

Gutachten zur Eignung des um ASCI- und Zusatzfunktionen erweiterten Vodafone D2 GSM-Mobilfunknetzes zur Erbringung der Dienste für das Digitalfunknetz für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Walke
Professor für Kommunikationsnetze an der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

15. März 2003

Privatanschrift: Ath 2, 52146 Würselen
Tel.: (02405) 88 061
Fax.: (02405) 89 75 94
E-Mail: walke@comnets.de

1 Executive Summary

1.1 Eignung des Gutachters

Der Gutachter hat

1. an der Spezifikation des Digitalfunknetzes für den Pilotversuch Aachen [ZPD00] mitgewirkt, zahlreiche Diskussionen mit Mitgliedern von BOS Projektgruppen und Herstellern von BOS Systemtechnik geführt und ist bis heute mit der wissenschaftlichen Begleitung des Pilotversuchs Aachen durch die *Zentrale Polizeitechnische Dienste* (ZPD) *Nordrhein Westfalen* (NRW) betraut.
2. im Auftrag der ZPD NRW die Eignung von Systemen nach ETSI-Standard *Terrestrial Trunked Radio Service* (TETRA) und nach TetraPOL Publicly Available Specification zur Erfüllung der Spezifikationen für BOS Netze laut Schengen Abkommen untersucht und die Zahl erforderlicher Basisstationen für ein deutschlandweites Netz ermittelt [Leh00].
3. auf Basis der kompletten Implementierung der Funkschnittstelle von TETRA durch simulative Verkehrsleistungsanalyse für durch Messung im Pilotversuch Aachen ermittelte Nachrichtenverkehre bei Gruppenkommunikation die Verkehrskapazität und Dienstgüte von TETRA in Normal- und Hochlastfällen untersucht.
4. seine umfassenden Kenntnisse über die Systeme TETRA, *Global System for Mobile Communications* (GSM) incl. *Advanced Speech Call Items* (ASCI) Dienste und *General Packet Radio Service* (GPRS) in einem umfangreichen Lehrbuch belegt [Wal02].
5. die aktuelle einschlägige Literatur und kürzlich erstellte Studien bzw. Gutachten [NEX02, Sea02, GAN02, MGS00] zur Eignung des GSM-Systems für die Erfüllung der Anforderungen der *Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben* (BOS) in das folgende Urteil einbezogen.

Diese Erfahrungen und Kenntnisse bilden die Grundlage für die Aussagen dieses Gutachtens, das im einzelnen erläutert und begründet, in welchem Umfang die im Abschlussbericht der Expertengruppe aus Bund und Ländern (*Gruppe „Anforderungen an das Netz“, GAN*) [GAN02] formulierten Mindestanforderungen durch GSM^{BOS} erfüllt werden können. GSM^{BOS} ist definiert als das Vodafone D2 Mobilfunknetz nach GSM Standard, das durch ASCI und Zusatzfunktionen erweitert ist.

Die wichtigsten Vorteile von GSM^{BOS} gegenüber einem eigenständigen Digitalfunknetz der BOS sind am Ende dieser Executive Summary in Abschnitt 1.4 zusammengestellt.

1.2 Grundlegende Aussagen

Bemerkenswert ist, dass das durch Messungen im Pilotversuch Aachen ermittelte Nachrichtenverkehrsaufkommen der BOS im Normalbetrieb klein ist – mit hohen Spitzen der

Verkehrsbelastung in den seltenen Hochlastfällen (Katastrophenfall). Die Zahl erforderlicher Kanäle zur Bewältigung des Verkehrsaufkommens ist im Wesentlichen durch die Zahl gleichzeitig aktiver Gruppen bestimmt und nur zu einem kleinen Anteil durch die Zahl der Mitglieder der Gruppe.

Aus Kostengründen soll (laut den Forderungen in [GAN02]) ein Digitalfunknetz für den Normalbetrieb mit gewissen kleinen Reserven für einen erhöhten Verkehr realisiert werden. Im Katastrophenfall würde dann regelmäßig die Kapazität bei weitem nicht ausreichen, was der bisherigen Situation im Analogfunknetz entspricht und höchst unbefriedigend aber unvermeidlich wäre.

Die Errichtung eines eigenen Digitalfunknetzes für die BOS kann nur gerechtfertigt werden, wenn es keine andere Möglichkeit gibt, die BOS Bedürfnisse gleich oder besser abzudecken.

Die wesentliche Aussage dieses Gutachtens ist, dass die in [GAN02] und [ZPD00] geforderten Funktionen, die einerseits die städtische und ländliche Funkversorgung und die dabei realisierbare Nachrichtenverkehrskapazität und andererseits die durch Software realisierten Dienste betreffen, durch GSM^{BOS} uneingeschränkt realisiert werden können, bzw. schon realisiert sind, wobei die BOS Forderungen zum Teil sogar erheblich übererfüllt werden.

Bei der Beurteilung der Verfügbarkeit der von einem Digitalfunknetz für die BOS geforderten Dienste muss man sich klar machen, dass sie allein auf Software beruhen, welche auf jeder Funktechnik ablaufen kann. Deshalb gibt es prinzipiell keinen Grund anzunehmen, dass z. B. eine TETRA- besser als eine GSM-Plattform geeignet ist, BOS Dienste zu erbringen, zumal die Übertragungsraten von GSM-Funkkanälen erheblich größer sind als die von TETRA Kanälen.

Neben den BOS Diensten ist die mit einer Funkplattform erzielbare Funkversorgung ein besonders wichtiges Kriterium, weil sie die ständige Erreichbarkeit der Teilnehmer durch die Leitstelle bzw. der Leitstelle und des Festnetzes durch die mobilen Teilnehmer, die Verfügbarkeit von modernen Sprach- und Datendiensten, die Zukunftsträchtigkeit (mit Anpassung an den neuesten Stand der Technik) und von Alarmierungsdiensten kennzeichnet. Eine Plattform, die bei 400 MHz (statt 900 MHz) überträgt, hat aufgrund der geringeren Dämpfung der Funkwellenausbreitung gewisse Vorteile, die sich in einer etwas kleineren Zahl für eine geforderte Funkversorgung nötiger Basisstationen niederschlägt.

Im vorliegenden Fall sind der Aufwand für den Aufbau sowie die zu erwartende Funkversorgung eines bei 400 MHz übertragenden zukünftigen Digitalfunksystems mit einem bestehenden, bei 900 MHz übertragenden System zu vergleichen: Aus Gründen der für den öffentlichen Mobilfunk erforderlichen Verkehrskapazität und einer hohen angestrebten Gebäude-Innenversorgung ist die Vodafone D2 Plattform mit ca. 40.000 Funkzellen so lückenlos dicht in der Fläche aufgebaut, dass ortsbezogen eine Funkversorgung von 95,4% besteht. Damit ist eine sehr gute Gebäudeversorgung gegeben, die insbesondere auch die Alarmierung sicherstellen kann.

Dagegen müsste das 400 MHz System erst errichtet werden und würde – unter Berücksichtigung der gegenüber früheren Forderungen [ZPD00] aus Kostengründen laut [GAN02] deutlich auf 3.000 Basisstationen reduzierten Anforderung – nicht annähernd eine vergleichbare Funkversorgung wie das Vodafone Netz erreichen.

(In [ZPD00] wurde eine Versorgungswahrscheinlichkeit von 95% mit flächendeckender Handfunkversorgung außerhalb von Gebäuden gefordert. In [GAN02] wird keine Versorgungswahrscheinlichkeit mehr spezifiziert, sondern für den Endausbau die „flächendeckende Fahrzeugversorgung und Handfunkversor-

gung mit mindestens gleicher Versorgung wie im heutigen Analogfunk“ verlangt, die laut [GAN02, S. 52] „in der generell geforderten Güte nur teilweise in geringerem Umfang sichergestellt“ ist. Diese reduzierte Forderung verringert die Kosten erheblich. Eine befriedigende Funkalarmierung wird damit in keinem Fall möglich sein, so dass dafür ein getrenntes Netz nötig sein wird.

Für einen „ersten Schritt“ wird in [GAN02] ein noch erheblich geringerer so genannter „Mindeststandard“ angestrebt, bei dem „flächendeckende Funkversorgung der Siedlungs- und Verkehrsflächen für Handfunkgeräte“ (das sind 11,8% der Fläche der BRD) und Fahrzeugfunkversorgung im übrigen Gebiet gefordert wird. Der in [GAN02, S. 68] für ein TETRA-Netz berechnete, als absolute Obergrenze bezeichnete „verlässliche Kostendeckel“ von 3,06 Mrd. Euro gilt für diesen höchst unbefriedigenden Mindeststandard. Aufgrund der hohen erwarteten Kosten (die nach aller Erfahrung größer als erwartet sein werden) kann man davon ausgehen, dass der „Erste Schritt“ für einige Bundesländer auch der letzte Schritt bleiben wird.)

Der Zeitgewinn durch Nutzung einer bereits weitgehend vollständig bestehenden Vodafone D2 Infrastruktur und die damit verbundene Kosteneinsparung sollen hier nur am Rande erwähnt werden. Es gibt unter allen Beteiligten Einigkeit, dass GSM^{BOS} in ganz erheblich kürzerer Zeit zu ganz erheblich geringeren Kosten flächendeckend und zuverlässig realisiert werden könnte, mit nur kurzen oder ohne Zeiten des gleichzeitigen Betriebs des bestehenden Analogsystems und des neuen Netzes. Dagegen würde der Aufbau eines bundesweiten Funknetzes nach TETRA- oder TetraPOL Standard mit hohen Kostenrisiken und wahrscheinlich großen Zeitverzögerungen einhergehen. Der zu erwartende Widerstand der Bevölkerung gegen die Errichtung der vielen (gemäß Planung relativ hohen) Antennenmasten und die daraus resultierenden Risiken für den Zeitplan sind hier noch gar nicht mit berücksichtigt.

Es wird in [GAN02, S. 37] mit fragwürdigen Argumenten begründet, dass die BOS für die Erfüllung ihrer Aufgaben ein eigenständiges Digitalfunknetz benötigen – und es wird bewusst in Kauf genommen, dass dieses Netz aus Kostengründen eine höchst unbefriedigende Funkversorgung haben wird, worunter die BOS Mitarbeiter später leiden werden und womit die in [GAN02, ZPD00] formulierten strategisch/taktischen Zielsetzungen der BOS nicht erfüllbar sein werden, weil das Netz an vielen Orten gar nicht verfügbar sein wird.

Diese Argumente berücksichtigen nicht, dass die bei den BOS benutzten Festnetze heute z. T. bereits auf von öffentlichen Netzbetreibern gemieteter Übertragungs- und Vermittlungstechnik in Form virtueller Privatnetze realisiert sind. Ein vergleichbares Konzept, nämlich eine Anordnung aus Übertragungs- und Vermittlungstechnik steht in Form von GSM^{BOS} zur Diskussion.

Unklar ist bei vielen BOS Fachleuten bis heute, ob GSM^{BOS} die geforderten Leistungsmerkmale erfüllt und alle wichtigen von den BOS spezifizierten Dienste erbringen kann. Das Gutachten enthält dazu im Hauptteil detaillierte Aussagen und empfiehlt, anstelle des schrittweisen Aufbaus einer Plattform nach TETRA- oder TetraPOL Standard die bestehende Vodafone D2 Plattform, ergänzt um ASCII und BOS Zusatzfunktionen für das Digitalfunknetz der BOS einzusetzen, weil sie alle wesentlichen Forderungen voll erfüllen kann.

Ein eigenständiges BOS Digitalfunknetz (z. B. auf TETRA Basis) würde, ähnlich wie das Vorgänger-Analogfunknetz, aller Voraussicht nach über 20 Jahre in Betrieb sein und im Vergleich mit dem Fortschritt des Standes der Technik im digitalen Mobilfunk in fünf bis zehn Jahren veraltet sein, bzw. erhebliche laufende Aktualisierungsinvestitionen erfordern, die derzeit in der Kostenkalkulation [GAN02] überhaupt nicht enthalten sind.

Man muss sich auch vor Augen halten, dass der TETRA-Standard in etwa der GSM

Technik, also dem Stand der Technik von Anfang/Mitte der neunziger Jahre entspricht (auch wenn die Technik erst heute implementiert wird). Die GSM Technik ist inzwischen erheblich weiterentwickelt worden und verfügt im bestehenden Vodafone D2 Netz mittlerweile über Verbesserungen wie z.B. Frequenzsprungverfahren, adaptive Modulation und Paket-Datenübertragung. Diese Merkmale, welche bei TETRA heute nicht verfügbar sind und laut Planung in der TETRA-Standardisierung erst später schrittweise eingeführt werden sollen, sind also bereits heute verfügbar und die entsprechenden Investitionen in ein TETRA Netz schon jetzt absehbar.

GSM^{BOS} hat daneben die Vorteile, dass aufgrund des Massenmarktes für GSM Sprach- und Datendienste alle Dienste und Funktionen ständig vom Netzbetreiber auf dem neuesten Stand der Technik gehalten werden und den BOS (als relativ kleine Nutzergruppe dieser Technik) ohne eigenes Zutun eine Aktualisierung auf den jeweiligen Stand der Technik sicherstellt. Betroffen sind hier alle Punkt-zu-Punkt Sprach- und Datendienste, aber auch die Übertragungstechnik für Gruppenkommunikationsdienste und Maßnahmen zur Kapazitätserhöhung durch gleichzeitige Übertragung mehrerer Verbindungen über denselben Funkkanal (*Multiple In, Multiple Out*, MIMO) sowie der Übergang zu modernen Mobilfunknetzen anderer Technologie wie *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) und *Wireless Local Area Network* (WLAN).

Als ein weiteres Beispiel für die Zukunftsträchtigkeit der Vodafone D2 Plattform soll hier die Zukunftsplanung für ETSI-TETRA „Phase 2 Dienste“ (*TETRA Advanced Packet Service*, TAPS) genannt werden: TAPS standardisiert die bei GSM als *General Packet Radio Service* (GPRS) bekannten Dienste für eine Eins-zu-Eins Umsetzung auf der TETRA Funkplattform. Diese Dienste sind in GSM nicht nur entwickelt und standardisiert worden, sondern schon heute als Massendienst bei Vodafone D2 verfügbar und in Gebrauch. Die BOS würden mit der Einführung eines Digitalfunknetzes auf Basis von GSM^{BOS} gleichzeitig den kostengünstigen Zugang zu den zukünftigen TETRA Datendiensten (TAPS) sicherstellen ohne eigene Investitionen in die Infrastruktur: GPRS wäre bei Bedarf für die BOS schon heute von der Vodafone D2 Plattform verfügbar und könnte von Anfang an in den Terminals eingesetzt werden. Die Alternative wäre, zunächst ein TETRA Release 1 Digitalfunknetz aufzubauen und später die zusätzlich erforderliche Infrastruktur für TAPS und die zugehörigen Terminals zu beschaffen.

Aus zahlreichen Diskussionen mit BOS Vertretern ist dem Gutachter bekannt, dass Paket-Datenübertragung schon heute als sehr wichtiger Dienst für die BOS angesehen wird, auch wenn das unter den Mindestanforderungen in [GAN02] nicht auftaucht.

Es gibt nur einen von der GAN in [GAN02] genannten technischen Parameterwert, den eine Vodafone D2 Plattform zur Zeit scheinbar nicht vollständig erreicht: Die Dauer bis zur Einrichtung einer Verbindung für einen Gruppenruf beträgt, anstelle der für das Digitalfunknetz der BOS spezifizierten mittleren Dauer von 0,5s, laut Messung für eine GSM/ASCI-Plattform in 95% aller Fälle <2s beim Fast Call Set-up bzw. <2,5s beim Normal Call Set-up, vgl. die umfangreichen Analysen in [MGS00].

Man muss sich verdeutlichen, dass die Neueinrichtung einer Verbindung für einen Gruppenruf ein selten auftretendes Ereignis ist, weil eine Gruppe nach Einrichtung der Verbindung über einen längeren Zeitraum aktiv ist, während dem bei GSM^{BOS} jedes Gruppenmitglied jederzeit (spätestens nach 0,5s) sprechen kann.

Um die Wartezeit auf die Verfügbarkeit einer neuen Gruppenverbindung seltener auftreten zu lassen, kann ein Gruppenruf bei Bedarf bei GSM^{BOS} aufrecht erhalten werden, auch wenn schon lange kein Teilnehmer mehr aktiv ist, so dass die Wiederaufnahme des

Gruppenrufs quasi verzögerungsfrei (in $<0,5$ s) möglich ist.

Im Übrigen ist auch für Digitalfunknetze nach TETRA- bzw. TetraPOL Spezifikation in [Wal02] bzw. [Leh00] gezeigt worden, dass die Einrichtung einer neuen Verbindung für eine Gruppe bei hohem Nachrichtenverkehrsaufkommen, selbst wenn alle Gruppenmitglieder sich in derselben Zelle befinden, im Mittel 1–2 s und in 95 % aller Fälle bis zu 4,5 s dauert.

Der Gutachter geht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon aus, dass bei Ausdehnung der Gruppe über den Bereich einer Basisstations-Steuerung hinaus und erst recht bei Einbeziehung von mehr als einer Vermittlungsstelle des TETRA Festnetzes die Einrichtung einer Verbindung für den Gruppenruf im TETRA Netz auch bei geringem Verkehrsaufkommen ähnlich lange wie bei GSM^{BOS} dauern wird, so dass sich die Systeme diesbezüglich praktisch nicht unterscheiden. Diese Einschätzung für die Größe der Wartezeit auf die Einrichtung einer Gruppenverbindung wird aus dem operationellen Betrieb eines bestehenden großen TETRA Netzes bestätigt, wo „*something like 0,5–2,2 s on average and 95 % confidence limits is up to 5 s*“ beobachtet worden ist [Vir03].

Der einzige bei einer TETRA Lösung gegenüber GSM^{BOS} scheinbar günstigere Parameter (kurze Einrichtungsdauer von Gruppenverbindungen) erweist sich also bei genauerer Betrachtung als für eine Differenzierung der Systeme ungeeignet.

Selbst wenn ein TETRA System einen geringfügig schnelleren Verbindungsaufbau für Gruppenrufe ermöglichen würde, wäre aus Sicht des Gutachters dennoch die Vodafone D2 Plattform vorzuziehen: Im Vergleich mit einem neu zu errichtenden Digitalfunknetz der BOS nach TETRA Standard, das (wie oben dargestellt) für Handfunkgeräte aufgrund der an vielen Orten in der *Bundesrepublik Deutschland* (BRD) nicht ausreichenden Funkversorgung gar keinen Verbindungsaufbau erlauben würde (bzw. Gruppenmitglieder einer bestehenden Gruppe örtlich von der Gruppe trennt), scheint dem Gutachter das überall verfügbare Vodafone D2 Netz die mit Abstand bessere Lösung zu sein, denn es erlaubt fast überall den Handfunkgeräte-Verbindungsaufbau für Gruppen und trennt Handfunkgeräte nicht von ihrer Gruppe.

Im Übrigen muss man davon ausgehen, dass mit Einführung der *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik* (BSI) konformen Authentisierung der Gruppenteilnehmer die eben genannten Zahlenwerte für den Verbindungsaufbau eines Gruppenrufs um einige Sekunden verlängert werden, unabhängig von der benutzten Funktechnik, d. h. sowohl für TETRA als auch für GSM^{BOS} Netze.

In den laufenden Diskussionen wird machmal die Möglichkeit genannt, bei unzureichender Handgerätefunkversorgung den Direktmodus zur Verbindung mit dem Einsatzfahrzeug zu nutzen, um Handfunkgeräte in die Kommunikation einzubeziehen. Hier ist anzumerken, dass ein über Direktmodus verkehrendes Handfunkgerät nicht von den Gruppenmitgliedern empfangen wird, die im Bündelfunkmodus kommunizieren, und dass die für den Direktmodus bei einer TETRA-Lösung verfügbaren wenigen Frequenzen kein nennenswertes Verkehrsaufkommen erlauben, so dass die Einbeziehung des Direktmodus keine Alternative zu einer sachgerechten Funkversorgung ist.

Zu erwähnen ist, dass bei Einführung der Vodafone Lösung 3 MHz (=120 Kanäle) bei 380 MHz für den Direktmodus zur Verfügung stehen werden, womit ein jetzt schon absehbarer Engpass eines zukünftigen Digitalfunknetzes der BOS elegant beseitigt sein würde. Bekanntlich bevorzugen viele BOS Gruppen bei Ankunft am Einsatzort den Übergang auf Gruppenkommunikation im Direktmodus und lokaler Einsatzleitstelle. Dafür steht im Falle der GSM^{BOS} Lösung eine praktisch unbeschränkte Kapazität (120 Kanäle) zur Verfügung, während bei einer TETRA Lösung mit Engpässen gerechnet wird, die im Katastrophen-

Einsatz zu einschneidenden Behinderungen führen würde.

1.3 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die gemäß [GAN02, ZPD00, Stä92] besonders wichtigen Leistungsmerkmale eines Digitalfunknetzes für die BOS kurz mit den Möglichkeiten von GSM^{BOS} verglichen. Die nachfolgenden Kapitel enthalten den detaillierteren Vergleich.

- A. Funkversorgung für Sprach- und Datenübertragung: Die in [GAN02] für den Endausbau geforderte Versorgung wird von der Vodafone D2 Plattform ganz erheblich übererfüllt: Die Handfunkgeräte-Versorgung in-house und in Tunneln ist fast überall in Deutschland gegeben. Die Eignung von GSM für sehr schnell bewegte Objekte (Hochgeschwindigkeitszüge und Luftfahrzeuge) ist im praktischen Gebrauch nachgewiesen.
- B. Zellwechsel/Operationen in der Bewegung: GSM^{BOS} ermöglicht durch die manuelle Definition beliebig strukturierter Group Areas und die dynamische Einbeziehung definierter Zellen, in denen Gruppenmitglieder auftreten, sowie eine quasi unterbrechungsfreie (<0,5 s) Verfügbarkeit der Gruppenkommunikations-Dienste und der Verbindung mit der Leitstelle von in Marsch befindlichen Funkteilnehmern, auch bei Wechsel der jeweiligen Funkzelle und Aufenthalt der Gruppenmitglieder in verschiedenen Funkzellen die von den BOS geforderte Flexibilität. Dabei werden nur die Zellen für die jeweiligen Gruppen versorgt, in denen sich tatsächlich ein Teilnehmer aufhält. Realisierbar ist die Funktionalität, dass zusätzlich die Funkzellen mit versorgt werden, welche die belegten Zellen umgeben.
- C. Kapazität: GSM^{BOS} stellt je Basisstation die geforderten 15 Funkkanäle in der Stadt bzw. 7 auf dem Land dauerhaft für die BOS bereit und ermöglicht darüber hinaus – bei Bedarf – durch dynamische Umschaltung auf Halbraten Sprachcodex¹ eine Verdopplung der Zahl verfügbarer Kanäle. Außerdem erlaubt die ASCII-Funktion *enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service* (eMLPP) (durch Verdrängen/Unterbrechen von Funkteilnehmern des öffentlichen GSM-Mobilfunks) im Katastrophenfall die dynamische Bereitstellung erheblicher zusätzlicher Kapazität, z. B. eine nochmalige Verdopplung der Zahl Verkehrskanäle. Schließlich kann zusätzlich durch dynamische Verkleinerung der betroffenen Zelle (gesteuert durch das Netzmanagement) und durch Einstecken weiterer Transceiver in vorbereitete Steckplätze der betroffenen Basisstationen (16 Kanäle je Transceiver) die Kapazität bei Bedarf in kurzer Zeit nochmals ganz erheblich erhöht werden. Das vorhandene GSM-Netzmanagement ist ausgereift und erlaubt jederzeit und kontinuierlich die Kapazitätskontrolle und Kapazitätsvergrößerung für BOS-Dienste in jeder Zelle.

Damit ist eine Lösung verfügbar, die ohne zeitaufwändige Heranführung mobiler Basisstationen quasi sofort die im Katastrophenfall örtlich erforderliche Kapazität bereitstellen kann. Mobile Basisstationen stehen für die Vodafone D2 Plattform zusätzlich exklusiv für BOS zur Verfügung. Weitere mobile Basisstationen stehen zur

¹Die Sprachverständlichkeit von Halbraten Sprachcodex wird als gleichwertig zu der von Vollraten Sprachcodex eingeschätzt.

Aufrechterhaltung des öffentlichen Mobilfunkdienstes im Katastrophenfall oder bei planbaren Ereignissen bereit.

Die mit der Vodafone D2 Plattform mögliche Sicherstellung der genannten ganz erheblichen Kapazitätsreserven in jeder Zelle für den Katastrophenfall sind für die BOS von ganz besonderem Interesse (auch wenn dieser Gesichtspunkt in den neuesten Spezifikationen [GAN02] keine Rolle spielt) und könnten mit einem speziell für die BOS realisierten Digitalfunknetz aus Kostengründen niemals erreicht werden. Allein schon aus diesem Grund kommt für die BOS eine TETRA oder TetraPOL basierte Lösung, welche derartige in Katastrophenfällen nötige Kapazitätsreserven wegen der damit verbundenen Kosten niemals bereitstellen könnte, nicht in Frage.

- D. Sprachqualität: Eine 100% Satzverständlichkeit bzw. 96% Silbenverständlichkeit wird nur bei sehr guter Funkversorgung erreicht, die am ehesten auf einer Vodafone D2 Plattform sichergestellt werden kann. Diese in [GAN02] als Mindestanforderungen formulierten Ziele können, bei Berücksichtigung der in [GAN02] formulierten Ziele für die Funkversorgung, nur in etwa 12% der Fläche der BRD für Handfunkgeräte erwartet werden, sind aber mit der Vodafone D2 Plattform praktisch bundesweit für Handfunkgeräte erfüllbar.
- E. Bevorrechtigungen: Durch Verfügbarkeit des eMLPP Dienstes, vgl. C., können alle BOS Forderungen vollständig erfüllt werden.
- F. Anbinden von Leitstellen: GSM^{BOS} erlaubt über sog. Connectivity Server das systemweite Anbinden von Leitstellen (auch von außerhalb der Group Call Area) über standardisierte Schnittstellen. Im Zusammenspiel mit den GSM-Komponenten Home Location Register, Visited Location Register, Authentication Centre, Netzmanagement usw. kann die Leitstelle alle in [GAN02] festgelegten Forderungen einschließlich der Sicherheitsfunktionen, Zuteilung/Festlegung von Berechtigungen, Verwaltung operativer/taktischer Adressen, Prioritätensteuerung, Fernparametrierung der Terminals, dynamische Gruppenbildung, Festlegung des Versorgungsgebietes für Gruppen, Überwachung/Verbindungskontrolle für Einzelteilnehmer, Datenverbindungen, Alarmierung und Klartextanzeige, Dokumentation, dynamische Anbindung zusätzlicher Leitstellen usw. erbringen.
- G. Sicherheit/Verfügbarkeit von Anlagen und Netz: Ist erfüllt.
- H. Adressraum: Neben der Erfüllung der BOS Forderungen ist erwähnenswert, dass die dynamische Änderung der Gruppenzugehörigkeit über die Luftschnittstelle von der (berechtigten) Leitstelle im GSM^{BOS} angeboten wird. Dazu werden Funktionen des GSM *Subscriber Identity Module* (SIM) in Kombination mit dem SIM Application Toolkit und einer neuartigen Zusatzfunktion „Over-the-Air Konfigurierung“ der Gruppenzugehörigkeit benutzt.
- I. Operativ-taktische Adressen: Die geforderten Funktionen sind realisierbar.
- J. Gruppenkommunikation: Alle von den BOS geforderten Dienstmerkmale sind erfüllt.
- K. Einzelkommunikation: GSM^{BOS} bietet standardmäßig Selbstwahl für voll-duplex Sprachverbindungen zwischen Mobilteilnehmern und mit Teilnehmern am Festnetz

bzw. in der Leitstelle. Damit wird eine komfortablere Kommunikation ermöglicht, als es bei Wechselsprechen (semi-duplex) entsprechend den BOS Forderungen [GAN02] für die Verbindung zwischen Mobilteilnehmern gefordert ist.

- L. Notruf: GSM^{BOS} verfügt über die Notruffunktion des GSM-Standards, die sich an eine einer Leitstelle entsprechende Einrichtung richtet und einen Verbindungsaufbau in 1–2 s vorsieht (Group Emergency Application).
- M. Verschlüsselung: Die Signalisierungs- und Nutzdaten der GSM-Funkschnittstelle werden standardmäßig verschlüsselt übertragen; unverschlüsselte Übertragung ist möglich. Das Verschlüsselungskonzept des BSI ist problemlos, gestützt auf die Funktionen der GSM-SIM, integrierbar.
- N. Datenübertragung: Ein TETRA System wird aufgrund der geringeren Frequenzkanalbreite von 25 kHz niemals die Datenübertragungsrate (von bis zu 53,6 kbit/s) erreichen können, die auf der Vodafone D2 Plattformen mit der dort üblichen 200 kHz Bandbreite schon heute verfügbar ist. Schon heute läuft die Datenübertragung (z. B. SMS, Senden in Sprachpausen von Kurzdaten) parallel zur Sprachübertragung ab. Der für TETRA Systeme spezifizierte *TETRA Advanced Packet Service* (TAPS), der exakt dem GPRS Dienst entspricht, ist auf der Vodafone D2 Plattform bereits heute verfügbar, müsste bei Beschaffung einer TETRA Lösung dagegen mangels Verfügbarkeit später (frühestens in 5 Jahren) eingeführt werden, würde erhebliche Zusatzinvestitionen in der Infrastruktur und den Austausch vieler BOS Endgeräte erfordern und erhebliche Zusatzkosten verursachen, die in [GAN02] nicht berücksichtigt sind.
- O. Alarmierung: GSM^{BOS} wird ein zusätzliches zu den vier vorhandenen SMS Service Centern exklusiv für die BOS vorsehen und reservieren und damit die geforderten Bedingungen für die Alarmierung erreichen. Der GSM-Kurznachrichtendienst (*Short Message Service*, SMS) realisiert eine automatisch bestätigte Alarmierung. Eine gezielte Bestätigung durch den Teilnehmer ist durch Senden einer vorbereiteten SMS Nachricht möglich. Passive Alarmierung wird realisiert, indem Standard GSM-Terminals mit unterdrückter Sendefunktion eingesetzt werden oder der Cell Broadcast benutzt wird. Dabei hat das Endgerät die kleine von passiven Pagern geforderte Größe kleiner GSM-Terminals. Die Eignung des SMS-Dienstes für die Alarmierung von Helfern für die Deichüberwachung (mit den BOS vergleichbaren Zeit- und Volumenforderungen) kann durch den jahrelangen Betrieb als bestätigt angesehen werden. Die Funkalarmierung über GSM/SMS entspricht dem Alarmierdienst von TETRA über den *Short Data Service* (SDS), wobei die Erreichbarkeit der Teilnehmer aufgrund der erheblich besseren städtischen und ländlichen Gebäudeversorgung mit der Vodafone D2 GSM Plattform deutlich besser sein wird als sie mit einem TETRA Netz gemäß [GAN02, ZPD00] jemals möglich sein wird.
- P. Übergänge in andere Funknetze gleicher Systemtechnik: GSM-Funknetze können mit jedem anderen Funknetz und Festnetz interoperieren. Die Berechtigung zur Kommunikation mit Teilnehmern eines anderen Funknetzes wird durch GSM^{BOS} dynamisch von einer Leitstelle vergeben.

Bei gleicher Technik auf beiden Seiten der Staatsgrenze (der Normalfall für GSM-Netze) können alle BOS Forderungen erfüllt werden.

Bei unterschiedlicher Systemtechnik auf beiden Seiten der Staatsgrenze können alle BOS-Forderungen erfüllt werden. Bei Bedarf kann bei GSM^{BOS} für die BOS Mobilterminals vorgesehen werden, dass die Mobilterminals auch in einem TETRA Funknetz jenseits der Staatsgrenze voll funktionsfähig sind, denn sie verfügen ohnehin für die Realisierung des Direktmodus über die 400 MHz TETRA Funkschnittstelle. Das bedeutet, dass die für GSM^{BOS} vorgesehenen Mobilterminals dual-mode Terminals sind, welche sowohl mit GSM^{BOS}, als auch mit einer TETRA Basisstation im benachbarten Ausland verkehren können.

- Q. Übergang zu öffentlichen Telefonnetzen und zu TK-Anlagen: Alle geforderten Funktionen sind bereits heute verfügbar.
- R. Verknüpfung mit Datennetzen: Alle von den BOS geforderten Funktionen werden schon heute erfüllt.
- S. Verknüpfung des analogen mit dem zukünftigen digitalen System: Der Übergang zum zukünftigen digitalen System wäre bei Einführung von GSM^{BOS} in sehr kurzer Zeit möglich. Die Kosten für aufwändige Übergangslösungen bis zum flächendeckenden Aufbau des Digitalnetzes könnten minimiert werden. Dementsprechend erscheint die Festlegung auf GSM^{BOS} als zukünftiges Digitalfunknetz der BOS besonders attraktiv zu sein.

Die Mindestanforderungen [GAN02] spezifizieren keinen Direktmodus Betrieb zwischen Handfunkgeräten und zwischen Hand- und Fahrzeugterminals mit Dual-watch und Repeater Funktion wie in [ZPD00] enthalten. Der Direktmodus-Betrieb wird durch GSM^{BOS} in Form der Original TETRA Funkschnittstelle bei 380 MHz in den Terminals realisiert – mit allen daraus resultierenden Vorteilen wie Vermeidung von Interferenz mit dem normalen Kommunikationsmodus im 900 MHz Band, Nutzung verfügbarer zusätzlicher Frequenzen (insgesamt 120 Kanäle) für den Direktmodus und hohe Eindringtiefe in massive Gebäudeteile wie Tiefgaragen usw.

Die Aussagen dieses Gutachtens beruhen auf den in Abschnitt 1.1 unter 1. bis 5. genannten Erfahrungen, den veröffentlichten ETSI-GSM/ASCI und ETSI/TETRA Standards sowie der Berücksichtigung der für GSM^{BOS} definierten Zusatzfunktionen.

Der Gutachter empfiehlt nachdrücklich, in einem zeitlich befristeten Pilotversuch den aktuellen Stand der Implementierung von GSM^{BOS} und deren Eignung für die BOS zu erproben. Dabei können auch die von Vodafone D2 angebotenen für die BOS wesentlichen Zusatzfunktionen, soweit schon verfügbar, erprobt und in eine abschließende Bewertung einbezogen werden.

1.4 Vorteile von GSM^{BOS} gegenüber einer BOS spezifischen Eigenlösung

GSM^{BOS} hat gegenüber einem entsprechend den Spezifikationen der GAN [GAN02] errichteten Digitalfunknetz auf Basis eines anderen Standards folgende Vorteile:

- I) Das Funknetz wäre in ca. 2 Jahren nach Auftragserteilung flächendeckend verfügbar und einsetzbar.
- II) Die erreichte Funkversorgung für Handfunkgeräte und Alarmierung wäre über ein einheitliches Netz möglich und deutlich besser als (unter Kostengesichtspunkten) von

den BOS lt. [GAN02] geplant. Die Sicherheit der BOS Mitarbeiter würde durch die ständige Erreichbarkeit in Notsituationen dramatisch verbessert.

- III) Die Alarmierung von Funkrufempfängern wäre zu aller Zufriedenheit endgültig gelöst.
- IV) Die Kosten für den Parallelbetrieb des bestehenden Analogfunknetzes in der Einführungsphase des Nachfolgenetzes könnten minimiert werden, weil das Nachfolgesystem schon flächendeckend steht.
- V) In jeder Zelle steht durch Umschaltung auf Halbratensprachbetrieb, Verdrängen des öffentlichen Mobilfunkverkehrs, dynamische Verkleinerung der Zelle und weitere Maßnahmen eine drei- bis vierfache sofort einsetzbare Kapazitätsreserve zur Verfügung, die ausreicht, den Verkehr im Katastrophenfall zu tragen. Dazu trägt auch bei, dass für den Direktmodus zusätzlich 120 Kanäle bei 380 MHz verfügbar sind.
- VI) Alle technischen Forderungen der BOS wären erfüllt und viele Forderungen wären ganz erheblich übererfüllt.
- VII) Das Problem der Akquisition neuer Standorte für Basisstationen in besiedelten Gebieten entfällt.
- VIII) Die Beschaffungs- und Betriebskosten wären ganz erheblich geringer. Die Mehrkosten für die Beschaffung eines eigenen BOS Digitalfunknetzes, das eine deutlich schlechtere Funkversorgung und keine ausreichenden Kapazitätsreserven hätte, wären der Öffentlichkeit kaum vermittelbar.
- IX) Die Verfügbarkeit wäre durch die große Überlappung der Versorgungsgebiete der bestehenden Vodafone Basisstationen auch bei Ausfall einer Zelle gegeben.
- X) Der Direktmodusbetrieb zwischen Terminals („Walkie Talkie“) ist in Form der TETRA Standard konformen Lösung verfügbar, aber die bei einem Digitalfunknetz nach TETRA Standard befürchtete Interferenz des Direktmodus mit dem Basisstationsmodus entfällt. Es stünden 120 Kanäle allein für den Direktmodus zur Verfügung.
- XI) Im benachbarten Ausland steht in den Mobilterminals wahlweise die TETRA- bzw. GSM-Funkschnittstelle zur Verfügung.
- XII) Die ständige Aktualisierung der Funktechnik auf den Stand der Technik würde vom Betreiber (für seine öffentlichen Mobilfunkkunden) vorgenommen. Die BOS wären die Nutznießer – Infrastrukturkosten für die BOS fallen dabei nicht an.
- XIII) Der GPRS Paketdatendienst („TETRA Phase 2“) ist von Anfang an verfügbar. Die Datenübertragungsraten entsprächen dem Stand der Technik (wären nicht so unbefriedigend klein wie bei TETRA möglich) und würden die Nutzung moderner Mobilfunkdienste durch die BOS gestatten.
- XIV) Die Satz- und Silbenverständlichkeit wäre aufgrund der viel besseren Funkversorgung deutlich besser.

- XV) Die BOS hätten endlich und dauerhaft den Anschluss an den Stand der Technik im Digitalfunk gefunden. Investitionen zur Sicherstellung eines Betriebs entsprechend dem Stand der Technik wären ggf. nur im Bereich der Terminals zu erwarten.
- XVI) Mobilterminals wären kostengünstiger, weil der Mobilfunk-Massenmarkt riesige Stückzahlen ermöglicht: Die BOS könnten wo immer möglich (z. B. für den Alarmierdienst), auf Sonderlösungen verzichten, kostengünstige marktgängige Ware einsetzen und dabei viel Geld sparen.

Würselen, 15. März 2003

(Prof. Dr.-Ing. Bernhard Walke)

Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary	2
1.1	Eignung des Gutachters	2
1.2	Grundlegende Aussagen	2
1.3	Zusammenfassung	7
1.4	Vorteile von GSM ^{BOS} gegenüber einer BOS spezifischen Eigenlösung	10
2	Grundanforderungen	16
2.1	Funkversorgung für Sprach- und Datenübertragung	16
2.1.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	16
2.1.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	18
2.1.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	18
2.2	Zellwechsel/Operationen in der Bewegung	19
2.2.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	19
2.2.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	19
2.2.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add- ons	20
2.3	Kapazität	20
2.3.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	21
2.3.2	Erfahrungen aus dem TETRA-Pilotversuch Aachen der BOS	21
2.3.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	22
2.3.4	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	22
2.4	Sprachqualität	23
2.4.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	23
2.4.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	24
2.5	Bevorrechtigungen	24
2.5.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	24
2.5.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	24
2.5.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	25
2.6	Anbindung von Leitstellen	26
2.6.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	26
2.6.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	27
2.6.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	27
2.7	Technische Sicherheit von Anlagen/Verfügbarkeit des Netzes	27
2.7.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	27
2.7.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale	29
2.8	Adressraum	29

2.8.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	29
2.8.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	29
2.8.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	30
2.9	Operativ-taktische Adressen	30
2.9.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	30
2.9.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	31
3	Dienste	32
3.1	Gruppenkommunikation	32
3.1.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	32
3.1.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	32
3.1.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	33
3.2	Einzelkommunikation	34
3.2.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	34
3.2.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale	34
3.3	Notruf	35
3.3.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	35
3.3.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	35
3.3.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add- ons	36
3.4	Verschlüsselung	37
3.4.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	37
3.4.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	37
3.4.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add- ons	38
3.5	Datenübertragung	38
3.5.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	38
3.5.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale GSM/ASCI	38
3.5.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	38
3.6	Alarmierung	39
3.6.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	39
3.6.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	40
3.6.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	40
4	Übergänge zu anderen Netzen	42
4.1	Übergänge in andere Funknetze gleicher Systemtechnik	42
4.1.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	42
4.1.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . .	43
4.1.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	43
4.2	Übergänge in andere Funknetze unterschiedlicher Systemtechnik	44
4.2.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	44

4.2.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . . .	44
4.2.3	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add- ons	44
4.3	Übergänge zu öffentlichen Telefonnetzen und zu TK-Anlagen über GMSC .	44
4.3.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	44
4.3.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . . .	45
4.4	Verknüpfung mit Datennetzen über GMSC	45
4.4.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	45
4.4.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . . .	45
4.5	Verknüpfung des analogen mit dem zukünftigen digitalen System über GMSC	45
4.5.1	Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale	45
4.5.2	Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI . . .	46
5	ASCI – erweiterte GSM-Sprachdienste	47
5.1	Voice Broadcast Service	47
5.2	Voice Group Call Service	49
5.2.1	Verbindungsaufbau durch mobilen Teilnehmer	50
5.2.1.1	Voraussetzungen	50
5.2.1.2	Einrichtung des Gruppenkanals	51
5.2.1.3	Auslösen der dedizierten Verbindung des Anrufers	51
5.2.2	Verbindungsaufbau durch die Leitstelle	51
5.2.3	Benachrichtigung der Mobilstationen	51
5.2.3.1	Idle Mode	51
5.3	eMLPP – der Dienst zur Prioritätensteuerung	52
6	Abschlussformel	54
7	Abkürzungen	55
	Literaturverzeichnis	57

2 Grundanforderungen

2.1 Funkversorgung für Sprach- und Datenübertragung

Die Funkversorgung bildet die Basis zur Realisierung der geforderten Kommunikationsbeziehungen. Nur bei ausreichender Funkversorgung können die angebotenen Sprach- und Datendienste (einschließlich Alarmierung) auch genutzt werden. Die erzielbare Funkversorgung kennzeichnet die ständige Erreichbarkeit der Teilnehmer durch die Leitstelle bzw. der Leitstelle und des Festnetzes durch die mobilen Teilnehmer. Das Kommunikationsprinzip der BOS lautet „Jeder hört jeden“, vgl. Abbildung 2.1.



Abbildung 2.1: Kommunikationsprinzip der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

2.1.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Funkversorgung ist für das Gebiet der BRD einschließlich eines 12 Seemeilen breiten Streifens entlang der Küste herzustellen [GAN02, 1.1.1]. Die GAN unterscheidet bei den Grundanforderungen zur Funkversorgung zwischen einer ersten Ausbaustufe und einem Endausbau.

- Der Mindeststandard in der ersten Ausbaustufe ist wie folgt definiert [GAN02, 1.1.2 b]:

- flächendeckende Funkversorgung der Siedlungs- und Verkehrsflächen für Handfunkgeräte außerhalb von Gebäuden,
- flächendeckende Fahrzeugfunkversorgung in den übrigen Gebieten.

Siedlungs- und Verkehrsflächen schließen die folgenden Flächentypen ein:

- Gebäude- und Freiflächen (Wohnen, Gewerbe, Industrie),
- Betriebsflächen ohne Abbauand,
- Erholungsflächen,
- Friedhofsflächen und
- Verkehrsflächen (Straßen, Wege, Plätze),

das waren 1997 11,8% der Fläche der BRD [Sta02].

Da eine ausreichende Funkversorgung prinzipiell nicht für ein gesamtes Gebiet zu jedem Zeitpunkt garantiert werden kann, wird in den Schengen-Forderungen auch eine Aussage zu den geforderten Versorgungswahrscheinlichkeiten gemacht:

- in städtischen Bereichen wird eine Funkversorgungswahrscheinlichkeit von über 95% ortsbezogen und 90% zeitbezogen für Handfunkgeräte gefordert [Stä92, 1.2.1],
 - in den übrigen Bereichen wird eine Funkversorgungswahrscheinlichkeit von über 95% ortsbezogen und 50% zeitbezogen gefordert [Stä92, 1.1].
- Für den Endausbau muss die Erweiterung der flächendeckenden Funkversorgung für Handfunkgeräte innerhalb von Gebäuden in dicht besiedelten Gebieten erreicht werden können [GAN02, 1.1.2 a].

Bei Bedarf muss die Funkversorgung außerdem so erweitert werden können, dass der Betrieb von Handfunkgeräten in Gürteltrageweise auch innerhalb von Gebäuden sichergestellt werden kann [GAN02, 1.1.2 c].

Ergänzend werden folgende Forderungen gestellt:

- Die Funkversorgung von besonderen Gebäuden durch den Einsatz zusätzlicher Komponenten muss möglich sein [GAN02, 1.1.3].
- Die Einbindung von Luftfahrzeugen der BOS in die Kommunikationsbeziehungen muss bis zu einer Höhe von 3000 m und bei üblichen Fluggeschwindigkeiten sichergestellt sein [GAN02, 1.1.4]. Diese Forderung stellt eine Erweiterung einer Mindestanforderung für den Pilotversuch Aachen dar, bei der die Einbindung von Luftfahrzeugen nur bis zu einer Höhe von 300 m gefordert wurde [ZPD00, 2.2.4.0.9]. Übliche Fluggeschwindigkeiten sind kleiner als 300 km/h.
- Eine mangelhafte Funkversorgung einsatztaktisch wichtiger Gebiete muss bei Bedarf beseitigt werden können [GAN02, 1.1.5].

Gemäß den Schengen-Forderungen sind die Mobilfunknetze für Eigengeschwindigkeitsbereiche der Fahrzeuge von 0–200 km/h auszulegen [Stä92, 2.1].

2.1.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

In GSM Systemen wird eine flächendeckende Funkversorgung durch Anwendung des zellularen Konzeptes erreicht, wobei die Funkzellen bei maximaler Verkehrskapazität einen maximalen Radius von 35 km haben können. Der maximale Zellradius lässt sich verdoppeln (auf ca. 72 km), indem nur jeder zweite Zeitschlitz verwendet wird.

Funktechnisch schwierig zu versorgende Gebäude werden bereits heute durch den Einsatz von Repeatern, Gebäude- oder Tunnelfunkanlagen versorgt. Der Betrieb dieser Geräte ist erprobt. Durch den Aufbau mobiler Basisstationen können einsatztaktisch relevante Gebiete bei mangelhafter Funkversorgung ausgeleuchtet werden.

2.1.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Für die Vodafone GSM^{BOS} Lösung steht grundsätzlich bei Bedarf das gesamte öffentliche Spektrum zur Verfügung, d.h. 59 Frequenzen im 900 MHz Bereich und 26 Frequenzen im 1800 MHz Bereich. Die Nutzung dieser Frequenzen ist bis zum Jahre 2009 genehmigt, wobei momentan keine Gründe zu erkennen sind, warum die Lizenzlaufzeit nicht darüber hinaus verlängert werden könnte.



Abbildung 2.2: Funkversorgung für Sprach- und Datenübertragung bei GSM^{BOS}. Graue Bereiche kennzeichnen Gebiete mit mindestens ausreichender Funkversorgung. Quelle: Vodafone D2 GmbH

Die genannten Frequenzen sind ausreichend zur Sicherstellung der Landversorgung. Aufgrund der großen Flughöhen (bis zu 3000 m) der einzubindenden Luftfahrzeuge wird der Luftraum durch separate 100–200 Funkzellen versorgt [Vod02a], [Vod02b, S.42]. Somit kann die Störung am Boden befindlicher Teilnehmer durch Funkausstrahlungen der Luftfahrzeuge weitgehend vermieden werden. Für den Betrieb dieser Funkzellen ist Spektrum aus dem GSM-Erweiterungsband bei 880–890 MHz für die Aufwärtsstrecke und bei 925–

935 MHz für die Abwärtsstrecke zu beantragen. Frequenzen aus dem Erweiterungsband von UMTS werden für die GSM^{BOS} Lösung nicht verwendet.

Die Eignung von GSM für sehr schnell bewegte Objekte ist im praktischen Gebrauch nachgewiesen. Auf ICE-Strecken waren Tests im Vodafone D2 Netz auch bei Geschwindigkeiten über 300 km/h erfolgreich. Simulationen haben gezeigt, dass auch Geschwindigkeiten bis zu 500 km/h erreicht werden können.

Bereits heute bietet die Vodafone D2 Plattform mit ca. 40.000 Funkzellen [Vod02b, S. 38], [Vod02a] Funkversorgung für Handfunkgeräte außerhalb von Ballungsgebieten bundesweit sowie Gebäudeversorgung in Städten und Ballungsgebieten, da auch die Funkzellen im 1800 MHz Bereich, die durch ihre dichte Anordnung in städtischen Bereichen eine sehr gute Gebäudeinnenversorgung sicherstellen, für GSM^{BOS} Verwendung finden. Damit wird nicht nur der Mindeststandard übererfüllt, sondern bereits die Forderung für den Endausbau erheblich übererfüllt. Auch die Schengen-Forderungen werden übererfüllt, denn die Funkversorgung des Vodafone D2 Netzes beträgt zur Zeit bundesweit 95,4% ortsbezogen und erfüllt die Schengen-Forderungen vollständig.

2.2 Zellwechsel/Operationen in der Bewegung

Durch die zellulare Struktur der in Frage kommenden Mobilfunksysteme kommt es bei Operationen in der Bewegung zu Zellwechseln.

2.2.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Bezüglich der notwendigen Zellwechsel werden von der GAN die folgenden Forderungen an das Digitalfunksystem gestellt:

- Alle Dienste müssen für alle Funkteilnehmer zu jeder Zeit bundesweit verfügbar sein. Unterbrechungen in Kommunikationsbeziehungen beim Zellwechsel dürfen 500 ms nicht überschreiten. Telefongespräche dürfen beim Zellwechsel nicht unterbrochen werden [GAN02, 1.2.1].
- Die Kommunikation einer Leitstelle mit den ihr zugeordneten Einheiten muss auch bei Operationen in der Bewegung systemweit möglich sein [GAN02, 1.2.2]. Systemweit wird hier als bundesweit interpretiert.

Da die erste Forderung prinzipiell nicht exakt erfüllt werden kann, wird eine technische Systemverfügbarkeit von >99% gefordert [GAN02, 1.7.2] bzw. [Stä92, 1.1].

2.2.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Vodafone garantiert eine bundesweite Verfügbarkeit der BOS-Dienste in mindestens 99 % der Fälle. Typische Zellwechselzeiten liegen bei 300–500 ms [Vod02b, S. 14]. Da diese Zeiten auch für Telefongespräche gelten, werden diese zwar unterbrochen, aber nicht abgebrochen. Die Störung wird kaum bemerkt.

Die systemweite Kommunikation hängt dabei von der dynamischen Konfigurierbarkeit der Gruppengebiete ab. Grundsätzlich ist es möglich, Gruppengebiete auch über *Mobile Services Switching Center* (MSC)- und *Public Land Mobile Network* (PLMN)-Grenzen hinweg einzurichten. Vordefinierte Gruppengebiete werden für jede Gruppe eingerichtet

und z. B. bei der Alarmierung verwendet, vgl. Abschnitt 2.6. Ein Gruppengebiet besteht aus einer Liste von Funkzellen, die nicht notwendigerweise ein zusammenhängendes Gebiet ergeben müssen, sondern beliebig strukturiert sein können.

2.2.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add-ons

Bei Operationen in der Bewegung wird die Definition der betreffenden Gruppengebiete von der Vodafone D2 Plattform automatisch aktualisiert. Dabei werden nicht nur die Funkzellen in das Gruppengebiet aufgenommen, in denen sich Mitglieder der betreffenden Gruppe aufhalten, sondern auch Funkzellen, zu denen diese Mitglieder wechseln könnten [Sie02b]. Damit können nach einem Zellwechsel alle Kommunikationsbeziehungen nach einer typischen Unterbrechung von 300-500 ms fortgeführt werden. Bei Gruppengrößen bis zu 1024 Mitgliedern [ZPD00, 2.2.1.0.4] kann auch der Extremfall abgedeckt werden, dass sich jedes Gruppenmitglied in einer anderen Funkzelle befindet.

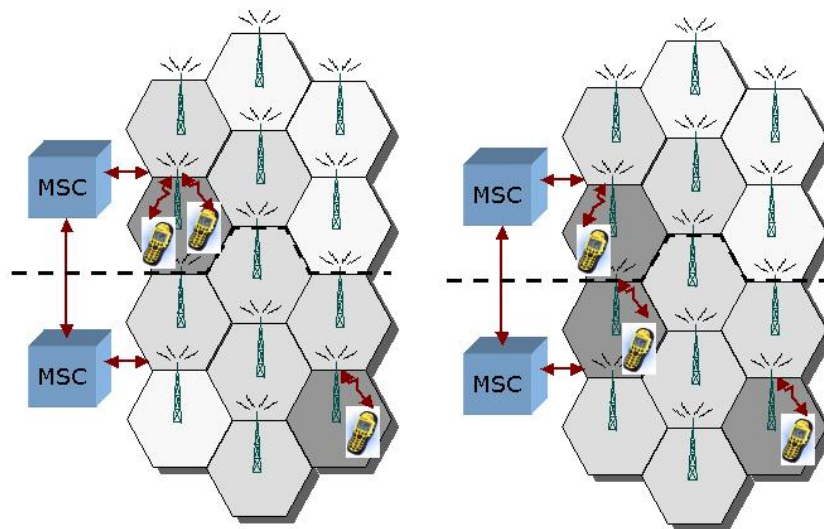


Abbildung 2.3: Beispiel für einen Zellwechsel bzw. für Operationen in der Bewegung

Mit diesem Konzept wird die bundesweite Mobilität aller Teilnehmer ermöglicht. Dabei können pro Gruppe auch bis zu 5 mobile Dispatcher in einen Gruppenruf einbezogen werden.

2.3 Kapazität

Die Verkehrskapazität eines Digitalfunksystems ist so zu dimensionieren, dass das prognostizierte Verkehrsaufkommen mit der angestrebten Dienstgüte getragen werden kann.

2.3.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Pro Basisstation sind

- auf Siedlungs- und Verkehrsflächen mindestens 15 und
- in den übrigen Gebieten mindestens 7

Kanäle für BOS-Nutzer vorzuhalten [GAN02, 1.3.1]. Hier wird angenommen, dass sich die Forderung auf Verkehrskanäle bezieht.

Mit den geforderten Verkehrskanälen soll der Kommunikationsbedarf der BOS-Nutzer bedient werden können, für die in den Schengen-Forderungen eine mittlere Teilnehmerdichte in Städten von 2 pro km² [Stä92, 1.2.1] und in vorstädtischen Bereichen von 0,5 pro km² angenommen wurde [Stä92, 1.2.2]. Die Teilnehmerdichte in ländlichen Bereichen wird als sehr gering bezeichnet [Stä92, 1.2.3]. Die einzuhaltende Dienstgüte wurde durch eine Wartewahrscheinlichkeit von maximal 5 % und einer mittleren Wartezeit von 5 s festgelegt.

Die geforderten Verkehrskanäle stellen eine ungefähre Halbierung der Forderung für den Pilotversuch Aachen dar. Dort waren in urbanen Bereichen 27 und in anderen Bereichen 15 Verkehrskanäle pro Basisstation vorzusehen [ZPD00, 2.2.2.2].

Durch eine kontinuierliche Kapazitätskontrolle soll frühzeitig auf Engpässe reagiert werden können [GAN02, 1.3.2]. Für einen zeitlich begrenzten Mehrbedarf muss eine Erweiterung der Kapazität auch an der Einsatzstelle mobil und unkompliziert erfolgen können [GAN02, 1.3.3].

2.3.2 Erfahrungen aus dem TETRA-Pilotversuch Aachen der BOS

Verkehrsmessungen im TETRA-Pilotversuch Aachen der BOS haben gezeigt, dass die BOS-Nutzer von den 177 Gruppen, die für die BOS eingerichtet wurden, im Mittel nur 52 (von 163 Teilnehmern) und maximal nur 79 (von 254 Teilnehmern) gleichzeitig im TETRA-System genutzt wurden [Leh03]. Eine Gruppe gilt als genutzt, wenn sich mindestens ein Teilnehmer auf diese Gruppe eingebucht hat. Nur vereinzelte Gruppen haben dabei eine Größe von mehr als 10 Teilnehmern. Die relativ geringe Zahl genutzter Gruppen ist auf den Pilotstatus zurückzuführen, da bisher lediglich die Polizei vollständig vom analogen Netz ins TETRA-Netz migriert ist.

Gruppen mit angemeldeten Teilnehmern leisten jedoch nicht zwangsläufig einen Beitrag zum Verkehrsaufkommen im Netz. Im Mittel sind im Pilotversuch Aachen ca. 30 Gruppen und maximal 53 Gruppen gleichzeitig aktiv [Leh03].

Im Normalbetrieb ist das Nachrichtenverkehrsaufkommen der BOS sehr klein. In der Hauptverkehrsstunde ist von der Basisstation, die das Stadtgebiet Aachen versorgt, im Mittel ein Verkehr von 1,5 Erlang und maximal ein Verkehr von 2,7 Erlang zu tragen [Leh03]. Ein Anteil von 63,5% des maximalen Verkehrs wurde von 5 Gruppen erzeugt. Die Teilnehmerdichte erreicht bei einer durch die Basisstation versorgten Fläche von ca. 120 km² einen maximalen Wert von 2 km⁻², was den in [Stä92] prognostizierten Teilnehmerdichten für Städte entspricht. Bei einer einzuhaltenden Wartewahrscheinlichkeit von 5% sind für ein Verkehrsangebot von 2,7 Erlang nach Erlang-C-Warteformel 7 Verkehrskanäle notwendig. Nimmt man für ein bundesweites Digitalfunknetz der BOS eine Verdopplung der Anzahl aktiver Teilnehmer pro Funkzelle an, bietet eine Funkzelle für städtische Bereiche mit 15 Verkehrskanälen eine ausreichend dimensionierte Plattform zur Bedienung des Normalverkehrs mit kleinen Reserven für einen leicht erhöhten Verkehr.

In seltenen Hochlastfällen wurden während nachgestellter Szenarien Verkehrsspitzen von bis zu 3,8 Erlang mit 126 Teilnehmern in 18 Gruppen gemessen.

Die BOS haben sog. *Besondere Aufbau-Organisationen* (BAO) definiert, die bei der Bewältigung ungewöhnlicher Einsätze zur Anwendung kommen. Bei einer großen BAO, die bei einem Katastrophenfall zusätzlich zum täglichen Dienst zur Anwendung käme, verwenden die BOS folgende Anzahlen Gruppen:

- Polizei: 14,
- Feuerwehr, Rettungsdienst, Hilfsorganisationen und Katastrophenschutz: 16,
- Bundesgrenzschutz: 13.

Extrapoliert man die o. a. Werte auf einen Katastrophenfall unter Einsatz von ca. 300 BOS-Teilnehmern, würde die Kapazität von 15 Verkehrskanälen bei weitem nicht ausreichen. Der Verkehr durch Telefonrufe und Datenanwendungen wurde hierbei noch nicht eingerechnet.

2.3.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Die GAN-Forderung nach 15 Kanälen erfordert 2 GSM-*Transceiver* (TRX). Die Vodafone D2 Plattform stellt je Basisstation die geforderten 15 Verkehrskanäle in der Stadt bzw. 7 auf dem Land dauerhaft für die BOS bereit und ermöglicht darüber hinaus eine Verdopplung der verfügbaren Verkehrskanäle durch die dynamische Bereitstellung von Halbratenkanälen.

Die ASCI-Funktion *enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service* (eMLPP) ermöglicht darüberhinaus die dynamische Bereitstellung zusätzlicher Verkehrskapazität bei Bedarf durch Verdrängen bzw. Unterbrechen von Funkteilnehmern des öffentlichen GSM-Mobilfunks [ETS00c, ETS00d, Sie00a], vgl. Abschnitt 2.5. Dieser Vorgang wird durch das GSM-Netzmanagement gesteuert.

Das GSM-Netzmanagement ist ausgereift und ermöglicht jederzeit und kontinuierlich die Kapazitätskontrolle aller Basisstationen.

2.3.4 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Ergänzend zu den zuvor beschriebenen Maßnahmen kann durch dynamische Verkleinerung der betroffenen Funkzellen und Einstecken zusätzlicher Transceiver (8 Verkehrskanäle pro Transceiver bzw. 16 Verkehrskanäle bei Verwendung von Halbratenkanälen) in bereits vorbereitete Steckplätze betreffender Basisstationen in kurzer Zeit die Verkehrskapazität deutlich erhöht werden. Bei Bedarf werden dynamisch zusätzliche Organisationskanäle eingerichtet.

Im durch ASCI-Zusatzfunktionen erweiterten Vodafone D2 GSM-Netz können Funkkanäle für besonders aktive Gruppen bei Bedarf dauerhaft bzw. über lange Zeiträume belegt werden (sog. *offene* Kanäle), um die Häufigkeit des Verbindungsaufbaus für Gruppenrufe zu verringern (vgl. Abschnitt 3.1). Die Anzahl der dafür zusätzlich bereitzuhaltenden Funkkanäle wird als gering gegenüber der enormen vorhandenen Kapazitätsreserve eingeschätzt, da nur wenige Gruppen betroffen sind.

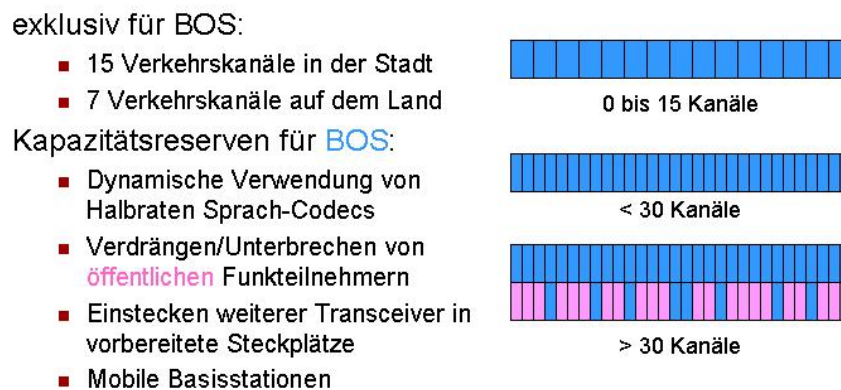


Abbildung 2.4: Für BOS exklusiv nutzbare Verkehrskapazität und Verkehrsreserven für BOS bei GSM^{BOS}

Insgesamt stellt die Vodafone D2 Plattform also nicht nur die geforderten Verkehrskanäle für BOS bereit, sondern verfügt über ganz erhebliche Kapazitätsreserven z. B. für Katastrophenfälle, die in [GAN02] nicht gesondert berücksichtigt werden. Diese Lösung stellt auch ohne den u. U. zeitaufwändigen Herantransport mobiler Basisstationen bei Bedarf die im Katastrophenfall örtlich begrenzt erforderliche Kapazität bereit. Mobile Basisstationen, die verfügbar und erprobt sind, stehen für die Vodafone D2 Plattform zusätzlich zur Verfügung, werden aber tendenziell eher zur Aufrechterhaltung des öffentlichen Mobilfunkdienstes in solchen Katastrophenfällen benötigt.

2.4 Sprachqualität

Zur Vermeidung von Missverständnissen und Zeitverlusten durch mündliche Nachfragen und Wiederholungen ist in Mobilfunknetzen neben der Dienstverfügbarkeit eine ausreichende Sprachqualität sicherzustellen.

2.4.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Die GAN formuliert für das Digitalfunknetz der BOS das Ziel: 100%ige Satzverständlichkeit, d. h. Silbenverständlichkeit nach [DIN95] von mindestens 96% [GAN02, 1.4].

Bei Ausschreibung zum Pilotversuch Aachen wurde bezüglich der Sprachqualität ein *Mean Opinion Score* (MOS) Wert von mindestens 3,2 gefordert [ZPD00, 2.4.1.0.2].

2.4.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Während die Silbenverständlichkeit ein Maß für die Sprachverständlichkeit ist, ist die MOS-Skala ein Maß für die Sprachqualität, vgl. Tabelle 2.1. Auch bei sehr guter Verständlichkeit kann die Qualität sehr gering sein. Bei geringer Qualität wird das empfangene Sprachsignal wegen des künstlichen Klangs von den meisten Personen (ausgedrückt durch einen MOS-Wert) als schlecht bewertet [IT96, IT98]. Es handelt sich also um zwei nicht vergleichbare Maße, und es existiert z. Zt. keine Abbildung des MOS-Wertes auf eine Silben-/Satzverständlichkeit. Zudem wird in [DIN95] bzw. [GAN02] weder eine Messmethode noch eine Abbildung von Silben- auf Satzverständlichkeit beschrieben.

Tabelle 2.1: MOS-Skala und Bedeutung der MOS-Werte

Güte der Verbindung	MOS-Wert
Perfekt	5
Gut	4
Mittelmäßig	3
Ausreichend	2
Schlecht	1

Eine 100%ige Satzverständlichkeit bzw. 96%ige Silbenverständlichkeit wird nur bei hervorragender Funkversorgung erreicht. Bei Berücksichtigung des in Abschnitt 2.1 geforderten Mindeststandards für die Funkversorgung kann diese Sprachqualität nur in einem kleinen Teil der BRD (etwa 12% der Fläche) für Handfunkgeräte erwartet werden.

Bei Zugrundelegung von [ETS93] erreicht das Vodafone D2 Netz einen MOS-Wert von 3,6 [Vod02b, S. 39] nach [ETS00g]. Damit ist der von der Vodafone D2 Plattform erreichte MOS-Wert nicht nur deutlich besser als die Forderung in [ZPD00], sondern praktisch auch bundesweit für Handfunkgeräte verfügbar.

2.5 Bevorrechtigungen

Einzelnen Funkteilnehmern oder Gruppen können besondere Berechtigungen zugewiesen werden.

2.5.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Innerhalb einer Gruppe darf zu jedem Zeitpunkt nur ein Funkteilnehmer senden können [GAN02, 1.5.1]. Bevorrechtigungen für einzelne Teilnehmer müssen frei konfigurierbar sein [GAN02, 1.5.2].

Der für eine Gruppe zuständigen Leitstelle ist die bevorrechtigte Einsprache einzuräumen [ZPD00, 2.2.1.0.4]. In den einzelnen Verkehrsbeziehungen müssen Prioritäten vergeben werden können [ZPD00, 2.2.1.0.6].

2.5.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Nach [Vod02b, S. 24] kann nur ein Teilnehmer und zusätzlich bis zu 5 Dispatcher gleichzeitig in einen Gruppenruf einsprechen.

Tabelle 2.2: Die Prioritätsklassen im eMLPP

Priorität	Rufaufbauzeit	Verwendung	Rufunterbrechung	Bemerkung
A	Klasse 1	Betreiber	ja	höchste Priorität
B	Klasse 2	Betreiber	ja	
0	Klasse 2	Teilnehmer	ja	
1	Klasse 3	Teilnehmer	ja	Standard-Priorität
2	Klasse 3	Teilnehmer	nein	
3	Klasse 3	Teilnehmer	nein	
4	Klasse 3	Teilnehmer	nein	
				niedrigste Priorität

Die Prioritätenstrategie der ASCI-Zusatzfunktion eMLPP ist von dem im *Signalling System No. 7* (SS.7) verwendeten *Multi-Level Precedence and Preemption Service* (MLPP)-Schema [IT93] abgeleitet und wurde dementsprechend unter dem Namen *enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service* (eMLPP) in das GSM eingeführt. Während MLPP eine fünfstufige Priorität definiert, sind für das GSM sieben Prioritätsklassen vorgesehen, vgl. Tabelle 2.2. Die MLPP-Prioritäten 0–4 entsprechen dabei den eMLPP-Prioritäten 0–4.

Zusätzlich zu diesen fünf Klassen sind für das GSM-System zwei weitere Klassen A und B festgelegt worden, vgl. Tabelle 2.2. Sie sind ausschließlich netzinternen Vorgängen vorbehalten, z. B. zur Konfiguration der Gruppen- und Rundfunkrufe *Voice Group Call Service* (VGCS) und *Voice Broadcast Service* (VBS) [ETS00d, Sie00a].

Rufe mit Priorität A oder B können nur lokal innerhalb des Versorgungsbereiches eines MSC benutzt werden. Wird eine solche Priorität global verwendet bzw. ein GSM-Ruf über ein *Integrated Services Digital Network* (ISDN)-Netz geroutet, werden die Prioritätsklassen A und B der Priorität 0 zugeordnet.

Die einem Teilnehmer zugewiesene maximale Priorität wird mit dem Dienstanbieter bei Vertragsabschluss ausgehandelt und auf der SIM-Karte gespeichert.

Zu den insgesamt 7 Prioritätsstufen gibt es drei verschiedene Klassen von Rufaufbauzeiten, da das Ziel einer höheren Priorität eine kürzere Rufaufbauzeit ist, vgl. Tabelle 2.2. Die obersten 4 Prioritätsstufen (A, B, 0, 1) können andere Rufe niedrigerer Priorität verdrängen. Bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen finden die Prioritätsstufen keine Anwendung.

Die Verwendung von eMLPP bildet die Basis zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Verkehrskapazität aus dem öffentlichen Mobilfunk, vgl. Abschnitt 2.3. Da keine Verpflichtung oder Notwendigkeit besteht, öffentliche Notrufe zu priorisieren, besteht auch keine Gefahr, dass öffentliche Notrufe die BOS-Notrufe blockieren könnten.

2.5.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Die Vodafone D2 Plattform erlaubt über sog. *Connectivity Server* das systemweite Anbinden von Leitstellen, so dass Bevorrechtigungen jederzeit bei Bedarf von autorisierten Personen geändert werden können, vgl. Abschnitt 2.6. Alle BOS-Forderungen können also vollständig erfüllt werden.

2.6 Anbindung von Leitstellen

Leitstellen werden von speziellen BOS-Nutzern mit Führungs- und Lenkungenfunktionen (*Dispatcher*) zur Kommunikation mit den ihr zugeordneten Teilnehmern/Gruppen und zum operativ/taktischen Management eingesetzt.

2.6.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Die Anbindung von Leitstellen hat über systemweit einheitliche, offene Schnittstellen zu erfolgen [GAN02, 1.6.1].

Eine Anzeige von Störungen des Netzes in der Leitstelle und damit permanente Kenntnisse über die Verfügbarkeit des Netzes ist erforderlich.

Nachfolgende Punkte beziehen sich auf *Home Location Register* (HLR)-Funktionen, welche von der Leitstelle aus steuerbar sein sollten:

- Authentisierung von Teilnehmern, Schlüsselverwaltung, Aufbereitung und Löschung teilnehmerbezogener Daten,
- Verwaltung taktisch-operativer Adressen,
- Zuteilung und Festlegung von Berechtigungen für Dienste,
- Prioritätensteuerung,
- Fernparametrierung aller Geräte im basisstationsgestützten Bündelfunkbetrieb (*Trunked Mode Operation* (TMO) im Unterschied zum *Direct Mode Operation* (DMO)), insbesondere müssen Geräte unbrauchbar gemacht werden können,
- Einrichtung, Umgruppierung und Löschen von Gruppen,
- Festlegung des geographischen Versorgungsgebietes für Gruppen,
- Festlegung des geographischen Versorgungsgebietes für aktive und passive Alarmierung,
- Anzeige der Nichterreichbarkeit eines Teilnehmers,
- Verbindungen zu einzelnen Teilnehmern, unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit,
- Unterbindung von Einzelgesprächen von ihr zugeordneten Teilnehmern,
- vorrangige Sendeerlaubnis,
- gleichzeitiges Senden von Verbalinformationen an Gruppen- bzw. Einzelteilnehmer.

Die Leitstelle muss Datenverbindungen jeglicher Art unterstützen, z.B. Senden und Empfangen von Kurzdaten. Die Annahme, Anzeige und Auswertung von Statusmeldungen muss unterstützt werden. Die Leitstelle muss aktive und passive Geräte alarmieren können. Alle Gespräche, an denen die Leitstelle teilnimmt, müssen dokumentiert werden können.

Die dynamische Anbindung zusätzlicher, mobiler Leitstellen mit ausgewählten, bedarfsgerechten Funktionalitäten muss durch das Funknetz unterstützt werden [GAN02, 1.6.1].

2.6.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Viele der in [GAN02, 1.6] geforderten Funktionen sind in GSM/ASCI nicht standardisiert, sondern sind dem Entwickler überlassen. Die Leitstelle muss Funktionen des *Network Management* unterstützen und Berechtigung haben, Änderungen an den netzinternen Dateien zur Benutzerverwaltung wie HLR und *Group Call Register* (GCR) vorzunehmen. Damit diese Änderungen auch wirksam werden, ist es erforderlich, dass die Aktualisierung von auf der SIM-Karte gespeicherten Informationen, z. B. Gruppenzugehörigkeiten, Schlüsseln oder Prioritäten auch über die Luftschnittstelle erfolgen kann.

Für die Übertragung von Daten stehen der Leitstelle alle GSM-Datendienste zur Verfügung: SMS, kanalvermittelte GSM-Datendienste, *High-Speed Circuit Switched Data* (HSCSD) und GPRS.

2.6.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Mit dem sog. Connectivity-Server, vgl. Abbildung 2.5, fügt Vodafone eine logische Ebene zwischen den Leitstellen und den netzinternen Komponenten des Vodafone-D2-Netz ein [Dyg03]. Die Anbindung der Leitstellen erfolgt über standardisierte Schnittstellen wie G.703 und Ethernet.

Der Connectivity-Server ermöglicht den schreibenden und lesenden Zugriff auf die Datenbanken des Netzes wie HLR und GCR. Der *Service Management Point* (SMP) bildet die Schnittstelle für die Applikationen. Hier werden z. B. die geschlossenen Benutzergruppen des *Virtual Private Network* (VPN) eingerichtet bzw. administriert. Mit Hilfe des *Over The Air* (OTA)-Servers, den es im Vodafone-D2-Netz schon für Mobile-Payment-Anwendungen gibt, kann eine Aktualisierung der SIM-Karteninformation erfolgen. Und schlussendlich erfolgt über den Connectivity-Server die Anbindung des BOS-eigenen *SMS-Center* (SMS-C), so dass Kurznachrichten und Statusinformationen in großen Mengen gesendet und empfangen werden können. Der Connectivity-Server kann auch Informationen über den Netzzustand liefern und ermöglicht somit eine ständige Kontrolle und Überwachung des Netzes bzw. von Teilnetzen.

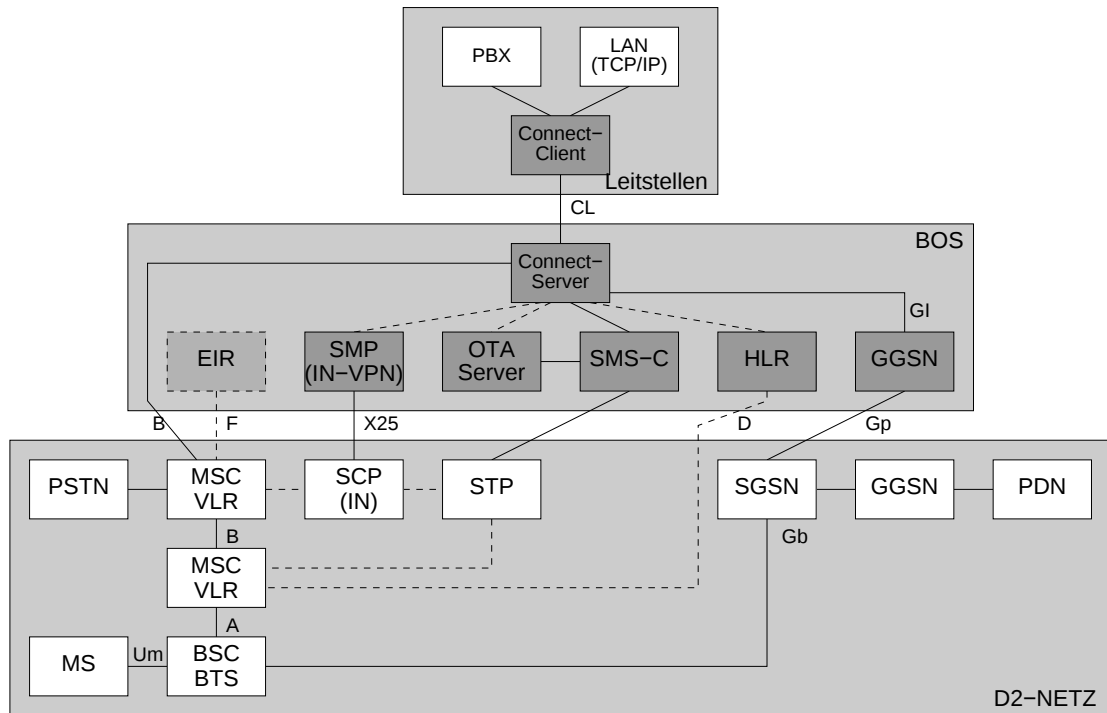
Verkehrsmessungen im TETRA Pilotnetz Aachen haben ergeben, dass pro Tag im Mittel 1629 und maximal 2549 Statusnachrichten versendet werden. Hauptnutzer des Statusversands im Aachener Pilotnetz sind die Gruppen der Polizei, die mit insgesamt 541 Endgeräten ausgerüstet sind. Im Mittel ist also pro Endgerät ein Verkehrsaufkommen von 3 Statusnachrichten pro Tag zu erwarten. Dieses Ergebnis deckt sich exakt mit den Annahmen von Vodafone zur Kostenkalkulation für Vielnutzer [Vod02a, S. 45].

2.7 Technische Sicherheit von Anlagen/Verfügbarkeit des Netzes

Die Bereitstellung der für das Digitalfunknetz der BOS geforderten Dienste und Leistungsmerkmale erfordert die Aufstellung technischer Anlagen, an die besondere Sicherheitsforderungen gestellt werden.

2.7.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

- Die Standorte der Funkanlagen müssen den Sicherheitsansprüchen der BOS gerecht werden [GAN02, 1.7.1]. In [ZPD00] wurde diese Anforderung dadurch präzisiert, dass die für die Ausführung der Anlagen die neuesten Bestimmungen (*Verband der*



A: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen BSC und MSC
 B: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen zwei MSC
 BTS: Base Transceiver Station (Funkfeststation)
 BSC: Base Station Controller (Feststationssteuerung)
 EIR: Equipment Identity Register (Endgerätedatei) [Option]
 F: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen EIR und MSC
 HLR: Home Location Register (Heimatdatei)
 MS: Mobile Station (mobiles Endgerät)
 MSC: Mobile Services Switching Center (Mobilvermittlungsstelle)
 OTA: Over the Air (Konfiguration von Endgeräten über die Funkschnittstelle)
 PSTN: Public Switched Telephony Network (öffentliches Telefonnetz)
 Um: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen Mobilstation und Basisstationsteuerung (Funkschnittstelle)

CL: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen Connectivity Server und Leitstelle
 D: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen MSC und HLR
 Gb: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen SGSN und BSC
 GGSN: Gateway GPRS Support Node
 Gi: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen GGSN und Connectivity Server
 Gp: Bezugspunkt der Schnittstelle zwischen SGSN und GGSN
 PDN: Public Data Network (öffentliches Datennetz)
 SCP: Service Control Point
 SGSN: Serving GPRS Support Node
 SMP: Service Management Point
 SMS-C: SMS Centre
 STP: Signalling Transfer Point
 VLR: Visitor Location Register (Besucherdatei)
 X25: Paketdatenübertragung nach ITU-T Empfehlung X.25

Abbildung 2.5: Architektur und Schnittstellen des BOS-Netzes. In dunkelgrau sind die Komponenten des Connectivity-Servers dargestellt.

Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE), Brandschutz und *Unfallverhütungsvorschrift* (UVV)) sowie *Deutsches Institut für Normung* (DIN)-Normen einzuhalten sind.

- Das BOS Netz soll im Jahresmittel in mehr als 99% der Zeit zur Verfügung stehen [GAN02, 1.7.2].

2.7.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale

Die jeweils gültigen Bestimmungen und Normen sind beim Aufbau des Vodafone D2 Netzes berücksichtigt worden bzw. werden bei Netzerweiterungen eingehalten.

Ein Rufaufbau kann nicht ohne Anbindung einer Funkzelle an ein MSC durchgeführt werden. Ein Ausfall des MSC hat deshalb den Ausfall aller angeschlossenen Funkzellen zur Folge. Die 165 Mobilvermittlungsstellen des Vodafone D2 Netzes sind besonders gegen einen Ausfall gesichert und erreichen daher im Jahresmittel deutlich bessere Werte als die geforderte Verfügbarkeit von 99% zeitbezogen. Vodafone garantiert auch höhere Werte als 99%.

2.8 Adressraum

Adressen dienen der Identifizierung und Unterscheidung rufender und gerufener Teilnehmer oder Gruppen bzw. der verwendeten Kommunikationsdienste.

2.8.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Die folgenden Adressierungsarten soll das Digitalfunknetz der BOS bereitstellen [GAN02, 1.8.1]: Einzeladresse, Gruppenadresse, Leitstellenadresse, Gateway-Adresse, Datenadresse.

2 Millionen Adressen sind bundesweit vorzusehen, wobei der Adressraum erweiterbar sein muss [GAN02, 1.8.2]. Die GAN schätzt den aktuellen Bedarf an Adressen auf weniger als 1 Million [GAN02, Anlage 3], wobei ungefähr 37000 Gruppenadressen benötigt werden. Bei Aufteilung des Adressraums auf Teilnetze müssen alle Dienste teilnetzübergreifend funktionieren [GAN02, 1.8.3].

2.8.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Der ASCI-Standard sieht eine Mindestanzahl von 50 Gruppennummern (*Group Identity*, *GID*) pro Teilnehmer vor [ETS02d]. Aufgrund der hohen Speicherkapazität heute verfügbarer SIM-Karten ist die tatsächlich erreichbare Zahl deutlich größer [Vod02a].

Abbildung 2.6 zeigt die bei GSM/ASCI zur Adressierung von Gruppen verwendete, insgesamt 8-stellige Gruppenrufreferenz (*Group Call Reference*). Diese besteht aus einer Nummer zur Identifikation des Gruppenbereichs (*Group Call Area Id*) und einer Gruppennummer (*Group Id*). Ein Gruppenbereich kann Zellen von mehr als einem MSC und auch von mehr als einem PLMN enthalten [ETS02b, S. 6]. Ein möglicher Aufbau der Gruppenrufreferenz wäre:

- z.B. 3-stellige *Group Call Area ID*: 1000 Regionen bundesweit
- z.B. 5-stellige *Group ID*: 100000 Gruppen pro Region

Wird ein Gruppenruf von einem Dispatcher aus aufgebaut, wird eine *Mobile Station ISDN Number* (MSISDN)-Adresse verwendet. Diese ergänzt die Gruppenrufreferenz um die 3-stellige Landesvorwahl (*Country Code*, CC), die nationale Netzzvorwahl (*National Destination Code*, NDC) und einen Präfix (1 bis 2 Ziffern), der anzeigt, dass es sich um eine Gruppenrufadresse handelt. Insgesamt ist die internationale Gruppenrufadresse maximal 15 Ziffern lang, so dass dem internationalen Nummerierungsschema entspricht [IT97]. Mit der Gruppenrufreferenz lässt sich der geforderte Adressraum für Gruppenadressen aufbauen.

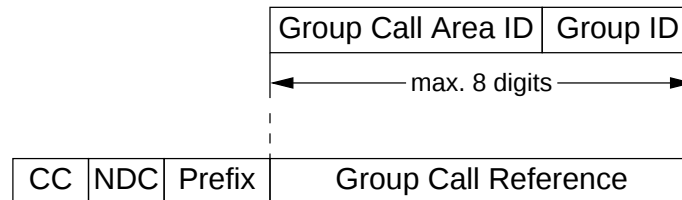


Abbildung 2.6: Zusammensetzung von Gruppenrufadressen

Leitstellenadressen sind entweder ISDN- oder MSISDN-Adressen, wenn es sich um mobile Dispatcher handelt. Einzeladressen mobiler Teilnehmer sind ebenfalls vom Typ MSISDN.

2.8.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Neben der Erfüllung der BOS-Forderungen ist erwähnenswert, dass die dynamische Änderung der Gruppenzugehörigkeit über die Luftschnittstelle von der berechtigten Leitstelle angeboten wird. Dazu werden Funktionen des GSM-SIM in Kombination mit dem SIM Application Toolkit und der gegenüber [ETS02c] neuartigen Zusatzfunktion *Over-the-Air Konfiguration der Gruppenzugehörigkeit* benutzt [Ott03].

2.9 Operativ-taktische Adressen

BOS-Funkteilnehmer haben einen Funkrufnamen, der eine taktische und organisatorische Identifizierung erlaubt und an die Leitstelle übertragen werden kann.

2.9.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Die operativ-taktische Adresse ist eine alphanumerische Adresse, die unabhängig von der individuellen Teilnehmeradresse ist und vom taktischen Systemmanagement festgelegt wird [Unt95, 2.1].

Die Forderungen der GAN zu operativ-taktischen Adressen umfassen:

- Zuordnung einer operativ-taktischen Adresse zu jedem Funkteilnehmer [GAN02, 1.9.1],
- Anzeige der operativ-taktischen Adresse im Klartext auf allen empfangenden Funkgeräten der jeweiligen Gruppe oder der Einzelteilnehmer in den Leitstellen [GAN02, 1.9.2],

- Länge des Klartextes: 24 Zeichen, netzinterne Darstellung der operativ-taktischen Adresse mit mindestens 17 Byte [GAN02, 1.9.3].

2.9.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Das Leistungsmerkmal *Calling Name Presentation* erfüllt exakt diese Forderung. Dazu kann zu jedem Teilnehmer ein Eintrag im HLR bzw. *Visitor Location Register* (VLR) hinzugefügt werden, der die operativ-taktische Adresse beinhaltet [3GP02]. Über den *Connectivity Server* haben die Leitstellen Zugriff auf diesen Eintrag, so dass die operativ-taktischen Adressen einsatzbezogen angepasst werden können. Dieser Eintrag wird bei jedem Sprecherwechsel innerhalb eines Gruppenrufs abgefragt und an die einzelnen Gruppenmitglieder über den *Notification Channel* (NCH) übertragen. Zur Zeit ist die Größe der operativ-taktischen Adresse auf 13 Byte begrenzt, wobei verschiedene Möglichkeiten zur Erweiterung geprüft werden [GW03].

3 Dienste

3.1 Gruppenkommunikation

Die Gruppenkommunikation ist die von den BOS am häufigsten genutzte Art der Kommunikation. Dabei wird eine Gruppe von Einsatzkräften typischerweise von einem Operator in einer Leitstelle geführt. Jedes Mitglied einer Gruppe kann nach Drücken einer Sprech taste (*Push-To-Talk*, PTT) in den Gruppenruf einsprechen oder aber nur zuhören.

3.1.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Die Anforderungen an die Gruppenkommunikation sind nach [GAN02, 2.1]:

- Jeder Funkteilnehmer muss bundesweit in einer oder mehreren Gruppen Mitglied sein, aber nur in einer aktiv werden können [GAN02, 2.1.1].
- Alle Mitglieder einer Gruppe müssen den sendenden Funkteilnehmer empfangen können, unabhängig von der Funkzelle, in der sie sich aufhalten [GAN02, 2.1.2].
- Der Aufbau einer Gruppenverbindung muss mit nur einem Tastendruck auf eine Sprech taste ausgelöst werden können [GAN02, 2.1.3].
- Der Verbindungsaufbau muss unabhängig vom Aufenthaltsort innerhalb von 500 ms abgeschlossen sein [GAN02, 2.1.4].
- Gruppenmitglieder sollen nachträglich innerhalb von 2 s in einen Gruppenruf aufgenommen werden können [GAN02, 2.1.5].

3.1.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Der Sprachgruppenruf wird von GSM/ASCI als *Voice Group Call Service* (VGCS) unterstützt, vgl. Abschnitt 5.2. Ein Teilnehmer kann in bis zu 50 Gruppen gleichzeitig Mitglied sein. Im Pilotversuch Aachen wurden pro BOS-Organisation maximal 32 Gruppen definiert, die sogar bei großen *Besondere Aufbau-Organisationen* (BAO), vgl. Abschnitt 2.3.2, nicht gleichzeitig zur Anwendung kommen. Die Mitgliedschaft eines Teilnehmers in bis zu 50 Gruppen stellt im praktischen Gebrauch also keine Beschränkung dar. Die zugehörigen GIDs sind auf der SIM-Karte gespeichert, vgl. Abschnitt 2.8. Sofern die GID im *Group Call Area* (GCA) definiert ist, kann das Endgerät an einer Kommunikation der zugehörigen Gruppe teilnehmen.

Endgeräte mit ASCI-Funktionalität verfügen über eine PTT-Taste, um dem Netz einen Sprechwunsch anzuzeigen. Muss die Verbindung erst eingerichtet werden, beträgt die Dauer typisch 1–3 s ohne *Authentication/Ciphering* [Vod02b, S. 15], [MGS00]. Wenn ein *Voice Group Call* (VGC) einmal eingerichtet ist, wird einem Nutzer, der sprechen möchte, unter normalen Bedingungen die Sprechberechtigung (und damit ein Uplink) innerhalb von 300 ms erteilt [ETS01c, S. 7].

In Abschnitt 5.2.3 wird die Benachrichtigung der Mobilstationen über laufende Gruppenverbindungen beschrieben. Da diese Benachrichtigung periodisch rundgesendet wird, können Mobilstationen mit entsprechender Gruppenzugehörigkeit auch nachträglich an einem Gruppenruf teilnehmen.

Es gibt nur einen von der GAN in [GAN02] genannten technischen Parameterwert, den eine Vodafone D2 Plattform zur Zeit scheinbar nicht vollständig erreicht: Die Dauer bis zur Einrichtung einer Verbindung für einen Gruppenruf beträgt, anstelle der für das Digitalfunknetz der BOS spezifizierten mittleren Dauer von 0,5 s, laut Messung für eine GSM/ASCI-Plattform in 95% aller Fälle <2 s beim Fast Call Set-up bzw. <2,5 s beim Normal Call Set-up, vgl. die umfangreichen Analysen in [MGS00].

Man muss sich verdeutlichen, dass die Neueinrichtung einer Verbindung für einen Gruppenruf ein selten auftretendes Ereignis ist, weil eine Gruppe nach Einrichtung der Verbindung über einen längeren Zeitraum aktiv ist, während dem bei GSM^{BOS} jedes Gruppenmitglied jederzeit (spätestens nach 0,5 s) sprechen kann.

Im Übrigen ist auch für Digitalfunknetze nach TETRA- bzw. TetraPOL Spezifikation in [Wal02] bzw. [Leh00] gezeigt worden, dass die Einrichtung einer neuen Verbindung für eine Gruppe bei hohem Nachrichtenverkehrsaufkommen, selbst wenn alle Gruppenmitglieder sich in derselben Zelle befinden, im Mittel 1–2 s und in 95 % aller Fälle bis zu 4,5 s dauert.

Der Gutachter geht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon aus, dass bei Ausdehnung der Gruppe über den Bereich einer Basisstations-Steuerung hinaus und erst recht bei Einbeziehung von mehr als einer Vermittlungsstelle des TETRA Festnetzes die Einrichtung einer Verbindung für den Gruppenruf im TETRA Netz auch bei geringem Verkehrsaufkommen ähnlich lange wie bei GSM^{BOS} dauern wird, so dass sich die Systeme diesbezüglich praktisch nicht unterscheiden. Diese Einschätzung für die Größe der Wartezeit auf die Einrichtung einer Gruppenverbindung wird aus dem operationellen Betrieb eines bestehenden großen TETRA Netzes bestätigt, wo „*something like 0,5–2,2 s on average and 95 % confidence limits is up to 5 s*“ beobachtet worden ist [Vir03].

Der einzige bei einer TETRA Lösung gegenüber GSM^{BOS} scheinbar günstigere Parameter (kurze Einrichtungsdauer von Gruppenverbindungen) erweist sich also bei genauerer Betrachtung als für eine Differenzierung der Systeme ungeeignet.

Im Übrigen muss man davon ausgehen, dass mit Einführung der BSI konformen Authentisierung der Gruppenteilnehmer die eben genannten Zahlenwerte für den Verbindungsaufbau eines Gruppenrufs um einige Sekunden verlängert werden, unabhängig von der benutzten Funktechnik, d. h. sowohl für TETRA als auch für GSM^{BOS} Netze.

3.1.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Die in [GAN02, Kap. 2.1] geforderte Verbindungsaufbauzeit für Gruppenrufe von unter 500 ms kann im VGCS nur eingehalten werden, wenn die Gruppenverbindung schon eingerichtet ist, sonst beträgt die Dauer zwischen 1 und 3 s. Um diese Dauer seltener auftreten zu lassen, kann Vodafone die Kanäle für häufig genutzte Gruppen permanent eingerichtet lassen bzw. mit langer *Hang-Time* betreiben, so dass häufig aktive Gruppen stets eine eingerichtete Verbindung vorfinden und die Wartezeit auf den Verbindungsaufbau entfällt.

In jedem Fall steht an 95,4% aller Orte in Deutschland das GSM^{BOS} Funknetz für Gruppenkommunikation bereit während bei einer GAN-konformen TETRA/TetraPOL-Lösung an vielen Orten überhaupt kein Funkempfang besteht, so dass Verbindungsaufbauversuche fehlschlagen, d. h. dass dort ein Verbindungsaufbau für eine Gruppe erst gelingt, wenn sich

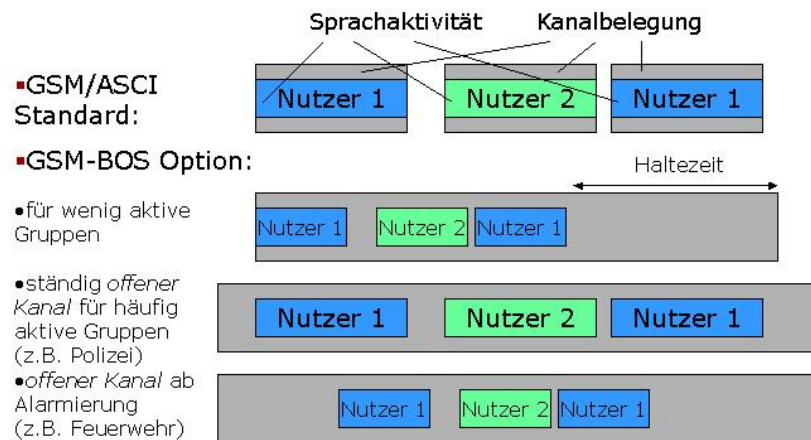


Abbildung 3.1: Belegung von Verkehrskanälen bei der Einrichtung eines Gruppenrufes

der rufende Teilnehmer in einen funkversorgten Bereich hineingewegt hat. Das kann im lt. [GAN02] spezifizierten Digitalfunknetz für BOS Minuten oder länger dauern.

Gruppenzugehörigkeiten der Teilnehmer können dynamisch von der Leitstelle aus über den OTA-Server geändert werden [Ott03]. Dabei wird über die Luftschnittstelle eine Veränderung der auf der SIM-Karte gespeicherten Daten veranlasst.

3.2 Einzelkommunikation

Einzelkommunikation bezeichnet die Punkt-zu-Punkt-Verbindung zweier Teilnehmer. Dabei können Verbindungen zwischen zwei mobilen Teilnehmern und zwischen einem mobilen Teilnehmer und einem Teilnehmer in einem fremden Digitalfunknetz oder Festnetz unterschieden werden.

3.2.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Einzelkommunikation zwischen zwei Funkteilnehmern soll semi-duplex möglich sein [GAN02, 2.2].

Einzelkommunikation zwischen einem Funkteilnehmer und einem Teilnehmer im öffentlichen Netz soll voll-duplex erfolgen können [GAN02, 2.2].

3.2.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale

Im GSM ist Einzelkommunikation generell voll-duplex, sowohl zwischen GSM-Funkteilnehmern als auch mit Teilnehmern der öffentlichen Festnetze.

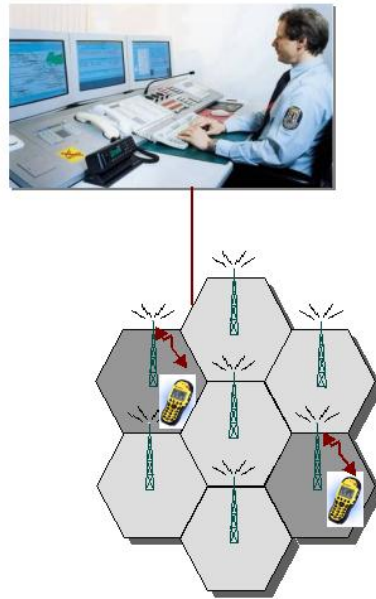


Abbildung 3.2: Beispiel für Gruppenkommunikation mit zwei mobilen Teilnehmern und einer Leitstelle

3.3 Notruf

Notrufe von mobilen Teilnehmern werden eingesetzt, um neben der Kommunikation zwischen Leitstelle und den übrigen Gruppenmitgliedern schnell eine kritische Situation anzeigen zu können.

3.3.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Ein Notruf ist erforderlich [GAN02, 2.3.1].

Ein Notruf muss den Gruppenmitgliedern innerhalb von 500 ms optisch und akustisch angezeigt werden. Die operativ-taktische Adresse muss an allen empfangenden Endgeräten angezeigt werden [GAN02, 2.3.2].

Eine Sprachverbindung muss über eine Freisprechfunktion automatisch aufgebaut werden [GAN02, 2.3.3].

Die optische und akustische Anzeige des Notrufs in der Leitstelle erfolgt bis zur manuellen Bestätigung [GAN02, 2.3.4].

Nur die Leitstelle oder ein besonders dazu berechtigtes Endgerät dürfen den Notrufzustand beenden können [GAN02, 2.3.5].

3.3.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Der Notruf eines Gruppenmitglieds erzeugt für seine Gruppe einen von GSM-ASCI schon vorgesehenen Notrufzustand. Dieser Notrufzustand kann nur von der Leitstelle oder einem

besonders berechtigten Endgerät bzw. dem Auslöser des Notrufzustandes beendet werden. Der Notrufzustand wird allen Endgeräten der zugehörigen Gruppe signalisiert.

Die Verbindungsaufbauzeit des Notrufes beträgt wie bei den Standardgruppenrufen mindestens 1 s [Vod02b, S. 15].

Zusätzlich kann die Position einer Mobilstation, die einen Notruf absendet, mit Hilfe des Dienstes *Location Services* (LCS) bestimmt werden [ETS01a, ETS02a, ETS00f]. Der LCS benutzt einen oder mehrere Mechanismen zur Positionsbestimmung der Mobilstation. Die Positionsbestimmung erfordert zwei Schritte: eine Signalmessung und die anschließende Berechnung der Position aus dieser Messung.

Es sind drei verschiedene Mechanismen zur Positionsbestimmung vorgesehen:

- A. ***Time of Arrival (TOA)***: Diese Methode misst die Laufzeit eines bekannten, von der Mobilstation ausgesendeten Signals, welches an drei oder mehr Empfängern verschiedener Basisstationen empfangen werden muss. Das bekannte Signal ist der *Access Burst*, dessen Ausstrahlung durch Auslösen eines asynchronen Handovers bei der Mobilstation veranlasst wird. Da die geographischen Positionen der Basisstations-Empfänger bekannt sind, kann die Position der Mobilstation mit Hilfe hyperbolischer Funktionen berechnet werden. Diese Methode erfordert keine Veränderung der GSM-Mobilstationen.
- B. ***Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)***: Diese Methode basiert auf Messungen in der *Mobilstation* (MS). Diese misst dazu die Zeitdifferenz beim Empfang von *Synchronization*, *Normal* und *Dummy Burst* benachbarter Basisstationen (*Base Transceiver Station*, BTS). Die Positionsbestimmung bei diesem Verfahren kann entweder in der MS oder im Netz erfolgen.
- C. ***Global Positioning System (GPS)***: Mit der fortschreitenden Integration von GPS-Empfängern wird der Einsatz in Mobilfunkgeräten immer einfacher und billiger möglich. Es ist zu erwarten, dass diese Methode der satellitengestützten Positionsbestimmung im GSM Einzug halten wird. Ab 2008 steht dafür bei Bedarf das im Aufbau befindliche europäische System GALILEO zur Verfügung.

Im GSM^{BOS} Netz gibt es sehr viele Standorte von BTS mit z. T. sehr kleinen Zellradien, wodurch die Ortungsgenauigkeit durch die Verfahren TOA und E-OTD innerhalb und außerhalb von Gebäuden viel genauer ist als mit dem großzelligen in [GAN02] spezifizierten Digitalfunknetz möglich. Das GPS Verfahren funktioniert nur außerhalb von Gebäuden.

3.3.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add-ons

Es wird eine Gruppe definiert (z. B. 112), der alle Teilnehmer im Normalfall angehören und an der alle teilnehmen sollen, falls keine anderen Aktivitäten notwendig sind [GW03]. Für jede Leitstelle werden alle Zellen im Einflussbereich dieser Leitstelle als Notrufbereich definiert. Zu diesem Notrufbereich und dieser -Gruppe wird die entsprechende VGC-Reference *Notrufbereich-112* definiert.

In der Notruf Uplink-Anforderung *Uplink_Access* wird ein Parameter *Priority* vorgesehen. Wenn ein *Uplink_Request* mit *Priority* im MSC eintrifft, wird ein *Uplink_Reject* zu dem *Base Station Controller* (BSC) geschickt, der den Uplink zur Zeit belegt. Dieses BSC unterbricht die den Uplink zur Zeit nutzende MS mit einem *Uplink_Release*.

Eine Uplink-Anforderung mit Notrufpriorität kann nur von der Leitstelle beendet werden. Der Ablauf ist entsprechend einer Uplink-Anforderung mit höherer Priorität als ein Notruf von einem Teilnehmer.

Die Reihenfolge der Prioritäten ergibt sich wie folgt:

- 1.) Notruf-Beendigung durch die Leitstelle,
- 2.) Notruf-Uplink-Anforderung durch Teilnehmer,
- 3.) Uplink-Anforderung durch Leitstelle,
- 4.) normale Uplink-Anforderung.

3.4 Verschlüsselung

Das *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik* (BSI) spezifiziert zur Zeit in Zusammenarbeit mit T-Systems für den Digitalfunk der BOS für die Technologien TETRA, TETRAPOL, GSM/ASCI die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung. Das ausgewählte Verschlüsselungsverfahren ist symmetrisch und benutzt in dem Mobilgeräten gespeicherte Schlüssel, wobei ein Stromverschlüsselungsverfahren zum Einsatz kommt. Deshalb sind von der kryptografischen Verschlüsselung keine Auswirkungen auf die Verbindungsaufbauzeiten zu erwarten. Der Aufbau einer Gruppenverbindung setzt die Authentisierung des rufenden Teilnehmers (und des gerufenen Netzes) voraus. Für diese Funktion muss mit einer Verzögerung von wenigen Sekunden gerechnet werden, die jedem Aufbau einer Gruppen- (und Einzel-) Verbindung vorausgeht.

3.4.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Sprache und Daten sind permanent zu verschlüsseln ebenso wie sicherheitskritische Teile der Organisationsinformationen [GAN02, 2.4.1].

Ende-zu-Ende-Verschlüsselung gemäß Verschlüsselungskonzept des BSI ist vorzusehen [GAN02, 2.4.2].

Klarbetrieb muss möglich und bis zum Endteilnehmer erkennbar sein. Im verschlüsselten Betrieb müssen auch unverschlüsselte Übertragungen empfangen werden können [GAN02, 2.4.3].

3.4.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Standardmäßig erfolgt die Verschlüsselung über den der Gruppen-ID zugeordneten Schlüssel [ETS02d, S. 14]. Die entsprechenden Schlüssel sind auf der SIM-Karte gespeichert. Grundsätzlich sind die Schlüssel über das *SIM Application Toolkit* änderbar. Die Schlüssel werden in der Leitstelle verwaltet. Das Funkmedium dient nur als Transportmedium.

Mithörende Teilnehmer einer Gruppenverbindung werden gegenüber dem Netz nicht authentisiert. Es werden nur Teilnehmer authentisiert, die die Einrichtung einer neuen Gruppenverbindung initiieren [ETS02d]. Zum Mithören ist allerdings eine gültige GID nötig, welche im Missbrauchsfall eine gefälschte SIM-Karte mit dem richtigen Schlüssel erforderlich machen würde. Die Fälschung von SIM-Karten ist bisher noch nicht nachgewiesen.

3.4.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone Add-ons

Schlüssel können durch die OTA Funktion auf SIM Karten berechtigter Teilnehmer geschrieben werden, wodurch das aufwändige Präparieren der Geräte „von Hand“ ganz oder teilweise entfallen kann.

3.5 Datenübertragung

3.5.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Eine gesicherte, leistungsfähige und kontinuierliche Datenübertragung muss gewährleistet werden. Neben einer kontinuierlichen Datenübertragung von z. B. Telemetriedaten oder Standortdaten (*Global Positioning System*, GPS) muss auch eine Übertragung kurzer Datentelegramme möglich sein, z. B. Datenbankabfragen zu Autokennzeichen, Eigennamen oder Gefahrstoffen [GAN02, 2.5.1].

Eine voll-duplex Datenübertragung mit einer Nutzbitrate von mindestens 4,8 kbit/s (niedrige Fehlerkorrektur) muss dabei mindestens möglich sein. Eine Erhöhung der Datenrate des Funksystems für zukünftige Anwendungen muss möglich sein [GAN02, 2.5.1].

Sprachübertragungen dürfen durch Datenübertragungen nicht beeinträchtigt werden [GAN02, 2.5.1].

3.5.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale GSM/ASCI

Für die Übertragung von Kurzdaten wird in GSM/ASCI der SMS-Dienst benutzt werden. Die wie bei TETRA transparente Datenübertragung erfolgt über den Signalisierkanal *Slow Dedicated Control Channel* (SDCCH) bzw. in den Sprachpausen über den Verkehrskanal. Datenübertragung per SMS während einer laufenden Sprachverbindung wird nicht unterstützt, ist aber auch nicht gefordert.

GSM stellt kanalvermittelte nichttransparente Datenübertragung mit Hilfe des *Radio Link Protocol* (RLP) mit einer maximalen Bitrate von 9,6 kbit/s (niedrige Fehlerkorrektur) zur Verfügung. Der Dienst *High-Speed Circuit Switched Data* (HSCSD) bündelt bis zu 8 Zeitschlitz, um hohe Übertragungsraten von bis zu 8·14,4 kbit/s=115,2 kbit/s zu realisieren.

3.5.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Mit Hilfe des *General Packet Radio Service* (GPRS) stellt GSM einen paketorientierten Datendienst mit bis zu 53,6 kbit/s zur Verfügung. GPRS bietet eine Unterstützung von Dienstgüte (*Quality of Service*, QoS), indem Dienstprofile für die Dienstgüteparameter QoS-Klasse und Durchsatz angeboten werden. GPRS ermöglicht die parallele Nutzung kanalvermittelter Dienste wie Sprache bei Benutzung sog. Class A Terminals.

Höherbitratige Datendienste müssen in TETRA erst entwickelt werden, es gibt noch keine Produkte auf dem Markt. Das Netz müsste also später aufwändig und teuer nachgerüstet und neue Endgeräte angeschafft werden. Die Standardisierung schlägt mit TETRA Release 2 [ETS01e] den paketorientierten Datendienst TAPS vor [ETS01f, ETS01d]. TAPS ist faktisch eine Anpassung des aus dem GSM bekannten GPRS an die Funkschnittstelle von TETRA. Man müsste also das TETRA-Netz später mit wahrscheinlich hohen Kosten

aufrüsten, um Möglichkeiten der Datenübertragung zu erhalten, über die das Vodafone-Netz schon heute verfügt.

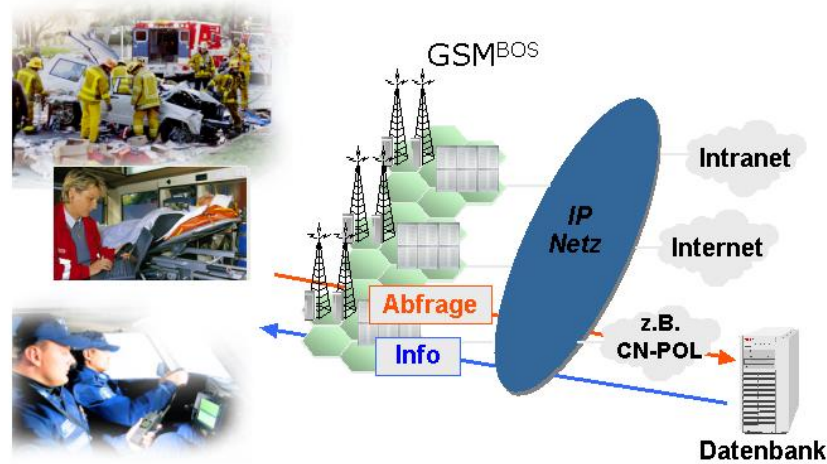


Abbildung 3.3: Beispiel für Datenübertragung bei GSM^{BOS}

3.6 Alarmierung

Die Alarmierung wird vor allem von den nichtpolizeilichen BOS wie z.B. der Feuerwehr genutzt, um Einsatzkräfte zu alarmieren oder Sirenen auszulösen.

3.6.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Das zu errichtende Digitalfunknetz muss sowohl passive als auch aktive Alarmierung unterstützen. Aktive Alarmierung meint hier Endgeräte mit der Möglichkeit der Bestätigung der eingehenden Alarmierung [GAN02, 2.6.1].

Die Entscheidung über den erforderlichen Netzausbau und ob aktive und/oder passive Alarmierung verwendet wird, wird vom jeweiligen Bundesland bzw. von der jeweiligen BOS festgelegt [GAN02, 2.6.2].

Konkrete Eigenschaften der geforderten Alarmierung [GAN02, 2.6.3]:

- Alarmierung von Gruppen und einzelnen Teilnehmern.
- Im Bereich einer Leitstelle müssen 200 Gruppen zu je 10 Meldeempfängern innerhalb von 15 Minuten alarmiert werden können. Die Geschwindigkeit muss unabhängig von der Höhe des Sprach- und Datenverkehrs sein.
- Der Alarmierungstext muss bis zu 256 Zeichen beinhalten können.

- Die Leitstelle muss festlegen können, in welchem geografischen Gebiet alarmiert werden soll.
- Der technische Empfang der Alarmierung ist vom Endgerät automatisch zu quittieren.
- Manuelle Rückmeldungen zu den Alarmierungen müssen möglich sein.
- Die Sendefunktion muss abgeschaltet werden können.

3.6.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Aufgaben der Alarmierung können in GSM grundsätzlich durch den *Short Message Service* (SMS) übernommen werden. Einschränkend beträgt die maximale Länge einer SMS 160 Zeichen, so dass längere Alarmierungsnachrichten zwei SMS in Folge benötigen. Dies ist technisch kein Problem sondern in den öffentlichen GSM Netzen schon eingeführt und in Benutzung.

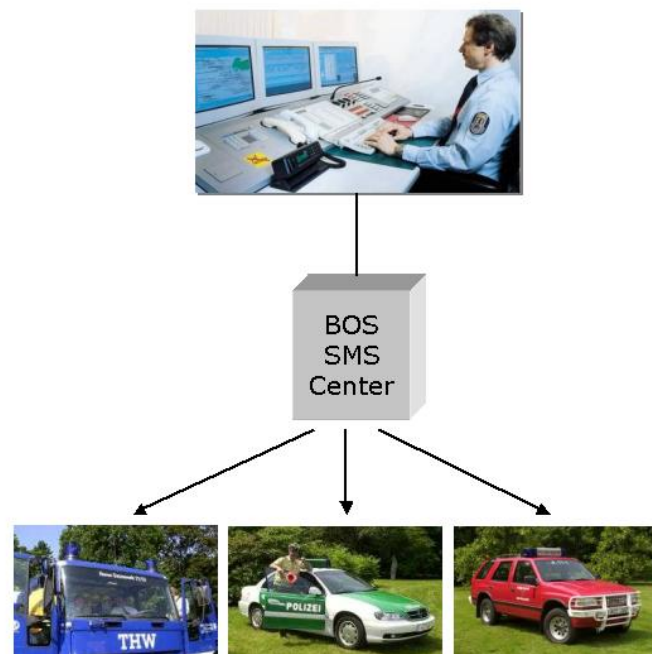


Abbildung 3.4: Alarmierung bei GSM^{BOS}

SMS adressieren Einzelteilnehmer und werden automatisch quittiert. Eine manuelle Rückmeldung durch die Übertragung vorgefertigter Nachrichten und Antworten zur Bestätigung ist in öffentlichen GSM Netzen bereits realisiert.

3.6.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Die Einrichtung eines eigenen SMS-C für die BOS macht die Alarmierungszeiten unabhängig vom Verkehrsaufkommen in den öffentlichen Netzen. Die Erfahrungen mit der Deicha-

alarmierung zeigen, dass mittels SMS große Teilnehmermengen in kürzester Zeit alarmiert werden können.

Die passive Alarmierung ist mit dem reinen SMS-Dienst nicht möglich, da das Endgerät den Empfang beim Netz bestätigt. Vodafone zieht deshalb die Möglichkeit in Betracht, bei speziellen Endgeräten z. B. für den Einsatz in Krankenhäusern, die Sendefunktion zu deaktivieren.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Nutzung des *Cell Broadcast Service* (CBS)-Dienstes [ETSS00h], der unbestätigte Rundsendenachrichten in einer zuvor definierten geografischen Region ausstrahlt. Eine CBS-Nachricht kann aus bis zu 93 Zeichen bestehen, wobei bis zu 15 Nachrichten zu einer größeren Nachricht verkettet werden können. Der Empfang erfolgt passiv und ohne Bestätigung, die Auswahl der zu empfangenden CBS-Kanäle erfolgt am Endgerät.

4 Übergänge zu anderen Netzen

4.1 Übergänge in andere Funknetze gleicher Systemtechnik

Der Kommunikationsbedarf der deutschen BOS ist nicht nur auf die Kommunikation zwischen Leitstelle und Funkteilnehmern und nicht nur auf das Gebiet der BRD begrenzt, sondern erstreckt sich auch auf Teilnehmer in anderen Kommunikationsnetzen und Teilnehmer in anderen Staaten. In diesem Abschnitt werden in einem ersten Schritt Übergänge zu Funknetzen gleicher Systemtechnik betrachtet, da diese in der Regel eine größere Menge Leistungsmerkmale netzübergreifend realisieren können.

4.1.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Alle BOS sollen prinzipiell in der Lage sein, bundesweit an allen Verkehrskreisen teilzunehmen. Aus Sicherheitsgründen soll der freie Zugang zu fremden Verkehrskreisen verhindert werden. Die Zugehörigkeit zu den Verkehrskreisen soll durch Programmierung der Endgeräte und durch Fernprogrammierung durch eine Leitstelle über die Funkschnittstelle vorgenommen werden können [GAN02, 3.1.1].

Die Forderung [GAN02, 2.2], vgl. Abschnitt 3.2, beinhaltet bereits eine weitere Forderung, die Übergänge in andere Netze betrifft, da die Einzelkommunikation von Funkteilnehmern mit Teilnehmern im öffentlichen Netz im Gegensprechen möglich sein muss.

Bei gleicher Technik auf beiden Seiten der Staatsgrenze sollen folgende minimale Leistungsmerkmale bei der Verknüpfung von Netzen erfüllt werden [GAN02, 3.1.2]:

- Verbindung der Leitstelle zu eigenen Kräften im fremden Land,
- Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen Endgeräten auf beiden Seiten der Grenze,
- Austausch von Kurzdaten in beide Richtungen,
- Gruppenkommunikation von Kräften innerhalb des fremden Landes,
- Gruppenkommunikation von eigenen Kräften mit fremden Kräften im fremden Land,
- Verbindung von Kräften im fremden Land zur fremden Leitstelle,
- Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen eigenen und fremden Kräften im fremden Land,
- Austausch von Kurzdaten zwischen eigenen Kräften zu fremden Endgeräten,
- Notruf von eigenen Kräften im fremden Land zu eigenen Kräften dort oder zur fremden Leitstelle.

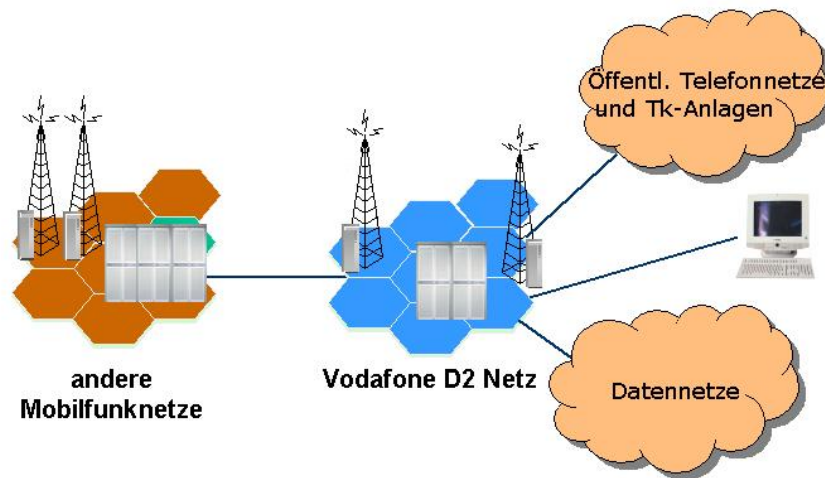


Abbildung 4.1: Beispiele für Übergänge zu anderen Netzen

4.1.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

GSM-Netze können mit jedem anderen Funknetz und Festnetz inter-operieren. Für GSM-Netze ist es der Normalfall, dass die gleiche Technik auf beiden Seiten der Staatsgrenze eingesetzt wird. Daher können alle BOS-Forderungen erfüllt werden.

Jederzeit sind der Austausch von Kurzdaten und Punkt-zu-Punkt GSM-Rufe von Funkteilnehmern zu in- oder ausländischen Leitstellen oder zu in- oder ausländischen Funkteilnehmern und umgekehrt voll-duplex möglich. Sofern im ausländischen GSM-Netz die ASCI-Zusatzfunktionen verfügbar sind, es sich also um Netze gleicher Systemtechnik handelt, sind alle Gruppenrufforderungen erfüllbar.

4.1.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Die Berechtigung zur Kommunikation eines GSM^{BOS} Teilnehmers mit Teilnehmern eines anderen Funknetzes wird durch die Vodafone D2 Plattform dynamisch von einer Leitstelle vergeben, vgl. Abschnitt 2.6.

Die von Vodafone vorgesehenen Endgeräte für die GSM/BOS-Lösung beinhalten um ASCI-Zusatzfunktionen und den vollständigen TETRA-Protokollstapel erweiterte GSM-Endgeräte [Vod02a]. Dadurch sind diese Endgeräte wie TETRA-Endgeräte auch in der Lage im Direktmodus ohne Nutzung der GSM-Infrastruktur zu kommunizieren. Da damit auch die Protokolle für den TETRA *Trunked Mode Operation* (TMO) zur Verfügung stehen, ist es auch denkbar, dass BOS-Nutzer im Ausland verfügbare TETRA-Netze nutzen.

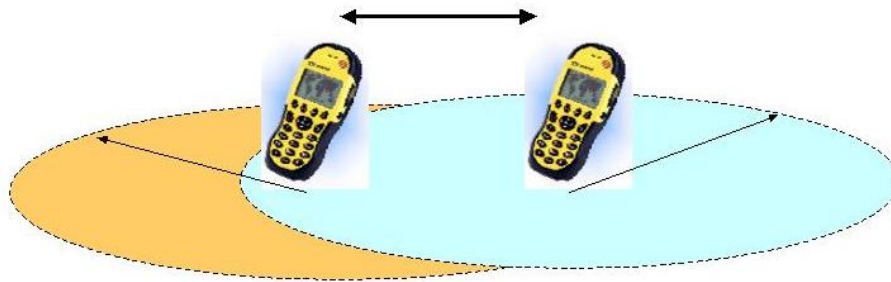


Abbildung 4.2: TETRA Direktmodus

4.2 Übergänge in andere Funknetze unterschiedlicher Systemtechnik

Bei Übergängen zu anderen Funknetzen unterschiedlicher Systemtechnik ist in der Regel nur ein reduziertes Dienstespektrum möglich.

4.2.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Der Übergang zu Funknetzen unterschiedlicher Systemtechnik innerhalb der BRD ist in einem bundesweit einheitlichen Digitalfunksystem nicht relevant [GAN02, 3.2.1]. Innerhalb Europas soll durch Telefonrufe ein Übergang in andere Funknetze möglich sein [GAN02, 3.2.2].

4.2.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Bei unterschiedlicher Systemtechnik auf beiden Seiten der Staatsgrenzen kann die BOS-Forderung erfüllt werden.

4.2.3 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch Vodafone-Add-ons

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt 4.1 erläutert, ist es denkbar, dass BOS-Nutzer im Ausland verfügbare TETRA-Netze nutzen.

4.3 Übergänge zu öffentlichen Telefonnetzen und zu TK-Anlagen über GMSC

Damit BOS-Funknutzer Teilnehmer in öffentlichen oder privaten Telefonnetzen erreichen können, sind entsprechende Übergänge notwendig.

4.3.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Folgende Verbindungsmöglichkeiten sollen unterstützt werden [GAN02, 3.3]:

- Handvermittlung durch die Leitstelle,
- Einwahl von Funkteilnehmern in öffentliche Telefonnetze und zu TK-Anlagen,

- Anwahl von Funkteilnehmern aus öffentlichen Telefonnetzen und von TK-Analagen,
- Konferenzschaltung von mindestens drei Teilnehmern unter Einschluss mindestens eines Drahtteilnehmers,
- Hinzuziehen eines Drahtteilnehmers zu einem Punkt-zu-Punkt Funkgespräch,
- Einschluss eines Telefonteilnehmers in ein Gruppengespräch,
- Abrechnungssystem zur nutzungsabhängigen Zuordnung von Kosten.

Die Punkt-zu-Punkt Verbindungen sollen voll-duplex sein.

4.3.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Zum Einschluss eines Telefonteilnehmers in ein Gruppengespräch ist eine Sprachsteuerung notwendig, die aus der Sprachaktivität Signale zur Steuerung der Einsprechberechtigung erzeugt. Die Lösung entspricht der bei Bündelfunksystemen eingesetzten Zusammenschaltung von Telefonteilnehmern zu Gruppengesprächen. Alle geforderten Leistungsmerkmale, insbesondere die Konferenzschaltung und das Abrechnungssystem, sind bereits heute verfügbar.

4.4 Verknüpfung mit Datennetzen über GMSC

Um neuartige Datenanwendungen wie Datenbankabfragen realisieren zu können, ist auch die Verknüpfung mit Datennetzen erforderlich.

4.4.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Datenverkehr zwischen Funk- und Datennetzen soll möglich sein [GAN02, 3.4].

4.4.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Alle geforderten Funktionen werden schon heute übererfüllt, vgl. Abschnitt 3.5.

4.5 Verknüpfung des analogen mit dem zukünftigen digitalen System über GMSC

Während der Einführung des Digitalfunks für BOS werden das analoge und das digitale Funknetz gleichzeitig betrieben werden. Zur Realisierung der gewünschten Verkehrsbeziehungen ist daher eine Verknüpfung dieser beide Funkssysteme notwendig.

4.5.1 Kurzbeschreibung der geforderten Leistungsmerkmale

Während der Migrationsphase soll Gruppenkommunikation zwischen analogen und dem digitalen Funknetz möglich sein. Der Einsatzleitreechner muss während dieser Zeit Informationen aus beiden Funknetzen auswerten können [GAN02, 3.5].

4.5.2 Erfüllung der geforderten Leistungsmerkmale durch GSM/ASCI

Mit Hilfe einer Sprachsteuerung werden die Teilnehmer des Analogfunks in den Digitalfunk integriert. Der *Connectivity Server* stellt eine einheitliche Schnittstelle zur Verfügung, vgl. Abschnitt 2.6, über die die Informationen aus dem Funknetz ausgelesen werden können.

5 ASCI – erweiterte GSM-Sprachdienste

Seit 1994 werden auf Betreiben der internationalen Eisenbahnvereinigung (*Union Internationale des Chemins de fer*, UIC) unter der Bezeichnung *Advanced Speech Call Items* (ASCI) Gruppen- und Rundfunkdienste mit schnellem Verbindungsaufbau und Prioritätensteuerung in der Liste der GSM Phase 2+ Arbeitspunkte geführt und bearbeitet.

Zur Zeit werden allein in Deutschland im Bereich der Deutschen Bahn acht verschiedene nicht kompatible Funksysteme verwendet. Entsprechend heterogen ist die Situation europaweit. Die nationalen Triebwagen benötigen für den nationalen und internationalen Zugverkehr verschiedene Kommunikationssysteme. Daher wird unter Federführung der UIC die Entwicklung eines einheitlichen europäischen Betriebsfunksystems (*European Train Control System*, ETCS) vorangetrieben. Obwohl der GSM-Funkkanal nur für eine maximale Terminalgeschwindigkeit von 250 km/h spezifiziert ist, haben Feldversuche gezeigt, daß auch bei Geschwindigkeiten von 300 km/h nicht mit nennenswerten Einschränkungen zu rechnen ist. Bei der Deutschen Bahn AG wurde der Betriebsfunk unter der Bezeichnung *diensteintegrierender Bahnmobilfunk* (DIBMOF) entwickelt. Die neue Kommunikationsplattform wird unter dem Namen GSM-Rail geführt. Die Frequenzen des GSM-Rail-Netzes liegen neben dem GSM-Erweiterungsband.

Um den Anforderungen des UIC-Betriebsfunks zu genügen, müssen Gruppen- und Rundfunkrufe mit schnellem Verbindungsaufbau in das GSM integriert werden. Ergänzt werden diese beiden Dienste durch eine aus dem ISDN abgeleitete Prioritätensteuerung. Die Standardentwürfe der *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) umfassen dementsprechend die Spezifikationen von:

- *Voice Broadcast Service* (VBS) [ETS02b, ETS02c].
- *Voice Group Call Service* (VGCS) [ETS01c, ETS02d],
- *enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service* (eMLPP) [ETS00c, ETS00d],

5.1 Voice Broadcast Service

Der Sprachrundfunkdienst *Voice Broadcast Service* (VBS) ermöglicht Teilnehmern des Mobilfunk- und des Festnetzes eine Nachricht an mehrere sog. *Zuhörer* zu senden. Abbildung 5.1 verdeutlicht das logische Dienstkonzept.

Wird ein Rundfunkruf von einer Mobilstation initiiert, vgl. Abbildung 5.2, wird die Identität der entsprechenden Zelle und die angeforderte Gruppenidentität zum Gruppenrufregister (*Group Call Register*, GCR) der zugehörigen MSC weitergeleitet.

Bei einem aus dem Festnetz initiierten Ruf wird die entsprechende Teilnehmer- und angeforderte Gruppenidentität zum GCR übertragen. Das GCR sendet daraufhin eine Liste der Zellen zurück, in denen der Ruf gemäß der Gruppenzusammensetzung und dem Aufenthaltsort der Gruppenmitglieder ausgestrahlt werden soll. Das verantwortliche MSC leitet die Liste zu den betreffenden MSCs weiter. Diese instruieren die zugehörigen BSCs,

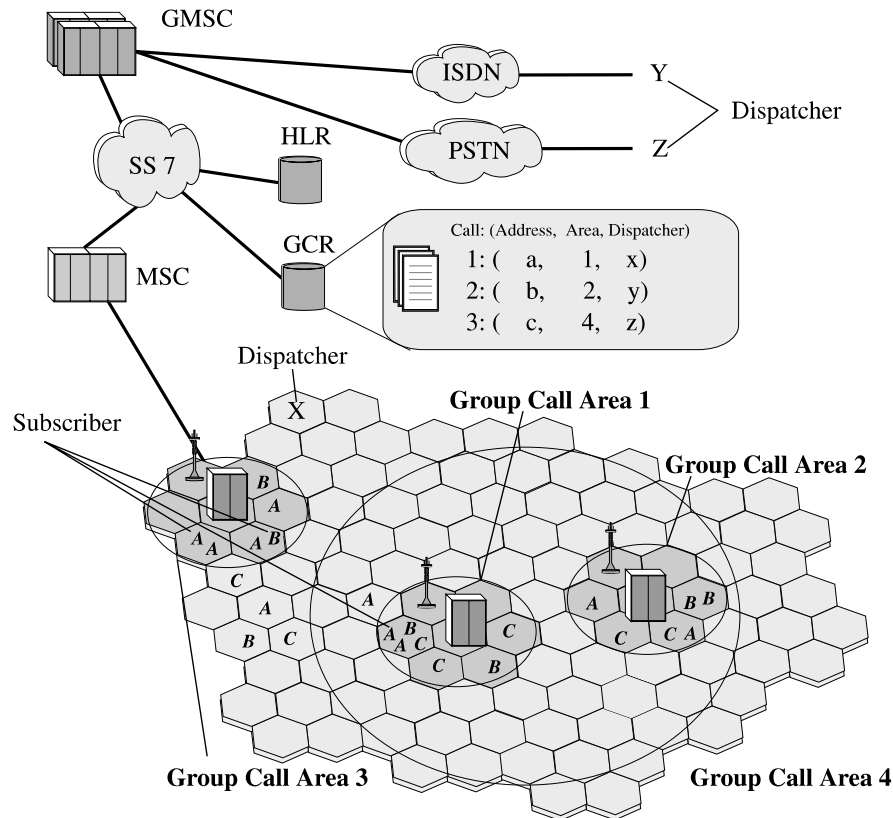


Abbildung 5.1: Logisches Konzept der erweiterten Sprachdienste

einen Rundfunkkanal in jeder betroffenen Zelle einzurichten und auf einem neu definierten Signalisierkanal eine Rufbenachrichtigung (*Notification*) auszusenden. Dieser Vorgang wird im Gegensatz zum herkömmlichen GSM Sprachgebrauch nicht als Funkruf (*Paging*) bezeichnet, da die Mobilstationen nicht explizit angesprochen werden und auf die Rufbenachrichtigung nicht antworten. In der entsprechenden GSM-Empfehlung 08.58 [ETSO0a] wurden die GSM-Steuerkanäle um diesen *Notification Channel* (NCH) erweitert.

Die Benachrichtigung wird in periodischen Abständen ausgesendet, bis der Ruf beendet worden ist. Mobilstationen, die die Rufbenachrichtigung erhalten, wechseln auf den angegebenen Rundfunkkanal und hören den entsprechenden Downlink ab. Der Rufinitiator verweilt während des Rufes auf seinem dedizierten Kanal und beendet den Ruf, nachdem er seine Nachricht übermittelt hat.

Dementsprechend kann ein Rundfunkruf wie eine herkömmliche GSM Punkt-zu-Punkt-Verbindung aufgebaut und verwaltet werden, sieht man von der zusätzlichen Signalisierung zur Weiterleitung ab. Das bedeutet, daß im Falle eines anstehenden Zellwechsels keine zusätzlichen Handoverprozeduren nötig sind.

Dies gilt nicht für die am Rundfunkruf teilnehmenden Mobilstationen, für die jedoch die sog. *Idle Mode Cell Reselection*-Algorithmen verwendet werden können.

Damit gewährleistet werden kann, daß eine Mobilstation nicht in eine Zelle wechselt, in der der Rundfunkruf nicht ausgestrahlt wird, wird sie nicht in die entsprechende Liste aufgenommen. Der Signalisierungsaufwand wird dadurch minimiert, daß den Stationen lediglich

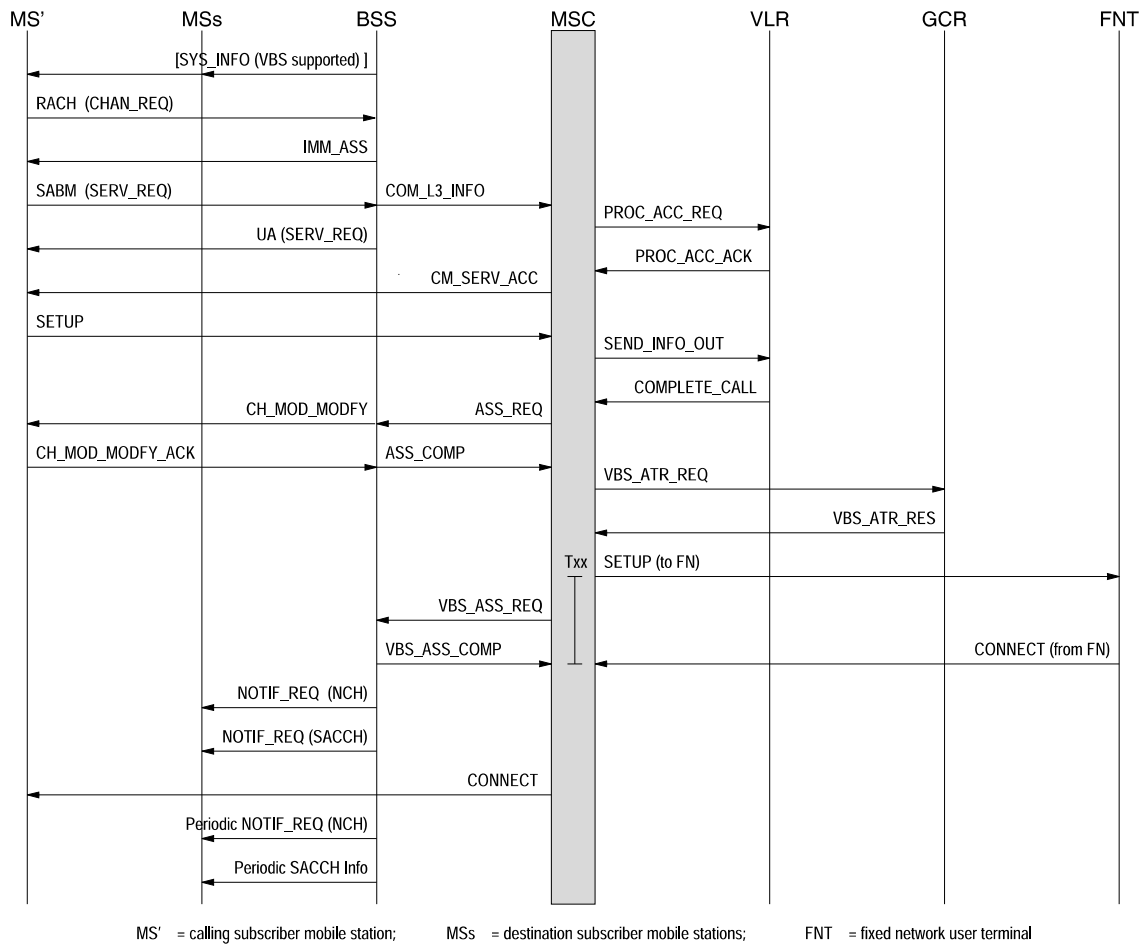


Abbildung 5.2: Verbindungsaufbau im Voice Broadcast Service

die Frequenzen der Signalisierkanäle der umgebenden Zellen mitgeteilt werden, auf denen die Rufbenachrichtigung gesendet wird. Die Mobilstationen müssen dann die entsprechenden Steuerkanäle abhören, um den eigentlichen Rundfunkkanal ermitteln zu können.

5.2 Voice Group Call Service

Der vom ASCI unterstützte Sprachgruppenruf wird als *Voice Group Call Service* (VGCS) bezeichnet und stellt einen Dienst zur Verfügung, der Festnetz- oder Mobilstationen ermöglicht, einen Gruppenrufkanal aufzubauen, auf dem die Gruppenmitglieder hören oder auch übertragen können. Nachdem der Rufinitiator seine Nachricht übermittelt hat, gibt er den Kanal frei und wechselt in den *Zuhörermodus*.

Die Adressatengruppe des VGCS teilt sich wie beim VBS ein in

- Mobilstationen, die der Gruppe angehören und sich in einem vordefinierten geographischen Gebiet aufhalten, sowie
- eine festdefinierte Gruppe von Festnetzstationen.

Sobald keiner der Gruppenrufteilnehmer spricht, kann jeder der Teilnehmer die Zuweisung des Kanals beantragen. Bei erfolgreicher Zuweisung erhält er das Senderecht, bis er den Kanal frei gibt und wiederum in den *Zuhörermodus* wechselt.

Ein Rundfunkruf wird in der Regel explizit durch den Initiator beendet. Eine durch Störung unterbrochene Verbindung zwischen Initiator und Netz kann nicht direkt erkannt werden, da der Initiator während des Rufes im Zuhörermodus verweilen kann. Dies wird nur offensichtlich, falls eine Sprachpause definierter Länge eintritt, nach der der Gruppenruf automatisch vom Netz abgebaut wird. Somit erfordert der Rufabbau beim Gruppenruf die Funktion *Voice Activity Detection* (VAD).

5.2.1 Verbindungsaufbau durch mobilen Teilnehmer

5.2.1.1 Voraussetzungen

In der ersten Signalisierungsphase informiert der mobile Teilnehmer das Netz über seinen Gesprächswunsch und überträgt die GID des einzurichtenden VGC. Die rufende Station überträgt dabei keine Information bzgl. des Gruppenrufbereichs.

Das Netz muß zunächst einige Überprüfungen durchführen, bevor es den Gesprächswunsch entsprechend behandeln kann:

- Überprüfung der Berechtigung des Teilnehmers den Gruppenruf einzurichten.
- Gehört die Zelle aus der der Rufaufbau erfolgt überhaupt zum vordefinierten Gruppenrufbereich?
- Ist schon ein Gruppenruf mit der geforderten GID in der Zelle aktiv?

Hierzu überprüft das MSC im VLR die Berechtigung des Teilnehmers den Gruppenruf aufzubauen. Ist das Ergebnis negativ, wird der Verbindungsaufbau abgebrochen.

Bei positivem Ergebnis überprüft das MSC, ob im GCR zur GID und *Cell ID* eine *Group Call Area ID* existiert. Sollte dies erfüllt sein, überträgt das GCR die zugehörigen Attribute des Gruppenrufes an das MSC. Von nun an bis zu einer gegenteiligen Nachricht durch das MSC betrachtet das GCR den Ruf als *on-going*.

Es besteht die Möglichkeit, dass zwei Teilnehmer oder Leistellen einen Gruppenruf mit derselben GID und mit entsprechender *Group Call Area ID* aufbauen wollen. Falls beide VGCs mit derselben GID eingerichtet werden, aber mit unterschiedlichen *Group Call Area IDs*, so werden zwei getrennte VGCs benutzt. Falls die GCAs überlappen, muss sich eine empfangende Mobilstation für einen der beiden VGCs entscheiden. Bei identischer GID und *Group Call Area ID* wird nur ein Rufaufbau zugelassen.

Erhält das GCR eine Anfrage zu einem VGC mit dem Status *on-going*, signalisiert es dem MSC diesen Zustand. Das MSC teilt dies dem Teilnehmer mit einem Besetztzeichen mit, woraufhin die Mobilstation nun den NCH nach entsprechenden Signalisierungsinformationen abhören sollte und dann an dem VGC teilnehmen kann. Im Falle eines Verbindungsaufbaus durch einen Dispatcher wird dieser vom MSC mit dem laufenden VGC verbunden.

Wegen der Möglichkeit überlappender GCAs benötigt jeder Gruppenruf eine eindeutige Kennung. Diese setzt sich zusammen aus GID und *Group Call Area ID*.

5.2.1.2 Einrichtung des Gruppenkanals

Ein VGC-Kanal wird von den BSCs in allen Zellen der betroffenen GCA mit physikalischen Kanälen eingerichtet. Die Kanäle in Downlink-Richtung werden ohne Rückmeldung durch Mobilstationen eingerichtet. Im MSC werden alle Kanäle der beteiligten Basisstationen und Dispatcher über eine Konferenzschaltung zusammengeführt.

Alternativ kann ein VGC auch nur bei Bedarf eingerichtet werden, wenn eine Mobilstation auf die Rundsendeinformation auf dem NCH antwortet.

Parallel dazu wird eine dedizierte Verbindung zum Anrufer hergestellt. Sobald diese Verbindung und mindestens ein Downlink eingerichtet sind, wird dies dem Anrufer vom MSC signalisiert, so dass der Teilnehmer mit dem Sprechen beginnen kann. Falls einige Zellen wegen zu hoher Auslastung blockiert sind, werden Kanäle so bald wie möglich eingerichtet.

5.2.1.3 Auslösen der dedizierten Verbindung des Anrufers

Der rufende Teilnehmer erhält eine dedizierte Verbindung bis das Netz ihn auffordert, am VGC teilzunehmen. Dies geschieht z. B. wenn der Teilnehmer nicht mehr spricht. Dann fordert ihn das Netz mit Hilfe einer *Channel Release* Prozedur auf, dem VGC als Zuhörer beizutreten. Umgekehrt erhält ein bisher nur zuhörender Teilnehmer mit Sprechwunsch eine dedizierte Verbindung mittels *Channel Assignment* Prozedur, Handover oder *Channel Mode Modify* Prozedur.

Die Sprechberechtigung bei erfolgreichem Aufbau eines dedizierten Kanals wird dem Teilnehmer durch das Terminal angezeigt. Nutzt der Teilnehmer seine Sprechberechtigung nicht innerhalb einer festgelegten Zeit, sendet die Mobilstation eine *Uplink Release* Nachricht an das Netz, woraufhin der dedizierte Kanal frei wird für andere Teilnehmer mit Sprechwunsch.

5.2.2 Verbindungsaufbau durch die Leitstelle

Beim Verbindungsaufbau durch den Dispatcher erfolgt die Signalisierung über ISDN mit Hilfe der MSISDN. Dieser Gesprächswunsch wird dann genauso behandelt, wie von einem mobilen Teilnehmer. Das GCR überprüft die Berechtigung des rufenden Dispatchers für die Einrichtung des VGC. Ist diese Berechtigung vorhanden, wird vom MSC noch überprüft, ob der Gruppenruf schon eingerichtet ist. Sollte dies der Falls ein, wird der rufende Dispatcher zu der schon vorhandenen Konferenzschaltung hinzugefügt. Die erfolgreiche Einrichtung des Kanals wird dem Dispatcher über einen Signalton angezeigt.

5.2.3 Benachrichtigung der Mobilstationen

Abhängig vom Zustand der Mobilstationen werden verschiedene Wege zur Benachrichtigung über eingerichtete Gruppenrufe verwendet.

5.2.3.1 Idle Mode

Wenn ein VGC in einer Zelle eingerichtet wurde bzw. das Netz auf Bestätigung des VGC durch Mobilstationen wartet, wird die nötige Signalisierung über den *Notification Channel* (NCH) übertragen. Die Position des NCH wird in der Systeminformation des *Broadcast Control Channel* (BCCH) übertragen.

Tabelle 5.1: Die Prioritätsklassen im eMLPP

Klasse	Verwendung	Rufunterbrechung	Bemerkung
A	Betreiber	ja	höchste Priorität
B	Betreiber	ja	
0	Teilnehmer	ja	
1	Teilnehmer	ja	Standard-Priorität
2	Teilnehmer	nein	
3	Teilnehmer	nein	
4	Teilnehmer	nein	
			niedrigste Priorität

Eine *Notification Message* (NM) kann Informationen zu GCR, dem Gruppenrufkanal, der Rufpriorität falls eMLPP verwendet wird und die Nummer des *Group Cypher Keys* enthalten. Die NM kann keine, eine oder mehrere Benachrichtigungen enthalten.

Die NMs müssen über die gesamte Dauer eines VGC periodisch ausgestrahlt werden, um einer Mobilstation die spätere Teilnahme an einem Gruppenruf (*Late Entry*) zu ermöglichen. Die Ausstrahlung der NMs in einer Zelle wird vom *Base Station Subsystem* (BSS) verwaltet. Dabei sollen folgende Einschränkungen beachtet werden:

- Die ersten drei NMs eines Gruppenrufes sollen eine höhere Priorität als nachfolgende NMs haben und so bald als möglich ausgesendet werden.
- Zusätzlich können NMs zu Rufen mit höherer Priorität auf allen verfügbaren *Paging Channel* (PCH) oder *Access Grant Channel* (AGCH) ausgesendet werden, um die Verzögerung für Mobilstationen ohne *Discontinuous Reception* (DRX) zu minimieren.
- Im späteren Verlauf wird ein einmal eingerichteter Gruppenruf nur noch periodisch auf dem NCH verbreitet.

Da die Information zur Einrichtung eines Gruppenrufs über den NCH und nicht wie bei normalen Punkt-zu-Punkt-Rufen über den PCH versendet wird, muss die Mobilstation beide Steuerkanäle auswerten. Um Batteriestrom zu sparen, kann ein reduziertes Beobachten des NCH seitens der Mobilstation erfolgen.

5.3 eMLPP – der Dienst zur Prioritätensteuerung

Die Prioritätenstrategie der ASCI ist von dem im SS.7 verwendeten *Multi-Level Precedence and Preemption Service* (MLPP)-Schema [IT93] abgeleitet und wurde dementsprechend unter dem Namen *enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service* (eMLPP) in das GSM eingeführt. Während MLPP eine fünfstufige Priorität definiert, sind für das GSM sieben Prioritätsklassen vorgesehen, vgl. Tabelle 5.1. Die MLPP-Prioritäten 0–4 entsprechen dabei den eMLPP-Prioritäten 0–4.

Zusätzlich zu diesen fünf Klassen sind für das GSM-System zwei weitere Klassen A und B festgelegt worden, vgl. Tabelle 5.1. Sie sind ausschließlich netzinternen Vorgängen vorbehalten, z. B. zur Konfiguration der in den vorigen Abschnitten beschriebenen Gruppen- und Rundfunkrufe VGCS und VBS.

Rufe mit Priorität A oder B können nur lokal, das heißt innerhalb des Versorgungsbereiches einer MSC benutzt werden. Wird eine solche Priorität global verwendet bzw. ein GSM-Ruf über ein ISDN-Netz geroutet, werden die Prioritätsklassen A und B der Priorität 0 zugeordnet.

Die einem Teilnehmer zugewiesene maximale Priorität wird, abhängig von der zu zahlenden monatlichen Grundgebühr, mit dem Dienstanbieter bei Vertragsabschluss ausgehandelt und auf der SIM-Karte gespeichert.

6 Abschlussformel

Dieses Gutachten habe ich im Auftrag der Vodafone D2 GmbH nach bestem Wissen und unabhängig erstellt.

Würselen, 15. März 2003

(Prof. Dr.-Ing. Bernhard Walke)

7 Abkürzungen

AGCH	<i>Access Grant Channel</i>	ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
ASCI	<i>Advanced Speech Call Items</i>		
BAO	<i>Besondere Aufbau-Organisationen</i>	FACCH	<i>Fast Associated Control Channel</i>
BCCH	<i>Broadcast Control Channel</i>	FMS	<i>Funkmeldesystem</i>
BOS	<i>Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben</i>	GAN	<i>Gruppe „Anforderungen an das Netz“</i>
BRD	<i>Bundesrepublik Deutschland</i>	GCA	<i>Group Call Area</i>
BSC	<i>Base Station Controller</i>	GCR	<i>Group Call Register</i>
BSI	<i>Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik</i>	GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i>
BSS	<i>Base Station Subsystem</i>	GID	<i>Group Identity</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>	GMSC	<i>Gateway MSC</i>
CBS	<i>Cell Broadcast Service</i>	GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
CC	<i>Country Code</i>	GPS	<i>Global Positioning System</i>
CW	<i>Call Waiting</i>	GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
DIBMOF	<i>diensteintegrierender Bahnmobilfunk</i>	GSM-R	<i>GSM-Railway</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>	HLR	<i>Home Location Register</i>
DMO	<i>Direct Mode Operation</i>	HSCSD	<i>High-Speed Circuit Switched Data</i>
DRX	<i>Discontinuous Reception</i>	ICE	<i>Inter City Express</i>
EIR	<i>Equipment Identity Register</i>	ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
eMLPP	<i>enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service</i>	LCS	<i>Location Services</i>
E-OTD	<i>Enhanced Observed Time Difference</i>	MIMO	<i>Multiple In, Multiple Out</i>
ETCS	<i>European Train Control System</i>	MLPP	<i>Multi-Level Precedence and Preemption Service</i>
		MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
		MS	<i>Mobilstation</i>

MSC	<i>Mobile Services Switching Center</i>	TAPS	<i>TETRA Advanced Packet Service</i>
MSISDN	<i>Mobile Station ISDN Number</i>	TCH	<i>Traffic Channel</i>
NCH	<i>Notification Channel</i>	TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio Service</i>
NDC	<i>National Destination Code</i>	TMO	<i>Trunked Mode Operation</i>
NM	<i>Notification Message</i>	TOA	<i>Time of Arrival</i>
NRW	<i>Nordrhein Westfalen</i>	TRX	<i>Transceiver</i>
MSC	<i>Mobile Services Switching Center</i>	UIC	<i>Union Internationale des Chemins de fer</i>
OTA	<i>Over The Air</i>	UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>
PCH	<i>Paging Channel</i>	UVV	<i>Unfallverhütungsvorschrift</i>
PDN	<i>Public Data Network</i>	VAD	<i>Voice Activity Detection</i>
PLMN	<i>Public Land Mobile Network</i>	VBS	<i>Voice Broadcast Service</i>
PTP	<i>Point-To-Point</i>	VGC	<i>Voice Group Call</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephony Network</i>	VGCS	<i>Voice Group Call Service</i>
PTT	<i>Push-To-Talk</i>	VLR	<i>Visitor Location Register</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>	WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
RLP	<i>Radio Link Protocol</i>	VDE	<i>Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik</i>
SCP	<i>Service Control Point</i>	VPN	<i>Virtual Private Network</i>
SDCCH	<i>Slow Dedicated Control Channel</i>	ZED	<i>Zentralstelle zur Vorbereitung der Einführung eines bundesweit einheitlichen digitalen Sprech- und Datenfunksystems</i>
SDS	<i>Short Data Service</i>	ZPD	<i>Zentrale Polizeitechnische Dienste</i>
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node</i>		
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i>		
SMS	<i>Short Message Service</i>		
SMP	<i>Service Management Point</i>		
SMS-C	<i>SMS-Center</i>		
SS.7	<i>Signalling System No. 7</i>		

Literaturverzeichnis

- [3GP02] 3GPP. *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Name identification supplementary services - Stage 2 (Release 5)*. Technische Spezifikation 23 096, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), 650 Route des Lucioles, Sophia Antipolis, Valbonne, France, Juni 2002. [2.9.2](#)
- [DIN80] DIN. *Sprache für Gehörprüfung. Teil 2: Sätze*. Technischer Bericht 45621-2, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, Juli 1980.
- [DIN95] DIN. *Sprache für Gehörprüfung. Teil 1: Ein- und mehrsilbige Wörter*. Technischer Bericht 45621-1, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, August 1995. [2.4.1](#), [2.4.2](#)
- [Dyg03] Frank Dyga. *Connectivity System mit Server und Client*. Technischer Bericht, Vodafone D2 GmbH, Abteilung Concepts (TNC), Hauptabteilung Fixed Network (TN), Februar 2003. `CONNECTIVITY_SERVER.DOC`. [2.6.3](#)
- [ETS93] ETSI. *Radio Transmission and Reception*. Technische Empfehlung 05.05, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Oktober 1993. [2.4.2](#)
- [ETS00a] ETSI. *Digital Cellular Communication System (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station (BSC – BTS) Interface; Layer 3 Specification*. Technische Spezifikation 100 596, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, November 2000. [5.1](#)
- [ETS00b] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Broadcast Call Control (BCC) Protocol*. Technische Spezifikation 100 949, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Mai 2000.
- [ETS00c] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service (EMLPP); Stage 1*. Technische Spezifikation 100 932, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, März 2000. [2.3.3](#), [5](#)
- [ETS00d] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Enhanced Multi-Level Precedence and Preemption Service (EMLPP); Stage 2*. Technische Spezifikation 100 932, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, März 2000. [2.3.3](#), [2.5.2](#), [5](#)
- [ETS00e] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Group Call Control (GCC) Protocol*. Technische Spezifikation 100 948, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Mai 2000.

- [ETS00f] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Location Services (LCS); Location Services Management*. Technischer Bericht 101 513, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, November 2000. [3.3.2](#)
- [ETS00g] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Performance Characterization of the GSM Adaptive Multi-Rate (AMR) Speech Codec; Stage 2*. Technischer Bericht 101 714, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, April 2000. [2.4.2](#)
- [ETS00h] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Technical Realization of Short Message Service Cell Broadcast*. Technische Spezifikation 100 902, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, September 2000. [3.6.3](#)
- [ETS01a] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Location Services (LCS); Service Description; Stage 1*. Technischer Bericht 101 723, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, März 2001. [3.3.2](#)
- [ETS01b] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Multiplexing and Multiple Access on the Radio Path*. Technische Spezifikation 100 908, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, August 2001.
- [ETS01c] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Voice Group Call Service (VGCS); Stage 1*. Technische Spezifikation 142 068, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Januar 2001. [3.1.2](#), [5](#)
- [ETS01d] ETSI. *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Guide to TETRA Advanced Packet Service (TAPS)*. Technischer Bericht 101 976, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Juli 2001. [3.5.3](#)
- [ETS01e] ETSI. *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Proposed Air Interface Enhancements for TETRA Release 2; Analysis and Feasibility Assessment*. Technischer Bericht 101 987, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, August 2001. [3.5.3](#)
- [ETS01f] ETSI. *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); TETRA Advanced Packet Service (TAPS)*. Technische Spezifikation 101 962, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Juli 2001. [3.5.3](#)
- [ETS02a] ETSI. *Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Location Services (LCS); Functional Description; Stage 2*. Technischer Bericht 101 724, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, September 2002. [3.3.2](#)

- [ETS02b] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Voice Broadcast Service (VBS); Stage 1*. Technische Spezifikation 142 069, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, Juli 2002. 2.8.2, 5
- [ETS02c] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Voice Broadcast Service (VBS); Stage 2*. Technische Spezifikation 143 069, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, September 2002. 2.8.3, 5
- [ETS02d] ETSI. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Voice Group Call Service (VGCS); Stage 2*. Technische Spezifikation 143 068, European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, September 2002. 2.8.2, 3.4.2, 5
- [GAN02] GAN. *Digitalfunknetz für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, Abschlussbericht der Expertengruppe aus Bund und Ländern Gruppe „Anforderungen an das Netz“ über die Leistungsmerkmale eines Mindeststandards und über die Bewertung der technischen Lösungen*. Technischer Bericht, Zentralstelle zur Vorbereitung der Einführung eines bundesweit einheitlichen digitalen Sprech- und Datenfunksystems (ZED), Berlin, Oktober 2002. 5, 1.1, 1.2, 1.3, 1, 1, 4, 6, 11, 14, 15, 1.3, 1.4, 2, 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.3.4, 2.4.1, 2.4.2, 2.5.1, 2.6.1, 2.6.2, 2.7.1, 2.8.1, 2.9.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.2.1, 3.3.1, 3.3.2, 3.4.1, 3.5.1, 3.6.1, 4.1.1, 4.2.1, 4.3.1, 4.4.1, 4.5.1
- [GW03] Josef Groß-Wege. *Spezifikation Notruf im GSM-BOS*. Technischer Bericht, Vodafone D2 GmbH, Abteilung Engineering (TNE), Hauptabteilung Fixed Network (TN), Februar 2003. BOS-NOTRUF.DOC. 2.9.2, 3.3.3
- [IT93] ITU-T. *Multi-Level Precedence and Preemption (MLPP)*. Empfehlung Q.735, International Telecommunication Union—Telecommunication Standardization Sector, 1993. 2.5.2, 5.3
- [IT96] ITU-T. *Methods for Subjective Determination of Transmission Quality*. Empfehlung P.800, International Telecommunication Union—Telecommunication Standardization Sector, August 1996. 2.4.2
- [IT97] ITU-T. *The International Public Telecommunication Numbering Plan*. Empfehlung E.164, International Telecommunication Union—Telecommunication Standardization Sector, Mai 1997. 2.8.2
- [IT98] ITU-T. *Objective Quality Measurement of Telephoneband (300–3400 kHz) Speech Codecs*. Empfehlung P.861, International Telecommunication Union—Telecommunication Standardization Sector, Februar 1998. 2.4.2
- [Leh00] Lehrstuhl für Kommunikationsnetze. *Vergleichende Studie der Eignung von TETRA und TetraPOL für ein landesweites Digitalfunksystem der BOS*. Technischer Bericht, RWTH Aachen, November 2000. 2, 1.2, 3.1.2

- [Leh03] Lehrstuhl für Kommunikationsnetze. *Wissenschaftliche Begleitung des TETRA Pilotversuchs Aachen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)*. Technischer Bericht, RWTH Aachen, Januar 2003. 2.3.2
- [MGS00] Marconi, W. Grethe, R. Sarfari. *ASCI Features Summary of Performance Tests on the MORANE Trial Sites*. Technischer Bericht A 43 T 0003 2, MORANE, November 2000. Dieses Dokument ist verfügbar unter der Adresse <http://eirene.uic.asso.fr/docs/a43t00032.pdf>. 5, 1.2, 3.1.2
- [NEX02] NEXIA International. *Wireless Networks Convergence, Pre-study for the Norwegian Ministry of Trade and Industry*. Technischer Bericht, NEXIA International, Juni 2002. 5
- [Ott03] Holger Otternberg. *Vodafone DP5/6 (OTA-Server), SIM-OTA-Server at Vodafone Germany*, Februar 2003. Vodafone D2 GmbH, Präsentationsfolien. 2.8.3, 3.1.3
- [Sea02] Nick Smye, et al. *The Use of Commercial Cellular Mobile Networks as a Solution for Public Safety Users in Norway*. Technischer Bericht, TETRA, August 2002. GSM for Public Safety V1_0.doc. 5
- [Sie00a] Siemens AG. *Information, Call Handling, ASCI: Enhanced Multilevel Precedence and Preemption*. Technischer Bericht, Siemens AG, Januar 2000. A50016-D1108-C314-2-7629. 2.3.3, 2.5.2
- [Sie00b] Siemens AG. *Information, Services, ASCI Voice Broadcast Service*. Technischer Bericht, Siemens AG, November 2000. A50016-D1109-C211-1-7629.
- [Sie00c] Siemens AG. *Information, Services, ASCI Voice Group Call Service*. Technischer Bericht, Siemens AG, November 2000. A50016-D1109-C210-1-7629.
- [Sie02a] Siemens AG. *D900/D1800/D1900, Mobile Communication System, Sales Feature Description, Switching Subsystem, SR10 Location Services: Support of GPS Based Positioning in MSC/VLR/HLR*. Technischer Bericht, Siemens AG, Juni 2002. SF1008.
- [Sie02b] Siemens AG. *D900/D1800/D1900, Mobile Communication System, Sales Feature Description, Switching Subsystem, SR10.0 ASCI: VGCS/VBS Feature Configuration Improvements*. Technischer Bericht, Siemens AG, Oktober 2002. SF0001014. 2.2.3
- [Stä92] Ständige Arbeitsgruppe „Telekommunikation“. *Definition der Anforderungen an das künftige Funksystem der Polizei-/Zolldienste*. Technischer Bericht, Schengen, Brüssel, Juni 1992. SCH/I-telecom (92) 21, 2 Rev. 1.3, 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.3.2
- [Sta02] Statistisches Bundesamt Deutschland. *Bodenflächen nach Art der tatsächlichen Nutzung*, April 2002. <http://www.destatis.de/basis/d/umw/ugrtab7.htm>. 2.1.1
- [Unt95] Unterarbeitsgruppe „Telekommunikation“. *Digitales Funk-Kommunikationssystem für Sicherheitsbehörden (BOS), taktische und betriebliche Anforderungen*.

- Technischer Bericht, Schengen, Brüssel, Juni 1995. SCH/I/telecom/Experts (95) 1, Rev. 4. [2.9.1](#)
- [Vir03] *Persönliche Mitteilung eines Experten mit Erfahrungen beim VIRVE (Viranomais Verkko, Behördennetz) Netz in Finnland*, 2003. [1.2](#), [3.1.2](#)
- [Vod02a] Vodafone D2 GmbH. *GSM^{BOS} Digitales Funksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)*, November 2002. Präsentationsfolien. [2.1.3](#), [2.6.3](#), [2.8.2](#), [4.1.3](#)
- [Vod02b] Vodafone D2 GmbH. *GSM^{BOS} Digitales Funksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)*, 2002. Kapitel 2 der Antwort von Vodafone im Interessenbekundungsverfahren. [2.1.3](#), [2.2.2](#), [2.4.2](#), [2.5.2](#), [3.1.2](#), [3.3.2](#)
- [Wal02] Bernhard Walke. *Mobile Radio Networks – Networking, Protocols and Traffic Performance*. J. Wiley & Sons, 2. Auflage, 2002. [4](#), [1.2](#), [3.1.2](#)
- [ZPD00] ZPD NRW. *Ausschreibung für Planung, Lieferung, Installation und Betrieb eines digitalen Bündelfunknetzes für Sprach- und Datenübertragung und der entsprechenden Endgeräte auf der Basis eines europäischen Standards für ein Pilotprojekt der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) in der Stadt und im Landkreis Aachen sowie für die staatenübergreifende Kommunikation mit den Nachbarländern Niederlande und Belgien*. Technischer Bericht, Zentrale Polizeitechnische Dienste (ZPD) Nordrhein-Westfalen (NRW), Januar 2000. Version 5. [1](#), [1.2](#), [1.3](#), [15](#), [1.3](#), [2.1.1](#), [2.2.3](#), [2.3.1](#), [2.4.1](#), [2.4.2](#), [2.5.1](#), [2.7.1](#)