

Dipl. Ing. Hans Dodel

DodelSatelliteCommunications

Tulpenstr. 7

82131 Gauting

hans@dodel.de

Dipl. Ing. Sabrina Eberle

German Space Operations Center (GSOC)

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Münchner Str. 20

82234 Oberpfaffenhofen

SabrinaEberle@gmx.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Ursprünglich erschienen beim Hühner-Verlag.

ISBN 978-3-540-29575-4 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Text und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Verlag und Autor können jedoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig

Einbandgestaltung: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier 68/3100/YL – 5 4 3 2 1 0

Vorwort

Im Jahre 1901 gelang Guglielmo Marconi die Morseverbindung von England nach Amerika. 2004 startete die NASA eine Raumsonde zum Mars, die u.a. das INTERNET zum roten Planeten aufbauen soll – in 100 Jahren von der schmalbandigen Punkt-Strich-Übertragung zur breitbandigen multimedialen IP-Kommunikation. Die letzten zehn Jahre sahen mehr Fortschritt in der Satellitenkommunikation als die zwanzig Jahre davor.

Die 16PSK Modulation bringt (endlich) die dringend benötigte Bandbreiteneffizienz (≈ 3 bps/Hz) für die breitbandige Übertragung (*Broadband Interactive*); die 64 QAM wird > 4 bps/Hz bringen. Die Turbocodes für den Fehlerschutz der Übertragung über Satellit bieten bis zu 10 dB Codiergewinn, was 10 dB Leistung einspart, und damit auch die Übertragung bei Höchsthäufigkeiten ermöglicht. Der lange anstehende Schritt zum nächst höheren Frequenzband im Spektrum, dem Ka-Band (30/20 GHz), wird endlich begangen, in Europa, USA und Asien.

Die seit den siebziger Jahren angestrebte bordseitige Signalverarbeitung und Vermittlung (*On Board Processing*; OBP) hat in Inmarsat-4 und anderen Satelliten den Dienst aufgenommen, zur höheren Kapazitätsnutzung der Satelliten.

Effiziente Antennen werden verfügbar – die *Phased Arrays*, am Satelliten und am Boden, eine zweidimensionale Apertur, die auch mehrere Satelliten empfangen kann und dieses auch im mobilen Einsatz, ohne mechanisch bewegliche Teile.

WorldSpace strahlt digitalen Rundfunk in Europa aus dem geostationären Orbit ab; Sirius ist mit digitalem Rundfunk in USA auf Sendung gegangen: CD-Radio über Satelliten in HEO-Bahnen; XM-Radio arbeitet in USA mit zwei GEO Satelliten. Damit hat der Satellit beim digitalen Rundfunk die terrestrischen Sender in Reichweite überholt.

Intelsat, Inmarsat, Eutelsat und Intersputnik sind privatisiert. Die vielen Raumfahrtfirmen des Westens, mit mehr als 24 Satellitenaufträge pro Jahr weltweit, sind konsolidiert.

Die Satelliten für interaktive multimediale Breitbanddienste gingen in Dienst, auch über Europa, und in der satellitengestützten Funkortung kommt das europäische GALILEO.

Die Wachstumsraten der Kommunikation seien enorm: Die Deutsche Bundespost sagte Ende der 80er Jahre noch bis zu 4 Millionen Handys zum Ende der 90er Jahre in Deutschland voraus. Dann waren es 40 Millionen – ein 10 dB-Fehler.

Von 1863 bis 1993 wuchs die Zahl der Festtelefone auf eine Milliarde; in der kurzen Zeit von ca. 1988 bis 2003 kamen eine Milliarde Handys dazu, plus 10 Millionen Satelliten-Handys.

Der Internet-Verkehr verdoppelte sich alle 300 Tage; 10% davon geht via Satellit und nahm 2004 ca. 200 Mrd € ein. Und die Technik entwickelt sich weiter. 1965 arbeitete INTELSAT-I mit seiner Dipolantenne mit Erdfunkstellen von 30 m Durchmesser; heute arbeiten Satellitenantennen mit 30 m Durchmesser in die Dipolantennen am Handy.

Die Übertragung von hundert Fernsehprogrammen zum Traumschiff (im C-Band) und zum Flugzeug (im Ku-Band) eröffnet eine neue Ära im maritimen und aeronautischen Mobilfunk – globale Anwendungen, die nur über Satellit möglich sind.

Aber auch die Satellitenkommunikation musste durch eine „Neue Markt Phase“. So wie diese 1999 auf wundersame Weise Brot zu vermehren versprach, ohne Mehl und insbesondere ohne Bäcker, versprachen Raumfahrt- und Elektronikhersteller ohne Erfahrung in der Kommunikation, grosse Profite mit dem Betrieb von vielen tief fliegenden Satelliten.

Vier globale Systeme wurden finanziert, und alle vier sind im Verlauf des Jahres 2000 bankrott gegangen – ein Finanzfiasko in Milliardenhöhe. Andere, insbesondere eines mit ursprünglich knapp 1 000 Satelliten, wurden gar nicht erst finanziert – und all das, obwohl die Negativprognosen vorlagen. Bob Whelan (Hughes) hatte 1990 eindringlich gewarnt und das System Tritium propagiert, das im Gegensatz zu Iridium (dem Atom mit den 77 Elektronen) mit nur drei Satelliten in der geostationären Bahn globale Bedeckung bietet, wie dies von Arthur C. Clark am 15.05.1945 vorgeschlagen wurde.

Das Tritium-Konzept siegte dann über die Tiefflieger-Euphorie. Die SuperGEOs für die Kommunikation mit dem Handy nahmen zeitgleich mit den Schwärmen von tief fliegenden Satelliten den Dienst auf (2000) und haben ungleich höhere Kapazität bei deutlich niedrigeren Kosten (ein globales SuperGEO System kostet weniger als 1 Mrd € mit 15 Jahren Lebensdauer; einer der Schwärme mit 7,5 Jahren Lebensdauer kostete 10 Mrd \$). Die Systeme Thuraya (im Nahen Osten) und Garuda (im Fernen Osten) bedienen heute die Handys aus dem geostationären Orbit, mit niedrigen Handy-Sendeleistungen.

Neben der ganzheitlichen Beschreibung der Satellitenkommunikation widmet sich dieses Buch diesen Technologieentwicklungen und den Nutzungsmöglichkeiten, die sich daraus ergeben, in einer Zeit, in der wir heute unser DVB/RCS/S2 Terminal zuhause haben, damit 2 Mbit/sec senden und zwischen 8 und 34 Mbit/sec empfangen (*downloaden*), um zu „internettein“. Diese *Broadband Interactive Systems* haben die neue Ära der Kommunikation eingeläutet, aus dem geostationären Orbit.

Obwohl die Kapazität von transatlantischen Tiefseekabel mit über 600 Gbit/sec den aggregaten Durchsatz aller Kommunikationssatelliten dieser Welt überschreitet,

besteht ein Markt für beide; sie sind komplementär. Kabel haben den höheren Durchsatz aber extrem begrenzte Flächendeckung und niedrigere Zuverlässigkeit. Satelliten haben volle Flächendeckung und, mit zwanzig Jahren Lebensdauer, hohe Wirtschaftlichkeit.

Etwa 5000 Satelliten wurden zwischen Oktober 1957 und September 2001 erfolgreich in den Orbit und den Wirkbetrieb genommen. Es sind heute etwa 270 Kommunikationssatelliten im LEO, 40 im MEO und 580 im GEO (240 davon im kommerziellen Betrieb).

Die Kommunikation über Satelliten bleibt ein lukrativer Nischenmarkt, mit ihren technischen, aber auch wirtschaftlichen Fassetten; das Faszinosum Satellitenkommunikation stößt weiterhin auf viel Interesse, und den Lesern, den Studenten und den Mitarbeitern in Industrie, Amt und Lehre wünschen wir Freude an der Lektüre und Erfolg, die fast unbegrenzten Möglichkeiten der Satellitenübertragung zu verstehen.

Allen, die uns bei diesem Buch geholfen haben, insbesondere auch Herrn Dipl.-Ing. Thomas Kuch und seinen Kollegen vom GSOC des DLR in Oberpfaffenhofen, danken wir herzlich.

München, im Winter 2006/2007

Hans Dodel und Sabrina Eberle