

### 3. Systembetrachtung

Ohne die Miniaturisierungstechniken im einzelnen zu betrachten, kann man grundsätzliche Möglichkeiten, Probleme und Grenzen untersuchen, die bei einem System der Verkleinerung elektronischer Anordnungen auftreten müssen.

Aus den hierbei gefundenen Erkenntnissen lassen sich Richtlinien für den Entwurf und Maßstäbe für die Beurteilung der verschiedenen Miniaturisierungsmethoden gewinnen.

#### 3.1 Miniaturisierung diskreter Schaltelemente

Bei der Miniaturisierung diskreter, also mit separaten Trägerkörpern ausgestatteter Schaltelemente verschärfen sich zunächst die Anforderungen an die absolute Fertigungsgenauigkeit der geometrischen Dimensionen, wenn sich die Toleranzen der elektrischen Parameter der Schaltelemente nicht verschlechtern sollen. Beispielsweise muß die Präzision der Fertigungs-, Abgleich- und Justierautomaten für die Bauelemente gesteigert werden, was zu wachsenden Herstellkosten führt. Bei den Widerständen erhöht sich die Temperatur, wenn die gleiche Verlustwärme je Zeiteinheit von verkleinerter Oberfläche abgeführt werden muß, was stärkere Abweichung der Widerstandswerte im Betrieb gegenüber dem unbelasteten Zustand verursacht. Die Entwicklung temperaturunabhängiger Widerstandsmaterialien ist daher eine weitere Aufgabe der Miniaturisierung. Bei den Kondensatoren werden die Dicken der Dielektriken und Leitungsbeläge zu verringern sein, was die Entwicklung von dielektrischen Materialien höherer Dielektrizitätskonstante und Durchschlagsfestigkeit bei möglichst kleinem Verlustwinkel notwendig macht. Bei den Spulen ist es die Permeabilität der Ferritkerne, die gesteigert werden muß, bei den Halbleiterschaltelementen bedürfen die Kapseln, die das 10 bis 100fache des Kristallvolums besitzen, besonderer Verkleinerung. Mathematische Untersuchungen und Grenzbetrachtungen finden sich in der Literatur [A2/4]. Es entstehen aber keine grundsätzlich neuen Probleme bei der Miniaturisierung diskreter Schaltelemente. Neue Gesichtspunkte treten erst hinzu, wenn die einzelnen Elemente zu elektronischen Funktionseinheiten zusammengeschaltet und untrennbar in eine mechanisch praktikable Packung gebracht werden, die mit äußeren Anschlüssen versehen und als Konstruktionseinheit behandelt werden kann. Die hierbei auftretenden Probleme sind in den folgenden Betrachtungen über die körperliche Integration elektronischer Schaltelemente eingeschlossen und dort entnehmbar.