

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 15

Artikel: Das zukünftige paneuropäische digitale Mobiltelefonsystem : Teil 2 : die Funkstrecke

Autor: Ochsner, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904061>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Das zukünftige paneuropäische digitale Mobiltelefonsystem

Teil 2: Die Funkstrecke

H. Ochsner

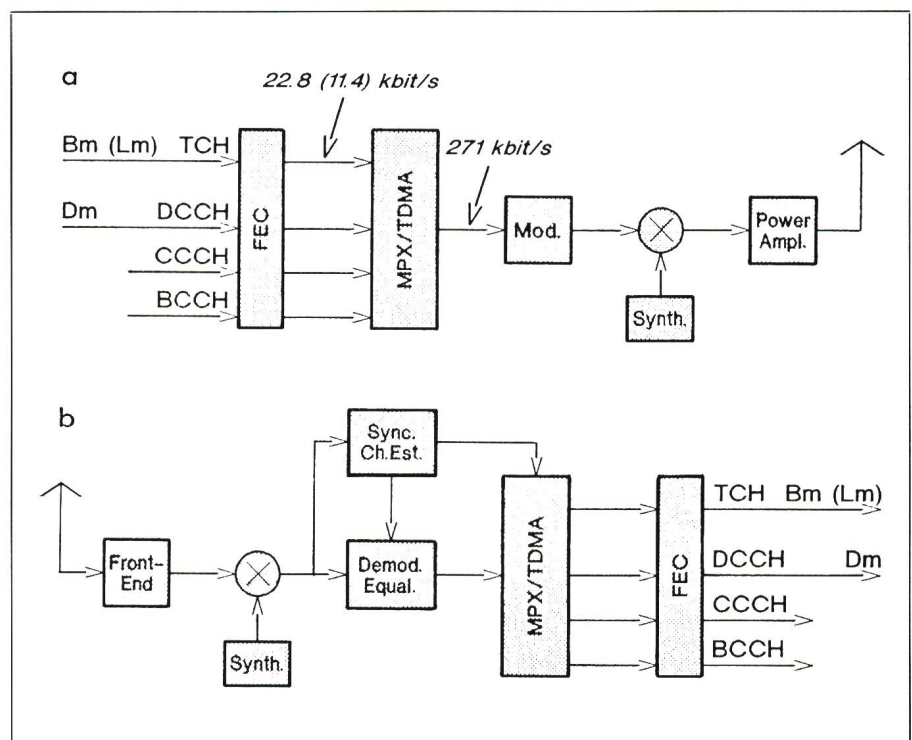
Der Beitrag gibt eine Übersicht über das Konzept des neuen paneuropäischen digitalen Mobiltelefonsystems. Nachdem im ersten Teil die Möglichkeiten und die Dienste des neuen Netzes eingehend dargelegt wurden, werden im zweiten Teil die mehr technischen Aspekte der Funkstrecke beschrieben. Netzwerkaspekte und Sprachcodeaspekte werden die Themen des letzten Teiles sein.

L'article donne une vue d'ensemble du concept du nouveau système paneuropéen de téléphonie mobile numérique. Alors que la première partie présente amplement les possibilités et prestations du nouveau réseau, la deuxième partie décrit plutôt les aspects techniques de la chaîne radio. Les aspects relatifs aux réseaux et au codage vocal seront les thèmes de la dernière partie.

Die Funkübertragungsstrecke bildet die am ausführlichsten genormte Schnittstelle innerhalb des GSM-Netzes. Sie wird im folgenden kurz anhand des in Figur 6 gezeigten Prinzipblockschaltbildes der digitalen Übertragung beschrieben. Die tatsächliche Implementierung muss dem gezeigten Bild nicht voll entsprechen.

Ausgangspunkt für diese Betrachtung sind die Verkehrs- (Bm bzw. Lm) und Signalisierungsdaten (Dm), von denen angenommen wird, dass sie bereits als Datenströme vorliegen. Man beachte dabei, dass das Konzept Bm + Dm bzw. Lm + Dm dienstbezogen ist und für die Kommunikationsschichten 3 bis 7 Gültigkeit besitzt. Die be-

sondere Natur des Funkkanals macht es unmöglich, dieses Konzept, insbesondere für den Datenkanal Dm, auch bei den unteren beiden Schichten einzuhalten. Tatsächlich werden drei verschiedene logische Kontrollkanäle vorgesehen: der BCCH (Broadcast Control Channel), der CCCH (Common Control Channel) und der DCCH (Dedicated Control Channel). Letzterer entspricht dem eigentlichen Datenkanal Dm, die anderen beiden besitzen kein Äquivalent im Standard-ISDN. Sie dienen vielmehr der Organisation des Anschlusses zum Netz, sie teilen dem Mobilgerät gewissermaßen mit, wo und wie es sich seinen «Telefonstecker einzustecken» hat. Die ge-



Figur 6 Blockschaltbild der Funkübertragung

a Sender
b Empfänger

Der letzte Teil folgt in Heft 21/88

Adresse des Autors

Dr. Heinz Ochsner, Ascom Autophon AG
Ziegelmattestrasse 1-15, 4503 Solothurn.

naue Beschreibung der Bedeutung sowie ein weitere Unterteilung dieser Kontrollkanäle wird später besprochen. Der Verkehrskanal wird in einen TCH (Traffic Channel) abgebildet. Dieser TCH wird als Full-Rate-TCH bezeichnet, wenn er zur Übertragung eines Bm-Dienstes dient, als Half-Rate-TCH, wenn er Lm-Dienste überträgt. Die Kanäle münden in einen Block, welcher eine fehlerschützende Codierung (FEC, Forward Error Correction) der Verkehrs- und Signalisierungsdaten vornimmt. In allen Fällen werden kombiniert Faltungscodes, Interleaving und Blockcodes verwendet. Faltungscodes und Interleaving erlauben eine Korrektur der durch den Funkkanal (physikalischen Kanal) verursachten Übertragungsfehler, während die Blockcodierung zusätzlich eine Erkennung unkorrigierbarer Restfehler erlaubt. Der Zugriff auf das Funkmedium erfolgt mittels eines Zeitmehrfachzugriffverfahrens

(TDMA, Time Division Multiple Access), bei welchem auf einem Hochfrequenzträger die Information für acht Verbindungen zeitlich gestaffelt übertragen wird. Insgesamt stehen 124 Träger zur Verfügung. Dazu werden die codierten Bitströme in der Multiplexeinheit MPX/TDMA zu TDMA-Datenpaketen geformt, wobei zusätzlich notwendige Information wie Synchronisationspräambeln sowie sogenannte Header- und Tailbits hinzugefügt werden. Der so entstehende Datenstrom pro Träger besitzt eine Bitrate von etwa 271 kbit/s. Eine Modulatorstufe formt daraus ein bandbreiteneffizient GMSK-moduliertes (GMSK, Gaussian Minimum Shift Keying) Basisbandsignal. Frequenzsynthesizer und Mischer bilden anschliessend ein Trägerfrequenzsignal im Bereich um 900 MHz. Um zu vermeiden, dass ein sich langsam bewegendes Mobilgerät sich zu lange in einer durch Mehrwegausbreitung verursachten schlechten Empfangssituation befindet, kann die Frequenzsprungtechnik zur Anwendung gelangen; in diesem Fall wird die Trägerfrequenz für jedes Datenpaket geändert. Über einen Endverstärker gelangt das Signal zur Antenne.

Auf der Empfangsseite erfolgt Demodulation, Entzerrung und Decodierung des empfangenen Hochfrequenzsignals. Eine Synchronisationsstufe hat die Aufgabe, erstens den Eintreffzeitpunkt des Datenpaketes zu bestimmen sowie zweitens eine Messung der Kanalverzerrungen vorzunehmen, um dem Egalisator (Equalizer) die not-

wendige Information bereitzustellen. In der Praxis dürfte unmittelbar nach dem Mischer, welcher eine – je nach gewünschtem Aufwand kohärente oder inkohärente – Umsetzung des hochfrequenten Empfangssignals in das Basisband ausführt, eine Digitalisierung des Empfangssignals erfolgen. Die gesamte nachfolgende Signalverarbeitung erfolgt dann in digitalen Signalprozessoren.

Die Beschreibung der Funkstrecke ist Gegenstand der Serie-05-GSM-Empfehlung. Diese umfasst die in Tabelle IV wiedergegebenen Empfehlungen.

GSM-Empfehlungen

- 05.01: Physical layer on the radio path (general)
- 05.02: Multiplexing and multiple access
- 05.03: Channel coding
- 05.04: Modulation
- 05.05: Transmission and reception
- 05.07: Radio subsystem performance
- 05.08: Radio subsystem link control
- 05.10: Radio subsystem synchronization

Tabelle IV

1. Die Verkehrskanäle Bm und Lm

Die Übertragung der Nutzinformationen findet über einen der beiden logischen Verkehrskanäle Bm oder Lm statt, je nach den Kapazitätsbedürfnissen des entsprechenden Dienstes. Der Full-Rate-TCH erlaubt die Übertragung fehlergeschützter Information mit 22,8 kbit/s. Die Nutzrate reduziert sich natürlich mit zunehmenden Fehlerschutzanforderungen des entsprechenden Bm-Dienstes. Ein Full-Rate-TCH kann in zwei Half-Rate-TCH zu 11,4 kbit/s aufgeteilt werden. Diese stehen dann je einem Lm-Dienst zur Verfügung.

2. Der Datenkanal Dm

Die Besonderheiten des Mobilkanals erfordern wie bereits gesagt eine Unterteilung des Signalisier-Kanals in die drei logischen Kontrollkanäle BCCH (Broadcast Control Channel), CCCH (Common Control Channel) und DCCH (Dedicated Control Chan-

nel). Diese werden in Unterkanäle aufgeteilt. Es folgt eine Erläuterung der Aufgaben und der jeweiligen Existenz dieser Kontrollkanäle. Aus dieser Beschreibung ist dabei nicht immer offensichtlich, warum die Aufteilung der Dm-Daten in diese logischen Kanäle Vorteile bringt. Von der OSI-Schicht 2 an aufwärts erscheinen jedenfalls die Kontrollkanäle als parallele Verbindungen vom und zum Mobilteilnehmer, welche über unterschiedliche Übertragungseigenschaften, wie Kapazität, Übertragungsverzögerung usw. verfügen und normalerweise nicht dauernd zur Verfügung stehen.

Broadcast Control Channel (BCCH)

Über diesen Kontrollkanal werden von der Basisstation allgemeine Daten über das PLMN ausgestrahlt. Mitteilungen betreffen beispielsweise Kennzeichnung des Netzes, Verfügbarkeit von bestimmten Optionen (z.B. Frequency Hopping, Voice Activity Detection), die von dieser Basisstation verwendeten Trägerfrequenzen usw. Zudem teilt die Basisstation der Mobilstation über den BCCH mit, auf welchen Frequenzen die BCCH der umgebenden Basisstationen zu finden sind.

Weiter überträgt der BCCH Synchronisationsinformationen. Konzeptuell können diese ebenfalls als parallele Kanäle aufgefasst werden, deshalb bezeichnet man sie als Frequency Correction Channel (FCCH) und als Synchronization Channel (SCH). Sie dienen hauptsächlich als Hilfssignal zur Träger- und Bit-Synchronisation für die Mobilstation.

Auf allen Teilkanälen des BCCH findet von der Basisstation zur Mobilstation eine Simplex-Übertragung statt.

Common Control Channel (CCCH)

Dieser Kontrollkanal wird zur eigentlichen Verbindungsaufnahme verwendet. Während die vom Netz aktivierte Verbindungsaufnahme durch selektive Adressierung eines Mobilgerätes über den Paging Channel (PCH) erfolgt, geschieht die Aktivierung der Verbindung durch die Mobilstation durch ein Zufallszugriffsverfahren (Slotted Aloha Random Access). Der entsprechende Kanal heisst demnach Random Access Channel (RACH). Diese Tatsache erfordert zwei verschiedene Strukturen der Datenpakete für die Kommunikation von MS zu BS. Die Zuteilung entweder eines

SDCCH (siehe unten) oder dann unmittelbar eines Verkehrskanals erfolgt über den Access Grant Channel (AGCH).

Dedicated Control Channel (DCCH)

Wie bereits früher erläutert, entspricht dieser Kanal dem eigentlichen ISDN-Datenkanal Dm. Dabei kann er in insgesamt drei verschiedenen Formen existieren, nämlich als Stand-Alone Dedicated Control Channel (SDCCH), als Slow Associated Control Channel (SACCH) und als Fast Associated Control Channel (FACCH). Die letzten beiden bezeichnet man gemeinsam auch nur als Associated Control Channel (ACCH).

Der SDCCH existiert immer dann, wenn nicht zusätzlich ein Verkehrskanal (TCH) existiert. Die Aufgaben des SDCCH teilen sich in zwei Gruppen: Einerseits dient er der Übertragung der Signalisierungsinformation für das Zielnetz, beispielsweise der Nummer des anzurufenden Teilnehmers usw. Zudem wird dem Mobilgerät die Kanalnummer des zu verwendenden Verkehrskanals mit Hilfe des SDCCH mitgeteilt.

Einige der typischen ISDN-Dienste benötigen den D-Kanal ohne gleichzeitige Benützung des B-Kanals. Dies können Zustandsabfragen des Teilnehmeranschlusses (akkumulierte Taxen, während Abwesenheit eingegangene Anrufe), Mitteilungen oder Fernsteuerungen (etwa von Anrufbeantwortern) sein. Um diese Dienste auch einem mobilen Teilnehmer verfügbar zu machen, erfolgt in einer GSM-PLMN eine derartige Kommunikation voll duplex über den SDCCH.

Beim ACCH handelt es sich um einen Kontrollkanal welcher nur dann existiert, wenn dem Teilnehmer auch Verkehrskapazität, d.h. ein TCH oder SDCCH, zugeteilt worden ist. Über diesen Kanal werden Nachrichten, wie sie während einer Verbindung dienstabhängig oder dienstunabhängig auftreten können (z.B. Taxinformation), übertragen. Weiter dient dieser Kontrollkanal der Übertragung von Vermittlungsfunktionen während des Gesprächs, wie sie im Falle eines Handovers zu einer andern Basisstation notwendig werden. Ausser der Übermittlung von Mitteilungen der höheren Schichten verwendet die Steuereinheit der Funkstrecke diesen Kanal auch für die Übertragung von schicht-1-bezogener Information für die Leistungsregelung, die zeitliche Ausrichtung der Zeitschlitzes oder die Kanalqualitäts-

bewertung. Die Übertragung auf dem ACCH erfolgt voll duplex.

Eine Besonderheit bildet das sogenannte *Frame Stealing*. Wie sich später zeigen wird, hat der ACCH normalerweise eine ziemlich geringe Übertragungsrate und eine grosse Verzögerung (etwa 500 ms). Ist dies untolerierbar, so kann dem dazugehörigen Verkehrskanal Kapazität gestohlen werden, indem entweder einer seiner Datenblöcke gar nicht (beispielsweise bei Sprachübertragung) oder mehrere Blöcke nur zum Teil (bei den meisten Datendiensten) übertragen werden. Natürlich haben die Fehlerschutzmassnahmen dafür gewisse Vorkehrungen zu treffen. Die Version des ACCH mit Frame Stealing wird als Fast ACCH (FACCH) bezeichnet, diejenige ohne als Slow ACCH (SACCH).

3. Aufbau von Datenpaket und Zeitrahmen

Wie bereits erwähnt, wird der Zugriff auf das Funkmedium mittels eines Zeitmehrfachzugriffsverfahrens geregelt. Die Übertragung erfolgt dabei in Paketen (Bursts) mit einer fest vorgegebenen Struktur. Weil diese Struktur einschränkende Auswirkungen auf mögliche Codierungsverfahren wie auch auf die Multiplexierung hat, sei sie hier an erster Stelle behandelt.

Aus der Figur 7 kann der Zusammenhang zwischen modulierenden Bit, Datenpaket und Zeitrahmen (TDMA Frame) ersehen werden.

Modulierende Bit

Die Übertragung auf dem Radiokanal erfolgt durch binäre Symbole mit einer Rate von 270,833 kbit/s. Dies ergibt eine Bitdauer von 3,692 μ s/Bit.

Zeitschlitz und Datenpaket

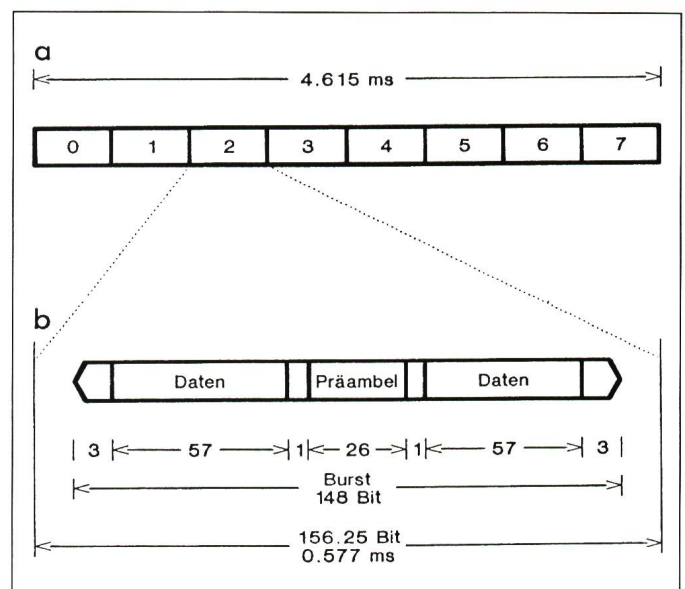
Wie aus der Figur 7 ersichtlich ist, wird ein Datenpaket (Burst) aus 148 modulierenden Bit geformt. Dieses wird während eines sogenannten Zeitschlitzes (Time Slot) entsprechend einer Länge von 156,25 Bit (oder 576,9 μ s) übertragen. In der Mitte des Datenpaketes befindet sich die sogenannte Präambel, bestehend aus 26 Bit. Sie ist dem Empfänger bekannt und erlaubt ihm einerseits die Synchronisation auf das Empfangssignal, andererseits die Berechnung der Kanalstossantwort. Daraus können wiederum Parameter für die Entzerrung berechnet werden.

Vor und nach der Präambel ist das Paket symmetrisch aufgebaut: Zuerst folgt je ein Headerbit, welches anzeigt, ob das Datenpaket Verkehrsdaten (Bm oder Lm) oder Signalisierungsdaten enthält. Anschliessend folgen die eigentlich zu übertragenden Daten in zwei Blöcken zu je 57 Bit. Am Ende sowie am Schluss des Paketes finden sich noch je drei Tailbits, welche es dem Entzerrer erlauben, auch die Nutzbits mit grösster Entfernung von der Präambel erfolgreich zu entzerren.

Die zusätzlich aufzubringende Schutzzeit von 30,5 μ s (oder 8,25 Bit²) dient verschiedenen Zwecken:

Figur 7
Modulierende Bit,
Datenpaket und
TDMA-Rahmen

- a TDMA-Rahmen:
1733 Zeitschlitzes pro
Sekunde
b Zeitschlitz:
270,8 kbit/s



- Sie erlaubt das sanfte Ein- und Ausschalten des Senders bei der Ausstrahlung des Datenpaketes und damit die Einhaltung der Bandbreitenbedingungen. Die Einschalttrampe darf allerdings auch noch in einen Teil der beiden äussersten Tailbits ragen.
- Sie bewirkt, dass die Ungenauigkeit in der Bestimmung des Ausstrahlungszeitpunktes, welche wegen der veränderlichen Laufzeit zwischen Mobil- und Basisstation unvermeidbar ist, keine negativen Folgen hat.
- Sie vermeidet zumindestens teilweise die Überlappung von Paketen von verschiedenen Sendern, die vom dispersiven Funkkanal verursacht werden könnte.

An dieser Stelle ist noch zu erwähnen, dass das eben beschriebene Burstformat nur eines von insgesamt fünf verschiedenen Formaten ist. Die anderen vier Formate werden aber nur innerhalb der logischen Kanäle von BCCH und CCCH benötigt. So ist beispielsweise ein spezielles Sinuspaket für die Frequenzsynchronisation vorgesehen, ebenso erfordert der Slotted-Aloha-Zugriff auf dem RACH ein besonderes Format mit stark vergrößerter Schutzzeit.

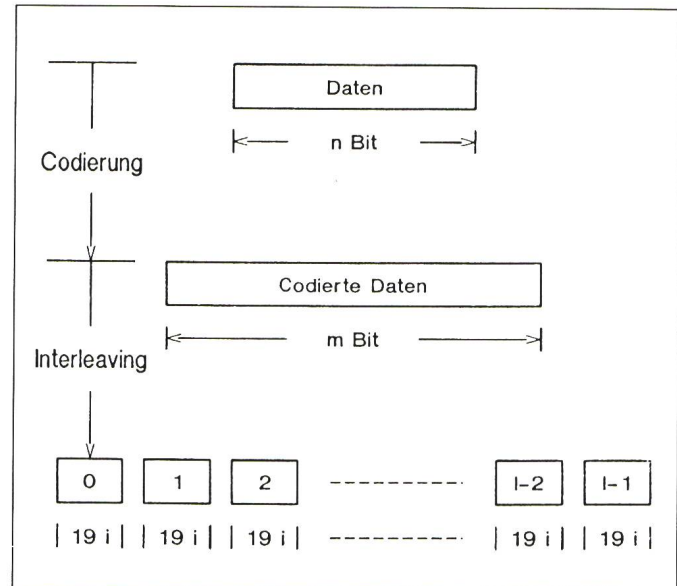
Zeitrahmen

Je acht aufeinanderfolgende Zeitschlitze werden nun derart zu einem Rahmen zusammengefügt, dass sich acht physikalische Kanäle bilden. Jeder dieser Kanäle bietet die Kapazität für die Übertragung eines $B_m + D_m$ -Paares bzw. zweier $L_m + D_m$ -Paare. Der so entstehende Zeitrahmen – und damit die Zeitdauer zwischen zwei zum selben Kanal gehörenden Zeitschlitzen eines Full-Rate-Dienstes – beträgt 4,615 ms.

4. Fehlercodierung

Die verwendeten Fehlerschutzmassnahmen werden sowohl durch die Art der Daten, d.h. Verkehrs- oder Signalisierungsdaten, wie durch den Dienst bestimmt. Das generelle Verfahren ist aber dasselbe, wie die Figur 8 zeigt. Dabei wird normalerweise ein Daten-

Figur 8
Verallgemeinertes
Codierungs- und
Interleaving-Schema

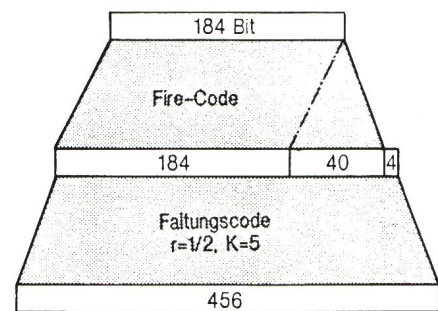


block bestehend aus n Bit in einen neuen Block aus m binären Codesymbolen codiert. Wegen der besonderen Struktur des Datenbursts muss m ein ganzzahliges Vielfaches von 19 sein. Nach einer Verschachtelung (Scrambling) werden diese in I Gruppen, deren Anzahl Bit wiederum ein Vielfaches von 19 sein muss, aufgeteilt. Diese I Gruppen werden nun mittels I Datenbursts übertragen. Die Grösse I bezeichnet man auch als Interleaving-Tiefe.

Bereits erwähnt wurde das Frame Stealing. Dabei wird vom Verkehrskanal ein Block codierter Bit nicht oder verzögert übertragen. Dafür werden die entsprechenden Datenbursts mit Signalisierungsdaten gefüllt. Diese Tatsache wird dem Empfänger durch das früher beschriebene Headerbit mitgeteilt.

Codierung und Interleaving für die Signalisierung

Die Figur 9 zeigt das Prinzip des Fehlerschutzes für die Signalisierungsdaten. Dieses Verfahren findet für alle Kontrollkanäle mit Ausnahme des Random Access Bursts des CCCH Anwendung. Der physikalischen Schicht werden vom Layer 2 Mitteilungen einer Länge von 184 Bit³ (oder 23 Oktetts) übergeben. Diese werden zuerst mittels eines zyklischen Blockcodes aus der Gruppe der Fire-Codes geschützt, der sich besonders für die Korrektur von Büschelfehlern eignet. Die daraus resultierenden 40 Parity-Bit werden durch 4 weitere Tailbit



Figur 9 Codierung für Signalisierungsdaten

(alle gleich 0) ergänzt, um am Schluss des Datenblocks den Generator des anschliessenden Faltungscodes wieder auf einen definierten Zustand zurückzubringen.

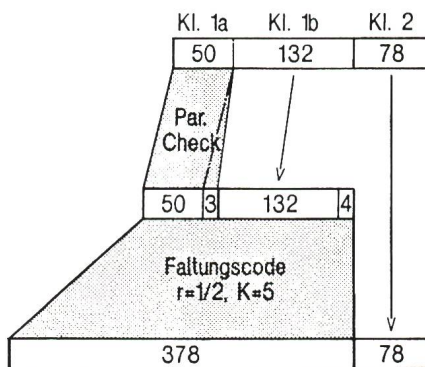
Für diese Faltungscodierung gelangt ein Code mit der Rate $r = 1/2$ und Verknüpfungslänge (Constraint Length) $K = 5$ zur Anwendung. Somit resultiert für die Anzahl codierter Symbole $m = 456$. Diese werden über $I = 4$ der Signalisierung zugeordnete Bursts übertragen; es gelangt offenbar ein Interleaving der Tiefe 4 zur Anwendung.

² Zu einer Schutzzeit, die keiner ganzzahligen Anzahl modulierter Bits entspricht, kommt es aufgrund der Verhältnisse zwischen verschiedenen Systemtakt (Bit, Zeitschlitz, Zeitrahmen usw.), die aus Einfachheitsgründen alle aus einer einzigen Frequenz von 13 MHz durch Frequenzteilung gewonnen werden.

³ Im Falle des SACCH besteht diese Mitteilung aus 168 Bit aus der OSI-Schicht 2 und 16 Bit aus der Schicht 1, welche die Mobile Management Entity für die Kontrolle der Übertragung auf dem Funkweg benötigt.

Codierung und Interleaving für die Sprache (Full-Rate)

Die Codierung für Sprachdaten ist ziemlich aufwendig, da die verschiedenen Bit eines Datenblocks unterschiedlichen Fehlerschutz benötigen. Das Prinzip ist in Figur 10 zu sehen. Der Sprach-Codec liefert digitalisierte Sprache in Blocks zu 260 Bit. Da ein neuer Block alle 20 ms vorliegt, beträgt die Netto-Bitrate 13,0 kbit/s. Diese Bit sind in drei «Empfindlichkeitsklassen» aufgeteilt. Klasse 1a (50 Bit): hohe Empfindlichkeit, Klasse 1b (132 Bit): mittlere Empfindlichkeit, Klasse 2 (78 Bit): niedrige Empfindlichkeit.



Figur 10 Codierung für Sprache

Klasse 1a: Diesen Bit werden zusätzliche 3 Parity-Bit zugefügt. Die damit vorhandene Restfehlererkennungsmöglichkeit erlaubt dem Sprach-Decoder, besondere Massnahmen zu ergreifen. Bei dieser Klasse wirken sich nämlich Übertragungsfehler ausserordentlich stark aus, so dass ein erkannter fehlerbehafteter Block im allgemeinen besser ignoriert wird.

Klasse 1b: Diesen Bit werden 4 zusätzliche, dem Empfänger bekannte Bit angefügt, um den anschliessenden Faltungscodier wieder in einen bekannten Zustand zurückzuführen. Somit lassen sich die letzten Bit dieser Klasse mit demselben Fehlerschutz versehen wie die übrigen. Insgesamt liegen nun in der Klasse 1 189 Bit vor, welche mit einem leistungsfähigen Faltungscodier ($r = 1/2$, $K = 5$) geschützt werden. Am Ausgang stehen somit 378 Bit zur Übertragung bereit.

Klasse 2: Die 78 unwichtigsten Bit werden ungeschützt übertragen. Die total 456 Bit werden in 8 Gruppen ($I = 8$) zu 57 Bit verschachtelt. Offenbar liegt ein Interleaving der Tiefe 8 vor. Die codierten Blocks zu 456 Bit

müssen ebenfalls alle 20 ms übertragen werden, die Multiplexeinrichtung erhält also Daten mit einer Brutto-Bitrate von 22,8 kbit/s.

5. Verschlüsselung

Zum Schutze der Daten gegen Abhören werden die codierten Daten auf der Funkübertragung verschlüsselt. Die Dechiffrierung findet beim Empfänger der Basisstation statt. Eine Teilnehmer-zu-Teilnehmer-Verschlüsselung hingegen wird nicht angeboten.

6. Multiplexierung

Die Übertragung der Daten der logischen Kanäle TCH sowie ACCH bis DCCH erfolgt über physikalische Kanäle, bei welchen alle 4,615 ms ein Zeitschlitz zur Verfügung steht. Es ist demnach eine Abbildung mehrerer logischer Kanäle auf einen physikalischen Kanal notwendig. Es sind dabei drei Fälle der Abbildung auf einen physikalischen Kanal zu unterscheiden:

- Abbildung eines TCH und des dazugehörigen ACCH,
- Abbildung mehrerer unabhängiger DCCH,
- Abbildung von BCCH und CCCH.

Dieser Aufsatz beschränkt sich auf die Beschreibung der Multiplexierung von TCH und SACCH. Diese ist davon abhängig, ob der Verkehrskanal TCH zu einem Half-Rate- oder zu einem Full-Rate-Dienst gehört. In beiden Fällen wird ein Multiplexrahmen (Superframe) bestehend aus 26 Paketen eines physikalischen Kanals gebildet (Figur 11). Offenbar dauert ein solcher Multiplexrahmen $26 \times 4,615 \text{ ms} = 120 \text{ ms}$.

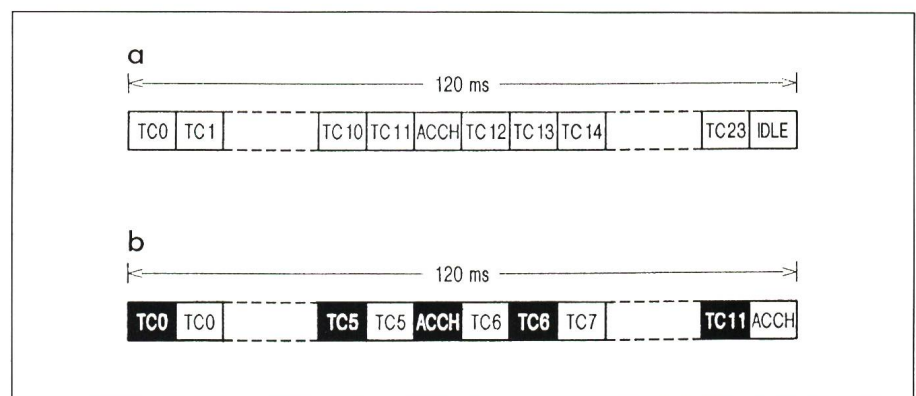
Im Falle eines Full-Rate-Dienstes ($B_m + D_m$) stehen 24 dieser Bursts dem Verkehrskanal TCH zur Verfügung, ein weiterer dient dem Signalisierungskanal ACCH. Das letzte Paket bleibt unbenutzt. Bei Half-Rate-Diensten werden die 26 Pakete auf zwei Paare $L_m + D_m$ aufgeteilt. Jeder Verkehrskanal bekommt nun nur noch 12 Pakete zugeteilt. Das im Full-Rate-Fall unbenutzte Paket wird dem ACCH des zweiten D_m zugeteilt.

7. Modulation

Nach der Multiplexierung liegt ein binäres Signal mit der Rate 270,83 kbit/s vor. Dieses Signal moduliert nun einen Träger nach dem bereits erwähnten GMSK-Verfahren. Die relative Bandbreite beträgt $BT = 0,3$. Die GMSK-Modulation erlaubt eine Vielzahl verschiedener kohärenter und inkohärenter Demodulationsverfahren und lässt deshalb einem Entwickler grosse Freiheit in der Wahl von Demodulator und Entzerrer. Kommt Slow Frequency Hopping zum Einsatz, so ändert sich die Trägerfrequenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Datenbursts. Damit kann vermieden werden, dass eine sich langsam bewegende Mobilstation, beispielsweise ein handportables Gerät, zu lange ein durch Mehrwegausbreitung verursachtes Schwundloch antrifft.

8. Übertragungseigenschaften

Die in diesem Abschnitt erläuterten Codier- und Interleaving-Verfahren führen zu Übertragungseigenschaften, welche hier zusammengefasst werden sollen. Für die verschiedenen Dienste werden Übertragungsrate, Übertra-



Figur 11 Struktur des Multiplexrahmens (Superframe)

- a Ein Half-Rate-Kanal ($B_m + D_m$)
- b Zwei Half-Rate-Kanäle ($L_m + D_m$)
- TCx TDMA-Rahmen No. x für Verkehrsdaten
- ACCH Zeitrahmen für Signalisierungsdaten
- IDLE Unbenutzter Rahmen

gungsverzögerung, und Übertragungsqualität beurteilt.

Signalisierung (Dm)

Die Eigenschaften des Signalisierungskanals sind unterschiedlich, je nach dem, ob der «langsame» ACCH oder der «schnelle» ACCH vorliegt.

Slow ACCH: Die resultierenden Bitraten für Layer 1 und Layer 2 Bit sind aus der Tabelle V ersichtlich. Die durch das Interleaving verursachte Verzögerung beträgt 360 ms (3 Multiplexrahmen + 1 Zeitschlitz). Zusätzliche Verzögerungen können natürlich auftreten, falls Meldungen auf ihre Übertragung warten müssen (Queueing of Messages).

Bitrate (Layer 1 Bit)	50 bit/s
Bitrate (Layer 2 Bit)	333 bit/s
Blockrate	2,08 Blocks/s

Tabelle V Resultierende Bitraten für Slow ACCH

Die Figur 12 zeigt die Blockfehlerrate, d.h. die Häufigkeit, mit welcher mindestens ein Fehler in einem 184-Bit-Signalisierungsblock auftritt, in Abhängigkeit des Signal-zu-Interferenz-Verhältnisses. Die durch Simulation gewonnenen Resultate berücksichtigen die Schwundverhältnisse in einem städtischen Gebiet sowie die Zündstörungen des Fahrzeugs. Der Fehlerschutz durch den Fire-Code erlaubt die Anzeige von nichtkorrigierbaren Fehlern. Die Rate nichtentdeckter Fehler ist gegenwärtig noch unbekannt, dürfte aber kleiner als 10^{-7} sein.

Fast ACCH: Falls dem Verkehrskanal Kapazität gestohlen wird, um Signalisierungsdaten zu übertragen, dann wird dieser logische Kanal Fast ACCH genannt. In diesem Fall werden einer oder mehrere codierte Sprach-/Datenblöcke durch einen 456 Bit langen codierten Signalisierungs-

Figur 12
Blockfehlerrate für langsamen und schnellen ACCH

P_b Blockfehlerrate
 C/I Signal-zu-Interferenz-Verhältnis

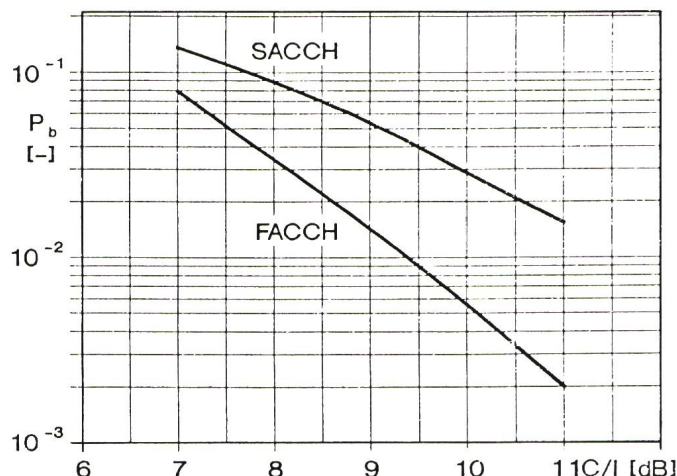


Tabelle VI
Wichtigste Sprachübertragungseigenschaften des GSM-Systems

Bitrate	13,0 kbit/s
Sprachblockrate	50 Blocks/s
Codec Verzögerung	20,00 ms
Übertragungsverzögerung (8 TDMA-Rahmen + 1 Zeitschlitz)	37,50 ms
Minimale Gesamtverzögerung	57,50 ms
Verarbeitungszeit	etwa 27,50 ms
BS-MSC-Link	etwa 5,00 ms
Erwartete Gesamtverzögerung	etwa 90,00 ms

block ganz oder teilweise ersetzt. Dieser wird dann gemäss der für Sprache (und nicht etwa für den gegenwärtig benutzten Dienst) gültigen Interleaving-Vorschrift auf die Datenbursts verteilt. Offenbar erfährt dieser Signalisierungsblock dann dieselbe Verzögerung wie ein Sprachblock, also nur etwa 90 ms. Die grössere Interleaving-Tiefe bringt auch eine Verbesserung der Blockfehlerrate. Die Figur 12 zeigt zusätzlich zum SACCH das Verhalten für den FACCH, welcher die Interleaving-Tiefe 8 besitzt. Kommt der FACCH bei Interleaving-Tiefe 8 zum Einsatz, so wird genau ein Datenblock des Verkehrskanals gestohlen. Bei den meisten Datendiensten hingegen beträgt die Verschachtelungstiefe wesent-

lich mehr, nämlich 19. Hier werden insgesamt 19 Datenblöcke betroffen, bei guten Übertragungsverhältnissen können die fehlenden Bit aber durch die Fehlerschutzmassnahmen bestimmt erkannt, möglicherweise sogar korrigiert werden.

Sprache (Bm)

Tabelle VI zeigt die wichtigsten Parameter der Sprachübertragung. Es ist zu bemerken, dass die Verzögerungen in zwei Klassen unterteilt werden können, in systeminhärente und implementationsabhängige Verzögerungen. Die letzteren können im Idealfall zu 0 reduziert werden.

(Fortsetzung in Heft 21/88)

Asea Brown Boveri bringt Sicherheit in die Stromversorgung.

Fussball weltweit via Satellit. Globale Gesprächsverbindungen – störungsfrei. Auch bei donnergrollenden Gewittern zur Selbstverständlichkeit geworden. Die Börsenkurse aus Tokio, die Wetterdaten bilderbuchbunt ab Meteosat: ein intaktes Kommunikationsnetz rund um die Uhr. Und die Tageszeitung pünktlich zum Morgenkaffee...

Ob beim Buchungscomputer auf dem Flughafen, bei der korrekten Verwaltung Ihres Bankkontos, bei der speditiven Abwicklung eines Versicherungsfalles oder bei der Fernsehübertragung über Satellit: überall müssen Netzstörungen und Stromunterbrüche zuverlässig verhindert werden.

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) von Brown Boveri sichert eine absolut kontinuierliche Energielieferung bei Überwachungs- und Leitsystemen im Flugwesen und im Strassenverkehr, in Spitälern, bei EDV-Anlagen, in Fernmeldezentren und anderen Kommunikationssystemen. Sie garantiert bei Störungen einen autonomen Betrieb.

Eine vom Netz aufgeladene Batterie dient als Energiespeicher und versorgt über einen Wechselrichter die kritischen Verbraucher auch bei Netzausfall einwandfrei. USV-Anlagen von Brown Boveri sind kompakt gebaut und haben einen hohen Wirkungsgrad. Das Leistungsspektrum von 3 bis 2000 kVA reicht von der Büroautomatisierung bis zur Grossrechenanlage. Unser Service ist so zuverlässig wie die Geräte.

Auskunft und Unterlagen erhalten Sie über Telefon 056/29 98 73.

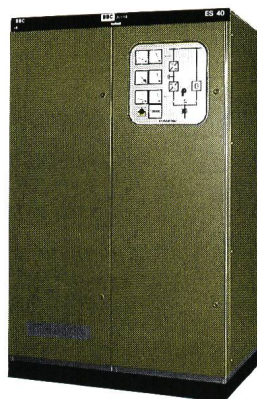


ABB
Asea Brown Boveri AG
Verkauf USV-Anlagen
CH-5401 Baden/Schweiz

ABB
ASEA BROWN BOVERI

Asea Brown Boveri sichert Ihre Stromversorgung.



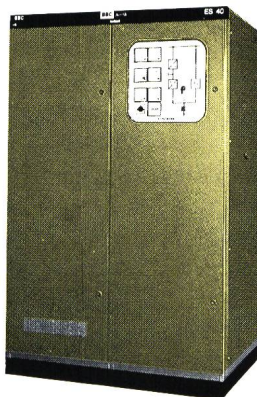
Strahlend wird die Nacht zum Tag. Sicherheit ist unumstössliches Gesetz. Ihr Platz im Flugzeug ist zuverlässig reserviert. Der Jumbo startet pünktlich nach New York...

Ob beim Buchungscomputer auf dem Flughafen, bei der korrekten Verwaltung Ihres Bankkontos, bei der speditiven Abwicklung eines Versicherungsfalles oder bei der Fernsehübertragung über Satellit: überall müssen Netzstörungen und Stromunterbrüche zuverlässig verhindert werden.

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) von Asea Brown Boveri sichert eine absolut kontinuierliche Energielieferung bei Überwachungs- und Leitsystemen im Flugwesen und im Strassenverkehr, in Spitälern, bei EDV-Anlagen, in Fernmeldezentren und anderen Kommunikationssystemen. Sie garantiert bei Störungen einen autonomen Betrieb.

Eine vom Netz aufgeladene Batterie dient als Energiespeicher und versorgt über einen Wechselrichter die kritischen Verbraucher auch bei Netzausfall einwandfrei. USV-Anlagen von Asea Brown Boveri sind kompakt gebaut und haben einen hohen Wirkungsgrad. Das Leistungsspektrum von 3 bis 2000 kVA reicht von der Büroautomatisierung bis zur Grossrechenanlage. Unser Service ist so zuverlässig wie die Geräte.

Auskunft und Unterlagen erhalten Sie über Telefon 056/29 98 73.



Asea Brown Boveri AG
Antriebe
CH-5401 Baden/Schweiz
Verkauf USV-Anlagen

ABB
ASEA BROWN BOVERI



Steigendes Innovationstempo – bessere Qualität –
höhere Zuverlässigkeit – Rentabilitätsdruck!

**CSEE, die wirtschaftliche Lösung für
funktionssichere Elektronik-
Komponenten.**

Das Schweiz. Komponentenprüfzentrum CSEE ist
ein unabhängiges, neutrales Prüf- und Beratungs-
zentrum für die Elektronik-Industrie.

ASICs

Beratung in Testbarkeit, Entwicklung von ASIC-
Testprogrammen, Qualifikationen von Prototypen
und Produktionsfreigabe.

**Testprogramme für Sentry-
Prüfautomaten**

Entwicklung und Verkauf von Sentry-
Testprogrammen für Standard-IC's. Vertretung von
ISE, USA, für Europa.

**Zuverlässigkeit elektronischer
Schaltungen**

«MILLI» und «RELCALC 2» – die Software für Ihren
PC zur Abschätzung oder Berechnung von
Zuverlässigkeitswerten während der
Entwicklungsphase.

**Centre Suisse
d'Essais des Composants
Electroniques**



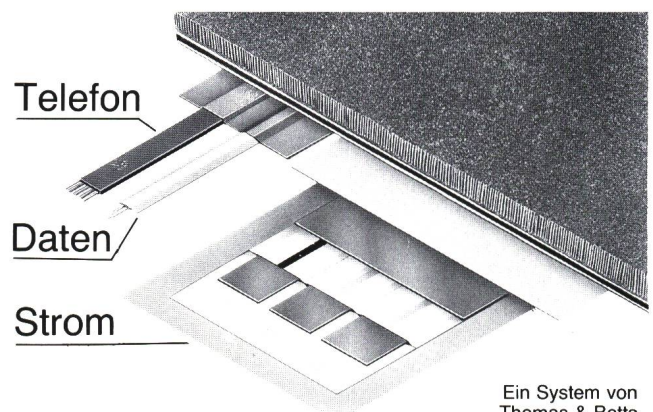
22, ruelle Vaucher, CH-2000 Neuchâtel
Tel. (038) 24 18 00, Telex 952 566, Fax 255 643

– Eine Abteilung des SEV (Schweiz. Elektrotechnischen Vereins)

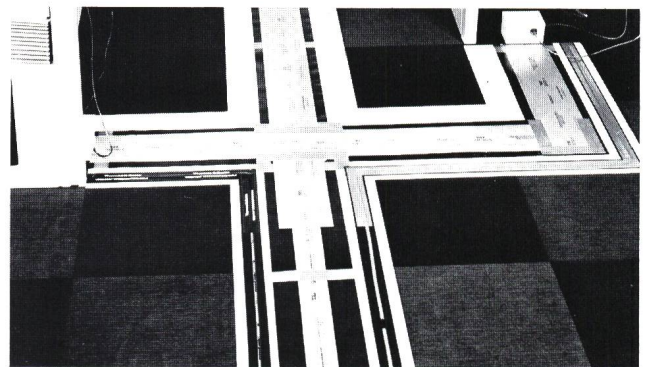
LANZ

VERSA-TRAK®

Flachkabel zur
Verlegung unter den
Büro-Plattenteppich



Ein System von
Thomas & Betts



Das Bürokommunikationssystem
mit neuen Möglichkeiten:

- totale Mobilität
- freie Raumgestaltung
- weniger bauliche Anpassungen
- kein Raumhöhenverlust
- schnell montiert
- weniger Investitionen

Technisch ausgereift. SEV-geprüft

Verlangen Sie unsere Dokumentation oder einen
unverbindlichen CAD-Planungsvorschlag.

lanz electro ag

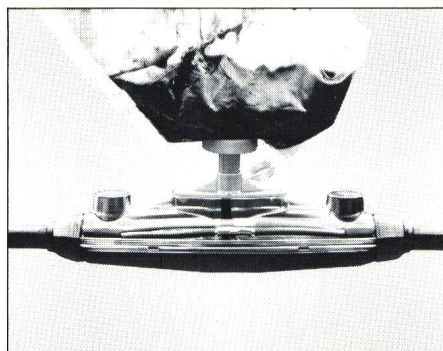
CH-4853 Murgenthal, Tel. (063) 45 11 22
Telex 982 665

Kabelspleissen: «Hier ist 3M-Erfahrung gefragt!»

3M-Produkte und -Ideen sind führend in der Giesstechnik. Das geschlossene Giesverfahren revolutioniert den Arbeitsvorgang, verbessert entscheidend die Arbeitsbedingungen.

Fordern Sie die aufschlussreiche Dokumentation an.

Unsere Erfahrung ist Ihr Vorteil.



3M (Schweiz) AG
Abt. Elektroprodukte
8803 Rüschlikon
Tel. 01/724 93 51

3M

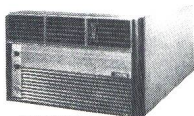
da stimmen Qualität, Produkt und Preis

Qualität einbauen mit ANSON Klimageräten:



**ANSON-Aermec
Klimageräte**

Sorgen für angenehme Kühle. Leise. Individuell regelbar. 220 V, 1150 W. Rasch montiert. Preisgünstig. Ab Fr. 1750.—



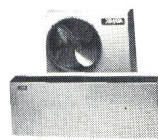
**ANSON-Gross-
klimageräte**

Aussenbündig in Fenster von Supermärkten, Computer- und Fabrikationsräumen etc. montierbar. 380 V, 2,5—4 kW. 4150.—



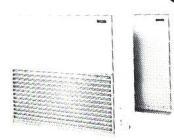
Klimatruhen

Für Büros, EDV, Sitzungs- und Schulungsräume etc. Leise, zugfrei, individuell regelbar. 220 V, 980 W. Rasch montiert. Ab Fr. 2800.—



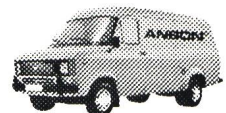
**ANSON-„Split“
sind superleise**

Für Büros, EDV, Läden, Supermärkte, Wohn- und Schlaf-räume. Rasch montiert. 220 V, 1400 W. Ab Fr. 2600.—



**ANSON-Aermec
„Split“ Typ AS**

Luftgekühlt, 9—43 kW. Modernste Konzeption. Geringer Energieverbrauch. X-tausend-fach bewährt.



**Klimageräte-
Service**

Preisgünstig durch ANSON. Wenn Ihr Gerät gewartet werden muss, wenn es lärmt oder nicht mehr kühlt:

Fragen Sie
uns an:

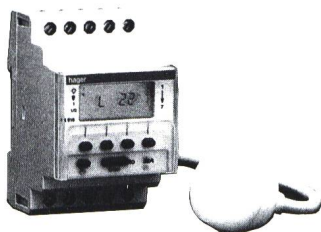
ANSON AG 01/461 11 11

**Friesenbergstr. 108
8055 Zürich**

hager

Ihr Partner für alle
modulare Einbaugeräte

Dämmerungs-Schaltcomputer E 616



Ein Gerät, 2 Funktionen:

- Dämmerungsschalter:
- Schaltcomputer
- Wochenzyklus mit 1 Minute-Schaltabschnitten
- einfache und präzise Programmanzeige durch LCD-Display
- kompaktes Gerät

Ausgang	Schaltleistung	Anschlußspannung
1 Wechsel Kontakt	10 A 250 V ~ AC1 1 A 250 V ~ ☼	220/240 V 50/60 Hz

S.A. Hager Modula A.G.

Chemin du Croset 3
Case postale n° 191

1024 ECUBLENS/VD
Tel. (021) 35 98 48

Telex 45 47 12
Telefax (021) 341 724

Verkauf durch Ihren Grossisten!



Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ein entscheidendes Qualitätskriterium für elektronische Apparate und Anlagen

Unser Entstörungslabor

- prüft die Störempfindlichkeit und das Störvermögen,
- bestimmt Störschutz- und Schirmmassnahmen,
- kontrolliert Apparate und Anlagen auf Einhaltung der gesetzlichen Störschutzbestimmungen,
- führt Prototyp- und serienmässige Entstörungen aus,
- steht Fabrikations- und Importfirmen für fachmännische Beratung in EMV-Problemen zur Verfügung.

PRO RADIO-TELEVISION, Entstörungslabor, 3084 Wabern, Telefon 031 / 54 22 44

peyer hat die kompletteste Kabelträger-System-Palette

Siegfried Peyer AG
peyerenergie



Alles was Sie für Kabeltragkonstruktionen brauchen, hält **peyerenergie** in einer grossen Typenvielfalt an Lager.

- Kabelleitern, Kabelrinnen und Gitterbahnen
 - Ankerschienen und Zubehör aus rostfreiem Stahl, tauchverzinkt oder im Sendzimerverfahren verzinkt und für besonders aggressive Umgebungen mit Kunststoff beschichtet.
- Sprechen Sie mit uns schon bei der Projektierung – unsere Erfahrung garantiert die wirtschaftlichste Lösung für Ihren Anwendungsfall.

peyerenergie
CH-8832 Wollerau
Telefon 01/784 46 46
Telex 875 570 pey ch



-Leuchten mit eingebautem
Infrarot-Bewegungssensor



- Schaltet auf Bewegungen berührungslos ein
- Distanz bis 15 m
- Einstellbare Dämmerungsautomatik
- Begrüsst Freunde schreckt Feinde ab
- verschiedene Ausführungen
- SEV-geprüft



SI-ELEKTRONIK AG

Alarm- und Überwachungsanlagen

8645 Jona

055/28 47 47

In

Dallas

wird das

Bulletin SEV/VSE

kaum gelesen

Doch sehr wohl bei uns!

86% der Leser sind Elektroingenieure ETH/HTL

91% der Leser haben Einkaufsentscheide zu treffen

IHR

Zielpublikum

Wir beraten Sie kompetent
Tel. 01/207 86 32

Schweizer Qualitäts-
produkte aus Berneck SG

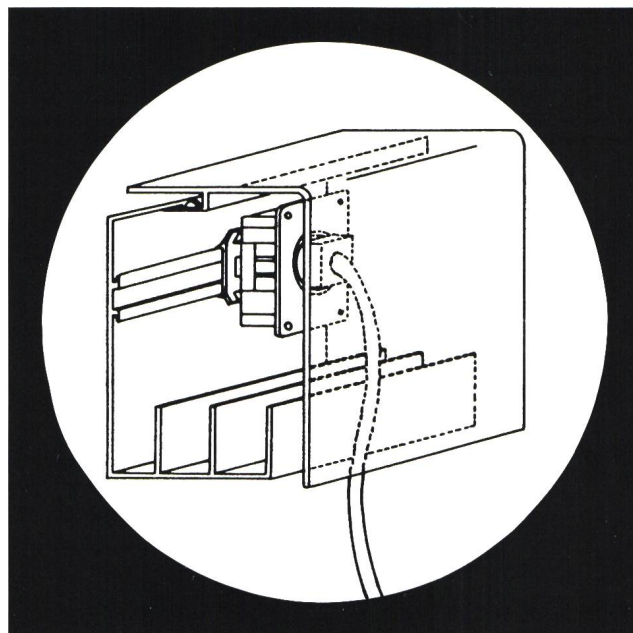
Alu-Brüstungskanal **MOBIL-GRANDESSA**

Gebaut für höchste Kommunikationsansprüche und
die Erzielung günstiger Endkosten

Kompakt, übersichtlich, leicht bedienbar

Keine weiteren Zusatzteile erforderlich

Mit verdeckter Draht- und Kabelausführung



Auslieferung:
Mobilwerke
U. Frei AG
9442 Berneck SG
Tel. 071-71 22 42

Verkauf:
W. Bösch AG
Im Spitz 35
8330 Pfäffikon ZH
Tel. 01-950 15 43
Telefax 01-950 03 71