

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology  
**Herausgeber:** Swisscom  
**Band:** 74 (1996)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen  
**Autor:** Folgmann, Ernst-Eckhardt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876784>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 07.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



NEUE ANWENDUNGEN  
DER RICHTFUNKTECHNIK

# PUNKT-ZU- MEHRPUNKT- VERBINDUNGEN

# BOSCH

Bild 1. Eine Streifenleiterplatte, auf der die Strahlenelemente und deren Speisenetz aufgebracht sind, lässt einfache Anpassungen an Kundenanforderungen wie Richtcharakteristiken mit hohem Gewinn oder modular, in Sektoren geteilte Anordnungen mit verschiedenen Sektorwinkeln zu.



Richtfunk ist die Technik zur Übertragung von Informationen mit stark gebündelten elektromagnetischen Wellen zwischen zwei festen Punkten. Solche Systeme sind schon seit den Anfängen der Nachrichtenübertragung Bestandteil öffentlicher Telekommunikationsnetze. Wie auch die leitergebundenen Übertragungssysteme hat der Richtfunk in mehreren Schritten den Wandel von der Analog- zur Digitaltechnik vollzogen und einen hohen technischen Reifegrad erreicht.

Im Gegensatz zur Mobilfunktechnik stand der Richtfunk bisher privaten Nutzern nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Die Frequenzzuweisung lag in den Händen von staatlichen

ERNST-ECKEHARDT FOLGMANN,  
BACKNANG

Netzbetreibern oder deren Aufsichtsorganisationen. Erst seit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes und der Deregulierung der Fernmeldemonopole hat sich diese Situation geändert. Heute liefert Bosch Telecom beispielsweise im Inland weit mehr Richtfunkgeräte an Mobilfunk-Netzbetreiber als an die Deutsche Telekom AG.

Die von neuen Netzbetreibern und Diensteanbietern erzeugte Nachfrage konzentriert sich vor allem auf die teilnehmernahen Netzbereiche, die sogenannten Zugangsnetze, da für die Fernübertragung oftmals (früher schon für den Eigenbedarf aufgebauten) Infrastrukturen zur Verfügung stehen.

## Neue Richtfunkprodukte für die Zugangsnetze

Bosch Telecom entwickelte für Zugangsnetze sogenannte Punkt-zu-Mehrpunkt-Richtfunksysteme (PMP-Systeme). Sie bestehen aus einer Zentralstation und mehreren Teilnehmerterminals, die zusammen ein sternförmiges Netz für voneinander unabhängige Verbindungen bilden. Zentralstation und Terminals enthal-

ten jeweils eine Ausseneinheit mit Antenne und integriertem Sende-/Empfangsteil sowie eine Inneneinheit, in der die digitale Signalverarbeitung und die Teilnehmer- oder Netzschnittstellen untergebracht sind. Innen- und Ausseneinheit sind mit einem einfachen Koaxialkabel verbunden, wie es bei Satellitenempfangsanlagen verwendet wird.

Regulierung und Standardisierung für Zugangsnetze sind noch nicht weit fortgeschritten, so dass zurzeit noch unterschiedliche Lösungen und herstellerspezifische Produkte entstehen. Für den Kunden steht aber weniger die technische Lösung als vielmehr das Anwendungspotential des Systems im Vordergrund. Besonders interessant sind Konzepte, die auf einer einheitlichen Hardwareplattform die Anwendungsadaption über Software gestatten und deren Ausbaufähigkeit wenig Beschränkungen unterliegt.

Die von Bosch Telecom für Zugangsnetze entwickelten PMP-Systeme berücksichtigen diese Gesichtspunkte und zeichnen sich durch folgende Leistungsmerkmale aus:

- modularer Aufbau der Hardware
- standardisierte und offene Schnittstellen an Terminal- und Zentralstation
- per Software einstellbare Übertragungsgeschwindigkeiten und automatische Anpassung des Funkpektrums an die ausgewählte Datenrate
- individuelle Adressierung von Teilnehmer-Bitraten
- einfache Erweiterung für zukünftige Diensteanforderungen
- ATM-Kompatibilität.

## Betriebsfrequenzen und Reichweiten

Der modulare Aufbau des PMP-Systems lässt es zu, je nach Kunden- oder Netzanforderungen verschiedene Mikrowellenfrequenzen und Datenraten für ein Übertragungsnetz einzustellen. Dies geschieht durch Kombination der Baugruppen für die Signalverarbeitung und die verschiedenen Mikrowellenfrequenzen. Europaweit kristallisieren sich einige Frequenzbereiche für mögliche Lizenzierungen heraus. Speziell Anwendungen bei 2 bis 3 GHz, bei 10 GHz und bei 26 GHz sind in Diskussion.

Die Reichweiten der PMP-Systeme hängen (wie bei allen Richtfunksystemen) stark von der verwendeten Arbeitsfrequenz ab. Sie betragen beim Betrieb mit 2 GHz bis zu 20 km und verringern sich mit höherer Frequenz. Bei 10 GHz sind 10 km möglich, oberhalb 20 GHz liegt die Grenze bei 5 km. Die Beschränkung ist auf die Zunahme der atmosphärischen Dämpfung durch Regen und Feuchte zurückzuführen. Die geringere Reichweite bei hohen Frequenzen ist aber in städtischen Netzbereichen eher ein Vorteil, da ab einer gewissen Entfernung die Frequenz in einer Nachbarzelle ohne Störungen wiederverwendet werden kann.

Im Gegensatz zu Mobilfunksystemen (GSM, DECT, CT, Betriebsfunk usw.), deren Frequenzbereiche bis max. 1,8 GHz reichen, ist bei den höheren Frequenzen der «festen Funkdienste» eine mehr oder weniger gute Sichtverbindung zwischen Terminal und Zentralstation erforderlich. Bei Frequenzen ab etwa 3 GHz darf die Sichtverbindung nicht gestört sein.

## Zugriffsverfahren und Modemtechnik

PMP-Systeme eignen sich in Zugangsnetzen für Ein- und Mehrzellensysteme. Zur Kommunikation zwischen der bei einer Vermittlung oder einem Netzknoten aufgebauten Zentralstation und den Terminals ist ein Vielfach-Zugriffsverfahren notwendig. Der Auswahl des Verfahrens kommt hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Flexibilität des Gesamtsystems zentrale Bedeutung zu.



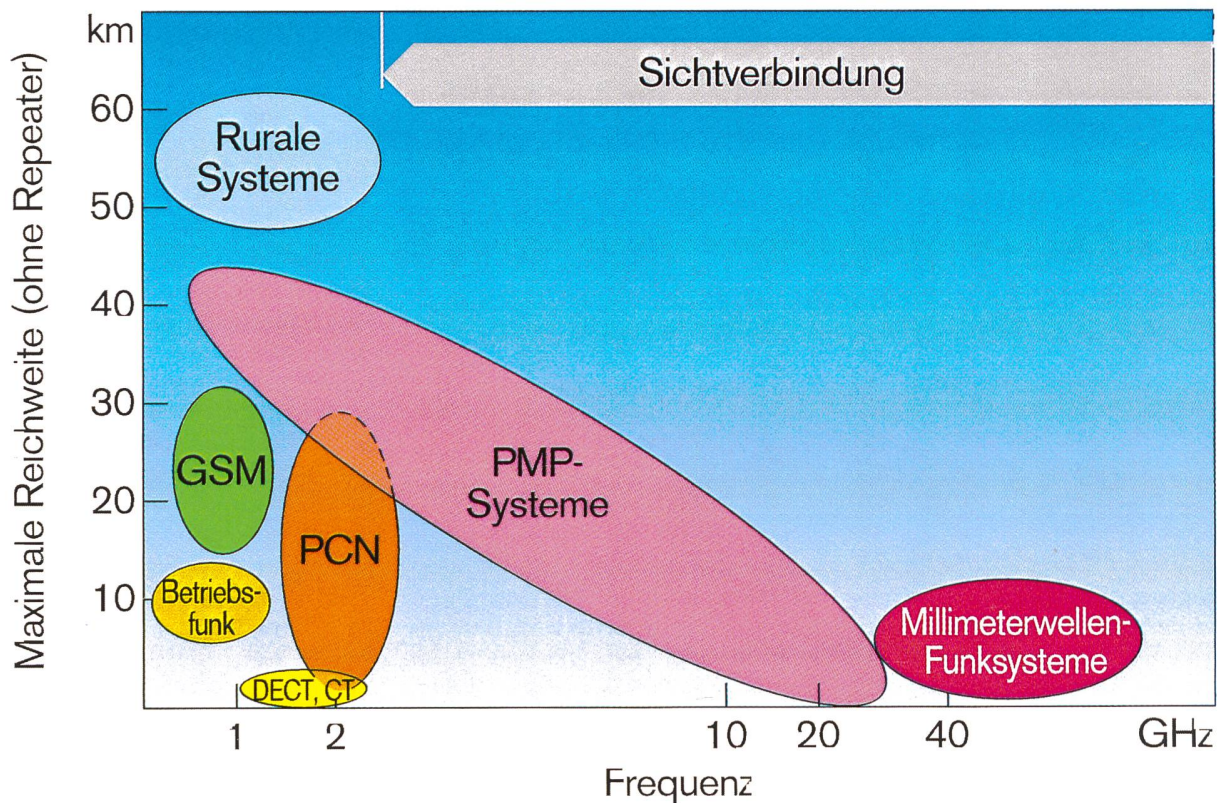


Bild 2. Maximale Reichweite von Funksystemen.

Der Zugriff der Zentralstation auf die Terminals kann zeitlich nacheinander (TDMA: Time Division Multiple Access), innerhalb verschiedener Frequenzbereiche (FDMA: Frequency Division Multiple Access) oder über eine teilnehmerindividuelle Kodierung (CDMA: Code Division Multiple Access) erfolgen. Weit verbreitet, insbesondere bei ruralen Funksystemen, sind TDMA-Verfahren. Sie sind einfach und kostengünstig, weisen aber Nachteile auf, wenn höhere Bitraten und grosse Systemkapazitäten erforderlich sind. Die Zellenplanung muss sich bei TDMA nach dem am weitesten entfernten Terminal ausrichten. Auch CDMA-Verfahren sind nur für kleinere Bitraten geeignet. Vorteile besitzen sie in Mobilfunknetzen mit Roaming- und Handover-Funktionen. Bosch Telecom hat sich nach ausführlichen Untersuchungen für das klassische FDMA-Verfahren entschieden. Dieses Verfahren bewältigt höhere Bitraten und grössere Systemkapazitäten ohne Nachteile. Durch die Zuordnung jeweils eines Übertragungskanal zu einem bestimmten Frequenzband gewährleistet es eine

transparente und bidirektionale Übertragung, das heisst, sie ist unabhängig von dem über das Netz angebotenen Dienst. Auch die Integration des ATM-Übertragungsverfahrens ist problemlos möglich, was bei den erwähnten alternativen Verfahren nur teilweise oder nicht gegeben ist.

Neben dem Zugriffsverfahren ist auch die Modemtechnik für PMP-Systeme ein leistungsbestimmender Faktor. Bosch Telecom besitzt schon seit langem Erfahrungen in der Entwicklung leistungsfähiger Modem- und Kodiersysteme für verschiedene Anwendungen der Richtfunk- und Satelliten-

## AUSBLICK

Die PMP-Systeme befinden sich zurzeit in der Erprobungsphase. In Deutschland und im europäischen Ausland laufen mehrere Feldversuche. Gleichzeitig entwickelt Bosch Telecom das System weiter und arbeitet an der Höherintegration der Signalverarbeitung, an Baugruppen für zusätzliche Frequenzbereiche sowie an weiteren Softwarefunktionen.

Die heute verfügbare Technik ist optimiert auf die Übertragung kleinerer Bitraten bis 8 Mbit/s. Für den auch in Zugangsnetzen zunehmenden Bedarf an breitbandigeren Verbindungen entwickelt Bosch Telecom PMP-Systeme mit Übertragungsraten bis zu 40 Mbit/s.

Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Quellkodierung (z. B. Bildkomprimierungsverfahren wie MPEG 4) lassen darüber hinaus eine hochwertige Übertragung von Bewegtbildinformationen über einen Funkkanal zu. Diese wie auch andere aus neuen Diensten folgende erkennbare und noch nicht absehbare Anforderungen an Zugangsnetze erweitern das Einsatzfeld für PMP-Systeme über die heute sichtbaren Grenzen hinaus.



funkkommunikation. Darauf aufbauend entstand für PMP-Systeme ein digitales Modem. Es basiert auf bewährten, störungsunempfindlichen PSK-Verfahren (Phase Shift Keying) und fortschrittlichen Kanalkodierverfahren (Convolutional Coding mit Viterbi-Dekodierung, Trellis-Kodierung, Optional-Reed-Solomon-Kodierung). Diese Technik ist ein Kompromiss zwischen Spektrumseffizienz und Robustheit des Modulationsverfahrens; sie lässt eine optimale Nutzung der Bandbreite bei gleichzeitig geringen Bitfehlerraten zu. Die dynamisch mittels Software einstellbare Datenrate passt sich dem lokal erforderlichen Bedarf an. Dies führt zu einer hohen Systemflexibilität. Die Kapazität des Gesamtsystems kann leicht durch Zellensektorisierung und durch Nutzung beider Polarisationsrichtungen vergrößert werden.

## Mikrowellen- und Antennentechnik

Das PMP-System von Bosch Telecom basiert auf völlig unabhängigen Modem- und Mikrowellenfunktionen. Dies erleichtert die Anpassung an

zukünftige Standardisierungen und Kanalzuordnungen. Aufgrund der hohen Modemempfindlichkeit bewegen sich die erforderlichen HF-Leistungsepegel in relativ niedrigen Grenzen (HF-Leistung am Terminal 10 dBm, an der Zentralstation 26 dBm).

Die Antennenkonzepte für das PMP-System erfüllen folgende Anforderungen:

- Die Zentralstation kann rundstrahlend oder in Sektoren strahlend die Informationen übertragen. Die Strahlungsdiagramme weisen hohe Nebenzipfeldämpfungen auf.
- Die Terminals sind kompakt gebaut und ansprechend gestaltet. Ihre Nebenzipfeldämpfung ist ebenfalls hoch, um den Einfluss von Störstrahlungen auf ein Minimum zu begrenzen.

Für Terminals und sektoriell abstrahlende Zentralstationen hat Bosch Telecom Planarantennen entwickelt. Ihr Herzstück ist eine Streifenleiterplatte, auf der die Strahlerelemente und deren Speisetzug aufgebracht sind. Diese Konstruktion lässt einfache Anpassungen an Kundenforderungen wie Richtcharakteristiken mit hohem Gewinn oder modulare, in Sektoren geteilte Anordnungen mit verschiedenen Sektorwinkeln zu. So ist es relativ

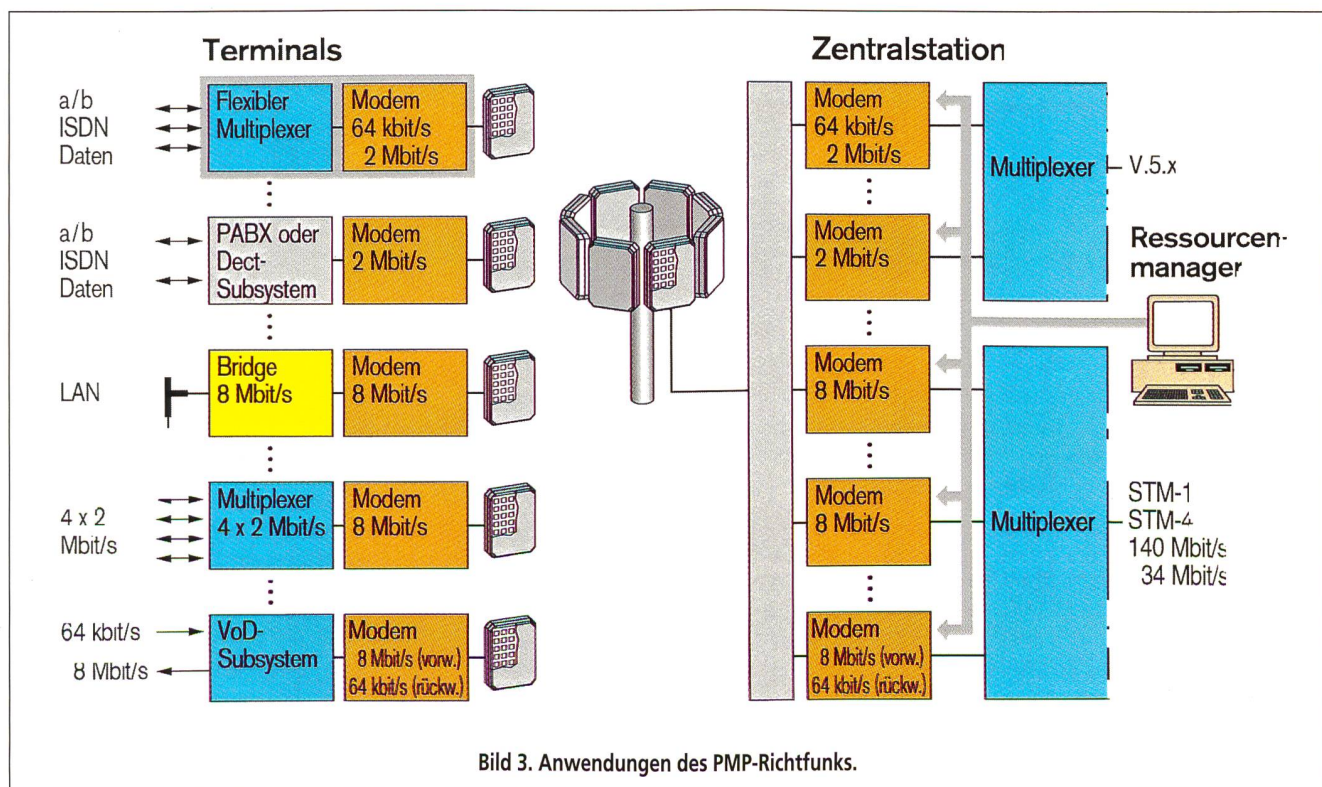
einfach, Sektordiagramme mit sehr steilen Flanken herzustellen, was hohe Sektorisierungsgrade und Systemkapazitäten ermöglicht.

Zusätzlich besitzen Planarantennen gegenüber den vom TV-Satellitenempfang bekannten Parabolantennen Vorteile in der Kompaktheit, im Design und bei den Herstellungskosten. Selbst mit der in das Antennengehäuse integrierten Mikrowellentechnik bleiben Länge und Breite der Planarantennen für Frequenzen über 18 GHz unter den Massen einer DIN-A4-Seite. Die Gehäusetiefe beträgt 6 bis 8 cm.

## Netzmanagement

Schon die heute existierenden Telekommunikationsnetze sind ohne ein leistungsfähiges Netzmanagementsystem nicht mehr wirtschaftlich betreibbar. Dies gilt noch verstärkt für die neuen Zugangsnetze. Bei ihnen übertrifft der Aufwand für den Betrieb die Investitionskosten für die Hardware um ein Vielfaches.

Die neuen PMP-Systeme lassen sich mit Netzmanagementsystemen unter dem Produktnamen NSÜ vollautomatisch steuern und überwachen.





## Anwendungen von PMP-Systemen

In Teilnehmeranschlussnetzen sind heute zellulare Mobilfunksysteme und in Einzelfällen auch rurale Funk-systeme zumindest als Pilotvorhaben im Einsatz. Die wichtigsten Anforderungen an diese Systeme – Mobilität der Funkgeräte und Reichweite der Übertragungssysteme – führen zu einem beträchtlichen Aufwand für die Infrastruktur. So sind die Kosten pro Nutzkanal entsprechend hoch. Die maximale Datenrate und die Übertragungsqualität sind wegen der schwierigen Ausbreitungsbedingungen innerhalb dieser Netze begrenzt. Aus diesen Gründen entstanden in jüngster Vergangenheit neue Vorschläge für drahtlose Übertragungssysteme. Typische Beispiele hierfür sind DECT (Digital European Cordless Telecommunication) und die beschriebenen PMP-Systeme, in der Literatur auch als FRA-Systeme (Fixed Radio Access) bezeichnet. Für beide sind die Nutzkanalkosten niedrig, was ihnen gleichzeitig Einsatzfelder für neue interessante Dienste eröffnet. PMP-Systeme sind überall dort mit Vorteil einzusetzen, wo Kommunikationsverbindungen in kurzer Zeit und unabhängig von bestehender Infrastruktur mit Bitraten zwischen 64 kbit/s und etwa 8 Mbit/s aufzubauen sind. Typische Beispiele sind:

- Anschluss von Teilnehmern mit a/b-Hauptanschlüssen sowie von ISDN- oder Datenverbindungen über einen flexiblen Zugangs-Multiplexer
- Netzzugang für eine private Kommunikationsanlage (PABX)
- Zubringer für ein DECT-Subsystem
- Anschluss eines LAN, beispielsweise über eine 8-Mbit/s-Bridge
- Bereitstellung von gemieteten Leitungen, beispielsweise 2x4 Mbit/s
- Bereitstellung von Multimedia-diensten (Teleworking, Video on Demand).

Interessante Anwendungen ergeben sich aus der Kombination von PMP-Systemen mit anderen Teilnehmernetzen, etwa mit einem DECT-System. Damit wird das PMP-System lokal mit einer mobilen Komponente erweitert. Diese Variante lässt den wirtschaftlichen Aufbau eines dichten Teilnehmernetzes zu.

Neben der Übertragungsqualität hat heute auch die Abhörsicherheit einer Funkverbindung einen hohen Stellenwert. Dies gilt besonders beim Austausch von sensiblen Daten (von Anwälten, Medizinern oder Banken). Die im PMP-System eingesetzte Digital-technik in Verbindung mit den komplexen Modulationsverfahren bietet bereits einen erheblichen Abhörschutz im Vergleich zum schnurlosen Telefon. Darüber hinaus können Daten mit Verschlüsselgeräten teilnehmerindividuell so geschützt werden,

dass die Abhörsicherheit militärischen Anforderungen entspricht. Zusätzlich enthalten die Terminals Einrichtungen zur Identifikation über eine SIM-Card (Subscriber Identification Module).

## Markterwartungen

Die immer leistungsfähiger werdenden Vermittlungssysteme rücken die zugehörigen Netzknoten mehr und mehr in Richtung des Transportnetzes und schaffen so eine neue Netzebene zwischen Netzknoten und Teilnehmer: das Zugangsnetz. Die dort erwartete Entwicklung orientiert sich nicht alleine an der Zahl neuer Hauptanschlüsse. Das Marktvolumen wird durch die Aktivitäten neuer Netzbetreiber, aber auch durch den Wunsch der Teilnehmer nach neuen Diensten und höheren Übertragungsgeschwindigkeiten günstig beeinflusst. Dies lässt auf ein dynamisches Marktwachstum für diesen Bereich schließen. Bosch Telecom erwartet, dass sich der Markt für PMP-Systeme in etwa sechs bis sieben Jahren auf das heutige Niveau des Volumens für Richtfunk im Transportnetz entwickeln wird.

Im Gegensatz hierzu wird das Marktvolumen für Richtfunk im Transportnetz in den nächsten Jahren kaum wachsen. Es bestehen zum Teil Überkapazitäten in den Netzen, und der zusätzliche Bedarf der neuen Diensteanbieter kompensiert gerade die rückläufige Nachfrage der etablierten Netzbetreiber.

9.2

## SUMMARY

### New applications of directional radio technology

Directional radio is the technology of transmitting information by means of powerfully beamed electromagnetic waves between two fixed points. Such systems have been a feature of public telecommunication networks since the very beginnings of message transfer systems. Just like cable-based transmission systems, directional radio has gradually switched from analog to digital technology and has reached a high degree of technical maturity. Bosch Telecom has developed so-called point-to-multipoint directional radio systems (PMP systems) for access networks. They consist of a central processing unit and several subscriber terminals, which together form a star-shaped network for independent links. The PMP systems are currently in the testing stage. A number of field trials are being carried out in Germany and other European countries. At the same time Bosch Telecom is developing the system further and is working on the high-level integration of signal processing, on printed board assemblies for additional frequency ranges and on additional software functions.

Quelle:

6. Bosch-Telecom-Fachpresse-Kolloquium 1996, Backnang.

**Ernst-Eckehardt Folgmann**  
ist Leiter des Produktbereichs Richtfunk  
der Bosch Telecom GmbH, Backnang.



# Das gute Dokument

Templates, Checklisten, Muster, Vorbilder, Leitlinien und Prüfungen

**Donnerstag, 21., und Freitag, 22. November 1996, im Ausbildungszentrum Seepark, Thun**

Dokumentation ist innerhalb des Software-Engineerings ein besonders zähes Thema: Nie war es vom Glamour der Neuigkeit umstrahlt, nie von der Aura der Wunderwaffe umgeben. Immer hatte Dokumentation den müden Glanz des Soliden, Langweiligen, Reizlosen. Dokumentieren war und ist ein Synonym für grauesten Berufsalltag des Software-Entwicklers. Wer kann, entflieht dieser Tätigkeit, und die meisten können.

Aber jederzeit war allen klar: Mit der Dokumentation steht oder – sehr viel öfter – fällt die Software. Wenn wir uns mit den Problemen der Wartung, der Wiederverwendung oder der Portierung herumschlagen, dann sind die meisten Schwierigkeiten in der nie erstellten oder von Beginn an unzureichenden oder nicht nachgeführten Dokumentation begründet. Gute Dokumente sind das, was jeder zu haben, aber fast niemand zu erstellen wünscht.

Die 7. «TR»-Werkstatt im November 1996 nimmt sich dieses schwierigen Themas an. Wie in den vergangenen sechs Jahren werden den höchstens 35 Teilnehmern keine Wundermittel injiziert; aber in Vorträgen, Übungen und Diskussionen erhalten sie Anregungen und Ratsschläge für eine bessere, für alle Beteiligten befriedigende Praxis. Dabei geht es nicht nur um die Dokumente, ihre Erstellung und Prüfung. Auch die Richtlinien

und Hilfen wie Muster und Checklisten werden behandelt.

## Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr. rer. nat. Jochen Ludewig, Universität Stuttgart

## Veranstalter

Technische Rundschau, Bern  
MediaKom, Hannes Gysling, Ittigen  
Bundesamt für Konjunkturfragen, Thomas Bachofner, Bern

## Referenten

*Horst Lichter*, Diplom in Informatik an der Universität Kaiserslautern 1986; wissenschaftlicher Mitarbeiter an der ETH Zürich und an der Universität Stuttgart bis zur Promotion 1993. Bis 1995 SBG Zürich, seitdem ABB-Forschungszentrum Heidelberg. Schwerpunkte objektorientierte Entwicklung, Prototyping, Verbesserung des Software-Engineerings im Unternehmen.

*Karol Frühauf*, Diplom in technischer Informatik an der RWTH Aachen. Zwölf Jahre Software-Entwicklung und -Qualitätssicherung bei BBC, Baden. Seit 1987 Berater auf dem Gebiet Software Engineering, insbesondere Qualitätssicherung, INFOGEM AG (Informatiker Gemeinschaft für Unternehmensberatung), Baden.

*Jochen Ludewig*, Studium der Elektrotechnik in Hannover, Informatik in München. Sechs Jahre staatliche Forschungseinrichtung, Promotion. BBC-Forschungszentrum, Baden-Dättwil, bis 1985. Drei Jahre Assistenzprofessor an der ETH Zürich. Seit 1988 Lehrstuhl Software Engineering an der Universität Stuttgart.

## Tagungsort

Bankverein-Ausbildungszentrum Seepark, Seestrasse 47, CH-3600 Thun

**Die Teilnehmerzahl ist auf 35 beschränkt.**

**Anmeldeschluss ist der 25. Oktober 1996.**

## Werkstattgebühr

Die Teilnahmegebühr beträgt Fr. 1270.–. Eingeschlossen sind die Tagungsunterlagen, alle Mahlzeiten und Pausenerfrischungen sowie die Übernachtung mit Frühstück im Hotel Seepark in Thun.



Die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätsförderung (SAQ) unterstützt die Durchführung der 7. «TR»-Werkstatt.

## PROGRAMMBESTELLTALON

### Das gute Dokument

Templates, Checklisten, Muster, Vorbilder, Leitlinien und Prüfungen

Bitte stellen Sie mir das detaillierte Programm mit Anmeldetalon an folgende Adresse zu:

Name/Vorname: \_\_\_\_\_

Unternehmen: \_\_\_\_\_

Abteilung: \_\_\_\_\_

Strasse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Bitte einsenden an: TECHNISCHE RUNDSCHAU, Redaktionssekretariat, Sabine May, Nordring 4/Postfach, CH-3001 Bern, oder faxen über: 031 331 41 33.

ct