

Woher kommt der Notruf?

Standortbestimmung im Schweizer Mobilfunknetz

Auf einen Notruf müssen Sanität, Polizei, Feuerwehr oder Rettungsflugwacht rasch reagieren. Dazu brauchen sie den genauen Standort des Unfalls – den sie aber nicht immer erhalten. Denn oft können Hilfesuchende keine genauen Angaben liefern. Die Aussage «Ich befinde mich auf der Autobahn von Bern Richtung Zürich» reicht nicht, um eine Rettung einzuleiten.

Heute kommen zwei Drittel der 200 000 jährlichen Notrufe von einem Handy. Bei einem Anruf benötigen die Notruforganisationen nebst dem Grund des Anrufes und der Personalien des Anrufenden folgende zwei Informationen:

- die Telefonnummer (auch bei eingeschalteter Rufnummerunterdrückung)
- den Standort des Telefons (so genaue Koordinaten wie möglich)

Diese zwei Angaben sind wichtig, um rasch Hilfe leisten und Missbräuche vermeiden zu können. Die Überprüfung der Plausibilität ist notwendig, da es immer noch Spassvögel gibt, die aus Jux anrufen. Erhält also die Rega einen Anruf: «Ich bin beim Klettern in der Eigernordwand in Not

Jean-Marie Zogg

geraten», und die Lokalisierung des Mobiltelefons ergibt, dass sich der Anrufer in der Zürcher Langstrasse befindet, kann mit Recht an der Seriosität des Notrufes gezweifelt werden.

Stand der Technik

Die Verordnung über Fernmeldedienste [1] verlangt, dass die Swisscom als Grundversorgungskonzessionärin in Zusammenarbeit mit den übrigen Anbietern des öffentlichen Telefondienstes einen Dienst zur Standortidentifikation betreibt, der von allen Alarmzentralen genutzt werden kann. Die Identifikation bei Anrufen über das Festnetz ist schon längere Zeit gewährleistet. Zu jedem Festanschluss sind die entsprechenden Koordinaten abgelegt. Für Notrufe mit einem Mobiltelefon musste hingegen zuerst ein Konzept erarbeitet werden. Seit dem 1. Juli 2006 unterstützen die GSM-Netze und seit dem 1. Juli 2007 die UMTS-Netze aller Telekomanbieter in der Schweiz die Standortidentifikation bei Anrufen auf die Notrufnummern 112, 117, 118, 144 und 1414.

Auch das Ausland kennt die Lokalisierung von Notrufen: Die US-Regulierungsbehörde FCC [2] verlangt, dass bei einem Notruf von einem Handy der geografische Standort des Anrufers auf 50 bis 300 m genau (je nach gewählter Technologie) lo-

kalisierbar sein muss. Dieses Gesetz ist unter der Bezeichnung E911¹⁾ bekannt. Als Termin für die Realisierung von E911 hatte die FCC Ende Dezember 2005 vorgegeben. Derzeit ist aber noch nicht abzusehen, wann die Provider dieser Auflage vollumfänglich nachkommen werden. Als Gründe für die Verschiebung des Termins geben die Provider die Inkompatibilitäten des US-Mobilfunknetzes an, in dem digitale und analoge Standards miteinander vermischt sind.

In Japan soll bis Ende dieses Jahrzehnts die Lokalisierung von Mobilfunkteilnehmern bei Notanrufen möglich sein.

In Europa sind nach der im Jahr 2002 erlassenen Universaldienstrichtlinie der Europäischen Union die Betreiber öffentlicher Netze verpflichtet, den Notdiensten bei allen Anrufen den Anruferstandort zu übermitteln, soweit dies technisch möglich ist. Die 112-Anrufe mit Standortangabe werden als E112-Anrufe bezeichnet. Der genaue Zeitpunkt der Einführung ist unklar.

Bei einem Unfall mit einem Personewagen ist ein automatischer Notruf (E-Call [3]) geplant. Der bordeigene E-Call-Notruf wird entweder manuell von den Fahrzeuginsassen oder nach einem Unfall automatisch durch Sensoren im Fahrzeug ausgelöst. Das bordeigene E-Call-Gerät setzt nach seiner Auslösung einen Notruf mit direkter Sprach- und Datenverbindung zum nächstgelegenen Notdienst ab (in der Regel zur nächstgelegenen 112-Notrufzentrale). Das System soll 2009 eingeführt werden.

fachbeiträge

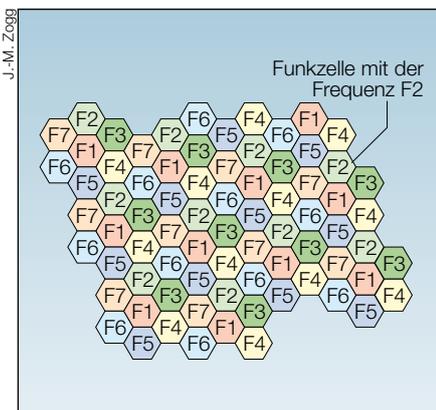
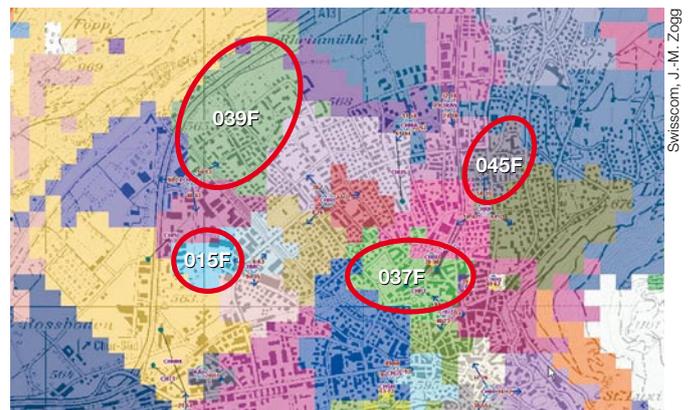


Bild 1 Theoretische Verteilung der Mobilfunkzellen.

Bild 2 Tatsächliche Frequenzverteilung (4 ausgewählte Zellen, inkl. Cell-ID, eingezeichnet).



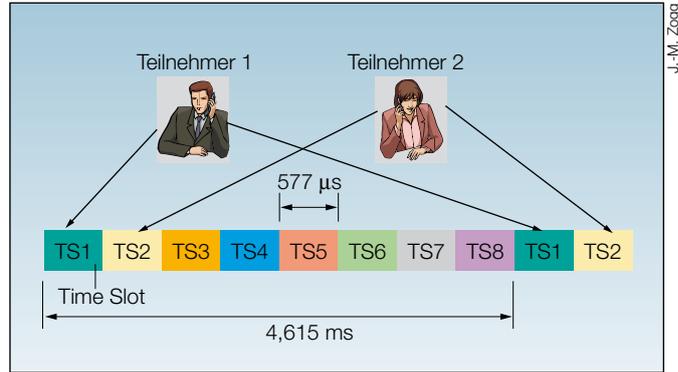
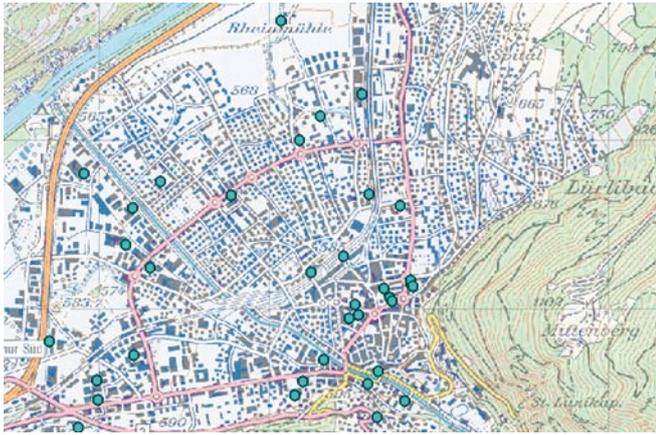


Bild 3 (links) Standort von Mobilfunk-Sendeanlagen im Raum Chur [4].
Bild 4 (oben) Aufteilung in 8 Zeitschlitz bei GSM.

Einleitung zum Mobilfunknetz

Das Mobilfunknetz ist wabenartig in einzelnen Funkzellen gegliedert, die mit unterschiedlichen Frequenzen arbeiten (F1 bis F7 in Bild 1). Die Anordnung in Bild 1 ist eine theoretische Frequenzverteilung. Die Antennen sind in der Regel keine Rundstrahler, sondern senden die Signale in einem bestimmten Winkel aus und bedienen sogenannte Sektorzellen. Bild 2 zeigt, wie Zellen in der Realität aussehen. Die Teilflächen können mit einer Ellipse angenähert werden (rot eingezeichnet). Die maximale Ausdehnung einer Zelle bei GSM ist 35 km (systembedingt, ca. 8 km bei UMTS). In Gebieten mit hoher Netzauslastung (z.B. Städte, Bahnhöfe) arbeitet man auch mit Mikrozellen von ca. 100 m Grösse. Jede Zelle bzw. Sektorzelle hat eine eindeutige Identifikationsnummer (Cell-ID): Mit der Cell-ID wird die Zelle, in der ein Mobilfunkteilnehmer eingebucht ist, gekennzeichnet.

Beim Mobilfunksystem GSM teilen sich 8 Teilnehmer je eine Frequenz. Alle 577 µs wird zu einem anderen Teilnehmer umgeschaltet. Ein Zeitfenster (Time Slot) besteht aus 156,25 bit à 3,692 µs und muss genau eingehalten werden (Bild 4). Alle 4,615 ms

steht für den gleichen Teilnehmer wieder ein Zeitfenster zur Verfügung.

Lokalisierung mit Zellenidentifikation

Bei einer Funkverbindung ist die Mobilfunkzelle, die mit dem Teilnehmer in Kontakt steht, bekannt. Dank der Zellenidentifikation kann das Gebiet, in der sich der Teilnehmer befindet, in einer Ellipse mit einer Ausdehnung von ca. 100 m (dichtes Netz) oder bis zu 35 km (ländliches Netz mit grossem Zellenabstand) bestimmt werden. Um den Aufenthaltsort eines Mobilfunkteilnehmers genauer zu beschreiben, werden oft mehrere Ellipsen gleichzeitig definiert (Bild 5). Vor allem im Gebirge, wo das Gelände das Funksignal abschattet, bringt diese Methode aufgrund des Ausschlusses von unversorgten Gebieten genauere Resultate.

Verfeinerte Lokalisierung mit Timing Advance

Da das Mobilfunktelefon von der GSM-Antenne 100 m bis 35 km weit entfernt sein kann, wird es, um die Laufzeit zu kompensieren,

von der Antenne angewiesen, seine Datenpakete etwas früher abzusenden, damit sie zur genauen Zeit (d.h. synchron zum zugewiesenen Time Slot) bei der Antenne ankommen (Bild 6). Diese Vorlaufzeit heisst Timing Advance (TA). Je weiter das Handy von der GSM-Antenne entfernt ist, umso grösser ist der TA-Wert. Dieser steigt also proportional mit dem Abstand.

Der TA-Wert kann zwischen 0 und maximal 63 sein. Mit dem Wert kann der Abstand des Mobiltelefons zur GSM-Antenne bestimmt werden. Die Auflösung beträgt rund 550 m. Ein Beispiel: Ist der TA-Wert 10, dann befindet sich das Handy in einem Sektor von $10 \cdot 550 \text{ m} = 5500 \text{ m}$ von der GSM-Antenne entfernt innerhalb des Sendegebietes.

Da UMTS die Signale anders moduliert, kann hier das Timing-Advance-Verfahren nicht genutzt werden.

Triangulation

TDOA steht für Time Difference of Arrival und bedeutet «Zeitdifferenz der Ankunft». Unter Ankunft ist hier das Eintreffen eines Funksignals gemeint. Bei diesem Verfahren wird durch Triangulation (Dreiecksberechnung) eines Mobiltelefons durch 3 Mobilfunkantennen die Position eruiert. Die Distanz vom Handy zur GSM-Antenne wird über die Laufzeiten t_1 , t_2 und t_3 bestimmt. Aus den Differenzen der Laufzeiten werden die 3 Distanzen R_1 , R_2 und R_3 errechnet (Bild 7). Die Distanz R ergibt sich aus Laufzeit t multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit c (300 000 km/s). Um die Zeitdifferenzen exakt zu bestimmen, müssen sämtliche Mobilfunkantennen über präzise Zeitreferenzen verfügen.

Lokalisierung mit E-OTD

E-OTD steht für Enhanced Observed Time Difference und bedeutet «verbesserte beobachtete (gemessene) Zeitdifferenz».

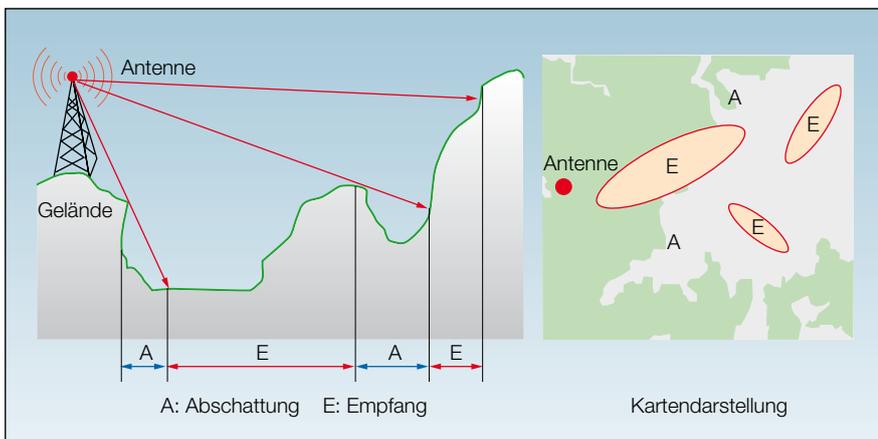


Bild 5 Verfeinerte Darstellung des Aufenthaltsgebiets mit mehreren Ellipsen.

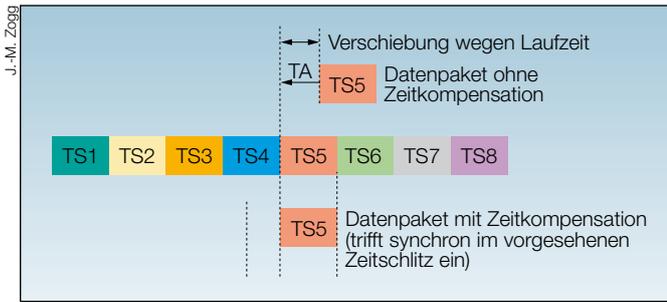


Bild 6 Mit Timing Advance (TA) trifft das Datenpaket im richtigen Zeitpunkt ein.

dieses den Standort auf ca. 13 m genau bestimmen kann (95%-Wert). Innerhalb eines Gebäudes und in Gebieten mit starker Abschattung (z.B. Strassenschluchten) funktioniert GPS allerdings nicht zuverlässig. In Zukunft könnte auch das russische Satellitennavigationssystem Glonass (wenn es wieder instand gestellt ist) und das europäische System Galileo (wenn es ab ca. 2014 realisiert wird) für eine Lokalisierung genutzt werden.

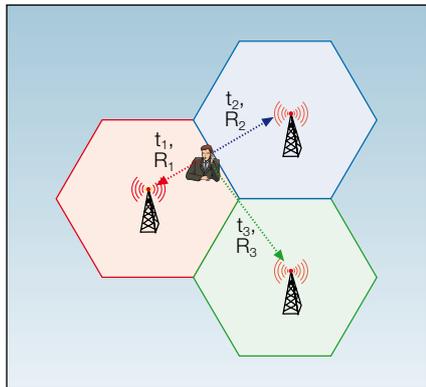


Bild 7 Prinzip der Positionsbestimmung mit TDOA.

Koordinaten auf einige Meter genau zu bestimmen, ist aufwendig. Die Funktionen der Mobilstation und/oder des Netzwerks müssen erweitert werden. Vor allem Technologien wie TDOA oder E-OTD, bei denen ein Funkkontakt zu mehreren Basisstationen nötig ist, haben sich bis jetzt noch nicht etabliert. Hindernis ist insbesondere, dass in vielen Gebieten der Schweiz (z.B. auf Autobahnen oder ausserhalb Ballungszentren) und innerhalb von Bauten im besten Fall eine Verbindung zu einer einzigen Funkzelle besteht.

GPS-Empfänger im Handy

Eine weitere Möglichkeit, ein Handy zu lokalisieren, ist das globale Positionierungssystem GPS. GPS-Empfänger können in das Handy eingebaut werden, worüber

Standortbestimmung in der Schweiz

Bei einem Anruf auf eine Notrufnummer in der Schweiz wird grundsätzlich die Rufnummerunterdrückung aufgehoben. Für die Rettungsorganisationen ist die Telefonnummer des Anrufenden jederzeit sichtbar. Die Aufhebung gilt auch für Anrufe auf die Nummer der Bahnpolizei (Nummer 0800117117) und des Schweizerischen Toxikologischen Informationszentrums STIZ (Nummer 145). Bei Notrufen mit dem Handy auf die Nummern 112 (europäische Notrufnummer), 117 (Polizeiinotruf), 118 (Feuerwehr), 144 (Ambulanz) und 1414 (Rega) werden seit dem 1. Juli 2006 aus dem GSM-Netz und seit dem 1. Juli 2007 aus dem UMTS-Netz Angaben über den Aufenthaltsbereich der Hilfesuchenden Person in eine zentrale, landesweite Datenbank übermittelt. Damit haben

fachbeiträge

Diese Methode, eine Erweiterung des TDOA-Verfahrens, benötigt zusätzliche Kontrollstationen. Diese Empfangsstationen mit bekannten Positionskordinaten (Location Measurement Units: LMU genannt), empfangen die Signale der umliegenden Mobilfunkantennen. Über diesen Umweg kann die Differenz der Zeitbasen der Antennen (Clock Offset), bestimmt werden. Das Mobiltelefon, das sich im Umkreis von mehreren Mobilfunkantennen befindet, errechnet aus der unterschiedlichen Laufzeit der Signale seine Position. Da die Koordinaten der Antenne bekannt sind, kann das Handy über Dreiecksberechnungen seine Position selbst berechnen. Die Differenz der Zeitbasen wird dem Mobiltelefon über das Mobilfunknetz übermittelt (Bild 8).

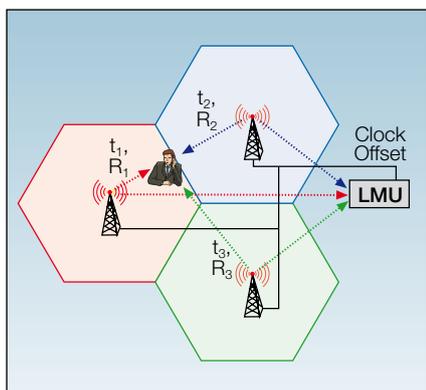


Bild 8 Prinzip der Positionsbestimmung E-OTD.

Ein Notruf kommt herein (siehe Bild 11)

- ❶ Eine Person setzt einen Notruf (z.B. auf Nummer 1414) ab. Der Notruf wird vom Mobilfunkprovider (Swisscom, Orange, Sunrise, Tele 2) entgegengenommen. Anhand der aufgebauten Verbindung bestimmt der Provider die Cell-ID der Funkzelle, in der sich die in Not geratene Person aufhält.
- ❷ Der Mobilfunkprovider leitet den Notruf an die Einsatzleitstelle der Notruforganisation weiter. Gleichzeitig sendet der Provider Informationen an eine Notrufdatenbank. Diese Informationen beinhalten Identifikation des Anrufenden (Telefonnummer MSISDN) und Angaben über den vermuteten Aufenthaltsbereich (Schätzellipsen). Abhängig vom Provider werden eine oder mehrere Ellipsen geliefert. Eine Ellipse ist mit den Mittelpunktkoordinaten, die Länge der kleinen und grossen Halbachse und die Richtung der Ellipse definiert. Die Notrufdatenbank wird von Swisscom Directories [6] verwaltet. Auf die Datenbank können nur legitimierte Anwender zugreifen. Die Informationen werden nach 4 Stunden gelöscht.
- ❸ Der Verantwortliche in der Einsatzleitstelle kann nach dem Entgegennehmen des Notrufs eine webbasierte Anfrage starten. Diese Applikation, Swissphone Locator, wurde von Swissphone Telecom AG [7] entwickelt. Um die Applikation zu starten, muss sich der Einsatzleiter identifizieren (Login mit Passwort). Nach der Identifikation kann der Einsatzleiter die Nummer des Anrufenden eingeben.
- ❹ Die Applikation führt die Informationen aus der Notrufdatenbank (Ellipsen) und dem Locator Server (Kartendatenbank) zusammen. Die Kartendatenbank²⁾ wird ebenfalls von Swissphone verwaltet. Im Locator Server sind alle notwendigen geografischen Informationen abgelegt.
- ❺ Die Karte mit dem vermuteten Aufenthaltsgebiet der in Not geratene Person wird auf dem Bildschirm des Einsatzleiters angezeigt. Das mögliche Aufenthaltsgebiet wird mit einer oder mehreren Ellipsen definiert.
- ❻ Der Einsatzleiter kann dem Rettungsteam die Informationen über das Aufenthaltsgebiet der in Not geratene Person übermitteln.

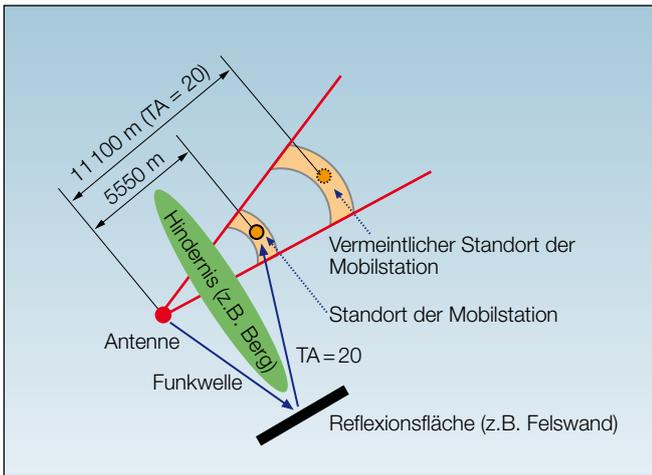


Bild 9 (oben) Falsche Bestimmung des Abstandes wegen Reflexionen bei Anwendung von TA.

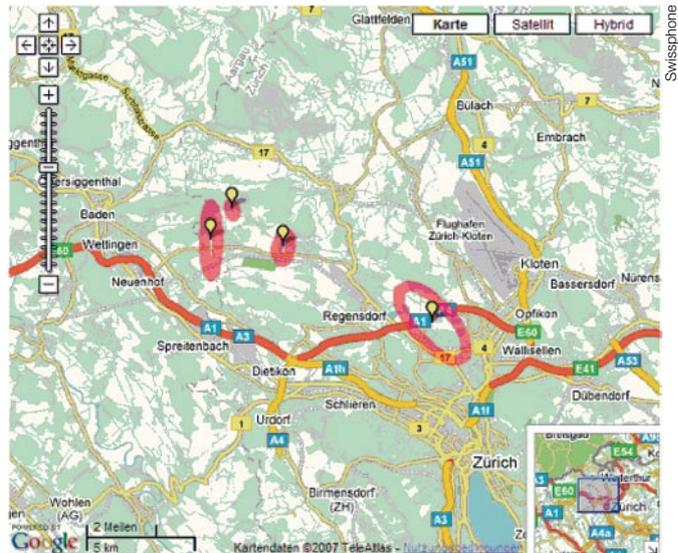


Bild 10 (rechts) Positionsanzeige mit mehreren Ellipsen.

die Notrufzentralen die Möglichkeit, diese Information zu nutzen. Bei Notrufen über Mobilfunknetze kann derzeit zwar nicht der genaue Standort, aber immerhin der mögliche Aufenthaltsbereich ermittelt werden. Die Grösse dieses Bereichs ist dabei von der Grösse der Funkzelle abhängig, über die der Notruf erfolgt. Bild 10 zeigt den Kartenausschnitt, der den Rettungsorganisationen zur Verfügung steht. Der Kasten auf Seite 18 und Bild 11 beschreiben den Ablauf in einer Notrufzentrale.

che mit den beteiligten Firmen und Organisationen, dass in einem ersten Schritt nur das Verfahren mit Cell-ID und der dazugehörigen elliptischen Empfangsfläche (evtl. auch mehrere) zum Einsatz kommt. Wird von einem Mobilfunkteilnehmer ein Notruf abgesetzt, liefert der Mobilfunkprovider die dazugehörigen elliptischen Flächen (1 bis 12, je nach Provider). Die Einsatzleitstelle kann nach dem Empfang des Notrufs eine Karte mit eingezeichneten Ellipsen aufrufen und den Such- und Rettungseinsatz koordinieren. Der Parameter Timing Advance (TA) bei GSM wird nicht berücksichtigt. Versuche haben nämlich ergeben, dass wegen Reflexionen (z.B. im Gebirge oder in städtischen Gebieten) und wegen beträchtlichen

Niveaunterschieden zwischen GSM-Antenne und Handy die Ausbreitung der Funkwellen nicht geradlinig erfolgt, sondern oft über Umwege. Nimmt die Funkwelle einen Umweg, kann keine zuverlässige Aussage mehr über die Entfernung des Anrufenden zur Sendeantenne gemacht werden (Bild 9).

In der Praxis

Gemäss Aussage einzelner Notruforganisationen ist der Qualitätsunterschied der Visualisierung beträchtlich. Abhängig vom Provider werden eine oder mehrere Ellipsen geliefert (Bild 10). Auch bezüglich Grösse der Ellipsen ist der Unterschied markant. Es scheint eine hohe Kunst zu sein, die optimale Fläche aufzuzeigen: Nicht zu gross und nicht zu klein soll sie sein. Die Beschreibung des Aufenthaltsbereiches kann also optimiert werden.

Die Angabe eines Aufenthaltsbereiches in der Grössenordnung von 1 km² bis zu mehr als 100 km² erlaubt keine punktgenaue Lokalisierung. Wird eine in Not geratene Person nach einem Anruf bewusstlos, wird eine rasche Bergung unwahrscheinlicher. Ist der Hilfesuchende jedoch bei Bewusstsein und kann beim Suchen helfen, z.B. mit Zeichen oder durch eine detaillierte Beschreibung der Landschaft, ist eine Rettung in nützlicher Frist eher möglich.

Die Verwendung der Lokalisierungstechnik Cell-ID ist ein erster Schritt. Der Einsatz von Handys mit eingebauten Satellitennavigationsempfängern (GPS etc.) ist eine Möglichkeit, die Geräte genauer zu lokalisieren. Auch die Mobilfunkprovider könnten mit einer verbesserten Definition des Sendebereichs oder wo möglich durch die Einführung neuer Triangulationstechniken die

Wahl der Technologie

Nach einer längeren Evaluations- und Testzeit entschied das Bakom³⁾ in Abspra-

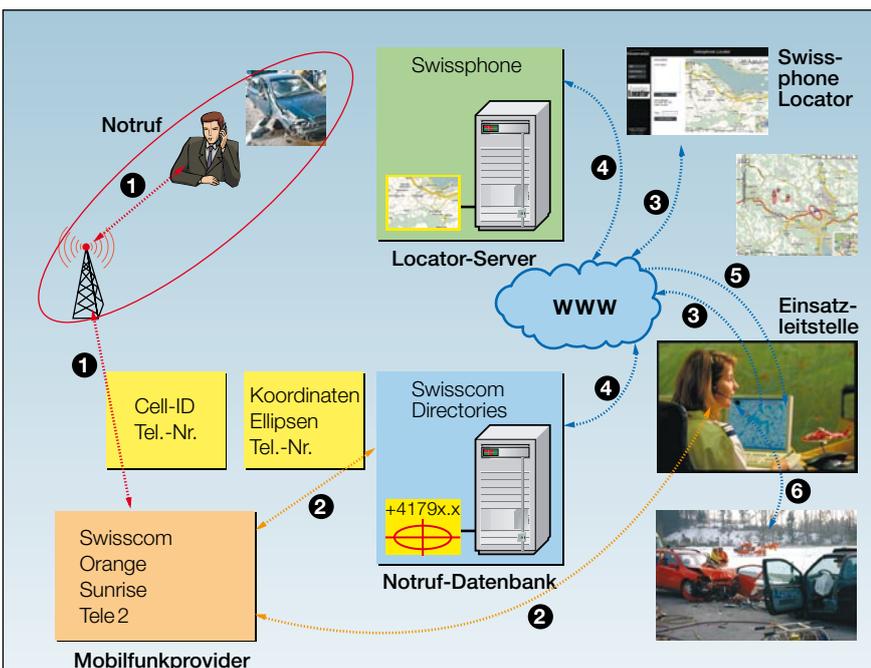


Bild 11 Ablauf einer Standortlokalisierung.

Lokalisierung verbessern – mit entsprechendem technischen Aufwand.

Eine weitere Idee besteht, ähnlich wie mit einem Suchgerät für Lawinenverschüttete, das Handy eines Verunfallten zu orten. Auch wenn dieser nicht mehr selbst telefonieren kann, ist es eingeschaltet und im GSM-Netz angemeldet. Dies würde Rettungsaktionen merklich beschleunigen. Die Entwicklung der optimalen Standortbestimmung ist noch nicht abgeschlossen.

Referenzen

- [1] Art. 29 (Standortidentifikation bei Notrufen) der Verordnung über Fernmeldedienste (FDV, SR 784.101.1), www.admin.ch/ch/d/sr/c784_101_1.html
- [2] Federal Communication Commission: www.fcc.gov/911/enhanced

- [3] eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2005/com2005_0431de01.pdf
- [4] www.funksender.ch/webgis/bakom.php
- [5] www.navcen.uscg.gov/ftp/gps/status.txt
- [6] www.directories.ch
- [7] www.swissphone.com

Angaben zum Autor

Prof. **Jean-Marie Zogg** ist Dozent für Elektronik, Elektrotechnik und Mobile Computing, Fachrichtung Satellitennavigation und Satellitenkommunikation, an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Chur.
*HTW Chur, 7004 Chur,
jean-marie.zogg@fh-htwchur.ch*

¹⁾ Enhanced 911, 911 ist in den USA die Sammelnummer aller Notrufe.

²⁾ Geografisches Informationssystem GIS, mit Karten von Google oder vom Nutzer selbst bestimmt.

³⁾ Bakom: Bundesamt für Kommunikation.

Résumé

D'où vient l'appel d'urgence?

Le point de la situation dans le réseau suisse de radio mobile. Lors d'un appel d'urgence, les services sanitaires, la police, les pompiers ou la garde aérienne de sauvetage doivent réagir rapidement. Pour cela, il leur faut connaître l'emplacement précis de l'accident – qu'ils ne reçoivent cependant pas toujours. Souvent en effet, les personnes concernées ne peuvent fournir d'indications précises. Une indication telle que «Je suis sur l'autoroute de Berne en direction de Zurich» ne suffit pas pour engager une intervention.