

# Vorwort

Die moderne Mikrowellentechnik ist durch folgende zwei Merkmale gekennzeichnet:

1. Erschliessung von höheren Frequenzen: Die Kommunikationstechnik fordert laufend höhere Datenraten und höhere Bandbreiten. Im Mobilfunksektor müssen daher neue Mikrowellenbänder erschlossen werden. Namentlich findet der mm-Wellenbereich mehr und mehr Anwendung für die drahtlose Kommunikationstechnik über kleine Distanzen.
2. Trend zu kostengünstigen, kompakten Geräten: Die kleinen und höchst leistungsfähigen Geräte der Mobilfunktechnik illustrieren diese Entwicklung eindrucksvoll. Dank den Fortschritten der digitalen Elektronik und der analogen des Radioteils konnten Gewicht, Volumen, Leistungsbedarf und Kosten der Endgeräte in einem Mass reduziert werden, wie man es vor 20 Jahren auch mit grösstem Optimismus nicht vorherzusagen gewagt hätte.

Die Mikrowellenelektronik ist im Verlauf der letzten 20 Jahre von einer vom Standpunkt der Gestehungskosten sehr aufwändigen Technologie zu einer kostengünstigen geworden. Gleichzeitig haben sich auch die Entwicklungszeiten für neue Produkte erheblich verkürzt und die Ansprüche an die Entwickler sind gestiegen. Die Mikrowellenschaltungsentwickler haben in der gleichen Periode als markante Neuerungen die integrierte Mikrowellenschaltungstechnik MIC (microwave integrated circuits) und die monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungstechnik MMIC (monolithic microwave integrated circuits) eingeführt. Zum Erfolg der Technologie hat dabei ganz wesentlich die moderne rechnergestützte Entwurfstechnik beigetragen. Diese Computerwerkzeuge erlauben die volle Entwurfsprozedur, von der ersten Schaltungsidee bis zum Layout des Silizium- oder Gallium-Arsenid-Chips und des Mikrostreifensubstrates, am Bildschirm durchzuführen. Mit diesem Werkzeug hat sich auch die Arbeitsweise des Ingenieurs verändert; viele über Jahre etablierte Entwurfsmethoden sind somit veraltet. Die numerische Analyse mit wesentlich genaueren Modellen der passiven und aktiven Bauelemente sowie die zur Verfügung stehenden Optimierungsmethoden erlauben eine sehr viel kürzere Entwicklungszeit mit weniger Redesigns.

Diesen neuesten Entwicklungen in der Mikrowellenelektronik trägt dieses Lehrbuch Rechnung. Aufbauend auf den klassischen Grundlagen der Netzwerkanalyse, Elektronik, Leitungstheorie sowie den linearen und nichtlinearen passiven Bauelementen der Mikrowellentechnik werden hier die aktiven Halbleiterbauelemente der Mikrowellenelektronik und deren Anwendungen in hybriden und monolithisch integrierten Schaltungen eingeführt.

Kapitel 1 umfasst die Physik und die Modelle der aktiven Bauelemente Bipolartransistor (BJT), Hetero-Bipolartransistor (HBT), Gallium-Arsenid-Feldeffekt-Transistor (MES-FET) und High Electron Mobility Transistor (HEMT) sowie des Halbleiterlasers. In Kapitel 2 über Mikrowellentransistorverstärker werden, nach einer allgemeinen Betrachtung der Eigenschaften von verstärkenden Zweitoren, verschiedene Verstärkertopologien eingeführt und die Grenzen des Dynamikbereichs, gegeben durch das Rauschverhalten und die Nichtlinearität, analysiert.

In Kapitel 3 "Mikrowellenoszillatoren" werden nach einer Einführung in den Grobentwurf von Mikrowellenoszillatoren mit verstärkenden Dreipolelementen das Rauschverhalten behandelt und die verschiedenen Bauformen von Synthesizern eingeführt. Im Kapitel 4 "Monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungen" wird von den vorhergehenden Kapiteln Gebrauch gemacht und die Möglichkeiten und Grenzen des monolithischen Schaltungsentwurfs, in erster Linie für GaAs-MESFET-Schaltungen abgesteckt. Neben den linearen Schaltungen werden dabei Mischer, Vervielfacher, Schalter sowie digitale Schaltungen eingeführt.

Das vorliegende Skript baut auf die früher erschienenen Skripten "Lineare Elemente der Höchsthfrequenztechnik" (Vdf-Verlag 1998) und "Mikrowellentechnik" (Vieweg-Verlag 1999) auf. Es hat sich mit der Vorlesung "Hochfrequenz- und Mikrowellenelektronik II" entwickelt, die erstmals 1989 gehalten wurde. 1998/99 wurde der Inhalt wesentlich umgestaltet und erweitert. Ich bin allen meinen an der Ausarbeitung beteiligten Mitarbeitern am Institut für Feldtheorie und Höchsthfrequenztechnik der ETH Zürich zu grösstem Dank verpflichtet, namentlich Herrn Dr. I. Lamoth für die Textverarbeitung und die sorgfältige Ausführung der Zeichnungen.

Zürich, Mai 2002

Werner Bächtold