

2. Überblick

2.1 Historischer Rückblick

Nach den erfolgreichen Anfängen mit den Arbeiten von Philip Reis, Heinrich Hertz, Werner von Siemens u. a. wurde die Elektronik*) um die Jahrhundertwende von der Starkstromtechnik**), die mit der Entwicklung dynamoelektrischer Generatoren und Motoren ihren Aufschwung nahm, wirtschaftlich überholt. Erst nach der Jahrhundertwende begann mit dem Ausbau der Telegrafien- und Telefonienetze und mit der technischen Vervollkommnung der Elektronenröhren und des Rundfunks der steile Aufstieg des zunächst mit Schwachstromtechnik, dann mit Nachrichtentechnik und heute mit Elektronik bezeichneten Zweigs der Elektrotechnik.

Seither nahm die Zahl der Schaltelemente in den jeweils komplizierteren Anlagen rasch zu, etwa um eine Zehnerpotenz je Dekade, beginnend mit 10 um 1920 und heute die 100 000 überschreitend (Bild 2-1). Bild 2-2 zeigt diese Entwicklung am Beispiel der Bordelektronik von US-Bombenflugzeugen. Heute hat die Produktion der Elektronikindustrie fast die der starkstromtechnischen erreicht[°]). Mit wachsender Zuverlässigkeit und technischer Leistungsfähigkeit stieg das Vertrauen, das man in die Elektronik setzte, so daß ihr Kommunikation, Signalisation, Regelaufgaben und Datenverarbeitung für immer wichtigere Funktionen in Verkehr, Wirtschaft, Verwaltung und Verteidigung übertragen wurden.

Die Vereinigung von Hunderten und Tausenden elektronischer Schaltelemente zu einem System macht vor allem in den mobilen Geräten aber auch in den stationären Anlagen eine Verminderung von Volumen und Gewicht erstrebenswert. In Fahrzeugen, Flugkörpern, Schiffen, in Bunkern, teuren Mieträumen und unter ähnlichen Verhältnissen bekommt besonders das Volumen der elektronischen Anlagen wirtschaftliche Bedeutung. Welchen Höchstwert das Gewicht komplizierterer elektronischer Ausrüstungen in Flugzeugen schon in der 2. Hälfte der 50er Jahre angenommen hat, zeigt sich am Beispiel der Höhenaufklärer mit Frühwarn-Radargerät (u. a. Lockheed WV-2), wo es über 5 Tonnen betrug. In vergleichbaren modernen Flug-

*) in Bdtg. v. Elektrotechnischer Nachrichten (Informations-, Daten-, Signal-)Erfassung, -Übertragung, -Verarbeitung und Anzeige. Engere Defn. s. ZVEI Mtlg. 9/1963.

**) in Bdtg. v. Elektrotechnischer Energie-Erzeugung, -Umwandlung, -Übertragung und -Anwendung.

°) Nach ZVEI [E 3.1/38] betrug der Anteil der Elektronik von der Elektrotechnik in den 10 größten westlichen Industrieländern im Mittel 44% (US-Defn.), in der BRD 34% (US-Defn.) bis 39% (ZVEI-Defn.; Produktion) und in den USA 53% (US-Defn.; Umsatz).

zeugen (z. B. Grumman E-2A „Hawkeye“) werden für die gleichschwere, aber leistungsfähigere Elektronik zur Bedienung 3 der 5 Besatzungsmitglieder benötigt. Von den gesamten Herstellkosten entfallen hier etwa $2/3$ auf die

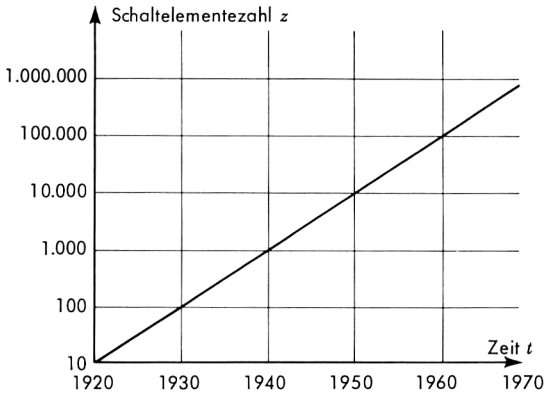


Bild A 2-1 Anzahl der Schaltelemente in größeren elektronischen Anlagen

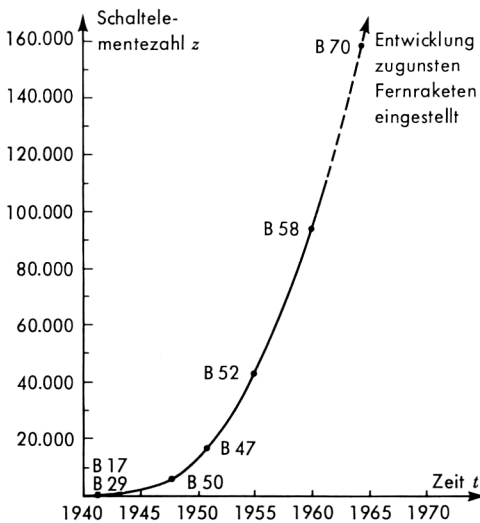


Bild A 2-2 Anzahl elektronischer Schaltelemente in US-Bombenflugzeugen (nach Herwald und Angelo, Westinghouse 1960)

Elektronik und nur $1/3$ auf Triebwerk, Flugzeugkörper (Zelle), Fahrwerk usw. [A2 (Z)/36]. In den größten Flugzeugen ist die Zahl der Schaltelemente weiter angestiegen und hat heute mit über $1/4$ Millionen eine technische Grenze erreicht, die mit der konventionellen Bauweise nicht mehr wesentlich überschritten werden kann.

In der Raketen- und derzeit besonders in der Raumfahrttechnik, wo 1 kg Nutzlast noch Transportkosten um DM 100 000,— verursacht, machen sich aber schon bei viel kleineren Einrichtungen große Ausgaben für die Miniaturisierung der Schaltelemente bezahlt.

Der Aufstieg der Elektronik läßt sich so auch an der Steigerung der Packungsdichte der Schaltelemente ablesen, die in groben Zügen in Bild 2-3 wiedergegeben ist. Auf der Ordinate ist die Dichte in Schaltelementen je cm^3 in Zehnerpotenzen aufgetragen. Daneben sind zur Veranschaulichung einige Beispiele bekannter Geräte vermerkt. Die Kurve der Packungsdichte zeigt, daß noch bis Ende des ersten Weltkrieges die einzelnen Schaltelemente Volumen von durchschnittlich einem Liter hatten und erst gegen 1930

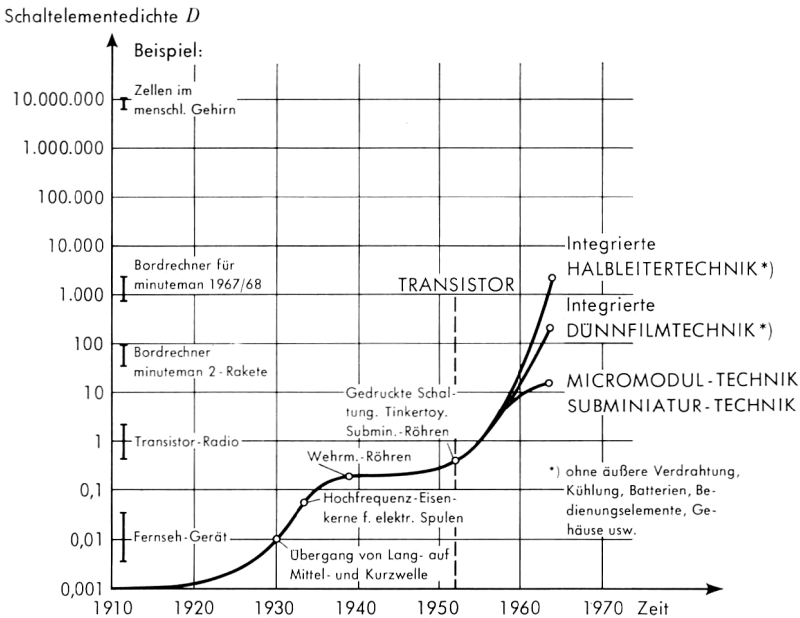


Bild A 2-3 Anstieg der Schaltelementedichte D/cm^3 in mobilen Geräten und Anlagen

der Übergang von der Lang- auf die Mittel- und Kurzwellen eine Verminderung brachte durch Verkleinerung der Schwingkreiselemente und der Antennengebilde. Der nächste Schritt zu höheren Dichten gelang durch Entwicklung von ferritischen Materialien, die sich für die Herstellung von Kernen für Hochfrequenzspulen eigneten, so daß die bis dahin sperrigsten Schaltelemente, die als Luftspulen ausgebildeten Induktivitäten wesentlich verkleinert werden konnten. Danach verblieben die Elektronenröhren als voluminöse Gebilde, deren Verkleinerung schon vor dem Krieg intensiv betrieben wurde und Mitte der 30er Jahre in Deutschland zu den Wehrmachtsröhren (z. B. RV12 P2000), in den Vereinigten Staaten zu den Rimlockröhren und später zu den Subminiaturröhren führte. Hiermit war aber eine Grenze erreicht, die mit vernünftigem Aufwand nicht überschritten werden konnte, weil die Abmessungen der Elektroden und Elektrodenabstände in den Verstärkerrohren fertigungstechnisch kaum verkleinert werden konnten. Der nächste Schritt richtete sich deswegen mehr auf die Standardisierung