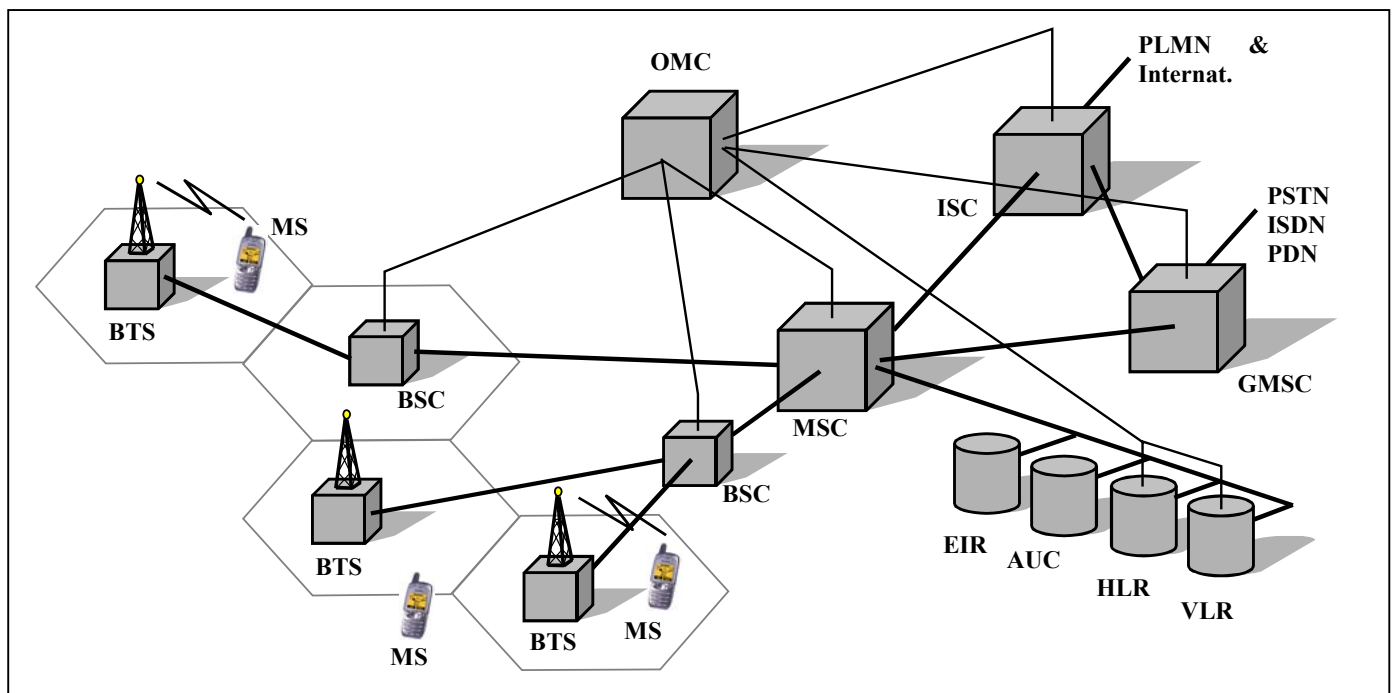


Nachrichtentechnisches Praktikum: Mobilfunksysteme

1	GRUNDLAGEN	3
1.1	Die GSM System Architektur	3
1.1.1	Mobile Station (MS)	3
1.1.2	Base Station Subsystem (BSS)	4
1.1.3	Network and Switching Subsystem (NSS)	4
1.1.4	Operation Subsystem (OSS)	5
1.2	GSM-Technik	5
1.2.1	Funkschnittstelle	5
1.2.2	Logische Kanäle	8
1.2.3	Fehlerschutzmechanismen	9
1.2.4	Timing Advance	9
1.2.5	Handover & Location Update	9
2	VERSUCHSAUFBAU	11
3	VERSUCHSVORBEREITUNG	12
3.1	MANUAL TEST	12
3.2	CALL ESTABLISHED	13
4	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	14
4.1	Phasen- und Frequenzfehler	14
4.2	Power Ramp – Messung	15
4.3	Bitfehlerratenmessung	17
5	MESSPROTOKOLLE	18
5.1	Phasen- Frequenzfehler	18
5.2	Bitfehlerratenmessung für GSM 900 mit Mobiltelefon 1	19
A.	ANHANG	20
A.1	Umrechnungstabellen	20
A.2	Communication Mobile Digital Tester 55	21
A.3	Verwendete Einstellungen	21
A.4	Quellen	21

Abbildung 1



BTS Base Transceiving Station
 BSC Base Station Controller
 MSC Mobile Switching Center
 GMSC Gateway MSC
 ISC International Switching Center

MS Mobilstation
 HLR Home Location Register
 VLR Visited Location Register
 EIR Equipment Identity Register
 AUC Authentication Center
 OMC Operation and Maintenance Center

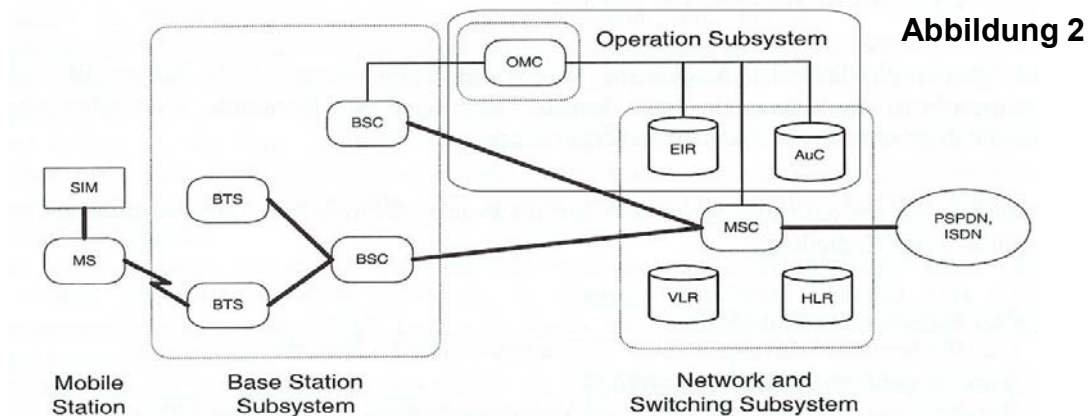
1 Grundlagen

1.1 Die GSM System Architektur

Betrachtet man Abbildung 1, erkennt man im GSM System zwei wesentliche Bestandteile: die fest installierte Infrastruktur – das Netz im eigentlichen Sinn – und die Mobilteilnehmer, welche über die Funkschnittstelle die Dienste des Netzes nutzen und kommunizieren.

Das festinstallierte GSM-Netz wird, schematisch in Abbildung 2 dargestellt, in drei Subsysteme unterteilt:

- Base Station Subsystem (BSS)
- Network and Switching Subsystem (NSS)
- Operation Subsystem (OSS)



1.1.1 Mobile Station (MS)

Die Mobile Station besteht aus zwei Teilen: Dem Endgerät (Handy) und einer Subscriber Identity Module (SIM). In jedem Endgerät ist eine IMEI (International Mobile Equipment Identity) Nummer gespeichert, über die jedes Handy eindeutig identifiziert werden kann.

Weiterhin beinhaltet jede SIM-Karte die für uns nicht sichtbare IMSI (International Mobile Subscriber Identity) mit der das System den Abonnenten identifizieren kann. Diese Nummer wird vom Netzbetreiber intern vergeben und besteht aus drei Komponenten:

- Drei Ziffern Mobile Country Code (MCC), das „Heimatland“ der Karte (für z.B. Deutschland 262)
- Zwei Ziffern Mobile Network Code (MNC), das „Heimatnetzwerk“ der Karte (T-Mobile 01, Vodafone 02, E-Plus 03, O₂ 07)
- Die Mobile Subscriber Identification Number (MSIN), die bis zu zehn Stellen lang sein kann. Sie bestimmt eindeutig einen Teilnehmer innerhalb des Netzwerks.

Neben der IMSI gibt es auch noch die uns bekannte offizielle Rufnummer, die MSISDN (Mobile Station International ISDN Number).

1.1.2 Base Station Subsystem (BSS)

Das BSS ist die Funkkomponente des Netzes. Sie ermöglicht die Kommunikation mit den Mobilteilnehmern in einem bestimmten Zellbereich des GSM-Netzes. Außerdem stellt es die Funkkanäle für Signalisierung und Nutzverkehr zur Verfügung und erledigt die Fehlerschutzcodierung und -decodierung für die Funkkanäle.

Das BSS beinhaltet:

- ≥ 1 Base Transceiver Station (BTS)
Die BTS beinhaltet die Funkkomponenten die für die Funkverbindung mit der MS verantwortlich sind. Die Reichweite liegt theoretisch bei 37.8km, fällt aber in der Praxis je nach Geländesituation aufgrund von Ausbreitungsdämpfung deutlich geringer aus.
- 1 Base Station Controller (BSC)
Eine BSC kontrolliert eine oder mehrere BTS und wirkt als Digitalverarbeitungsschnittstelle zum Rest des Netzes. Die Hauptfunktion besteht darin Funkkanäle und Kontrollnachrichten zur oder von (Uplink bzw. Downlink) der MS zu organisieren. Außerdem steuert das BSC Handovermechanismen, d.h. die Übergabe von Mobilteilnehmern innerhalb einer oder zwischen zwei Zellen auf einen anderen Funkkanal (siehe Abschnitt 1.2.5).

1.1.3 Network and Switching Subsystem (NSS)

Das NSS besteht aus den Mobilvermittlungszentralen mit den Datenbanken, welche zur Vermittlung und Dienstleistung notwendigen Daten speichern. Im Einzelnen sind das:

- Mobile Switching Center (MSC)
Ein MSC ist der Vermittlungsknoten des GSM-Netzes und erfüllt alle vermittlungstechnischen Funktionen eines Festnetzvermittlungsknotens. Es liefert verschiedene Funktionen für die Handhabung von Abonnenten wie Registrierung, Identifikation, Handover und Location Update (siehe Abschnitt 1.2.5).
- Home Location Register (HLR)
Diese Datenbank ist für die Teilnehmerregistrierung und -lokalisierung verantwortlich. Sie ist das Heimatregister, das jeden Teilnehmer (IMSI) und seine MSISDN-Rufnummer registriert, die in seinem Netz „beheimatet“ ist. Zu den gespeicherten Daten gehört neben festen Einträgen, wie abonnierte Dienste und Berechtigungen, vor allem auch ein Verweis auf den aktuellen Aufenthaltsort einer Mobilstation. Das HLR wird zur Wegsuche für Rufe zu hier registrierten MS verwendet.

- Visited Location Register (VLR)

Das Besucherregister verwaltet die Daten aller Mobilteilnehmer, die sich momentan im Verwaltungsbereich des zugehörigen MSC aufhalten. Beim Location Update startet ein MS jeweils eine Registrierungsprozedur. Das zuständige MSC leitet dabei die Identität der MS und ihre momentane Local Area Identity (LAI) an das VLR weiter, die die Daten bei sich einträgt und so die MS registriert. Das HLR wird nun über den neuen Aufenthaltsort informiert, um Wegsuche für Rufe zu der MS zu ermöglichen.

1.1.4 Operation Subsystem (OSS)

Der laufende Netzbetrieb wird mit dem Operation Subsystem gesteuert und gewartet. Steuerfunktionen des Netzes werden vom Operation and Maintenance Center (OMC) überwacht und ausgelöst. Zu den Funktionen gehören:

- Verwaltung von Teilnehmern, Endgeräten und kommerzieller Betrieb (Abrechnung)
- Sicherheitsmanagement (z.B. Verlust, Diebstahl: Sperrung des SIM)
- Netzfunktionen, Netzbetrieb und Performance Management
- Wartungsarbeit

1.2 GSM-Technik

1.2.1 Funkschnittstelle

Die International Telecommunication Union (ITU), welche die Vergabe der Funkfrequenzen überwacht, hat für den GSM Standard zwei Frequenzbänder festgelegt. Für GSM-900 sind die Bereiche 890-915 MHz für den Uplink (MS zu BTS), sowie 935 - 960 MHz für den Downlink (BTS zu MS) vorgesehen. Für GSM-1800 wurden für Uplink und Downlink die Bänder 1710-1785 MHz bzw. 1805-1880 MHz bereitgestellt.

Mehrfachzugriff

Beim Funkkanal handelt es sich um ein von vielen Teilnehmern gemeinsam genutztes Übertragungsmedium. Die Mobilstationen „konkurrieren“ um die Ressource Frequenz, um ihre Daten zu übertragen. Ohne eine zusätzliche Regelung des gleichzeitigen Zugriffs vieler Benutzer käme es zwangsläufig zu Kollisionen, was für eine verbindungsorientierte Kommunikation äußerst unerwünscht wäre. Zur Vermeidung solcher Kollisionen, kommen bei GSM zwei Multiplexverfahren kombiniert zum Einsatz: *FDMA* und *TDMA*.

Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Beim FDMA wird das Frequenzband in gleich große Frequenzbereiche zerlegt, so dass die Gesprächsverbindung auf unterschiedlichen Frequenzen geführt wird. Ein GSM-Band von 25 MHz Bandbreite ist in 124 einzelne Kanäle (bei GSM 900) mit jeweils 200 KHz Bandbreite unterteilt.

Time Division Multiple Access (TDMA)

Hierbei teilen sich alle Teilnehmer dieselbe Frequenz, benutzen aber nur einen zugewiesenen Zeitschlitz als Verbindung. TDMA ist ein sehr aufwendiges Verfahren, da es eine hochgenaue Synchronisation zwischen Sender und Empfänger benötigt.

Im GSM wird als Kombination dieser beiden Verfahren einer Mobile Station exklusiv für die Zeit eines Zeitschlitzes (Timeslot) eine Frequenz zugewiesen. (s. Abbildung 3)

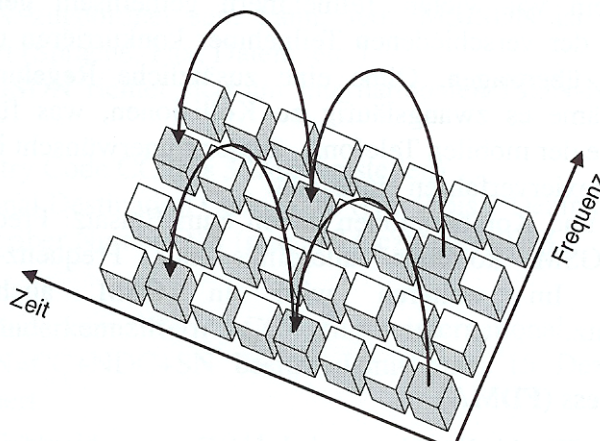


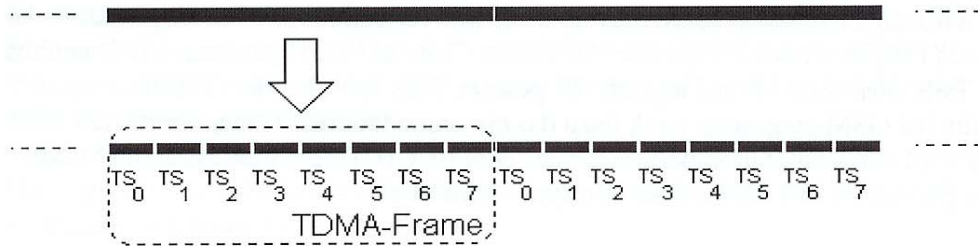
Abbildung 3

Funkkanäle

Eine Beschreibung des Funkkanals in GSM gliedert sich in 3 Ebenen:

- *Physischer Kanal*: Kennzeichnung durch die Angabe der Frequenzen und Zeitschlitz
- *Transportkanal*: Charakterisierung des Funkkanals hinsichtlich des Formats für die Übertragung der Informationen
- *Logischer Kanal*: Kennzeichnung durch die Art der Information (z.B. Nutzdaten, Steuerungsdaten) die er überträgt, bzw. durch die Aufgaben, die durch den logischen Kanal wahrgenommen werden.

Abbildung 4



Jeder der 124 Kanäle mit jeweils 200 KHz Bandbreite ist in 8 Zeitschlitz unterteilt. Also bildet die Kombination aus Zeitschlitzfolge und Frequenz, die eine MS zugewiesen bekommt, den physikalischen Kanal eines TDMA Systems.

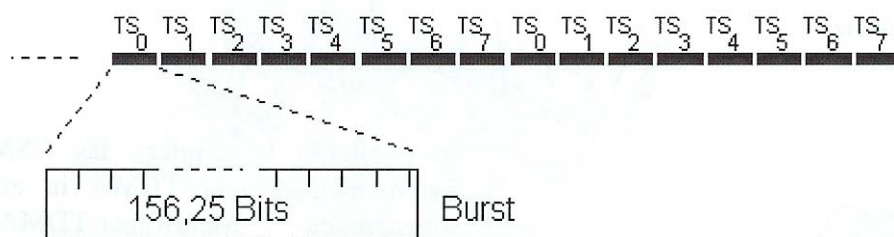


Abbildung 5

Eine Abfolge von acht Zeitschlitz wird auch TDMA-Rahmen (Abb. 4) genannt und dauert 4,615 ms. Daraus folgt, daß ein Zeitschlitz ca. 0,577 ms dauert. Die pro Zeitschlitz übertragene Datenmenge wird als Daten-Burst bezeichnet. Ein solcher Burst beinhaltet im GSM-System immer 156,25 Bit (1 Bit = 3,962 µs) – Abbildung 5.

Unser Testgerät kann zwei verschiedene Transportkanäle simulieren (s. Abb. 6):

- **Normal Burst:** Dieser wird verwendet um Informationen von Verkehrs- und Steuerkanälen zu übertragen. Die einzelnen Bursts sind durch 8,25 Bit, der sog. Guard Period, getrennt. Die Tail-Bits füllen die Zeitperiode aus, in der die Sendeleistung zu Beginn und am Ende eines Bursts hoch- bzw. heruntergetastet wird und daher für eine korrekte Datenübertragung nicht zur Verfügung steht. Die Stealing-Flags geben an, ob der Burst Nutzdaten oder Signalisierungs-Informationen beinhaltet. Die Trainings-Sequenz besteht aus vordefinierten Bitmustern, die für die Kanalschätzung und Synchronisation relevant sind. Es sind 8 verschiedene Trainings-Sequenzen definiert, mit denen bis zu 16µs ausgeglichen werden können
- **Access Burst:** Der AB dient der Verbindungsaufnahme einer MS mit einer BTS. Der „Zugriffs-Burst“ wird für wahlfreien Vielfachzugriff auf dem RACH (Random Access Channel, siehe Abschnitt 1.2.2) verwendet. Wesentlich ist, dass der AB eine viel größere Guard Period als die übrigen Bursts besitzt (68,25 Bit gegenüber 8,25 Bits), um Kollisionen auf dem RACH durch nicht synchronisierte MS's zu verringern. Das ergibt eine Schutzzeit von mindestens 200µs (bei maximalen Zellenradius von 35km). Die Trainingssequenz ist der BTS bekannt und ermöglicht ihr dadurch das Entdecken des AB's. Die Datenbits beinhalten Informationen der MS.

Abbildung 6 zeigt die Struktur der beiden Arten von Bursts.

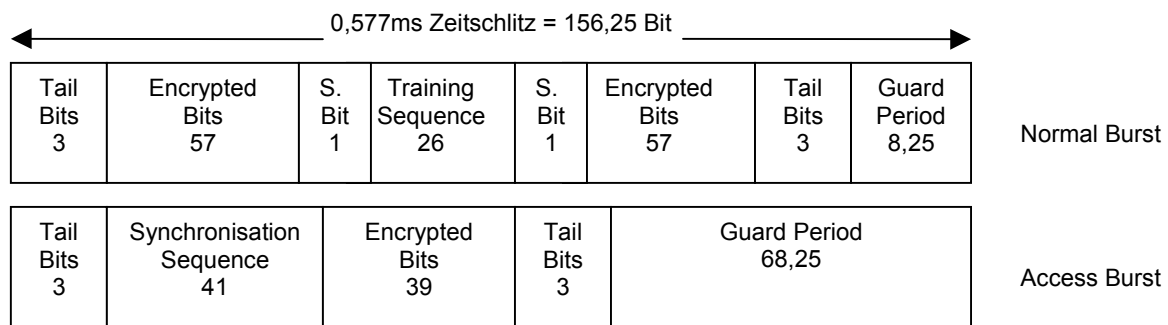


Abbildung 6

1.2.2 Logische Kanäle

Traffic Channel (TCH)

Der Traffic Channel überträgt Sprach- und Datenpakete. Er besteht aus einem Multirahmen mit einer Länge von 120 ms, zusammengesetzt aus 26 einzelnen TDMA-Rahmen. Von den 26 Rahmen werden 24 für den Nutzverkehr und einer für den *Slow Associated Control Channel* (SACCH, siehe unten) genutzt. Der übrige Rahmen ist zur Zeit ungenutzt. Damit die Mobilstation nicht gleichzeitig empfangen und senden muß (einfachere Elektronik), sind der Uplink und Downlink des TCHs mit einer Periode von 3 Bursts zeitlich getrennt.

Control Channels

Control Channels werden benutzt, um Signalisierungsinformationen zwischen Basisstation und Mobilstation auszutauschen. Im inaktiven Zustand (*idle mode*) werden Signalisierungen vorgenommen um eine Verbindung auszubauen. Während einer aktiven Verbindung (*dedicated mode*) werden unter anderen Informationen über umliegende Basisstationen ausgetauscht, die für den Handover-Prozeß benötigt werden (siehe Kap. 1.2.5).

- **Broadcast Control Channel (BCCH):**
ein logischer Broadcastkanal, in dem die BTS Informationen in der Zelle ausstrahlt, wie z.B. BTS Identifikation und Frequenzbelegung.
- **Frequency Correction Channel (FCCH) und Synchronisation Channel (SCH):**
werden benutzt, um die Mobilstation mit der Zeitschlitzstruktur der Zelle zu synchronisieren. Es werden pro Zelle genau ein FCCH und ein SCH im Zeitschlitz 0 gesendet.
- **Random Access Channel (RACH)**
der (Uplink-)Kanal (Slotted Aloha), auf dem das Telefon der BTS seinen Verbindungswunsch mitteilt.
- **Paging Channel (PCH):**
wird benutzt, um einer Mobilstation mitzuteilen, daß ein Anruf ankommt.
- **Slow associated Control Channel (SACCH):**
ein jedem Übertragungskanal zugeordneter Signalisierungskanal, auf dem z.B. Meßwerte (Uplink) oder Timing Advance (siehe unten) (Downlink) übertragen werden

1.2.3 Fehlerschutzmechanismen

Da bei der Sprachübertragung per Funk die Bitfehlerhäufigkeit sehr hoch ist wird beim GSM-System ein erheblicher Aufwand zur Sicherung der Daten gegen Übertragungsfehler betrieben.

Bei einer Nutzdatenrate von 13kbit/s werden 260 Bit pro Sprachrahmen übertragen. Diese 260 Bit werden nun durch die Kanalkodierung - also Zugabe von Redundanz für Fehlerschutzmechanismen - sukzessive auf 456 Bits aufgestockt, um auf das Fassungsvermögen eines Zeitschlitzes von 22,8kbit/s zu kommen.

Zuerst werden die Daten entsprechend ihrer relevanten Wichtigkeit in drei Klassen aufgeteilt. Dazu werden die 260 Bits in 50 sehr wichtige Klasse1a-Bit, in 132 wichtige Klasse1b-Bit und in 78 weniger wichtige Klasse2-Bits eingeteilt.

$(50 \text{ Bits} + 3 \text{ CRC-Bits}) + 132 \text{ Bits} + 78 \text{ Bits}$		
Klasse 1a	Klasse 1b	Klasse 2

Im nächsten Schritt wird für die 50 sehr wichtigen Klasse1a-Bit eine 3 Bit große CRC-Prüfsumme (Cyclic Redundancy Check) berechnet und diesen 50 Bits angehängt. Die Frame Error Rate, die wir später kontrollieren, wird damit wie folgt berechnet:

$\text{FER} = \text{Blöcke mit inkorrektur CRC} / \text{Gesamtblöcke} \times 100$

1.2.4 Timing Advance

Die Funkwellen zwischen Endgerät und Basisstation haben eine distanzabhängige Ausbreitungsverzögerung. Beim Senden von Bursts muß nun eine Zeitsynchronisation stattfinden, so daß die Datenpakete im korrekten Empfangszeit slot am Empfänger ankommen.

TA gibt die Anzahl Bitzeiten an, die der Sendeburst "vorverlegt" werden muß, damit er im korrekten Zeitslot des Empfängers eintrifft. Der Wert wird von der BTS ermittelt und dem Telefon vorgegeben. Die BTS mißt dabei die Schleifenlaufzeit (*Round Trip Propagation Delay*) in Vielfachen der Dauer eines Bits.

TA01 entspricht bei reflexionsfreiem Übertragungsweg einer ungefähren Entfernung von 550m zur Basisstation. TA kann Werte von 0-63 annehmen und entspricht damit Werten von 0 - 233µs. Dieses wiederum ist der Hauptgrund für die maximale Größe einer Zelle mit $r_{\max} = 35\text{km}$.

1.2.5 Handover & Location Update

Handover

Ein Handover ist eine automatische Gesprächsübergabe zwischen verschiedenen Funkzellen. Ein Handover wird ausgelöst, um einerseits die Verbindungsqualität zu erhöhen oder andererseits die Netzlast auf die Zellen gleichmäßig zu verteilen, um die Güte des gesamten Netzes zu optimieren.

Man unterscheidet zwischen:

- *Intracell-HO*: Aus administrativen Gründen oder auch wegen der Kanalqualität bekommt eine MS innerhalb derselben Zelle einen neuen Kanal zugewiesen. Dies wird lokal vom BSC entschieden und durchgeführt
- *Intercell-HO*: Verbindung einer MS wird über Zellgrenze hinweg einer neuen BTS zugewiesen. Entscheidung wird aufgrund von Meßdaten der MS/BSC getroffen. Meist erfolgt der HO dann, wenn eine hohe Bitfehlerrate aufgrund schwacher Empfangsfeldstärke und schlechter Kanalqualität festgestellt wird (z.B. am Zellrand).

Location Update

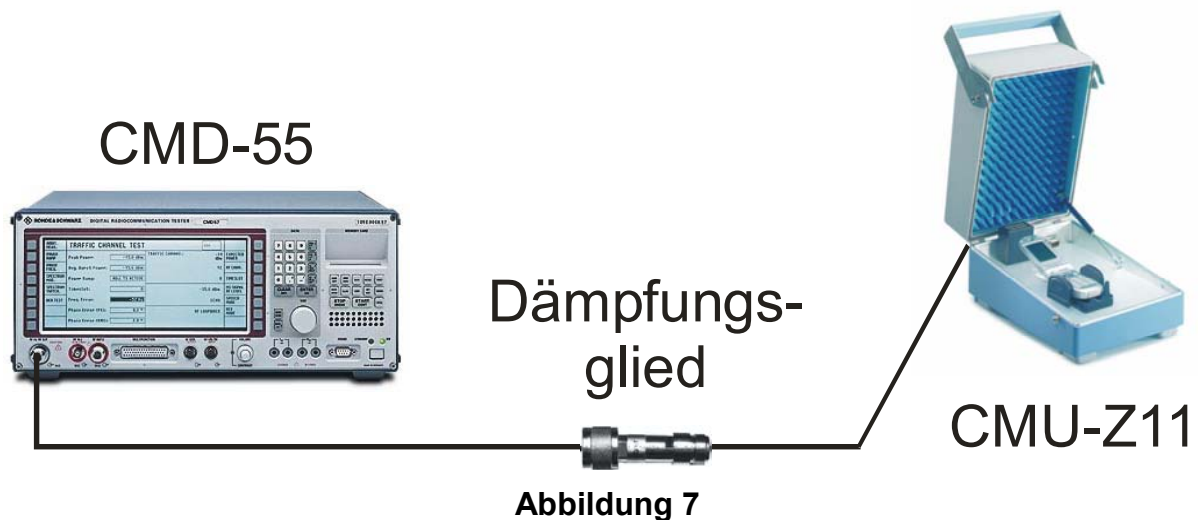
In einer Location Area werden mehreren Zellen zusammengefaßt, die man als eine geographische Einheit im VLR verwaltet. Beim Aufsuchen von Mobilfunkteilnehmern werden nun, statt jede Zelle, nur die Location-Areas abgesucht. Dies spart erheblichen Signalisierungsaufwand.

Man spricht von einem Location-Update, wenn der Teilnehmer die Location Area wechselt. Das Location Update entspricht einer Aktualisierung des Aufenthaltsortes im VLR bzw. HLR. Manchmal wird diese Prozedur auch in einem sich periodisch wiederholenden Zeitintervall durchgeführt (etwa 2 Stunden -> abhängig von den vom Netzbetreiber gewählten Einstellungen).

2 Versuchsaufbau

Für den Versuch benutzen wir das Messgerät CMD-55 von Rohde & Schwarz. Es verfügt über alle Elemente zur Ausführung von wichtigen GSM (900, 1800 und 1900) Messungen. Hiermit ist es möglich, das Mobiltelefon auf korrekte Sendeleistung, Zeitschlitzdynamik, Verbindungsaufbau, Spektrumsanalysen und Bitfehlerraten hin zu überprüfen. Mit dem CMD-55 ist eine Messempfindlichkeit von -10 bis $+37$ dBm und eine Ausgangsleistung von -37 dBm (vgl. Anhang A) gegeben.

Der vor uns aufgebaute Versuch (Abbildung 7) stellt ein komplettes „Base Station Subsystem“ dar. Es enthält alle Übermittlungs- und Funkübertragungseinrichtungen, die zur Verbindung der Mobilteilnehmer mit dem „Network and Switching Subsystem“ notwendig sind. Eine detaillierte Beschreibung der Ein- und Ausgänge des Testgeräts finden sie im Anhang A.2.



Es wird eine abgeschirmte Meßkammer verwendet, um äußere Einflüsse zu vermeiden. Die Meßkammer CMU-Z11 von Rohde & Schwarz ist mit einer empfindlichen Antenne und einer eingebauten Handyhalterung versehen. Die Innenraumdämpfung zwischen Handy- und Meßantenne beträgt ca. 7dB. Die Dämpfung des HF-Kabels beträgt ca. 0,2dB.

Die Dämpfungsglieder (3, 6 und 10 dB) werden im Versuch 3 benutzt, um einen Störeinfluß der Funkübertragung zu simulieren.

Mobiltelefone:

- Nokia 6210
- Motorola TP P7389
- Ihr eigenes Mobiltelefon

3 Versuchsvorbereitung



Bevor sie beginnen, sorgen sie bitte dafür, daß bei den Meßvorgängen das HF-Kabel richtig angeschlossen und verschraubt und die Meßkammer richtig geschlossen ist, um Fremdeinwirkung zu vermeiden. Achten Sie auch darauf, dass der EXT. ATTENUATION-Wert auf ca. 7 dB eingestellt ist, um die Signaldämpfung durch Luft von Sender- zu Empfänger in der Meßkammer zu berücksichtigen. Für die Einstellung dafür drücken sie bitte den Softkey **EXT. ATT.**



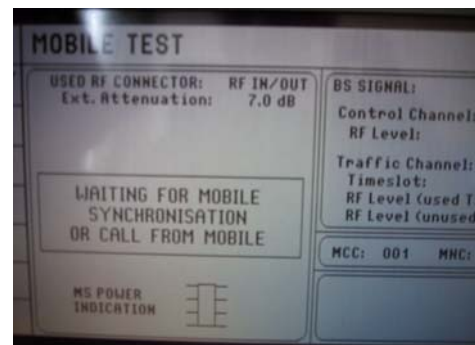
Hinweis:

Zum Drucken des Screenshots betätigen Sie bitte den Softkey **HARD COPY**.

Zum Wechseln des Netzwerkes zwischen GSM 900 und GSM 1800 betätigen Sie **NETWORK TYPE** im Hauptmenü.

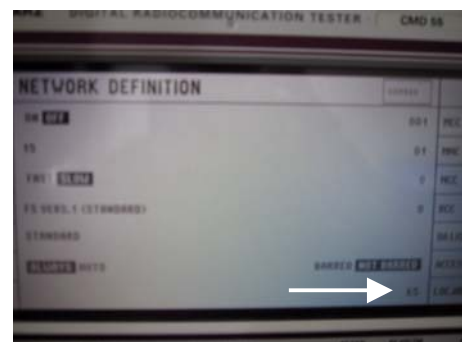
3.1 MANUAL TEST

Nach der Auswahl von „Manual Test“ wechselt der CMD die Anzeige und sendet nach einigen Sekunden einen Control Channel. Dieser Kanal überträgt u.a. einen BCCH. Die Informationen die vom CMD auf dem Control Channel übertragen werden, fordern das Mobiltelefon auf nach dem Einschalten eine „Location Update“ – Prozedur durchzuführen. Hiermit wird die Basisstation informiert, daß jetzt ein bestimmtes Mobiltelefon eingeschaltet wurde und bereit ist, Gespräche durchzuführen.



Falls das Gerät keinen Location Update ausführt, schalten Sie es bitte aus und wieder ein, damit sich das Gerät neu in unsere simulierte Zelle einloggen kann. Alternativ „erzwingen“ Sie am Besten ein Location Update indem sie in dem Untermenü **NETWORK** den Wert für **LOC. AREA** verändern.

Mit dem Softkey **↑MENU UP** geht's wieder zurück zum Bildschirm **MOBILE TEST**.



Hat das Gerät sich erfolgreich in die Zelle eingeloggt, werden ihnen die gerätespezifischen Daten wie IMSI, IMEI (siehe oben) und Power Class angezeigt. Jedes Gerät gehört zu einer bestimmten Leistungsklasse, die die maximale Ausgangsleistung des Gerätes festlegt (vgl. Anhang A.1):

Power Class 1=43 dBm, PC 2=39 dBm, PC 3=37 dBm, PC 4=33 dBm, PC 5=29 dBm.

3.2 CALL ESTABLISHED



Bauen Sie jetzt bitte eine Verbindung auf, indem Sie den Softkey **CALL TO MOBILE** drücken oder vom Telefon selbst eine beliebige Nummer wählen.



Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau befinden Sie sich nun im **CALL ESTABLISHED** – Menü. Von hier aus werden die meisten Tests mit dem CMD-55 durchgeführt. Hier sehen Sie auch die wichtigsten Meßwerte des Endgeräts. Der momentan eingestellte RF-Kanal und der verwendete Zeitschlitz werden zusammen mit den Sendermessungen des Phasen- und Frequenzfehlers angezeigt. Sollte ein Messergebnis außerhalb der Toleranz

liegen, wird dieses sofort invers angezeigt. Ebenfalls werden die vom Mobiltelefon gemeldete (Reported) sowie die gemessene Durchschnittsleistung (Meas. Avg.) angezeigt.

Abbildung 8

MS Receiver Reports

GSM-Mobiltelefone messen zyklisch die Signalstärke- und Qualität mehrerer nahe gelegener Basisstationen. Die Messwerte werden in den so genannten „Measurement Reports“ regelmäßig zur aktiven Basisstation gesendet. Die wichtigsten Werte sind die der gerade für das Gespräch benutzte Basisstationen. Die Tabelle rechts zeigt die Klasseneinteilungen nach der GSM-Spezifikation.

Wert von RXLev	entsprechende Signalstärke
63	größer als -48 dBm
62	-49 dBm bis -48 dBm
61	-48 dBm bis -47 dBm
...	...
...	...
02	-109 dBm bis -108 dBm
01	-110 dBm bis -109 dBm
0	kleiner als -110 dBm

Wert von RXQual	Signalempfangsqualität
0	BER < 0,2%
1	0,2% < BER < 0,4%
2	0,4% < BER < 0,8%
3	0,8% < BER < 1,6%
4	1,6% < BER < 3,2%
5	3,2% < BER < 6,4%
6	6,4% < BER < 12,8%
7	12,8% < BER

4 Versuchsdurchführung

4.1 Phasen- und Frequenzfehler

Die GSM-Mobiltelefone müssen sich auf die Sendefrequenz der Basisstation synchronisieren. Der CMD-55 mißt deshalb den Frequenzfehler und nicht die absolute Sendefrequenz. Der Phasenfehler wird ermittelt, indem der erwartete unter gemessene HF-Phasenverlauf verglichen werden. GSM spezifiziert dabei den Maximal- (Peak) als auch den Durchschnittsfehler (RMS, root-mean-square) je Burst.

Der GSM Standard legt dafür folgende Toleranzen fest:

- Frequenzfehler: ± 115 Hz bei GSM-900 und ± 230 Hz bei GSM-1800
- RMS Phasenfehler: maximal 5° Abweichung
- Peak Phasenfehler: maximal 20° Abweichung

Im Menü **PHASE FREQ.** werden der aktuelle, der durchschnittliche, der maximal Phasen- und der Frequenzfehler, bezogen auf eine spezifizierte Anzahl von Bursts, dargestellt. Diese Anzahl kann im Konfigurationsmenü (Softkey **CONFIG**) der Phasen- und Frequenzfehlermessung eingestellt werden. Die grafische Anzeige kann sowohl im Oszilloskopbetrieb für den Phasenfehler als auch im Balkendiagramm erfolgen.

Im Konfigurationsmenü ist es möglich verschiedene Meßmöglichkeiten auszuwählen:

- *Continuously*
Die Messung läuft weiter, unabhängig davon, ob die Toleranzen eingehalten werden.
- *Stop*
Der Test wird angehalten, sobald eine Messung außerhalb des Toleranzbereiches liegt
- *Single Shot*
Die Messung wird genau noch einmal wiederholt, sobald der Softkey **PHASE FREQ.** gedrückt wird.



Messen Sie für die ausgewählten Mobilfontypen den Frequenzfehler, RMS-Phasenfehler und Peak-Phasenfehler jeweils für GSM 900 und GSM 1800. Notieren Sie die Meßwerte in Tabelle 5.1 und entscheiden Sie ob die Mobiltelefone dem GSM-Standard entsprechen. Stellen sie dabei eine ausreichend große Anzahl von Bursts ein (**CONFIG** - **NO. OF BURSTS** - **↑MENU UP**).

4.2 Power Ramp – Messung

Wie oben bereits erwähnt, enthält ein „Normal Burst“ zwei Pakete à 58 Bits die vor- und hinter eine Trainingssequenz geschaltet sind. Jeweils drei „Tail“-Bits schließen Burstanfang und -ende ab. Die Guard-Time wird hiermit als jene Zeit betrachtet, in der die Messkurve unter -70dB liegt – hier etwa 30µs.



Drücken sie bitte jetzt den Softkey **POWER RAMP**.

Die Leistungsrampe (Abbildung 9) wird mit einer Dynamik von ca. 75 dB gemessen und dargestellt. Die Toleranzen entsprechen den Werten, die in den GSM-Spezifikationen definiert sind. Die grafisch dargestellte Toleranzmaske darf von der Messkurve nicht unter- oder überschritten werden. Ist dies der Fall, wird invers angezeigt.

In dem Untermenü **DISPLAY RANGE**, kann –mit Hilfe des Rades– der angezeigte Ausschnitt verändert werden. Der Leistungsverlauf über der Zeit kann über mehrere Bursts gemittelt gemessen werden. Wählen sie dazu im Untermenü **DISPLAY MODE** den Modus AVG. (Average). Wahlweise können auch die maximalen oder minimalen Ergebnisse angezeigt werden (MIN/MAX HOLD).

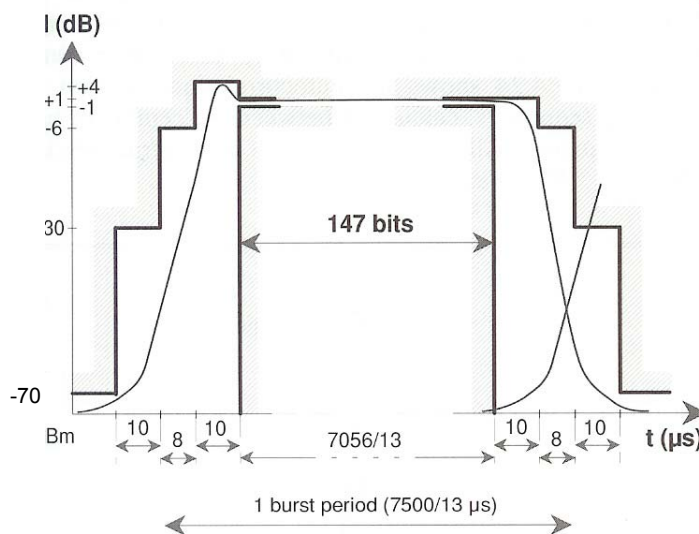


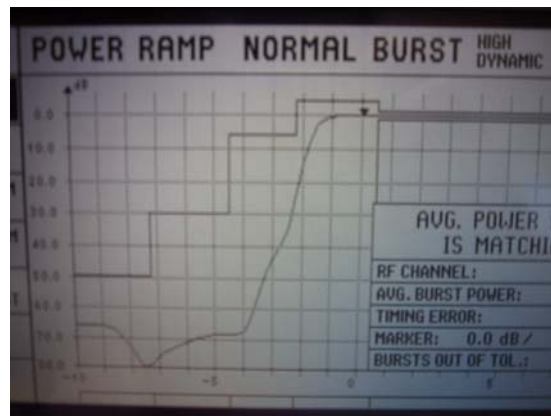
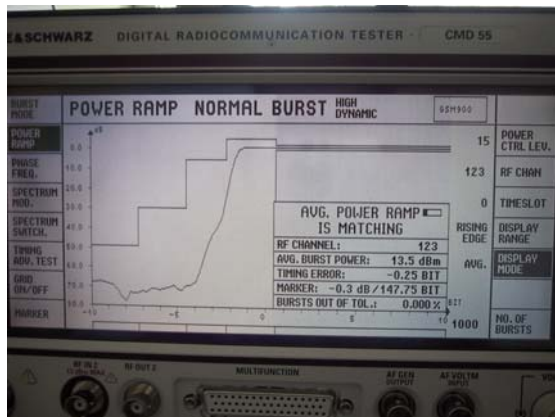
Abbildung 9

Im Textteil finden Sie den Frequenzkanal, auf dem die Messung erfolgt, sowie die gemessene Zeit (Auflösung 0,25 Bit), mit der das Mobile zu spät (positiv) oder zu früh (negativ) antwortet, angezeigt (**Timing Error**). MARKER zeigt den Wert für die aktuelle Cursorposition (schwarzes Dreieck) an. Bei BURSTS OUT OF TOL. wird der Prozentsatz der Bursts angezeigt, die während des Mittlungszeitraumes außerhalb der Toleranz lagen.



Kontrollieren Sie nun die Meßkurve, ob diese im „Toleranzschlauch“ liegt. Notieren Sie die durchschnittliche Burst Power und die Zeitverzögerung des Signals. Schalten Sie auf **DISPLAY MODE: AVERAGE** und betrachten Sie die **FALLING EDGE**. Überprüfen Sie, ob die Messkurve innerhalb der Guard Period-Zeit wirklich unter -70dB absinkt. Ändern sie den **BURST MODE** (links oben) zu **ACCESS BURST** und vergleichen Sie die Werte.

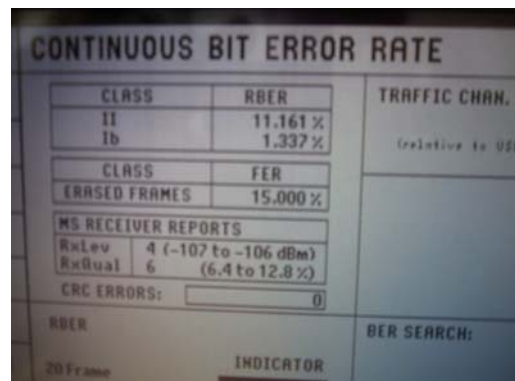
Drucken Sie bitte die Screenshots *Rising Edge* für jedes der Mobiltelefontypen jeweils für GSM 900 und GSM 1800. Vergleichen Sie die Kurven, entscheiden Sie welches Mobiltelefon dem Standard am besten entspricht.



4.3 Bitfehlerratenmessung

Die Sprachbits die im GSM-System übertragen werden, sind, wie im Kapitel 1.2.3 beschrieben, in Klassen unterteilt. Class II Bits haben keinen Fehlerschutz und erzeugen deshalb auch rasch Übertragungsfehler. Class Ib Bits besitzen einen gewissen Fehlerschutz und die Class Ia Bits sind sehr gut geschützt. Die Bits werden in Sprachrahmen (Frames) von 260 Bits (ohne Fehlerschutzbits) übertragen. Das Mobiltelefon selbst kann Fehler der Class Ia Bits erkennen, damit einen kompletten Sprachrahmen für fehlerhaft, damit für ungültig erklären, und dies dem CMD mitteilen. Das Verhältnis von guten zu ungültigen Frames wird FER = Frame Erasure Rate (Rahmenfehlerrate) genannt.

In diesem Praktikumsversuch wird eine spezielle Test-SIM-Karte von Rhode&Schwarz verwendet, um die Empfindlichkeit (BER = Bit Error Rate) in einem Schleifenbetrieb einzuschalten. In dieser Betriebsart werden die vom CMD gesendeten Bits vom Mobiltelefon empfangen und sofort zurückgesendet. Der CMD kann damit die Bits vergleichen und das Verhältnis korrekte / fehlerhafte Bits in Prozent berechnen (siehe Tabelle A.1).



CONTINUOUS BIT ERROR RATE		TRAFFIC CHAN.
CLASS	RBER	
II	11.161 %	
Ib	1.337 %	(relative to US)
CLASS	FER	
ERASED FRAMES	15.000 %	
MS RECEIVER REPORTS		
RxLev	4 (-107 to -106 dBm)	
RxQual	6 (6.4 to 12.8 %)	
CRC ERRORS:	0	
RBER		BER SEARCH:
20 Frame	INDICATOR	

Unser vorgefertigter Testablauf (TEST 6) sendet eine bestimmte Anzahl von Frames mit einer bestimmten Anzahl von Bits der verschiedenen Klassen. Die Bits entsprechen den „Samples“, die gesendet werden sollen. Es kann bei einem bestimmten (niedrigen) HF-Pegel akzeptiert werden, dass eine bestimmte Anzahl von Frames oder Bits fehlerhaft sind. Diese fehlerhaften Samples nennt man „Events“.

Im Vergleich zu TEST 6 benutzen sie bitte den Continuous Test **CONT BER MEAS.**, stellen sie dabei eine möglichst große Anzahl von Frames (**AVERAGE**) ein. Der Meßmodus **MEAS. MODE** sollte auf **RBER** eingestellt sein.



Drücken sie jetzt bitte den Softkey **BER TEST** und schalten ins Menü **SING. MEAS.** Zur Messung lassen wir hier mit den verschiedenen Dämpfungsgliedern den voreingestellten TEST 6 ablaufen. Fangen Sie die Meßreihe ohne Dämpfungsglied an.

Vergleichen Sie die zugehörigen RxLev und RxQual aus dem Hauptmenü (2x **MENU UP**) mit der Tabelle aus Kap. 3.2. Notieren Sie diese in der Tabelle Kap. 5.2.



Schrauben sie nun das HF-Kabel ab und schrauben nacheinander die verschiedenen Dämpfungsglieder dazwischen. Bei einem eventuellen Verbindungsabbruch wegen zu langem Signalwegfalls wiederholen sie bitte die ersten Schritte und melden sich wieder in der Zelle an (siehe Kap. 3).

Notieren sie die Bitfehler-Meßdaten, tragen sie diese in die Tabelle 5.2 ein und erstellen sie daraus Diagramme in den vorgefertigten Skalen.

5 Messprotokolle

5.1 Phasen- Frequenzfehler

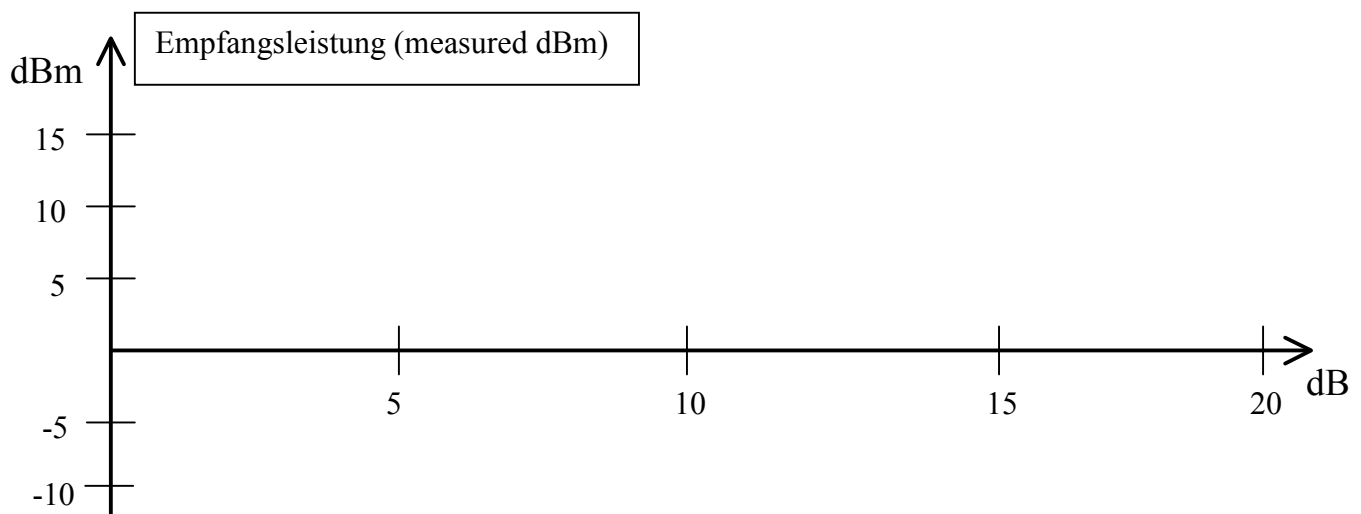
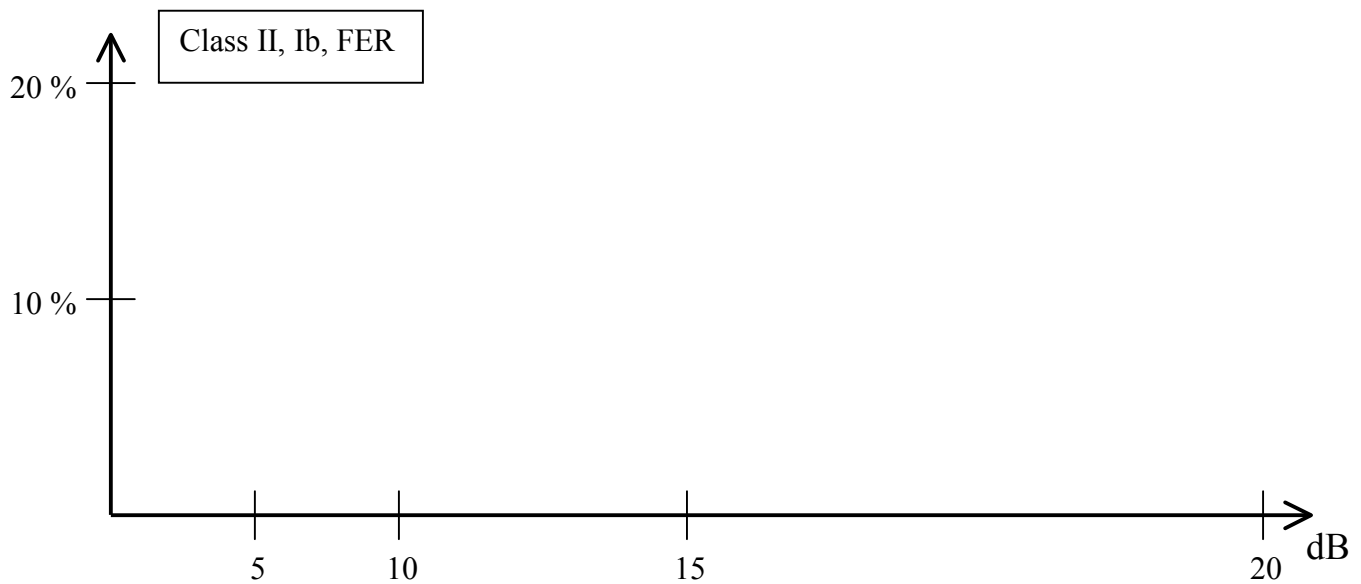
Mobiltelefon 1:			
GSM 900		GSM 1800	
RMS Phase [°]		RMS Phase [°]	
Peak Phase [°]		Peak Phase [°]	
Frequenzfehler [Hz]		Frequenzfehler [Hz]	

Mobiltelefon 2:			
GSM 900		GSM 1800	
RMS Phase [°]		RMS Phase [°]	
Peak Phase [°]		Peak Phase [°]	
Frequenzfehler [Hz]		Frequenzfehler [Hz]	

Mobiltelefon 3:			
GSM 900		GSM 1800	
RMS Phase [°]		RMS Phase [°]	
Peak Phase [°]		Peak Phase [°]	
Frequenzfehler [Hz]		Frequenzfehler [Hz]	

5.2 Bitfehlerratenmessung für GSM 900 mit Mobiltelefon 1

Dämpfung [dB]	Class II (%)	Class Ib (%)	FER (%)	RxLev	RxQual	Meas. Power [dBm]
0						
3						
6						
9						
10						
13						
16						
19						



A. Anhang

A.1 Umrechnungstabellen

Leistung [mW] = $10^{(\text{dBm}/10)}$

Pegel [dBm] = $10\log(\text{mW})$

Umrechnungstabelle zwischen Powercontrol Level / dBm / mW (ETSI GSM 05.05)

PL GSM						19		18		17	
dBm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Leistung (mW)	1,0	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10
PL GSM	16		15		14		13		12		11
dBm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Leistung (mW)	13	16	20	25	32	40	50	63	79	100	126
PL GSM		10		9		8		7		6	
dBm	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Leistung (mW)	158	200	251	316	398	501	631	794	1000	1260	1580
PL GSM	5		4		3		2-0				
dBm	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Leistung (W)	2	2,51	3,16	3,98	5	6,31	8	10	12	15,8	20

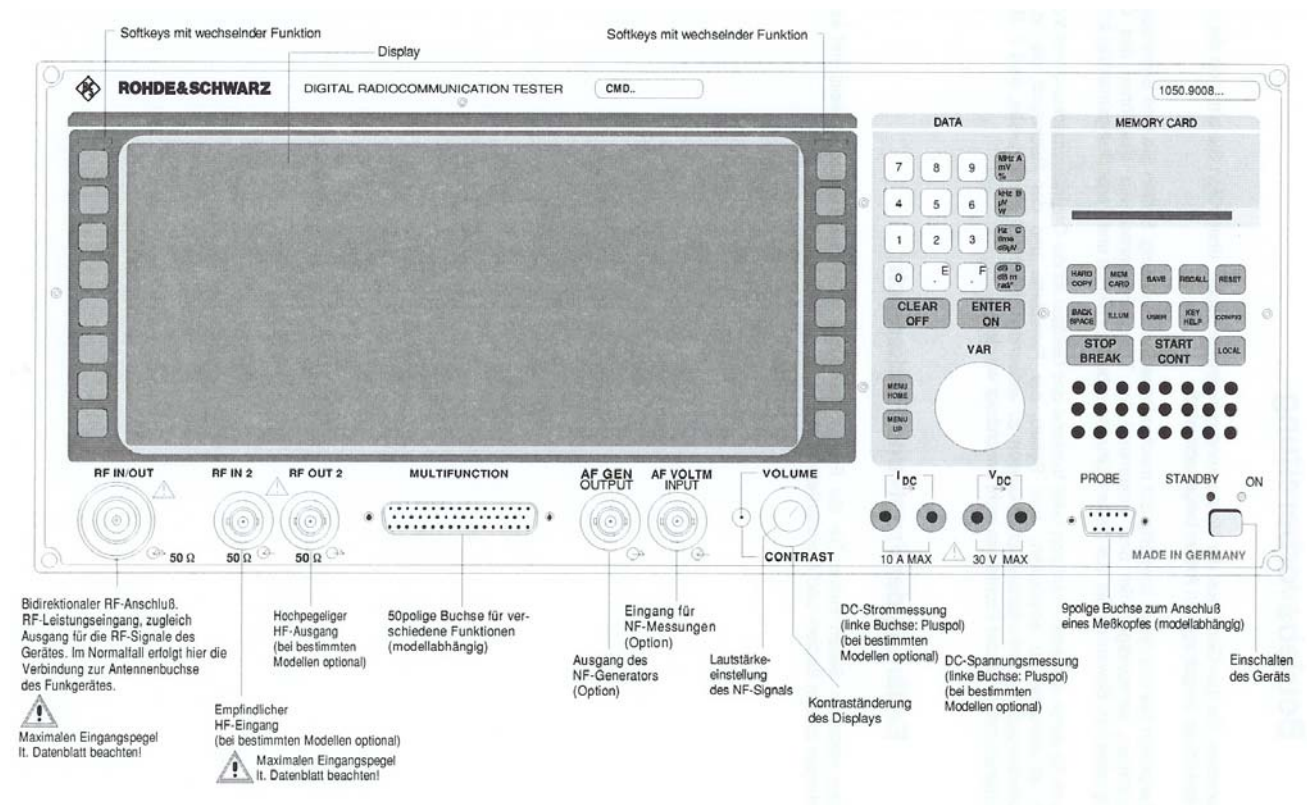
Umrechnungstabelle QF / QS nach % Bitfehler (ETSI GSM 05.08)

QF/QS	0	1	2	3	4	5	6	7
Bitfehler	< 0,2 %	< 0,4 %	< 0,8 %	< 1,6 %	< 3,2 %	< 6,4 %	< 12,8 %	> 12,8 %

Umrechnungstabelle Power Class / max. Sendeleistung (ETSI GSM 05.05)

Power Class	1	2	3	4	5	6	7	8
GSM MS		8 W	5 W	2 W	0,8 W			
GSM BTS (W)	320 - 640	160 - 320	80 - 160	40 - 80	20 - 40	10 - 20	5 - 10	2,5 - 5

A.2 Communication Mobile Digital Tester 55



A.3 Verwendete Einstellungen

Hauptmenü:

EXT. ATT.: 8 dB

Control Channel: RF Level -80dBm

Traffic Channel: RF Level -90 dBm (used Timeslot)

Traffic Channel: RF Level -20 dB (unused Timeslot)

BER Test:

Control BER: -90 dBm

Traffic dBm: -90 dBm

A.4 Quellen

Walke B.: Mobilfunknetze und ihre Protokolle 1

www.nobbi.com

C. Lüders, Mobilfunksysteme, Vogel-Verlag 2001