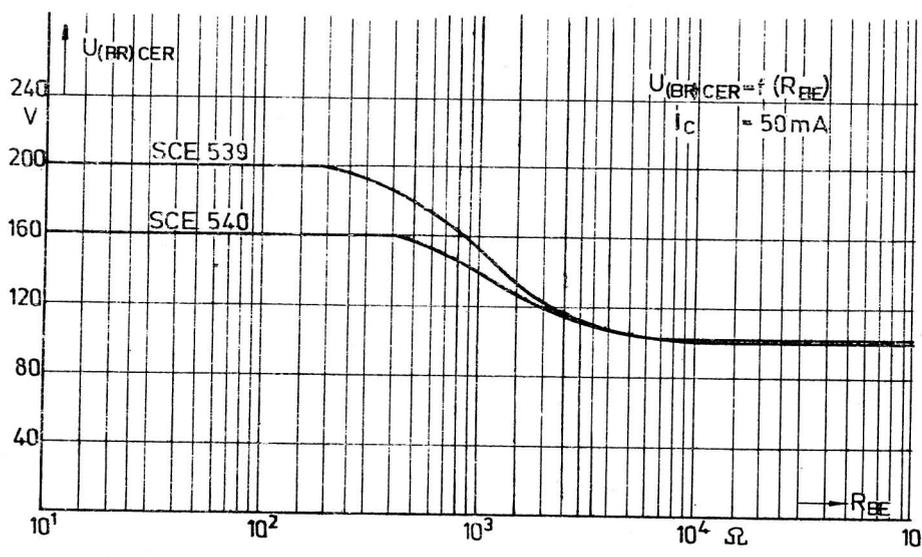
2



3

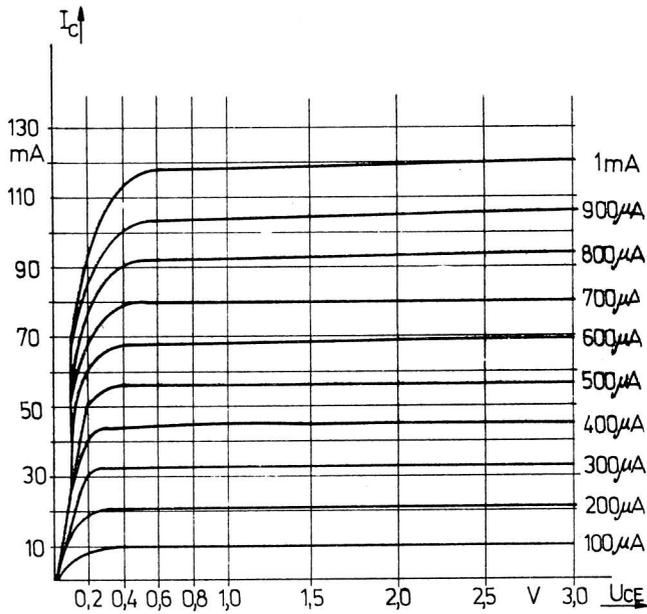


4



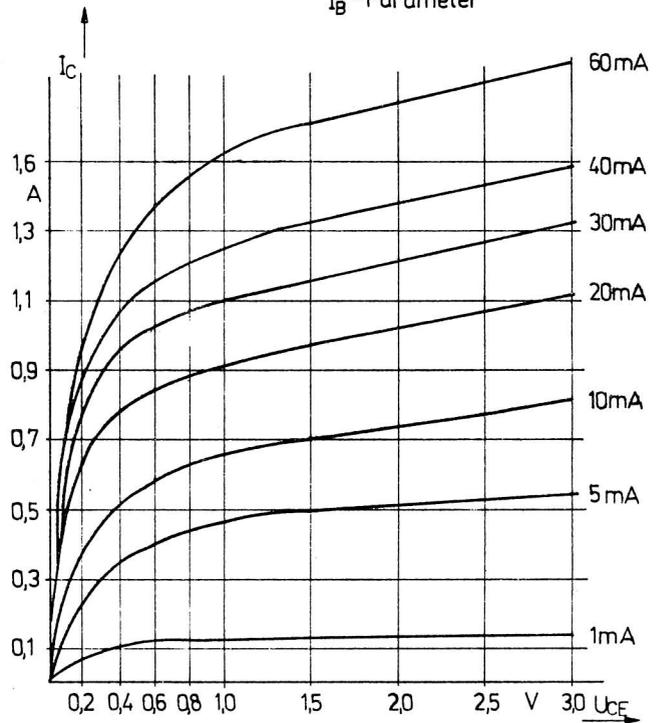
5

SCE 535/37/39
 $I_C = f(U_{CE})$
 $I_B = \text{Parameter}$



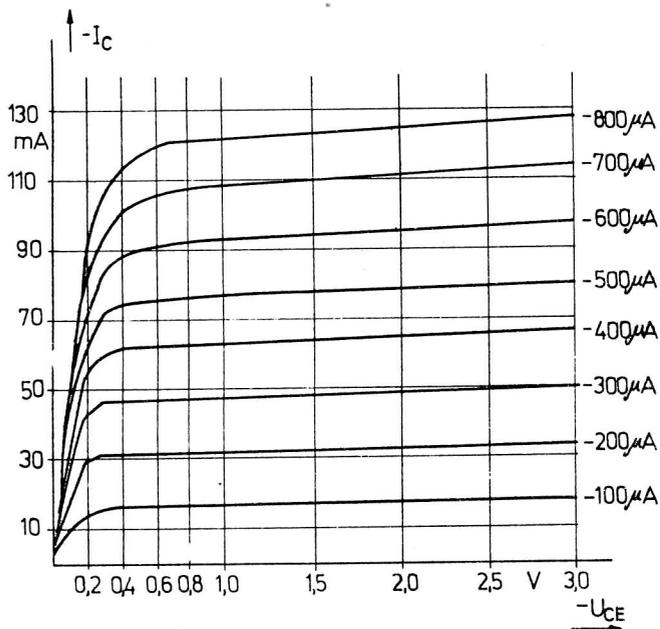
6

SCE 535/37/39C
 $I_C = f(U_{CE})$
 $I_B = \text{Parameter}$



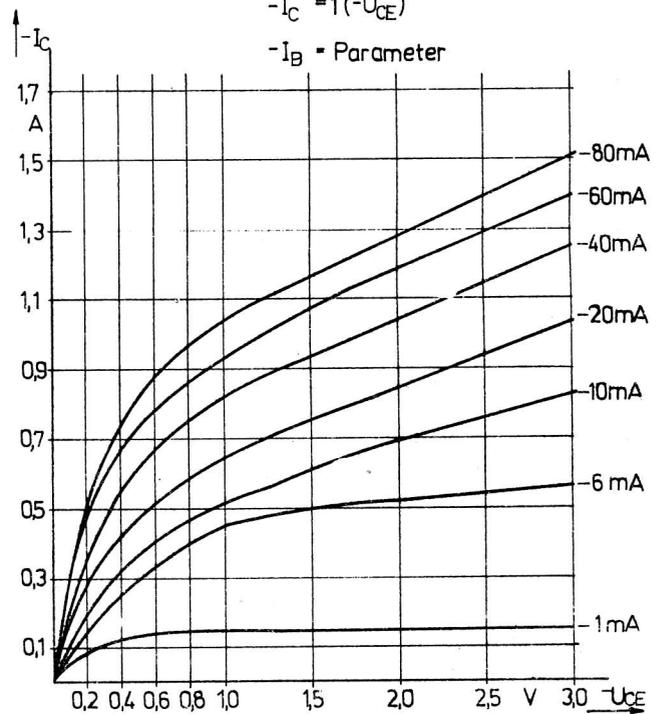
7

SCE 536/38/40C
 $-I_C = f(-U_{CE})$
 $I_B = \text{Parameter}$

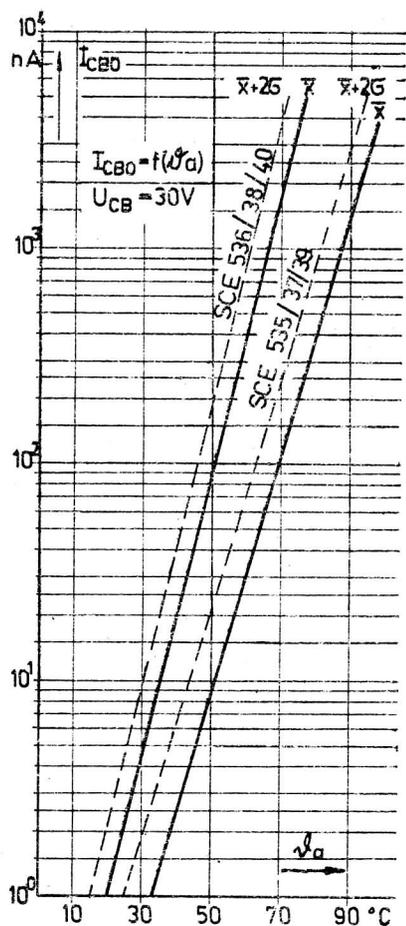


8

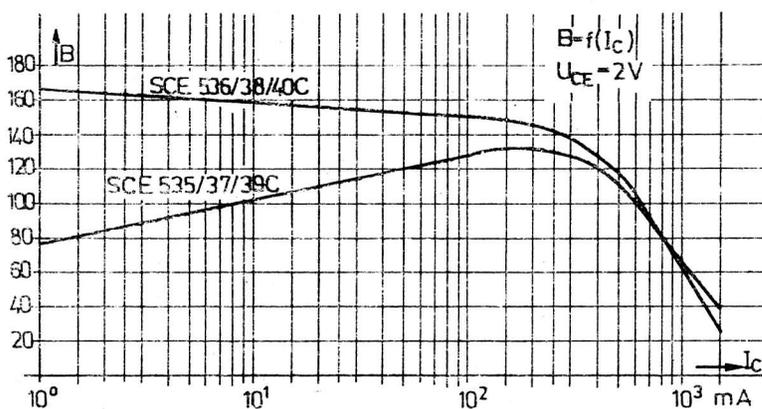
SCE 536/38/40C
 $-I_C = f(-U_{CE})$
 $I_B = \text{Parameter}$



9



10



11

Literatur

- /1/ Mikroelektronik Information Neuheiten Weiterentwicklungen 1989
VEB Kombinat Mikroelektronik (1989). S. 86 - 87
- /2/ Mikroelektronik Aktive elektronische Bauelemente Teil 2 (Taschenbuch)
VEB Kombinat Mikroelektronik (1989). S. 640 - 641
- /3/ TGL 43 100 Bauelemente der Elektronik; aufsetzbare Bauelemente; Lötigenschaften. - 1987
- /4/ TGL 43971 (E) Halbleiterbauelemente; Silizium-Niederfrequenz-Transistoren npn - SCE 535, SCE 527, SCE 539 pnp - SCE 536, SCE 538, SCE 540; Technische Bedingungen

Dipl.-Phys. Artur Friedrich; Dr. rer. nat. Hartmut Hoeger; Ing. Erhard Kunzke;
Dipl.-Ing. Günter Müller; Dipl.-Ing. Jürgen Rennecke; Dipl.-Ing. Rainer Rieger; Ing. Lutz Winkler

VEB Robotron Elektronik Dresden
Stammbetrieb des VEB Kombinat Robotron

Manuelle Verarbeitung von aufsetzbaren Bauelementen auf Leiterplatten

1. Einleitung

Das Angebot an aufsetzbaren Bauelementen (aBE) nimmt international kontinuierlich zu. Auch in der DDR hält diese Entwicklung an. Tabelle 1 gibt einen Überblick über typische, bereits eingesetzte aBE-Bauformen (s. a. /1/).

Obwohl eigentlich für die Hybridtechnik konzipiert, werden die aBE seit den siebziger Jahren auch verstärkt auf Leiterplatten (LP) eingesetzt. Dies erfolgt derzeit hauptsächlich gemeinsam mit durchsteckbaren Bauelementen (dBE). Die dabei entstehende gemischtbestückte Leiterplatte (GLP) wird bis in die neunziger Jahre dominieren.

GLP neuer Erzeugnisse müssen in den einzelnen Etappen des Überleitungsprozesses mehrfach aufgebaut bzw. gefertigt werden. Der Aufbau der GLP beim Entwickler zur Erprobung des Entwurfes, die Herstellung im Musterbau bzw. im Produktionsanlauf sind Beispiele dafür.

An das technische Niveau der Ausrüstungen für die einzelnen Überleitungsetappen werden dabei unterschiedliche Anforderungen gestellt.

Im VEB Kombinat Robotron werden für die Herstellung der GLP in den einzelnen Überleitungsetappen Technologien und dazugehörige Sonderausrüstungen für die einzelnen Kombinatbetriebe entwickelt bzw. bereitgestellt.

Schwerpunkt sind dabei zwangsläufig Ausrüstungen zur automatischen Verarbeitung von aBE. Aber auch Ausrüstungen zur manuellen Verarbeitung haben ihr Einsatzfeld. In diesem Artikel soll deshalb über Arbeitsergebnisse zur Bestückung und Kontaktierung von aBE informiert werden, die vorrangig beim Aufbau der GLP zur Erprobung des Entwurfes und im Musterbau/Produktionsanlauf angewendet werden können.

Die erarbeiteten technologischen Lösungen werden überblicksmäßig dargestellt. Detailinformationen sind in Vorbereitung befindlichen Fachartikeln zu entnehmen.

Tabelle 1: Gehäuseformen für aufsetzbare Bauelemente (DDR) - vgl. /1/

Gehäuse-Kurzbezeichnung	Bezeichnung	TGL	Anwendung	
PLCC	Plastic leaded Chip Carrier	26 713/03	für integrierte Schaltkreise	
QFP	Quad Flat Package	26 713/04	für integrierte Schaltkreise	
SOP	Small Outline Package	26 713/08	für integrierte Schaltkreise	
SOT 23	Small Outline Transistor	26 713/05	für Transistoren	
SOT 89	Small Outline Transistor	26 713/06	für Transistoren	
SOT 143	Small Outline Transistor	26 713/06	für Transistoren	
SOD 80	Small Outline Diode		für Dioden	
Chip-R	Quaderchip	Allg. techn. Bed. 43 240 (E 1/88) Techn. Bed. (BR 815) 38 532 (E 1/88)	für Widerstände	
			Vorzugsabmessung in mm	Bauform
			1,6 x 3,2 x 0,6	1206
Chip-C	Quaderchip	Allg. techn. Bed. 42 768 Techn. Bed. 42 769 (E 11/87)	für Kondensatoren	
			Vorzugsabmessungen in mm	Bauform
			1,25 x 2,0	0805
			1,6 x 3,2	1206
			2,5 x 3,2	1210
			3,2 x 4,5	1812
			5,0 x 5,7	2220
			5,0 x 6,3	2520

2. Herstellung von GLP unter Entwicklerbedingungen

2.1. Erprobungsleiterplatten

2.1.1. Aufgabe

In den verschiedenen Entwurfsstadien einer GLP ist auf der Grundlage des jeweiligen Belegungs- und Trassierungsplanes eine Erprobung des Entwurfes oder von Teilen desselben durchzuführen.

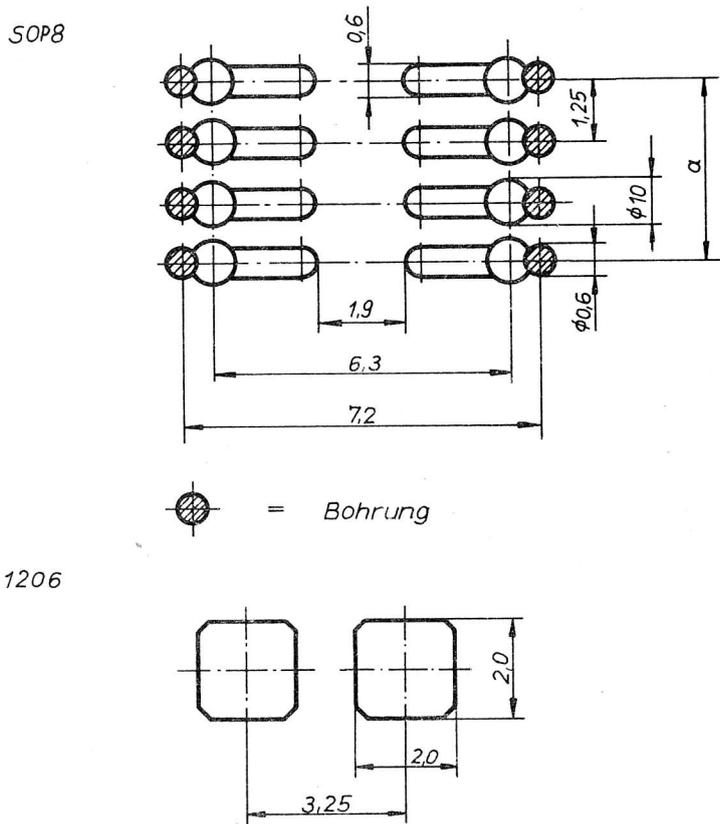
Unter den Bedingungen der reinen Durchstecktechnik wurde diese Erprobung entweder mittels einer Prototypenleiterplatte (im Kleinfertigungszentrum hergestellt) oder einer Rasterleiterplatte (handelsüblich) durchgeführt. Unter den Bedingungen der Aufsetztechnik ist für die gleiche Aufgabe die Prototypenleiterplatte ebenfalls wieder einsetzbar, die Rasterleiterplatte in der vorliegenden Form aber nicht. Der praktische Zeitaufwand von 4 ... 6 Wochen zur Herstellung der Prototypenleiterplatte im Kleinfertigungszentrum und die Notwendigkeit, diesen Vorgang infolge eventueller Änderungen mehrfach zu wiederholen, zwingt zu Lösungen, die es gestatten, die Erprobung eines Entwurfes ohne zeitliche Unterbrechung durchzuführen.

2.1.2. Anschlußflächenmakros auf Rasterleiterplatten

Eine Variante zur Verkürzung des Entwicklungsablaufes ist die Modifizierung der Rasterleiterplatte mittels Anschlußflächenmakros (AFM).

AFM sind unter Beachtung der Anforderungen aus manueller Positionierung und Kontaktierung speziell gestaltete Kontaktierflächen, die für die jeweilige Bauform des aBE entsprechend der Anschlußgeometrie auf einem kupferkaschierten Laminat (z. B. kupferkaschierter Schichtpreßstoff S2M 1060 x 560 nach TGL 11 651/08 mit 0,6/35) nach Typ-, Häufigkeits- oder funktionellen Gesichtspunkten angeordnet sind.

Bild 1 zeigt beispielhaft den Entwurf für Einzel-AFM für die aBE-Bauformen SOP 8 und Chip-C 1206.



Maßstab 1:10

Bild 1: Entwurf für Einzel-AFM
(oben SOP 8, unten Chip-C 1206)

Die Herstellung der benötigten Leiterplatten erfolgt dann nach folgendem Ablauf:

- entsprechend dem Belegungsplan benötigte AFM sind mit einer Mehrzweckschere aus dem Anschlußflächenlaminat einzeln auszuschneiden (AFM mit Loch zur Hilfsfixierung auf unkaschiertes Laminat als Zwischenlage befestigen)
- AFM für alle benötigten aBE-Bauformen auf Rasterleiterplatte nach Belegungsplan plazieren und punktförmig ankleben.

2.2. Aufbau der GLP

2.2.1. Durchlaufschema

Voraussetzung für die Erarbeitung der technologischen Lösung war die Annahme, daß der Aufbau der GLP durch den Entwickler unter einfachsten Bedingungen erfolgt und daß pro LP-Typ eine GLP aufgebaut wird.

Tabelle 2 zeigt das Durchlaufschema für den Aufbau der GLP (die entwickelten Sonderausrüstungen sind durch Begriffe in Großbuchstaben in der Tabelle gekennzeichnet). Spezielle Informationen bis zur detaillierten Arbeitsvorschrift für die einzelnen Arbeitsoperationen sind /2/ und /3/ zu entnehmen.

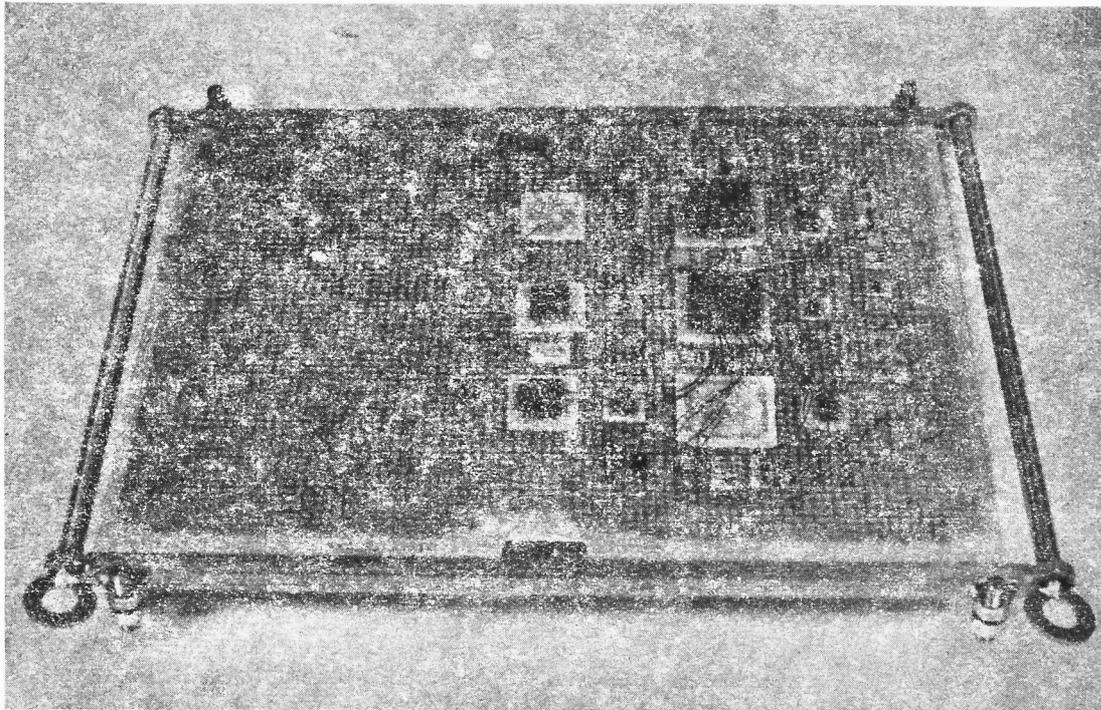


Bild 2: LPA mit eingespannter Raster-LP und verdrahteten aBE
(Foto: B.Netzband)

2.2.2. Kleinausrüstungen zur Herstellung der GLP

Die benötigten Kleinausrüstungen sind Bestandteil einer Entwicklerlabortechnologie und der dazu gehörigen Ausrüstungsliste (30 Positionen) von handelsüblichen und Sonderausrüstungen. Nachfolgend werden die in Tabelle 2 mit Großbuchstaben angeführten Sonderausrüstungen stichpunktartig vorgestellt.

2.2.2.1. Leiterplattenaufnahme (LPA)

Lösung:

- verstellbare Aufnahme aus handelsüblichen Gewindestangen und Normteilen (Mutter, Unterlegscheibe).

Bild 2 zeigt eine LPA mit eingespannter Raster-LP und verdrahteten aBE.

Einsatzmöglichkeit:

- wechselseitige beiderseitige Positionierung und Kontaktierung von aBE/dBE
- verschiedenste Bauhöhen auf L-und/oder B-Seite werden durch vier verstellbare Gewindestifte (in Z-Richtung an LPA angeordnet) berücksichtigt
- Prinzip ist für alle LP-Abmessungen einsetzbar.

2.2.2.2. BE-Speicher

Lösung:

- Rundschaftel (\varnothing 48 mm) mit Deckel ohne/mit spezifischen Einsätzen für Chip (Sortiertableau) oder SOT 23/SOT 143 (Manipermfolie)

Bild 3 zeigt einen Sortiertableaueinsatz für Chip 1206.

Der ungeordnete Zustand (linker Bildteil) kann durch kreisartige Bewegungen in einen geordneten Zustand (rechter Bildteil) überführt werden.

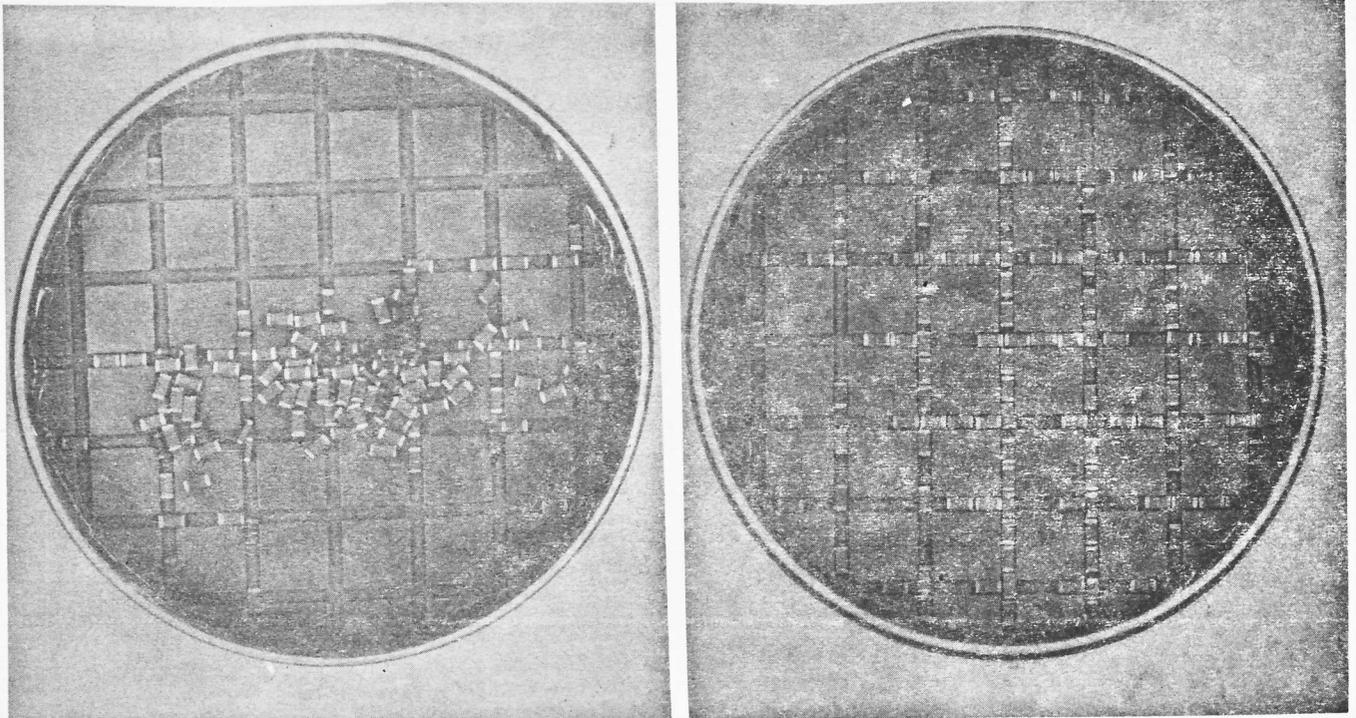


Bild 3: Sortiertableaueinsatz für Chip 1206 (Foto: B. Netzband)
(links: ungeordneter Zustand, rechts: geordneter Zustand)

Tabelle 2: Durchlaufschema für den Aufbau einer GLP

lfd. Nr.	AG	Technologischer Ablauf	
		Raster-LP	Prototyp-LP
1	LP-Modifizierung	- AFM aus Laminat schneiden und auf Raster-LP nach Belegungsplan kleben	-
2	Bestücken	- LP in LEITERPLATTENAUFNAHME legen - aBE aus BE-SPEICHER mit POSITIONIER-SAUGSTIFT entnehmen - aBE auf LP (AFM) platzieren - dBE bestücken	} nach jedem BE erfolgt ein kontaktieren
3	Kontaktieren	- Kontaktierung aBE - Kontaktierung dBE	mit Lötkolben Delta R50/2
4	Verdrahtung	- Verdrahtung aBE/dBE nach Trassierungsplan legen	-
5	Inbetriebnahme	- Inbetriebnahme der GLP	
6	aBE-Wechsel	- Verdrahtung lösen	-
		- Entlöten von aBE mit HEISZLUFT-HANDLÖTEINRICHTUNG (Chip, SOT, SOD, SOP 8) und/oder LÖTPINZETTE (Chip, SOT, SOD, SOP 8 ... SOP 16) und AUSLÖTPROFILE (CC) - Auflöten von aBE mit Delta R 50/2 oder Heißlufthandlöteinrichtung/Lötpinzette - Aus- und Einlöten von dBE mit Delta R 50/2	

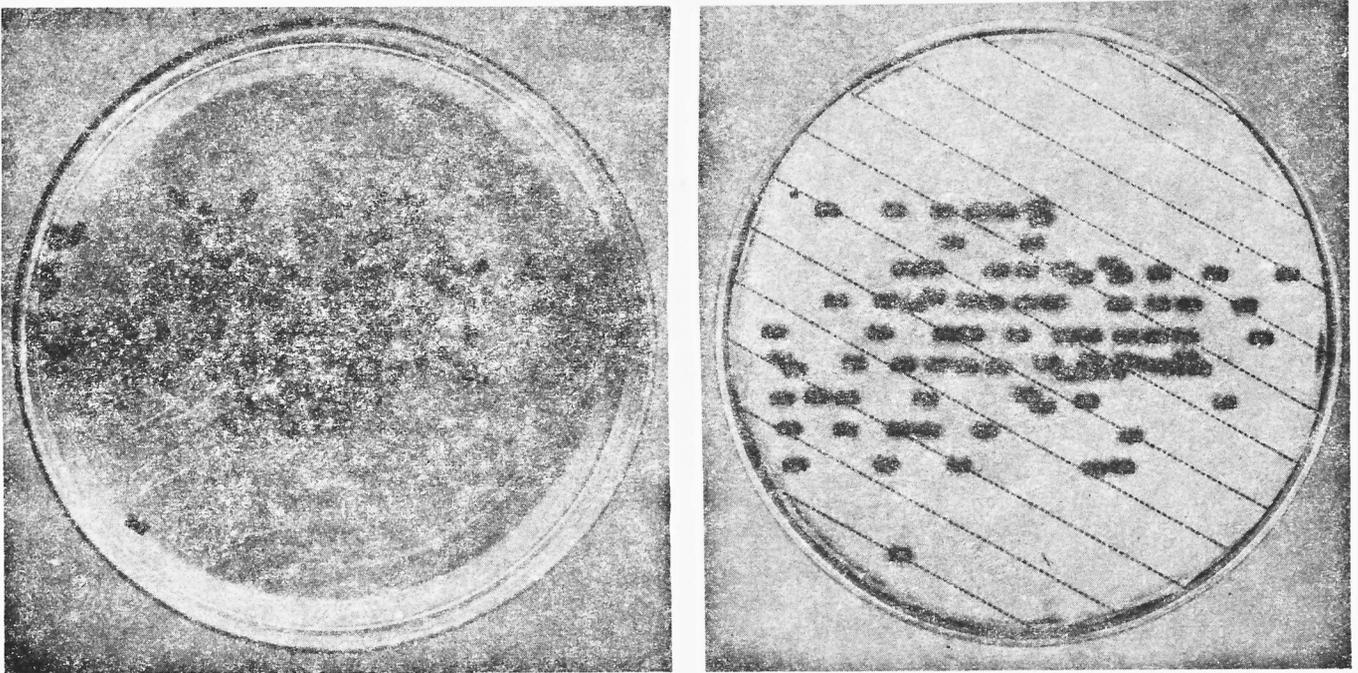


Bild 4: Manipulereinsatz für SOT 23 (Foto: B. Metzband)
(links: ungeordneter Zustand, rechts: geordneter Zustand)

Bild 4 zeigt einen Manipulereinsatz für SOT 23. Der ungeordnete Zustand (linker Bildteil) kann durch "tippen" auf den Deckel der Rundschachtel in den geordneten Zustand (rechter Bildteil) überführt werden.

Einsatzmöglichkeit:

- einsetzbar für alle aBE-Bauformen
- Bei Bedarf (Chip-C) auf Wärmeplatte aufsetzbar.

2.2.2.3. Positioniersaugstift

Lösung:

- Variante 1: Positioniersaugstift mit Vakuumsteuerung über Zeigefinger
- Variante 2: Positioniersaugstift mit Vakuumsteuerung über rastenden Stift.

Einsatzmöglichkeit:

- mit zwei dazugehörigen Aufsätzen (wechselbar) sind beide Varianten für alle aBE-Bauformen einsetzbar
- mit Variante 1 sind horizontale Drehbewegungen durch Zeigefingersteuerung nur bis 180° möglich und sie sind, wenn notwendig (Polarität), durch horizontale Drehung der zu bestückenden LP mit LPA zu ergänzen
- mit Variante 2 sind horizontale Drehbewegungen ohne Probleme bis 360° möglich. Deshalb einsetzen, wenn LP infolge Größe ($> 300 \times 300$ mm) schlecht in der Ebene gedreht werden kann.

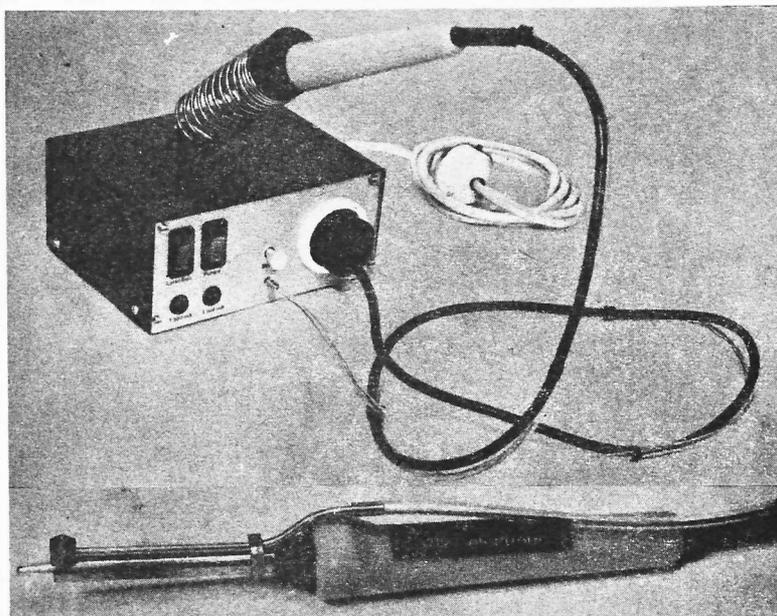


Bild 5: Steuergerät mit abgelegtem LötKolben und Detailaufnahme des LötKolbens
(Foto: B. Netzband)

2.2.2.4. Heißluft-Handlöteinrichtung

Lösung:

- handelsüblicher temperaturgeregelter LötKolben Delta R 50/2 wurde durch An- (Luftzuführung) und Einbauten (Wendelführung zum Aufwärmen der Luft) verändert. Dazugehöriges Steuergerät gestattet eine Steuerung der Luftmenge. Das Gehäuse für das Steuergerät nimmt die Luftversorgung und die LötKolbenablage auf.

Bild 5 zeigt das Steuergerät mit abgelegtem LötKolben und den modifizierten LötKolben.

Einsatzmöglichkeit:

- Entlöten und Wiederauflöten von aBE mit vier oder weniger Anschlüssen
- Nachlöten einzelner Anschlüsse an mehrpoligen aBE, speziell für aBE mit geringem Abstand der einzelnen Anschlüsse (CC, SOP).

2.2.2.5. Lötpinzette

Lösung:

- handelsübliche Lötnadeln mit speziell gestalteten Lötspitzen werden pinzettenartig angeordnet und besitzen eigene Spannungsversorgung.

Bild 6 zeigt eine Lötpinzette mit Steuergerät (Labormuster).

Einsatzmöglichkeit:

- Entlöten und Wiederauflöten von aBE der Bauformen Chip-R/C, SOT und SOP 8 ... SOP 16.

2.2.2.6. Auslötprofile

Lösung:

- nach jeweiliger aBE-Anschlußkontur speziell gestaltete Lötspitzeneinsätze für handelsübliche LötKolben.

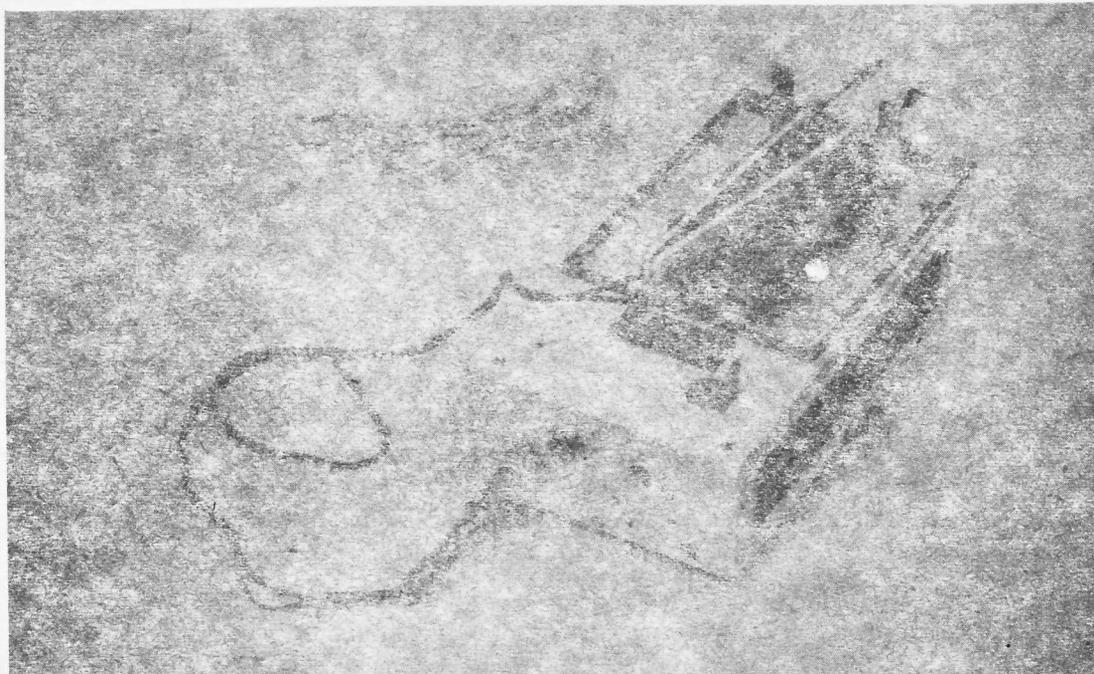


Bild 6: Lötspitze mit Steuergerät (Labormuster) (Foto: B. Netzband)

Einsatzmöglichkeit:

Grundsätzlich für alle aBE-Bauformen einsetzbar. Aus technologischen Gründen werden die Auslötprofile schrittweise durch die Heißlufthandlötteinrichtung bzw. Lötspitze ersetzt. Derzeitig sind praktisch nur noch die Lötkeleinsätze für CC im Einsatz.

3. Bestückung, Kontaktierung und Reparatur in der GLP-Fertigung

3.1. Allgemeines

Grundlage für die erarbeiteten Lösungen waren folgende Randbedingungen.

LP-Spektrum:

- NDKL, DKL, MLL mit Lötstopplack und Lötbeschutzlack (NDKL) versehen.

aBE-Spektrum:

- Chip-R, Chip-C (0805, 1206, 1210, 1812, 2220), SOD 80, SOT 23, SOT 89, SOT 143 für **simultane**
- CC, SOP für **sequentielle** Kontaktierung.

aBE-Anordnung:

- für **simultane** Kontaktierung aBE auf Lötseite der dBE
- für **sequentielle** Kontaktierung - in begrenzter Stückzahl (< 5 aBE/LP) auf Lötseite der dBE.

Kontaktierverfahren:

- simultane Kontaktierung - Schwallöten
- sequentielle Kontaktierung - Reflowlöten.

Einsatzgebiet Ausrüstungen:

- Musterbau
- Produktionsanlauf.

3.2. Bestückung

3.2.1. Allgemeines

Im Unterschied zur Bestückung mit dBE, bei der die Fixierung des dBE bis zur erfolgten Kontaktierung in der Regel beim Positionieren zwangsläufig durch die Zuordnung LP-Bohrung/profilierter Anschluß erfolgt, sind bei der Bestückung mit aBE mit nachfolgender Simultankontaktierung die getrennten Arbeitsoperationen Fixieren und Positionieren notwendig.

Nach /4/ wird für das Bestücken von GLP folgende Definition vorgeschlagen: die Bestückung beinhaltet das örtlich definierte Aufsetzen oder Durchstecken von BE auf oder in Kontaktierflächen eines BE-Trägers (= Positionieren) mit paralleler oder nachfolgender Sicherung des BE (= Fixieren) auf seiner Position bis zur erfolgten Kontaktierung.

Die Sicherung der aBE bis zum Kontaktieren erfolgt beim Schwallöten mittels Klebstoff.

Für die Bestückung mit aBE ergibt sich damit folgender Ablauf:

- Klebstoffauftrag (Fixieren)
- Aufsetzen von aBE (Positionieren)
- Aushärten/Trocknen Klebstoff (Fixieren).

Bei der Ausweisung der Vorteile der Aufsetztechnik wird darauf verwiesen, daß die Effekte der neuen Technik erst bei automatischer Bestückung bzw. Positionierung voll wirksam werden.

Diese Feststellung schließt aber nicht aus, daß eine manuelle Bestückung u. a. aus nachstehenden Gründen notwendig wird:

- infolge der schrittweisen Einführung der aBE werden viele GLP-Fertiger anfangs geringere aBE-Stückzahlen pro Jahr verarbeiten; wirtschaftliche Aspekte sprechen hier gegen den Einsatz von Positionierautomaten
- Beschaffbarkeit von Positionierautomaten
- Anforderungen der Positionierautomaten an das technisch-organisatorische Umfeld und dessen Realisierungsstand (Gurtverpackung, Geometrie und Toleranzen von LP/aBE).

Diese Faktoren bedingen bis auf weiteres auch eine manuelle Bestückung bis zu einer bestimmten Grenzstückzahl.

3.2.2. Fixieren

3.2.2.1. Klebstoffauswahl

Die Anforderungen, die an einen Klebstoff zur Fixierung von aBE für das Schwallöten gestellt werden, sind vielseitig und teilweise widersprüchlich.

Ein Klebstoff, der alle Anforderungen erfüllt, ist auch international noch nicht vorhanden.

Für die meisten Anwendungsfälle und ihre spezifischen Anforderungen sind aber bereits Klebstoffe vorhanden.

Es ist deshalb grundsätzlich notwendig, daß die allgemein bekannten Anforderungen (schwallötbeständig, aBE ablösbar usw.) durch spezifische Anforderungen für den konkreten Anwendungsfall festgelegt werden, z. B.:

- LP-Art (z. B. DKL)
- Oberflächenzustand der Klebpartner (z. B. Art des Lötstopplackes)
- aBE-Spektrum (z. B. Chip und SOT)
- Wahl des Klebstoffauftrages (z. B. Dossierprinzip)

- Produktivität der Auftragseinrichtung
- maximale Aushärtetemperatur in Abhängigkeit der Bestückungsrangfolge (dBE/aBE) und dem dBE-Spektrum.

In Abhängigkeit dieser Anforderungen ist der jeweilige Klebstoff auszuwählen.

Die in der Fachliteratur infolge Löten im Schwallbad geforderte Wärmebeständigkeit der Klebstoffe von ca. 250 °C über einen Bereich von 10 ... 20 s ist nicht notwendig.

Die benötigte Wärmebeständigkeit richtet sich nach der Temperatur in der Klebefuge zwischen aBE und LP. Diese beträgt je nach aBE-Beuform (Chip ... CG) bzw. zu lötender LP-Art (NDKL ... MLL) nur 90 ... 160 °C.

Demit erhöht sich das Spektrum der einsetzbaren Klebstoffe.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnis und den Anforderungen an den konkreten Anwendungsfall wurde gemeinsam mit dem Werk Schuhchemie Erfurt ein Klebstoff auf der Basis von Synthetikgummi für den Einsatz zum Fixieren von aBE modifiziert. Die charakteristischen Daten des Klebstoffes enthält Tabelle 3.

Die Vorteile sind:

- ausgezeichnete Anfangs- bzw. Naßhaftfestigkeit
- absolut keine Beschädigung von BE, LP im Reparaturfall, da Kitt ständig thermoplastisch
- kg-Preis: ca. 10,- M/kg
- Verarbeitungsdauer: 3 Tage in Dosiereinrichtung
- Lagerdauer unter Normalbedingungen: ca. 6 Monate.

Tabelle 3: Entwicklungsprodukt 40019

Parameterart	Arbeitsstand
nachgewiesenes aBE-Spektrum	alle Chip-R-Bauformen alle Chip-C-Bauformen alle SOT-Bauformen
nachgewiesenes LP-Spektrum	NDKL, DKL, MLL mit Lötstopplack/Lotschutzlack
Anfangshaftfestigkeit (Naßhaftfestigkeit)	sehr gut
Lotbadbeständigkeit	in Einfachwelle mit/ohne Schwingungsbeaufschlagung nachgewiesen
aBE-Wechsel	ohne Probleme mit allen existierenden Kontaktieraus- rüstungen (Klebstoff stets im plast. Zustand)
Klebstoffauftrag	Dosierprinzip
Trocknung	70 °C/1 h
kompl. Verarbeitungs- technologie	AV 3.2 von RED/E 336 /2/
Hersteller	VEB Schuhdesign Weißenfels Werk Schuhchemie Erfurt (Auslieferung über: RED/E 3)
Preis	10,- M/kg

Der Einsatz des Klebstoffes ist mit gutem Erfolg für alle Chip- und SOT-Bauformen auf NDKL, DKL und MLL bei manuellem Auftrag mittels Dosierprinzip nachgewiesen.

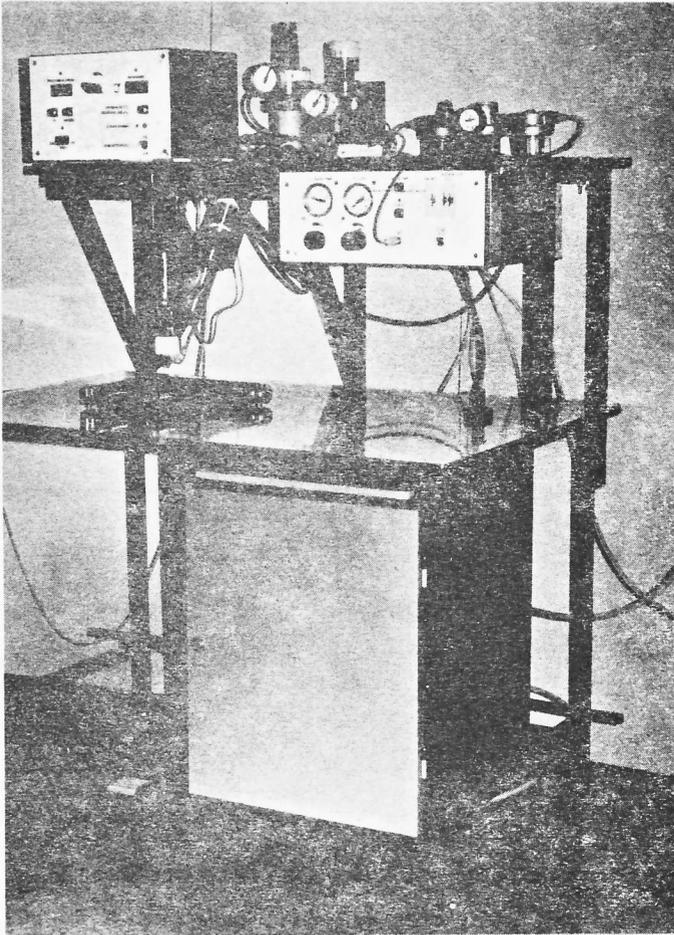


Bild 7: Labormuster des DKaB 02 (Foto: B. Netzband)

3.2.2.2. Klebstoffauftrag

Für den Klebstoffauftrag wird die im VEB Kombinat Robotron entwickelte Dosiereinrichtung DKaB 02 eingesetzt.

Bild 7 zeigt ein Labormuster des DKaB 02.

Leiterplatten bis zu Abmessungen von 300 x 350 mm² werden in einer stufenlos verstellbaren LP-Aufnahme fixiert.

Die Position des Klebstoffpunktes wird durch einen auf die LP projizierten Lichtpunkt vorgegeben. Der aufzutragende Klebstoff befindet sich in einem wechselbaren Vorratsbehälter. Durch Wahl von Auftragszeit (0,2 ... 9,9 s), Druck (bis 400 kPa) und Abstand der Kanüle von der LP wird die Punktgröße bestimmt.

Die Größe und die Anzahl der Punkte werden für jede aBE-Bauform differenziert in /2/ vorgegeben. Der Dosierkopf mit dem Vorratsbehälter ist bei Bedarf aus Gründen der Viskositätseinstellung bzw. Lösungsmittelreduzierung heizbar (Erwärmung des Klebstoffes bis 90 °C).

Die Dosiereinrichtung ist für das Entwicklungsprodukt 40019 und für alle anderen Klebstoffe für aBE einsetzbar.

Beim ausgewählten Klebstoff ist statt der allgemein üblichen Härtung nur eine Trocknung notwendig. Sie kann in jedem Ofentyp durchgeführt werden, der die Trockenparameter (Temperatur: 70 °C, Zeit: 1 h) realisiert.

3.2.3. Positionierung

Die manuelle Positionierung von aBE stellt wesentlich höhere Anforderungen an die Arbeitskräfte als die von dBE.

Mit folgenden erschwerten Bedingungen muß bei der Verarbeitung von aBE gerechnet werden:

- kleine Abmessungen der BE (z. B. 2 x 1,25 mm² für Chip 0805)
- kleinerer Raster
- fehlende Montagehilfe (Loch/Anschluß)
- teilweise fehlende BE-Kennzeichnung (R/C-Chip)
- Fixiermittel (Klebstoff, Lotpaste) befindet sich bereits auf der LP
- gemischtbestückte beiderseitige Anordnung von dBE/aBE
- vergrößertes Bauformenspektrum für bestimmte BE-Kategorien, z. B. für integrierte Schaltkreise - CC, SOP, QFP mit jeweils möglicher unterschiedlicher Anschlußgestaltung (L-, J-, Z-Anschlüsse)
- vergrößerte Anzahl von Verpackungsvarianten.

Aus diesen Gründen wurden zur Entlastung der Arbeitskraft bei der Entwicklung eines Handpositionierarbeitsplatzes spezielle arbeitswissenschaftliche Aspekte beachtet.

Es wurde weiterhin davon ausgegangen, daß

- der Klebstoffauftrag an einem vorgelagerten Arbeitsplatz und
- die Bestückung der dBE nach der Trocknung an einem nachgelagerten Handbestückungstisch erfolgt
- relativ große Losgrößen (pro Schicht max. ein LP-Typ) vorliegen.

Entwicklungsergebnis ist ein modularer Handpositioniertisch für aBE (HPaB 02), die in unterschiedlichsten Verpackungen (Stangenmagazin, Gurt, Schüttgut) angeliefert werden.

Die Baugruppe I (BG I) beinhaltet die Leiterplattenaufnahme, eine bewegliche Armablage mit Aufnahmemöglichkeit für fünf Griffschalen und eine vakuumunterstützte Positionierhilfe, die es gestattet, aBE in jeder beliebigen Winkellage auf der LP zu positionieren. Die BG II, als seitliche Speicherbaugruppe für Chip und SOT vorgesehen, ist in der Variante für aBE in Stangenmagazinen dargestellt. Andere Varianten sind die Ausführungen für aBE in Gurtverpackungen bzw. Schüttgutform. Die BG III enthält Module für die aBE-Bauformen SOP und CC. Wahlweise lassen sich auch hier Gurtmodule auch für andere aBE-Bauformen einschieben.

Die BG IV ist eine Beistelleinheit zur Aufnahme von Kleinwerkzeugen.

Im Bild 8 ist die Anordnungsvariante im Foto dargestellt.

Bild 10 zeigt ausschnittsweise Teile der BG I. Deutlich erkennbar eine Schablone, die zur Erleichterung der Positionierung über Stifte geführt auf der Leiterplatte liegt und entsprechende Ausschnitte zur Aufnahme der aBE aufweist.

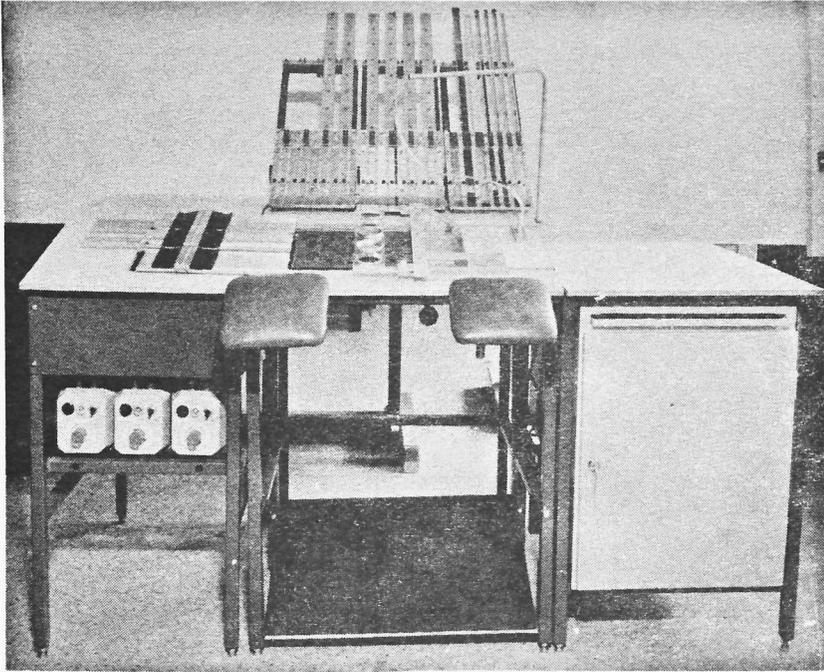


Bild 8: Modularer Handpositioniertisch HPaB 02 (Foto: B. Netzband)

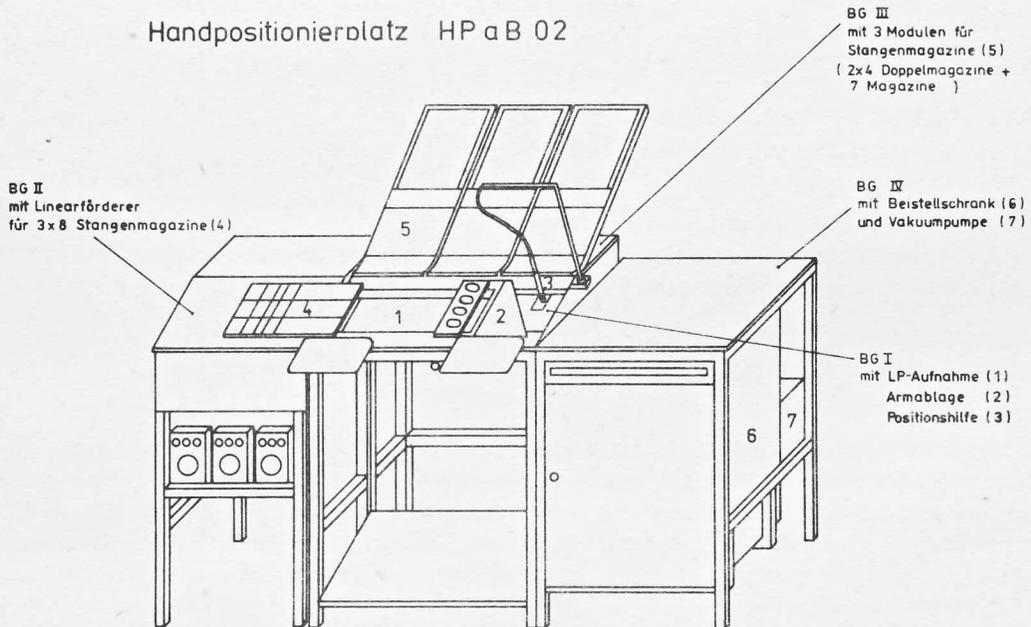


Bild 9: Anordnungsvariante des HPaB 02

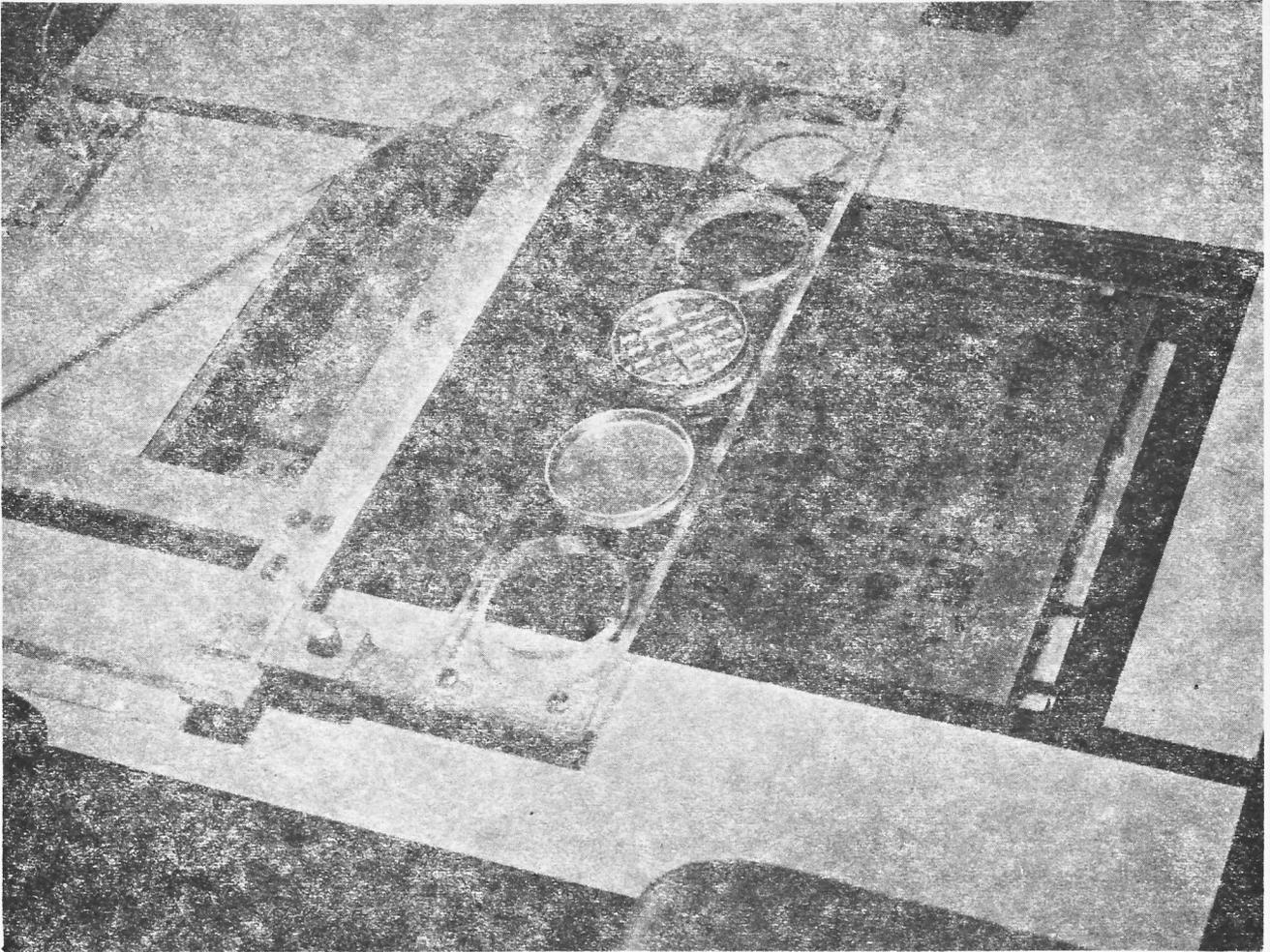


Bild 10: Teile der BG I (Foto: H. Siegert)

3.3. Kontaktierung

3.3.1. Simultane Kontaktierung

Neben dem aus der Durchstecktechnik bekannten Schwallötverfahren werden in der Aufsetztechnik auch Reflowkontaktierverfahren (Infrarot, Dampfphase) eingesetzt.

Das einzusetzende Kontaktierverfahren ist von den Faktoren:

- reine Aufsetztechnik oder gemischte Bestückung auf der LP
 - Anordnung der aBE auf einer oder zwei Seiten der LP
 - Art der eingesetzten aBE-Bauform und der Leiterplattenart
- abhängig.

Folgende grundsätzliche Richtungen sind anwendbar:

- Bei reiner Aufsetztechnik und speziell beim Einsatz von vielpoligen aBE-Bauformen (z. B. CC) ist unabhängig von der Anordnung der aBE auf einer oder zwei Seiten der LP ein Reflowlötverfahren (z. B. Infrarot) zu empfehlen. Beim Einsatz von niederpoligen aBE-Bauformen (Chip/SOT) ist aber auch ein Schwallötverfahren einsetzbar.
- Bei gemischter Bestückung und Anordnung der aBE und der dBE auf der B-Seite der LP ist ebenfalls ein Reflowlötverfahren für die aBE zu empfehlen.

- Bei gemischter Bestückung und Anordnung der aBE-Bauformen Chip, SOT, SOP auf der L-Seite der dBE ist ein Schwallötverfahren einsetzbar. PLCC sind bei dieser Konfiguration entweder mittels Einzelkontaktierung nachzusetzen bzw. ist der erhöhte Lötfehleranteil an diesen Bauelementen zu beseitigen.

Auf der Grundlage der Vorgaben in Abschn. 3.1. zum aBE-Spektrum wurde das Schwallötverfahren gewählt.

Es ist das effektivste Kontaktierverfahren, das GLP mit der vorgegebenen dBE/aBE-Anordnung in einer Arbeitsoperation simultan kontaktiert.

Seine Einsatzgrenzen liegen bei der Anwendung von:

- Sondersubstraten als Trägermaterial
- aBE im Raster ≤ 1 mm
- wärmeempfindlicher aBE-Bauformen.

3.3.2. Kontaktieren mit der SLM 003

Für das Schwallöten von GLP stehen effektive Lötmaschinen (z. B. Doppelwellenlötmaschine) zur Verfügung, die eine Kontaktierung von GLP mit einer Lötfehlertrate $\leq 0,5$ % ermöglichen. Für einen sofortigen Einstieg in die GLP-Fertigung wurde die in der DDR weit verbreitete SLM 003 gewählt. In Anlehnung an die bereits existierenden Verfahrensrichtlinien für das Schwallöten von dBE auf der SLM 003 wurde eine Kontaktiertechnologie für die Bauformen Chip 0805 ... 2220; SOT 23, SOT 143 und beliebige dBE auf NDKL und DKL erarbeitet.

Für die SLM 003 wurde dabei eine spezielle Düsenform (Düse CM) entwickelt.

Als Flußmittel wurde FM "B", als Lot wird LSn63 eingesetzt. Anforderungen an aBE (Lötbarkeit) und LP (Layout, Lötbarkeit) sind in gesonderten Arbeitsvorschriften /3/ zusammengefaßt.

Für die Beurteilung der Lötergebnisse wurde ein Werkstandard (KROS 0343) erarbeitet. Die Lötfehlertrate für die erarbeitete Technologie liegt bei $\leq 0,7$ %.

3.3.3. Sequentielle Kontaktierung

Im Abschn. 3.1. wurden aus ökonomischen Gründen für die L-Seite der LP in begrenzter Zahl (≤ 5) die Bauformen SOP und CC zugelassen.

Diese Bauformen werden sequentiell mit der Reparaturlöteneinrichtung für aBE (RaB 10) auf die LP kontaktiert. Der RaB 10, hauptsächlich für den aBE-Wechsel im Reparaturfall entwickelt, ist auch für das sequentielle Kontaktieren einsetzbar.

Bild 11 zeigt den RaB 10. Er besteht aus folgenden Hauptbaugruppen:

- Kontaktier- und Abzugseinrichtung
- Positioniertisch
- Luftversorgung
- Heizung
- Steuerung
- Kontrolloptik.

Die sequentielle Kontaktierung erfolgt nach der simultanen Kontaktierung mittels Schwall.

Die Kontaktierflächen auf der LP werden somit im Schwall ausreichend vorbelotet. Zusätzlich müssen die Anschlüsse der aBE für eine qualitätsgerechte Kontaktierung eine SnPb-Schicht ≤ 20 μ m besitzen. Dies erfolgt in vorheriger Zusatzbelotung mittels modifiziertem Lötbarkeitsprüfgerät LP1 entsprechend Arbeitsvorschrift 2.1 /2/.

3.4. Bauelementewechsel

Aus verschiedenen Gründen kann nach der Prüfung der GLP ein Wechsel einzelner aBE notwendig sein. Bei aufgeklebten aBE sind dabei zusätzlich die Haftkräfte zu überwinden, mit denen der Klebstoff aBE und LP verbindet.

Bei bisher eingesetzten Epoxydharzklebstoffen ist deshalb das aBE nach dem notwendigen Aufschmelzen der Lötstellen nur mittels zusätzlicher mechanischer Kräfte von der LP lösbar.

Dies führt teilweise zur Beschädigung der LP. Der vorgeschlagene Klebstoff 40019 befindet sich ständig in einem plastischen Zustand. Er setzt deshalb beim aBE-Wechsel keinen nennenswerten Widerstand entgegen.

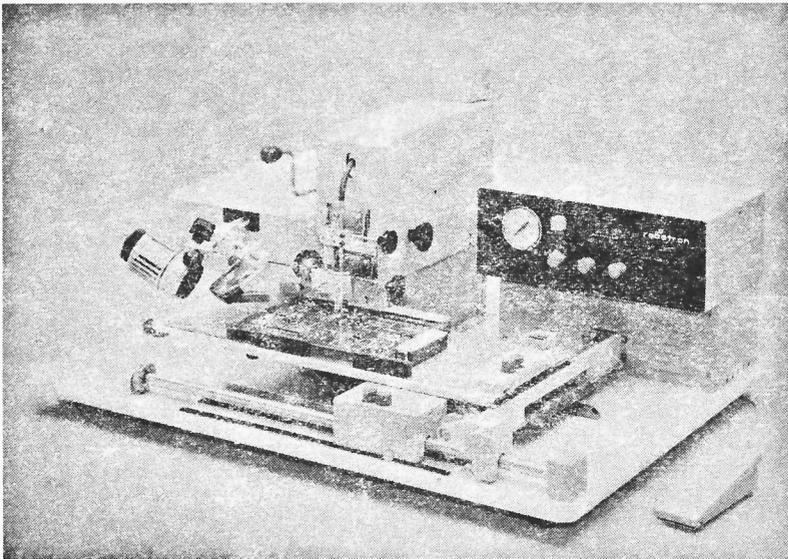


Bild 11: Reparaturlötteinrichtung RaB 10 (Foto: B. Netzband)

Es können damit grundsätzlich alle Reflowauslötvverfahren eingesetzt werden.

Für den konkreten aBE-Wechsel werden die bereits erwähnten Ausrüstungen Heißlufthandeinrichtung, Lötpinzette (Abschn. 2.2.2.) und RaB 10 (Abschn. 3.3.2.) eingesetzt.

Mit den Ausrüstungen lassen sich folgende aBE-Bauformen wechseln bzw. entfernen:

- Chip, SOT - Heißluft-Handlötteinrichtung
- Chip, SOT, SOP 8 ... SOP 16 - Lötpinzette
- SOP, CC, QFP - RaB 10.

Für das anschließende Auflöten diskreter aBE kann vorteilhaft auch ein HandlötKolben R 50/2 eingesetzt werden.

Literatur

- /1/ Merbold, G.: Neue Tendenzen in der zukünftigen Technologieentwicklung durch oberflächenmontierbare Bauelemente und ihre Anwendung
Applikative Information, Berlin 10 (1989)3, S. 6-19
- /2/ Entwicklerlabortechnologie zur Herstellung gemischtbestückter oder aufsetzbestückter Entwicklerleiterplatten
(Abschlußbericht 9/87 - RED/E 336)
VEB Robotron Elektronik Dresden
- /3/ Technologische Kette für die GLP-Fertigung
(Themenbericht zum Thema 0549 - RED/E 336 - Ausgabe 8/88)
VEB Robotron Elektronik Dresden
- /4/ Eichler, D.; Hoeger, H.; Rennecke, J.: Untersuchung zur Technologie aufsetzbarer Bauelemente auf Leiterplatten (Vortrag)
XI. Tagung "Wissensch. Fortschritte der Elektronik-Technologie" TU Dresden - 2/1986

