

Diplomarbeit

im Studiengang

Medical Engineering

Titel

Entwicklung eines Systemkonzeptes zur Unterstützung der präklinischen
Diagnose sowie der Triage bei Massenanfällen von Verletzten nach
Großbränden

Student

Thomas Fauth

Betreuer

Prof. Dr. Edgar Jäger
Dipl. inform. Tobias Bachmor
Dipl. Ing. Martin Fischer

DA-Nr.

D_122W02

Karlsruhe, den 28.02.2003

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt habe.

Die verwendeten Literaturquellen sind im Literaturverzeichnis vollständig zitiert.

Karlsruhe, den 28.02.2003

Thomas Fauth

Ringstraße 11
77839 Lichtenau

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. Jürgen Schöchlin, der es mir in seiner damaligen Funktion als Abteilungsleiter ermöglichte diese Diplomarbeit zu schreiben. Er stand mir mit fachlichen und persönlichen Ratschlägen jederzeit zu Seite. Herrn Dr. Spörri vom Fürst Stirnum Klinikum in Bruchsal möchte ich mich für die zahlreichen fachlichen Gespräche danken, bei denen ich mir umfangreiches Wissen in der Toxikologie aneignen konnte. Des weiteren danke ich dem Abteilungsleiter von MIT im FZI, Herrn Dr. Stork für die wertvollen Ratschläge bezüglich der Durchführung einer Diplomarbeit. Meinen beiden Betreuern im FZI Tobias Bachmor und Martin Fischer danke ich für ihre Unterstützung in all meinen Fragen. Ein dank gilt allen Mitarbeitern der Abteilung Medizinische Informationstechnik des FZI, besonders der guten Seele Frau Mainz. Natürlich möchte ich mich bei meiner Freundin, Britta Kaufmann bedanken, die mir trotz meiner Launen immer wieder gute Ratschläge und eine innere Ausgeglichenheit gegeben hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Grundlagen.....	1
1.1	Brände und Toxikologie.....	1
1.1.1	Kohlenstoffmonoxid.....	3
1.1.2	Reizgase	5
1.1.3	Cyanwasserstoff	6
1.2	Szenario Massenanfall von Verletzten.....	7
1.2.1	Individualmedizin.....	7
1.2.2	Katastrophenmedizin / Großschadensereignis	9
1.2.3	Triage von Patienten mit Verdacht auf Rauchgasintoxikation.....	11
1.3	Ansatzpunkte für ein Systemkonzept.....	14
1.3.1	Probleme der präklinischen Diagnostik	14
1.3.2	Probleme der Triage	15
1.3.3	Anforderungen und Ziele	16
2	Systemkonzept	18
2.1	Vorgehensweise.....	18
2.2	Szenario	19
2.3	Kommunikation.....	21
2.3.1	Bluetooth	21
2.3.2	Tetra	27
2.3.3	DECT	33
2.3.4	WLAN 802.11	39
2.3.5	GSM	45
2.3.6	Anforderungen an die Kommunikationstechnik	54
2.3.7	Diskussion Kommunikationstechnik.....	58
2.3.8	Resümee und Entscheidung	63
2.4	Mobile Computer	64
2.4.1	Handheld / Pocket PC	65
2.4.2	Tablet PC.....	69
2.4.3	Laptop.....	72
2.4.4	Anforderungen Mobile Computer	74
2.4.5	Diskussion und Entscheidung	76
2.5	Analyseeinheit.....	79
2.5.1	Anforderungen an die Messtechnik.....	80
2.5.2	Geeignete Nachweismedien und Nachweisverfahren	82
2.5.3	Photometrie und Blutgasanalytik	84
2.5.4	Trockenchemie	86
2.5.5	Elektrochemische Sensoren.....	87
2.5.6	Diskussion und Entscheidung Analyseeinheit	89
2.6	Software.....	92

2.6.1	Software für Tablet PC.....	92
2.6.2	Software für Laptop	94
2.7	Ergebnisse Systemkonzept	96
3	Prototyp	100
3.1	Vorgehensweise.....	101
4	Fazit.....	107
5	Anhang.....	109
5.1	Quellcode des Prototyps.....	110
6	Quellenverzeichnis.....	135

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb.1: Brand des Düsseldorfer Flughafens (1996)</i>	1
<i>Abb.2: Struktur der Moleküle O₂Hb (l) und COHb (r)[15]</i>	3
<i>Abb.3: Andockpunkt des Zyanidions an das MetHb Molekül</i>	6
<i>Abb.4: Einsatzszenario Individualmedizin</i>	8
<i>Abb.5: Organisationschema Massenansturm [26]</i>	10
<i>Abb.6: Triage von Patienten</i>	10
<i>Abb.7: Triagekarte</i>	11
<i>Abb.8: Ablaufschema bei einem Massenansturm von Verletzten bei einem Brand</i>	12
<i>Abb.9: Kommunikation bei einem Großschadensereignis</i>	13
<i>Abb.10: Mehrfachdokumentation</i>	15
<i>Abb.11: Mögliches Szenario Systemkonzept</i>	20
<i>Abb.12: Offizielles Bluetooth Logo[32]</i>	21
<i>Abb.13: Verschiedene Verbindungsmöglichkeiten</i>	22
<i>Abb.14: Frequenzsprünge</i>	23
<i>Abb.15: Zeitschlitz</i>	23
<i>Abb.16: Aufbau des Bluetooth Protocoll Stacks [34]</i>	24
<i>Abb.17: Geräte und Module mit Bluetooth Funktechnik</i>	26
<i>Abb.18: Offizielles Tetra Logo[47]</i>	27
<i>Abb.19: Tetra Architektur [45]</i>	28
<i>Abb.20: Schnittstellen im Tetra-Netz [45]</i>	29
<i>Abb.21: Verbindung mit Laptop</i>	32
<i>Abb.22: Struktur des DECT Systems [56]</i>	34
<i>Abb.23: DECT-Frequenzen</i>	36
<i>Abb.24: DECT Applikation aus [62]</i>	38
<i>Abb.25: WLAN im Ad Hoc Modus</i>	40
<i>Abb.26: WLAN im Infrastrukturbetrieb</i>	40
<i>Abb.27: Schichtenmodell WLAN</i>	41
<i>Abb.28: Richtantenne zu Vergrößerung der Reichweite[71]</i>	43
<i>Abb.29: Geräte mit dem WLAN Standard [72]</i>	44
<i>Abb.30: Aufbau des GSM Systems</i>	47
<i>Abb.31: Frequenzhopping Verfahren</i>	48
<i>Abb.32: Zellulärer Aufbau des GSM Netzes</i>	49
<i>Abb.33: GSM Handys verschiedener Hersteller</i>	50
<i>Abb.34: Netzabdeckung von T-Mobile und Vodafone</i>	54
<i>Abb.35: Abnahme der Sendeleistung</i>	56
<i>Abb.36: Produktgruppen mobile Computer</i>	64
<i>Abb.37: Jornada 720 und Ipaq</i>	68
<i>Abb.38: Tablet PC und Laptop in einem Gerät, Portégé 3500 Fa. Toshiba [89]</i>	69
<i>Abb.39: Verschiedene Tablet PC Modelle</i>	71
<i>Abb.40: Korrelation zwischen ausgeatmetem CO und COHb [101]</i>	82
<i>Abb.41: Laborparameter und ihre Bedeutung</i>	83
<i>Abb.42: Absorptionsspektren der Dyshämoglobine [108]</i>	84
<i>Abb.43: Schematische Abbildung Dräger Röhrchen [108]</i>	86
<i>Abb.44: Dräger Spürröhrchen[107]</i>	86
<i>Abb.45: Schematischer Aufbau eines elektrochemischen Sensors</i>	87

<i>Abb.46: Elektrochemische Gassensoren [112]</i>	88
<i>Abb.47: CO und COHb Messgerät ToxCO der Fa. Bedford [113]</i>	88
<i>Abb.48: Zugriff auf Datenbanken von Leistelle und KIS</i>	95
<i>Abb.49: Bildliche Darstellung Systemkonzept</i>	98
<i>Abb.50: Prototyp</i>	100
<i>Abb.51: Eine Auswahl an virtuellen Maschinen [95]</i>	102
<i>Abb.52: Beispiele für die Programmoberfläche</i>	102
<i>Abb.53: Acer Bluetooth Funkmodul</i>	103
<i>Abb.54: Programmablaufplan</i>	106

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Brandgut und Brandprodukte [4, 6]</i>	2
<i>Tabelle 2: Symptome bei COHb Konzentrationen[6, 13, 15]</i>	4
<i>Tabelle 3: Typen von Reizgasen</i>	5
<i>Tabelle 4: zeitlicher Ablauf der Diplomarbeit</i>	18
<i>Tabelle 5: Zusammenfassung der Kommunikationstechniken</i>	52
<i>Tabelle 6: Aufbau der Entscheidungsmatrix</i>	59
<i>Tabelle 7: Entscheidungsmatrix Kommunikation</i>	60
<i>Tabelle 8: Verschiedene VMs [95]</i>	67
<i>Tabelle 9: Tablet PCs und deren Betriebsdauer</i>	71
<i>Tabelle 10: Zusammenfassung mobile Computer</i>	76
<i>Tabelle 11: Entscheidungsmatrix mobile Computer</i>	77
<i>Tabelle 12: Zusammenfassung Analytik</i>	89
<i>Tabelle 13: Entscheidungsmatrix Analyseinheit</i>	90

1 Motivation und Grundlagen

Um ein Verständnis für die Problematik bei einem Massenanfall von Verletzten mit inhalierten Brandgasen zu bekommen sind medizinische, toxikologische sowie grundlegende Erkenntnisse in der Notfallmedizin und in der Katastrophenmedizin erforderlich. Diese sollen in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert werden.

1.1 Brände und Toxikologie

In der Bundesrepublik Deutschland brennt es jährlich ca. 200.000 mal [1, 2]. Bei Hausbränden und Bränden von industriellen Gebäuden werden in einem Jahr 60.000 Menschen leicht und 6000 schwer verletzt[3]. Im Jahre 2000 verloren 475 Menschen ihr Leben [2]. Einer der Brände, der mit einem Massenanfall von Verletzten einherging, war der Flughafenbrand in Düsseldorf 1996. Dabei starben 17 Menschen mehr als 80 wurden durch Brandgase schwer verletzt (Abb.1). Im Weiteren soll näher auf Rauchgase, deren Entstehung und deren Folgen für Patienten eingegangen werden.

Die Verbrennungsprozesse eines Feuers laufen unkontrolliert ab. Selbst bei Nutzfeuern ist es oft nicht möglich, die Verbrennungsprozesse und die dabei entstehenden Produkte genau zu beschreiben. Bei Schadensfeuern ist der Sachverhalt aufgrund der sich zeitlich und räumlich ändernden Bedingungen noch komplizierter [4, 5, 6]. Bei bekanntem Brandgut lassen sich jedoch qualitative Aussagen über die entstehenden Brandgase treffen. Bei Brandgasen, handelt es sich um ein heterogenes Substanzgemisch, dessen Zusammensetzung abhängig von der Sauerstoffzufuhr, dem brennenden Stoff und der Temperatur ist. Bei normalen Bränden ist insbesondere mit den vier Leitstoffen Kohlenmonoxid, Blausäure, Formaldehyd und Chlorwasserstoff zu rechnen. Bei speziellen Bränden können abhängig vom brennenden Material auch Stoffe wie Nitrose Gase, Acrolein, Schwefeldioxid, Phosgen, Fluorwasserstoff oder Ammoniak entstehen (siehe Tabelle 1).



Abb1. Brand des Düsseldorfer Flughafens (1996)

Brandgut	Brandprodukte
Bei jedem Brandgut	Kohlenmonoxid
Kunststoffe, verschiedene Monomere	Amine, Nitrile, Cyanwasserstoff, verschiedene Monomere
Seide, Federn, Wolle, Polyacrylnitril, Polyvinylchlorid (PVC)	Cyanwasserstoff, Ammoniak
Zellulose, Papier	Formaldehyd
Polyamide	Nitrose Gase, Ammoniak
Natur- und Kunstfasern	Schwefeldioxid
Fette, Öle, Baumwolle	Acrolein
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	Phosgen
Teflon	Fluorwasserstoff

Tabelle 1: Brandgut und Brandprodukte [4, 6]

Bei einem Großbrand, bei dem mit einem Austritt von Gefahrstoffen gerechnet werden muss, können analytische Messmethoden wie Gaschromatographen durch die Feuerwehr zum Einsatz kommen. Diese Präzisionsanalytik ist für die gesamte Bundesrepublik viermal verfügbar (Berufsfeuerwehr Hamburg, Frankfurt, Mannheim, Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt). Die Gerätschaften sind mobil und lassen sich in einem Notfall auch mit dem Hubschrauber transportieren. Allerdings sind für die Anschaffung dieser Geräte, das Personal und den laufenden Unterhalt hohe Kosten aufzuwenden, weswegen auch nur die geringe Anzahl von Geräten existiert. Es besteht auch die Möglichkeit mit entsprechenden Spürröhrchen, welche auf den Gefahrgutwagen mitgeführt werden eine weitaus weniger genaue Messung durchzuführen (Siehe 2.5.4).

Mit der analytischen Messmethode und dem Haber'schen Gesetz [F1] lässt sich auf der Grundlage von Wetterdaten die Gefährdung der umliegenden Bevölkerung abschätzen.

[F1] Haber'sche Gesetz:

$\text{Giftigkeit} = \text{Konzentration} * \text{Zeit}$
--

Bei Bränden, bei denen nicht mit einem Austritt von Gefahrstoffen gerechnet werden muss, was auch gleichzeitig den Hauptanteil der Brände ausmacht, kommen die oben beschriebenen Gerätschaften nicht zum Einsatz.

Brandprodukte schädigen den menschlichen Körper auf unterschiedlichste Art und Weise. Im Allgemeinen lässt sich jedoch sagen, dass die toxikologische Potenz eines Brandgases mit dem Haber'schen Gesetz beschrieben werden kann [5, 6, 7]. Die Giftigkeit eines Stoffes ist ein Produkt aus der Konzentration des Stoffes in der Atemluft und der Zeit der Exposition. Die Brandprodukte bzw. Brandproduktgruppen Kohlenstoffmonoxid, Reizgase und Zyanidgase sind überwiegend an der Schädigung des menschlichen Organismus beteiligt und verdienen daher besondere Aufmerksamkeit [4, 5, 6, 8].

1.1.1 Kohlenstoffmonoxid

Das Rauchgas Kohlenstoffmonoxid (CO) entsteht praktisch bei jedem Verbrennungsvorgang, bei dem ein Stoff unter unzureichender Zufuhr von Sauerstoff verbrennt (unvollständige Verbrennung). Somit ist bei jedem Brand mit einer erhöhten Konzentration von Kohlenstoffmonoxid zu rechnen. Bei 95% aller Verletzten durch Brandgase lässt sich eine Kohlenstoffmonoxidvergiftung nachweisen [5, 9]. Da CO auch beim Verbrennungsvorgang des Automotors entsteht, wird es häufig bei Suizidversuche eingesetzt. Es ist ein geruchloses und farbloses Gas, welches auch durch Wände hindurch diffundieren kann [10, 11, 12, 13, 14].

Kohlenstoffmonoxid wird eingeatmet und in die Lunge transportiert. In den Alveolen (Lungenbläschen), wo der Gasaustausch stattfindet, wird das CO an das Blut abgegeben. Kohlenstoffmonoxid reagiert mit dem Hämoglobin der Erythrozyten, genauer gesagt mit dem 2-wertigen Eisen Molekül des Hämoglobins und bindet sich an dieses (Abb.2). Normalerweise transportiert das Hämoglobin Sauerstoff von den Alveolen zu den Zellen und Kohlendioxid (CO₂) zu einem geringen Teil auch in die entgegengesetzte Richtung. Bei der Bindung von CO an das Hämoglobin Molekül entsteht Carboxyhämoglobin (COHb), welches den Sauerstoff nicht mehr binden kann. Die Affinität des CO an das Hämoglobin ist um den Faktor 200-300 größer als die des Sauerstoffs [10, 11, 12, 13, 14]. Die Folge davon ist eine Verdrängung des Sauerstoffes und ein erschwertes Abatmen von CO. Die Körperzellen sind abhängig vom Sauerstoff. Kann das Gesamthämoglobin bei einer CO-Vergiftung weniger Sauerstoff binden, da ein Teil mit dem unfunktionellen COHb beladen ist, sinkt der Sauerstoffgehalt in den Zellen ab. Je mehr Hämoglobinmoleküle vom CO beladen sind, desto geringer ist der Sauerstoffgehalt in den Zellen. Diese Minderversorgung an Sauerstoff kann zu Gewebsschädigungen bis hin zu einer inneren Erstickung führen (siehe Tabelle 2).

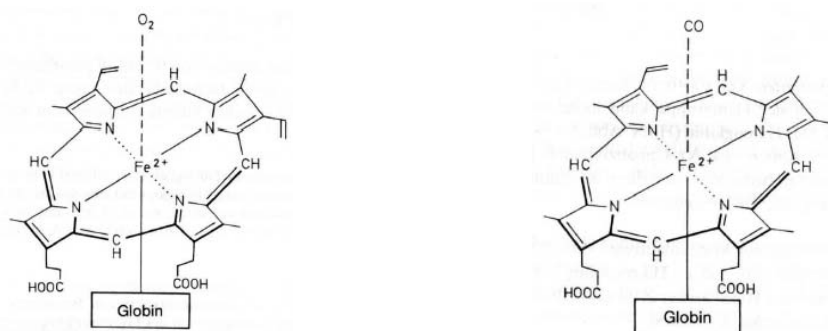


Abb.2: Struktur der Moleküle O₂Hb (l) und COHb (r)[15]

Symptomatik und Maßnahmen

Wie stark der Einfluss von Kohlenstoffmonoxid auf den Gasaustausch ist, hängt von der Konzentration in der Inspirationsluft ab. Bei einer Kohlenstoffmonoxidkonzentration von nur 0,01% (100ppm= 100parts per million) in der Atemluft steigt der Anteil des COHb im Blut auf ca. 12 % an. Bei einer Konzentration von ca. 2000ppm liegt eine akute Vergiftung vor. Die Symptome, die Patienten mit einer Kohlenmonoxidvergiftung vorweisen hängen wiederum von der COHb-Konzentration um Blut ab[6]. Diese sind in Tabelle 2 aufgeführt.

COHb Konzentration im Blut	Symptome
10-30%	Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit
30-40%	Müdigkeit, Verwirrtheit
40-60%	Bewusstlosigkeit, Hypotonie
>60%	Rascher Tod durch Hypoxie (Sauerstoffmangel im Gewebe)

Tabelle 2: Symptome bei COHb Konzentrationen[6, 13, 15]

Bei der Betrachtung der Konzentrationen an COHb muss beachtet werden, dass der menschliche Organismus selbst CO bilden kann[123]. Nicholas [16] zeigt in einer Studie mit über 11000 Personen, dass eine COHb Konzentration von bis zu 2% bei 97% aller getesteten Nichtraucher vorliegt. Im Gegenzug konnte bewiesen werden, dass bei 98% der getesteten Personen bei einem COHb Wert von 2,5% entweder eine bekannte Nikotinsucht, oder eine toxikologische CO Vergiftung vorliegt. Patienten mit Asthma bronchiale oder einer anderen obstruktiven Erkrankung reagieren wesentlich stärker auf einen Anstieg an COHb, da bereits eine pathologische Schädigung der Atmung vorliegt [6, 13, 14, 15].

Die Konzentration an COHb kann klinisch mittels einer photometrischen Messung des Blutes bestimmt werden (CO-Oximeter). Nach der Rettung aus dem Gefahrenbereich unter Atemschutz, erfolgt bei Patienten mit einem Verdacht auf eine CO-Vergiftung die sofortige hochprozentige Applikation von Sauerstoff. Bewusstlose Patienten werden durch den Notarzt intubiert und mit einer PEEP Beatmungsform (PEEP = positiv endexpiratory pressure) ventiliert[13, 14]. In schweren Formen der Vergiftung sollte an eine hyperbare Oxygenierung in einer Druckluftkammer gedacht werden. Damit kann eine rasche Herabsetzung des COHb-Spiegels erzielt werden[124].

1.1.2 Reizgase

Eine durch Reizgase hervorgerufene Vergiftung wird auch als Inhalationstrauma oder Reizgasintoxikation bezeichnet. Unter dem Begriff der Reizgase fallen Brandgase wie Formaldehyd, Nitrose Gase, Acrolein, Schwefeldioxid, Phosgen, Flurwasserstoff, Chlorwasserstoff und Ammoniak. Die Wirkung aller Reizgase ist geprägt durch die Reaktion der Gase mit den Wänden des oberen und unteren Atmungstraktes. Je nach Wasserlöslichkeit des Stoffes unterscheidet man Reizgase vom Sofort-Typ und Reizgase vom Latenz-Typ (siehe Tabelle 3). Reizgase vom Sofort-Typ zeigen eine gute Wasserlöslichkeit und wirken bereits in den oberen Atemwegen, während Reizgase vom Latenz-Typ schlecht wasserlöslich sind und bis in die tiefen Abschnitte des Respirationstraktes gelangen.

Reizgase vom Sofort-Typ	Reizgase vom Latenz-Typ
Flurwasserstoff, Chlorwasserstoff, Ammoniak, Acrolein, Formaldehyd, Schwefeldioxid	Nitrose Gase, Phosgen, Cadmiumoxid

Tabelle 3: Zwei unterschiedliche Typen von Reizgasen

Beim Sofort-Typ tritt eine Schleimhautirritation von Mund-, Rachen- und Nasenraum auf. Die Folge ist ein Anschwellen des Areal und eine Rötung. Reizgase vom Latenz-Typ schädigen in den tiefen Abschnitten des Respirationstraktes die Alveolarmembranen und Kapillarwände. In schweren Fällen kommt es zu einer Zerstörung des respiratorischen Epithels, teilweise mit hämorrhagischer Exsudation in die Alveolen und ins Lungeninterstitium (Lungenödem) [6, 10, 13, 14]. Dieses toxische Lungenödem kann mit einer zeitlichen Verzögerung von bis zu 24 Stunden auftreten. Der dazwischenliegende Zeitraum kann beschwerde- und symptomfrei sein. Die Letalität beträgt hier über 90% [6, 13, 14].

Symptomatik und Maßnahmen

Im Bereich der Atemwege führen die Reizgase beider Gattungen zu einem Reizhusten, einer Dyspnoe oder retrosternalen Schmerzen. Es sind meistens Rötungen im Bereich des Nasen-Rachenraums zu erkennen. Auch brennende Augen oder Schwindel verbunden mit Kopfschmerzen können auftreten. Die Symptome sind je nach Schwere der Exposition unterschiedlich und mehr oder weniger stark ausgeprägt. Es besteht auch die Möglichkeit, dass ein Patient eine starke Exposition erfahren hat, längere Zeit beschwerdefrei ist und mit einer Latenzzeit von bis zu 24 Stunden ein massives Lungenödem entwickelt [6, 13, 14].

Patienten mit Inhalationstrauma wird Sauerstoff appliziert. Außerdem erfolgt eine medikamentöse Behandlung mit Bronchodilatoren (β_2 Sympathomimetika), Hustenhemmer (Antitussiva) und gegebenenfalls Kortisongabe über Aerosole [13, 14].

An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass die eingesetzten Kortison sprays in keiner wissenschaftlichen Publikation auf ihre Wirksamkeit bezüglich der eingesetzten Menge überprüft wurden [17].

1.1.3 Cyanwasserstoff

Cyanwasserstoff entsteht bei der Verbrennung von Naturprodukten (Wolle, Seide, Federn) aber auch beim Brand von Kunststoffen oder anderen stickstoffhaltigen Verbindungen. Cyanwasserstoff kann ebenfalls bei Gefahrgutunfällen in der chemischen Industrie (weltweite Jahresproduktion ca. 1,55 Mio. Tonnen) und bei Unfällen in Galvanisierungs- und Härtungsbetrieben austreten. Cyanwasserstoff (HCN) wird auch Blausäuregas genannt, ist farblos und hat einen typischen Bittermandelgeruch [6, 18, 19].

Die Blausäurevergiftung wird durch das Zyanidion (CN^-) verursacht. Es wird inhalatorisch recht rasch ins Blut aufgenommen. Der über die Atemwege aufgenommene Sauerstoff wird vom Hämoglobin transportiert und gelangt über die Blutbahn zu den Zellen, wo er abgegeben wird. Dort ist der Wirkort des Blausäuregases. Es hemmt ein Enzym, welches für die Abgabe des Sauerstoffs zuständig ist, indem es sich an dessen dreiwertige Eisenatom anlagert und es inaktiviert. Die Zellatmung wird gestört, sodass der Sauerstoff unverbraucht ins venöse Blut gelangt (innere Erstickung) [20, 21, 22]. Es entsteht ein Sauerstoffmangel in den Zellen (zytotoxische Hypoxie). Die Zellen stellen ihre Energiegewinnung auf eine anaerobe Methode um, wobei als Abfallprodukt Laktat (Milchsäure) entsteht.

Symptome und Maßnahmen

Patienten mit einer Blausäurevergiftung zeigen eine Bindehautentzündung, ein Kratzen im Hals, Kopfschmerzen und Ohrensausen, Schwindel und Erbrechen. Die Patienten zeigen Anzeichen von Atemnot, jedoch nicht die normalerweise auftretende blau-gräuliche Färbung der Haut (Zyanose). Klinisch kann durch eine Blutgasanalyse der Laktatspiegel bestimmt werden. Er dient zur klinischen Diagnostik der Cyanwasserstoff-Vergiftung [10, 13, 14].

Bei dieser Form der Vergiftung ist eine hochprozentige Sauerstoffgabe indiziert. Als medikamentöse Therapie wird die Gabe von Methämoglobinbildner angestrebt. Bei Methämoglobin (MetHb) wurde das normalerweise in zweiwertiger Form vorliegende Eisen zu dreiwertigem oxidiert. Es kann analog zum COHb keinen Sauerstoff mehr binden. MetHb hat jedoch eine weitaus höhere Affinität zum Zyanidion (CN^-) als das durch CN^- blockierte Enzym (Abb.3). Folglich bindet sich CN^- an MetHb und kann über den Abbauprozess des MetHb über die Niere ausgeschieden werden [10, 14].

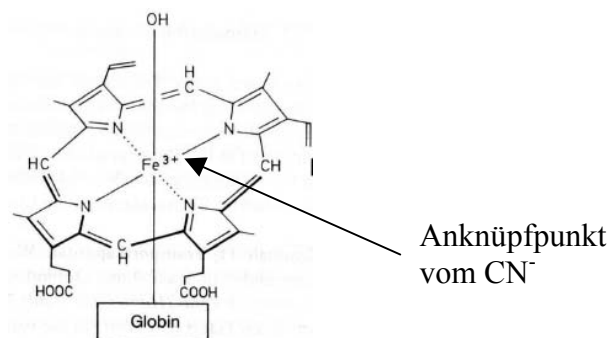


Abb.3: Andockpunkt des Zyanidions an das MetHb Molekül

1.2 Szenario Massenanfall von Verletzten

Die stark differierende Vorgehensweisen und Arten des Managements im Umgang mit Verletzten in der sogenannten Individualmedizin zum Einen und zum Anderen in der Katastrophenmedizin, verdeutlichen die nachfolgende Abschnitte.

1.2.1 Individualmedizin

Der heutige Rettungsdienst ist für die technische, medizinische und psychologische Maximalversorgung eines Notfallpatienten ausgelegt. Man spricht hier von Individualmedizin. Der Rettungsdienst für alle Maßnahmen zur Überwachung, Herstellung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen durch und transportiert die Patienten zu einer geeigneten klinischen Einrichtung. Diese Vorgehensweise basiert auf dem in Europa weit verbreitetem Prinzip von „stay and play“. Transporte werden normalerweise erst dann durchgeführt, wenn der Patient anhand seiner Vitalfunktionen transportfähig ist. Ein Transport im Stil der amerikanischen Paramedics (load and go), hier wird der Patient schnellstmöglich in ein Krankenhaus transportiert, wird in Deutschland nur in Ausnahmefällen praktiziert, ist üblicherweise obsolet. Diese Ausnahmen können zum Beispiel unstillbare Blutungen, Polytraumen, schwere Verbrennungen oder Ähnliches sein[13, 14].

Struktur

Zuständig für das Betreiben des Rettungswesens sind die Länder der Bundesrepublik Deutschland. Ein Bundesland überträgt die Durchführung des Rettungsdienstes einem Träger wie der Feuerwehr oder einer Hilfsorganisation(ASB, DRK, Johanniter, Malteser). Der mit dem Rettungswesen beauftragte Träger ist zur Einrichtung und zum Betreiben aller notwendigen Einrichtungen, welche durch das jeweilige Landesrettungsdienstgesetz vorgegeben werden, wie Rettungsleitstellen und Rettungswachen verpflichtet.

Wichtige Einrichtungen

Die Rettungsleitstelle ist das zentrale Organ des Rettungsdienstes, bei ihr laufen die Notrufe von Hilfesuchenden ein. Sie erteilt die Anordnungen an die Einsatzkräfte, koordiniert deren Fahrten und überwacht den Funkverkehr.

In den Rettungswachen werden Rettungsmittel vorgehalten, die mit qualifiziertem Personal besetzt werden. Ihre Standorte sind so auf den Rettungsdienstbereich verteilt, dass die vorgegebenen Hilfsfristen eingehalten werden und eine möglichst gleichmäßige Versorgung der Bevölkerung sichergestellt ist. Die Hilfsfrist ist die mittlere Zeitspanne zwischen dem Eingang des Notrufs in der Rettungsleitstelle und dem Eintreffen des Rettungsdienstes an der Einsatzstelle. Sie ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal, eine bedeutende Planungsgröße bei der Gestaltung der Infrastruktur, aber auch ein entscheidender Kostenfaktor: Je kürzer die Hilfsfrist, um so mehr Wachen, Fahrzeuge und Personal müssen vorgehalten werden.

Rettungsmittel

Rettungsmittel werden in bodengebundene Rettungsmittel und Luftrettungsmittel untergliedert.

Zu den bodengebundenen Rettungsmittel gehören Krankentransportwagen, Rettungswagen, Notarztwagen und Notarzteinsetzfahrzeuge, wobei Krankentransportwagen nicht in der Notfallrettung eingesetzt werden. Ein moderner Rettungswagen besitzt alle notwendigen Geräte, um die Vitalfunktionen des Notfallpatienten zu überwachen, herzustellen und aufrecht zu erhalten. Ein Notarztwagen besitzt dieselbe Ausstattung, ist jedoch mit einem Notarzt besetzt. Ebenso existieren sogenannte Notarzteinsetzfahrzeuge, speziell ausgestatteten Pkws, die den Notarzt unabhängig vom Rettungswagen zum Notfallort bringen.

Als Luftrettungsmittel wird der Rettungshubschrauber eingesetzt. Er stellt die notärztliche Versorgung innerhalb eines Radius von 50-70km sicher und ergänzt den bodengebundenen Rettungsdienst. Rettungshubschrauber werden in der Notfallrettung eingesetzt, wenn der Einsatzort innerhalb der Hilfsfrist anders nicht zu erreichen oder die notärztliche Versorgung anders nicht sicherzustellen wäre. Außerdem werden Rettungshubschrauber eingesetzt um Patienten schnellstmöglich in eine Spezialeinrichtung zu transportieren[14, 14, 23]. Abbildung 4 zeigt den Ablauf eines Einsatzes vom Eingang des Notrufes bei der Rettungsleitstelle bis zum Eintreffen des Einsatzfahrzeuges an der Notfallstelle.

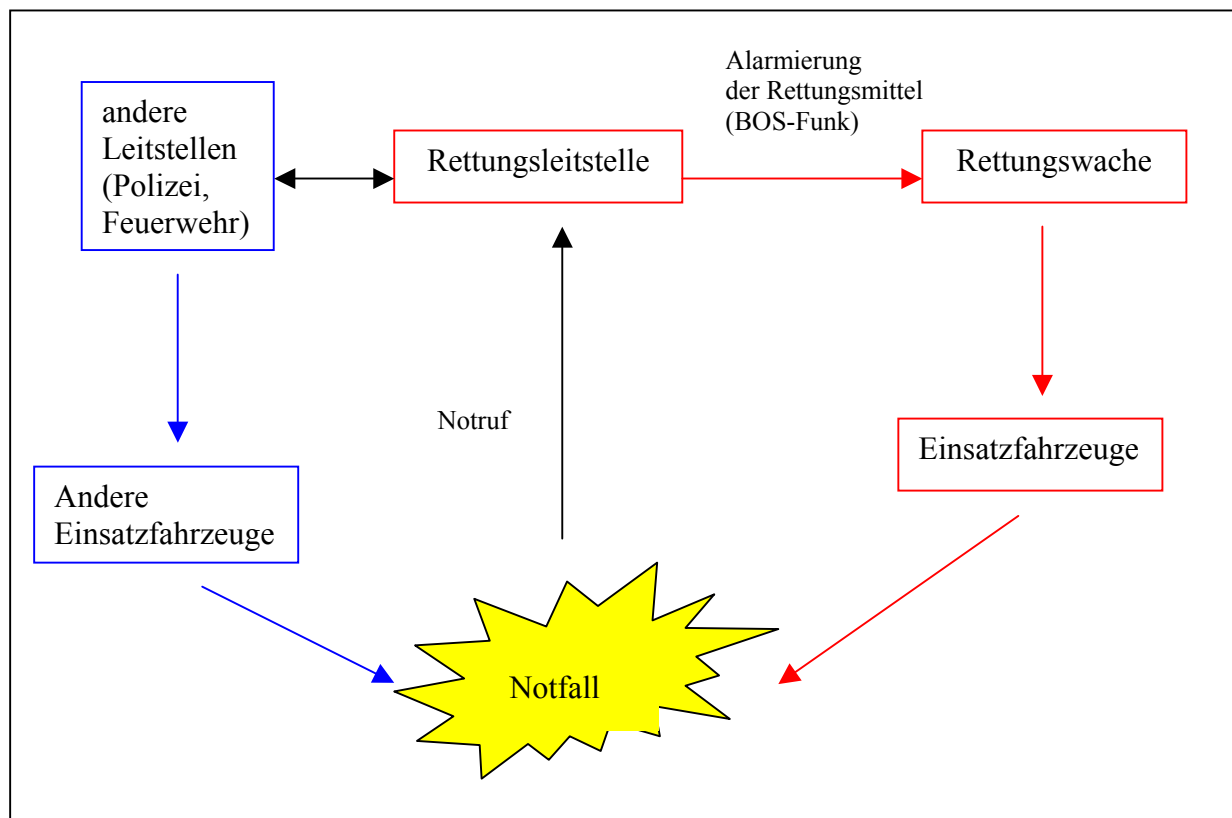


Abb.4: Einsatzszenario Individualmedizin

1.2.2 Katastrophenmedizin / Großschadensereignis

Ein Großschadensereignis oder ein Massenanfall von Verletzten ist ein Vorkommnis, bei welchem die Anzahl der Patienten oder die zu erwartende Anzahl von Patienten die Kapazität des regulären Rettungsdienstes weit überschreitet. Eine Mehrzahl an Patienten kann durch das Hinzuziehen von weiteren Rettungsfahrzeugen und Helfern kompensiert werden. Allerdings muss hier mit einer zeitlichen Verzögerung gerechnet werden. Wobei hier auch beachtet werden muss, dass Fahrzeuge, die einem Versorgungsgebiet zugeordnet sind, welches außerhalb des Einsatzgebietes liegt, nicht rücksichtslos abgezogen werden können [6, 24, 25]. Bei Großschadensereignissen werden speziell dafür ausgelegte Fahrzeuge und ausgebildete Helfer des Katastrophenschutzes alarmiert, welche die Versorgung und Betreuung unterstützen.

Gegenüber der Individualmedizin wird bei einem Massenanfall von Verletzten (MANV) nicht ein Rettungsmittel einem Patienten zugeordnet, sondern es folgt zuerst eine Zusammenführung der Patienten zu einem dafür vorgesehene Sammelstelle (Halle, Zelt), wo zunächst die sogenannte Triage durchgeführt wird. Hierzu mehr im Abschnitt 1.2.3. Nach der Triage werden die Patienten auf die zur Verfügung stehenden Fahrzeuge verteilt oder weiter vor Ort betreut [6, 24, 25].

Eingesetzte Hilfskräfte

Es werden abweichend vom „Normalbetrieb“ eine Mehrzahl von zusätzlichen Helfern, Rettungsmitteln und Einsatzausrüstungen benötigt. Die Operativen Kräfte werden von zusätzlichen Führungspersonen in der Führungsebene geleitet und koordiniert. Die Führungspersonen des Rettungsdienstes unterteilen sich in ärztliche Organisation (LNA: Leitender Notarzt) und rettungsdienstliche Organisation (Organisatorischer Leiter). Während der Leitende Notarzt primär für die medizinische Versorgung und die Führung der Notärzte vor Ort zuständig ist, koordiniert der organisatorische Leiter des Rettungsdienstes die Arbeit der Helfer vor Ort und ist zugleich Kommunikationsschnittstelle zu Rettungsleitstelle und anderen Einsatzleitungen vor Ort (Abb.5) [6, 24, 25, 26].

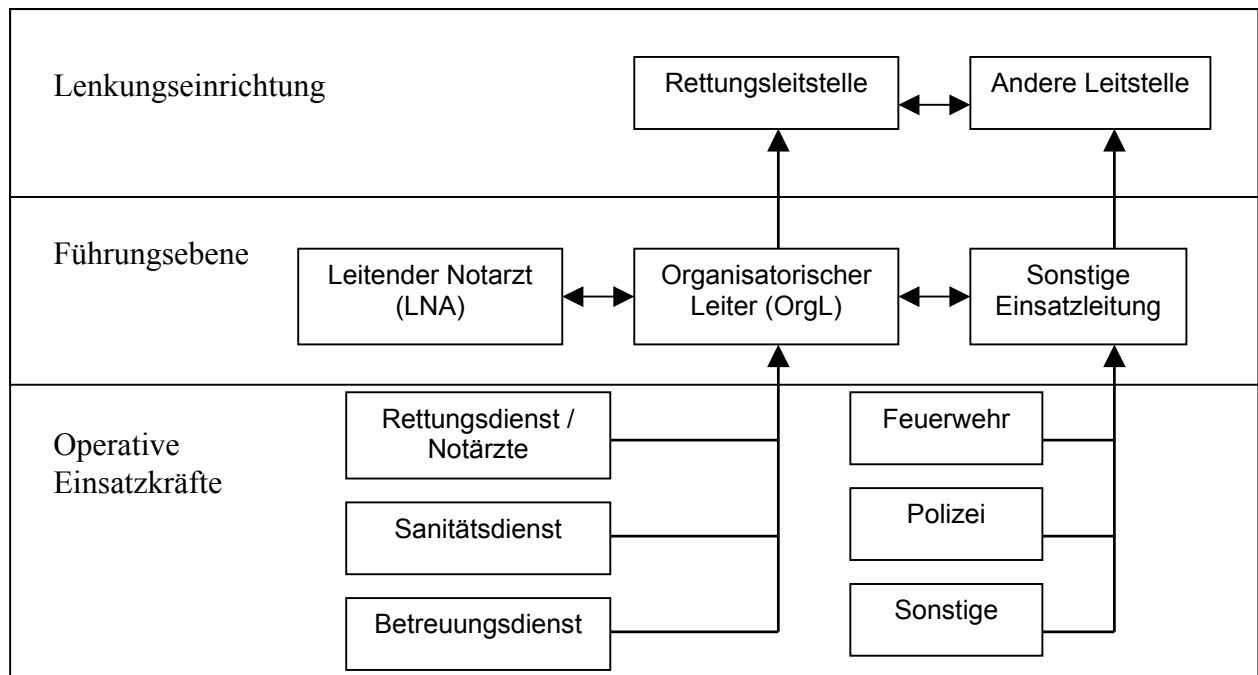


Abb.5: Organisationschema Massenanstfall [26]



Abb.6: Triage von Patienten

1.2.3 Triage von Patienten mit Verdacht auf Rauchgasintoxikation

Bei einer Triage (franz. „auslesen“) werden Patienten anhand ihres Gesundheitszustandes in unterschiedliche Verletzungsklassen eingeteilt. Deutschlandweit sind einheitliche Verletzungsklassen definiert (siehe auch Abb.7).

	Farbe	Priorität
Kategorie I:	rot	Vitale Bedrohung, dringliche Sofortbehandlung
Kategorie II:	gelb	Schwerverletzte, Erkrankte zunächst nicht vital bedroht
Kategorie III:	grün	Leichtverletzte
Kategorie IV:	blau	Tote

Ziel einer Triage ist es, schnellstmöglich einen Überblick über die Anzahl der Verletzten sowie deren Schweregrad zu erhalten. Auf dieser Grundlage werden zusätzliche Helfer, Rettungsmittel und Material hinzugezogen. Die Triage gehört mit zu den Aufgaben des LNAs. Es können jedoch auch Aufgaben des LNAs an andere Ärzte oder Notärzte delegiert werden. Je nachdem welcher Kategorie der Patient zugeteilt wird, erfährt er eine Betreuung, wird behandelt oder notfallmäßig in ein geeignetes Krankenhaus transportiert [6, 14, 26].

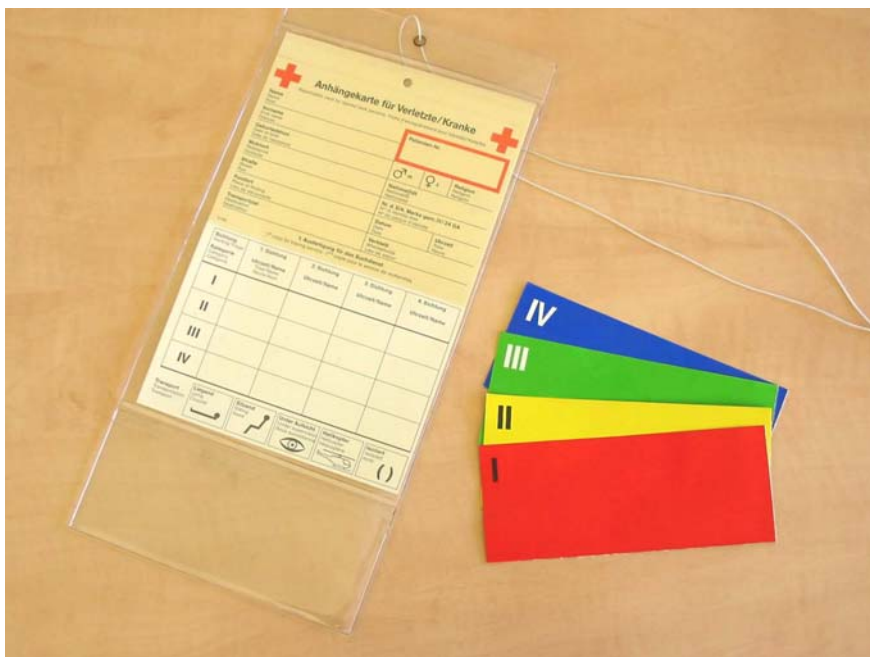


Abb.7: Triagekarte

Bei einem Brand im Speziellen ist die Triage von Patienten aufgrund der unklaren Symptomatik wesentlich schwieriger als bei jedem anderen Ereignis. Der LNA muss sich anhand der Anamnese, der äußeren offensichtlichen Verbrennungs- oder Brandgasverletzungen (Rötung, Schwellung) sowie der Beurteilung der Lungenfunktion ein Gesamtbild des Verletzungsgrades machen (Abb.6). Dies ist auch für den geübten Notfallmediziner keine leichte Aufgabe, da hierzu am Einsatzort keine Messtechnik zur Verfügung steht [8, 13, 14, 26, 27]. Die grundsätzliche Vorgehensweise bei einem Massenansturm ist in Abbildung 8 zu sehen.

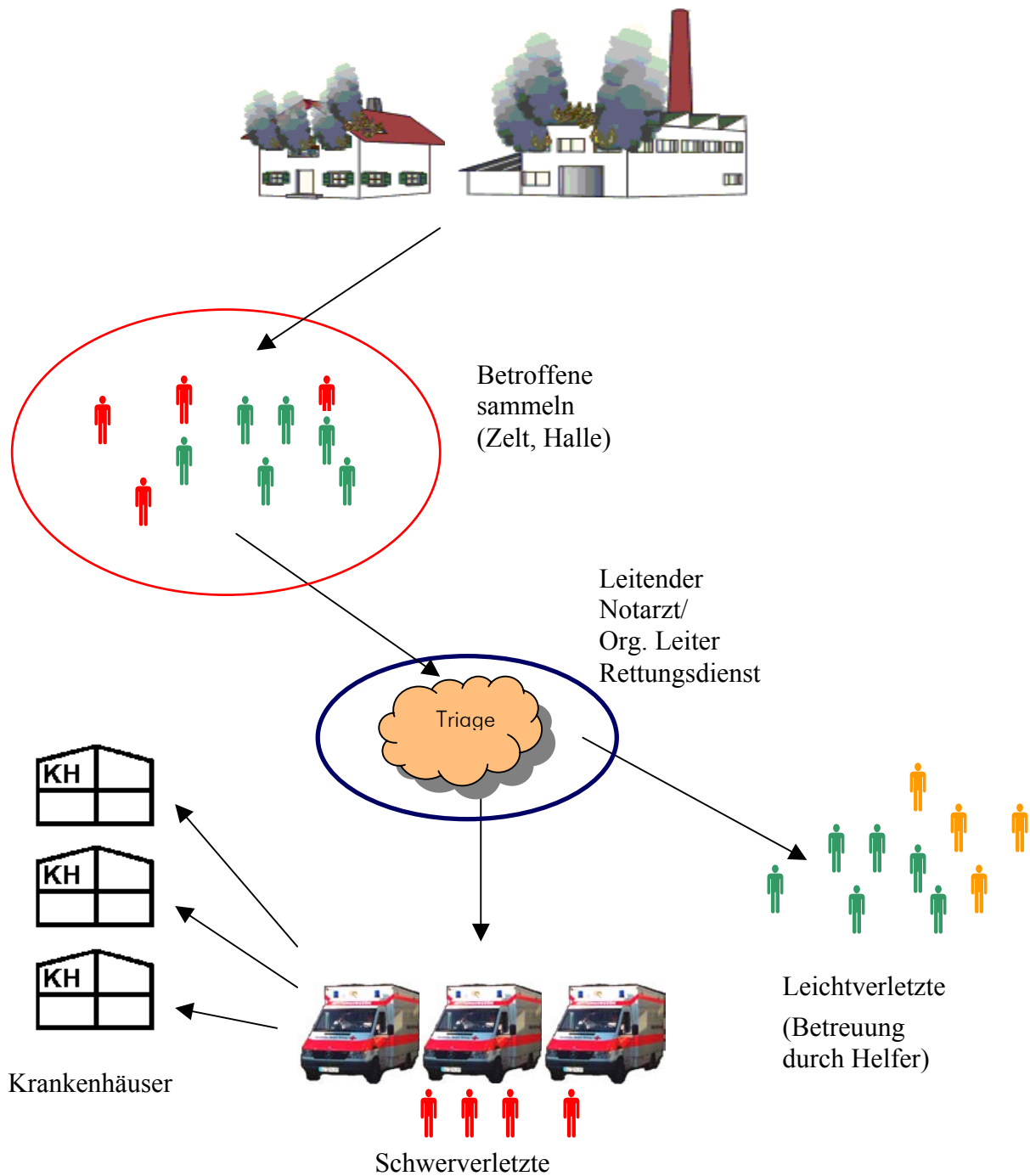


Abb.8: Ablaufschema bei einem MANV bei einem Brand

Logistik und Dokumentation

Die Dokumentation der Patienten und deren Gesundheitszustand wird heutzutage mittels farblich codierter Anhängerkarten, die den Patienten umgehängt werden, durchgeführt. Der Leitende Notarzt (LNA) führt eine handschriftliche Auflistung der Patienten mit deren Verletzungsgrad und Verletzungsmuster (Abb.7).

Soll ein Patient beispielsweise mit einem Rettungswagen in eine Klinik gebracht werden, so kontaktiert der Leitende Notarzt (LNA) die Einsatzleitung am Einsatzort (Abb.9). Er übermittelt die Dringlichkeit des Transportes und die Anforderungen an die Zielklinik. Dies kann auf zwei Arten geschehen, entweder mit einem direkten Telefonanruf mit einem handelsüblichen GSM-Handy oder mittels BOS-Funkgerät. Die Einsatzleitung wird räumlich von einem Einsatzleitwagen (ELW) gebildet. In dieser Einsatzzentrale befinden sich die Leiter der eingesetzten Hilfsorganisationen, der Feuerwehr und der Polizei. Der organisatorische Leiter Rettungsdienst koordiniert von dort die eingesetzten Rettungsmittel und ist Kontaktmann für LNA und Rettungsleitstelle. Die Rettungsleitstelle (RLS) alarmiert bei Bedarf zusätzliche Rettungsmittel und holt periphere Informationen (z.B. über Bettenzahl von Zielkliniken) ein [14, 26].

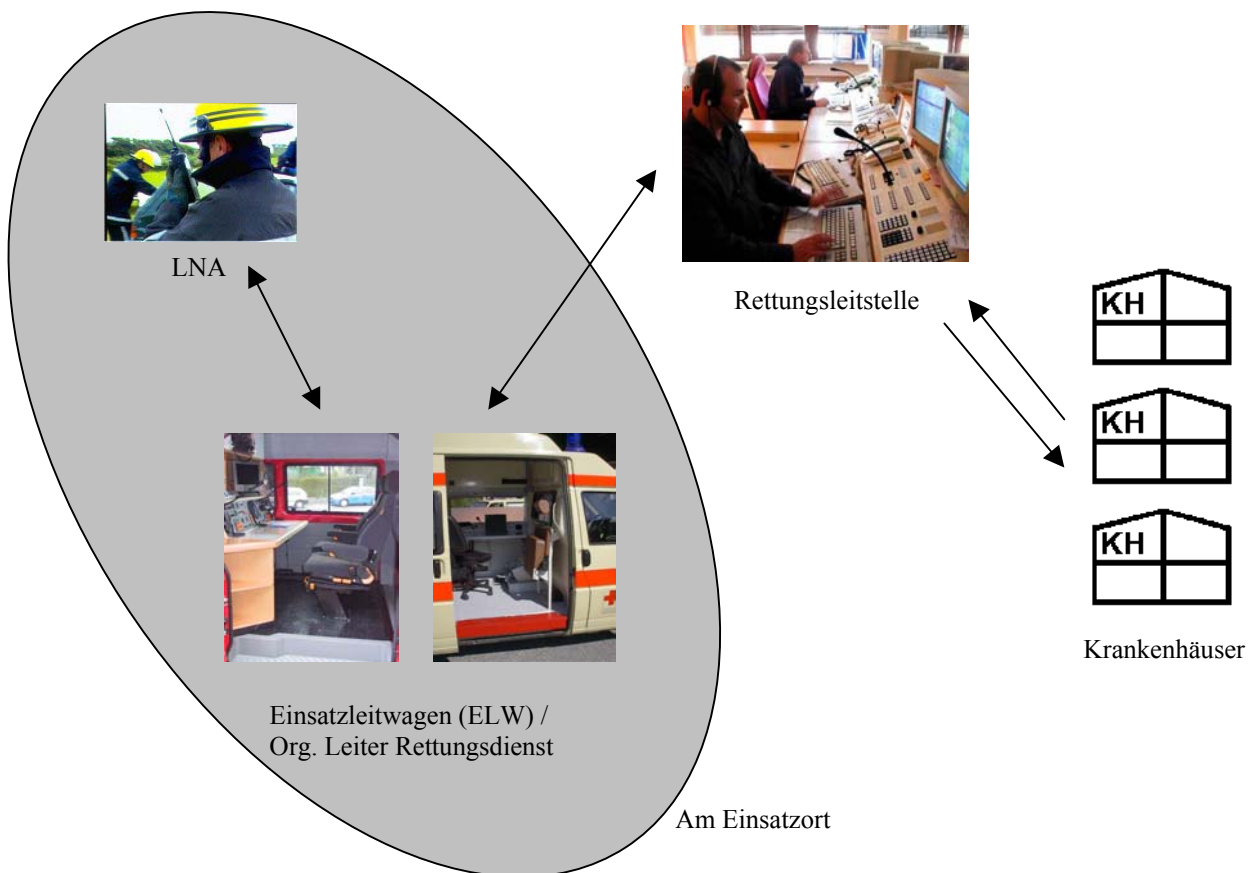


Abb.9: Kommunikation bei einem Großschadensereignis

1.3 Ansatzpunkte für ein Systemkonzept

Die hauptsächlichen Probleme, die bei einem Massenanfall von Verletzten, hier speziell bei einem Massenanfall von Patienten mit exponierten Rauchgasen auftreten, liegen im Bereich der präklinischen Diagnostik, der Triage sowie bei der Dokumentation. Nachfolgend sollen die Probleme aufgeschlüsselt werden.

1.3.1 Probleme der präklinischen Diagnostik

Die präklinische Diagnostik von Rauchgasintoxikationen ist eine der schwierigsten Aufgaben im Rettungsdienst. Da die Symptomatik der einzelnen Vergiftungen und Erkrankungen durch Brandgase breit gefächert ist (siehe Abschnitt Brände und Toxikologie) und immer von einer Mischvergiftung ausgegangen werden muss, gestaltet sich auch die Therapie dementsprechend schwierig. Bei einer Vielzahl von Vergiftungen liegt eine Mischintoxikation aus Kohlenstoffmonoxid, Reizgas und Blausäuregas vor, die den Notfallmediziner vor ein großes Problem stellt. Würde man methämoglobinbildende Medikamente bei schon vorhandener hoher Konzentration an COHb (durch CO-Vergiftung hervorgerufen) applizieren, könnte man den Patienten damit leicht in eine kritische Situation bringen. Da sich MetHb auch nicht am Sauerstofftransport beteiligt, addieren sich die beiden Dyshämoglobine zu einer Summe. Dies verdeutlicht die Problematik der fehlenden Messtechnik am Ort des Schadensereignisses. Der LNA/Notarzt kann sich nur ein subjektives Bild der exponierten Art und Menge der Brandgase machen, indem er auf äußere offensichtliche Verbrennungs- oder Brandgasverletzungen, wie Rußbildung und Rötungen achtet. Die Diagnosestellung ist immer recht wackelig und auch für den geübten Notfallmediziner keine leichte Aufgabe [8, 13, 14, 26, 27].

Die Diagnostik ist bereits bei einzelnen Patienten schwierig, bei mehreren ist die Problematik jedoch noch signifikanter. Würde man bei einem Massenanfall von Rauchgaspatienten jeden Patienten in eine Klinik einweisen, hätte man schnell die Kapazitätsgrenzen der Kliniken erreicht und man würde die Katastrophe vom Ort des Geschehens in die Krankenhäuser verlagern, was obsolet und nicht praktikabel ist. Wird eine unterschwellige Intoxikation mit Brandgasinhalation nicht erkannt, kann insbesondere bei einer Reizgasvergiftung ein nicht erkanntes Lungenödem auch nach einer Latenzzeit von bis zu 24 Stunden zum Tode führen.

Um die genannten Probleme zu lösen und um Notärzten und Rettungsdienstpersonal eine Sicherheit zu geben, sollte eine verlässliche Messeinrichtung in der Diagnosestellung und bei der Beurteilung des toxikologischen Gesundheitszustandes der Patienten vorhanden sein. Es sollte möglich sein, eine manuelle Patientendokumentation (beispielsweise durch Eingaben in einem Programm) und Analyseergebnisse miteinander zu verknüpfen um Zugriff auf alle erfassten Daten zu haben.

1.3.2 Probleme der Triage

Dokumentation

Wie schon im Abschnitt 1.2.3 angesprochen, wird die Dokumentation der Patienten und deren Verletzungsgrad anhand farblich codierten Umhängekarten und handschriftlicher Auflistungen durchgeführt. Diese analoge Form der Archivierung ist unter den im Katastrophenschutz tätigen Hilfsorganisationen allgemein akzeptiert und wird in dieser Form auch praktiziert. Diese Dokumentationsform die durch das Bundesministerium des Inneren vorgegeben wird, hat jedoch einige Nachteile.

Um einen Einsatz nachzubereiten und um die Qualität der Einsätze zu verbessern, müssen alle Daten in eine digitale Form gebracht werden. Die Einsatzdaten in einem Textverarbeitungsprogramm oder einer Datenbank aufzunehmen ist eine zeitliche Aufwendung, die bei einer digitalen Form der Einsatzdaten entfallen würde.

Jedes Glied in der Behandlungskette führt ein von einander unabhängiges Protokoll. Der LNA oder Notarzt dokumentiert mit Anhängkarte und Patientenliste, ein Rettungsteam oder Notarzt, der den Transport begleitet dokumentiert auf einem Rettungs- oder Notarztprotokoll und der aufnehmende Arzt in der Zielklinik legt eine Patientenakte an (Abb.10). Jeder der Beteiligten benötigt für den jeweiligen Vorgang Zeit, die man in einer anderen Form besser nutzen könnte. Außerdem ist diese Form auch fehleranfällig. Hier sollte ein Weiterleiten und ein zu Verfügung stellen der erfassten Daten für alle an der Patientenversorgung unmittelbar beteiligten Personen erfolgen.



Abb.10: Mehrfachdokumentation

Kommunikation

Sprachübermittlungen im BOS-Funk funktionieren im Wechselsprechen. Wenn einer redet können die übrigen Teilnehmer auf dieser Kanalfrequenz lediglich zuhören. Dieser Sachverhalt lässt erahnen, dass bei einem Großschadensereignis der restliche rettungsdienstliche Funk darunter leidet. Würden unnötige Kommunikation über ein anderes Medium übertragen, wäre das eine erhebliche Verbesserung der momentanen Lage. Bei Patiententransporten werden Personalien, Verletzungsmuster und Transportziel über analogen BOS-Funk oder GSM-Handy weitergegeben. Dies kann bei entsprechender Lautstärke am Einsatzort zu schwerwiegenden Verständigungsproblemen und zu Verwechslungen führen.

Die Probleme bei Massenanfällen von Verletzten bei Großbränden sind zahlreich. Es ist daher notwendig, diese mit einem durchdachten Konzept zu lösen, Schwachstellen auszumerzen und mit Hilfe von moderner Informationstechnik ein zufriedenstellendes Gesamtsystem zu schaffen.

1.3.3 Anforderungen und Ziele

Die präklinischen Diagnostik und Triage von Patienten mit Rauchgasintoxikation gestaltet sich für alle Beteiligten schwierig und es bedarf einer Verbesserung in Form einer Einführung von technischen Hilfsmitteln. Die Verbesserungen können an drei Eckpunkten festgemacht werden: Verbesserungen der präklinischen Diagnostik durch messtechnische Unterstützung, Verbesserungen der Triage und der Dokumentation durch zu Hilfenahme von geeigneten Kommunikationsmitteln wie zum Beispiel moderner Computertechnologie. Nachfolgend sollen grobe Anforderungen an das Systemkonzept vorgegeben werden. Genauere Spezifikationen werden in den Kapiteln Kommunikationstechnik, mobile Computer Analyseeinheit und Software festgelegt.

Messtechnische Rauchgasmessung:

- Nachweismethodik von Brandgasen
- Mobiles Gerät
- Nicht invasive Messmethode
- Schnelle Analyse
- Genaue Analyse
- Kommunikationsfähigkeit
- Geringe Kosten

Mobiler Computer

- Handliches Gerät, geringe Abmaße
- Einfache Eingabe von Patientendaten
- Großes, übersichtliches Display
- Lange Betriebsdauer
- Geringes Gewicht
- Verfügbarkeit von Kommunikationsschnittstellen
- Entwicklung von Software

Kommunikationstechnik

- Ständige Verfügbarkeit der Kommunikation
- Verschlüsselte Übertragung
- Geringe Störanfälligkeit, stabile Funkstrecke
- Integrationsmöglichkeit in einen mobile Computer
- Integrationsmöglichkeit in die Analyseeinheit
- Geringer Stromverbrauch

Software

- Eingabe von Patientendaten und Anamnese
- Erstellung einer Verbindung zur Analyseeinheit
- Abspeicherung der Daten
- Unterstützung in Diagnose und Therapie
- Aufbau einer Kommunikation ins ELW
- Anzeige aller Patienten in einer Liste
- Weiterleitung der Daten zur Leitstelle und Klinik

2 Systemkonzept

2.1 Vorgehensweise

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Literaturrecherche und Expertenbefragungen durchgeführt. Ziel war es Wissen über die Toxikologie von Brandgasen sowie das Management bei einem Massenansturm von Verletzten mit Verdacht auf Rauchgasintoxikation anzueignen. Es wurden Gespräche mit leitenden Notärzten, Toxikologen, Leiter verschiedener Rettungsstellen und Rettungsdienstpersonal geführt. Als nächstes wurde der Stand der Kommunikationstechnik eruiert, welche im Bezug auf das Systemkonzept in Frage kommt. Die Techniken wurden anhand eines Anforderungskatalogs auf ihre Einsetzbarkeit überprüft. Des Weiteren wurde im Bereich der mobilen Computertechnik eine Literatur- und Internetrecherche vorgenommen. Auch hier wurde ein Anforderungskatalog erstellt, anhand dessen die Systeme auf ihre Eignung für das Systemkonzept überprüft wurden. Ebenfalls eine Literatur- und Internetrecherche wurde zum Auffinden einer geeigneten Mess- oder Analysemethode vorgenommen. Es folgte hierfür eine Erhebung von Spezifikationen, wie auch für die Funktion und Arbeitsweise der Software. Als Abschluss der Arbeit wurde ein Prototyp erstellt, der die Anforderungen des Systemkonzeptes berücksichtigt (Tabelle 4).

	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45	KW46	KW47	KW48	KW49	KW50	KW51	KW52	KW01	KW02	KW03	KW04	KW05	KW06	KW07	KW08	KW09
Recherche	■	■	■	■																		
Management																						
Brandeinsatz																						
Recherche	■	■	■	■																		
Brandgifte																						
Recherche			■	■	■	■	■															
Kommunikation																						
Diskussion						■	■	■														
Kommunikation																						
Recherche mobile																						
Computer																						
Diskussion m. Computer																						
Recherche																						
Analyseeinheit																						
Diskussion																						
Analyseeinheit																						
Prototyp																						
Dokumentation																						
Präsentation																						

Tabelle 4: zeitlicher Ablauf der Diplomarbeit

2.2 Szenario

Patienten mit Verdacht auf eine Rauchgasintoxikation werden gesammelt und sukzessiv einer Analyseeinheit zugewiesen. Während des Messvorganges kann mit der Eingabe der Anamnese und der Personalien auf dem mobilen Computers begonnen werden. Ist der Messvorgang beendet, werden die Daten drahtlos von der Schnittstelle der Analyseeinheit zum mobilen Computer übertragen. Die Messergebnisse werden den Personalien- und Anamnesedaten zugeordnet. Dieser Vorgang wird bei jedem Patienten durchgeführt. Die Patientendaten sowie die Messdaten sind auf dem mobilen Computer zu sehen. Die Software sollte bereits eine Intelligenz besitzen, welche es ermöglicht, den Gesundheitszustand des Patienten aufgrund der Vergiftungswerte sowie der Anamnese einzuschätzen. Bei Bedarf kann die Hilfestellung in der Diagnose und der Medikamententherapie zur Hilfe genommen werden. Alle Daten können danach an einen Laptop, der sich im ELW befindet drahtlos weitergeleitet werden. LNA und organisatorischer Leiter haben somit die Möglichkeit, alle Patienten einzusehen und deren weitere Versorgung oder Transport zu planen. Die Daten können von hier aus an die Leistelle und an die Zielklinik gesendet werden. Die Software trägt in der Datenbank einen neuen Transport mit dem Namen des Patienten ein. In dem KIS (Krankenhaus-Informations-System) [29] der Zielklinik wird automatisch eine neue Patientenakte angelegt (Abb.11).

Um dieses Szenario auf seine Machbarkeit zu untersuchen und anschließend technisch in einem Prototyp zu realisieren wird das Konzept in unterschiedliche Module aufgeteilt:

- Kommunikationstechnik
- Mobile Computer
- Analyseeinheit
- Software

In den weiteren Abschnitten soll zunächst der jeweilige Stand der Technik der einzelnen Module aufgezeigt werden. Anschließend erfolgt eine Bewertung der einzelnen Techniken anhand der dafür erhobenen Anforderungen. Danach erfolgt eine Entscheidungsfindung, wobei die geeignetste Komponente für das Systemkonzept ausgewählt wird.

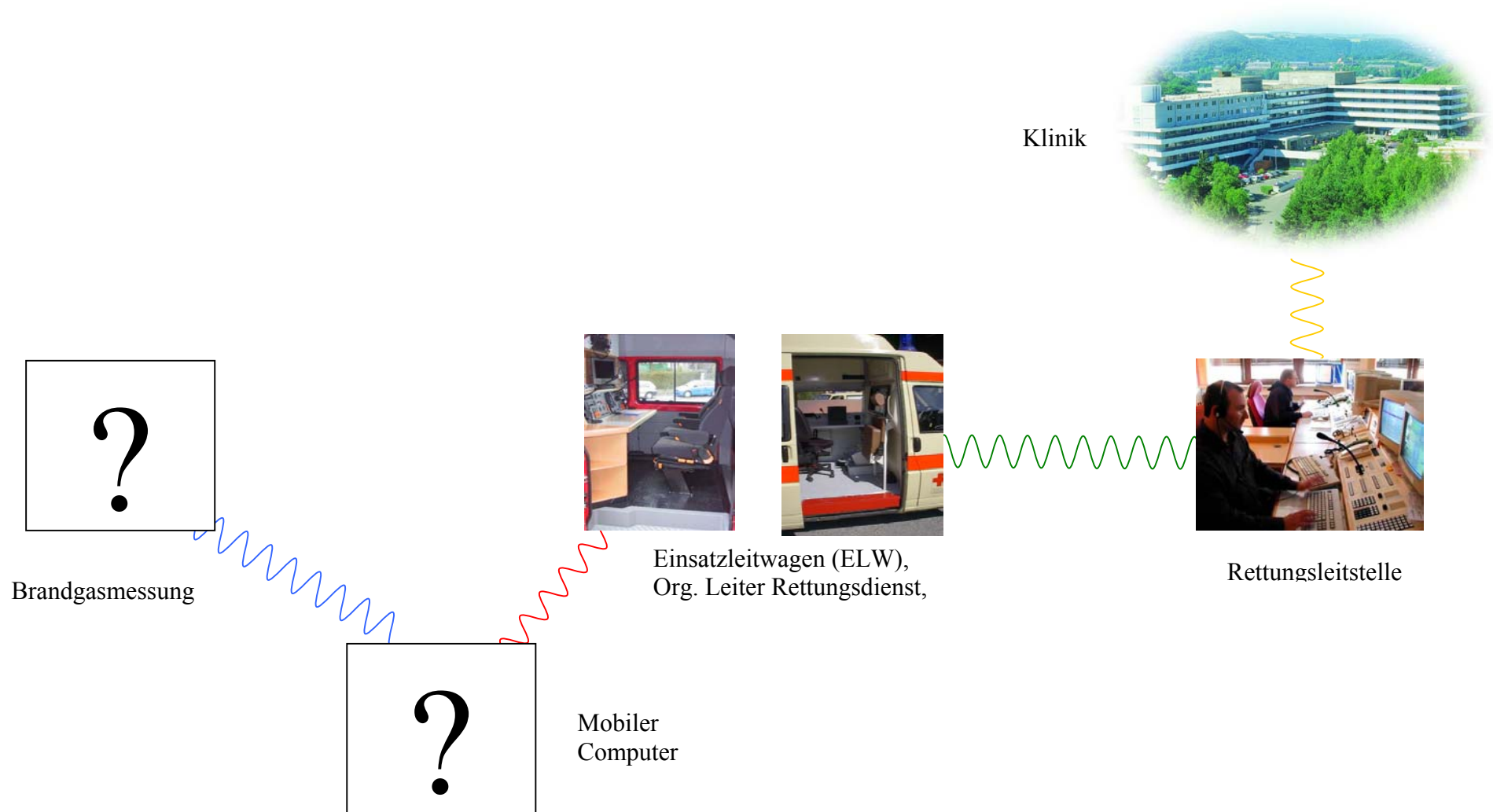


Abb.11: Mögliches Szenario Systemkonzept

2.3 Kommunikation

Überfliegt man den Bereich der Kommunikationstechnik nach Systemen, welche zur Verbesserung der Kommunikation und der Infrastruktur bei einem Massenansturm von Verletzten eingesetzt werden könnten, so stößt man derzeit auf die Systeme Bluetooth, Tetra, DECT, WLAN und GSM. Diese Kommunikationstechniken sollen nun näher erläutert und anschließend auf ihre Integrierbarkeit in das System geprüft werden.

2.3.1 Bluetooth

1994 begann Ericsson mit einer Studie über Kabelersatzmöglichkeiten. 1998 schlossen sich die Firmen Ericsson, Intel, IBM, Nokia, Toshiba zum Bluetooth Konsortium zusammen. Das Konsortium (SIG, Special Interest Group) machte sich zur Aufgabe, eine billige Einchip-Lösung für funkbasierte, drahtlose Kommunikationsnetze zu entwickeln. Diese Lösung sollte im Grunde ein IrDa (Infrared Data Association) als etabliertes Kommunikationsmittel von Tastatur, Maus, Modem und Kopfhörer ablösen [30]. Dabei entstand Bluetooth, das den Namen des dänischen Wikingerkönigs Harald Blåtand (Blauzahn), der im 10. Jahrhundert Dänemark und Norwegen vereinigte trägt. Inzwischen sind der SIG viele weitere Firmen und Forschungseinrichtungen, darunter auch Microsoft, Motorola und 3COM beigetreten [31]. Bluetooth ist kein normierter Standard wie IEEE 802.X oder ETSI DECT. Das SIG Konsortium hat hier lediglich unter Einvernehmung aller Mitglieder eine Definition geschaffen (Abb.12). In Zusammenarbeit mit den beiden Einrichtungen IEEE und ETSI wird jedoch von der SIG angestrebt, einen harmonisierten Standard zu definieren. Da gegenüber den IEEE 802.X Standards, Bluetooth mehr als nur über die untersten beiden Schichten des OSI-Referenzmodells verfügt, soll die Standardisierung zwischen IEEE und ETSI aufgeteilt werden [30]. IEEE wird die untersten beiden Schichten harmonisieren und ETSI die Schichten drei bis sieben des OSI-Referenzmodells [30].



Abb.12: Offizielles Bluetooth Logo[32]

Systemarchitektur

Bluetooth bietet zwei Verbindungsmöglichkeiten an, Point- to- Point-Verbindungen und Point -to- Multipoint-Verbindungen (Abb. 13). In einen Bluetooth Netz gibt es immer einen Teilnehmer mit Master-Funktion und einen oder bis zu acht weitere Teilnehmer, die als Slave fungieren [30]. Im Grunde kann jeder der Teilnehmer als Master arbeiten. Der Teilnehmer, der zuerst einem Bluetooth Netz beitrifft, wird automatisch zum Master ernannt. Er synchronisiert alle weiteren Teilnehmer die hinzukommen. Ein solches Netz nennt man in der Bluetooth Terminologie ein Piconet. Ein Master kann sich wiederum einem anderen Piconet als Slave anschließen, man spricht dann von einem Scatternet [30, 33, 34].

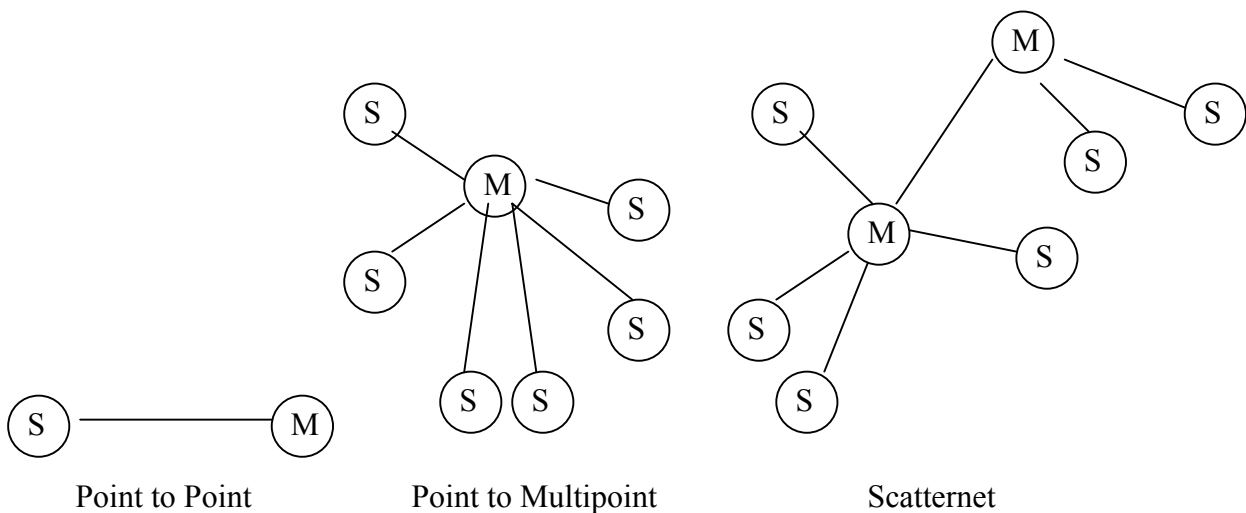


Abb.13: Verschiedene Verbindungsmöglichkeiten

Bluetooth arbeitet mit 79 Frequenzbänder. Diese Frequenzbänder werden 1600 mal pro Sekunde durchsprungen (Frequenz Hopping). Näheres zum Frequenz Hopping im Abschnitt Frequenzbereich. In einem Piconet synchronisiert der Master die Hopping Frequenz unter allen Teilnehmern. Jedes Piconet besitzt eine eigene Hopping Reihenfolge und kann so identifiziert und von anderen Netzen unterschieden werden[30].

Frequenzbereich

Bluetooth arbeitet wie DECT oder IEEE 802.11 im lizenzfreien ISM Band (2,4000 bis 2,4835 GHz). 79 Trägerfrequenzen im Abstand von 1MHz stehen zur Kommunikation zu Verfügung. Diese 79 Kanäle werden anhand einer vom Master des Piconetzes errechneten Sprungsequenz durchsprungen. Die Sprungrate für die Frequenzwechsel liegt bei 1600 Sprünge (Hops) in der Sekunde (Abb.14) [30, 33, 35].

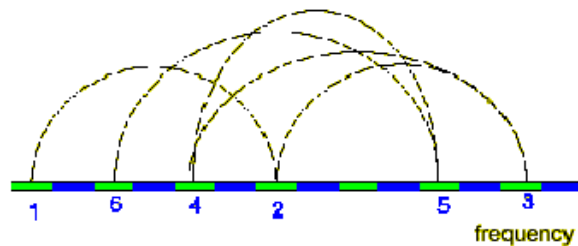


Abb.14: Frequenzsprünge

Zur Übertragung der Daten wird ein kombiniertes Frequenzsprungverfahren mit Zeitmultiplex (TDD Time Division Duplex) eingesetzt, in welchem Master und Slave abwechselnd Daten senden und empfangen. Ein Datenpaket wird innerhalb eines Zeitschlitzes gesendet oder empfangen. Werden größere Datenmengen übertragen, so ist es möglich bis zu 5 Zeitschlitzte hintereinander für ein Datenpaket zu nutzen (Abb.15). Nach dem Ende des Paketes wird die Sprungsequenz wieder auf die des Masters synchronisiert.

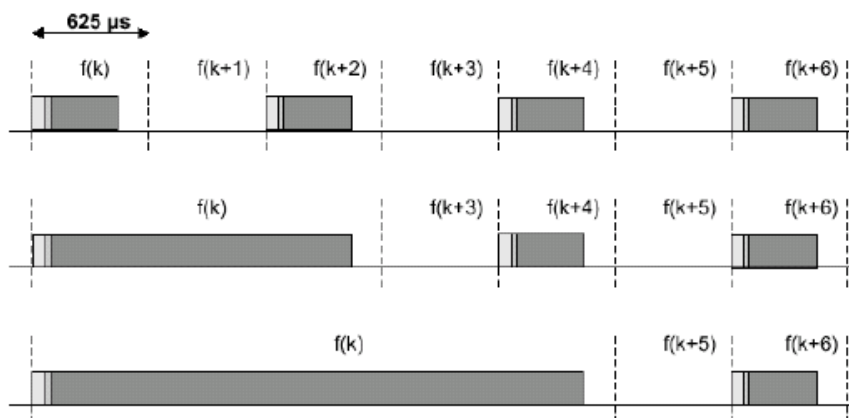


Abb.15: Zeitschlitzte

Dienste

An dieser Stelle soll noch kurz auf eine Schicht im Protokollaufbau von Bluetooth eingegangen werden, das Basisband-Protokoll. Das Basisbandprotokoll ist eine Kombination aus Leitungs- und Paketvermittlung und arbeitet mit zwei Verbindungstypen. Das Synchronous Connection Oriented Link (SCO) wird hauptsächlich für Sprachübertragung genutzt, welche eine synchrone leitungsvermittelte Verbindungen benötigt. Für diese Art von Verbindung reserviert der Master von vorneherein zwei Zeitslitze. Dem gegenüber steht Asynchronous Connectionless Link (ACL). Dies ist angedacht für typische Datenübertragungen entweder symmetrische oder asymmetrische, paketvermittelte Punkt zu Mehrpunkt-Übertragungen [30, 31]. Bei einer Verbindung mit SCO beträgt die Übertragungsrate 64kbit/s und ist somit vergleichbar mit ISDN. Verbindungen mit ACL können in symmetrischer Form Datenraten von maximal 432,6kbit/s mittels fünf Zeitslitze, ungeschützt erreichen. In asymmetrischer Form ist der ungeschützte Datenstrom mit maximal 721kbit/s in die eine Richtung und 57,6kbit/s in die entgegengesetzte Richtung möglich. Über dem Link Manager, der unter anderem für den Stromsparmodus zuständig ist, befindet sich die Host Controller Schnittstelle (HCI). Die Hersteller von Bluetooth Chips bieten eine Einchip Lösung, welche alle Schichten implementiert und eine Zweichip Lösung, bei der die beiden Chips an der HCI Schicht getrennt werden an (Abb.16).

In weiter oben liegenden Schichten werden Dienste wie OBEX, PP und TCP/IP, sowie ein Virtuelles Serielles Schnittstellen Protokoll und weitere Profile angeboten[33, 35].

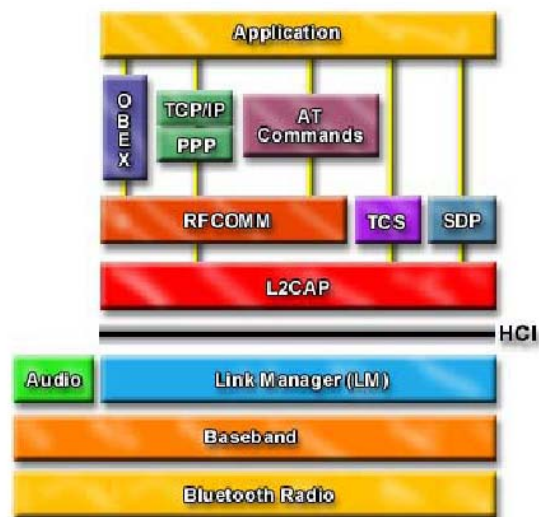


Abb.16: Aufbau des Bluetooth Protocoll Stacks [34]

Sicherheit

Bluetooth bietet gegenseitige Authentifizierung, sowie Verschlüsselung auf Basis eines gemeinsamen geheimen Schlüssels, dem sog. Link Key. Das Sicherheitsmanagement ist im Link Manager untergebracht. Begegnen sich zwei Bluetooth Geräte zum ersten mal, so wird ein Initialisierungsschlüssel generiert. Dieser setzt sich aus der weltweit einmaligen 48 Bit MAC Adresse jedes Bluetooth Gerätes, einem geheimen Pin und einer Zufallszahl zusammen. Der geheime PIN ist bis zu 128 Bit lang und wird über Tastatur o.ä. vom Anwender eingegeben. Des weiteren wird ein Link Key erzeugt, der mit dem Initialisierungsschlüssel verschlüsselt wird. Der Link Key wird von beiden Geräten permanent gespeichert. Bei einer Authentifizierung wird der Link Key der beiden Teilnehmer verglichen. Bei jeder Kommunikation wird auf Basis des Link Keys auch ein sogenannter Encryption Key erzeugt. Die Verschlüsselung erfolgt über einen Stream Cipher [30, 35].

Der Übertragungsbereich von Bluetooth liegt hauptsächlich in einem Umkreis von 10m [30]. Diese geringe Distanz schließt ein Abhören der Sende- und Empfangsdaten nahezu aus, da ein potentieller Angreifer sich somit in unmittelbarer Nähe des Gerätes aufhalten müsste. Durch die rein zufällig Sprungsequenz ist das gleichzeitige Abhören aller Kanäle mit einem hohen technischen Aufwand verbunden[34].

Leistung und Reichweite

Bluetooth soll als preiswerter und stromsparender Ersatz für Kabelverbindungen eingesetzt werden. Hierauf wurde in der Spezifikation besonderen Wert gelegt. Es sind mehrere Ruhezustände definiert. Nimmt ein Bluetooth Gerät nicht an einem Piconetz teil, so geht es in den Standby-Modus, von dem es nur vom Master wieder mit einer erneuten Authentifizierung erweckt werden kann. Ist ein Teilnehmer nur sehr selten aktiv, kann der sog. PARK-Modus aktiviert werden, welcher dem Teilnehmer erlaubt, in einem Piconetz synchronisiert zu bleiben. Der Hold Modus baut auf dem PARK Modus auf. Das Gerät ist nach dem „Aufwecken“ sofort zur Kommunikation fähig, jedoch wird hier mehr Strom verbraucht. Der Sniff Modus zuletzt hat unter den Stromsparmodi die größte Leistungsaufnahme. Dieser Zustand ermöglicht einer Station, den Datenverkehr in etwas größeren Zeitabständen zu verfolgen.

Bluetooth Produkte werden in drei Leistungsklassen eingeteilt. Abweichend von [30] definieren [31] und [35] folgende Leistungsklassen.

Klasse 1	1mW	= max. 10m
Klasse 2	2,5mW	= max. 50m
Klasse 3	100mW	=max. 100m

Laut Literatur [31, 34, 35, 36] kann die Geräteklasse drei die maximale Entfernungen von 100m erreichen. Üblicherweise werden jedoch Geräte mit einer maximalen Entfernung von 10m eingesetzt [31, 34]. Wie auch bei anderen Kommunikationstechniken, die ebenfalls das ISM-Band benutzen (WLAN 802.11, DECT), reduzieren Störeinflüsse wie dichtes Mauerwerk und metallische Umgebung die Reichweite. Interferenzen beim Einsatz unterschiedlicher Techniken werden aufgrund der häufigen Frequenzwechsel und der kleinen Pakete auf Seite von Bluetooth minimiert. Bei WLAN oder DECT muss mit Einbußen in der Bandbreite gerechnet werden [30, 31, 35, 37, 38].

Applikationen

Die sich im Konsortium SIG zusammengeschlossenen Firmen haben sich zur Aufgabe gemacht, Produkte für einen breiten Markt zu entwickeln. Es sind verschiedene Produktgruppen auf dem Markt erhältlich, die sich in bestehende Hardware integrieren lassen. Die Palette reicht von SD-Karten, PC-Karten über USB-Adapter, bis hin zu Produkten mit integrierter Bluetooth Technik wie Laptops, Handy, Pocket PCs. Es sind jedoch auch Kabelersatz Module erhältlich, die auf die Serielle Schnittstelle aufgesetzt werden und ein Kabel simulieren (Abb.17). Dabei können Datenübertragungsraten von 115,2 kbit/s erreicht werden [38, 39, 40, 41, 42].



Abb.17: Geräte und Module mit Bluetooth Funktechnik

2.3.2 Tetra

Mit dem Schengener Abkommen aus dem Jahre 1985 verständigten sich die Europäischen Staaten darauf, einheitliche Telekommunikationssysteme für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) einzuführen. Zu den Organisationen mit Sicherheitsaufgaben gehören Institutionen wie die Polizei, die Feuerwehr das Technische Hilfswerk (THW) und Hilfsorganisationen, wie Deutsches Rotes Kreuz (DRK), Arbeiter Samariter Bund (ASB), Johanniter, Malteser Hilfsdienst und die Deutsche Lebensrettungsgesellschaft (DLRG). Nach dem Wegfall der innereuropäischen Grenzen soll die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Ländern, aber auch zwischen verschiedenen BOS-Organisationen verbessert werden [43, 44]. Auf der Grundlage des Schengener Abkommens wurde von den Mitgliedern der ETSI (European Telecommunications Standards Institute) der neue Bündelfunk-Standard TETRA (Terrestrial Trunked Radio) entwickelt. Zeitgleich wurde in Frankreich von der französischen Firma Matra Nortel Communications, im Auftrag der Police Nationale, das Bündelfunksystem Tetrapol entwickelt. Tetra und Tetrapol sind durch unterschiedliche Kanalzugriffsverfahren, unterschiedlichen Modulationsverfahren und Steuermechanismen nicht zueinander kompatibel. 1991 wurde in Grundzügen der Standard von Tetra fertiggestellt [30, 43, 44, 45, 46, 47, 48].



Abb.18: Offizielles Tetra Logo[47]

Die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben in der Bundesrepublik Deutschland betreiben derzeit ein Analogfunknetz auf der Basis einer Errichtungs- und Betriebsgenehmigung aus dem Jahre 1951 [43, 44]. Der in der analogen Technik erreichte Grad an Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Dienststellen und Organisationen, Sprachübertragungsqualität, Zuverlässigkeit und Komfort wurde in keinem anderen Land in Europa erreicht. Dennoch bleiben Forderungen für den zukünftigen Betrieb eines Netzes unerfüllt. Es existiert keine Art von Verschlüsselungsmöglichkeit für Sprach- und Datenübertragung in der gleichen Netzinfrastruktur, ein permanenter Frequenzmangel lässt sich nur durch dauerhafte Kompromisse klein halten (mehrere Organisationen in einem Frequenzband) und ein automatisches Weiterleiten bewegenden Teilnehmergruppen (Roaming), sowie ein grenzüberschreitender Funkbetrieb ist nicht möglich[43, 44].

1996 wurde in Deutschland im Auftrag der Innenministerkonferenz, die "Projektgruppe Digitalfunk" eingerichtet, die in der Folge ein verfügbares Funksystem auf Basis eines europaweiten, harmonisierten Standards erproben und hinsichtlich der BOS-Anforderungen, sowie der Anwenderakzeptanz überprüfen sollte [44].

Systemarchitektur

Tetra ist ein rein digitales System und ähnelt in seinem Aufbau stark dem Schwestersystem GSM. Tetra bietet neben qualitativ hochwertigen Sprachdienste auch verschiedene Datendienste (z.B. TCP/IP). Der Standard unterstützt sowohl sitzungsorientierte (V+D- = Voice+Data-), wie auch paketvermittelte Dienste (PDO= Packet Data Optimized, seit 1998) [30]. Es sind verschiedene Fehlerkorrekturstufen sowie auch Verschlüsselungsstufen wählbar. Je nach Wahl der Stufe sind unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten möglich [43, 46]. Siehe hierzu auch Abschnitt Sicherheit. Der Aufbau einer Funkverbindung ist gegenüber GSM deutlich schneller und liegt bei 300ms (GSM ca. 5s) [45, 48].

Das System Tetra benutzt verschiedene Trägerfrequenzen. Diese werden einem Teilnehmer, abhängig von dessen Anforderungen, aber nur für eine bestimmte Zeit, zu Verfügung gestellt. Im analogen BOS-System benutzen die unterschiedlichen Behörden getrennte Frequenzen für ihre Sprachkanäle. Im Tetra System kann die gleiche Frequenz mit Hilfe von TDMA-Technik (Time Division Multiple Access) von mehreren Behörden gleichzeitig genutzt werden („trunked“) [30, 43, 44, 45, 46, 47, 48]. Tetra garantiert die Sicherheit der einzelnen virtuellen Netze und es kann trotzdem effizienter mit Frequenzressourcen umgegangen werden. „Jede Benutzergruppe kann ihr virtuelles Netz so ausnützen, als stünde ihr das komplette Netz zu Verfügung“ [45, 48]. Der Vorteil liegt auf der Hand, bei einem Großschadensereignis können mehrere Organisationen zu einem Netz zusammengefasst werden.

Wie auch bei GSM, wird jede Zelle durch eine Basisstation gebildet [45]. Im mobilen Einsatz eines Endgerätes, wechselt das Endgerät die Basisstation ohne dass der Teilnehmer etwas davon merkt (Handover). Vergleicht man Tetra näher mit GSM, so erkennt man, dass Tetra der Controller (BSC Basic Station Controller) fehlt. Bei Tetra sind die Basisstationen (TBS) direkt an die Vermittlungsstellen (DXT) gebunden (Abb.19).

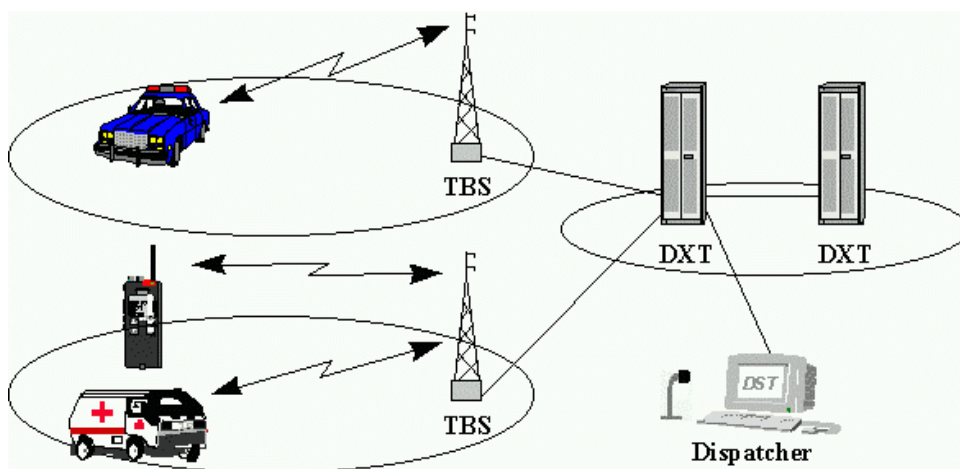


Abb.19: Tetra Architektur [45]

Die Schnittstellen in Tetra bzw. von Tetra in anderen Netze sind in Abbildung 20 dargestellt.

Folgende Schnittstellen sind definiert [45, 46, 48]:

1. Funkschnittstelle (Air Interface) zwischen Mobilgerät und Basisstation
2. Terminal Equipment Interface (TEI) zwischen Tetra-Mobilgeräten und Zusatzgeräten (z.B. Laptop)
3. Inter-System Interface (ISI) ermöglicht den Zusammenschluss von mehreren TETRA-Netzen miteinander
4. Direct Operation Mode (DMO) bietet die Kommunikation von Mobilendgeräten ohne physikalisches Netz
5. Network Management Interface (NMI) ist die Schnittstelle für die Verwaltung des TETRA-Netzes, sie lässt sich über ein Terminal konfigurieren
6. Schnittstelle zu externen Telekommnetzen Mit dieser Schnittstelle kann man beispielsweise ins öffentliche Telekommnetz anrufen

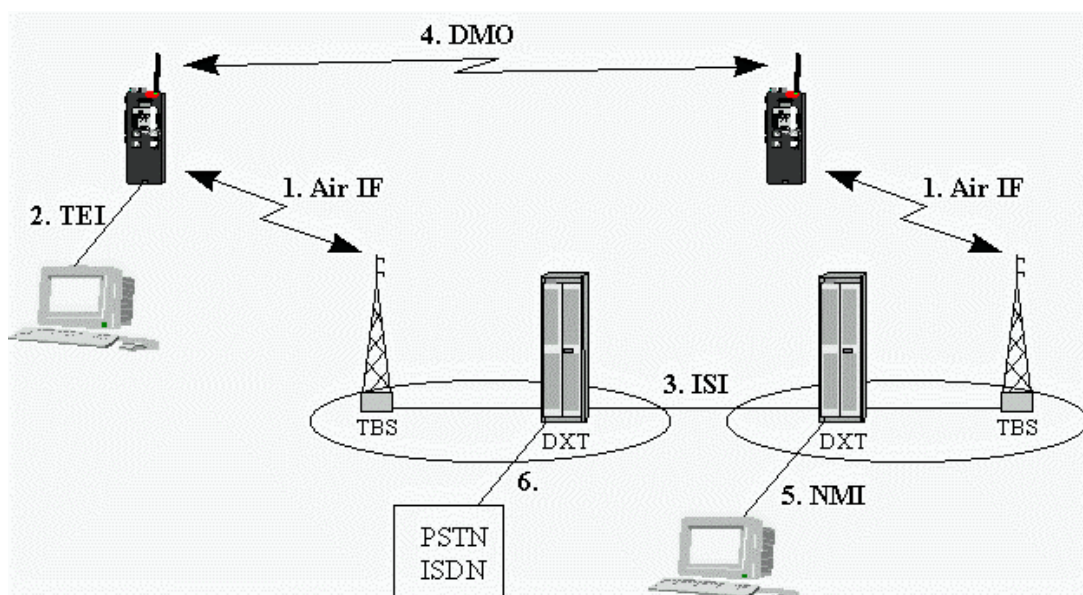


Abb.20: Schnittstellen im Tetra-Netz [45]

Frequenzbereich

Tetra ist im Frequenzband von 385-430MHz angesiedelt. Die Nato hat diesen Bereich freigegeben, so dass es in ganz Europa möglich ist, Tetra in diesem Frequenzband zu betreiben. Für BOS-Funk sind es die Frequenzen 385-390 MHz für die Aufwärtsbewegung und 395-399,9 MHz für die Abwärtsbewegung. Für den öffentlichen Betrieb steht das Band von 410-430MHz zu Verfügung [30, 43, 45, 46, 48].

Sicherheit

Die Sicherheit und Zuverlässigkeit ist bei Tetra ein wichtiges Thema, schließlich soll das System bei Organisationen eingesetzt werden, welche die Sicherheit der Bevölkerung gewährleisten müssen (Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste). Die Verschlüsselung ist bei Tetra mit der ACELP Codierung (Arithmetic Code Excited Linear Prediction) realisiert worden [43, 44, 45, 48]. Es existiert die sog. Funkschnittstellenverschlüsselung und die End-to-End-Verschlüsselung. Bei der erst genannten ist die Verschlüsselung zwischen Endgerät und der Basisstation gemeint. Bei der zweitgenannten ist die Verschlüsselung zwischen einem Endgerät zu einem anderen Endgerät definiert, wobei diese sich durch das ganze Tetra Netz zieht und die höchstmögliche Sicherheit bietet. Es werden außer den Gesprächen auch die Daten, die Signalisierung, sowie die Identitätsnummern verschlüsselt. Tetra verwendet verschiedene Schlüssel für Individual-, Gruppen-, und DMO-Gespräche.

Die Authentifizierung kann von zwei Richtungen ausgehen. Entweder das Netz authentifiziert das Endgerät oder das Endgerät authentifiziert das Netz. Die Authentifizierung des Netzes hat den Hintergrund, dass ein Netz nicht Informationen jedes beliebigen Endgerätes lesen kann und darf [45].

Tetra stellt folgende Übertragungsgeschwindigkeiten (in kbit/s), je nach Art der Sicherheitsstufe und der Anzahl an Zeitschlitz zu Verfügung [46, 48]:

Zeitschlitz	1	2	3	4
Kein Schutz	7,2	14,4	19,2	21,6
Wenig Sicherheit	4,8	9,6	14,4	19,2
Hohe Sicherheit	2,4	4,8	7,2	9,6

Dienste

Es sind eine Vielzahl von Diensten in der Tetra Spezifikation definiert. Grundsätzlich lassen sie sich jedoch in sitzungsorientierte Dienste (V+D-Spezifikationen) und Paketorientierte Dienste (PDO-Spezifikationen) unterteilen [44, 45, 46, 48]. Die V+D Dienste bieten Teledienste, reine Sprachdienste (Gruppenruf, Einzelruf, Prioritätsruf), sowie auch gemischte Dienste (Daten und Sprachdienste, z.B. SMS, FMS). PDO Dienste sind reine paketorientierte Dienste. Die einzelnen Mobilgeräte besitzen IP ähnliche Adressen, auf deren Basis die Pakete ihren Weg durch das Tetra Netz finden [44, 45, 46, 48] .

Leistung und Reichweite

Die durchschnittliche Sendeleistung einer Basisstation wird in Tetra mit 25 W definiert. Die Leistung der Mobilgeräte variiert zwischen 1Watt bis 10Watt. Die Sendeleistung wird mit Kommandos von der Basisstation immer auf einem Minimum geregelt, so dass gerade noch ein Erkennen seitens der Basisstation möglich ist. Dieser Modus (Power Control) erhöht die Betriebsdauer des Mobilgerätes. Außerstädtisch wird die Reichweite zwischen Basisstation und Mobilteil mit 14km abgegeben. Innerstädtisch reduziert sich die maximale Reichweite auf 4,5 km[46, 48].

Applikationen

Tetra kann als Übertragungsmedium für Daten unterschiedlichster Applikationen eingesetzt werden. Über das Terminal Equipment Interface (TEI) kann mit einem mobilen Computer auf das Tetra Netz zugegriffen werden (Abb.21).

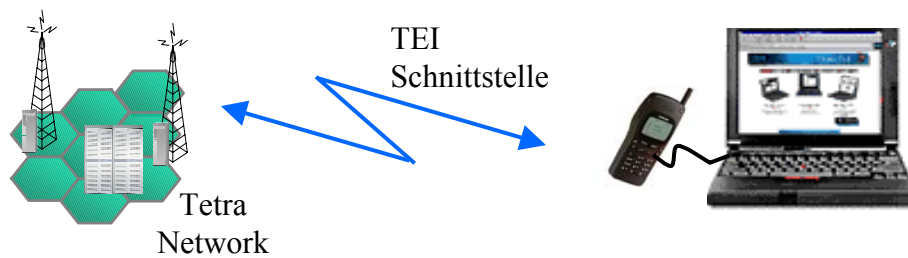


Abb.21: Verbindung mit Laptop

Hersteller von Tetra-Endgeräten, wie Nokia oder Motorola bieten Hardwaretreiber für ihre Mobilgeräte an. Diese Treiber simulieren am PC eine virtuelle Schnittstelle. Allerdings können Parameter, die man von einer herkömmlichen Seriellen Schnittstelle (Baudrate, Anzahl Bits, Parität usw.) kennt nicht verändert werden. Die Verbindung zwischen Tetra-Mobilgerät und Laptop wird mit einem seriellen Kabel realisiert. Für Pocket PCs und Handhelds sind zurzeit noch keine Schnittstellen vorhanden [49, 50].

Das Tetra-Netz ist bis heute nur in Pilotprojekten realisiert, wie zum Beispiel im 3-Länder-Projekt in Aachen[51]. Die ersten Insellösungen sollen 2006 zur Fußball Weltmeisterschaft in den Austragungsstädten aufgebaut werden. Ein flächendeckendes Tetra-Netz ist ab dem Jahr 2010 angestrebt [43, 44].

2.3.3 DECT

Ein weiterer Vertreter der Kommunikation ist DECT. 1992 legte das Europäische Standardisierungsinstitut für Telekommunikation (ETSI) den DECT-Standard (ETSI EN 300 175) fest. DECT steht für Digital Enganged Cordless Telecommunication. Seither haben sich drahtlose DECT-Telefone im Haus- und Firmenbereich in mehr als 100 Länder verbreitet [52, 53]. In den USA ist der DECT Standard unter dem Namen PWT (Personal Wireless Communication) wiederzufinden. Allerdings arbeitet dieses System in einem anderen Frequenzbereich. Siehe hierzu den Abschnitt Frequenzbereich.

Zur Gründungsstunde gab es bereits zwei Systeme in Europa, der britische CT2 Standard und der schwedische CT3 Standard. Der DECT Standard ersetzt ältere analoge schnurlose Telefonsysteme, die beispielsweise nach dem CT1 Standard und CT1+ Standard arbeiten. Diese analogen Systeme bieten nur eine eingeschränkte Sicherheit, da sie keine ausreichenden Verschlüsselungsverfahren für die Sprachübertragung einsetzen und eine relativ geringe Kapazität besitzen . DECT ist eine leistungsstärkere Alternative zum britischen GT2 Standard [30, 54, 55].

Typische Einsatzorte von DECT sind Büros, Firmengelände, Messen, Kliniken oder Heimbereiche. Das System erlaubt auch das Installieren von Zugangspunkten zu herkömmlichen Festnetzen, wie beispielsweise in Bahnhöfen und öffentlichen Gebäuden. Weiterhin kann DECT zur Überbrückung der letzten Meile zwischen Netzbetreiber und Kunden eingesetzt werden. Neue Anbieter können somit ihren Dienst an den Kunden erbringen ohne größere Verkabelungen vorzunehmen.

Systemarchitektur

DECT besteht grundlegend aus einem festen und aus einem mobilen Teil. Der feste Teil (FP = Fixed Part) kann aus einer oder mehreren Basisstationen (RFP = Radio Fixed Part) bestehen. Der mobile Teil wird „Portable Part“ (PP) genannt [52, 53, 55, 56, 57]. In der Literatur findet man auch die Begriffe FT (Fixed Radio Termination) und PT (Partable Radio Termination) [30]. DECT ist für die Punkt- zu- Punkt Verbindung zwischen Fixed Part und Portable Part ausgelegt.

Es besteht jedoch die Möglichkeit mehrere PPs an ein RFP zu koppeln. Es können somit mehrere Mobiltelefone mit einer Basisstation verbunden werden. Ebenso ist es möglich, mehrere Basisstationen im FP zu verwenden (Abb.22). Dieser Sachverhalt kann genutzt werden, um beispielsweise eine größere Fläche oder einen Gebäudekomplex mit DECT abzudecken. Eine Handover-Funktion ist bei DECT möglich. Das Zusammenspiel der einzelnen Basisstationen wird dann mittels einem FPC (Fixed Part Controller) geregelt [53, 57]. Die maximale Anzahl der sich in einem DECT-Netz befindlichen Portable Parts kann mit 10 000 User/km² beziffert werden [52, 53, 57].

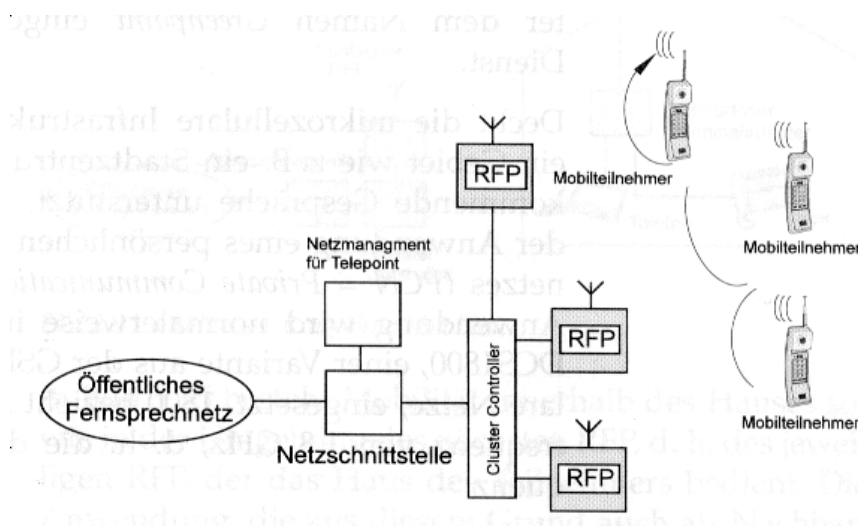


Abb.22: Struktur des DECT Systems [56]

DECT definiert nur den Zugang zu einem Netz und nicht das Netz selbst. Auch die Anwendung des Netzes ist nicht von DECT definiert. Aus diesem Grund ist das System für alle existierenden Netze und Anwendungen transparent und zugänglich. Telefonnetze, wie ISDN werden ebenso unterstützt wie Datennetze (X.25, X.400). Selbst zum nahen Verwandten dem GSM-Netz kann DECT Zugang gewähren. Die MSC (Mobilvermittlung, bei GSM) erkennt nicht, ob die Luftschnittstelle mit GSM oder mit DECT überbrückt wird. Das Einzige was DECT bietet ist der kabellose Zugang. Da der Kern von DECT sehr einfach gehalten ist, müssen alle Zusatzdienste in die lokalen oder globalen Netze integriert werden [30, 52, 53, 56].

DECT unterscheidet sich grundlegend von anderen Mobilfunksystemen in der nicht vorhandenen zentralen Vermittlung und Verwaltung. Die Vermittlung von Gesprächen oder dergleichen geschieht in übergeordneten Schichten. DECT stellt kein Dienst im eigentlichen Sinne zu Verfügung, sondern lediglich den Zugang zum Dienst [30, 52, 53, 56]. Die Protokollarchitektur ist zu großen Teilen an das OSI-Basisreferenzmodell (Open System Interconnection, International Standards Organisation 1984) angelehnt [30].

Frequenzbereich

Der Frequenzbereich von DECT wurde in Europa mit 1880-1900 MHz definiert [30]. In diesem Band sind zehn Trägerfrequenzen im Kanalabstand von 1728 kHz festgelegt. In den USA ist dieser Frequenzbereich bereits belegt, so dass hier das Band 1910-1920 MHz für den unlizenzierten Betrieb und die Bänder 1850-1910MHz, 1930-1990MHz für den lizenzierten Betrieb freigegeben sind (Abb.23). Auf anderen Kontinenten werden Bereich von 1,5 GHz bis 3,6 GHz verwendet [52, 53, 57]. Zusätzlich kann auch in Europa das öffentlich freigegebene 2,4 GHz Band für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen (ISM = Industrial, Scientific, Medical) genutzt werden[58].

Die Verteilung der Kanäle innerhalb eines Frequenzbandes folgt einem Multi Carrier/Time Division Multiple Access, Time Division Duplex Algorithmus (MC/TDMA/TDD). Dies bedeutet, mehrere Trägerfrequenzen stehen zu Verfügung (MC). Innerhalb einer Trägerfrequenz können 24 Zeitschlitz für die verschiedenen Kanäle nacheinander genutzt werden (TDMA). Die Downlink-Übertragung zwischen Basisteil und Mobilteil, sowie die Uplink Übertragung in entgegengesetzter Richtung, findet auf einer Trägerfrequenz in verschiedenen Zeitschlitz gemultiplext statt (TDD) [52, 53, 57]. Es stehen insgesamt 120 Kanäle zur Datenübertragung zu Verfügung, die vollkommen störungsfrei parallel betrieben werden können [53]. Die Auswahl des jeweiligen Übertragungskanal wird von der Basisstation bestimmt [52, 59].

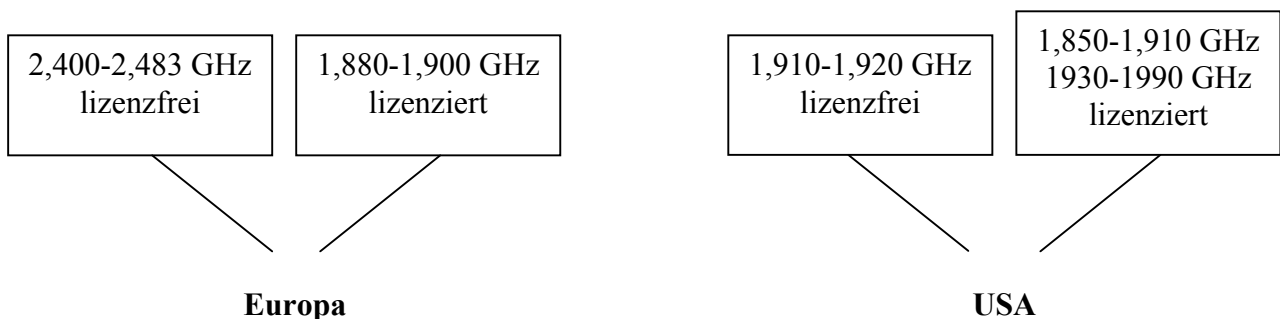


Abb.23: DECT-Frequenzen

Sicherheit

Um bei DECT eine entsprechende Sicherheit zu gewährleisten, wird vor jedem Verbindungsaufbau eine Authentisierung vorgenommen. Hierzu sendet die Basisstation eine zufällige Bitfolge an das Mobilgerät. Basisstation und Mobilgerät verrechnen diese Bitfolge gemäß einem Algorithmus mit einem bestimmten Schlüssel (64 Bit), der nur für ein berechtigtes Mobilgerät passt. Das Mobilgerät sendet das Ergebnis zurück an die Basisstation, welche diese Antwort mit dem selbst errechneten Ergebnis vergleicht. Durch diese Methode (Challenge and Response) wird erreicht, dass der Schlüssel nicht über Funk übertragen werden muss, und dass aus einmaligem Abhören keine Missbrauchsmöglichkeit entsteht [53, 57]. Während der Funkverbindung können die übermittelten Signale (Sprache oder Daten) verschlüsselt werden. Hierzu wird während des Ausweisens auf beiden Seiten (Mobilgeräte und Basisstation) ein Schlüssel errechnet, der nicht über Funk übertragen wird. Mit Hilfe dieses Schlüssels werden die Signale vom Sender codiert und vom Empfänger decodiert. Das Verschlüsseln ist Teil des DECT-Standards, jedoch nicht verbindlich [53, 57].

Leistung und Reichweite

Die Nennleistung ist mit 250 mW (24dBm) festgelegt. DECT verwendet zum Senden Zeitschlitze. Normalerweise wird von den 24 möglichen Zeitschlitze lediglich einer verwendet. Somit reduziert sich die gemittelte Sendeleistung auf ca. 10,4 mW [53, 57, 60].

Die maximale Entfernung zwischen Feststation und Mobilteil wird im Allgemeinen im Inhouse-Betrieb mit 30-50m und im Freien mit 250-350m angegeben. Mit entsprechenden Richtantennen ist eine Reichweite von bis zu 5km möglich [52, 57, 60].

Dienste

Es sind eine Reihe von Dienste über DECT vorhanden. Generic Access Profile (GAP) ist das grundlegende DECT Interface. Es beschreibt den Zugang eines jeden DECT-Gerätes. Bei DECT Telefonen ist beispielsweise GAP die Voraussetzung dafür, dass Mobiltelefone unterschiedlicher Hersteller untereinander Kommunizieren können. Auch beim Aufbau eines DECT-Netzes müssen die unterschiedlichen Basisstationen den GAP Dienst unterstützen [53, 57]. Des weiteren sind u.a. Dienste für die Benutzung von GSM Protokollen (GIP-Dienst), ISDN Zugangstechnologie (IAP- und IIP Dienste) und den Umgang mit Datendienste (DSP Profil) vorhanden. DSP unterscheidet grundlegend zwischen mobilen und statischen Profilen. Eine weitere Unterteilung kann in der Datenrate und der Datensicherheit gesehen werden. Ein noch recht neues Profil ist das sog. DECT Multimedia Access Profile (DMAP). Dieses wurde 1999 (EN 301 650) in die DECT Spezifikation aufgenommen[61]. Es definiert den europaweiten Standard für Mobile Multimedia Anwendungen. Das DMAP Profil ermöglicht durch sein verbessertes Management der Kanalbündelung (Dynamic Ressource Management, Application Balancing) eine maximale Ausnutzung der Bandbreite [30].

Applikationen

DECT hat sich als Kommunikationsstandard für drahtlose Telefone etabliert. Zurzeit sind Basisstationen für Analog- und Ethernet-Anschluss erhältlich. Auch Endgeräte mit serieller Schnittstelle, USB Anschluss, PC-Card und Telefone mit RS232 Schnittstelle stehen zu Verfügung. Somit ist eine Verbindung mit einem Laptop oder einen Handheld mit PC Card in ein DECT-Netz möglich [62]. Allerdings sind diese Applikationen selten auf dem Markt vertreten, da bei einem Einsatz als Modem oder als DECT-Netz, höher Datenübertragungsraten als 128kbit/s erwünscht sind [62].

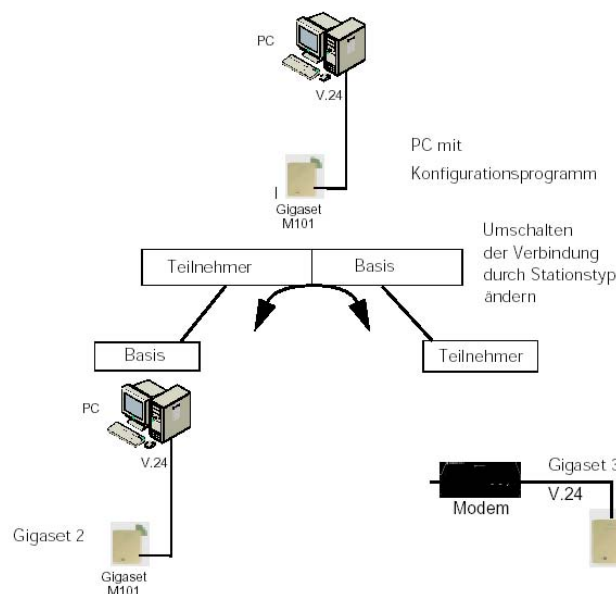


Abb.24: DECT Applikation aus [62]

2.3.4 WLAN 802.11

Der am meisten verbreitete Standard für Wireless LANs ist der IEEE 802.11 Standard [30].

Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE- Eye triple E) veröffentlichte 1997 die Definition des 802.11 Standards. Die Spezifikation gehört zur Gruppe der lokalen Netze, wie Ethernet (802.3) oder Token Ring (802.5). Der Standard definiert nach dem OSI-Schichtenreferenzmodell die beiden untersten Schichten, die Bitübertragungsschicht (Physical Layer) und die Verbindungs- oder Sicherungsschicht (Data Link Layer) [30, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69].

1999 definierte das IEEE noch zusätzlich den Standard 802.11a und den 802.11b. Die neu hinzugekommenen Standards unterscheiden sich hauptsächlich in der Übertragungsgeschwindigkeit und der Übertragungstechnik. IEEE 802.11 definiert eine Übertragungsgeschwindigkeit von maximal 2Mbit/s und arbeitet mit Frequency Hopping Spread Spektrum (FHSS). IEEE 802.11b erreicht Übertragungsraten von 5,5Mbit/s bzw. 11 Mbit/s und arbeitet mit dem Spreizverfahren Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). IEEE802.11a schließlich definiert eine Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 54Mbit/s und baut mit dem Übertragungsverfahren OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) auf dem DSSS-Verfahren auf [[30, 63, 65, 66, 67, 68, 69].

Systemarchitektur



Abb.25: WLAN im Ad Hoc Modus

Um ein Wireless LAN zu betreiben sind grundsätzlich zwei Geräte notwendig (üblicherweise Mobilstation und Access Point). Diese können je nach Szenario unterschiedlich miteinander kommunizieren. Es sind zwei Nutzerszenarien möglich. Der sog. Ad Hoc Modus, in Wireless LAN auch Independence Basic Service Set (IBSS) genannt, verbindet eine oder mehrere Mobilstationen direkt miteinander (Abb.25). Er kommt ohne jegliche Infrastruktur aus. Der zweite Modus ist das Infrastructure Network (ESS). In einem Infrastruktur Netzwerk werden mehrere Mobilstationen mit einem oder mehreren Access Points verbunden (Abb.26). Mehrere Access Points können mit einem lokalen Netz oder wiederum mit einem WLAN miteinander verbunden werden. Hierbei spricht man in der IEEE Terminologie von einem Distribution System (DS). Das Gesamtsystem wird von IEEE als Basic Service Set (BSS) bezeichnet. Es besteht die Möglichkeit, bei zwei sich nicht aufgrund ihrer Entfernung erreichenden Stationen, eine dritte Station dazwischen zu schalten, welche als Repeater fungiert.

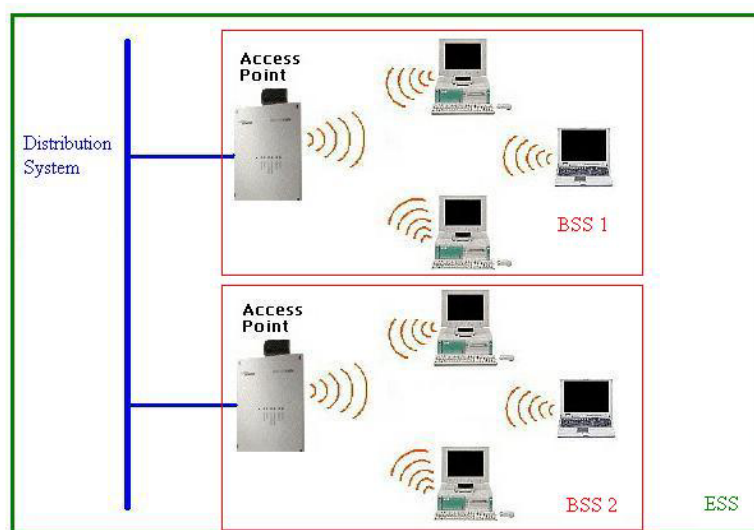


Abb.26: WLAN im Infrastrukturbetrieb

Die Access Points (AP) unterstützen ein „Roaming“ ihresgleichen in Zusammenarbeit mit dem Distribution System, welches für die transparente Datenübertragung zuständig ist. Des weiteren unterstützen APs die Synchronisation aller Stationen innerhalb ihres BSS und steuern den Medienzugriff für zeitbeschränkte Dienste.

Die IEEE 802.11 Normierung umfasst lediglich die untersten 2 Schichten des OSI-Referenzmodells, die Bitübertragungsschicht (Physikal Layer) und die Medienzugriffssteuerung (MAC). Sie hierzu Abbildung 27. Es existieren vier Varianten der Bitübertragungsschicht. Eine nutzt infrarotes Licht, die drei anderen Funkwellen zur Datenübertragung. Auf die infrarote Kommunikationsmethode wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

IEEE 802.11 arbeitet in seiner ursprünglichen Spezifikation mit Frequency Hopping Spread Spektrum (FHSS). Mit dieser Art des Sprungfrequenzverfahrens ist es möglich mehrere drahtlose Netze am selben Ort zu betreiben [30, 63, 69].

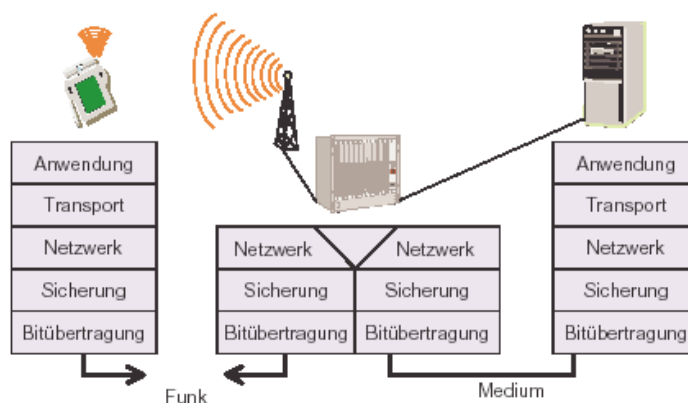


Abb.27: Schichtenmodell WLAN

IEEE 802.11b baut mit dem Spreizverfahren Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) auf FHSS auf, die Spreizung der Signalbandbreite wird um einen Faktor erweitert. Mehrere Verbindungen können gleichzeitig im gleichen Kanal ablaufen [30, 63]. IEEE802.11a definiert das Übertragungsverfahren OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Das Frequenzband liegt hier im Vergleich zu den vorangegangenen Definitionen bei 5 GHz. Die damit beschäftigte Arbeitsgruppe arbeitet verstärkt mit der BRAN (Broadband Radio Access Networks) von ETSI (European Telecommunications Standards Institute) zusammen. Da Diese Normierung bisher kaum auf dem Markt vertreten ist, soll hier nicht weiter auf IEEE802.11a eingegangen werden [30, 63, 68].

Die MAC-Schicht ist vorrangig für die Medienzugriffssteuerung zuständig, ihr obliegen jedoch auch Aufgaben wie Roaming, Authentifizierung und die Steuerung von Energiesparmaßnahmen. Das Zugriffsverfahren CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) bei Wireless LANs ähnelt stark dem von Ethernet. CSMA/CA jedoch versucht Kollisionen möglichst zu vermeiden, da bei Funknetzen eine Kollision nicht zuverlässig erkannt werden kann [30, 64, 65, 67].

Frequenzbereich

WLAN arbeitet in den beiden Spezifikationen IEEE802.11 und IEEE 802.11b im lizenzfreien ISM-Band (ISM = Industrial Scientific Medical). Dieses Band erstreckt sich in Europa zwischen 2,4000 und 2,4835 GHz. Das ISM Band ist weltweit für unlicenzierte Anwendungen im GHz-Frequenzbereich. Die Definition von IEEE 802.11a weicht hiervon ab, das hier genutzte Band erstreckt sich von 5,150-5,250 GHz [30, 63, 64, 65].

Sicherheit

WLAN besitzt zwei Sicherheitsmechanismen, die Verschlüsselung der Daten, sowie die Authentifizierung. Mit Hilfe der Authentifizierung wird jedem Access Point ein Name zugeteilt. Jede Mobilstation enthält eine weltweit eindeutige MAC-Adresse (Media Access Control). Alle MAC-Adressen der berechtigten Mobilstationen, welche auf einen Access Point zugreifen dürfen, werden in Listen geführt [65, 66, 67, 69].

Die Verschlüsselung der untersten beiden Schichten des OSI-Referenzmodells wird in IEEE 802.11 mit der WEP-Verschlüsselung (Wired Equivalent Privacy) durchgeführt. Hierbei wird der WEP-Schlüssel konstant gehalten und ein Initialisierungsvektor im Klartext übertragen. Der Initialisierungsvektor ist lediglich 48 Bit lang und wird zufällig erzeugt. Eine Weiterentwicklung von WEP ist die Verschlüsselungsmethode „WEPplus“. Hier ist der Initialisierungsvektor 128 Bit lang und der zuvor konstant gehaltene WEP-Schlüssel wird periodisch erneuert. WEPplus vermeidet schwache Schlüssel und ist dadurch resistenter [63, 65, 66, 69, 70].

Beim Einsatz eines Ad Hoc Netzes ist diese Verschlüsselungsmethode nicht verfügbar [64, 65, 66, 67, 68, 69]

Im Moment stellt IPSEC die Methode der Wahl dar. Voraussetzung hierfür ist ein TCP/IP Protokoll. Die erhöhte Sicherheit geht jedoch zu lasten eines Zuwachses an Overhead und somit zu einer Verringerung der Bandbreite [63].

Leistung und Reichweite

IEEE legt folgende Leistungen für die mobilen Wireless LAN Adapter fest:

IEEE802.11, 802.11b	max. 20dBm (100mW)
IEEE802.11a	max. 22dBm (200mW)

Die Reichweiten differieren je nach Gerätegröße und Ort der Anwendung.

Access Points besitzen in geschlossenen Räumen eine Reichweite von maximal 80m. Hingegen erreichen sie außerhalb von Gebäuden eine Reichweite von bis zu 450m. PC-Karten oder SD-Karten für mobile Geräte, wie Laptops oder Pocket PCs können im Gebäudeinnern eine Entfernung von bis zu 70m überbrücken, im Freien sogar bis zu 350m [kw10]. Grundsätzlich ist die Reichweite abhängig von der örtlichen Umgebung. Eine direkte Sichtverbindung zwischen zwei Teilnehmern kann eine größere Entfernung überbrücken als ein Netz innerhalb eines Gebäudes mit Stahlbetonwände, da die Hochfrequenzwellen von Metall und dichtem Mauerwerk gedämpft werden [63, 65, 66, 67].

Um die Reichweite zu erweitern stehen Richtantennen zu Verfügung, welche Entfernungen von bis zu 40km ermöglichen [71].



Abb.28: Richtantenne zu Vergrößerung der Reichweite[71]

Dienste

Dienste sind in den Spezifikationen nach IEEE nicht implementiert. Für den Benutzer bedeutet dies eine völlige Transparenz. Die Netzwerkverbindung kann wie jede kabelgebundene Verbindung eingesetzt werden. Alle Anwendungen und Dienste (z.B. TCP/IP, WWW, Dateiaustausch, Zugriff auf Netzwerkdrucker) die in einem Netzwerk verfügbar sind, können auch unter WLAN uneingeschränkt eingebunden werden. Der einzige Unterschied ist die eingeschränkte Datenübertragungsrate.

Applikationen

Wireless LAN nach IEEE 802.11.x ist in unterschiedlichsten Hardwarekomponenten integriert. Access Points sind in Form von PC-Karten ebenso erhältlich, wie die wohl mehr verbreiteten externen Ausführungen. Was die Mobilien Stationen anbelangt, so sind diese ebenfalls in Form von SD-Cards für den Pocket PC, PC-Karten für den Laptop, oder PCI-Karten und USB-Adapter für den Desktop-Rechnern erhältlich. Der Zugriff auf die Karten kann wie der Zugriff auf LANs geschehen (Abb.29) [72].



Abb.29: Geräte mit dem WLAN Standard [72]

2.3.5 GSM

Von 1982 bis 1987 wurde von der Standardisierungsgruppe Groupe Special Mobile (GSM) an einem Standard für ein einheitliches, europäisches, digitales Mobilkommunikationssystem gearbeitet. Diese Arbeit wurde von 17 Ländern getragen und 1988 der Standardisierungsorganisation ETSI (European Telecommunications Standards Institute) übertragen. Im Zuge der Arbeit beteiligten sich immer mehr Länder an diesem Standard, sodass es zu einer Namensänderung kam. GSM hieß von nun an Global System for Mobile Kommunikation. GSM ist ein dynamisches System, zu dem immer weitere Spezifikationen hinzukommen [73]. Der offizielle Start des erfolgreichsten Mobilfunknetzes war 1992. GSM ist ein Mobilfunk System der 2. Generation. Mit der ersten Generation von Mobilfunknetzen sind die analogen Netze, wie das C-Netz bezeichnet worden[30]. Die 3. Generation, oder auch 3G genannt, soll das angestrebte UMTS Netz werden [30, 73].

In Deutschland nutzen über 53 Millionen Teilnehmer das GSM Netz (Stand Juni 2002) [73]. Die weltweite Nutzerzahl wird für das Jahr 2003 auf über eine Milliarde geschätzt [73].

Systemarchitektur

In Deutschland werden vier verschiedene GSM-Netze betrieben, darunter die Betreiber Vodafone, T-Mobile, O2 und Eplus. Diese Netze sind alle nach der mittlerweile über 5000 Seiten zählenden Spezifikation aufgebaut [56, 73, 74].

Das GSM-System besteht aus drei Subsystemen, dem Radio Subsystem (RSS), dem Network and Switching Subsystem (NSS) und dem Operation Subsystem (OSS).

Zum RSS gehört zunächst einmal die Mobil Station (MS). Dahinter verbirgt sich der mobile Teil von GSM, besser bekannt als Handy (Cell Phone, Cordless Phone). In Jedem MS befindet sich die Hardware und Software um sich in einem GSM-System einzuwählen. Die Hardware, also das Handy ist weltweit eindeutig über die International Mobile Equipment Identity (IMEI) identifizierbar. Auf der SIM-Karte (Subscriber Identity Modul) sind Daten, wie Authentifizierungsschlüssel, Netzrechte und die International Mobile Subscriber Identity (IMSI) untergebracht. Durch die Trennung von SIM-Karte und Hardware ist es möglich die Hardware zu tauschen, jedoch immer noch die gleichen Benutzerdaten für die Authentifizierung zu benutzen. Der Verbindungsaufbau geschieht, indem die MS Kontakt mit einer Base Tranceiver Station (BTS) aufnimmt. Eine BTS bildet den Mittelpunkt einer GSM Zelle. Sie umfasst die komplette Funkausstattung, wie Antennen, Signalverarbeitung und die Verstärker (Abb.30). Mehrere BTS werden von einem Base Station Controller (BSC) kontrolliert und gesteuert. Der BSC reserviert Funkfrequenzen und steuert das sog. Handover, die Überleitung von einer BTS zur anderen. Dies alles kann in der GSM Terminologie zu einem Base Station Subsystem (BSS) zusammengefasst werden [30, 56, 73, 74, 75].

Das Network & Switching Subsystem (NSS) verbindet das Funknetz mit dem öffentlichen Festnetz. Dieses Herzstück des GSM-Systems steuert das Handover der unterschiedlichen BSS, umfasst Funktionen für das weltweite Orten von Benutzern und unterstützt die Abrechnung der verschiedenen Netzbetreibern in unterschiedlichen Ländern. Ein NSS besitzt High Speed Switches und Datenbanken, darunter auch das Mobile Services Switching Centre (MSC).

MSC ist ein Gateway für das ISDN-Netz. MSC ist zuständig für die Verwaltung der Netzwerkressourcen. Mehrere MSC bilden den Backbone des GSM-Systems[56, 73, 74, 76].

Das Operating Subsystem (OSS) beinhaltet alle Funktionen zum Betrieb und zur Wartung eines Netzes. In dieser Arbeit soll nicht näher auf das OSS eingegangen werden.

Wie schon erwähnt ist ein wesentliches Merkmal des GSM-Systems das Handover. Hinter diesem Begriff verbirgt sich ein Verfahren, welches es ermöglicht, Verbindungen zwischen einer MS und einer Basisstation an eine andere Basisstation weiterzuleiten. Dies ist notwendig, da eine Zelle nie einen kompletten Bewegungsbereich eines Teilnehmers abdecken kann. Dies macht auch der Zellenradius deutlich. Nominal liegt der Radius einer Zelle bei ca. 37km. Prinzipiell kann man sagen, je kleiner die Zelle, je mehr Teilnehmer können sich dort einbuchen. In Ballungszentren sind die Zellenradien bis zu 100m klein, wobei in ländlicher Umgebung auch ein Zellenradius von 70km vorkommen kann[56, 74].

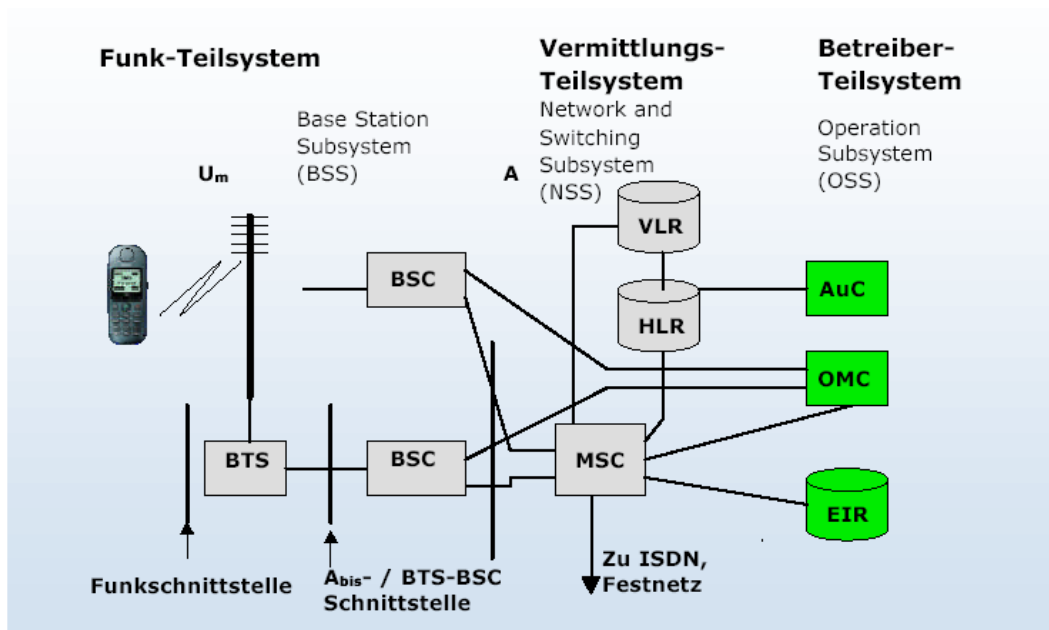


Abb.30: Aufbau des GSM Systems

Frequenzbereich

GSM wurde ursprünglich für die Frequenzen 890-915 MHz bzw. 935-960 MHz spezifiziert. Man spricht hierbei auch von GSM 900 [30, 56, 73, 74]. 1993 wurde das GSM-System auch für die Frequenzen 1710-1785 MHz bzw. 1805-1880 MHz definiert [76]. GSM bei diesen Frequenzen ist auch unter dem Namen DCS 1800 (Digital Cellular System) oder GSM 1800 in der Literatur bekannt [56, 73, 74]. Für die Kommunikation stehen in den oben genannten Frequenzbändern bei GSM 900, 124 Kanäle mit einer Bandbreite von 200kHz und bei GSM 1800 374 Kanäle zu Verfügung [56]. GSM ist in der Lage die Aufwärts- und Abwärtsfrequenz gleichzeitig zu nutzen (Duplexbetrieb). Möglich macht diesen Sachverhalt, die Kombination von FDM (Frequency Division Multiplex) und TDMA (Time Division Multiple Access) Technik. Die beiden 25 MHz-Frequenzbänder werden in jeweils 124 Trägerfrequenzkanäle mit Hilfe des Zeitmultiplexverfahren aufgeteilt. Die Trägerfrequenzkanäle werden von acht Zeitschlitzten mehrfach genutzt.

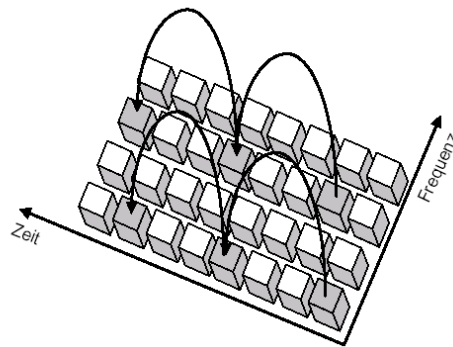


Abb.31: Frequenzhopping Verfahren

Während einer laufenden Übertragung wird die Trägerfrequenz ständig gewechselt (Hopping) und jeder Zeitschlitz wird in einer anderen Frequenz übertragen (Abb.31). Dadurch entsteht eine bessere Übertragungsqualität und eine effektivere Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen[74].

Dienste

Bei der Definition des Standards wurde das Hauptaugenmerk auf die digitalen Sprachdienste gelegt. Jedoch sind auch Datendienste definiert. Die Einteilung der Dienste geschieht in drei Gruppen, Trägerdienste, Teleservices und Zusatzdienste. Unter Trägerdienste versteht man die Datendienste entweder in verbindungsorientierter oder paketorientierter Form. Abhängig von der Qualität der eingesetzten fehlerkorrigierenden Codes (FEC), können Datenübertragungsgeschwindigkeiten bis zu 9,6 kbit/s pro Verbindung erreicht werden[56, 74]. Die Datenübertragung geschieht im Vollduplex-Modus. Neue Datendienste wie GPRS (ab 1998) arbeiten nur noch paketorientiert. Die IP-Adressen (IP= Internet Protokoll) werden zufällig bei der Einwahl in das Netz vergeben. Durch die Bündelung verschiedener Kanäle können hier Geschwindigkeiten bis zu 115,2 kbit/s erreicht werden [56].

Sicherheit

Von GSM werden Sicherheitsmechanismen wie Zugangskontrolle, Authentifizierung und Verschlüsselung unterstützt. Die Authentifizierung und Verschlüsselung geschieht mittels der SIM-Karte. Um Zugriff auf diese zu erhalten, muss zunächst ein Geheimcode (PIN) eingegeben werden. Die Teilnehmerauthentifizierung beruht auf dem Challenge and Response Schema. Ist die Authentifizierung vollzogen, werden alle Sprach- und Datendienste über die Luftschnittstelle verschlüsselt. Der 64 (54)Bit-Schlüssel bietet zwar ausreichenden Schutz vor einfachem Mithören, ist jedoch nicht mit Verschlüsselungen wie SSL zu vergleichen. Eine Verschlüsselung findet nur zwischen Mobilgerät und Mobilstation statt, die weitere Strecke wird nicht verschlüsselt [56].

Leistung und Reichweite

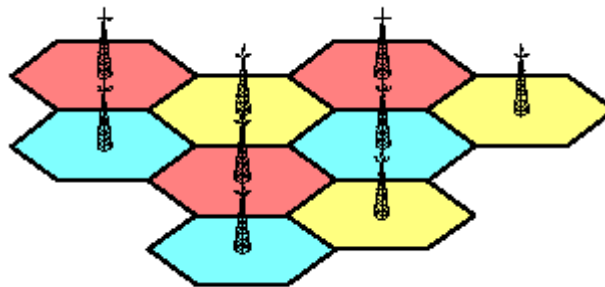


Abb.32: Zellulärer Aufbau des GSM Netzes

GSM ist ein zelluläres Kommunikationssystem. Folglich ist die Reichweite bei einem flächendeckenden System mindestens gleich der Größe der aufgespannten Fläche des Netzes (Abb.32). Ist die Verbindung zu einer Basisstation möglich, kann von dort eine Weiterleitung ins Festnetz (Public Land Mobile Network) vollzogen werden. Somit ist eine Kommunikation weltweit möglich. Die Bewegung innerhalb des Netzes bis zu einer Geschwindigkeit von 250km/h wird durch Roaming realisiert. Entlang des Verkehrsnetzes der Deutschen Bahn sind auch höhere Geschwindigkeiten möglich [56, 73, 74].

Für die Sendeleistungen der Geräte sind verschiedene Klassen, sowohl für Mobilgeräte als auch und für Basisstationen definiert. Bei den Basisstationen sind die Klassen 4 und 5 (20W und 40W) der Standard [74]. Für Mobilstationen (Mobiltelefone) werden üblicherweise die Klassen 4 und 5 (2 W und 0,8W) eingesetzt [56, 73, 75, 76, 77]. Mit diesen Leistungsabgaben sind die maximalen Spitzenwerte der Geräte definiert, welche im Betrieb nur bei der Netzsuche erreicht werden. Das GSM-System sieht eine dynamische Leistungsanpassung für den Dauerbetrieb vor [56, 74].

Applikationen

Den Zutritt zum GSM-System geschieht mittels einer Mobilstation. Ein Mobiltelefon erledigt den Zugang zum System in Eigenregie. Lediglich der PIN Code der SIM-Karte zur Benutzerkontrolle muss eingegeben werden. Auf die Dienste kann mittels der Software des Mobiltelefons zugegriffen werden. Mobiltelefone lassen sich auch als Modem zur Datenübertragung und für Internetdienste nutzen. Die Verbindung zwischen Mobiltelefon und Computer geschieht entweder seriell, mittels Kabelverbindung, oder über Techniken wie, Infrarot (IrDA) oder Bluetooth. GSM-Module sind auch in manchen Pocket-PCs und Laptops integriert, oder können modular in Hardware implementiert werden. Es gibt eine Vielzahl von Herstellern im Bereich der Mobiltelefone, hier sind vor allem Nokia, Siemens, Motorola und Ericsson zu nennen (Abb.33).



Abb.33: GSM Handys verschiedener Hersteller

Zusammenfassung der Kommunikation

Durch die nähere Betrachtung der angeführten Kommunikationstechniken stellt man fest, dass jede Technik Eigenarten in der Systemarchitektur, des Einsatzgebietes und schließlich der Protokolle und Dienste besitzt. Dies lässt sich recht plausibel daher erklären, dass jede Technik für einen speziellen Verwendungszweck spezifiziert wurde.

Bluetooth: Kabelersatz, Kommunikation im Nahbereich

Tetra: Digitaler Bündelfunk für BOS Organisationen

DECT: digitale schnurlose Kommunikation

WLAN: Funk-Lokal Area Network mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit

GSM: weltweites mobiles Kommunikationsnetz

Die wichtigsten Merkmale sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Welche Technik in das System implementiert wird, muss anhand der Anforderungen im nachfolgenden Kapitel diskutiert und beurteilt werden.

	Bluetooth	802.11	DECT	GSM/GPRS	Tetra
Spezifikation	Kabelersatz, Ersatz für IrDA	WLAN mit hoher Übertragungs- geschwindigkeit	Digitale Sprachkommunikation	Weltweite, mobile Sprachkommunikation	Digitaler Bündelfunk für BOS
Frequenzbereich	2,4000-2,4835 GHz, ISM	2,4000 - 2,4835, ISM 5,150-5,250 GHz	2,4000-2,4835 GHz, ISM	890-915, 935-960 MHz 1710-1785, 1805-1880 MHz	385-430, 410-430 MHz
Reichweite	10-100m	70-350m, Repeater- Funktionm, mit Richtantenne bis 40km	250-350m, mit Richtantenne bis 5km	Zelluläres System, Zellengröße nominal 37km	4,5-14km, Zelluläres System
Max. Datenübertragungsgeschwindigkeit	721 kbit/s	5,5, 11, 54 Mbit/s	128kbit/s als Modem	9,6 kbit/s, 115,2 kbit/s	21,6 kbit/s
Sicherheit	Authentifizierung, Verschlüsselung 128 Bit	Authentifizierung, Verschlüsselung 128 Bit	Authentifizierung, Verschlüsselung 64 Bit	Authentifizierung, Verschlüsselung 64 Bit	Authentifizierung, End- to-End Verschlüsselung
Integrität	Laptop, PDA, Handy, SD-Card, PC-Card, USB-Funkfinger	Laptop, PDA, SD-Card, PC-Card	Telefone mit USB- Anschluß, PC-Card	Laptop, PDA, Handy, GSM-Module	Sprechfunkgeräte, Handys, serielle Verbindung über Handy oder Funkgerät
Verfügbarkeit	Nur lokal	Nur lokal	In Gebäuden, nur lokal	Nahezu flächendeckend	Noch kein Netz, zzt. nur Pilotprojekte
Leistung	1mW	100mW	250mW	0,8-2W	1-10W
Protokolle, Dienste	Seriellles Profil, TCP/IP, OBEX, PP	TCP/IP	TCP/IP möglich	GPRS paketorientiert, zufällige IP-Adressen	Paketorientiert, verbindungsorientiert, feste Benutzeradressen

Tabelle 5: Zusammenfassung der Kommunikationstechniken

2.3.6 Anforderungen an die Kommunikationstechnik

1. Verfügbarkeit der Kommunikation an jedem Ort

Der Einsatz des Systems ist dort vorgesehen, wo Rauchgase bei einem Gebäudebrand eine Vielzahl von Patienten schädigen. Ein Brand kann in jeder Region, in jedem Gebäude und auch abseits von Ballungszentren ausbrechen. Ländliche Strukturen, Waldgebiete oder Täler besitzen die Eigenart, dass eine Funknetzinfrastruktur (GSM) gar nicht, oder nur teilweise vorhanden ist. Die Kommunikationstechnik sollte diesen Sachverhalt berücksichtigen. Beispielhaft soll die Netzabdeckung der beiden Funknetze D1 (T-Mobile) und D2 (Vodafone) anhand eines Ausschnittes des Süddeutschen Raumes dargestellt werden (Abb.34) [56].

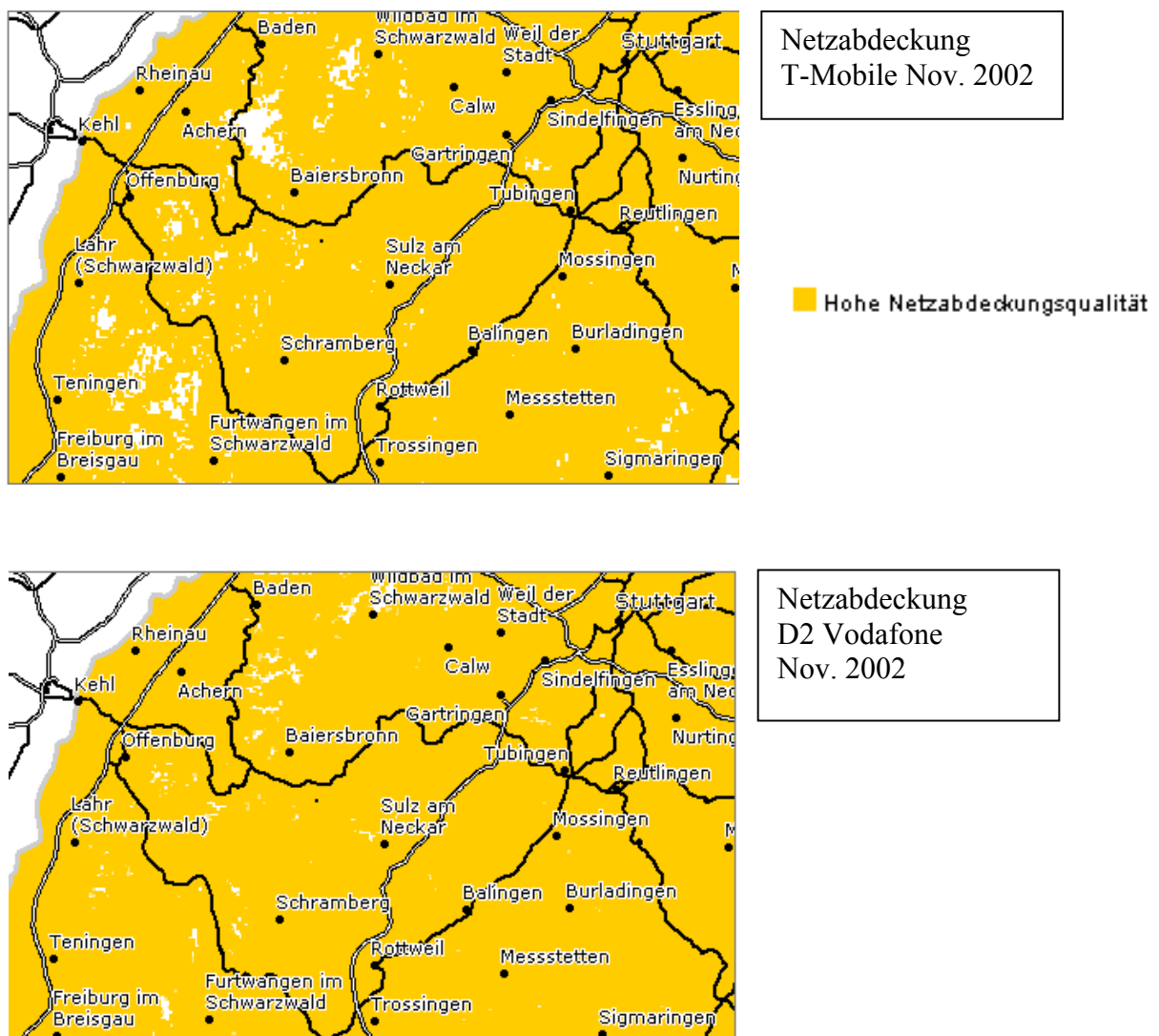


Abb.34: Netzabdeckung von T-Mobile und Vodafone

2. verschiedene Kommunikationsstrecken

In der Systemstruktur sind mehrere Kommunikationsstrecken angedacht. Die eine Strecke verbindet über eine Luftschnittstelle die Analyseeinheit mit dem mobilen Computer, eine andere lässt den mobilen Computer mit einem zweiten kommunizieren und die dritte soll die Verbindung zu entfernt gelegenen Servern herstellen. Die erstgenannte Kommunikation ist als Kurzstrecke ausgelegt, hier steht nur der Wegfall einer Drahtverbindung und somit die Mobilität des Benutzers im Vordergrund. Es sollte möglich sein, Daten über eine Entfernung von bis zu 5m drahtlos zu senden. Die zweite Verbindung sollte eine Entfernung von mindestens 400m überbrücken können. Hierbei muss auch beachtet werden, dass sich die beiden eingesetzten Geräte unter Umständen in Fahrzeugen befinden und diese beim Worst Case durch Häuser oder dergleichen, räumlich von einander getrennt sind. Bei der Festlegung der Reichweite sind Effekte der Funkkommunikation, wie Abschattung, Streuung, Reflexion und Freiraumdämpfung nicht beachtet [30]. Die dritte Verbindung ist eine Fernverbindung und sollte über mehrere Kilometer Daten übertragen können.

Kommunikationsstrecke A Mobiler Computer - Analyseeinheit, ca. 5m
Kommunikationsstrecke B Mobiler Computer - Mobiler Computer, ca. 400m
Kommunikationsstrecke C Mobiler Computer – Datenbankserver, mehrere Kilometer

3. Verschlüsselung der Patientendaten

Die Analysedaten, sollen mittels Software des Mobilens Computers mit den personenbezogenen Daten der Anamneseerhebung verknüpft werden. Diese Daten, sowie die daraus berechneten Werte des Gesundheitszustandes des Patienten, werden über die Funkstrecke B gesendet. Auf Grund des Datenschutzes muss diese Funkstrecke mit einem geeigneten Schlüssel geschützt werden. Die Verschlüsselungsstärke sollte den momentanen gebräuchlichen Standard von 128 Bit nicht unterschreiten [30]. Auch die weiteren Strecken zur Rettungsleitstelle und der Klinik sollten dementsprechend verschlüsselt sein.

4. Geringe Störanfälligkeit der Funkstrecke

Heutzutage arbeiten mobile Kommunikationstechniken im Hochfrequenzbereich zwischen 400 MHz und 5GHz. Im lizenzfreien ISM-Band (2,4000-2,4835 GHz) arbeiten gleich drei der fünf vorgestellten Techniken. Bluetooth, WLAN und DECT übertragen mit den gleichen Frequenzen ihre Daten. Interferenzen beim Einsatz mehrerer Techniken sind hier nicht ausgeschlossen. Einige Städte und viele Universitäten verbinden ihre Gebäude und Einrichtungen bereits heute schon mit WLAN. Ein asynchroner Betrieb, sowie das Betreiben mehrerer WLAN-Netze nebeneinander führt zu Störungen. Häufig sind Einbußen in der Bandbreite des Signals, die auch zum Abbruch der Verbindung führen können zu erwarten.

5. Integrierbarkeit in mobile Computer

Der Kommunikationsfluss soll vom mobilen Computer gesteuert werden. Welche Art eines mobilen Computer Systems eingesetzt werden kann, soll im Abschnitt Mobile Computer diskutiert werden. Die Auswahl der geeigneten Kommunikationstechnik hängt stark von der Wahl des mobilen Gerätes ab, bzw. ist bereits eine Vorselektion in der Auswahl des mobilen Gerätes. Folglich sollte die Kommunikationsschnittstelle bereits in einem mobilen Computer integriert sein, oder Lösungen zum Nachrüsten bestehen. Eine Eingerätelösung (Kommunikationstechnik und mobiler Computer bilden ein Gerät) ist einer Zweigerätelösung (Mobiler Computer wird mit einem zusätzlichen Kommunikationsgerät verbunden) vorzuziehen.

6. Einfache Integrierbarkeit in Analyseeinheit

Die meisten der auf dem Markt erhältlichen Analysesysteme (siehe Abschnitt 2.5) sind mit einer seriellen Schnittstelle (RS232) ausgestattet. Um Eingriffe in die Hardware zu vermeiden, sollte die drahtlose Kommunikation möglichst darauf aufbauen. Ein Beispiel wäre hierfür ein Kabelersatzmodul [39, 40, 41, 78]. Die Integrierung der Funktechnik in die Analysehardware sollte nicht invasiv geschehen, eine Festlegung auf ein Produkt oder einen bestimmten Hersteller kann somit vermieden werden.

7. Geringer Stromverbrauch

Die Kommunikationstechnik ist in den mobilen Computer zu integrieren. Mobile Computer werden über Akkumulatoren betrieben werden und vom Netzstrom unabhängig sein. Durch zusätzliche Geräte erhöht sich der Stromverbrauch des Gerätes. Die Betriebszeit verringert sich. Der Stromverbrauch ist über das Ohmsche Gesetz an die Leistung der eingesetzten Funktechnik gebunden [F2].

[F2] Ohmsches Gesetz:

$$P=U*I$$

Eine große Funkstrecke kann nur mit einer entsprechend hohen Ausgangsleistung der Kommunikationshardware überbrückt werden. Idealisiert betrachtet nimmt die Leistung eines Funksignal auch im Vakuum ab. Die Empfangsleistung nimmt im Quadrat zur Entfernung ab [30].

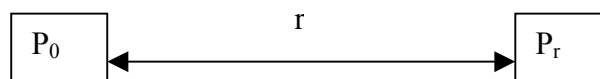


Abb.35: Abnahme der Sendeleistung

Es sei P_0 die Sendeleistung, r der Abstand zwischen Sender und Empfänger und P_R die Leistung die beim Empfänger ankommt, so gilt folgende Beziehung:

$$P_R \approx P_0 / r^2$$

Siehe hierzu auch Abbildung 35.

8. Mittlere Datenübertragungsgeschwindigkeit

Die Datenübertragungsgeschwindigkeit der Funkstrecke ist aufgrund der geringen Datenmenge von zweitrangiger Bedeutung, soll jedoch nicht in der Diskussion vernachlässigt werden. Funkstrecke A sendet Analysedaten den mobilen Computer. Die Datenmenge, welche über die serielle Schnittstelle gesendet wird muss abgeschätzt werden. Je nach Hersteller und Modell können verschiedene Analyseparameter über die serielle Schnittstelle übertragen werden. Die Parameteranzahl schwankt zwischen einem und 25 [79, 80, 81]. Um eine rechnerische Abschätzung nicht unnötig komplex zu gestalten, wird Overhead, welcher von Protokollen oder Verschlüsselungstechniken stammt, nicht in die Rechnung mit einbezogen.

Annahme:

- ordentliche Darstellung jedes Parameters 20 Bit (z.B. COHb=123,45 mg/ml)
- 25 Parameter werden übertragen
- Übertragung mit Kabelersatzmodul, Brutto-Datenübertragungsrate von 115,2 kbit/s

Rechnung:

Übertragungszeit = 25 Parameter * 20Bit / 115,2 kbit/s

Übertragungszeit \approx 4,75ms

Funkstrecke B sendet das Ergebnis der Beurteilung der Blutwerte(ca. 30Bit), Geräte-Identifikationsnummer(ca. 10Bit), sowie Personalien(60Bit) an einen zweiten mobilen Computer. Diese Werte sind im XML Format gespeichert, sodass auch der Body des XML-Argumentes mitgesendet wird. Es wird vereinfacht mit dem Faktor zwei multipliziert. Der oben beschriebene Overhead wird ebenfalls vernachlässigt. Als Übertragungsgeschwindigkeit wird 9600kbit/s (GSM alt) angenommen. Somit ergibt sich:

Übertragungszeit = 100Bit * 2 /9600kbit/s

Übertragungszeit \approx 20,8ms

Wie man an den beiden Beispielsrechnungen erkennen kann sind die abgeschätzten Datenmengen klein und somit die Übertragungsgeschwindigkeit von untergeordneter Relevanz.

2.3.7 Diskussion Kommunikationstechnik

Entscheidungsmatrix

Die Eignung der Kommunikationstechniken für das Systemkonzept soll nun an den oben näher erläuterten Anforderungen diskutiert werden. Zur Unterstützung der Entscheidungsfindung soll eine Entscheidungsmatrix zu Hilfe genommen werden. Diese enthält alle für das Systemkonzept wichtigen Parameter (Kritikpunkte). Zur genaueren Bestimmung der Prägnanz der einzelnen Parameter für das Systemkonzept wird ein Gewichtungsfaktor (G) bestimmt. Folgende Bedeutungsklassen kommt den einzelnen Werten zu:

2 Punkte	keinerlei Bedeutung
4 Punkte	geringe Bedeutung
6 Punkte	Mittlere Bedeutung
8 Punkte	hohe Bedeutung
10 Punkte	höchste Bedeutung

Der Punkteverteilung der einzelnen Diskussionspunkte ist gestaffelt. Die Werte 0, 4, 5, 6, 8 und 10 können vergeben werden. In welchem Umfang die einzelnen Diskussionspunkte der Kommunikationssysteme den Anforderungen entsprechen drückt die Punktezahl aus. Die unten stehenden Liste klassifiziert die sechs unterschiedlichen Gruppen.

0 Punkte	entspricht nicht den Anforderungen
2 Punkte	entspricht zu geringen Teilen den Anforderungen
4 Punkte	entspricht teilweise den Anforderungen
6 Punkte	entspricht zu großen Teilen den Anforderungen
8 Punkte	entspricht bis auf wenige Einzelheiten den Anforderungen
10 Punkte	entspricht zu voller Zufriedenheit den Anforderungen

Vorgehensweise

Tabelle 6 zeigt den Aufbau der Entscheidungsmatrix. Zuerst wird der Gewichtungsfaktor für jede Anforderung bestimmt. Danach wird festgelegt in wie weit ein Kommunikationssystem einer Anforderung entspricht. Sukzessiv werden anhand dieser Vorgehensweise alle Anforderungen durchlaufen. Die Gesamtpunktzahl wird anhand einer einfachen Formel ermittelt:

$$\text{Summe System A} = G1 * A1 + G2 * A2 + \dots + Gn * An$$

Wobei G den Gewichtungsfaktor und Ai die erreichten Punkte im Zusammenhang mit einer Anforderung (i) darstellt.

	Gewichtungs- Faktor G	System A	System B
Anforderung 1	G1	A1	B1
Anforderung 2	G2	A2	B2
Anforderung
Anforderung n	Gn	An	Bn

Tabelle 6: Aufbau der Entscheidungsmatrix

Auswertung

Anhand der beschriebenen Vorgehensweise wird die Entscheidungsmatrix (Tabelle 7) ausgefüllt.

	Gewichtungs- faktor G	Bluetooth	Tetra	DECT	WLAN	GSM/ GPRS
Verfügbarkeit	6	10	2	10	10	8
Verschlüsselung	10	10	10	4	10	4
Reichweite	8	2	10	2	2	10
Störanfälligkeit	8	10	10	6	6	10
Integrierbarkeit Mobiler PC	8	10	4	4	10	10
Integrierbarkeit Blutanalysegerät	10	10	2	4	4	4
Stromverbrauch	6	10	2	6	8	4
Übertragungs- geschwindigkeit	4	8	2	6	10	4
Total		528	343	296	432	408

Tabelle 7: Entscheidungsmatrix Kommunikation

Tetra soll in Zukunft den analogen BOS-Standard ablösen, ist jedoch zur Zeit nur in Pilotprojekten realisiert, somit kann nicht von Verfügbarkeit gesprochen werden [51]. Die Pilotprojekte zeigen, dass digitaler Datenfunk immer mehr an Bedeutung für die Behörden und Organisationen gewinnt und das in Zukunft auch Applikationen und Integrationen vielfältigster Art geschaffen werden. GSM/GPRS erhält als einziger Teilnehmer (mit Ausnahme von Tetra) lediglich acht Punkte, da hier zwar eine 98-99 % Flächendeckung [73] erreicht wird, jedoch immer noch lokale „Funklöcher“ den flächendeckenden Einsatz verhindern. Der erweiterte Service GPRS ist wie das Netz selbst nicht flächendeckend zu erreichen.

Die Verschlüsselung des Systems ist bei DECT und GSM unsicher. Die Gründe hierfür sind die 64 Bit DECT Sicherung mit WEP, sowie die reine Luftschnittstellensicherung bei GSM. Hier sind die Konkurrenten Bluetooth, Tetra und WLAN mit 128 Bit Schlüssel und End- to - End Verschlüsselungsmöglichkeiten sicherer.

GSM und Tetra sind von ihrem Aufbau zelluläre Systeme und ähnlich zu bewerten. Der wohl gravierendste Unterschied zwischen beiden ist, dass es sich bei GSM um ein öffentliches und sehr gut ausgebautes Netz handelt, während Tetra nur für BOS-Teilnehmer zugänglich ist. Bei beiden Netzarten ist bei einer Flächendeckung und vorhandener Verbindung zwischen Basisstation und Mobilstation die Reichweite der Kommunikation gleich der Reichweite des aufgespannten Netzes. Durch Schnittstellen ist hier auch eine Erweiterung in öffentliche Fest-Netze möglich. DECT und WLAN können nur lokal einen Bereich von maximal 300m abdecken. Netzähnliche Strukturen sind lediglich an manchen Universitäten und in vereinzelt Firmen über WLAN realisiert. Bei der Bewertung der Reichweite wird von der Ad-Hoc Verbindung zwischen zwei Geräten ausgegangen. Bei WLAN und DECT ist jedoch die Möglichkeit gegeben, Richtantennen als Repeater einzusetzen, um eine größere Reichweite zu erzielen.

Abgeschlagen in dieser Disziplin ist Bluetooth. Ein Vergleich zwischen Bluetooth und beispielsweise DECT ist ungerecht und im übertragenen Sinne ein Kampf zwischen David und Goliath, da Bluetooth als drahtlose Nahverbindung und als ein Kabelersatz definiert wurde. Es ist nicht angedacht Bluetooth über eine Entfernung von über 100m zu betreiben.

Störanfälligkeit ist von niederer Priorität, da diese lediglich eine Abnahme der Übertragungsbandbreite mit sich zieht. WLAN, DECT und Bluetooth arbeiten in einem Frequenzbereich und beeinflussen sich gegenseitig. Bluetooth mit seinen 1600 Hopps/s ist gegen die Störeinflüsse der Konkurrenten deutlich besser geschützt. Bei DECT und WLAN haben die Störungen eine Abnahme der Übertragungsbandbreite zu Folge.

Mobile Computer, wie Pocket PCs, Laptops oder Tablet PCs sind bereits mit Bluetooth, WLAN und GSM erhältlich, die Integrität ist hier vorhanden. Ältere Geräte können mit entsprechenden Modulen wie PC-Cards, SD-Cards sowie USB-Adapter nachgerüstet werden. Tetra kann zur Zeit nur mit einem Zweitgerät (Tetra Handy) genutzt werden. Für Pocket PCs sind jedoch noch keine Schnittstellen vorhanden. Bei DECT ist der Sachverhalt ähnlich. Hier besteht nur die Möglichkeit, über eine serielle Verbindung mit einem DECT-Telefon auf DECT zuzugreifen. Schnittstellen für Pocket-Pcs sind ebenfalls nicht vorhanden.

Beim Kriterium Integrierbarkeit in das Analysegerät ist Bluetooth hervorzuheben. Bluetooth ist als drahtloser Kabelersatz angedacht. Mehrere Hersteller (siehe 2.3.1) bieten schon Module an, welche als drahtlose serielle Verbindung eingesetzt werden können. Alle anderen Mitbewerber können nur mit entsprechenden Eingriffen in die Hardware der Hersteller integriert werden. GSM und DECT können mit entsprechenden hardwareseitigen Treibern mit einem Zusatzkabel und einem Zweitgerät (DECT-Telefon, Handy) den Funkdienst aufnehmen. Bei Tetra und WLAN sind derartige Anforderungen nur mit einem enormen Aufwand auf Seite der Hardware zu erreichen.

Auch beim Stromverbrauch dominiert Bluetooth mit seinen zahlreichen Stromsparmodi. Im entsprechenden Sparmodus (1mW) ist ein um den Faktor 2000 geringerer Stromverbrauch zu erwarten als bei GSM (2W). Bei den eingesetzten mobilen Computer macht sich ein mehr an Stromverbrauch je nach Hardwaretyp unterschiedlich stark bemerkbar. Pocket PCs besitzen im allgemeinen eine kleinere Akkukapazität, als Laptops. Alleine die Bauform und die Größe des Displays verdeutlichen dies. Im Abschnitt mobile Computer wird diese Diskussion nochmals aufgegriffen. WLAN und DECT besitzen keine ausgereiften Stromspareinrichtungen. Als durchschnittliche Leistung muss die maximale Leistung der Geräte angenommen werden. Bei DECT und Tetra tangiert der Stromverbrauch der Kommunikationshardware nicht die Laufzeit des mobilen Computers, da hier die Kommunikation in einem zweiten Gerät untergebracht ist (mobiler Computer und Handy, Funkgerät, drahtloses Telefon).

In punkto Übertragungsgeschwindigkeit dominiert WLAN. Dies ist keine Überraschung, denn WLAN wurde als schnelle funkbasierte LAN-Verbindung mit hoher Übertragungsrate spezifiziert. Die anderen Systeme sind weit abgeschlagen. An dieser Stelle soll nicht weiter über Übertragungsgeschwindigkeiten diskutiert werden, da diesem Thema lediglich eine untergeordnete Rolle zukommt.

2.3.8 Resümee und Entscheidung

Im direkten Vergleich der verschiedenen Funktechniken kann keines der Systeme allen Anforderungen gerecht werden. Ein Kompromiss ist daher unumgänglich. Die meisten Punkte fallen an Bluetooth. Das Kriterium Reichweite bleibt hier unter den Forderungen von 400m. Die Einbußen Datenübertragungsgeschwindigkeit fallen bei den geringen Datenmengen nicht sonderlich ins Gewicht. Bluetooth erfüllt die restlichen Anforderungen zu voller Zufriedenheit. Für eine heute gängige 128 Bit Verschlüsselung ist genauso gesorgt wie für eine intelligente Lösung um mögliche Störungen von Nachbarsystemen im 2,4 GHz-Band möglichst zu minimieren. Bluetooth kann einfach in die Blutanalyse-Hardware integriert werden und ist bereits für mobile Computer vorhanden.

Der zweite Sieger ist WLAN 802.11. Die geringe Reichweite und die schlechte Implementierbarkeit in die Analysehardware lassen WLAN in einem schlechten Licht stehen. Die Störanfälligkeit ist im 2,4 GHz Band mit einem Rückgang der Bandbreite verbunden, was bei einer maximalen Datenübertragungsrate von 11Mbit/s kaum ins Gewicht fallen wird.

Weniger geeignet für das System sind GSM, DECT und Tetra. Bei GSM sind hier der zu kurze Verschlüsselungsweg über die Luftschnittstelle, sowie die schlechte Integrierbarkeit in die Analyseeinheit zu nennen. Auch können Funklöcher nicht ganz ausgeschlossen werden. Bei DECT ist die allgemeine Integrität schlecht. Um diesem Standard nutzen zu können müssen Eingriffe in die Hardware stattfinden und Zusatzgeräte angebunden werden. Auch die Verschlüsselung mit dem WEP Standard ist in der heutigen Zeit obsolet. Auch die geringe Reichweite muss als Argument ins Felde geführt werden. Bei der angegebenen maximalen Entfernung von 350m mit Sichtkontakt muss beachtet werden, dass sich die beiden Kommunikationspartner in Fahrzeugen befinden könnten oder räumlich durch Bebauungen voneinander getrennt sind. Eine sichere und stabile Funkstrecke ist für das Einsatzszenario unerlässlich.

Tetra zeigt seine Schwächen analog zu DECT in der Integrität. Diese lässt sich momentan nur durch invasive Eingriffe in die Hardware und über eine zusätzliche Anbindung an ein Kommunikationsgerät realisieren. Noch wichtiger ist jedoch der Aspekt, dass ein flächendeckendes Netz zur Zeit nicht existiert und in absehbarer Zeit auch nicht existieren wird [44].

Entscheidung

Es werden drei Kommunikationssysteme für die geforderten Funkstrecken eingesetzt. Bluetooth wird als Kommunikationssystem für die Kommunikationsstrecke A, die mit einer maximalen Reichweite von 5m definiert ist eingesetzt. Für die Funkstrecke B wird WLAN 802.11 eingesetzt. Allerdings wird die geringe Reichweite durch eine Richtantenne vergrößert, somit kann die Anforderung, eine Reichweite von mindestens 400m ohne Sichtkontakt, erfüllt werden. Für Kommunikation über mehrere Kilometer (Strecke C) wird GSM als Wahlverbindung eingesetzt.

2.4 Mobile Computer

Es existieren unterschiedliche Arten von mobilen Computern. Sie unterscheiden sich zunächst in ihrer Baugröße und ihrem Leistungsumfang. In einer engeren Auswahl kommen PDA, Tablet PC und Laptop (Abb.36). Unter diesen drei Arten von mobilen Computern sind zahlreiche Hersteller auf dem Markt die unterschiedlich ausgestattete Geräte anbieten. Auf deren Eigenarten und Besonderheiten soll in dieser Arbeit nur oberflächlich eingegangen werden. Die drei unterschiedlichen Computer Systeme werden nachfolgend näher beschrieben und sollen anhand von Anforderungen auf ihre Einsetzbarkeit im Systemkonzept überprüft werden.

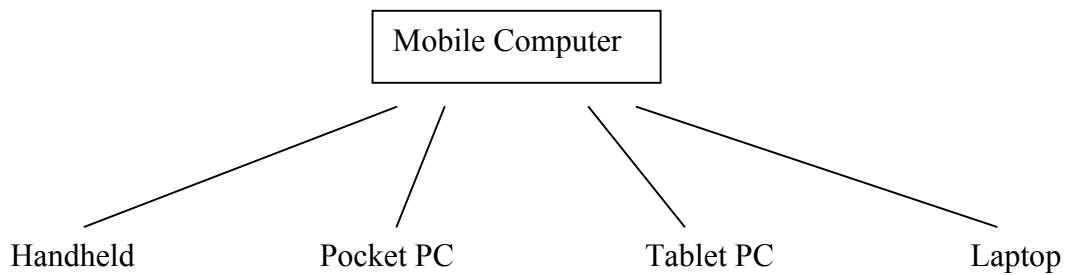


Abb.36: Produktgruppen mobile Computer

2.4.1 Handheld / Pocket PC

Handhelds und Pocket PCs werden auch unter dem Namen Palm PC oder PDA (Personal Digital Assistant) zusammengefasst. Sie sind die digitalen Erweiterungen eines auf Papier basierenden Terminkalenders. Ein PDA ist ein Computer von der Größe eines Timers mit einem Gewicht von ca. 200g. Die Geräte verfügen aufgrund ihrer Abstammung über Büro-Funktionen wie Kalender, Adreß- oder Notizbuch und erlauben auch die digitale Kommunikation, wie Browsen oder das Abrufen von Emails. Systematisch kann man PDAs zwischen Taschenrechner mit erweiterter Speicherfunktion (elektronische Datenbanken) einerseits und Sub-/ Mini-Notebooks andererseits einordnen [81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89].

Schnittstellen

Zur externen Kommunikation sind die Geräte mit unterschiedlichen Techniken ausgestattet. Pocket PC und Handhelds besitzen je nach Ausstattung und Hersteller Einschübe für SD-Cards, CF Cards (Compact Flash Card) und PC-Cards (ehemals PCMCIA). Auf der Basis dieser Einschübe sind eine Reihe von Kommunikationstechniken implementierbar. Verschiedene Firmen (3COM, Proxim, Tekram uvm.) bieten Produkte für WLAN, Bluetooth, GSM an. In hochwertigen Geräte ist mindestens eine der genannten Techniken integriert. Zum Standard gehört heutzutage eine Infrarot-Schnittstelle, sowie eine Dockingstation bzw. eine USB-Verbindung mit der Anwendungen oder Dateien mit einem Desktop Rechner abgeglichen werden können [81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89].

PDAs besitzen einen sog. Touchscreen. Durch das Berühren einer Stelle an der Oberfläche des Displays können Aktionen ausgelöst werden. Mit Hilfe eines Stiftes ist es möglich, Menüs zu bedienen und Anwendungen zu steuern. Die Funktion der Stiftes auf dem Touchscreen ist mit der einer Maus zu vergleichen.

Handhelds unterscheiden sich von Pocket PCs in der integrieren miniaturisierten Tastatur, sowie dem etwas größeren quer liegenden Display. Durch die Tastatur ist es möglich auch längere Text rasch in speziellen Anwendungen zu schreiben.

Pocket PCs besitzen lediglich eine virtuelle Tastatur. Diese erscheint bei einem Aufruf im unteren Drittel des Displays. Mit Hilfe des Stiftes könne Buchstaben oder Zahlen ausgewählt werden, die dann hintereinander in einem Texteditor oder einem Textfeld erscheinen. Manche Pocket PCs könne auch Handschriften erkennen [82].

Das Display eines Pocket PCs ist im Allgemeinen 3,5 Zoll groß, was 240*320 Bildpunkte entspricht [81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89]. Das Display eines Handhelds liegt quer und ist 640*240 Bildpunkte groß [82, 90].

Prozessor und Speicher

Jeder höherwertigere PDA besitzt ein Betriebssystem und einen mobilen 32bit-Prozessor. Die größte Anbieter von Prozessoren sind Intel und Toshiba. Diese beiden Hersteller orientieren sich an der ARM-Technologie. ARM ist ein Anbieter von Embedded-16/32-Bit-RISC-Mikroprozessorlösungen [91]. Man spricht hier von Applikationsprozessoren, die eine Taktgeschwindigkeit von bis zu 400MHz erreichen. Die interne Speicherkapazität von PDAs liegt bei 64Megabyte, diese lässt sich jedoch mit SD-Karten bis zu 1Gigabyte erweitern.[92].

Betriebssysteme

Das Betriebssystem kann nicht mit dem eines Desktop Rechners, wie Microsoft Windows 2000 oder XP verglichen werden. Jedoch sind Gemeinsamkeiten in Menüführung und Optik zu erkennen. Das Betriebssystem eines PDAs befindet sich auf einen löschbaren ROM (Read Only Memory) Baustein. Es ist daher möglich das Betriebssystem zu löschen und ein anderes aufzuspielen.

Für Handhelds und Pocket PCs sind getrennte Betriebssysteme der Firma Microsoft auf dem Markt. Zum einen existiert Windows für Pocket PC 2002 zum anderen Windows für Handhelds 2000. Ebenso existieren hier Betriebssysteme von PalmOS, die vor allem auf PDAs von Handspring zum Einsatz kommen. Auch Linux ist auf diesem Sektor vertreten. Linux kann prinzipiell auf jedem PDA, welcher ein löschbares ROM besitzt installiert werden. Dies ist möglich da Linux einen kleinen Kern besitzt, der je nach Rechner des PDAs erweitert werden kann[93].

Software und Programmierung

Verschiedene Firmen bieten Anwendersoftware für PDAs an. Aufgrund der Abstammung der PDAs findet man vielseitige Anwendungen die Kalenderfunktionen und Terminplanung sowie Kontaktpflege ermöglichen. Zunehmend sind auch Multimediaanwendungen anzutreffen. Microsoft bietet beispielsweise in abgewandelter Form Internetexplorer, Office, und Mediaplayer an. Ganz ähnlich bei Linux, hier können je nach Bedarf und Leistung des Rechners vielseitige Anwendungen im Baukastenprinzip installiert werden[93, 94].

Software kann auch unter Verwendung spezieller Entwicklungsumgebungen neu entwickelt werden. Für Microsoft Betriebssysteme steht für die Sprache C++ die Entwicklungsumgebung Microsoft eMbedded Visual C++ 3.0 kostenlos zu Verfügung.

Möchte man die Sprache Java benutzen, so muss zunächst eine Java Virtuelle Maschine (VM) auf dem Betriebssystem des Pocket PCs oder Handhelds installiert werden, welche die Programme interpretieren kann. In Java kann mit den üblichen Java Development Kits (JDK) programmiert werden. Allerdings muss hier beachtet werden, dass der Umfang der Klassen für Java bei den verschiedenen VMs differieren. Siehe hierzu Tabelle 8.

Name	<u>NSICOM CrEme 3.2</u>	<u>SavaJe XE 1.0</u>	<u>Hewlet Packard ChaiVM 4.0</u>	<u>Sun Personal Java1.1</u>	<u>Blackdown J2RE 1.3.1</u>	<u>Insignia Jeode</u>	<u>IBM J9</u>
OS	WinCE 2.11/3.0	SavaJe XE	WinCE 2.11/3.0	WinCE 2.11/3.0	ARM Linux	WinCE 2.11/3.0, ARM Linux	WinCE 2.11/3.0
JVM Compatibility	PersonalJava compliant	Java 2 (1.3.1)	JDK 1.1.8	JDK 1.1.8	Java 2 (1.3.1)	PersonalJava compliant	PersonalJava compliant
Speed	Fast	Very fast	Slow	Fast	Slow start, reasonable execution.	Fast	Not tested
Supported Packages	AWT, SWING, RMI, COMM	AWT, SWING, RMI, JINI, COMM	AWT, RMI	AWT, RMI	AWT, SWING, RMI, JINI	AWT,RMI	AWT,RMI
Hardware	StrongARM	Compaq IPAQ H36, H37 and H38 series.	StrongARM	StrongARM 16MB Greyscale	IPAQ H36xx (or better) & CF Storage	H36xx or H38xx	StrongARM
Cost	\$1000 (For 50 run-time unit license)	\$100	Free	Free	Free	Contact Insignia	Free

* HP's TurboChai compiler produces native code from Java source that will run under ChaiVM.

Tabelle 8: Verschiedene VMs [95]

Leistungsverbrauch

Die Hersteller geben die Betriebsdauer von PDAs mit 8-14 Stunden an [83, 84, 85, 86, 87, 88, 89]. Diese Abgaben sind jedoch maximale Werte. Hierbei wird nicht beachtet, dass dem Display eine Hintergrundbeleuchtung zugeschaltet, deren Helligkeit variiert werden kann. Ebenso ist die Rechnerleistung bei Anwendungen nicht berücksichtigt.

Aus diesen Gründen wurde bei denen im FZI zu Verfügung stehenden Gerätetypen HP Jornada 720 und Compaq Ipaq H3870 ein Laufzeittest durchgeführt.

Der Ipaq 3870 wurde unter realen Bedingungen getestet. Die Displaybeleuchtung für das 240*320 Pixel große Display war auf die höchste Helligkeitsstufe eingestellt und dauerhaft an. Die CPU-Auslastung entsprach dem normalen Betrieb. Es wurden gängige Office-Anwendungen sowie Rechenoperationen in Excel durchgeführt. Die Akkugröße beträgt 1250mA. Bluetooth war im „Discoverable Modus“. (Andere Bluetooth Teilnehmer können den Ipaq 3870 sehen. Er jedoch kann nur manuell andere Teilnehmer suchen.)

Leider lagen keine Herstellerangaben zur Laufzeit vor.

Die gemessene Laufzeit unter den obigen Bedingungen beträgt: 3h 40min

Auch der HP Jornada 720 wurde unter Anwendungsbedingungen getestet. Die Hintergrundbeleuchtung war dauerhaft eingeschaltet und auf die höchste Helligkeitsstufe eingerichtet. Ebenfalls wurde hier mit Office Anwendungen gearbeitet. Da im Jornada 720, außer Infrarot keinerlei Kommunikationstechniken eingebaut sind wurden Bluetooth und WLAN in Kartenform implementiert. Bluetooth kam in Form der CF-Karte „Socket Bluetooth CF Card“ der Fa. SocketCOM zum Einsatz. Für die Kommunikation über WLAN wurde die Karte „3Com Air Connect“, als PC-Karte in den Jornada 720 eingebaut.

Die vom Hersteller angegebene Betriebszeit bei „normalen“ Bedingungen, für den 1500mAh starken Akkumulator beträgt 9h. In der geschilderten Testumgebung beträgt die Betriebszeit 3h 35min.



Abb.37: Jornada 720 und Ipaq

2.4.2 Tablet PC

Bei einem Tablet PC handelt es sich um eine neuartige Entwicklung eines tragbaren PCs. Diese Art von mobilen PC wird auch je nach Hersteller Web PC oder Web PAD genannt. Der Microsoft Firmenchef Bill Gates gilt als Ziehvater des Tablet PCs. Gates präsentierte im November 2000 den ersten Prototyp eines Tablet PCs. Der Tablet PC integriert die Touchscreen Funktion eines PDAs und die Größe und den Anwenderkomfort eines Laptops. Als Eingabegerät dient ein Stift (Pen), der bei Berührung der Oberfläche des Touchscreens Menüs steuert und handschriftliche Eingaben zulässt. Die Modelle haben eine Größe die mit einem DIN 4 Blatt zu vergleichen ist. Die Dicke des Gerätes beträgt 2-3cm, das Gewicht liegt zwischen 1300 und 1500g.

Hardware und Schnittstellen

Die Hardware eines Tablet PCs ist analog der eines Laptops. Allerdings besitzt ein Tablet PC keine Tastatur und anstatt eines gewöhnlichen TFT Bildschirms ist ein Touchscreen eingebaut. Es sind auch Zwischenlösungen auf dem Markt, die einerseits als Laptop dienen und durch Drehung des Displays zum Tablet PC werden (Abb.38) [89, 96]. Siehe hierzu auch Abb. 34. Schon 1992 hatte die Firma Microsoft die Idee eines Tablet PCs. Zur damaligen Zeit stand jedoch nicht die geeignete Hardware zu Verfügung, so dass sie wieder verworfen wurde. Heute macht man Gebrauch von miniaturisierten, leistungsstarken und stromsparenden Komponenten[97]. Kernstück der Hardware ist ein mobiler Prozessor, eine mobile Festplatte, eine mobile Grafikkarte, sowie ein leichter platzsparender Hochleistungsakkumulator. Tablet PC besitzen auch Anschlüsse für herkömmliche Eingabegeräte, wie Tastaturen oder Mäuse.



Abb.38: Tablet PC und Laptop in einem Gerät, Portégé 3500 Fa. Toshiba [89]

Je nach Hersteller und Produkt stehen eine Reihe von Schnittstellen zur Verfügung. Die meisten Geräte besitzen als Standardausstattung einen oder mehrere USB-Schnittstellen sowie eine Infrarotschnittstelle. Viele Hersteller integrieren ein Modem, sowie eine Netzwerkkarte. Es sind auch Produkte erhältlich die Bluetooth, WLAN oder GSM bereits integriert haben. Erweiterungsmöglichkeiten bestehen durch SD-Karten-, CF-Karten, sowie PC-Karten Steckplätze.

Prozessoren und Speicher

Die Speichermedien sind baugleich mit denen moderner Laptops. Hier kommen Festplatten über 100Gbyte zum Einsatz, die sehr leise und stromsparend arbeiten. Die Prozessoren sind spezielle mobile Prozessoren die eine geringe Stromaufnahme bei maximaler Performanz aufweisen. Herstellerfirmen sind hier hauptsächlich Intel und AMD.

Betriebssystem

Da Microsoft die Entwicklung der Tablet PCs stark vorangetrieben hat, ist es nicht verwunderlich das ein spezielles Betriebssystem existiert. Auf der Basis von Windows XP wurde ein System geschaffen, welches ohne Tastatur und Maus bedient werden kann. Besonders berücksichtigt wurde die Menüführung über Stift sowie der Handschriftenvergleich.

Der Tablet PC soll dem Anwender nicht noch als Laptopersatz dienen, sondern auch den Papierblock ersetzen, der immer noch Teil jeder Besprechung ist.

Die Handschrift des Anwenders wird nicht wie bei den meisten Pocket PCs oder Handhelds in einzelne Buchstaben unterteilt und diese analysiert, sondern die Worte eines Textes werden mit schon einmal geschriebenen Textbausteinen verglichen. Der Anwender kann handschriftliche Worte mit Hilfe des Eingabestiftes und einer virtuellen Tastatur in Druckbuchstaben definieren. Dabei versteht das System nicht den Sinn des Worten, es vergleicht nur das neu geschriebene Wort mit einem bereits vorhandenen und sucht dessen Definition um diese an stelle des handschriftlichen Wortes einzufügen bzw. aus dem handschriftlichen Text durch Umwandlung einen Text in Computerschrift zu erhalten.

Software und Programmierung

Bei einem Tablet PC handelt es sich um eine Weiterentwicklung eines Laptops. Der Tablet PC ist anhand der Hardware nahezu baugleich. Das Betriebssystem baut auf Windows XP auf. Als Software kann nahezu jegliches Programm benutzt werden, welches vom Betriebssystem unterstützt wird. Bei der Programmierung der Software kann die Entwicklungsumgebung wie auf einem Desktop Rechner ohne Kompromisse eingesetzt werden. Hier bieten unter anderem die Firmen Borland und Microsoft verschiedene Programmierumgebung für unterschiedliche Programmiersprachen.

Leistungsverbrauch

Der Leistungsverbrauch ist wie auch beim Pocket PC anwender- und- herstellerabhängig. Die Displaybeleuchtung, der Prozessor, sowie die Festplatte sind die Hauptverbraucher. Beim Betreiben zusätzlicher Karten oder Module nimmt die Betriebszeit ebenfalls ab. Im Allgemeinen liegt die Betriebszeit eines Tablet PCs zwischen 3,5 und 5 Stunden (Tabelle 9).

In der nachfolgenden Tabelle sind Angaben der Betriebsdauer einiger Hersteller [82, 88, 89, 98, 96]:

Hersteller	Produkt	Betriebsdauer
Acer	TravelMate C100	bis zu 3,5h
Fujitsu Siemens	Stylistic ST4000	bis zu 5 h
Toshiba	Portégé 3500	bis zu 3,5 h
Sony	VAIO Slimtop R505G	bis zu 4,5h
Compaq	Tablet PC TC1000	bis zu 5h

Tabelle 9: Tablet PCs und deren Betriebsdauer



Abb.39: Verschiedene Tablet PC Modelle

2.4.3 Laptop

Zum Gerätetyp Laptop soll in dieser Arbeit nur oberflächlich eingegangen werden. Laptops werden in der Umgangssprache auch Notebooks genannt. Ein Laptop ist die mobile Form eines Desktop Rechners. Er zeichnet sich durch seinen flachen TFT (Thin Film Transistor)-Monitor und die kompakte Bauweise aus. Die kompakte Bauweise wird durch miniaturisierte Bauteile realisiert. Die Industrie hat in den vergangenen Jahren stark an der Verkleinerung von Festplatten, Grafikkarten, Laufwerken, Akkumulatoren und Zusatzkomponenten gearbeitet. Dadurch können Laptops immer kleiner gebaut werden. Das Gewicht von Laptops ist Hardwareabhängig und liegt zwischen 2000 und 3000g.

Ein nicht weniger wichtiger Aspekt, wie die kompakte Bauform ist der Stromverbrauch der mobilen Geräte. Auf der einen Seite werden die Akkumulatoren in den Geräten immer leistungsfähiger auf der anderen Seite werden spezielle Prozessoren eingesetzt die deutlich unter dem Stromverbrauch von Desktop Rechnern liegen.

Ein Laptop kann durchaus mit der Leistung eines Desktop Rechners verglichen werden.

Hardware

Gängige Laptop Rechner besitzen mobile Festplatten mit einer Speicherkapazität von bis zu 100Gbyte. Der Markt der mobilen Prozessoren wird von den beiden Hersteller Intel und AMD dominiert. Diese Rechner erreichen bei einem deutlich geringerem Stromverbrauch eine vergleichbare Leistung als Desktop Prozessoren der gleichen Kategorie. Die Taktfrequenzen liegen zwischen 1133MHz und 2400MHz. Trotz der mobilen Ausführungen der Prozessoren, ist die Taktfrequenz direkt mit dem Stromverbrauch verbunden. Die Grafikkarte wird oft bereits in das Motherboard integriert. Der Grafikspeicher der sich üblicherweise auf der Karte befindet, wird in dieser Form vom Hauptspeicher des Rechners abgezweigt. Durch diese Verschmelzung zwischen Hauptspeicher und Grafikspeicher lässt sich Platz sparen. Allerdings geht dieser Sachverhalt mit einer geringeren Grafikleistung und eingeschränkten Speicherressourcen für Programme einher. Es sind jedoch auch Grafikkarten mit eigenem Grafikspeicher auf dem Markt erhältlich, die ihren Einsatz bei CAD-Grafikprogrammen oder Spielen finden. Je nach Modell ist ein CD-ROM-Laufwerk, DVD Laufwerk oder sogar eine Kombination aus DVD- und CD-RW-Laufwerk eingebaut. Die Tastatur ist wesentlich flacher und nimmt weniger Platz als eine herkömmliche Desktop-Tastatur ein. Die Hersteller integrieren als Mausersatz meistens ein sog. Touch-PAD. Diese 3*4 cm große Fläche dient dazu den Bildschirm-Cursor mittels Berührung und Fingerbewegung über die Fläche zu bedienen. Laptop Computer besitzen auch Erweiterungsmöglichkeiten für Externe Monitore, Tastaturen, Mäuse und Schnittstellen (seriell und parallel).

Betriebssystem

Als Betriebssystem kann das Gleiche eingesetzt werden wie bei Desktoprechnern. Gängige Betriebssystem sind Microsoft Windows 2000, Microsoft Windows XP und Linux Suse 8.1

Betriebsdauer

Die Betriebsdauer eines Laptops ist auch wie bei den anderen vorgestellten mobilen Computern hersteller- und anwenderabhängig. Deh- und Angelpunkt ist der eingesetzte Akkumulator. Dessen Kapazität bestimmt hauptsächlich die Laufzeit aber auch das Gewicht des Gerätes. Zweitwichtigster Parameter ist die Displaygröße. Heutzutage besitzen Laptops TFT- Displays mit einer Größe von 14,1 bis 15,1 Zoll. Die Akkulaufzeit beträgt zwischen zwei und 3 1/2 Stunden. Die Ausnahme machen hier die sehr teuren, sogenannte High End Notebooks. Sie haben eine Displaygröße zwischen 10 und 13 Zoll und treten durch ihre flache Erscheinung, geringes Gewicht, hohe Laufzeit und die geringen Abmaße aus der Masse hervor [88, 96, 98, 99]. Durch die geringe Displaygröße und der eingesetzte Hochleistungsakku macht ermöglicht eine Betriebsdauer von bis zu vier Stunden.

High End Notebooks verschiedener Hersteller:

Livebook S6010, Siemens
Travelmate C100, Acer
Vaio SRX, Sony
Thinkpad X Series, IBM

Software und Programmierung

Zur Programmierung und Softwareentwicklung kann jegliche Programmierumgebung wie bei Desktop-Systemen verwendet werden.

Kommunikationsschnittstellen

In Laptop Computern kann wie auch bei Desktoprechnern jegliche Kommunikationshardware, bei der Schnittstellen definiert sind, integriert werden. Standard Geräte besitzen bereits Schnittstellen wie Infrarot, LAN, Modem, oder auch die in die Jahre gekommene serielle Schnittstelle. Hochwertige Laptop Computer besitzen bereits WLAN, GSM oder Bluetooth. Die Standardgeräte sind durch CF, SD, oder PC-Karten Einschubplätze erweiterbar.

2.4.4 Anforderungen Mobile Computer

Geringe Abmaße / Handlichkeit

Das einzusetzende Gerät sollte sehr kompakt sein. Der mobile Computer sollte mit beiden Händen tragbar und bedienbar sein. Jedoch ist die Handlichkeit der Gegenspieler zu einem übersichtlichen Display.

einfache Eingabe

Die anfallenden Daten, welche eingegeben werden müssen sind auf ein Minimum beschränkt. Es müssen keine lange Sätze oder dergleichen eingegeben werden. Personalien, sowie eine minimale Anamnese werden eingegeben. Diese Eingaben sollten jedoch rasch und auf einfachem Wege geschehen, damit hier kein Zeitverlust entsteht.

Übersichtliches Display

Das Display sollte möglichst groß jedoch immer noch kompakt sein. Eine Hintergrundbeleuchtung sollte vorhanden sein, da der Einsatz des Gerätes auch bei Nacht gewährleistet werden muss.

Lange Betriebsdauer

Bei einem Brand mit geschädigten Personen geht man im Durchschnitt von einer Einsatzdauer von 2,5–3 Stunden aus. In dieser Zeit sollte das Gerät dauerhaft arbeiten können. Die Möglichkeit einer längeren Einsatzdauer ist durchaus gegeben, sodass die 2,5 Stunden eine Mindestanforderung sind.

Geringes Gewicht

Da mit dem eingesetzte mobile Computer dauerhaft gearbeitet wird, sollte das Gewicht des mobilen Gerätes möglichst gering sein.

Integrierbarkeit von Kommunikationstechniken

Die bereits im Abschnitt Kommunikationstechnik diskutierten Techniken sollten in die mobilen Geräte integriert werden können, besser wäre hier jedoch eine bereits vorhandene Implementierung in einem Gerät.

Software und Programmierung

Der mobile Computer muss programmierbar sein. Es sollte möglichst die Gelegenheit bestehen gängige Programmiersprachen und Entwicklungsumgebungen einsetzen zu können. Die zwei zu unterstützenden Programmiersprachen sind Java und Visual C++.

2.4.5 Diskussion und Entscheidung

Zusammenfassung mobile Computer

Die Systemeigenschaften der verschiedenen mobilen Computer sind in Tabelle 10 noch einmal zusammengefasst.

	Pocket PC	Tablet PC	Laptop
Schnittstellen	Seriell, Verbindungskabel, Bluetooth, Infrarot,	USB, Seriell, Parallel, Bluetooth, Infrarot, GSM, diverse Erweiterungsmöglichkeiten	USB, Seriell, Parallel, Bluetooth, Infrarot, GSM, diverse Erweiterungsmöglichkeiten
Displayart und Größe	TFT-Touch-Screen, 3,5 Zoll	TFT-Touch-Screen 10,4 Zoll, 12,1 Zoll	TFT-Display 14,1 bis 15,1 Zoll
Betriebssysteme	Microsoft Windows für Pocket PCs 2002, Microsoft Windows für Handhelds 2000, Linux	Microsoft Windows für Tablet PCs	Microsoft Windows 2000, Microsoft Windows XP, Linux Suse 8.1
Prozessortyp	Arm Technologie, 200-400MHz	Mobile Prozessoren (Intel, AMD) 800-1000MHz	Mobile Prozessoren (Intel, AMD) 1133-2200Mhz
Speicher	Interner Speicher: 64 Mbyte, erweiterbar durch SD/CF-Speicherkarten	Mobile Festplatten bis 100Gbyte	Mobile Festplatten bis 100Gbyte
Laufzeit	8-14 h	3,5-5 h	3,5-4 h
Größe			
Gewicht	ca.200g	1300-1600g	2000-3000g
Programmierungsumgebung	Microsoft Embedded Visual C++ Virtuelle Maschinen für Java, und andere	alle	alle

Tabelle 10: Zusammenfassung mobile Computer

Auswertung

Zu besseren Entscheidungsfindung wird wiederum eine Entscheidungsmatrix eingesetzt (Tabelle 11). Diese wird nach der Legende und Vorgehensweise von Abschnitt 2.3.7 aufgebaut.

	Gewichtungsfaktor G	Pocket PC	Tablet PC	Laptop
Geringe Abmaße Handlichkeit	8	10	6	4
Einfache Eingabe	10	10	10	10
Übersichtliches Display	10	6	10	10
Lange Betriebsdauer	10	10	10	10
Geringes Gewicht	6	10	6	4
Integrierbarkeit Kommunikationstechniken	10	8	10	10
Softwareentwicklung	6	8	10	10
Total		528	544	516

Tabelle 11: Entscheidungsmatrix mobile Computer

In Punkto Handlichkeit kann der Pocket PC überzeugen. Die geringe Größe in Form eines Timers eignet sich ideal und kann auch bei Bedarf in eine Tasche gesteckt werden. Ein Laptop ist durch die feste Verbindung zwischen Tastatur und Display etwas unhandlich und kann nicht mit einer Hand bedient werden. Des weiteren benötigt man einen Tisch um effektiv mit ihm arbeiten zu können.

Beim Kriterium „einfach Eingabe“ sind alle drei Geräteklassen gleich auf ob die Eingabe mit Stift, Pull-Up-Tastatur, Maus oder Tastatur erfolgt und welche Methode besser geeignet ist, ist aufgrund der geringen Eingabedaten Ansichtssache.

Das 3,5 Zoll große Display des Pocket PCs kann nicht gerade als übersichtlich angesehen werden. Die in der Softwareentwicklung einzusetzenden Menüs, Schaltflächen und Knöpfe haben eine Mindestgröße und begrenzen daher stark deren Menge, beim Einsatz eines Pocket PCs. Tablet PC und Laptop sind hier aufgrund ihrer Displaygröße von 10Zoll bzw. 14Zoll besser geeignet.

Alle drei Geräte haben eine durch den Hersteller vorgegebene Betriebsdauer von über 3 Stunden, was den Anforderungen zur vollen Zufriedenheit entspricht. Da das Gewicht nur von mittlerer Bedeutung ist, sind Tablet PC und Laptop keineswegs weniger geeignet, allerdings sind die ca. 200g eines Pocket PCs geradezu ein Fliegengewicht gegenüber den 1400-3000g von Tablet PC und Laptop.

Wireless LAN sowie Bluetooth sind zwar teilweise schon in manchen Pocket PCs vorhanden, müssen jedoch meistens nachträglich integriert werden. Der Zugriff auf die Hardware ist bei Pocket PCs betriebssystemseitig sehr eingeschränkt, häufig treten in der Praxis Treiberprobleme und Inkompatibilität auf. Bei Tablet PCs und Laptops sind diese Probleme bereits durch das Vorhandensein der Treiber im Betriebssystem bzw. durch die Kompatibilität der Module untereinander gelöst.

Die Rechenleistung und der Speicher von Pocket PCs sind leistungsschwächer und kleiner als bei Tablet PCs und Laptops. Hierauf muss bei der Programmierung von Software geachtet werden. Unter Visual C++ gibt es eine spezielle „Embedded“-Version, welche die besonderen Gegebenheiten von Pocket PCs berücksichtigt. Bei der Programmierung unter Java muss auf die eingeschränkte Klassenunterstützung der Virtuellen Maschine (VM) geachtet werden. Die kostenlos erhältlichen VMs unterstützen nur die Klassen der JDK Version 1.1.8. Während beim Pocket PC auf diesen Sachverhalt Rücksicht genommen werden muss, kann bei Tablet PCs und Laptops ohne jegliche Einschränkungen die gewöhnliche Entwicklungsumgebung verwendet werden.

Entscheidung

Anhand der Entscheidungsmatrix ist der Tablet PC den beiden anderen Systemen vorzuziehen. Ein Kompromiss muss hier nur bei der Handlichkeit und dem Gewicht eingegangen werden.

Aus finanziellen Gründen kann für den Prototyp jedoch kein Tablet PC angeschafft werden, deshalb muss hier auf die zweite Wahl zurückgegriffen werden. Beim Pocket PC sind Einbußen in einem zu kleinen Display sowie Einschnitte in der Softwareprogrammierung zu erwarten. Diesen beiden Kritikpunkten muss beim Aufbau des Prototyps entgegengetreten und auftretende Probleme frühzeitig erkannt werden.

2.5 Analyseeinheit

Die Analyseeinheit sollte in der Lage sein, dass vom Patienten inhalierte Gasgemisch zu analysieren und darüber hinaus den toxikologischen Gesundheitszustand des Patienten zu bestimmen. Wie schon in Abschnitt 1.1 beschrieben, ist die toxische Wirkung jedes Brandgases abhängig von der Konzentration des Stoffes in der Einatemluft und der Dauer der Exposition des Stoffes. Eine qualitative und quantitative Nachweismethode sollte den inhalierten Stoff entweder direkt oder indirekt messen können.

Direkte Messung

Eine direkte Messmethode misst den Stoff oder die Stoffgruppen. Bei Brandgasen ist hierzu eine Messung der Ausatemluft notwendig. Die Stoffe (Stoffgruppen) Kohlenmonoxid, Blausäuregas und Reizgase werden nach dem Einatmen metabolisiert. Dies bedeutet das der inhalativ zugeführte Stoff vom Organismus aufgenommen, umgewandelt oder verändert wurde. Nur ein Teil des Stoffes bleibt für eine bestimmte Zeit in der ventilierten Luft und kann auch dort gemessen werden. Der zeitliche Abbau der Konzentration in der Ventilationsluft ist jedoch für jeden Stoff und auch bei jedem Menschen unterschiedlich. Eine direkte Messung ist im Grunde nicht möglich, da die gesamte Atemluft des Patienten während des Aufenthalts am Brandort gemessen werden müsste.

Indirekte Messung

Bei einer indirekten Messung wird nicht der zu analysierende Stoff gemessen, sondern ein durch eine chemische Reaktion hervorgerufenen Produkt oder ein dabei entstandenes Nebenprodukt. Eine indirekte Messung ist somit auch die labormedizinische Messung von COHb. Da der Metabolismus von Kohlenstoffmonoxid hinreichend bekannt ist, kann über die Konzentration des COHb-Moleküls im Blut ein Rückschluss auf die ursprüngliche exponierte Menge an CO geschlossen werden[22, 100]. Eine indirekte Messung ist immer ungenauer als eine direkte Messung. Es besteht jedoch ein Zusammenhang zwischen der Konzentration des Brandgases in der Atemluft am Brandort und den dabei entstandenen Stoffwechselprodukten (Abschnitt 1.1).

2.5.1 Anforderungen an die Messtechnik

Die Messtechnik sollte folgende Eigenschaften besitzen:

- **Nachweismethodik einer Brandgasvergiftung**

Durch die Messergebnisse der Analyseeinheit muss es möglich sein beim Patienten ein Screening durchzuführen. Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben zählen Zyanidgase, Kohlenmonoxid und Reizgase zu den Hauptvertretern von Brandgasen.

Kohlenmonoxid gilt als sogenanntes Leitgas bei Brandgasen, da es prinzipiell bei jedem Brand entsteht und 95% aller Rauchvergiftungen auf Kohlenstoffmonoxid zurückzuführen sind [6]. Daher ist die Mindestforderung an die Analyseeinheit, das Gas Kohlenstoffmonoxid zu detektieren oder ein dadurch entstandenes Stoffwechselprodukt (COHb) zu messen. Wünschenswert wäre jedoch auch der Nachweis einer Blausäurevergiftung und Reizgasvergiftung

- **Nichtinvasive Messmethode**

Die einzusetzende Nachweismethode sollte eine nicht invasive Probeentnahme mit sich bringen. Probestoffe sind zunächst die Ausatemluft und das Blut. Da sich Rauchgaspatienten in einer nicht alltäglichen Notsituation befinden, sollte möglichst schonend mit ihnen umgegangen werden. Dazu zählt auch eine nichtinvasive Messmethode. Blut kann beispielsweise nur mittels einer peripheren Punktion und mit der Entnahme von Kapillarblut (Ohr, Finger) gewonnen werden. Dieser Vorgang verursacht Schmerzen und ist mit erheblichen Aufwendungen, wie Desinfektion und Wundversorgung verbunden.

- **Schnelle Analyse**

Das Konzept ist für einen Massenanfall von Patienten konzipiert. Auf Grund der großen Patientenzahl ist es daher wichtig schnellstmöglich die Analyseergebnisse zu erhalten, da sonst der therapiefreie Intervall durch eine langsame Triage unnötig verlängert wird. Die Analysezeit sollte daher kleiner als zwei Minuten sein.

- **Mobiles Gerät**

Das Analysegerät sollte zum Einsatzort transportiert und möglichst ohne Netzstrom betrieben werden können. Von Bedeutung für die Betriebsdauer ist auch hier der Akkumulator. Eine Betriebsdauer von drei Stunden ist vorgesehen. Die Ausmaße des Gerätes sollten möglichst klein und handlich sein (Handgerät).

- **Genaue Analyse**

Um ein Screening durchzuführen und um eine sichere Aussage über den Gesundheitszustand von Patienten machen zu können, ist eine genaue Analyse unabdingbar.

- **Kommunikationsmöglichkeit**

Eine Kommunikation zwischen Analyseeinheit und mobilem Computer wird angestrebt. Hierbei sollten die Messergebnisse der Analyseeinheit drahtlos zum mobilen Computer übertragen werden können. Eine drahtlose Kommunikation sollte auf Grund der Bewegungsfreiheit des Arztes gegeben sein.

- **Keine Wartung**

Die Maßnahmen, die zur Aufrechterhaltung von genauen Messergebnissen dienen, wie Kalibrierung, Qualitätskontrolle und Überprüfung der Zusatzchemikalien, sollte sich auf ein Minimum beschränken. Das Gerät sollte dauerhaft, auch ohne ständige Kontrolle, einsatzbereit sein.

- **Geringe Kosten**

Anschaffungskosten sollten so gering wie möglich sein. Das Konzept in seiner Gesamtheit sollte in jedem Rettungsdienstbereich (meistens Landkreis) mindestens einmal zur Verfügung stehen. Besser jedoch wäre die Vorhaltung der Analyseeinheit auf jedem arztbesetzten Rettungsmittel.

2.5.2 Geeignete Nachweismedien und Nachweisverfahren

Um die Brandgase Kohlenstoffmonoxid, Blausäuregas oder Reizgase nachzuweisen, ist es vernünftig, am Reaktionsort beziehungsweise an einem nahestehenden Medium zu messen. Bei Brandgasen, die inhalatorisch aufgenommen werden, ist hier in erster Linie die Atemluft zu nennen. In Deutschland wird diese Messmethode in den Kreisen von Toxikologen nicht beachtet. In den USA sind schon seit den siebziger Jahren Untersuchungen [28] bekannt, welche die Korrelation zwischen einer Kohlenstoffmonoxid-Konzentration in der Expirationsluft und der COHb Konzentration im Blut beweisen [16, 101, 102, 103]. Man konnte Korrelationen zwischen dem expiratorischen CO Gehalt und COHb von 95% [103] bis hin zu 98% [101] feststellen. Jedoch sind diese Ergebnisse im Bereich von 0,5% bis 12% COHb gewonnen worden. Höhere Konzentrationen haben eine weitaus geringere Korrelation (Abb.40).

Eine von Fife [28] im Jahre 2001 durchgeführte Studie hatte das Ziel der Überprüfung und Eignung von CO Atemluft-Messverfahren bei der Triage von Rauchvergiftungen. Die Probanden (n= 45) waren alle Notfallpatienten und wurde bereits teilweise bei der Einlieferung ins Krankenhaus mit Sauerstoff inhalatorisch versorgt. Die expiratorische CO-Konzentration wurde mit einem elektrochemischen Sensor („Breath Analyzer“ EC50Toxo Fa. Bedfont) gemessen und anhand einer Eichkurve aus [28] in COHb umgerechnet. Es wurde eine Unterteilung in Leicht- und Schwerverletzte vorgenommen. Die Gruppe der Leichtverletzten bestand aus Patienten, die nach der exhalatorischen Messmethode einen COHb Wert von unter 10% hatten, die zweite Schwerverletzten bestand aus Patienten über 10% COHb. Mit der invasiven Messmethode eines CO-Oximeters wurde anschließend eine Vergleichsmessung durchgeführt. Der prozentuale Anteil der Patienten die durch die inhalatorische Methode fälschlich als leichtverletzt eingestuft wurden lag bei 8%. Fife nannte bei einem Massenafall diesen Anteil als vertretbar. CO ist das einzige Brandgas, welches in der Atemluft gemessen, nachweislich eine direkte Korrelation zu einem metabolisierten Stoff (COHb) zulässt [16, 27, 28, 101, 102].

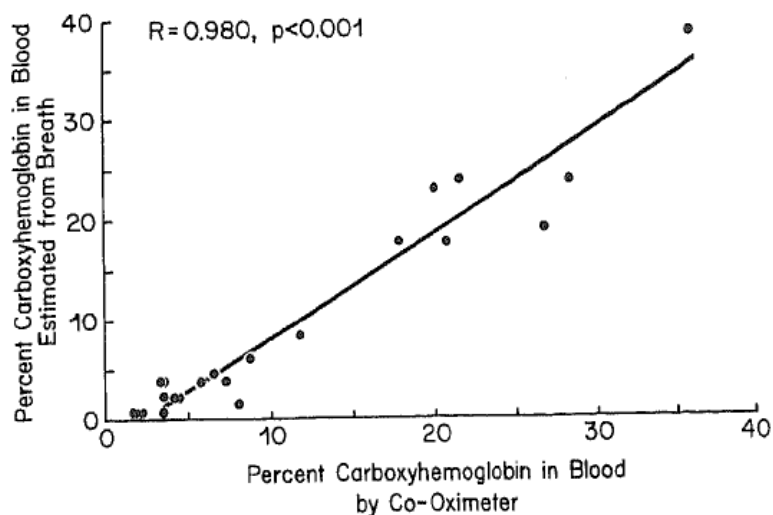


Abb.40: Korrelation zwischen ausgeatmetem CO und COHb [101]

In Deutschland wird bei der klinischen toxikologischen Analyse von Brandgasen der bekannte Metabolismus der Kohlenmonoxid- Blausäure- und Reizgasvergiftung herangezogen um eine indirekte Messung durchzuführen. Hierbei werden die Dyshämoglobine MetHb und COHb, sowie der Blutlaktatspiegel durch eine Blutgasanalyse in Kombination mit einer CO-Oximetermessung bestimmt. Wie schon in Abschnitt 1.1 beschrieben äußert sich eine CO-Vergiftung messtechnisch im Anstieg der COHb Konzentration. Bei einer COHb-Konzentration von mehr als 10%, kann von einer Kohlenstoffmonoxidvergiftung ausgegangen werden. Eine Erhöhung des Laktatspiegels über den Wert von 10mmol (mol = Stoffmenge) in Zusammenhang mit einem COHb Anteil von mehr als 10% deutet auf eine Vergiftung durch Blausäuregas hin. Die Vergiftung durch das Reizgas NO kann mit Hilfe der MetHb Konzentration festgestellt werden (Abb. 41) [8, 16]. Die hier eingesetzte Methode der Blutgasanalytik ist etabliert und unter Toxikologen anerkannt.

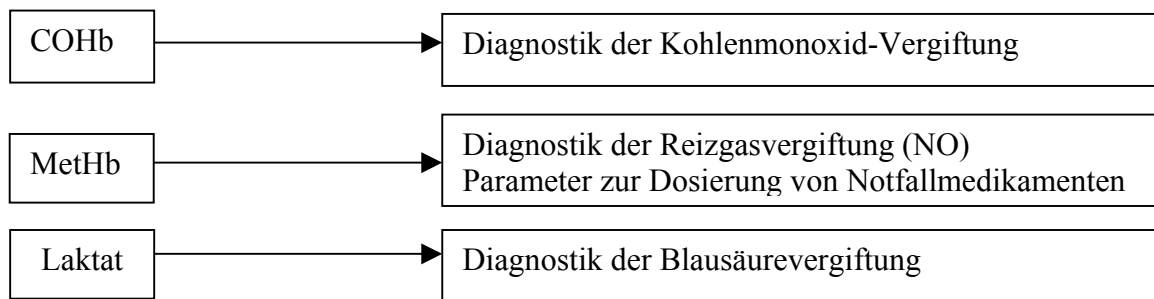


Abb.41: Laborparameter und ihre Bedeutung

2.5.3 Photometrie und Blutgasanalytik

Bei der Photometrie nutzt man den Effekt aus, dass organische Substanzen elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängen im sichtbaren bzw. ultravioletten Bereich absorbieren. Dadurch werden Elektronen in einen angeregten Zustand überführt.

Die daraus resultierende Lichtschwächung ist proportional zur Konzentration der lichtabsorbierenden Substanz. Durch Vergleichsmessungen mit bekannten Konzentrationen der lichtabsorbierenden Substanz können quantitative Bestimmungen durchgeführt werden. Die Zielsubstanz kann entweder direkt untersucht werden oder sie wird durch eine geeignete chemische Reaktion in eine lichtabsorbierende Substanz umgewandelt. Bei Dyshämoglobinen (Hämoglobinderivate: O₂Hb, COHb, MetHb, SHb) gibt es stoffspezifische Absorptionsspektren (Abb. 42), anhand deren die Konzentration des jeweiligen Derivates bestimmt werden kann [104, 105, 106].

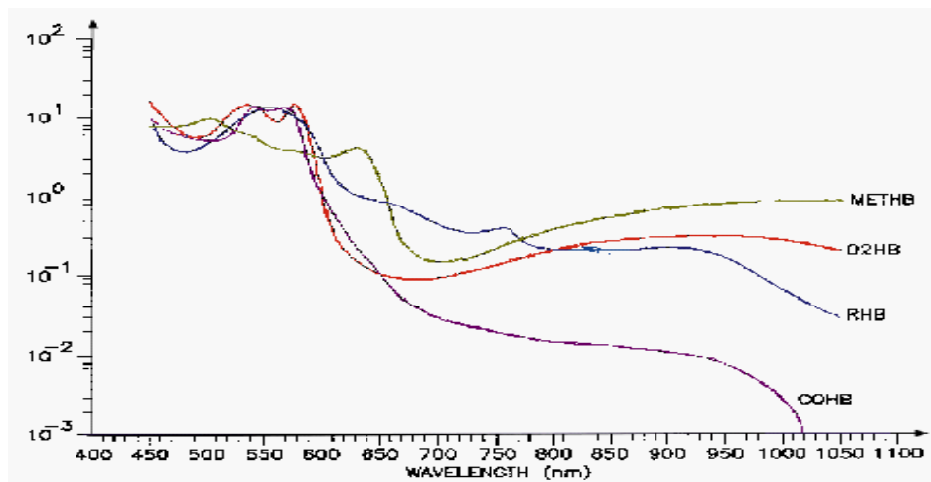


Abb.42: Absorptionsspektren der Dyshämoglobine [108]

Ein CO-Oximetrie-Gerät arbeitet mit dieser schnellen und quantitativ hochpräzisen Messmethode. Die Analysezeit beträgt zwischen 20-30 Sekunden, wobei sich die Genauigkeit der Messung im Bereich zwischen 0,7-1% bewegt [022,023]. Die Geräte verfügen meistens über eine serielle Schnittstelle (RS232) [104, 105, 106]. Bevor eine Analyse gemacht werden kann, führt das Gerät zunächst eine Aufbereitung des zu analysierenden Blutes durch. Zunächst müssen alle Bestandteile, die Artefakte auslösen oder störend wirken beseitigt werden. Beispielsweise müssen zuerst die Erythrozyten zerstört werden (Hämolyse). Es werden hierzu Chemikalien benötigt, die einer ständigen Überwachung und Qualitätskontrolle bedürfen, da sonst keine zuverlässige Messung durchgeführt werden kann [104, 105, 106]. CO-Oximeter sind durch ihre genau Analytik recht teuer, die Anschaffungskosten belaufen sich zwischen 14.000€ und 20.000 € [79, 80, 81].

Bei der Blutgasanalyse wird der Druck des im Blut gelösten Sauerstoffs und Kohlendioxids gemessen. Zuvor wird dem Patient venöses Blut oder Kapillarblut entnommen. Der Druck hängt unmittelbar mit der tatsächlichen Menge der im Blut vorhandenen Gase ab und gibt wichtige Aufschlüsse über die Lungenfunktion. Zu den Blutgaswerten zählen auch der Basenüberschuss (BE), der pH-Wert, sowie das Bicarbonat (HCO_3^-) und das Laktat [79, 104, 105, 106].

Das Prinzip der Laktatmessung beruht auf der chemischen Reaktion, die sich an einer amperometrischen Elektrode abspielt. Durch das Enzym Lactatoxidase und Sauerstoff wird Laktat in Wasserstoffperoxid überführt. Bei der Reaktion des Wasserstoffperoxids an der Anode werden Elektronen frei, deren Menge der Laktat-Konzentration im Blut gleichgesetzt werden kann [79, 104, 105, 106].

Die Blutgasanalytik gehört zu den präzisen Messmethoden in der Toxikologie. Bereits wenige Parts Per Million (ppm) einer Substanz können gemessen werden. Aus diesem Grund wird die Blutgasanalytik in der klinischen Chemie oft eingesetzt und ist in jedem Labor eines Krankenhauses anzutreffen [79, 104, 105, 106]. Blutgasanalysatoren mit integrierter CO-Oximetrie sind jedoch noch nicht in jedem Krankenhauslabor vorhanden. Die Geräte verfügen über eine serielle Schnittstelle (RS232) womit eine Kommunikation betrieben werden kann. Die Analysedauer der Blutgase und der Hämoglobinderivate ist herstellerabhängig und bewegt sich in der Größenordnung von zwei Minuten [79, 80, 81].

Allerdings sind Blutgasanalysatoren in ihren Abmaßen groß und teuer. Die Kosten für einen Blutgasanalysator mit CO-Oximetrie betragen zwischen 60.000€ und 70.000€. Blutgasanalysatoren arbeiten mit liquiden Zusatzstoffen. Um eine Auswertung des Blutes vorzunehmen werden Zusatzchemikalien benötigt. Die Zusatzstoffe bedürfen einer ständigen Wartung und Qualitätskontrolle, wodurch wiederum Kosten für Personal und Material anfallen [79, 80, 81].

2.5.4 Trockenchemie

Die Nachweismethodik der Trockenchemie basiert auf einer chemischen Reaktion, welche durch den Nachweisstoff ausgelöst wird. Der auf einem Prüfträger aufgetragene Hilfsstoff ist spezifisch auf den nachzuweisenden Stoff ausgelegt. Tritt der Nachweisstoff auf den Hilfsstoff wird eine Reaktion ausgelöst. Die Reaktionsenergie ist in Form eines Farbumschlages eine Maß für die Konzentration des Nachweisstoffes (ppm = parts per million). Trockenchemische Nachweismethoden von Kohlendioxid Blausäuregas und Reizgasen werden nur von wenigen Hersteller produziert. Eine davon ist die Firma Dräger [107].

Die von der Firma Dräger produzierten Spürröhrchen, die sogenannte Dräger Röhrchen sind für ihre Anwendung im Aufspüren und Analysieren von ausgetretenen Giftgasen bei Gefahrgutunfällen entwickelt worden [6, 107].

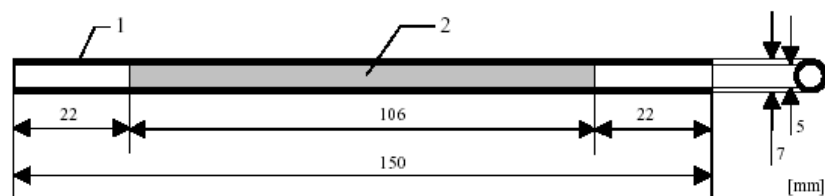


Abb.43: Schematische Abbildung Dräger Röhrchen [108]

Aufbau und Funktionsweise

Das Prüfröhrchen (Abb.43) besteht aus einem Glaszylinder mit wenigen Millimetern Wanddicke (1). An der Innenseite des Röhrchens ist eine, spezifisch auf das nachzuweisende Gas, reaktionsfreudige Substanz aufgetragen (2). Wird das Röhrchen in die Analyseluft gehalten, so strömt das Gas in den Glaszylinder ein und es kommt zu einer raschen chemischen Reaktion mit der Substanz an der Innenseite. Wie stark die Reaktion der beiden Stoffe miteinander ist, ist gleichzeitig ein Maß für die Konzentration des Gases in der Umgebungsluft. Die Konzentration in ppm kann anhand einer Skala an der Außenwand farblich abgelesen werden (Abb. 44) [107].



Abb.44: Dräger Spürröhrchen[107]

Spürröhrchen sind sehr anfällig für Querreaktionen, damit ist eine chemische Reaktion eines nicht zu prüfenden Gases mit dem Spürröhrchenstoff zu verstehen. Ein willentlich nicht nachzuweisender Stoff sorgt in Abwesenheit des nachzuweisenden Stoffes für den Farbumschlag und somit für ein falsches Ergebnis. Spürröhrchen besitzen lediglich eine sehr grob aufgeteilte Skala genaues Ablesen der Konzentration eines Gases ist aufgrund dessen schlecht möglich. Jedoch sind die Anschaffungskosten sehr gering, je nach Messbereich der Röhrchen liegen sie zwischen drei und fünf Euro [107]. Mit den Spürröhrchen kann ein Gas wie Kohlenstoffmonoxid oder Blausäure in der Luft nachgewiesen, jedoch keine Rückschlüsse auf den CO-Hämoglobinwert oder ähnliche metabolisierte Stoffe geschlossen werden. Derzeit ist der Nachweis von Hämoglobinderivaten oder Laktat mittels Trockenchemie nicht möglich. Den Einsatz finden Spürröhrchen bei einem Gefahrgutunfall oder einem Brand, bei dem mit austretenden Giftgasen gerechnet werden muss. Berufsfeuerwehren und große Verbandsfeuerwehren führen diese Nachweistechnik auf ihren Gefahrguttransportwagen mit sich, um die Bevölkerung rechtzeitig zu warnen[6, 5, 110].

2.5.5 Elektrochemische Sensoren

Elektrochemische Sensoren sind Halbleitersensoren. Basismaterialien für die Detektorschicht sind hier meist n-leitende Metalloxide. Hauptsächlich wird hierzu Zinndioxid (SnO_2) verwendet. Der Effekt beruht auf der reversiblen Oxidation bzw. Reduktion des zu messenden Gases an der Oberfläche der Detektorschicht. Die Sensoren werden aufgeheizt, dabei findet eine Anlagerung von Sauerstoffmolekülen an der Oberfläche des Sensors statt. Wird die Metalloxid-Oberfläche dabei auf mehrere hundert Grad Celsius erhitzt, so können die angelagerten Sauerstoffmoleküle dem Leitungsband des Halbleiter-Detektors Elektronen entziehen, wodurch ein Zustand verringerter Leitfähigkeit resultiert. Treten nun oxidierbare Gase wie z.B. Methan oder CO mit der Oberfläche des Sensors in Kontakt, so findet unter Verbrauch der Sauerstoffmoleküle eine Verbrennung statt. Die Oxidationsprodukte Kohlendioxid und Wasserdampf werden nicht gebunden und lösen sich ab. Bei diesem Vorgang werden die Elektronen wieder an das Leitungsband des Halbleiters zurückgegeben. Die dadurch resultierende Leitfähigkeitserhöhung erlaubt eine Detektion dieses Vorgangs. Kann nach erfolgter Verbrennung des oxidierbaren Gases erneut Sauerstoff an die Detektoroberfläche treten, stellt sich wieder der Ausgangszustand verringerter Leitfähigkeit ein. Die Veränderung der Leitfähigkeit kann mit Hilfe einer geeigneten Messschaltung und einer Kalibrierung in eine Konzentration des Messgases umgewandelt werden (Abb.45,46) [104, 111, 016, 026].

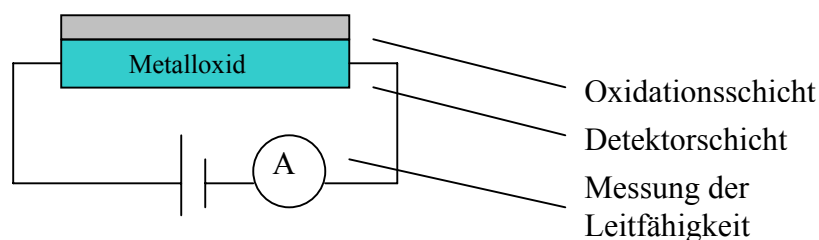


Abb.45: Schematischer Aufbau eines elektrochemischen Sensors

Elektrochemische Sensoren sind in ihrer Bauweise recht kompakt und in Ihrem Messergebnis recht genau. Manche Hersteller propagieren eine Standardabweichung von unter einem Prozent und führen teilweise bis zu 50 Sensoren in ihrem Angebot, die spezifisch nur einen Stoff messen [107, 112, 122].

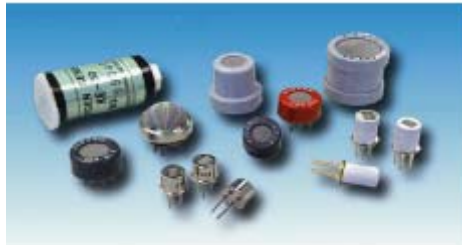


Abb.46: Elektrochemische Gassensoren [112]

Die Kosten für ein Gerät, welches mit einem Gassensor ausgestattet und kalibriert ist, variieren je nach Genauigkeit und Schutzklasse des Gerätes, jedoch kann mit zirka 5000€ die obere Grenze festgelegt werden. Geräte, welche auf der Basis von elektrochemischen Sensoren aufgebaut sind, besitzen eine kurze Analysezeit (ca. 30 Sekunden) und lassen sich anhand der kompakten Bauweise des Sensors in ihren Abmaßen klein halten (Handgeräte) [107, 113, 122]. Manche Geräte sind mit einer seriellen Schnittstelle ausgestattet.

Der Hersteller Bedfont [113] bietet ein CO-Messgerät an (Abb. 47), was anhand einer Kalibrierkurve aus [101] eine direkte Korrelation zum COHb ermöglicht [28].



Abb.47: CO und COHb Messgerät ToxCO der Fa. Bedfont [113]

2.5.6 Diskussion und Entscheidung Analyseeinheit

Um einen Überblick über die aufgezeigt Nachweiserfahren zu erhalten wurde eine Zusammenfassung erstellt, die alle wesentlichen Eigenschaften der einzelnen Methoden enthält, welche für das Systemkonzept von Bedeutung sind (Tabelle 12).

	Photometrie, (CO-Oximeter)	Blutgasanalyse	Trockenchemie	Elektrochemische Sensoren
Toxikol. Nachweis	COHb, MetHb	Laktat, COHb, MetHb	Nur Gasanalytik in Atemluft	CO und COHb
Probeentnahme	Invasiv, Blut	Invasiv, Blut	Nicht invasiv, Atemluft	Nicht invasiv, Atemluft
Analysezeit	ca. 2 min	ca. 2 min	Wenige Sekunden	ca. 30 sec
Abmaße	Standgerät	Standgerät	Handgerät	Handgerät
Genauigkeit	Sehr genau, 0,7-1%	Sehr genau, wenige ppm's	Schlechte Ablesegenauigkeit	Teilweise < 2% Standardabweichung
Kommunikations- fähigkeit	RS232	RS232	keine	Teilweise RS232
Mobilität	Durchschnittlich schwer, ohne Akkubetrieb	Schwer, ohne Akkubetrieb	Leicht, kein bedarf an Strom	Leicht, Akkubetrieb
Wartung	Wöchentliche Überprüfung der Zusatzchemikalien und Kalibrierung	Wöchentliche Überprüfung der Zusatzchemikalien und Kalibrierung	Keine Maßnahmen	Jährliche Kalibrierung
Kosten	14.000€-20.000€	60.000€-70.000€	3-5€, pro Messung	Bis ca. 2000€

Tabelle 12: Zusammenfassung Analytik

Entscheidung

Um die Entscheidungsfindung bei der Analyseeinheit zu erleichtern wird wiederum auf eine Entscheidungsmatrix zurückgegriffen, welche analog zum Abschnitt 2.3.7 aufgebaut ist (Tabelle 13). Der Gewichtungsfaktor spiegelt die Bedeutung der Anforderung für das Systemkonzept wider.

	Gewichtungs- faktor(G)	Photometrie, (CO- Oximeter)	Blutgasanalyse	Trockenchemie	Elektrochemische Sensoren
Toxikol. Nachweis	10	8	10	0	6
Probeentnahme	10	6	6	10	10
Analysezeit	10	8	8	10	10
Abmaße	8	8	8	10	10
Genauigkeit	8	10	10	2	8
Kommunikation	10	10	10	0	8
Mobilität	10	8	6	10	10
Maßnahmen	8	4	6	10	10
Kosten	8	6	4	10	8
Ergebnis		640	606	556	728

Tabelle 13: Entscheidungsmatrix Analyseeinheit

Der vollständige Nachweis von Brandgasen nach dem momentanen Stand der Toxikologie kann nur über die Bestimmung der Dyshämoglobine und des Laktatspiegels erbracht werden. Das einzige Gerät welches diese Analytik ermöglicht ist ein Blutgasanalysator mit integrierter photometrischer Bestimmung der Dyshämoglobine. Da die Dyshämoglobinbestimmung allein nicht ausreicht um eine Vergiftung durch Blausäuregas nachzuweisen, ist der Einsatz eines CO-Oximter nicht erstrebenswert. Bei der Trockenchemie lässt sich der CO-Gehalt in der Atemluft nicht automatisch in einen COHb Gehalt umrechnen. Diese Methode ist ebenfalls ungeeignet und soll hier nicht mehr weiterdiskutiert werden. Elektrochemische Sensoren lassen zwar eine Korrelation zwischen CO und COHb zu, können jedoch keine direkte Bestimmung von Blausäuregas und Reizgasen durchführen.

Die Probeentnahme von Blut kann im Verhältnis zu einer expiratorischen Messung als invasive Methode bezeichnet werden, deshalb ist in dieser Hinsicht CO-Oximetermessung und Blutgasanalyse ungeeignet. Die Analysezeit muss möglichst kurz gehalten werden. Vergleicht man hierbei die beiden invasiven Methoden mit der inhalatorischen Messung, so könnte man hier nur ein Viertel der Patient messtechnisch erfassen. Bei der Baugröße und Mobilität der vorgestellten Geräte sind Blutgasanalyse und CO-Oximetermessung klar im Nachteil. Sie sind als netzbetriebene Standgeräte für genau labortechnische Messungen konzipiert und dementsprechend größer und immobiler als die kleinen Handgeräte zur Atemmessung. Die schon angesprochene Genauigkeit gegenüber dem Inhalator spricht für

den Einsatz einer der beiden invasiven Techniken. Die CO Messung durch elektrochemische Sensoren ist relativ genau. Die Korrelation bezüglich CO und COHb ist der Kritikpunkt weswegen diese Gerätschaften im Schatten der beiden Konkurrenten stehen. Betrachtet man die Messergebnisse unterhalb von 12% COHb, so liegt in manchen Fällen eine Übereinstimmung von 95% vor. Befinden sich inhalatorische Messwerte über diesen Wert, so muss mit einer weitaus größeren Divergenz gerechnet werden [28]. Ebenso negativ wird die Kommunikationsfähigkeit bewertet, die Geräte sind nur teilweise mit einer Seriellen Schnittstelle ausgestattet. Blutgasanalytoren und CO-Oximeter besitzen eine Serielle Schnittstelle. Sie benötigen jedoch eine ständige Wartung, Kontrolle und ein festgelegtes Qualitätsmanagement. Dieses wird klinisch durch entsprechendes Fachpersonal gewährleistet. Ein Gerät, welches bezogen auf das allgemeine Equipment eines Rettungswagens eher selten in Betrieb ist, muss hier wie ein elektrochemischer Sensor anspruchsloser bezüglich den zu tätigen Maßnahmen sein. Diese Maßnahmen, die sich auch monetär ausdrücken lassen, müssen auch im Bezug auf den Anschaffungspreis beachtet werden. Die Preise sind im Vergleich zum chemischen Sensor recht hoch und erlauben es nicht, dass die Analyseeinheit auf jedem arztbesetzten Rettungsmittel eingesetzt werden kann.

Das Ergebnis der Entscheidungsmatrix spricht für den Einsatz eines elektrochemischen Sensors. Dreh- und- Angelpunkt ist der toxikologische Nachweis aller nachzuweisenden Brandgase. CO wird hier als ein Leitgas gesehen. Dies ist auf das Vorkommen von CO bei fast jedem Brand zurückzuführen, da eine unvollständige Verbrennung praktisch immer stattfindet. Bei einer wesentlich erhöhten Konzentration von Kohlenstoffmonoxid kann auch von einer vermehrten Einatmung von Reizgasen und eventuell Blausäuregas ausgegangen werden [19]. Für den Einsatz sprechen auch die niedrigen Kosten, die geringe Wartungsaufwand und die hohe Mobilität. Die Fähigkeit zur Kommunikation sollte unbedingt gewährleistet werden, da dies als ein Grundelement des gesamten Systemkonzeptes angesehen werden kann. Ein Kritikpunkt ist die gegenüber der oximetrischen Messung geringere Genauigkeit, welche auf eine ungenau Korrelationskurve zurückzuführen ist [28, 101]. Bei diesem Argument darf man jedoch nicht den Focus für die Einsatzbedingungen vergessen. Eine Messmethode mit leichten Schwächen in der Genauigkeit ist jeder Vermutungsdiagnose vorzuziehen.

2.6 Software

Die Software ist das Herzstück des Gesamtkonzeptes und verbindet die einzelnen Elemente miteinander. Sie ist zuständig für die Dokumentation, die gezielte Kommunikation, sowie die Absicherung der erhobenen Daten. Die Entwicklungssprache sollte dem heutigen Stand der Technik entsprechen und auch in Zukunft leichte Erweiterbarkeit und Wartung der Software zulassen.

2.6.1 Software für Tablet PC

Die Software des Tablet PC sollte folgende Eigenschaften bieten:

1. Eingabe

Grundlegend ist der Tablet PC zum Empfang, zur Eingabe und zur Weiterleitung von Patienteninformationen gedacht. Zu Beginn jedes Einsatzes muss es möglich sein, den Einsatzort des Gerätes und eine nähere Beschreibung des Brandobjektes einzugeben. Diese Informationen dienen als Grundlage zur Unterscheidung mehrerer Einsätze. Für jeden Patient wird eine Datei generiert, welche im Ordner „Einsatzort + Brandobjekt“ abgespeichert wird. Dies dient zum besseren Auffinden der Daten in einer Einsatznachbesprechung oder einer Statistik.

Auf der Programmoberfläche sollten Eingabefelder für Personalien und Anamnese wie Name, Geburtsdatum, Vorerkrankungen vorhanden sein. Jeder Patient muss eine für den Einsatz eindeutige Identifikationsnummer automatisch zugewiesen bekommen. Diese für den Einsatz eindeutige Nummer wird auch jetzt schon im Katastrophenschutz vergeben. Hintergrund für diese Maßnahme ist die Tatsache, dass Patienten bei ihrem Auffinden nicht ansprechbar sein können.

2. Verbindung zur Analyseeinheit

Das Programm sollte in der Lage sein, eine Verbindung zur Analyseeinheit aufzubauen und deren bereitgestellte Messdaten mittels Bluetooth an den Tablet PC zu senden. Die Variablen der Eingabefeldern sowie die empfangenen Messdaten sollten in einer Datei abgespeichert werden, die den Name des Patienten, sowie dessen eindeutige Identifikationsnummer tragen.

3. Abspeicherung

Das Abspeicherungsformat sollte möglichst transparent für andere Programme sein. Hier bietet sich XML (Extensible Markup Language) an. Die Metasprache XML ist ein weitverbreiteter Standard, welcher von jedem handelsüblichen Browser unterstützt wird.

3. Unterstützung in Diagnosestellung und Therapie

Die Software muss dem Anwender Hilfestellung in der Diagnose sowie entsprechenden Therapievorschlüge geben. Eine sinnvolle Schwellwerterkennung wäre eine Möglichkeit zwischen Therapiepflichtigen und Leichtverletzten zu unterscheiden. Eine Ausgabe von zu applizierenden Medikamenten und durchzuführenden Maßnahmen sollte über ein separates Dialogfeld ausgewählt werden können.

4. Kommunikation zum ELW

Der Anwender sollte die Möglichkeit besitzen die Patientendateien entweder einzeln oder gesammelt an den Rechner der mobilen Einsatzleitung, der sich im ELW befindet zu übertragen. Als Kommunikationstechnik wird WLAN verwendet.

2.6.2 Software für Laptop

Für die Software auf dem Laptop, deren Hauptaufgabe darin besteht, die Patientendaten entgegenzunehmen und in einer Tabelle zu visualisieren gelten folgende Anforderung:

1. Patientenanzeige

Die Dateien, welche vom Tablet PC über die WLAN-Schnittstelle gesendet werden, müssen entgegengenommen und in einem gemeinsamen Ordner abgelegt werden. Auf diesem Übertragungsweg wird eine gesicherte Verbindung auf der Basis von SSL benötigt.

Für dem Anwender muss eine Programmoberfläche zu Verfügung stehen, welche die Übersicht über alle bereits untersuchten Patienten liefert. Jeder Patient wird in einer Tabelle geführt. In dieser wird für jeden Patient eine Zeile reserviert, in der sein Namen, seine Identifikationsnummer und seine Messwerte zu sehen sind. Die Patienten werden anhand ihres COHb farblich eingestuft und in dieser Farbe in der Tabelle dargestellt (analog zur Farbkodierung des Katastrophenschutzes, siehe 1.2.2). Wird vom Tablet PC eine neue Datei empfangen, so wird diese automatisch in die Tabelle aufgenommen. Man könnte sich den Einsatz von mehreren Tablet PCs und CO-Messgeräten vorstellen. Die Patientendateien, die alle zum Laptop gesendet werden, könnten dann anhand der Identifikationsnummer eindeutig den unterschiedlichen Tablet PC zuordnen werden.

2. Weiterleitung

Jeden Auftrag der von einem Fahrzeug des Rettungsdienstes durchgeführt wird benötigt Informationen, wie Patientennamen, Erkrankung des Patienten und Transportziel. Diese werden zusammen mit zusätzlichen Informationen in einem Datensatz in der Datenbank des Leitstellen-Servers gespeichert. Heute ist der Standard für Datenbanken SQL (Structured Query Language). Ist der Zugriff von Seite der Leitstelle gestattet, so ist es mit Hilfe eines ODBC-Treibers möglich Manipulationen der Datenbank vorzunehmen. Die erforderlichen Daten könnten direkt in den Datensatz eingepflegt werden und unnötige und fehleranfällige Kommunikation über Funk damit vermieden werden [114, 115]. Der gleiche Vorgang kann mit dem Zugriff auf das KIS des Zielkrankenhauses durchgeführt werden. Eine neue Patientenakte könnte bereits vor dem Eintreffen des Patienten angelegt werden und die aufgenommenen Messergebnisse, Patientendaten und sonstige wichtige Informationen bereits in die Patientenakte eingetragen werden (Abb. 48) [29, 115]. Dieser Abschnitt der Kommunikation ist stark von den Herstellern der Software von Leitstelle und KIS abhängig. Ist bei der Entwicklung der Software nicht an eine Schnittstelle gedacht worden, die von Extern Daten ins Programm einpflegen kann, so ist der Zugriff oft nicht möglich. Momentan verfügen wenige Kliniken über digitale Patientenakten.

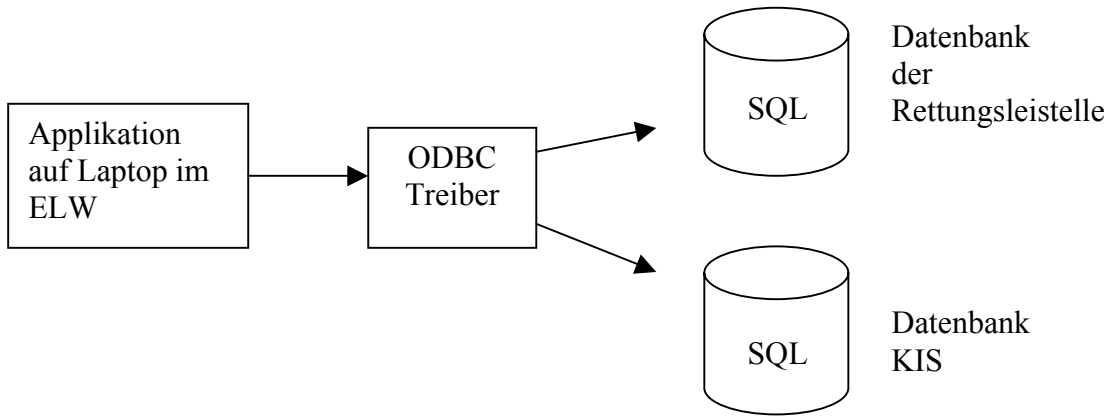


Abb.48: Zugriff auf Datenbanken von Leitstelle und KIS

2.7 Ergebnisse Systemkonzept

Die Ergebnisse die sich aus den einzelnen Abschnitten zu einem Gesamtkonzept addieren, korrelieren in hohem Maße mit den schon als Szenario dargestellten Vorstellungen. Bei einem Massenansturm von Verletzten mit inhalierten Brandgasen oder bei einem Verdacht, welcher in diese Richtung hindeutet, wird das zu Grunde liegende Systemkonzept eingesetzt (Abb.49).

Patienten, welche den Verdacht auf eine Vergiftung durch Brandgasen aufweisen, werden zu einer Gruppe gesammelt und der Reihe nach der inhalatorischen CO Messung zugeführt. Da das Gerät mobil ist, kann es leicht zu betroffenen Patientengruppe transportiert werden. Jeder Patient atmet unter Aufsicht eines Notarztes einmal in das CO-Messgerät. Noch während des nur wenige Sekunden andauernden Messvorgangs werden mittels der Software des Tablet PCs die Personalien und eventuelle Vorerkrankungen aufgenommen. Ist der Messvorgang beendet, werden die Messdaten über Bluetooth an den Tablet PC übertragen. Personalien, Anamnese und Messdaten werden als Datei im XML-Format auf dem Tablet PC abgespeichert. Der prozentuale Anteil an COHb am Gesamthämoglobin wird grafisch und numerisch am Display des mobilen Computers angezeigt. Ein Algorithmus der Software erkennt den Messwert und stuft diesen mittels Schwellwernerkenntnis und den Triagegruppen des Katastrophenschutzes ein. Es ist möglich, über einen zusätzlichen Dialog Hilfe zu Medikation und zur weiteren Therapie des Patienten zu erfahren.

Zu jedem Patient wird ein Datensatz mit seinen erfassten Daten inklusive einer eindeutigen Identifikationsbezeichnung angelegt. Diese besteht aus dem Kennzeichen des Landkreises, einer einstelligen den Tablet PC identifizierenden Nummer und einer fortlaufenden Patientennummer. Die Identifikationsbezeichnung zusammen mit dem Nachnamen des Patienten ergeben den Dateinamen. Ist der Speichervorgang beendet kann der Anwender die erstellte Datei des Patienten mittels einer WLAN-Verbindung zum entfernt gelegenen ELW senden. Durch den Einsatz mehrerer Tablet PCs in Kombination mit CO-Messgeräten könnte eine noch schnellere Triage durchgeführt werden.

Die Software des Laptops, der sich im ELW befindet dient als Server und wartet auf ankommende Dateien. Schickt der Client (Tablet PC) eine Datei, so wird diese ausgelesen und Identifikationsbezeichnung, Nachname und Vorname, sowie der gemessene COHb-Wert in einer Tabelle dargestellt. Die Informationen über den Patienten werden in einer standardisierten Triagefarbe farblich angezeigt. Dem organisatorischen Leiter und dem Notarzt ist es auf Grund der Übersicht rasch möglich, weitere Kräfte und Fahrzeuge anzufordern oder Transporte zu planen. Wird die Indikation für einen Transport in eine Klinik festgestellt, so verbindet sich der Laptop mit der Datenbank der Rettungsleitstelle. Die Software erstellt über GSM eine Wahlverbindung und stellt einen Zugriff über einen geeigneten ODBC-Treiber zur SQL-Datenbank her. Es wird ein neuer Transportauftrag angelegt, der bereits die Zielklinik, Namen und die Diagnose des Patienten enthält. Der Disponent auf der Rettungsleitstelle kann jetzt nach einem geeigneten Rettungsmittel suchen und ihm diesen Auftrag senden. Analog hierzu kann die Kommunikation mit der Zielklinik ablaufen. Über GSM wird ein Zugriff auf die Datenbank des KIS der Zielklinik ermöglicht. In eine digitale Patientenakte kann noch bevor der Patient in der Zielklinik ankommt, ein neuer Datensatz mit den Messdaten und den Personalien erstellt werden. Die Zielklinik ist somit bereits frühzeitig über den Patienten informiert und kann rechtzeitig entsprechende Maßnahmen einleiten. Aus Gründen der Datensicherheit sind die Kliniken momentan bei der

Freigabe ihrer Schnittstellen zurückhaltend. Man muss sich in Zukunft jedoch über geeignete Schnittstellen Gedanken machen, über die es möglich ist, Daten von Extern in bestehende System zu integrieren.

Um einen Einsatz nachzubereiten und um die Qualität aller Rettungskräfte sukzessiv zu verbessern ist es wichtig, den Einsatz und die Patienten zu analysieren. Hilfreich hierbei ist die Tatsache, dass sich alle Patientendatensätze eines Einsatzes in einem Verzeichnis befinden. Das Dateiformat XML lässt sich mit jedem handelsüblichen Browser betrachten. Klinische Studien können somit einfach ausgewertet werden.

Das Gesamtsystem ist für einen Massenanfall von Patienten mit einer Vergiftung durch Brandgase zugeschnitten. Nur hier kann es seine Vorteile ausspielen und ist von sehr großem Nutzen. Bestimmte Teile des Konzeptes, wie zum Beispiel die CO-Analyseeinheit eignen sich jedoch auch sehr gut für den Einsatz unter normalen Bedingungen. Sind nur wenige Personen von einer Rauchgasinhalation betroffen können diese mit der CO-Messmethode überwacht werden. Der Einsatz eines expiratorischen CO-Messgerätes macht auf jedem arztbesetzten Rettungsmittel einen Sinn. Auch wenn die Messmethode nicht die Genauigkeit einer CO-Oximeter-Messung erreicht, ist sie immer noch genauer als die heute übliche rein visuelle Diagnostik.

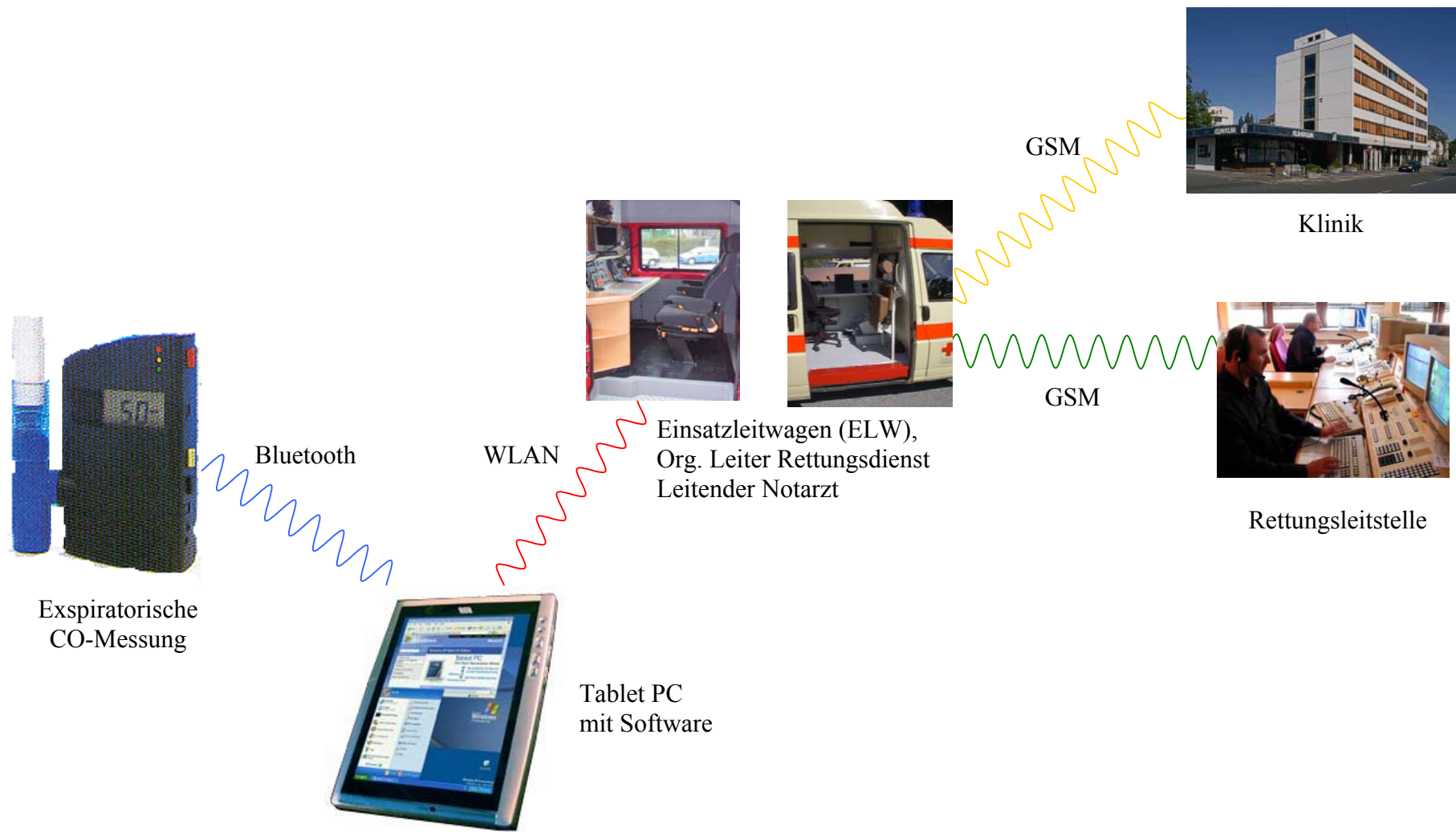


Abb.49: Bildliche Darstellung Systemkonzept

3 Prototyp

Grundlegende Teile werden mit den zur Zeit zu Verfügung stehenden Techniken in einem Prototyp realisiert. Der Prototyp soll sich am Systemkonzept orientieren. Es sind jedoch Veränderungen in den einzelnen Komponenten vorgenommen worden (Abb.50). Die Analyseeinheit wird von einem Laptop simuliert, da zu diesem Zeitpunkt noch kein CO-Atemluft Messgerät vorhanden ist. Aus Kostengründen wird anstatt eines Tablet PCs ein Pocket PC der Marke Compaq Ipaq 3870 mit integriertem Bluetooth Modul und einem zusätzlichen WLAN Expansion Pack benutzt.

Folgende Anforderungen werden an den Prototyp gestellt:

- Daten von einem Laptop an einen Pocket PC mittels einer Bluetooth Schnittstelle senden
- Eingabemöglichkeiten für Patientendaten
- Eingabemöglichkeit für Einsatzort und Brandobjekt
- Generierung einer für den Einsatz einmaligen Patienten ID
- Patientendaten und Messdaten in einer XML Datei abspeichern
- Jeden Patient in einer eigenen XML Datei speichern
- Name der Datei wird aus dem Nachnamen des Patienten und der ID generiert
- Abspeicherungspfad für jede XML Datei dieses Einsatzes ist der Einsatzort zusammen mit dem Brandobjekt
- Kommunikation über eine WLAN Schnittstelle zwischen Pocket PC und einem zweiten Laptop herstellen
- Die Abgespeicherte XML Datei mittels WLAN an den zweiten Laptop senden und anzeigen

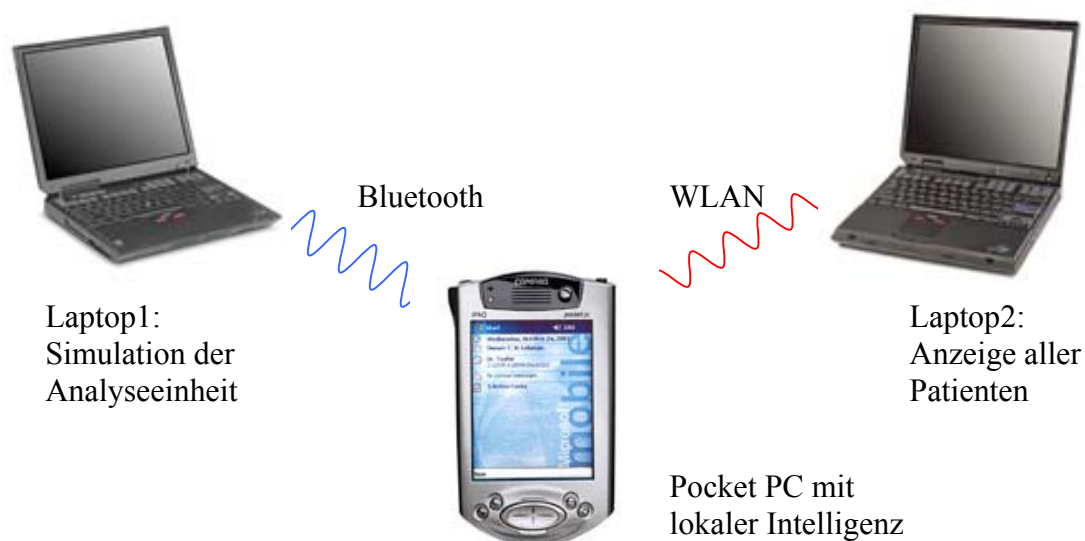


Abb.50: Prototyp

3.1 Vorgehensweise

In den nachfolgenden Abschnitten wird näher auf die Vorgehensweise eingegangen, die bei der Erstellung des Prototyps zu Grunde gelegt wurde.

Wahl der Programmiersprache

Als Programmiersprache wurde Java gewählt. Java hat den Vorteil, das es weitestgehend plattform-unabhängig ist. Somit kann das Betriebssystem oder der Pocket PC selbst gewechselt werden, ohne das am Programm Änderungen vorgenommen werden müssen. Ein weiterer Grund für Java als Programmiersprache waren auch die bereits vorhandenen Programmierkenntnisse in dieser Sprache. Als Entwicklungsumgebung wurde der JBuilder in der Version 6 der Firma Borland gewählt. Der JBuilder besitzt eine große Funktionalität und ist ein recht mächtiges Werkzeug zur Entwicklung von Programmen. So werden zum Beispiel fertige Programmteile wie Konstruktoren oder Main-Routinen automatisch in das zu erstellende Programm implementiert.

Installation einer virtuellen Maschine auf dem Pocket PC

Die Virtuelle Maschine (VM) wird als Abstraktionsschicht gesehen. Ein Programm, welches speziell für die eingesetzte VM geschrieben wird, läuft oberhalb dieser Schicht auf jedem Rechnertyp oder Betriebssystem, auf dem diese VM installiert wurde. Die VM setzt den Quellcode des Programms in den Maschinen-Code der Rechnerarchitektur um. Der Ipaq arbeitet mit einem auf der ARM-Technologie basierenden Prozessor und mit dem Betriebssystem Microsoft Windows für Pocket PC 2002. Für den ARM-Prozessor mit diesem Betriebssystem gibt es eine Vielzahl von VMs (einige sind in Abb. 47 dargestellt). Eingesetzt wurde die frei erhältlich VM PersonalJava 1.1 (beta 2), der Firma SUN. Sie ist kostenlos erhältlich, bietet eine akzeptable Ablaufgeschwindigkeit und unterstützt den Java Sprachstandard bis einschließlich Version 1.1.8 [116]. PersonalJava enthält ein automatischen Installationsprogramm, welches über die Docking Station des Ipaq auf diesem installiert wurde.

Name	NSICOM CrEme 3.2	SavaJe XE 1.0	Hewlett Packard ChaïVM 4.0	Sun Personal Java1.1	Blackdown J2RE 1.3.1	Insignia Jeode	IBM J9
OS	WinCE 2.11/3.0	SavaJe XE	WinCE 2.11/3.0	WinCE 2.11/3.0	ARM Linux	WinCE 2.11/3.0, ARM Linux	WinCE 2.11/3.0
JVM Compatibility	PersonalJava compliant	Java 2 (1.3.1)	JDK 1.1.8	JDK 1.1.8	Java 2 (1.3.1)	PersonalJava compliant	PersonalJava compliant
Speed	Fast	Very fast	Slow	Fast	Slow start, reasonable execution.	Fast	Not tested
Supported Packages	AWT, SWING, RMI, COMM	AWT, SWING, RMI, JINI, COMM	AWT, RMI	AWT, RMI	AWT, SWING, RMI, JINI	AWT,RMI	AWT,RMI
Hardware	StrongARM	Compaq iPAQ H36, H37 and H38 series.	StrongARM	StrongARM 16MB Greyscale	iPAQ H36xx (or better) & CF Storage	H36xx or H38xx	StrongARM
Cost	\$1000 (For 50 run-time unit license)	\$100	Free	Free	Free	Contact Insignia	Free

* HP's TurboChai compiler produces native code from Java source that will run under ChaïVM.

Abb.51: Eine Auswahl an virtuellen Maschinen [95]

Programmierung der Oberfläche

Oberflächen können leicht mit dem JBuilder erstellt werden (Abb. 52). Eine grafische Anzeige enthält alle Komponente, welche die beiden Klassen Java AWT und Java Swing bereitstellen. An dieser Stelle muss beachtet werden, das Swing noch nicht im JDK 1.1.8 enthalten ist und somit nicht ohne unvertretbar hohen Aufwand verwendet werden kann. Alle benötigten Menüs, Fenster, Buttons, Textboxen und Checkboxes werden nach dem Baukastenprinzip zusammengebaut und mit funktionellem Quellcode hinterlegt.

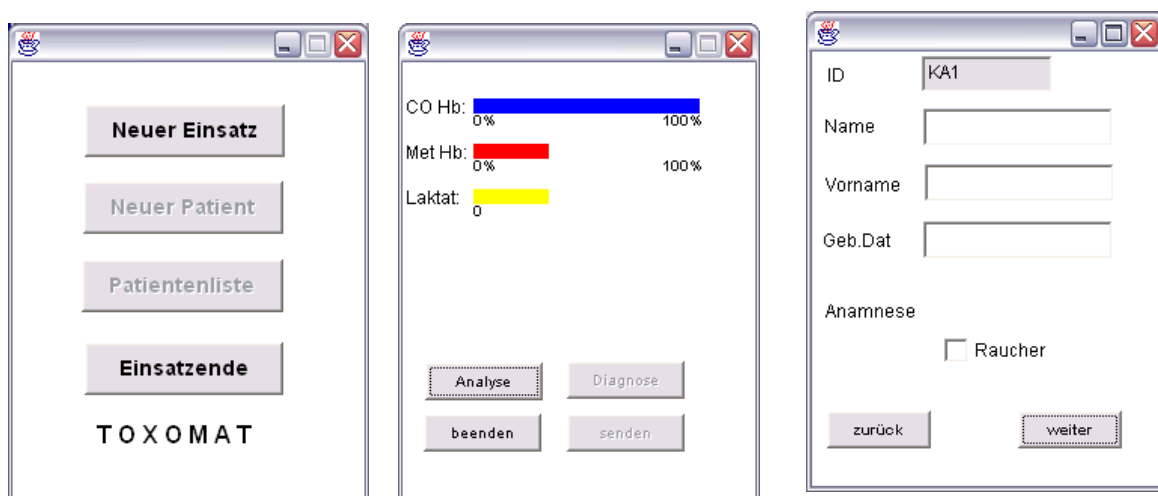


Abb.52: Beispiele für die Programmoberfläche

Programmierung der Seriellen Verbindung

Der Zugriff auf die seriellen Schnittstelle ist nicht Bestandteil des JDKs. Hierzu benötigt man eine Java Communications API, welche die hardwareabhängige Treiber und zusätzliche Klassen beinhaltet. Mit der Integration dieser Treiber und Klassen verliert das Programm jedoch seine Plattform-Unabhängigkeit [117, 118]. Mit der Java Communication API ist es möglich einen Port zu parametrieren (Baudrate, Anzahl Datenbits, Parität usw.), ihn zu öffnen und Kommunikation über ihn zu betreiben. Im World Wide Web sind die Packages von www.teilo.net und www.rxtx.org frei erhältlich. Eine Kommerzielle Version kann von der Firma Serialio.com (www.serialio.com) bezogen werden.

Mit den beiden frei erhältlichen Packages war kein Zugriff auf die Bluetooth Schnittstelle (COM7,8) des Ipaq möglich. Es konnte hier keine der beiden Schnittstellen gefunden und angesprochen werden. Da der Zugriff auf die Schnittstelle aus bislang noch ungeklärten Gründen nicht funktioniert, wurde die weitere Software lediglich auf dem Laptop weiterentwickelt. Somit kommunizieren nun drei Laptops miteinander. Auf dem Laptop konnte eine Serielle Verbindung auf Anhieb erzielt werden. Die Bluetooth Verbindung wird mit zwei Bluetooth USB-Modulen (Abb. 53) der Firma Acer realisiert. Eine von Acer mitgelieferte Software richtet für das serielle Profil für Windows neue virtuelle COM-Ports auf dem Laptop ein. Diese können unter Java wie physikalische Schnittstellen angesprochen werden. Der Unterschied besteht darin, das ein serielles Kabel durch den Einsatz der beiden Module wegfällt.



Abb.53: Acer Bluetooth Funkmodul

Der Laptop, welcher die Analyseeinheit simuliert, sendet die Daten mit Hilfe eines Terminal-Programms. Mit diesem Programm kann die serielle Schnittstelle frei konfiguriert und Daten übertragen werden [119].

Abspeicherung der Daten

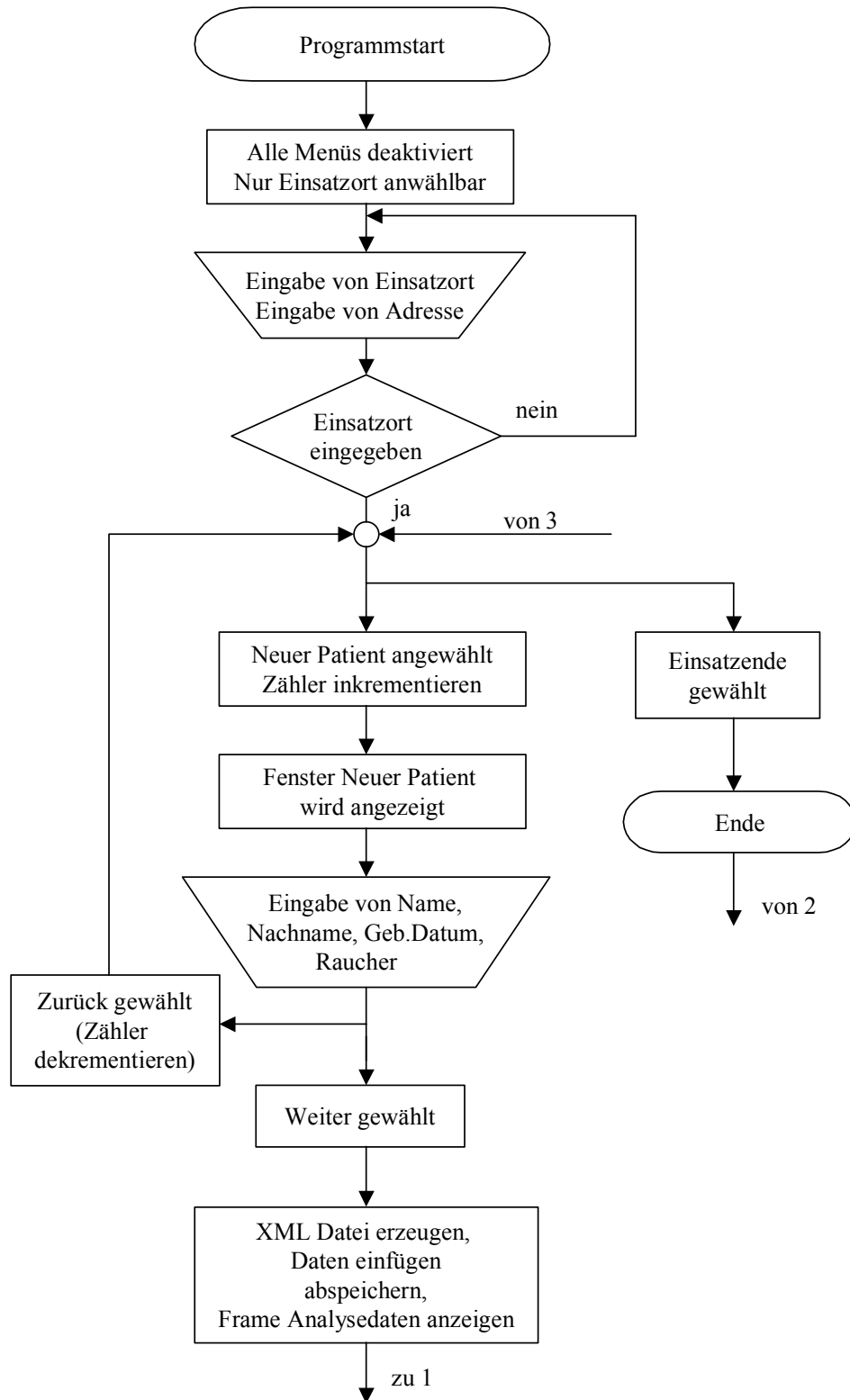
Die Patienten- und Messdaten werden im XML-Format auf der Festplatte des Laptops abgespeichert. Der Pfad in welche alle Dateien abgespeichert werden wird vom Benutzer durch die Angaben des Einsatzortes und des Brandobjektes bestimmt. Der Dateiname wird durch eine einmalig generierte Patienten ID und dem Nachnamen des Patienten gebildet (analog der Systemkonzept Spezifikation). Zunächst muss eine XML Struktur aufgebaut und die Daten anhand eines Parsers auf ihre Wohlgeformtheit überprüft werden. Für XML-basierte Daten gibt es zwei wohldefinierte Verarbeitungsverfahren: DOM und SAX. Während DOM das gesamte Dokument in einer internen Struktur einliest und bereitstellt, verfolgt SAX einen ereignisorientierten Ansatz[120]. Zum Einsatz kommt JDOM6, ein speziell auf Java zugeschnittener frei erhältlicher Parser, der nach der ersten Methode arbeitet [121]. Er liefert eine komplette API, mit der ein Dokument erstellt, überprüft und anschließend abgespeichert wird.

Programmierung der WLAN Verbindung

Die WLAN-Verbindung zwischen Laptop (ehemals Pocket PC) und Laptop2 wird anhand einer Client-Server Verbindung aufgebaut. Dabei ist Laptop 2 der Server, der laufend auf neu Patientendaten wartet und der Laptop (ehemals Pocket PC) wirkt als Client. Wird eine Datei vom Client an den Server geschickt, so wird ein Event ausgelöst und die Software auf dem Server Laptop aktualisiert ihre Tabelle. In der Tabelle werden alle gesendeten Dateien bzw. Auszüge der Dateien angezeigt. Jede Datei steht für einen Patient (Abb.54). Der Quellcode des Programms befindet sich im Anhang.

Programmablauf

Das Programm und dessen Ablauf soll anhand eines Programmablaufplanes näher erläutert werden (Abb. 54).



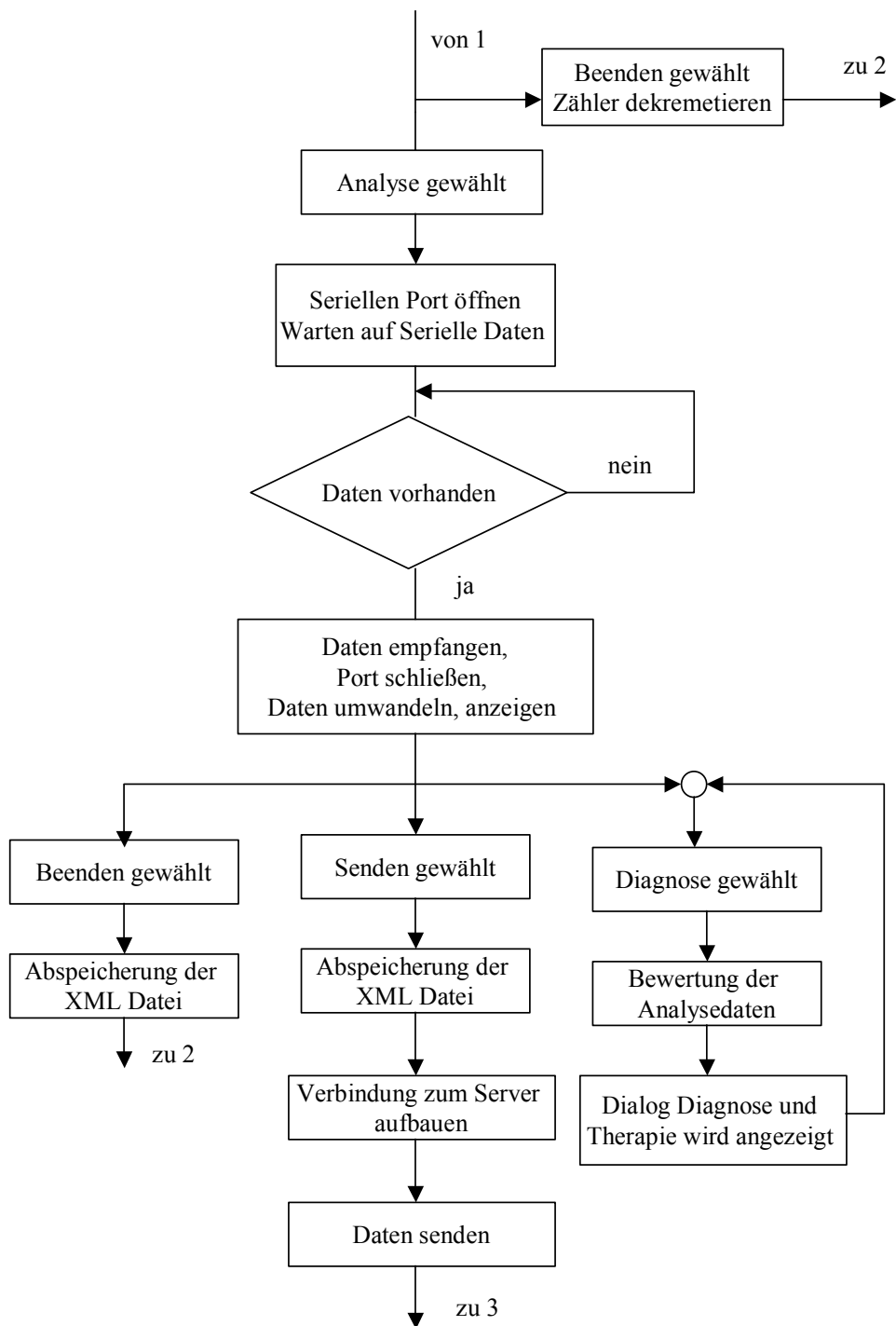


Abb.54: Programmablaufplan

4 Fazit

Das Systemkonzept beseitigt die Probleme bei der Triage und der prähospitalen Diagnosestellung. Signifikante Verbesserungen sind durch den richtigen Einsatz von Kommunikationstechnik und der Dokumentation auf Tablet PCs oder Pocket PCs erzielt worden. Es ist möglich ein schnelles Screening an Notfallpatienten mit Verdacht auf eine Brandgasinhalation durchzuführen. War es bislang nur möglich die Patienten auf ihre äußeren Merkmale wie Rußschwärzung oder gesteigerte Hustenaktivität hin zu selektieren, so wird die Diagnosestellung nun durch eine effiziente Messmethode am Einsatzort radikal verbessert. Eine quantitative Aussage tritt nun an die Stelle einer sonst subjektiven Vermutung.

Die eingesetzte Kommunikationstechnik ermöglicht nicht nur dem mit der Triage vertrauten Mediziner mehr über den Gesundheitszustand des Patienten zu erfahren, sondern auch den Führungskräften. Das Weiterleiten von Patientendaten geschieht nur an Personen die unmittelbar mit der Behandlung des Patienten betraut sind. Für die notwendige Sicherheit der persönlichen Daten sorgt eine ausreichende Verschlüsselung der Kommunikationsstrecken. Alle Beteiligte können die für sich nötigen Daten in ihr System einpflegen. Der LNA und der Organisatorische Leiter können anhand der Patientenliste den weiteren Einsatz planen, die Rettungsstelle erhält die Transportdaten und der Patient erhält eine neue digitale Patientenakte in einem KIS. Durch diese Transparenz ist es möglich Fehler zu minimieren und Zeit einzusparen.

Probleme die zur Zeit noch bestehen sind lediglich im Zugriff auf den jeweiligen Server von Rettungsstelle und KIS zu sehen. Die Datenbanken sind durch Sicherheitsmechanismen gerade gegen externe Angriffe abgekapselt. Dies scheint zunächst auch aus Gründen des Datenschutzes vernünftig zu sein. Jedoch können solche oder ähnliche Systeme wie sie in dieser Arbeit beschrieben werden eine prägnante Steigerung der klinischen Qualität mit sich bringen. Der therapiefreie Intervall, welcher oft durch doppelte oder mehrfache Diagnose und Behandlungsdiagnostik verlängert wird, kann damit verringert werden.

In Zukunft müssen an dieser Stelle Schnittstellen geschaffen werden, die den Zugriff von Extern durch authentifizierte Personen ermöglichen. Geeignete Sicherheitsmechanismen sind bereits heute schon in anderen Bereichen im Einsatz.

Auch in der Individualmedizin ist eine digitale Dokumentation von Notfallgeschehen ein richtiger Ansatzpunkt. Im heutigen Rettungsdienst wird ein Rettungs- oder Notarztprotokoll auf Papier ausgefüllt, gelangt jedoch oft nicht in die Patientenakte im Krankenhaus. Eine digitale Patientenakte in der Zielklinik und eine digitale Dokumentation im Rettungs- oder Notarztwagen sind ein Zukunftswunsch. Physiologische Patientendaten, wie Blutdruck, EKG, Sauerstoffsättigung, Blutzucker könnten mittels Telemetrie frühzeitig in die Klinik gesendet und dort bereits notwendige Vorkehrungen getroffen werden.

Die Messung des CO-Gehaltes in der Atemluft von Notfallpatienten ist in Deutschland in dieser Form noch nie angewendet worden. Der Einsatz dieses Gerätes in der Individualmedizin bedeutet auch hier eine Verbesserung der Diagnose. Auch bei einem Brandereignis bei dem nur wenige Notfallpatienten zu beklagen sind, was den überwiegenden Anteil an Brandereignissen ausmacht ist eine qualitative Messung von Nöten.

Das in sich schlüssige Systemkonzept soll auf seine praktische Anwendbarkeit in einer Studie im Landkreis Karlsruhe überprüft werden. Hierbei wird eine Zusammenarbeit mit dem Deutschen Roten Kreuz Karlsruhe, Meditox Stuttgart und der Industrie angestrebt.

5 Anhang

5.1 Quellcode des Prototyps

Klasse Frame1

```
package projekt_toxomat;

import java.awt.*;
import java.awt.Component;
import java.awt.FileDialog;
import java.awt.Window;
import java.awt.event.*;
import java.awt.event.WindowAdapter;
import java.io.*;
import java.awt.Graphics.*;
import java.lang.Object;
import javax.swing.*;

public class Frame1 extends Frame
{
    // Iniatialisierung des Frames

    static Button NeuerPatient = new Button();
    Label Toxomat = new Label();
    Button NeuerEinsatz = new Button();
    static String einsatzort;
    static NeuerEinsatz einsatz = null;
    static Frame frame1;
    static int Patzaehler;
    FileDialog filedialog;
    Button einsatzende = new Button();

    // Konstruktor Frame

    public Frame1()
    {
        this.show();
        this.setSize(240,320);
        this.setResizable(false);

        // Window Listener zum Beenden des Frames

        addWindowListener( new WindowAdapter() {
            public void windowClosing ( WindowEvent e) {
                System.exit(0); }
        });

        try
        {jInit();}

        catch(Exception e)
        {e.printStackTrace();}
    }

    public static void main(String[] args)
```

```

        // Neues Objekt vom Typ Frame wird erzeugt

{ frame1 = new Frame1();}

private void jbInit() throws Exception
{
    // Button Neuer Patient wird mit Parametern versehen

    NeuerPatient.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 1, 14));
    NeuerPatient.setLabel("Neuer Patient");
    NeuerPatient.setBounds(new Rectangle(50, 105, 133, 35));
    NeuerPatient.setEnabled(false);
    NeuerPatient.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener()
    {
        public void actionPerformed(ActionEvent e)
        {
            NeuerPatient_actionPerformed(e);
        }
    });

    this.setLayout(null);

    Toxomat.setFont(new java.awt.Font("SansSerif", 1, 16));
    Toxomat.setText("T O X O M A T");
    Toxomat.setBounds(new Rectangle(57, 251, 117, 45));
    NeuerEinsatz.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener()
    {
        public void actionPerformed(ActionEvent e)
        {
            NeuerEinsatz_actionPerformed(e);
        }
    });
    // Button Neuer Einsatz parametrieren

    NeuerEinsatz.setBounds(new Rectangle(51, 54, 133, 35));
    NeuerEinsatz.setLabel("Neuer Einsatz");
    NeuerEinsatz.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 1, 14));

    // Button Einsatzende parametrieren

    einsatzende.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 1, 14));
    einsatzende.setLabel("Einsatzende");
    einsatzende.setBounds(new Rectangle(51, 212, 132, 35));
    einsatzende.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            einsatzende_actionPerformed(e);
        }
    });
    // Buttons zum Frame hinzufügen

    this.add(Toxomat, null);
    this.add(NeuerEinsatz, null);
    this.add(NeuerPatient, null);
    this.add(einsatzende, null);
}

    // Aktion Listener neuer Patient
    // Neues Objekt vom Typ Patientendaten wird erzeugt
    // Patientenzähler wird inkrementiert

```

```

void NeuerPatient_actionPerformed(ActionEvent e) {
    Patientendaten Pd = new Patientendaten(einsatzort, Patzaehler);
    Patzaehler = Patzaehler+1;
}

    // Aktion Listener Neuer Einsatz
    // Neues Objekt vom Typ Neuer Einsatz wird erzeugt

void NeuerEinsatz_actionPerformed(ActionEvent e) {

einsatz = new NeuerEinsatz();
}

    // Methode setzeEinsatzort überprüft ob String Ort
    // ein Zeichen besitzt

static void setzeEinsatzort(String ort) {

    if (ort != "") {
        einsatzort =ort;
        einsatz.rahmenzu();
        NeuerPatient.setEnabled(true);
    }
}

    // Methode patietnzurück dekrementiert Patientenzähler

static void patientzurück()

{Patzahler = Patzahler-1;}

    // Aktion Listener Einsatzende setzt Patientenzähler zurück

void einsatzende_actionPerformed(ActionEvent e) {
    Patzahler =0;
    System.exit(0);
}
}

```

Klasse NeuerEinsatz

```

package projekt_toxomat;

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.awt.event.WindowAdapter;
import java.awt.event.KeyEvent;
import java.lang.Thread;

public class NeuerEinsatz extends Frame {

    // Methode Auslesen Einsatz liest
    // Textfelder Einsatzort und Brandobjekt aus
    // und gibt einsatzort zurück

public String ausleseneinsatz(){

    String einsatzort = Einsatzort.getText();

```

```

String genauer = Brandobjekt.getText();
einsatzort = einsatzort+genauer;
return einsatzort;
}

        // Methode rahmenzu zerstört Objekt

public void rahmenzu()
    {this.dispose();}

        // Methode pause stoppt für 3 sec

public void pause(){

    try{
        java.lang.Thread.sleep(3000);
    }
    catch(Exception exc){}
}

        // Initialisiert Frame

Label labelEinsatzort = new Label();
TextField Einsatzort = new TextField();
Button buttonübernehmen = new Button();
Frame orteingeben;
TextField Brandobjekt = new TextField();
Label labelBrandobjekt = new Label();

        // Konstruktor

public NeuerEinsatz() {

    try {
        jbInit();
    }

    catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();}
}

private void jbInit() throws Exception {

    this.setVisible(true);
    this.setResizable(false);
    this.setLayout(null);
    this.setSize(240,320);
    Einsatzort.setBounds(new Rectangle(47, 101, 130, 25));

    labelEinsatzort.setText("Einsatzort");
    labelEinsatzort.setBounds(new Rectangle(47, 54, 80, 46));
    buttonübernehmen.setLabel("übernehmen");
    buttonübernehmen.setBounds(new Rectangle(64, 262, 105, 22));
    buttonübernehmen.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener()
{

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        buttonübernehmen_actionPerformed(e);
    }
});

    Brandobjekt.setBounds(new Rectangle(47, 178, 130, 25));
    labelBrandobjekt.setBounds(new Rectangle(46, 136, 149, 39));
}

```

```

labelBrandobjekt.setText("Brandobjekt oder Adresse");

        // Buttons und Labels dem Frame hinzufügen

this.add(buttonübernehmen, null);
this.add(labelBrandobjekt, null);
this.add(labelEinsatzort, null);
this.add(Einsatzort, null);
this.add(Brandobjekt, null);
buttonübernehmen.setVisible(true);
}

        // Aktion Listener buttonübernehmen
        // Überprüfung des Strings Einsatzort
        // wenn String leer Frame orteingeben erzeugen

void buttonübernehmen_actionPerformed(ActionEvent e) {

    String ok = Einsatzort.getText();

    if (ok.length() ==0)
    {
        Frame orteingeben = new Frame();

        orteingeben.setVisible(true);
        orteingeben.setResizable(false);
        orteingeben.setLayout(null);
        orteingeben.setSize(240,200);
        Label label2 = new Label();
        labelBrandobjekt.setText("Einsatzort und Adresse eingeben");
        labelBrandobjekt.setBounds(new Rectangle(10, 100, 190, 46));
        labelBrandobjekt.setVisible(true);
        orteingeben.add(labelBrandobjekt, null);
        pause();
        orteingeben.dispose();
    }

    else
    {
        Frame1.setzeEinsatzort(this.ausleseneinsatz());
    }
}
}

```

Klasse Patientendaten

```

package projekt_toxomat;

import java.awt.*;
import java.awt.TextComponent;
import java.awt.event.*;
import org.jdom.input.*;
import org.jdom.output.*;
import org.jdom.output.XMLOutputter;
import org.jdom.*;
import org.jdom.Document.*;
import org.jdom.Element.*;
import java.io.*;

```

```

import java.io.File;

public class Patientendaten extends Frame
{
    // Initialisierung der Variablen

    TextField Id = new TextField();
    TextField Name = new TextField();
    TextField Vorname = new TextField();
    TextField GebDat = new TextField();
    Label labelId = new Label();
    Label labelName = new Label();
    Label labelVorname = new Label();
    Label labelGebDat = new Label();
    Label labelAnamnese = new Label();
    Checkbox Raucher = new Checkbox();
    Button Weiter = new Button();
    static String einsatzo;
    static int Patientzaehler;
    static int Patientzaehler2;

    static String VariableName;
    static String VariableId;
    String Verzeichnis = "C:\\systemkonzept
toxomat\\testsoftware\\toxomat\\";
    static String Dateiname = "";
    static String Filename = null;
    static String Raucherjanein;
    File file;
    Document document = null;
    Button zurück = new Button();

    // Methode Rahmen zu zerstört Objekt

    public void rahmenzu()
    {this.dispose();}

    // Konstruktor

    public Patientendaten(String einsatzort,int Patzaehler)
    {
        einsatzo = einsatzort;
        Patientzaehler = Patzaehler;
        Verzeichnis=Verzeichnis+einsatzo;

        addWindowListener( new WindowAdapter() {
            public void windowClosing ( WindowEvent e) {
                rahmenzu();}
        });

        this.setSize(240,320);
        this.setVisible(true);

        try
        {
            jbInit();
        }
        catch(Exception e)
        {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

```

    }
}

void jbInit() throws Exception

{
    Id.setBounds(new Rectangle(77, 30, 87, 24));
    Patientzaehler2 =Patientzaehler+1;
    Id.setText("KA"+Patientzaehler2);
    Id.setEditable(false);

    this.setLayout(null);
    labelId.setText("ID");
    labelId.setBounds(new Rectangle(12, 32, 38, 21));
    Name.setBounds(new Rectangle(78, 65, 126, 25));
    Vorname.setBounds(new Rectangle(79, 102, 126, 25));
    GebDat.setBounds(new Rectangle(78, 140, 126, 25));
    labelName.setText("Name");
    labelName.setBounds(new Rectangle(10, 61, 70, 31));
    labelVorname.setBounds(new Rectangle(11, 100, 70, 31));
    labelVorname.setText("Vorname");
    labelGebDat.setBounds(new Rectangle(9, 137, 70, 31));
    labelGebDat.setText("Geb.Dat");
    labelAnamnese.setBounds(new Rectangle(11, 184, 110, 31));
    labelAnamnese.setText("Anamnese");
    Raucher.setLabel("Raucher");
    Raucher.setBounds(new Rectangle(92, 212, 92, 28));
    Weiter.setBounds(new Rectangle(141, 266, 69, 25));

    Weiter.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener()
    {
        public void actionPerformed(ActionEvent e)
        {
            Weiter_actionPerformed(e);
        }
    });

    Weiter.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 1, 10));
    Weiter.setLabel("weiter");
    zurück.setLabel("zurück");
    zurück.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 1, 10));
    zurück.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener()
    {
        public void actionPerformed(ActionEvent e)
        {
            zurück_actionPerformed(e);
        }
    });

    zurück.setBounds(new Rectangle(14, 266, 69, 25));
    this.add(Weiter, null);
    this.add(Vorname, null);
    this.add(Name, null);
    this.add(Id, null);
    this.add(GebDat, null);
    this.add(labelName, null);
    this.add(labelVorname, null);
    this.add(labelGebDat, null);
    this.add(labelId, null);
    this.add(Raucher, null);
    this.add(labelAnamnese, null);
    this.add(zurück, null);
}

```



```

    }

    // Aktion Listener Weiter überprüft Status Raucher
    // baut Verzeichnisname und Dateiname
    // erstellt XML File

void Weiter_actionPerformed(ActionEvent e)

{
boolean r = Raucher.getState();

if (r==true)
{Raucherjanein =("Raucher");}

else
{ Raucherjanein ="";}

VariableName = Name.getText();
VariableId = Id.getText();

Dateiname = VariableId+VariableName+".xml";
String VariableVorname = Vorname.getText();
String VariableGebDat = GebDat.getText();
Filename = Verzeichnis+ "\\\" + Dateiname;
file = new File(Verzeichnis);

if (Patientzaehler <2)
{file.mkdirs();}

// Root Element erstellen

Element root = new Element("XmlPatient");
document = new Document(root);

// Elemente dem Root Element hinzufügen

Element Id = new Element ("Id");
Id.setText("KA"+Patientzaehler2);
root.addContent(Id);

Element Name = new Element ("Name");
Name.setText(VariableName);
root.addContent(Name);

Element Vorname = new Element ("Vorname");
Vorname.setText(VariableVorname);
root.addContent(Vorname);

Element GebDat = new Element ("GebDat");
GebDat.setText(VariableGebDat);
root.addContent(GebDat);

Element Anmerkung = new Element ("Anmerkung");
Anmerkung.setText(Raucherjanein);
root.addContent(Anmerkung);

Element CoHb = new Element ("CoHb");
CoHb.setText("CoHb");
root.addContent(CoHb);

Element MetHb = new Element ("MetHb");
MetHb.setText("MetHb");

```

```

root.addContent (MetHb);

Element Laktat = new Element ("Laktat");
Laktat.setText("Laktat");
root.addContent (Laktat);

Element Triagekategorie = new Element ("Triagekategorie");
Triagekategorie.setText ("VariableTriagekategorie");
root.addContent (Triagekategorie);

Element Massnahmen = new Element ("Massnahmen");
Massnahmen.setText ("VariableMassnahmen");
root.addContent (Massnahmen);

// Abspeicherung des XML Dokumentes im Pfad Einsatzort +
Brandobjekt // und unter dem Dateinamen ID + Name Patient

try{

this.save();
}
catch (Exception v){}

// Erzeugung eines neue Objektes vom Typ Analysedaten
// Übergabe von XML Dokument und Pfad+Dateiname

Analysedaten FrameAnalyse = new Analysedaten(document, Filename,
Dateiname);
rahmenzu();
}

// Methode save speichert XML Dokument

public void save() throws IOException

{
XMLOutputter outputter = new XMLOutputter();
FileWriter writer = new FileWriter(Filename,true);
outputter.output (document,writer);
writer.close();
}

// Methode zurück setzt Patientenzähler um 1 zurück
// wenn Button zurück gewählt

void zurück_actionPerformed(ActionEvent e) {

Frame1.patientzurück();
rahmenzu();
}

}

```

Klasse Analysedaten

```
package projekt_toxomat;

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.awt.Canvas;
import java.awt.Label;
import javax.comm.*;
import java.io.*;
import java.awt.Label;
import java.lang.Thread;
import java.awt.Font;
import java.util.List;
import java.net.*;
import org.jdom.input.*;
import org.jdom.output.*;
import org.jdom.output.XMLOutputter;
import org.jdom.*;
import org.jdom.Document.*;
import org.jdom.Element.*;

public class Analysedaten extends Frame
{
    static CommPortIdentifier portID;
    InputStream ins;
    OutputStream out;
    static SerialPort serss;
    int intcohb;
    int intmethb;
    int intlaktat;
    double doublecohb;
    double doublemethb;
    double doublelaktat;
    Document document;
    String Speichername;
    String Dname;
    java.util.List XmlPatientliste;
    String CoHb;
    String MetHb;
    String Laktat;
    String beurteilunglaktat;
    String beurteilungcohb;
    String medikation;
    String beurteilung;

    String beurteilungl;
    String beurteilungc;
    String med;

    boolean hcn;
    boolean co;
    String host ="141.21.5.178";
    int port = 6666;
    protected Socket verbindung;

    Button Analyse = new Button();
```

```

Button Diagnose = new Button();
Button Test = new Button();
Label labelzustand = new Label();
Label anzeigecohb = new Label();
Label anzeigemethb = new Label();
Label anzeigelaktat = new Label();
Button beenden = new Button();
Button senden = new Button();
Label wertecohb = new Label();
Label wertemethb = new Label();
Label wertelaktat = new Label();

        // Methode zum Zerstören des Objektes

public void rahmenzu()

{this.dispose();}

        // Label zum Anzeigen des Zustandes der Kommunikation

void anzeigezustand(String zustand, boolean sichtbar)
{
labelzustand.setText(zustand);
labelzustand.setBounds(new Rectangle(16, 260, 175, 24));
labelzustand.setLocation(40,290);
labelzustand.setForeground(Color.red);
labelzustand.setVisible(sichtbar);
this.add(labelzustand, null);
}

        // Nachrichtenlänge ermitteln und # abschneiden
        // Aufteilen des Strings

void nachrichtteilen(String nachricht)
{

String alt = nachricht;
int laenge;
laenge=alt.length();
laenge=laenge-1;
String neu = alt.substring(0,laenge);

String cohb = neu.substring(4,7);
String methb = neu.substring(13,16);
String laktat = neu.substring(23,25);

CoHb = cohb;
MetHb = methb;
Laktat = laktat;

        // nur die Zahlenwerte in Strings packen

String wertcohb =neu.substring(4,6);
String wertmethb =neu.substring(13,15);
String wertlaktat =neu.substring(23,25);

        // Methoden aufrufen

anzeigeergebnis(cohb,methb,laktat);
anzeigewerterechtecke(wertcohb,wertmethb,wertlaktat);
}

        // Label anzeigecohb, anzeigemethb und anzeigelaktat definieren

```

```

void anzeigeergebnis(String cohb,String methb, String laktat)
{
    anzeigecohb.setText(cohb);
    anzeigecohb.setBounds(new Rectangle(40, 10));
    anzeigecohb.setLocation(200,50);
    anzeigecohb.setForeground(Color.black);
    anzeigecohb.setVisible(true);
    this.add(anzeigecohb, null);

    anzeigemethb.setText(methb);
    anzeigemethb.setBounds(new Rectangle(40, 10));
    anzeigemethb.setLocation(200,80);
    anzeigemethb.setForeground(Color.black);
    anzeigemethb.setVisible(true);
    this.add(anzeigemethb, null);

    anzeigelaktat.setText(laktat);
    anzeigelaktat.setBounds(new Rectangle(40, 10));
    anzeigelaktat.setLocation(200,110);
    anzeigelaktat.setForeground(Color.black);
    anzeigelaktat.setVisible(true);
    this.add(anzeigelaktat, null);
}

void anzeigewerterechtecke(String wertcohb, String wertmethb, String
wertlaktat)
{
    // Strings in Integer umwandeln

    int intcohb = Integer.parseInt(wertcohb);
    int intmethb = Integer.parseInt(wertmethb);
    int intlaktat = Integer.parseInt(wertlaktat);

    beurteilung(intcohb, intlaktat);

    wertecohb.setText("I");
    wertemethb.setText("I");
    wertelaktat.setText("I");

    wertecohb.setBounds(new Rectangle((int) (1.5 * intcohb)+50, 48, 1,
14));
    wertecohb.setBackground(Color.black);
    wertecohb.setVisible(true);
    this.add(wertecohb, null);
    wertemethb.setBounds(new Rectangle((int) (1.5 * intmethb)+50, 78, 1,
14));
    wertemethb.setBackground(Color.black);
    wertemethb.setVisible(true);
    this.add(wertemethb, null);
    wertelaktat.setBounds(new Rectangle((int) (1.5 * intlaktat)+50, 108, 1,
14));
    wertelaktat.setBackground(Color.black);
    wertelaktat.setVisible(true);
    this.add(wertelaktat, null);

}

// Methode zu Beurteilung des Gesundheitszustandes
// Schwellerte werden definiert

```

```

void beurteilung (int icohb, int ilaktat)
{
    if (ilaktat <10)
    {beurteilungl = "HCN-Vergiftung \n\r unwahrscheinlich";}
    else
    {beurteilungl = "HCN-Intoxikation \n\r wahrscheinlich";}
    hcn =true;
    med="Natriumthiosulfat \n\r 25mg iv initial \r\n anschließend
500mg/kg KG ggf. 4-DMAP";
    }

    if (icohb <10)
    {beurteilungc = "CO-Intoxikation \r\n wenig wahrscheinlich";}
    else
    {beurteilungc = "CO-Intoxikation bewiesen";}
    co=true;
    med="Hyperbare\n\r Oxygenierung \n\r erwägen";}

    if (hcn&&co)

    {med="Cyanocobalamin \n\r (Cyanokit) 2*2,5g kein 4-DMAP";}

    System.out.println(beurteilungl);
    System.out.println(beurteilungc);
    System.out.println(med);

    beurteilunglaktat = beurteilungl;
    beurteilungcohb = beurteilungc;
    medikation=med;

    Diagnose.setEnabled(true);
    senden.setEnabled(true);
    beenden.setEnabled(true);
    }

    // Serial Port Listener

public class commListener implements SerialPortEventListener
{
    String nachricht = "";

    public void serialEvent(SerialPortEvent event)
    {

        // Überprüfung ob das Event durch ankommende Daten ausgelöst
wird

        if(event.getEventType()==SerialPortEvent.DATA_AVAILABLE)
        {

            // Erzeugung eines Lesebuffers

            byte[] readBuffer = new byte[20];
            String block = "";
            try {
                while (ins.available() > 0) {
                    int numBytes = ins.read(readBuffer);
                    String temp = new String(readBuffer, 0, numBytes);
                    block = block + temp;
                }
            }
            catch (IOException e) {

```

```

        System.out.println("Fehler beim COM Event"+e);
    }
    sammleTeilbloecke(block);
}
}

void sammleTeilbloecke(String block) {
    nachricht = nachricht + block;
    if (nachricht.endsWith("#")) {

        sersss.notifyOnDataAvailable(false);
        nachrichtteilen(nachricht);

        Analyse.setEnabled(true);
        senden.setVisible(true);
        String zustand="Datenübertragung beendet";
        boolean sichtbar=true;
        anzeigezustand(zustand, sichtbar);

    }
}
}

// Konstruktor

public Analysedaten(Document d, String Filename, String Dateiname)
{
    Speichername = Filename;
    Dname = Dateiname;
    document = d;

    addWindowListener( new WindowAdapter() {
        public void windowClosing ( WindowEvent e) {
            rahmenzu(); }
    });

    this.setSize(240,320);
    this.setResizable(false);
    this.setVisible(true);

    try
    {
        String zustand = ("Warten auf Daten");
        boolean sichtbar;
        jbInit();

    }
    catch(Exception e)
    {
        e.printStackTrace();
        {System.out.println("Fehler JBinit");}
    }
}

public void paint( Graphics g ) // Zeichnet Rechtecke Laborwerte
{
    g.setColor(Color.blue);
    g.fillRect(50,50,150,10);
    g.setColor(Color.red);
    g.fillRect(50,80,150,10);
    g.setColor(Color.yellow);
    g.fillRect(50,110,150,10);
    g.setColor(Color.black);
}

```

```

g.drawString("CO Hb:",5,60); // Bezeichnung des Balkens
g.drawString("Met Hb:",5,90);
g.drawString("Laktat:",5,120);

String zero ="0";
String hundert = "100%";

g.setFont(new Font(zero,Font.PLAIN,10));
g.setFont(new Font(hundert,Font.PLAIN,10));
g.drawString(zero+"%",50,68);
g.drawString(zero+"%",50,98);
g.drawString(zero,50,128);
g.drawString(hundert,175,68);
g.drawString(hundert,175,98);
}

private void jbInit() throws Exception
{
    Analyse.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 0, 10));
    Analyse.setLabel("Analyse");
    Analyse.setBounds(new Rectangle(18, 225, 78, 25));
    Analyse.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {

        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            Analyse_actionPerformed(e);
        }
    });

    this.setLayout(null);
    Diagnose.setBounds(new Rectangle(112, 224, 78, 25));
    Diagnose.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {

        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            Diagnose_actionPerformed(e);
        }
    });
    Diagnose.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 0, 10));
    Diagnose.setLabel("Diagnose");
    Diagnose.setEnabled(false);
    senden.setEnabled(false);

    beenden.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {

        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            beenden_actionPerformed(e);
        }
    });
    beenden.setBounds(new Rectangle(17, 259, 78, 25));
    beenden.setLabel("beenden");
    beenden.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 0, 10));
    beenden.setEnabled(false);

    senden.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            senden_actionPerformed(e);
        }
    });

    senden.setBounds(new Rectangle(112, 259, 78, 25));
    senden.setLabel("senden");

```



```

senden.setFont(new java.awt.Font("Dialog", 0, 10));
this.add(Analyse, null);
this.add(Diagnose, null);
this.add(beenden, null);
this.add(senden, null);
}

// Eventbehandlung Analysebutton gedrückt

void Analyse_actionPerformed(ActionEvent e) {

    String zustand="warten auf Daten";
    boolean sichtbar=true;
    anzeigezustand(zustand, sichtbar);
    Analyse.setEnabled(false);

    //Kommunikationsports identifizieren

    try{
        portID = CommPortIdentifizier.getPortIdentifizier("COM5");

        // Kommunikationsport in Besitz nehmen

        serss = (SerialPort) portID.open("Toxomat",1000);
        System.out.println(" port geoeffn ");
    }
    catch(Exception exc){System.out.println("Fehler COM nicht
frei?" +exc);}

    try {
        //Ausgabe Stream erzeugen

        ins = serss.getInputStream();

        //EventListener für empfangene Daten erzeugen

        serss.addEventListener(new commListener());
    }
    catch (Exception b) { System.out.println("kann COM Event nicht
erzeugen " +b);}
    serss.notifyOnDataAvailable(true);

    //Schnittstelle wird initialisiert

    try {serss.setSerialPortParams(115200,
                                   SerialPort.DATABITS_8,
                                   SerialPort.STOPBITS_1 ,
                                   SerialPort.PARITY_NONE);}
    catch (UnsupportedCommOperationException c)
    {System.out.println("Fehler Init serielle Schnittstelle");}
}

// Analysedaten werden zur vorhandene XML Datei hinzugefügt

void elementhinzu()
{
    Element XmlPatient = document.getRootElement();
    com.sun.java.util.collections.List list = XmlPatient.getContent();

    Element ncohb = (Element) list.get(5);
    ncohb.setText(CoHb);
    list.set(5, ncohb);
}

```

```

        Element nmethb = (Element) list.get(6);
        nmethb.setText(MetHb);
        list.set(6, nmethb);

        Element nlaktat = (Element) list.get(7);
        nlaktat.setText(Laktat);
        list.set(7, nlaktat);

        try {
            this.save();
        } catch (IOException ioe) {
        }

    }

public void save() throws IOException

    {
        XMLOutputter outputter = new XMLOutputter();
        FileWriter writer = new FileWriter(Speichername, false);
        outputter.output(document, writer);
        writer.close();
    }

    void Diagnose_actionPerformed(ActionEvent e) {

        DiagnoseundTherapie d = new
        DiagnoseundTherapie (beurteilunglaktat, beurteilungcohb, medikation);

    }

    void beenden_actionPerformed(ActionEvent e) {

        serss.close();
        elementehinzu();
        rahmenzu();
    }

    void senden_actionPerformed(ActionEvent e) {

        try {
            verbindung = new Socket(host, port);
        } catch (UnknownHostException uhe) {
            System.out.println("Fehler! Host existiert nicht.");
            System.exit(1);
        } catch (IOException ioe) {
            System.out.println("Fehler! Verbindung konnte nicht hergestellt
werden.");
            System.exit(1);
        }
        System.out.println("Verbindung steht.");
        elementehinzu();
        schickeDaten(Speichername, Dname);

    }
}

```

```

public void schickeDaten(String Speichername, String Dname) {
    PrintStream out = null;
    BufferedReader datei = null;
    try {
        datei = new BufferedReader(new FileReader(Speichername));
    } catch(FileNotFoundException fnfe) {
        System.out.println("Fehler! Datei nicht gefunden.");
        System.exit(1);
    }
    try {
        out = new PrintStream(verbindung.getOutputStream());
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Kann die Streams nicht verbinden.");
        System.exit(1);
    }
    System.out.println("Sende Dateinamen und -inhalt an Server.");
    try {
        out.println(Dname);
        String dummy = datei.readLine();
        while(dummy != null) {
            out.println(dummy);
            dummy = datei.readLine();
        }
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Uebertragung fehlgeschlagen.");
        System.exit(1);
    }
    System.out.println("Datei uebertragen, baue Verbindung zum Server
ab.");
    try {
        verbindung.close();
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Kann Verbindung nicht abbauen.");
        System.exit(1);
    }
}
}

```

Klasse DiagnoseundTherapie

```

package projekt_toxomat;

import java.awt.*;

public class DiagnoseundTherapie extends Frame {

    Label labelLaktat = new Label();
    Label labelCo = new Label();
    Label labelmedika = new Label();
    String Laktat;
    String Co;
    String Medikation;
}

```

```

public DiagnoseundTherapie(String la, String co, String med)

{

Laktat = la;
Co = co;
Medikation = med;

    try {
        jbInit();
    }
    catch(Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
private void jbInit() throws Exception {

    labelLaktat.setText(Laktat);
    labelLaktat.setBounds(new Rectangle(22, 32, 189, 61));
    this.setVisible(true);
    this.setTitle("DIagnose und Therapie");
    this.setResizable(false);
    this.setLayout(null);
    this.setSize(240,320);
    labelCo.setBounds(new Rectangle(21, 98, 189, 61));
    labelCo.setText(Co);
    labelmedika.setBounds(new Rectangle(24, 174, 189, 61));
    labelmedika.setText("Therapie: "+Medikation);
    this.add(labelCo, null);
    this.add(labelLaktat, null);
    this.add(labelmedika, null);
}
}

```

Klasse Server

```

// Die Klasse Server ist ein Eigenständiges Programm, welches nur die Daten
// vom Socket abholt und in das jeweilige Verzeichnis schreibt

```

```

import java.net.*;
import java.io.*;

public class Server {
    int port = 6666;
    protected ServerSocket ssocket;

    public Server() {
        try {
            ssocket = new ServerSocket(port);
        } catch(IOException ioe) {
            System.out.println("Fehler! Port konnte nicht geoeffnet
werden.");
            System.exit(1);
        }
    }
}

```

```

public void warten() {
    while (true) {
        try{
            Socket verbindung = ssocket.accept();
            holeDaten(verbindung);
        } catch(IOException ioe) {
            System.out.println("Fehler! Client konnte sich nicht
verbinden.");
            System.exit(1);
        }
    }
}

public void holeDaten(Socket verbindung) {
    BufferedReader in = null;
    FileWriter datei = null;
    String dateiname = null;
    String dummy;
    int laenge = 0;
    byte buffer[] = new byte[2048];
    try {
        in = new BufferedReader(new
InputStreamReader(verbindung.getInputStream()));
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Kann die Streams nicht verbinden.");
        System.exit(1);
    }
    System.out.println("Warte auf Dateinamen.");
    try {
        dateiname = in.readLine();
        try {
            datei = new FileWriter("C:/toxomat/" + dateiname, false);
        } catch(IOException ioe) {
            System.out.println("Fehler! Kann Datei nicht anlegen.");
            System.exit(1);
        }
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Kann Dateinamen nicht lesen.");
        System.exit(1);
    }
    System.out.println("Habe Dateinamen empfangen.");
    try {
        dummy = in.readLine();
        while (dummy != null) {
            datei.write(dummy);
            datei.write('\n');
            dummy= in.readLine();
        }
        datei.close();
    } catch(IOException ioe) {
        System.out.println("Fehler! Kann Daten nicht lesen.");
        System.exit(1);
    }
    System.out.println("Habe Daten empfangen und geschrieben.");
}

public static void main(String argv[]) {
    System.out.println("Testserver starten.");
    Server s = new Server();
    System.out.println("Warte auf Verbindungen ...");
    s.warten();
}
}

```

Klasse TableMain

```
import javax.swing.*;
import javax.swing.table.*;
import javax.swing.event.*;

import org.jdom.JDOMException;

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.util.*;
import java.util.Vector.*;

public class TableMain
{

    public static void main(String[] args)
    {
        JFrame frame = new JFrame();
        frame.setDefaultCloseOperation( JFrame.EXIT_ON_CLOSE );
        frame.pack();
        frame.setVisible( true );
    }

}

class MainFrame extends JFrame implements ActionListener
{
    JTable table;
    TestJdom xmlData = new TestJdom();

    public MainFrame()
    {
        super();
        table = new JTable(new XMLTableModel());

        getContentPane().setLayout(new BorderLayout());
        getContentPane().add(new JScrollPane(table),
BorderLayout.CENTER);
        JButton addButton = new JButton();
        addButton.addActionListener(this);
        addButton.setActionCommand("Aktualisieren");
        addButton.setText("Aktualisieren");
        getContentPane().add(addButton, BorderLayout.SOUTH);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e)
    {
        if (e.getActionCommand().equals("Aktualisieren"))
        {
            int allNumber = xmlData.getNumberOfData();
            Vector oldFileNameVector =
XMLTableModel.getOldFileNameVector();
            Vector allFileNameVector = new Vector();
            Vector newFileNameVector = new Vector();

```

```

        for(int i=0; i<allNumber; i++) {
            allFileNameVector.add(i, xmlData.getNameOfFile(i));
        }

        int counter = 0;

        for(int i=0; i<allNumber; i++) {
            String actualName =
(      (String)allFileNameVector.get(i);

            System.out.println(oldFileNameVector.contains(actualName));
            if(oldFileNameVector.contains(actualName)) {

                } else {
                    newFileNameVector.add(counter, actualName);
                    counter = counter + 1;
                }
            }

            for(int i=0; i<newFileNameVector.size(); i++) {
                Vector nextNewDataVector;
                String name = (String)newFileNameVector.get(i);
                try {
                    nextNewDataVector =
xmlData.getFileDataToVector(name);
                    String[] newData =
{ (String)nextNewDataVector.get(0), (String)nextNewDataVector.get(1),
(      (String)nextNewDataVector.get(2), (String)nextNewDataVector.get(3),
(      (String)nextNewDataVector.get(4), (String)nextNewDataVector.get(5));
                    XMLTableModel model =
(      (XMLTableModel)table.getModel());
                    model.data.addElement(newData);

                    model.fireTableRowsInserted(model.getRowCount(),
model.getRowCount());
                } catch (JDOMException je) {
                    }
            } //for
        } //if
    }
}

```

```

class XMLTableModel extends AbstractTableModel
{
    final String[] columnNames = {"Id", "Name, Vorname", "Geburtsdatum",
"Vorerkrankung(en)", "Laktat, MetHb, CoHb", "Triagekategorie"};

    final Vector data = new Vector();
    static Vector fileNameVector = new Vector();

    TestJdom xmlData = new TestJdom();

    public XMLTableModel()
    {

        int number = xmlData.getNumberOfData();

        for(int i=0; i<number; i++) {
            String name = xmlData.getNameOfFile(i);
            fileNameVector.add(i, name);
            Vector nextDataVector;

```

```

        try {
            nextDataVector = xmlData.getFileDataToVector(name);
            String[] nextData = {(String)nextDataVector.get(0),
            (String)nextDataVector.get(1), (String)nextDataVector.get(2),
            (String)nextDataVector.get(3), (String)nextDataVector.get(4),
            (String)nextDataVector.get(5)};
            data.addElement(nextData);
        } catch (JDOMException e) {
        }
    }
    System.out.println(fileNameVector.toString());

}

public int getColumnCount()
{
    return columnNames.length;
}

public int getRowCount()
{
    return data.size();
}

public Object getValueAt(int row, int col)
{
    String[] rowdata = (String[])data.elementAt(row);
    return rowdata[col];
}

public static Vector getOldFileNameVector() {
    return fileNameVector;
}
}

class DataTable extends JTable implements TableModelListener
{
    public DataTable(TableModel dm)
    {
        super(dm);
        dm.addTableModelListener(this);
    }

    public void tableChanged(TableModelEvent e)
    {
    }
}
}

```


Klasse TestJdom

```
import java.io.File;
import java.util.Iterator;
import java.util.List;
import java.util.Vector;

import javax.swing.filechooser.FileSystemView;

import org.jdom.input.*;
import org.jdom.Document;
import org.jdom.Element;
import org.jdom.*;

public class TestJdom {

    String fileName;

    public int getNumberOfData() {
        FileSystemView DateiSicht = FileSystemView.getFileSystemView();
        File pfad = new File("c:/toxomat/");
        File[] Dateien = DateiSicht.GetFiles(pfad, false);
        int number = Dateien.length;
        return number;
    }

    public String getNameOfFile(int i) {
        String name = new String();
        FileSystemView DateiSicht = FileSystemView.getFileSystemView();
        File pfad = new File("c:/toxomat/");
        File[] Dateien = DateiSicht.GetFiles(pfad, false);
        name = Dateien[i].toString();
        return name;
    }

    public Vector getFileDataToVector (String name) throws JDOMException
    {

        // alle Tagnamen in eine Liste einlesen
        SAXBuilder builder = new SAXBuilder();
        Document doc = builder.build(name);
        Element elm = doc.getRootElement();
        List elmList = elm.getContent();

        // Vector für die Elementinhalte
        Vector myVector = new Vector();
        int counter = 0;

        for (int i=0; i<elmList.size(); i++) {
            String tag = elmList.get(i).toString();
            System.out.println(""+tag);
            int lang = tag.length();
            if(tag.endsWith(">"]")){
                // Tag-String aus Liste muss zurechtgestutzt werden
                tag = tag.substring(11, lang-3);
            }
        }
    }
}
```

```

        // Was, wenn der Name kommt? Er soll in EIN Feld
geschrieben werden.
        if(tag.equals("Name")){
            Element nNameElm = elm.getChild("Name");
            Element vNameElm = elm.getChild("Vorname");
            String komplettName = new String();
            komplettName = nNameElm.getText() + ", " +
vNameElm.getText();

            myVector.add(counter, komplettName);
            counter = counter+1;
        } else {
            if(tag.equals("Vorname") | tag.equals("Name") |
tag.equals("CoHb") | tag.equals("MetHb") | tag.equals("Laktat")){
                System.out.println(tag + " entfällt");
            } else {
                Element tempElm = elm.getChild(""+tag);
                String temp = tempElm.getText();
                myVector.add(counter, temp);
                counter = counter+1;
            } //else
        } //else

        // Was, wenn die Laborwerte kommen?
        if(tag.equals("CoHb")) {
            Element cohbElm = elm.getChild("CoHb");
            Element methbElm = elm.getChild("MetHb");
            Element laktatElm = elm.getChild("Laktat");
            String cohbTemp = cohbElm.getText();
            String methbTemp = methbElm.getText();
            String laktatTemp = laktatElm.getText();
            String labJoin = new String();

            labJoin = cohbTemp +", "+ methbTemp + ", " +
laktatTemp + "";

            myVector.add(counter, labJoin);
            counter = counter+1;
        } //if

    } //if
} //for

return myVector;
}

/*public static void main (String[] args) throws JDOMException {

    SAXBuilder builder = new SAXBuilder();
    Document doc = builder.build(""+fileName);
    Element elm = doc.getRootElement();
    List elmList = elm.getContent();
    Iterator myIterator = elmList.iterator();
    for(int i=0; myIterator.hasNext(); i++) {
        System.out.println(myIterator.next().toString());
        // Element e = new Element(elmList.get(i).toString());
        Element patient = elm.getChild("Name");
        String patientName = patient.getText();
        System.out.println(""+patientName);
    }
}*/
}

```

6 Quellenverzeichnis

- [1] Bundesverwaltungsamt für Zivilschutz, gesehen am 02.10.02
<http://www.bzs.bund.de/index2.html>
- [2] Deutscher Feuerwehrverband, Todesursachen durch Feuer und Flammen (ICD-10 Pos.-Nr.X00-X09), gesehen am 04.10.02
<http://www.feuerwehrverband.org/presse/index.htm>
- [3] Allianz Versicherung, gesehen am 03.10.02
<http://www.allianz.de/>
- [4] Brandlehre, Gisbert Rodewald, 5. Auflage, W.Kohlhammer GmbH, Stuttgart 1998
- [5] Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden Band 25, K.Buff H.Greim, Bundesamt für Zivilschutz, Bonn 1997
- [6] Katastrophenmedizin, Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall, 2. Auflage, Bundesministerium des Innern, Berlin 2002
- [7] Fa. Orphan Europa, gesehen am 22.10.02
<http://www.orphan-europe.com>
- [8] Algorithmus Rauchgasexposition, , Dr. R. Spöri Bruchsal, Version 5/2001
- [9] Exposures to CO, HCN and their mixtures, Chaturvedi et al 1995
- [10] Vergiftungen, Inhalationsgase, Dr. Thomas Heyatz, gesehen am 16.10.02
www.coli.uni-sb.de/~haase/intox/06inha_f.htm
- [11] Exposition gegenüber chemischen Arbeitsumweltfaktoren, E. Münzberger, Universität Rostock - Medizinische Fakultät - Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, gesehen am 15.10.02
<http://www-ifam.med.uni-rostock.de/netlehr/indgifte.htm#Reizstoffe>
- [12] Taschenatlas der Toxikologie, Franz-Xaver Reichl, 2. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2002
- [13] Taschenatlas Rettungsdienst 3. Auflage, Böhmer, Merz et. Al. , R.Böhmer & Th. Merz Verlag, Mainz 2001
- [14] Notarzt, Praxis-Leitfaden. Behandlungsstrategien und Therapieschemata, Frank, Matthias, 2. Aufl., Schattauer Verlag 2002

- [15] Arbeit unter Einwirkung von Kohlenmonoxid, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM), Lübeck 1999
<http://www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/KohlMonox.htm>
- [16] Carbon monoxide in breath in relation to smoking and carboxyhaemoglobin levels, Nicholas et al, Thorax Magazine, 36, Seite 366-369, 1981
- [17] Cortison bei Reizgasinhalation, A. Lechleuthner(IfN), W. Steffens(Bayer AG), Institut für Notfallmedizin (IfN) der Stadt Köln, 1999
<http://www.stadt-koeln.de/feuerwehr/rettung/ifn/wissenschaft/artikel/00370/>
- [18] Merkblatt, Cyanwasserstoff-Blausäure-Cyanid, BG-Chemie , ZH1/129.1, Heidelberg 1989
- [19] Rauchgasintoxikationen, Focus auf CO, HCN, Reizgase, Dr. med. Dipl. Chem. R. Spörri, Fürst-Stirnum-Klinik Bruchsal
- [20] Pschyrembel, klinisches Wörterbuch, 259. Auflage, Gruyter Verlag 2001
- [21] Physiologie des Menschen, R.Schmidt, G.Thews, 26. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1995
- [22] Taschenatlas der Pathophysiologie, S.Silbernaql, F.Lang, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998
- [23] Statistisches Bundesamt Wiesbaden, gesehen am 07.10.02
www.stabu.de
- [24] Richtlinien für die Bewältigung von Schadensereignissen mit einer größeren Anzahl Verletzter oder Kranker, Bekanntmachung des Bayrisches Staatsministerium des Inneren, 1.September 1999 Nr.1, D4-2252.22-7
- [25] Neukonzeption der Abwehr von Großschadensereignissen im Land Nordrhein-Westfalen, Führungsstrukturen, Erlass des Ministeriums für Inneres und Justiz, II C 1 –2102, 21.12.1998
- [26] Handbuch für den Organisatorischen Leiter, U. Crespin, H. Peter, Stumpf & Kossendey mbH, Edeweicht 1996
- [27] Triage Of Fire Smoke Intoxicated Victims In A Disaster Situation, Nicolas Kirchner, Keikki Savolainen, The Internet Journal of Rescue and Disaster Medicin 2000
- [28] A Noninvasive Method For Rapid Diagnosis Of Carbon Monoxide Poisoning, C.Fife, G.Otto, S.Koch, M.Nguyen, G.Wilhelm, The Journal of Emergency and Intensive Care Medicine, Volume 5 Number 2, 2001
- [29] Medizintechnik, Verfahren, Systeme, Informationsverarbeitung, R. Kramme, 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg 2002

- [30] Mobilkommunikation, Jochen Schiller, Addison-Wesley Verlag, München 2000
- [31] Bluetooth, Connection Without Cables, J.Bray, C.Sturman, Prentice-Hall International London 2001
- [32] Offizielle Homepage der Bluetooth Mitglieder, gesehen am 23.10.02
www.bluetooth.org
- [33] Specification of the Bluetooth System, Profiles Version 1.1, Bluetooth SIG 2001
- [34] Diplomarbeit Claudius Moor:
Entwicklung einer drahtlosen Datenstrecke zur Übermittlung von medizinischen Messsignalen mittels Bluetooth Technologie, Universität Karlsruhe 2001
- [35] Specification of the Bluetooth System, Core Version 1.1, Bluetooth SIG 2001
- [36] Grundlagen der Telematik, Präsentation FH-Mannheim, Fachbereich Informatik
- [37] Bluetooth und IEEE802.11, Elektronik Revue 11, November 2002-11-28
- [38] Fa. National Semiconductor, gesehen am 29.10.02
www.national.com
- [39] Fa. CSR, gesehen am 28.10.02
<http://www.csr.com/products/qual-modules.htm>
- [40] Fa. Expansys, gesehen am 28.10.02
<http://www.expansys.com/product.asp?code=BL-510>
- [41] Fa. Wireless Futures, gesehen am 29.10.02
<http://www.wirelessfutures.co.uk/index.php?page=products>
- [42] Fa. BrainBoxes, gesehen am 24.10.02
http://www.brainboxes.com/downloads/datasheets/bluetooth/BL-510_RS232_Bluetooth_Adaptor.pdf
- [43] Bundesministerium des Inneren, gesehen am 28.10.02
http://www.bmi.bund.de/dokumente/Artikel/ix_73499.htm
http://www.bmi.bund.de/dokumente/Artikel/ix_49959.htm
- [44] Digitalfunk der BOS, Bundeskriminalamt, Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit, Dipl. Ing H. Saupp.
- [45] Einführung in Tetra, Janne Tervonen, Abteilung Informationstechnologie TH Helsinki, gesehen am 04.11.02
<http://www.intellectics.com/tetra.html>

- [46] Faktenblatt Tetra, Bundesamt für Kommunikation Schweiz, gesehen am 28.10.02
<http://www.bakom.ch/imperia/md/content/deutsch/telecomdienste/factsheets/1.pdf>
- [47] Tetra World, gesehen am 28.10.02
<http://www.tetramou.com/>
- [48] ETSI TS 100 392-3-2 Voice Data
ETSI TS 100 394-1 Tetra Radio
ETSI TS 100 392-7 Security
ETSI TS 300 393-1 PDO
ETSI EN 301 650 DECT Multimedia Access Profile DMAP
- [49] www.nokia.de, gesehen am 06.11.02
- [50] www.motorola.com, gesehen am 07.11.02
- [51] Pilotprojekt Digitalfunk, Aachen, gesehen am 28.10.02
http://www.pilotprojekt-digitalfunk-aachen.de/frame_start.htm
- [52] IDG Interactive GmbH, die alternative zu Bluetooth, gesehen am 04.11.02
<http://www.tecchannel.de>
- [53] DECT the Standard explained, gesehen am 27.10.02
<http://www.dect.ch/publicdocs/TechnicalDocument.PDF>
- [54] DECT Implementation in PCS, gesehen am 28.10.02
<http://fiddle.visc.vt.edu/courses/ee4984/Projects1997/lai.html>
- [55] PCS an RF Components, gesehen am 28.10.02
<http://www.amwireless.com/archives/1995/Spring1995/SP95-p10.pdf>
- [56] Telekommunikation für Profis, H.-J. Blank H. Janik, Markt und Technik Verlag GmbH, Haar bei München 1995
- [57] DECT-Funkübertragung, gesehen am 29.10.02
<http://home.tiscali.de/kozlik>
- [58] Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, gesehen am 28.10.02
www.regtp.de
- [59] DECT WEB, gesehen am 27.10.02
<http://www.dectweb.com/sitemap.htm>
- [60] Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen (IIS), gesehen am 30.10.02
<http://www.iis.fraunhofer.de>
- [61] ETSI EN 300 175-7 Security
ETSI EN 300 175-1 Overview
ETSI EN 301 650 DMAP

- [62] <http://www.data-unwired.com/index.htm>, gesehen am 04.11.02
http://www.panasonic.ch/d/TEP/_borders/Drahtlos%20verbunden.pdf, gesehen am 04.11.02
http://www.digitalconcept.de/shop/detewe_usb_dect_box.htm
<http://www.citde.net/shop/b83092.htm>
<http://www.scholz.ch/shop/hardware/enter.html?target=TelekomzApparateSiemens.html>
- [63] Bundesamt für Kommunikation, Schweiz, gesehen am 05.11.02
<http://www.bakom.ch/imperia/md/content/deutsch/telecomdienste/factsheets/10.pdf>
- [64] FH-Berlin, Vorlesungsskript Rechnernetze: Wireless LAN, WS01/02
- [65] WI-FI Alliance, gesehen am 01.11.02
<http://www.wirelessethernet.org/OpenSection/index.asp?TID=1>
- [66] IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, gesehen am 28.10.02
<http://www.ieee.org>
- [67] <http://www.80211-planet.com/>, gesehen am 29.10.02
- [68] Wireless LAN Association, gesehen am 28.10.02
<http://www.wlana.com/about/index.htm>
- [69] IEEE Standard 802.11 1997
 IEEE Standard 802.11 a 1999
 IEEE Standard 802.11 b 1999
- [70] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, gesehen am 25.10.02
<http://www.bsi.de/>
- [71] Fa. Pan Dacom Networking AG, gesehen am 24.10.02
http://www.pandacom.de/wirelesslan/Cisco_Aironet_Antennen_de_airoa_ds.pdf
 Fa. Sphinx Computer, gesehen am 25.10.02
<http://www.sphinxcomputer.de/pdf/1stwave/antennen.pdf>
- [72] Fa. 3COM, alle gesehen am 25.10.02
www.3com.de
 Fa. Proxim
www.proxim.com
 Fa. Symbol
www.symbol.com
- [73] GSM World, gesehen am 06.11.02
<http://www.gsmworld.com/index.shtml>
- [74] Das GSM-Funknetz, Eine Einführung in die Hochfrequenztechnik und den Funknetzaufbau bei GSM-Mobilfunknetzen, Technische Dokumentation Mannesmann Mobilfunk Version R4, Dezember 2000

- [75] Fa. Vodafone, gesehen am 06.11.02
www.vodafone.de
- [76] Studienarbeit „Einführung in Global System for Mobile Communication (GSM)“, S.Eglauf S.Frempong, Hochschule Rapperswil Schweiz 1999
<http://www.ita.hsr.ch/studienarbeiten/arbeiten/WS99/SIM-Toolkit/tutorialGSM.pdf>
- [77] Faktenblatt GSM, Bundesamt für Kommunikation Schweiz, Version 0.4 Mai 2001
<http://www.bakom.ch/imperia/md/content/deutsch/telecomdienste/factsheets/5.pdf>
- [78] Fa. IK Hochfrequenztechnik, gesehen am 08.10.02
www.ikhf.de
- [79] Fa. Radiometer, gesehen am 08.11.02
www.radiometer.de
- [80] Fa. Bayer, gesehen am 08.11.02
http://www.bayerdiag.com/index_flash.phtml
- [81] Fa. Roche, gesehen am 08.11.02
www.roche.de
- [82] Fa. Hewlett Packard / Fa. Compaq, gesehen am 12.11.02
<http://www.hewlett-packard.de>
- [83] Fa. Itronix, gesehen am 12.11.02
http://www.itronix.com/industry_solutions/geotechnical.asp
- [84] Fa. Casio, gesehen am 12.11.02
<http://www.casio-europe.com/de/produkte/>
- [85] Fa. Handspring, gesehen am 12.11.02
<http://www.handspring.com>
- [86] Fa. Sharp, gesehen am 12.11.02
<http://www.sharp.de/home.html>
- [87] Fa. Palm, gesehen am 12.11.02
<http://www.palm.com/de/>
- [88] Fa. Fujitsu Siemens Computer, gesehen am 13.11.02
<http://www.fujitsu-siemens.de/index.html>
- [89] Fa. Toshiba, gesehen am 12.11.02
<http://www.computer.toshiba.de>
- [90] Fa. Psion, gesehen am 13.11.02
<http://www.pSIONteklogix.de>

- [91] Fa. Arm Inc., gesehen am 13.11.02
<http://www.arm.com/>
- [92] <http://www.pocketpcaddict.com/article.php?sid=733>, gesehen am 12.11.02
- [93] <http://www.handhelds.org/>, gesehen am 20.11.02
<http://www.planetpenguin.org>
- [94] Fa. Microsoft, gesehen am 21.11.02
www.microsoft.de
- [95] <http://www.comp.lanacs.ac.uk/computing/users/fittond/ppcjava.html>,
gesehen am 22.11.02
- [96] Fa. Acer, gesehen am 25.11.02
<http://www.acer.de/vi/page74.jsp-9,,,,,,,,,,,,,0,0,,,1288478242.htm>
- [97] Tablet PC Magazine, gesehen am 22.11.02
http://www.pencomputing.com/frames/tablet_pc.html
- [98] Fa. Sony, gesehen am 25.11.02
http://www.sel.sony.com/SEL/consumer/ss5/home/vaio/desktopmodels/pcv-lx910_specs.shtml
- [99] Fa. IBM, gesehen am 28.11.02
<http://www.pc.ibm.com/de/thinkpad/index.html>
- [100] Taschenatlas der Physiologie, S.Silbernaql, A.Despopulus, 5. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2001
- [101] Rapid Estimation of Carboxyhemoglobin Level in Fire Fighters, R. Stewart et al, Jama Magazine, 235:390-392, 1976
- [102] Rapid Estimation of Carboxyhemoglobin by Breath Sampling in an Emergency Setting, T. Kurt, R. Anderson, G. Reed, Vet Hum Toxicol 32 (2), June 1990
- [103] Low cost carbon monoxide monitors in smoking assessment, M.Jarvis et al, Thorax 1986;41:886-887
- [104] Analytische Chemie: Georg Schwedt, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1995
- [105] Klinische Chemie: R. Richtenfeld, J.P. Colombo 4. Auflage, Karger Verlag, München 1978
- [106] Klinisch chemische Diagnostik, Gerhard Müller, Gustav Fischer Verlag, Jena 1993
- [107] Fa. Dräger, gesehen am 02.12.02
<http://www.Draeger.com>

- [108] Medizinische Elektronik: Eine Einführung, Josef Eichmeier, 3.Auflage, Springer-Verlag. Heidelberg 1997
- [109] Entwicklung von Dünnschicht Reaktionsröhrchen zur Bestimmung von Schefelwasserstoff, Chlor und Tetraethen, Dissertation, Torge Schwietz, Universität Wuppertal 2000
- [110] Gift-, Chemie-, und Brandunfälle, A.Rump, Schattauer Verlag, Stuttgart 1999
- [111] Physikalische Chemie für Chemisch-technische Assistenten, F. Bergler, 2. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 1991
- [112] Fa. Figaro USA Inc, gesehen am 03.12.02
<http://www.figarosensor.com/>
- [113] Fa. Bedfont Scientific LTD, gesehen am 02.12.02
www.bedfont.com
- [114] Fa. Wesser Informatik GmbH, gesehen am 06.12.02
<http://www.wesser.com/default.htm>
- [115] Datenbank-Programmierung, Andreas Herbolsheimer, Addison-Wesley, München 2002
- [116] Fa. SUN Microsystems, gesehen am 12.12.02
www.sun.de
- [117] Java Communications API Pocket PC/WinCE Driver, gesehen am 13.12.02
<http://www.teilo.net/software/CEJavaComm/?expand=/software/CEJavaComm>
- [118] RXTX Software, gesehen am 12.12.02
<http://www.frii.com/~jarvi/rxtx/>
- [119] Software COM-Port Terminal, Terminal v1.9b
<http://bray.velenje.cx/avr/terminal/>
- [120] Java ist auch eine Insel, Programmieren für die Java 2 Plattform in der Version 1.4, Christian Ullenboom, 2.Auflage, Galileo Press GmbH, Bonn 2002
- [121] <http://www.jdom.org/index.html>, gesehen am 08.01.03
- [122] Fa. Testo Gassensoren, gesehen am 04.02.03
http://www.testo.de/DE/de/lib/upload/mwml_1024397275015_1.pdf

- [123] Abhängigkeit der gemessenen Carboxyhämoglobinwerte vom Sättigungsgrad des Hämoglobins mit Sauerstoff, van Aken et al., Veröffentlichungen, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Universität Münster, 1999-2000
- [124] Rauchgasintoxikation, Möglichkeiten der Therapie mit Hilfe der Taucher-Dekompressionskammer, Dirk Kaltheier, Berufsfeuerwehr Frankfurt am Main, Deutsche-Feuerwehr-Zeitung 6/1995