

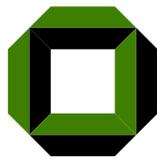
Intensivmonitoring
von
Langzeitpflegepatienten
in
häuslicher Umgebung

Studienarbeit

von

cand. el. Martin Braecklein

2002



INSTITUT FÜR
BIOMEDIZINISCHE TECHNIK
PROF. DR. RER. NAT. A. BOLZ
UNIVERSITÄT KARLSRUHE



FORSCHUNGSBEREICH
MEDIZINISCHE INFORMATIONSTECHNIK
FZI FORSCHUNGSZENTRUM INFORMATIK
KARLSRUHE

Betreuer: Dipl.-Inform. T. Bachmor,
Prof. Dr. rer. nat. A. Bolz

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Studienarbeit selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfsmittel angefertigt habe. Die verwendeten Literaturquellen sind im Literaturverzeichnis vollständig angegeben.

Karlsruhe, den 30.08.2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Grundlagen	9
2.1	Sozioökonomisches Umfeld	9
2.1.1	Vergleich zwischen dem Zuhause und dem Krankenhaus	9
2.1.2	Finanzielle Rahmenbedingungen	12
2.2	Technisches Umfeld	15
2.2.1	Hausnotruf	16
2.2.2	Intensivstation	18
3	Motivation	23
4	Indikationen	27
4.1	Indikationen im Bereich der Atmung	28
4.2	Indikationen im Bereich des Kreislaufes	35
5	Systemkonzept für die Intensivpflege in häuslicher Umgebung	39
5.1	Vorgehen	39
5.2	Konzept für das Basissystem	40
5.3	Systemerweiterungen	42
5.4	Systemgrenzen	46
6	Erste Schritte zur Realisierung des Basissystems	47
7	Zusammenfassung und Ausblick	51
	Literaturverzeichnis	53

Abbildungsverzeichnis

2.1	Verweildauer im Krankenhaus im internationalen Vergleich [Zan01]	13
5.1	Strukturdiagramm Basissystem	41
5.2	Strukturdiagramm des Systems mit Erweiterungen	45
6.1	Strukturdiagramm des Systems für den 4,5 jährigen Jungen	47
6.2	Bildschirmanzeige am Auswertungs-PC	48
6.3	Bildschirmanzeige am Auswertungs-PC mit Alarmen	49

Tabellenverzeichnis

2.1	Kosten eines Beatmungsbettes auf der Intensivstation für 24 Stunden [Edbb]	15
2.2	Kosten eines Überwachungsbettes auf der Intensivstation für 24 Stunden [Edbb]	15
2.3	Erweiterungen für den Hausnotruf	17
2.4	Physiologische Daten, die patientengetriggert zu einem Call-Center gesendet werden	18
2.5	Möglichkeiten des Patientenmonitorings auf der Intensivstation . .	19
5.1	Für die Auswertung interessante Parameter	42

1 Einleitung

Wo fühlt man sich am wohlsten?

Ohne zu zögern, antworten die meisten auf diese Frage „Zu Hause in der gewohnten und vertrauten Umgebung.“ Dem entsprechend will man im Krankheitsfall auch am liebsten zu Hause genesen. Jeder kennt diese unbestimmte Angst vor dem Krankenhaus. Um aber zu Hause die notwendige Sicherheit zu gewährleisten, muss in der häuslichen Umgebung eine Versorgungs- und Überwachungsmöglichkeit geschaffen werden. Dies kann im Moment von Pflegediensten nur durch einen sehr hohen Personalaufwand bewältigt werden.

Ziel dieser Studienarbeit ist es, eine Machbarkeitsstudie zu den Möglichkeiten eines Intensivmonitorings in häuslicher Umgebung zu erstellen. Grundlegende Idee dabei ist, Patienten in ihrer gewohnten häuslichen Umgebung „aus der Ferne“ medizinisch zu überwachen. Dabei soll ihnen die größt mögliche Sicherheit gegeben werden, so dass letztlich kaum ein Unterschied zu einer Krankenhausstation besteht. Somit können Patienten früher aus dem Krankenhaus entlassen werden oder auch Intensivpatienten in häuslicher Umgebung betreut werden, ohne dass 24 Stunden am Tag ein Pflegedienst vor Ort sein muss. Wie sich herausstellen wird, ist die Beschränkung auf langzeitstabile Patienten notwendig, um die Patientensicherheit zu gewährleisten und um den sinnvollen Einsatz des System zu ermöglichen. Diese Einschränkung macht deutlich, dass es sich nicht um ein System handelt, dass alles kann. Es muss sehr sorgfältig abgewogen werden, wann Patienten nach Hause entlassen werden können.

Auf den ersten Blick mag es so aussehen, dass dieses System ein weiterer Ansatz ist, um ganz schlicht und einfach die Kosten im Gesundheitswesen ohne Rücksicht auf den Patienten zu drosseln - eine Art „Gesundheitsdämpfung im Kostenwesen“. Dem ist aber nicht so. Ganz im Gegenteil: Der Patient wird in den Mittelpunkt gestellt und es wird analysiert, was seine Genesung beschleunigen kann. Andererseits kann man sich dem Kostenargument im deutschen Gesundheitswesen auch nicht ganz verschließen. Mit der Umkehrung der Alterspyramide ist hier noch mit einer Verschärfung der Situation zu rechnen. Deshalb wird man sich Gedanken machen müssen, wie Kosten gesenkt werden können ohne eine Verschlechterung der Situation der Patienten. Großbritannien ist ein Beispiel dafür, welche negativen Auswirkungen Einsparungen im Gesundheitswesen haben können. Dort sind z.B. die Wartezeiten auf Operationen so lang, dass die Patienten sich im Ausland operieren lassen und die Krankenkassen dies

Einleitung

sogar bezahlen. Soweit sollte es in Deutschland nicht kommen. Um dies aber zu verhindern, muss man sich überlegen, wo Geld sinnvoll eingespart werden kann. Die moderne Technik kann hier sehr von Nutzen sein. Der in dieser Studienarbeit beschriebene Ansatz wird zeigen, dass dies nicht im Sinne von „Apparatemedizin“ gemeint ist. Ganz im Gegenteil geht es darum, den Patienten die nötige menschliche Zuwendung zu geben, die sie in ihrem Zuhause erfahren.

In Kapitel 2 wird das aktuelle Umfeld, in das sich die häusliche Intensivpflege einpassen würde, genauer untersucht. Dabei werden sowohl die verschiedenen Ebenen eines Zuhauses analysiert, als auch die Situation des Patienten im Krankenhaus. Ebenso werden das ökonomische und technische Umfeld betrachtet. Zwei Beispiele für Patienten, die bereits jetzt unter zum Teil recht schwierigen Bedingungen als Intensivpatienten zu Hause leben, werden in Kapitel 3 als Motivation aufgeführt. Kapitel 4 gibt eine Reihe von möglichen Indikationen, bei denen ein System zur häuslichen Intensivpflege eingesetzt werden könnte. Dieses System wird dann in Kapitel 5 beschrieben.

Im Zuge dieser Machbarkeitsstudie konnte auch schon ein Teil des Systems realisiert werden. Dies wird in Kapitel 6 dargestellt. Zum Schluss werden in Kapitel 7 die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf die Weiterführung des Projektes gegeben.

An dieser Stelle möchte ich mich bei den externen Partnern und den Mitarbeitern des MIT für ihre Unterstützung bedanken. Besonderer Dank gilt:

- Herrn Huber von der Firma Pflegeprofi24 für die Herstellung des Kontaktes zu dem viereinhalb jährigen Patienten und dessen Eltern;
- den Eltern für das geduldige Beantworten meiner Fragen und die Bereitschaft mit uns zusammenzuarbeiten;
- Nina Dorizzi für die große Bereitschaft mir zu ihrer Situation Auskunft zu geben;
- dem Deutschen Rotem Kreuz, Kreisverband Karlsruhe e.V. für einen sehr informativen Abend auf der Leitstelle;
- Herrn Kohl von der Firma Vitalaire für das zur Verfügung stellen eines Helia-Beatmungsgerätes;
- Stephanie Sauer für die medizinischen Tips;
- Jürgen Schöchlin (MIT), der die grundlegende Idee für die häusliche Intensivpflege hatte;
- Tobias Bachmor (MIT), der, als mein Betreuer, unzählige Fragen über sich ergehen ließ und auch bei meiner Ausarbeitung viel Geduld aufbrachte;
- den vielen ungenannten Helfern, die zu dem Gelingen meiner Studienarbeit beigetragen haben.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird ein grundlegender Vergleich der Situation des Patienten zu Hause und im Krankenhaus erstellt. Dabei wird sowohl die Situation der Patienten analysiert, als auch die aktuellen medizintechnischen Möglichkeiten. Da das ökonomische Denken im Gesundheitswesen immer mehr an Bedeutung gewinnt, werden auch die finanziellen Rahmenbedingungen untersucht.

2.1 Sozioökonomisches Umfeld

In diesem Abschnitt wird zunächst die psychologische Situation des Patienten betrachtet. Es ist „common sense“, dass der Patient sich zu Hause wohler fühlt als im Krankenhaus. Aber warum ist das so? Dieser Frage wird im Abschnitt **2.1.1** *Vergleich zwischen dem Zuhause und dem Krankenhaus* nachgegangen.

Im Abschnitt **2.1.2** *Finanzielle Rahmenbedingungen* wird auf die Finanzierung der Gesundheitsversorgung in Deutschland eingegangen. Dabei steht die in Deutschland für das Jahr 2003 geplante Umstellung der Finanzierung der Krankenhäuser nicht mehr nach Krankenhausliegetagen, sondern nach Fallpauschalen im Vordergrund. Dies wird große Veränderungen im Gesundheitssystem zur Folge haben.

2.1.1 Vergleich zwischen dem Zuhause und dem Krankenhaus

Unbestritten ist die Tatsache, dass jeder Mensch - also auch der Patient - sich zu Hause am wohlsten fühlt. Wenn bei der Frage nach dem Warum zunächst verschiedene Synonyme für das „Zuhause“, wie Heimat, Nest, die eigenen vier Wände, Domizil, Heim, Wohnung, Herd, Elternhaus, Geburtsort, Daheim, privates Reich, Dach über dem Kopf,... betrachtet werden, so erkennt man, dass der Begriff ganz verschiedene Aspekte beinhaltet, die zum Teil stark emotional geprägt sind. Sie lassen sich unter drei Oberbegriffe subsumieren:

- Sicherheit
- Komfort
- Zugehörigkeitsgefühl

Sicherheit

Bei der Sicherheit geht es zunächst, um die rein physische Sicherheit zu überleben, d.h. Essen, Trinken, Schlafen, ein Dach über dem Kopf. Gleichzeitig beinhaltet dieser Begriff auch das Gefühl, sicher vor Angriffen jeglicher Art zu sein. Man ist sicher vor Verwundungen physischer, psychischer und emotioneller Art. Zu Hause braucht man nicht den alltäglichen Behauptungskampf zu führen. In diesem Sinne umfasst die Sicherheit die unteren zwei der fünf Ebenen der Maslow'schen Bedürfnispyramide, „physiological essentials“ und „safety“ [Mas54].

Komfort

Komfort ist eine Erleichterung des Lebens. Er erzeugt ein Gefühl der Zufriedenheit. Dies erhalten wir durch persönliche Freiräume, Privatsphäre und die gewohnte Umgebung, die man sich selbst nach dem persönlichen Geschmack gestaltet hat. Man kennt alle Ecken, Kanten, Gerüche und Geräusche. Je nach Sauberkeitsempfinden wird mehr oder auch weniger aufgeräumt, so dass man sich wohl fühlt. Man hat die Freiheit zu tun, was man will. Ein weiteres Element in diesem Bereich ist auch die Qualität des Essens, die man selbst bestimmt. Dies alles erzeugt eine vertraute, friedliche Atmosphäre. Zu Hause kann man seine physischen, psychischen oder mentalen Wunden heilen lassen.

Zugehörigkeitsgefühl

Dazu trägt auch das Zugehörigkeitsgefühl bei, das für die guten Beziehungen und die familiäre Atmosphäre steht. Zu Hause ist man in alle Aktivitäten integriert. Die eigene Stellung ist definiert und man erhält Wertschätzung und Anerkennung. Das sehr wichtige Gefühl, geliebt und gebraucht zu werden, wird einem wie selbstverständlich vermittelt. Wenn es einem mal schlecht geht, weiß man sich umsorgt und unterstützt. Zum Zugehörigkeitsgefühl zählen ebenso die ganzen positiven Erinnerungen an vergangene Zeiten an diesem Ort und die Hoffnungen und Träume für die Zukunft.

Damit sind die nächsten beiden Ebenen der Maslow'schen Bedürfnispyramide - „love and belongingness“ und „self-esteem and group-esteem as well as ego-needs“ - erfüllt und es herrschen optimale Verhältnisse zur Selbstverwirklichung (der höchsten Ebene der Bedürfnispyramide) zumindest im häuslichen Bereich.

Natürlich sind die einzelnen Begriffe nicht so klar zu trennen, wie es hier in diesem Gliederungsversuch dargestellt ist. Ganz im Gegenteil greift der eine in den anderen und erst das Ganze erzeugt das „Zuhause“, einen ganz persönlichen Ort, wo man in Geborgenheit lebt und sich erholen kann.

Im direkten Gegensatz zu dieser häuslichen Atmosphäre steht das Krankenhaus. Auch wenn hier objektiv eine hohe Sicherheit für den Patienten gewährleistet ist, so empfindet er subjektiv seine Sicherheit als stark eingeschränkt. Er ist

2.1 Sozioökonomisches Umfeld

krank, also physisch gefährdet. Der Patient spürt dies, aber kann es nicht so recht begreifen. Jahrelang hat sein Körper optimal funktioniert und auf einmal stimmt etwas nicht mehr. Der Patient fühlt sich verunsichert. Zusätzlich ist er von vielen unbekanntem Geräten abhängig, die auch noch dann und wann scheinbar ohne Grund sehr unangenehme Alarmgeräusche abgeben und eine Gefahr signalisieren. Dies trägt ebenso wie allein die Größe der komplexen Gebäude im Krankenhaus zur Verunsicherung bei. Wer schon einmal versucht hat, eine bestimmte Station im Krankenhaus zu finden, weiß, wie verwirrend die Ganglabirynthe sein können.

Hinzu kommt die Unsicherheit, dass der Patient nicht weiß, wie es mit ihm weitergeht. Er hat Angst vor Verzicht auf Lebensqualität, vor den Reaktionen der Angehörigen - besonders des Lebenspartners - und vor Verlust der sozialen und beruflichen Gruppenzugehörigkeit. Neben dieser Zukunftsunsicherheit ist auch der Komfort stark eingeschränkt. Die Bewegungsfreiheit ist reduziert und die Umgebung ist meist so unpersönlich und steril, dass man sich nicht wohl fühlen kann. Sie wird als kalt, unpersönlich und physisch unangenehm empfunden. Eine Privatsphäre ist praktisch nicht vorhanden, besonders wenn man bei der Körperpflege auf Hilfe angewiesen ist. Über die Qualität des Essen kann man auch streiten.

Die große Betriebsamkeit auf einer Intensivstation kann schnell zu Belastung werden. Selbst nachts herrscht keine Ruhe, so dass es zu Schlafmangel mit den entsprechenden Stressfolgen kommt. Besonders belastend ist es, wenn der Zimmernachbar reanimiert werden muss. Da wird dem Patienten direkt vor Augen geführt, wie gefährlich seine augenblickliche Situation ist. Hinzu kommt, dass ein ständiges Kommen und Gehen herrscht. Die Patienten wechseln alle paar Tage. Da ist es schwierig, für jeden eine individuelle Atmosphäre zu schaffen. Durch das Schichtsystem findet ein häufiger Personalwechsel statt, so dass sich der Patient alle paar Stunden an andere Pflegekräfte gewöhnen muss. All dies erzeugt eine Unruhe, die sich schnell auf den Patienten überträgt.

Ein komplexes Thema sind die Kontakte des Patienten. Die Kommunikation zwischen Arzt und Patient ist oft schon durch die Fachsprache des Arztes sehr schwierig. Selbst wenn er sich bemüht, dem Patienten gegenüber die Umgangssprache zu verwenden, so wird er doch bei der Visite mit seinen Kollegen wieder in die Fachsprache verfallen. Der Patient fühlt sich dadurch übergangen, nicht mehr ernst genommen. Dies verstärkt das Empfinden, nicht in die Abläufe eingebunden zu sein, sondern ein Fall zu sein, der erledigt werden muss. Hinzu kommt, dass der Arzt oft nur wenig Zeit hat, sich mit dem Patienten zu beschäftigen. Dies gilt auf der Normalstation auch für die Schwestern und Pfleger, die hier zu dritt oder zu viert 20 oder mehr Patienten versorgen müssen. Ein Gefühl des Vertrauens und des Beachtet-Werdens für den Patienten zu erzeugen, ist unter solchen Bedingungen sehr schwierig. In der Literatur wird in Zusammenhang mit all den Problemen vom „Intensive-Care-Syndrom“ [McK66] gesprochen.

Die Krankenhäuser versuchen hier Abhilfe zu schaffen, indem z.B. die Stationen farbiger gestaltet werden, durch bunte Anstriche und Bilder wohnlicher

gemacht werden. Auch wird das Personal speziell im Umgang mit den Patienten geschult. Ziel ist es, eine angenehme Atmosphäre zu erzeugen. In diesem Bereich sind viele Erfolge zu beobachten, aber leider geraten die Krankenhäuser durch die begrenzte Personalstärke, die technischen Notwendigkeiten oder die geringen finanziellen Ressourcen schnell an die Grenzen ihrer Möglichkeiten.

Grundlegend kann festgehalten werden, dass Patienten aufgrund ihrer psychischen Situation zu Hause besser aufgehoben sind als im Krankenhaus, wenn zu Hause auch die medizinische Sicherheit und Versorgung gewährleistet ist. Dies bedeutet deutlich bessere Voraussetzungen für eine Heilung und Genesung. Es ist bekannt, dass die Psyche gerade im Krankheitsfall stark auf die physische Situation rückkoppelt. Dies wird schon daran deutlich, dass frühgeborene Kinder deutlich früher von der Neugeborenenintensivstation entlassen werden können, wenn sie regelmäßig extra körperliche Zuwendung erhalten [Fie86].

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, dass bei einigen Patienten die häusliche Umgebung so zerstört ist, dass sie sich im Krankenhaus wohler fühlen als zu Hause. Dies gilt besonders für ältere Menschen, die zu Hause kaum noch zurechtkommen und trotzdem alleine leben. Bei diesen Menschen ist Sicherheit nicht mehr gegeben und auch das Gefühl des Dazugehörens ist nicht mehr vorhanden. Sie gehen dann lieber ins Krankenhaus, wo sich wenigstens ab und zu jemand um sie kümmert.

2.1.2 Finanzielle Rahmenbedingungen

Früher wurde die Medizin allein durch die Erkenntnisse, die Fertigkeiten der Ärzte und die technischen Möglichkeiten begrenzt. Mit der rasanten Entwicklung der Medizin nach der Entdeckung der Narkose 1846 durch den Zahnarzt Dr. Morton in Boston hat sich eine andere Frage immer mehr in den Vordergrund gedrängt. Was ist eine Gesellschaft bereit, für die medizinische Versorgung zu bezahlen?

Inzwischen ist es unbestritten, dass das deutsche Gesundheitssystem zu teuer ist. Schon in den letzten Jahren wurden zahlreiche Kostendämpfungsgesetze verabschiedet. Trotzdem sind die Kosten im Zeitraum von 1992 bis 1997 um 24,5 % [Leb] gestiegen und haben sich damit weit über dem Grundlohn entwickelt. Im März 2001 hat der Sachverständigenrat für die „Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen“ eine mittelmäßige Versorgung bei hohen Kosten diagnostiziert [Sac01]. Offensichtlich arbeiten viele deutsche Krankenhäuser äußerst ineffizient, was sich im internationalen Vergleich bestätigt. Deutschland nimmt bei den Pro-Kopf-Gesundheitsausgaben 1997 auf der Grundlage von Kaufkraftparitäten den 3. Platz in den OECD-Ländern ein, aber nur eine hintere Position bei den Werten für die Lebenserwartung im Jahre 1996. In Deutschland kommen 70 Krankenhausbetten auf 10 000 Einwohner, die USA kommt mit der Hälfte aus. Ebenso ist die Verweildauer im Krankenhaus im internationalen Vergleich sehr hoch (s. Abb. 2.1), auch wenn sie bis zum Jahr 2000 schon auf 10,1 Tage [Sta01] gesunken ist. Nach einer Studie der Unternehmensberatung Arthur Andersen [And99] wer-

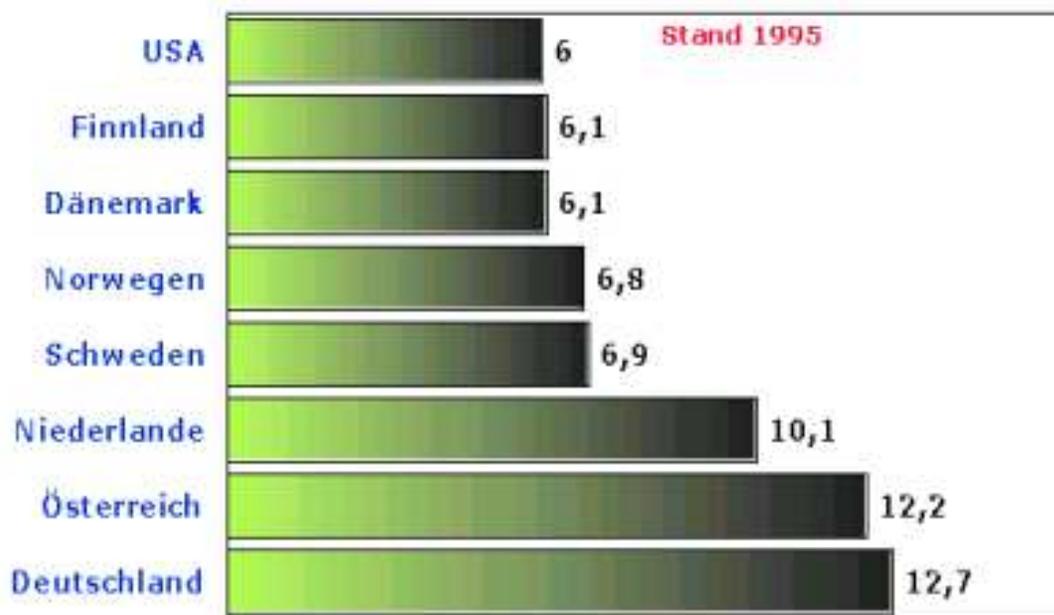


Abbildung 2.1: Verweildauer im Krankenhaus im internationalen Vergleich [Zan01]

den sich 500 von 2200 Krankenhäusern bis zum Jahr 2015 nicht mehr finanzieren können.

Deshalb hat der Gesetzgeber mit dem *Gesundheitsreformgesetz 2000*¹ die Einführung eines neuen Vergütungssystems beschlossen. Zukünftig sollen die Krankenkassen nicht mehr für belegte Betten bezahlen, sondern nur noch für einzelne Diagnosen nach dem System der „Diagnosis Related Groups“ (DRG). Die Selbstverwaltung, bestehend aus Spitzenverbänden der Krankenkassen, dem Verband der privaten Krankenversicherung und der Deutschen Krankenhausgesellschaft, hat sich darauf geeinigt, die australischen AR-DRGs (Australien Refined DRGs) als Patientenklassifikationssystem einzusetzen.

1975 hat Prof. Fetter die DRGs an der Yale-Universität entwickelt. Inzwischen gibt es weltweit ganz unterschiedliche Systeme. Die Idee des Systems ist es, Patienten unter verschiedenen Voraussetzungen zu klassifizieren. Diese Klassifikation kann dann u.a. als Vergütungsinstrument für ein Fallpauschalensystem eingesetzt werden. Die AR-DRGs gibt es seit Anfang der neunziger Jahre. Es hat in der Version 4.1, die für das deutsche DRG System (GR-DRG) zugrunde gelegt wird, 661 verschiedene Diagnosefallgruppen. In der Selbstverwaltung hat man sich darauf geeinigt, dass die deutsche Version maximal 800 enthalten soll. Hinzu kommen noch Prozeduren, worunter man medizinische Tätigkeiten von der klinischen Untersuchung bis hin zu Durchführung eines EEGs versteht. Da-

¹Das *Gesundheitsreformgesetz 2000* wurde endgültig am 1. März 2002 im Bundesrat beschlossen [Bun02]

Grundlagen

von gibt es erheblich mehr (7600 bei den AR-DRGs), was bei der Differenzierung hilft. So wird die Implantation eines Einkammerherzschrittmachers einer anderen Prozedur zugeordnet als die eines Mehrkammerherzschrittmachers, was auch sinnvoll ist, da die Operationen zwar nahezu identisch sind, aber die Schrittmacher verschieden teuer sind. Mit der Zuordnung zu verschiedenen Prozeduren gibt es unterschiedlich viel Geld für das Krankenhaus. An diesem Beispiel wird deutlich, wie schwierig die Definition der einzelnen Diagnosefallgruppen und Prozeduren ist. Diese Definitionen, die Kostenzuordnung und die Regeln, die gewährleisten, dass ein bestimmter Patient überall in Deutschland der gleichen Gruppe zugeordnet wird, sollen bis Ende 2002 fertig gestellt sein. Dies erlaubt die Einführung des deutschen DRG Systems 2003 auf freiwilliger Basis und 2004 verpflichtend [Pre02]. In beiden Fällen wird es zunächst zur Absicherung der Einführungsrisiken budgetneutral sein, d.h. es wird zwar nach Diagnosefallgruppen abgerechnet, die wirtschaftliche Situation der Krankenhäuser wird jedoch weitestgehend noch von den nach herkömmlicher Methode vereinbarten Krankenhausbudgets bestimmt. In den Jahren 2005 und 2006 erfolgt eine stufenweise Heranführung der Fallpauschalenpreise an das landesweite Preisniveau, so dass zum 1. Januar 2007 die Leistungen aller Krankenhäuser grundsätzlich gleich vergütet werden. Durch diese Übergangsregelung sollen mögliche Probleme, die erst bei Anwendung des Systems auftreten, abgefangen werden.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass die Bundesländer immer mehr von der Idee abrücken, dass das Gesundheitssystem nicht von ökonomischen Überlegungen bestimmt werden soll. Durch Reduktion der Planbetten in den Krankenhausplänen forcieren sie seit Jahren schon einen Bettenabbau. Dies führt ebenso wie der Rückzug der öffentlichen Krankenhausträger zu einem verschärften Wettbewerb und verstärktem ökonomischen Denken. Zusammen mit der Tatsache, dass den Krankenhäusern nur noch eine Fallpauschale statt der Pauschale für belegte Betten gezahlt wird, folgt, dass die Verweildauer im Krankenhaus sich dem internationalen Niveau anpassen wird. Dabei wird klar, dass die Krankenhäuser ein großes finanzielles Interesse haben werden, Patienten möglichst früh nach Hause oder in Pflegeheime zu entlassen. Damit kommt eine große Aufgabe auf den ambulanten Bereich zu, der dieser kommenden Flut an Patienten im Moment weder quantitativ noch qualitativ gewachsen ist.

Wenn man die finanzielle Situation im Krankenhaus betrachtet, stellt sich auch die Frage nach den tatsächlichen Kosten im Bereich der Intensivpflege. Die Beantwortung dieser Frage fällt schwer, da es kaum Studien zu den Kosten eines Intensivbettes in Abhängigkeit von individuellen Patienten gibt. Deshalb muss hier auf internationale Studien zurückgegriffen werden. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Kosten und der Heterogenität der Patienten auf einer Intensivstation müssen immer Vereinfachungen vorgenommen werden, die die Aussagekraft der Ergebnisse mindern. Relativ detaillierte Studien sind zu dem Ergebnis gekommen, dass die Kosten in einem sehr breiten Band zwischen \$485 und \$12.952

Arzt	\$472,18
Pflege (Basispflege, Behandlung Administration, Pflegepersonal, Reinigung)	\$340,21
Verbrauchsartikel und Zusatzkosten (Gas, Elektrizität, Verbandsmaterial, Lagerungskosten)	\$568,67
Summe	\$1.381,06

Tabelle 2.1: Kosten eines Beatmungsbettes auf der Intensivstation für 24 Stunden [Edbb]

Arzt	\$236,09
Pflege (Basispflege, Behandlung Administration, Pflegepersonal, Reinigung)	\$192,79
Verbrauchsartikel und Zusatzkosten (Gas, Elektrizität, Verbandsmaterial, Lagerungskosten)	\$214,44
Summe	\$643,32

Tabelle 2.2: Kosten eines Überwachungsbettes auf der Intensivstation für 24 Stunden [Edbb]

[Edbb] variieren. Als Anhaltspunkt für die Jahreskosten eines Intensivbettes gibt Dr. Edbrooke u.a. \$300.000 bis \$450.000 [Edbb] an. Davon entfallen 54,9% auf Personalkosten, wie eine andere Studie in Großbritannien [Edba] gezeigt hat. Diese Größenordnung wird von weiteren Studien bestätigt (z.B. [Gil91]). Die Tabellen 2.1 und 2.2 zeigen die täglichen Kosten und eine grobe Aufteilung für ein Beatmungsbett und ein Monitoringbett auf der Intensivstation.

Bei der Betrachtung dieser Daten wird schnell klar, dass hier tatsächlich ein großes Einsparpotential vorliegt, wenn man Patienten zu Hause beatmen oder überwachen könnte. Bedingung ist aber, dass nicht ständig eine Pflegekraft vor Ort sein muss, da sonst die entscheidenden Kosten im Personalbereich nicht reduziert werden können.

2.2 Technisches Umfeld

In diesem Abschnitt wird auf den augenblicklichen Stand der Intensivpflege und der häuslichen medizinischen Pflege eingegangen. Dabei soll die Technik im Vordergrund stehen.

Grundlegend ist in technischer Hinsicht klar zwischen häuslicher Pflege und

Grundlagen

Intensivpflege zu unterscheiden. Bis jetzt sind keine Beispiele zu finden, wo Intensivpflege in häuslicher Umgebung durchgeführt wird, wenn man von einigen Heimbeatmungen absieht. In diesen Fällen sind es meist die Angehörigen, die sich intensiv darum bemühen, den Patienten aus der sterilen Umgebung im Krankenhaus in die gewohnte häusliche Umgebung zu holen. Entsprechend ist der Grad der Komplexität der verfügbaren Technik in diesem Bereich äußerst gering. Gerade Deutschland liegt im Vergleich zu den USA, Israel oder den skandinavischen Ländern zurück. In diesen Ländern ist der Homecarebereich aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte und der daraus resultierenden großen Entfernungen zu Krankenhäusern in den letzten Jahren enorm gewachsen. Der Homecarebereich hat sich dort an die technischen Möglichkeiten angepasst. Dagegen ist in Deutschland nur im Low-Level-Bereich eine breite Palette an technischer Unterstützung zu finden. Dieser Bereich wird hier unter dem Begriff *Hausnotruf* zusammengefasst.

Auf den Intensivstationen der Krankenhäuser hat sich dagegen eine Technik auf dem höchsten Niveau etabliert. Hier kann man schon fast von einer Rundumversorgung durch technische Geräte sprechen, die den Schwestern und Pflegern in vielen Situationen behilflich sind.

Dieses Kapitel wird den Stand der Technik in beiden Bereichen, vor dem Hintergrund des Remotemonitoring und der Remoteversorgung beleuchten.

2.2.1 Hausnotruf

Der Hausnotruf ist ein sehr weit verbreitetes System. Es bietet Sicherheit rund um die Uhr in den eigenen vier Wänden. Der Hausnotruf ist ideal für Personen, die eigentlich selbstständig sind, aber Angst vor möglichen Unfällen oder Schwächeanfällen haben, bei denen sie sich nicht mehr alleine helfen können. Für diese Fälle werden sie mit einem kleinen Alarmsender ausgestattet, den sie am Handgelenk wie eine Uhr oder um den Hals tragen. Im Notfall reicht es, einen Knopf am Sender zu drücken. Dieser sendet ein Hochfrequenzsignal (433 MHz oder 469 MHz bzw. in Zukunft 869 MHz [Tel01]) aus, welches von einer Zentralstation in der Wohnung empfangen wird. Die Reichweite des Senders ist verschieden und geht nach Herstellerangaben bis zu 250 Meter [Tel01]. Die Zentralstation ist mit dem Telefon verbunden. Bei Aktivierung beendet sie automatisch eine möglicherweise bestehende Telefonverbindung und ruft eine vorprogrammierte Nummer bei einem beliebigen Call Center oder auch Angehörigen oder Nachbarn an. Zu diesen Personen besteht dann eine Sprechverbindung, so dass im Notfall der Rettungsdienst oder Betreuer von der angerufenen Person alarmiert werden kann. Entscheidend für dieses System ist, dass der Patient im Notfall selber aktiv werden muss. Dieser patientengetriggerte Alarm ist eines der Hauptmerkmale des Hausnotrufes. Ein weiteres Hauptmerkmal ist, dass nur eine temporäre Verbindung zum Call-Center besteht, d.h. nach Klärung der Situation wird die Verbindung getrennt.

Rauchmelder	gibt bei Rauchentwicklung Alarm
Passivalarm	gibt Alarm, wenn sich der Patient eine bestimmte Zeit nicht bewegt
Türwächteralarm	gibt Alarm, wenn der Patient das Zimmer verläßt
Bettalarm	gibt Alarm, wenn der Patient das Bett verläßt
Einbruchalarm	gibt bei Einbruch Alarm
Tür-/Liftphone	stellt Sprechverbindung zur Tür/zum Lift her
Türöffner	erlaubt es dem Call-Center die Wohnungs- oder Haustür beim Patienten zu öffnen
Medikamentenspender	gibt die Medikamente zur richtigen Zeit mit einem Erinnerungssignal frei

Tabelle 2.3: Erweiterungen für den Hausnotruf

Der grundlegende Hausnotruf kann durch viele Geräte, die am Markt sind, erweitert werden. Einige davon sind in Tabelle 2.3 zusammengestellt.

Neben diesen Anwendungen soll hier unter Hausnotruf auch das häusliche Monitoring mit technischen Geräten verstanden werden. Hierbei legt der Patient sich meist ein mal am Tag selbst die medizinischen Geräte an, ermittelt die physiologischen Werte (vgl. Tab. 2.4), die zunächst zwischengespeichert werden. Anschließend oder zu einem festgelegten Zeitpunkt werden die Daten über die Telefonleitung an ein Call-Center gesendet. Falls die Werte bis zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht vorliegen, kann der Patient vom Call-Center telefonisch erinnert werden. Dabei kommen sowohl die analoge Übertragung als auch die Übertragung über ISDN in Frage.

Das Call-Center sammelt die Daten und wertet sie aus oder stellt sie dem Hausarzt zur Verfügung. Bei Verschlechterung des Gesundheitszustandes des Patienten werden vom Arzt die notwendigen Schritte eingeleitet.

Alternativ kann der Patient das medizinische Gerät (z.B. EKG) dauerhaft tragen. Bei auftretenden Beschwerden aktiviert er die Sendeeinheit, die entweder via Funk, Feststation und Telefonleitung oder über GSM Kontakt zu einem Call Center herstellt. Dieses entscheidet anhand der Daten und der vorliegenden Patientengeschichte, welche Maßnahmen eingeleitet werden müssen. Zur Lokalisierung kann in das medizinische Gerät auch ein GPS Empfänger eingebaut sein, wie z.B. bei dem Herz Handy der Firma Vitaphone [Vit01]. Solche Systeme sind

EKG	Temperatur
RR	Blutglukose
SpO ₂	...
Gewicht	

Tabelle 2.4: Physiologische Daten, die patientengetriggert zu einem Call-Center gesendet werden

in Deutschland aber erst im Aufbau.

In Israel dagegen geht die Firma SHL Telemedicine Ltd. [SHL01] im Bereich des Cardiomonitoring sogar so weit, dass im Notfall bei einer ventrikulären Tachykardie nach Rücksprache mit einem Arzt im Call-Center der Patient sich selbst Lidocain i.m. injiziert. Damit wird der Zeitverzug bis zum Eintreffen eines Notarztwagens überbrückt.

In Amerika bietet die Firma Cyber-Care Inc. [CYB00] nicht nur eine Sprechverbindung, sondern eine audio-visuelle Kommunikation zwischen Patient und Call-Center oder Arzt an. An das Gerät können Module zur Ermittlung der verschiedenen physiologischen Parameter angeschlossen werden.

2.2.2 Intensivstation

Größere Krankenhäuser haben mindestens eine Intensivstation. Dort werden Patienten in lebensbedrohlicher, meist akuter Notsituation oder kritischer Erkrankungsphase untersucht, überwacht und gepflegt. Die Hauptaufgaben sind die Wiederherstellung und Erhaltung der Vitalfunktionen, die fundierte Diagnostik und die auf das ursächliche Geschehen gerichtete Behandlung [Urb99]. Auf der Intensivstation wird auch die Intensivpflege durchgeführt, die über die reine akute Notfallsituation hinausgeht. Hierzu zählen z.B. langzeitbeatmete Patienten. In diesem Sinne ist Intensivmedizin Pflege, die bei Schwerkranken einen medizinischen Aufwand erfordert, der deutlich über die Norm hinausgeht [Ste84]. Auf der Intensivstation steht eine große Anzahl an speziell ausgebildeten Schwestern und Pflegekräften zur Verfügung, so dass tagsüber fast ein Betreuungsverhältnis zwischen Pflegepersonal und Patienten von 1:1 realisiert wird.

Gleichzeitig gibt es für das Monitoring, also die kontinuierliche, elektronische Überwachung der relevanten Patientenparameter, eine große Bandbreite von Möglichkeiten. Es reicht vom 12 Kanal EKG über invasive Blutdruckmessung bis hin zu ausführlichen Laboruntersuchungen (vgl. Tab. 2.5). EKG, SpO₂ und Blutdruck sind Standard. Neben dem Monitoring stehen auch viele Geräte für die Behandlung der Patienten zur Verfügung. Hierzu zählen Infusionspumpen und

Elektrokardioogramm	EKG
12 Kanal-EKG-Ableitung	EKG (12 K.)
ST Segment Monitoring	ST Segm
Blutdruck	RR
Non-Invasive Blood Pressure	NIBP
Invasive Blood Pressure	IBP
Zentraler Venendruck	ZVD
Cardiac Output	CO
Puls	P
Atemfrequenz	AF
inspiratorische CO ₂ Konzentration	insp. CO ₂
expiratorische CO ₂ Konzenration	exp. CO ₂
inspiratorische O ₂ Konzentration	FiO ₂
Sauerstoffsättigung	SpO ₂
Blutzucker	BZ
Blutgasanalyse	BGA
Temperature	Temp
Flüssigkeitsbilanzierung	

Tabelle 2.5: Möglichkeiten des Patientenmonitorings auf der Intensivstation

Perfusoren, aber auch Beatmungsgeräte oder Dialysegeräte. Die Technik ist in beiden Bereichen weit fortgeschritten und deckt eine große Bandbreite an individuell anpassbaren Einsatzmöglichkeiten ab.

Von verschiedenen Herstellern werden Monitore zur Überwachung der Vitaldaten angeboten. Die Sensoren zur Erfassung der einzelnen Parameter können modular im Monitor zusammengeführt werden. Dabei wird das Baukastenprinzip verwendet, so dass individuell für jeden Patient Geräte zusammengestellt, Daten über einen Bildschirm am Monitor angezeigt und in das Informationssystem der Klinik eingespeist werden können. Allerdings ist man hier ebenso wie bei den Schnittstellen und Protokollen meist auf einen Hersteller beschränkt. Unter dem Vorwand einer größeren Sicherheit sowohl gegen fremde Zugriffe als auch gegen Ausfälle, werden hier viele proprietäre Insellösungen angeboten. Die Spezifikationen der Schnittstellen werden als große Firmengeheimnisse gehütet, um die Krankenhäuser dazu zu bewegen, alles von einem Hersteller zu kaufen. Die Folge ist, dass in vielen Krankenhäusern parallele Systeme zu finden sind, die zueinander völlig inkompatibel sind. Allein deshalb müssen viele Geräte zum Teil doppelt und dreifach angeschafft werden. Dies bedeutet einen deutlichen Mehraufwand an Kosten.

Für die Kommunikation der einzelnen Monitore mit einem Zentralmonitor z.B. im Stationszimmer, wird ein Lokal Area Network (LAN) eingesetzt. Ein LAN ist ein in seiner geographischen Ausdehnung beschränktes Netz, dass eine Datenüber-

Grundlagen

tragung zwischen unabhängigen untereinander verbundenen Geräten ermöglicht. Dabei wird in Krankenhäusern meist eine Bustopologie verwendet. Das eingesetzte Zugriffsverfahren ist dann Ethernet, das mit einfachen Anschlüssen auskommt. Andere Systeme bestehen aus Ringtopologien, auf die durch den Standard „Token Ring“ zugegriffen wird. Auch Glasfaser-Doppelringe werden noch eingesetzt, die das „Fiber Distributed Data Interface“ (FDDI) verwenden. Vor ein paar Jahren war das wegen einer hohen Datenrate gerade für die Übertragung von digitalen Bildern (CT, MRT,...) interessant.

Neuere Systeme realisieren auch drahtlose Netzwerke. Da steht an erster Stelle das „Wireless Lokal Area Network“ (WLAN). Es sendet die Informationen im 2,4 GHz Band zu einem Accesspoint, von wo aus dann die Informationen ins LAN weitergeleitet werden. Die Reichweite wird mit 100 bis zu 1000 Metern angegeben. Dagegen arbeitet „Digital European Cordless Telephone“ (DECT) bei 1,9 GHz mit einer Reichweite von typischerweise 100 bis 500 Metern. Ein anderes System ist „Bluetooth²“, das sehr preiswert werden soll und ein Ad-hoc Netzwerk ermöglicht. Es hat eine maximale Reichweite von 100 Metern und es werden ebenfalls die Frequenzen im 2,4 GHz Band verwendet. Mit Bluetooth ist ebenso wie mit WLAN ein Roaming, also das unterbrechungsfreie Wechseln von einer Funkzelle in die nächste, möglich.

Die für diese Netzwerke notwendigen Schnittstellen sind meist nur bei den High End Geräten zu finden. Dagegen ist die serielle Schnittstelle RS 232 sehr weit verbreitet. Bereits 1999 hatten 27 von 34 Beatmungsgeräten für die Intensivpflege eine serielle Schnittstelle [ECR99]. Sie ist sowohl in älteren als auch in neuere Geräte integriert. Oft ist sie die einzige Schnittstelle für die digitale Datenweitergabe. Auch wenn sie nicht in allen Geräten zu finden ist, stellt die serielle Schnittstelle einen einfachen Standard bei medizinischen Geräten dar. Häufig werden Adapter eingesetzt, um die serielle Schnittstelle an das System des Stationsnetzwerkes zu adaptieren. Gleichzeitig sind diese Adapter in der Lage, die proprietären Protokolle der Geräte an das Protokoll für den Informationsaustausch im Krankenhaus anzupassen.

Die Datenprotokolle sind, wie bereits erwähnt, herstellerabhängig und meist nicht offen. Es gibt verschiedene Bemühungen, hier genormte Standardprotokolle zu etablieren, so wie den „Medical Information Bus“ (MIB). Dieses Protokoll ist speziell für den Datenaustausch zwischen medizinischen Apparaten, wie Überwachungseinheiten, Beatmungsmaschinen, Infusionspumpen, etc., und zugehörigen Informationssystemen besonders auf Intensivstationen gedacht. Aber es kann auch problemlos in anderen medizinischen Bereichen eingesetzt werden.

Jeder Patient braucht eine bestimmte individuelle Gerätekombination. Um das Zusammenstellen und den Wechsel der Geräte so einfach wie möglich zu gestalten, wird ein „plug and play“ Ansatz verfolgt. Ziel ist es, mit einem genormten Kommunikationsprotokoll das Senden und Empfangen von Daten unab-

² weitere Informationen zu Bluetooth in [Bec02] oder [Sch02]

hängig von den Herstellern der einzelnen Geräte zu ermöglichen. Dazu wird das ISO-OSI-Schichtenmodell für die Kommunikation zugrunde gelegt. MIB definiert einen Standard für den automatischen Assoziationsaufbau nach der Herstellung einer physikalischen Verbindung sowie die dynamische Zuordnung von Gerät zu einem Behandlungsplatz und damit einem Patienten [IEE01].

Dieser Standard setzt sich nur langsam durch. Die meisten Geräte haben noch die proprietären Schnittstellenprotokolle und in den nächsten Jahren werden weiterhin solche Geräte auf dem Markt sein und kommen.

Mit der Zunahme der medizinischen Geräte am Krankenbett konnte die Qualität der Patientenbetreuung gesteigert werden. Gleichzeitig stieg aber auch die Belastung des Klinikpersonals durch die Kontrolle sämtlicher Geräte und die notwendige Dokumentation. Deshalb wurden die komplexen Netzwerkstrukturen im gesamten Krankenhaus eingeführt. Sie erlauben es, Alarmer zentral, z.B. im Stationszimmer, auflaufen zu lassen. Damit muss dem Alarmsignal nicht mehr „hinterhergelaufen“ werden, sondern man sieht mit einem Blick auf den zentralen Bildschirm, was bei welchem Patienten nicht stimmt.

Außerdem können die Patientendaten direkt in das Krankenhausinformationssystem (KIS) eingespeist werden, so dass der Dokumentationsaufwand reduziert wird. Zusammen führt das zu einer Entlastung des Pflegepersonal und kommt damit indirekt dem Patienten zugute.

Mit Hilfe des Computernetzwerkes können Monitore auch an Betten auf anderen Stationen aufgestellt werden, um einen Patienten von einer Intensivstation aus zu überwachen. Bei Handlungsbedarf wird dann die entsprechende Station über Telefon oder Pager informiert.

All dies zeigt, die Vielzahl der technischen Möglichkeiten, die auf der Intensivstation und im Krankenhaus gegeben sind. Dagegen sind die vorhandenen Möglichkeiten im häuslichen Bereich sehr schlicht und für den Intensivpatienten in keiner Weise angemessen. Dennoch ist der Patient aus psychologischen und ökonomischen Gründen zu Hause am Besten aufgehoben.

3 Motivation

Im Kapitel 2 wurde gezeigt, dass die Situation intensivpflegepflichtiger Patienten weder auf der Intensivstation noch zu Hause bestmöglich ist. Auf der Intensivstation ist das psychologische und emotionale Befinden suboptimal, da sich der Patient in einer fremden Umgebung befindet. Dagegen ist für das Zuhause die verfügbare Technik sehr schlicht. Eine Versorgung von Intensivpflegepatienten zu Hause ist nur unter großem personellem Aufwand und persönlichem Engagement möglich.

Diesem Problem kann begegnet werden, indem man versucht, die Intensivstation so häuslich wie möglich zu gestalten. Die Möglichkeiten sind aber durch die in Abschnitt 2.1.1 bereits genannten Faktoren, wie Personalaufwand, technische Rahmenbedingungen und finanzielle Ressourcen, beschränkt. Bei der Analyse wird schnell klar, dass dies alles Faktoren sind, die nur schwer beseitigt werden können.

Solange der Aufenthalt im Krankenhaus nur von kurzer Dauer ist, werden die Nachteile zugunsten der erhöhten medizinischen Sicherheit in Kauf genommen. Für viele Patienten, die länger im Krankenhaus oder gar auf der Intensivstation liegen, wird die Schmerzgrenze oft überschritten. Sie selbst oder die Angehörigen drängen nach Hause. Selbst unter schwierigsten Bedingungen wird versucht, die Pflege zu Hause durchzuführen. Hierfür seien zwei Beispielpatienten angeführt, zu denen im Zuge dieser Arbeit ein persönlicher Kontakt hergestellt wurde.

Bei dem ersten handelt es sich um einen jetzt viereinhalbjährigen Jungen, der seit seiner Geburt das Undine-Fluch-Syndrom hat, d.h. ihm fehlen die für die Atemregulation zuständigen CO₂ Sensoren. Sobald er einschläft, setzt seine Atmung je nach Schlaftiefe verschieden stark aus. Wenn er aber bei Bewusstsein ist, atmet er normal. Die ersten zehn Monate seines Lebens hat er auf der Intensivstation verbracht. Eine Ursache dafür ist, dass die Diagnose viel Zeit in Anspruch genommen hat. Ausschlaggebend war aber die Tatsache, dass er beim Schlafen beatmet werden muss. Diese Therapie kann im Moment nur auf der Intensivstation sicher durchgeführt werden. Aber nach zehn Monaten wollten die Eltern ihren Sohn zu Hause haben. Sie erkannten, dass er gar kein richtiges Zuhause hatte und sahen dies als sehr große Gefahr für die persönliche Entwicklung des Jungen. Deshalb gingen sie das Risiko ein, sich selbst um ihren Sohn zu kümmern. Da der Vater Arzt der Inneren Medizin ist, konnte er die Situation

Motivation

realistisch einschätzen. So kam der Junge nach Hause. Seitdem wird er, von einigen kleinen Aufenthalten auf der Intensivstation abgesehen, zu Hause beim Schlafen von einem Heimbeatmungsgerät beatmet. Gleichzeitig werden seine Atemparameter überwacht. Bis vor ca. einem Jahr hat die Familie die Pflege allein übernommen. Dies stellte eine extreme Belastung da, da sich der Junge beim Schlafen durch einfache Bewegungen jeder Zeit den Beatmungsschlauch vom Tubus abreißen konnte. Dann wird vom Monitoringgerät ein Alarm erzeugt und die Eltern mussten den Beatmungsschlauch wieder anschließen. Dies konnte mehrmals pro Nacht geschehen. Hinzu kam, dass die Eltern ständig in der Angst lebten, einen Alarm zu verschlafen. Seit einem Jahr haben sie Unterstützung von einem Pflegedienst. Nun sitzt jede Nacht eine Pflegekraft im Nachbarzimmer und kümmert sich um den Jungen und die Alarme. Somit sind die Eltern ein gutes Stück entlastet. Wenn man sich vor Augen führt, dass die Alarme zum Teil mit Hilfe eines Babyphones ins Nachbarzimmer übertragen werden, sieht man in wieweit die Technik diesen Anforderungen gewachsen ist.

Bei dem zweiten Beispiel handelt es sich um die Winterthurer Gemeinderätin Nina Dorizzi. Mit 16 Jahren wurde bei ihr Poliomyelitis¹ diagnostiziert. Seitdem ist sie querschnittgelähmt und permanent von einem Beatmungsgerät abhängig. Zunächst verbrachte sie zwölf Jahre in der Züricher Universitätsklinik. Die Krankenkasse war nicht bereit, ihr ein mobiles Beatmungsgerät zu finanzieren, damit sie das Krankenhaus verlassen konnte. Doch weder Frau Dorizzi noch ihre Freunde wollten sich damit zufrieden geben. So sammelten sie Geld, um ein Beatmungsgerät finanzieren zu können und ihr das Verlassen des Krankenhauses zu ermöglichen. Inzwischen lebt sie seit vielen Jahren in einer Wohngemeinschaft in Winterthur und kümmert sich u.a. um psychisch Behinderte.

Diese beiden Beispiele zeigen den Weg, der gegangen werden muss. Laut Frau Dorizzi ist: „Das zu Hause Leben mit persönlicher Assistenz immer kostengünstiger und menschenwürdiger.“ Also muss es Ziel sein, die technischen Möglichkeiten der Intensivstation in die gewohnte häusliche Umgebung zu bringen. Dieses Ziel soll hier verfolgt werden, um den Patienten ein Zuhause zu geben. Außerdem sollen durch sinnvolle technische Assistenz die Angehörigen und die Pflegekräfte entlastet werden. Man kann sich vorstellen, wie groß das Vertrauensverhältnis zwischen den Eltern des kleinen Jungen und dem Pflegepersonal sein muss. Immerhin geht es um das Leben des eigenen Kindes. Das dies in der Praxis zu Spannungen führt, ist leicht nachzuvollziehen. Außerdem ist die Aufgabe der Pflegekraft, jede Nacht auf Alarme zu reagieren, nicht gerade anspruchsvoll, aber mit großer Verantwortung verbunden. Dies zeigt, dass auch die Pflegedienste ein großes Interesse an technischer Unterstützung haben. Denn mit der Einführung des DRG-Systems wird die Intensivpflege im ambulanten Bereich stark zunehmen. Aber schon heute

¹Kinderlähmung, vgl. Kap. 4.1

ist es schwierig, qualifiziertes Personal für solche Aufgaben zu finden.

Durch die Adaption der heutigen Technik auf die Intensivpflege im häuslichen Bereich wird versucht, eine günstigere Ausgangssituation für den Patienten zu schaffen. Damit wird eine bessere und schnellere Heilung ermöglicht und die Lebensqualität gesteigert. Den künftig beschränkteren finanziellen Ressourcen wird dabei Rechnung getragen. Zu entscheidenden Einsparungen führt sowohl die Outcomeverbesserung als auch die geringeren Kosten im häuslichen Bereich. Ein großer Vorteil ist, dass der ambulante Bereich flexibler ist, da hier ein größerer Zeitraum für die Patientenübernahme zur Verfügung steht. Zum Beispiel kann durch eine Zentralisierung der Versorgung mit medizinischen Geräte für die ambulante Pflege die notwendige Vorhaltung in einem Maß reduziert werden, wie dies im Krankenhaus nicht möglich ist. Dies reduziert die Kosten ebenso wie das Entfallen der „Hotelkosten“ oder die erheblich geringeren Ausgaben im Personalbereich. So könnte zum Beispiel die Nachtwache des kleinen Jungen mit Undine-Fluch-Syndrom von einem sicheren Monitoringsystem abgelöst werden.

4 Indikationen

*Im Atemholen sind zweierlei Gnaden:
Die Luft einziehen, sich ihrer entladen,
Jenes bedrängt, dieses erfrischt,
So wunderbar ist das Leben gemischt.*

Johann Wolfgang von Goethe

Der Sauerstoff spielt eine wichtige Rolle für das menschliche Leben. Mit seiner Hilfe wird in jeder Zelle des Organismus durch die Verbrennung der zugeführten Nährstoffe die Energie für die Aufrechterhaltung aller Lebensvorgänge gewonnen. Der Sauerstoff gelangt über die Atmung in den Körper. In der Lunge geht er in den Blutkreislauf über, von dem der Sauerstoff zu den einzelnen Zellen transportiert wird. Die beiden zentralen Systeme sind also die Atmung und der Kreislauf. Hinzu kommt die bereits angedeutete Versorgung mit Nährstoffen, die Reinigung des Organismus, die Abwehr und die Regeneration. Das Blut übernimmt dabei mit seiner Transportaufgabe und der Milieuerhaltungsfunktion eine entscheidende Rolle.

Bei kranken Menschen ist meist eines der beiden Systeme durch verschiedenste Ursachen direkt oder indirekt gestört. Der Großteil der Erkrankungen wirkt sich indirekt aus. Dadurch dass ein untergeordnetes System nicht richtig funktioniert oder eine unterstützende Aufgabe nicht erfüllt werden kann, fällt ein Teil im komplexen System Mensch aus und wird mit der Zeit auf die Atmung oder den Kreislauf zurückkoppeln. Häufig werden Krankheiten erst erkannt, wenn sie sich so stark auf den Kreislauf oder die Atmung auswirken, dass ein unbeschwertes Leben nicht mehr möglich ist.

Dementsprechend wird auch bei der Zielgruppe für eine Intensivpflege im häuslichen Bereich der Schwerpunkt auf Patienten mit Kreislauf und/oder Atmungsproblemen liegen. Heute wird diese Gruppe zum größten Teil noch in Krankenhäusern, auf der Normalstation oder gar der Intensivstation versorgt. Akute und behandlungsintensive Patienten werden dort auch weiterhin versorgt werden müssen. Aber Patienten, die vor einem langen Aufenthalt im Krankenhaus stehen, kann das häusliche Intensivmonitoring eine frühzeitige oder dauerhafte Entlassung in die gewohnte häusliche Umgebung ermöglichen. Dafür ist es notwendig, dass die Patienten in einem langzeitstabilen Zustand sind. Das System

Indikationen

macht keinen Sinn, wenn die Patienten immer wieder ins Krankenhaus zurückgebracht werden müssten. Dies würde zu einer starken Verunsicherung des Patienten und der Angehörigen führen und würde die Kosten in die Höhe treiben. Deshalb ist von Fall zu Fall sorgfältig vom Arzt zu entscheiden, ob ein häusliches Intensivmonitoring indiziert ist.

Im folgendem wird eine Auswahl der möglichen Indikationen erstellt, bei denen an eine Intensivpflege in häuslicher Umgebung gedacht werden sollte. Bei der Vielzahl der möglichen Erkrankungen und Fehlfunktionen des menschlichen Organismus Vollständigkeit anstreben zu wollen, wäre vermessen. Die Liste kann nur als erster Anhaltspunkt dienen. Deshalb sind auch Indikationen von ganz verschiedener Bedeutung aufgeführt. Gleichzeitig zeigt sie aber, dass die häusliche Intensivpflege bei vielen Indikationen in Betracht gezogen werden kann. Sowohl direkte als auch indirekte Indikationen sind in der Auflistung enthalten. Die Indikationen sind dabei in die zwei große Gruppen, die Atmung und den Kreislauf gegliedert. Diese Bereiche sind nicht im engeren Sinne zu verstehen, sondern sind relativ weit gefasst. Häufig lässt sich keine klare Trennung zwischen der Atmung und dem Kreislauf ziehen, zumal sie sich gegenseitig beeinflussen. Bei Patienten die länger beatmet werden, wird eine negative Rückkopplung auf den Kreislauf beobachtet. Deshalb wird bei beatmeten Patienten häufig auch der Kreislauf überwacht. Um Doppelnennungen zu vermeiden, werden einige Indikationen, die in beide Bereiche fallen, nur bei der Atmung genannt.

4.1 Indikationen im Bereich der Atmung

Im Bereich der Atmung steht die Therapie in Form von einer Beatmung oder einer Sauerstofftherapie im Vordergrund. Damit soll eine insuffiziente Eigenatmung unterstützt oder ersetzt werden. Hinzu kommt das kontinuierliche Monitoring der Atemparameter wie SpO_2 , insp. und exp. CO_2 u.a.

Bei der Beatmung handelt es sich um die künstliche Belüftung der Lunge mit Hilfe eines entsprechenden maschinellen Respirators. Man unterscheidet zwischen nicht invasiver und invasiver Beatmung. Bei der nicht invasiven Beatmung kommen Nasenmasken oder Nasenmundmasken zum Einsatz. Der Vorteil dieser Masken liegt darin, dass ein häufiger Wechsel zwischen Beatmung und Normalatmung möglich ist. Allerdings diese Masken abzudichten, stellt das Hauptproblem dar.

Im Falle der invasiven Beatmung wird über einen Orotrachealtubus, einen Nasotrachealtubus oder ein Trachealkanüle beatmet. Von Vorteil ist bei der invasiven Beatmung die Verringerung des Todraumes und die Verhinderung von Aspiration. Die Atemwege können hiermit sicher freigehalten werden. Allerdings kann der Tubus zu Reizungen oder gar Entzündungen führen. Auch sollten zusätzlich die Funktionen des Naso- und Oropharyngealraumes der Erwärmung und Anfeuchtung der Luft maschinell ersetzt werden.

4.1 Indikationen im Bereich der Atmung

Beide Beatmungsformen werden in vier verschiedenen Modi betrieben:

1. assistierte Beatmung
2. assistierte kontrollierte Beatmung
3. volumenkontrollierte Beatmung
4. druckkontrollierte Beatmung

Bei der assistierten Beatmung wird ein Atemhub des Beatmungsgerätes durch einen geringen Sog des Patienten getriggert. Von kontrollierter Beatmung spricht man, wenn der Patient absolut keine Eigenatmung mehr hat und das Gerät nach fest eingestellten Parametern beatmet. Die assistierte kontrollierte Beatmung ist eine Kombination der beiden. Es wird nach festen Parametern beatmet, aber der Patient kann in einem bestimmten Zeitraum im Atemzyklus nach dem Ausatmen und vor dem Einatmen den Atemzug triggern. Zu den Parametern der kontrollierten Beatmung gehören die Atemfrequenz, das temporäre Verhältnis zwischen Inspiration, inspiratorischer Pause und Expiration in einem Atemzyklus, obere Druckbegrenzung oder positiver endexpiratorischer Druck (PEEP). Wenn dabei das Atemzugvolumen vorgegeben wird, spricht man von volumenkontrollierter Beatmung. Wird statt dessen ein inspiratorischer und ein expiratorischer Beatmungsdruck vorgegeben, so handelt es sich um die druckkontrollierte Beatmung.

Im Gegensatz zur Beatmung ist bei der Sauerstofftherapie der eigene Atemantrieb ausreichend vorhanden, so dass es genügt die eingeatmete Luft durch Sauerstoff anzureichern. Hierdurch soll der arterielle Sauerstoffpartialdruck um mindestens 10 mmHg auf über 65 mmHg angehoben werden.

Häufig ist es sinnvoll Medikamente genau dort zu applizieren, wo sie wirken sollen. Bei Erkrankungen der Lunge können über einen Vernebler, der primär der Luftanfeuchtung dient, kontinuierlich Medikamenten in die Alveolen appliziert werden.

Eine Beatmung oder eine Sauerstofftherapie kommt für alle Krankheiten in Frage, die mit einem Sauerstoffmangel einhergehen.

Zentrale Störungen der Atemregulation

Apoplexie: Durch Durchblutungsstörungen im Gehirn kommt es zu einer Sauerstoffunterversorgung. Bei einer Apoplexie hat die Durchblutungsstörung dauerhafte Störungen zur Folge. Da im Gehirn große Teile der Regelung und die motorische Steuerung stattfinden, können die Störungen alle Funktionen betreffen. Falls Bereiche der Atemregulation (z.B. Medulla oblongata) betroffen sind, kommt es zu Störungen der Atmung bis hin zur Beatmungspflicht.

Indikationen

Dysplasie: Unter einer Dysplase versteht man eine congenitale¹ Minderentwicklung eines Gewebes oder Organs. Aufgrund einer unzureichenden Differenzierung kommt es meist zu Minderwuchs und Fehlentwicklungen im Skelett. Aber auch muskuläre und neurologische Bereiche können betroffen sein, so dass es schon direkt nach der Geburt z.B. zu Atemproblemen kommen kann. Die Dysplasie soll neben dem Undine-Fluch-Syndrom beispielhaft für die Vielzahl der congenitalen Syndrome stehen, die schon im Säuglingsalter zu starken Störungen der Atmung oder des Kreislaufes führen können.

Neoplasmen: Ein überschießendes Wachstum von körpereigenen Zellen, führt zu Verdrängungen, Gefäßkompressionen und Einklemmungen und damit zu Fehlfunktionen von Organen. Falls Neoplasmen im Gehirn auftreten, können zentrale Störungen auftreten mit entsprechenden Auswirkungen auf Atmung und Kreislauf. Aber auch bei Rückenmarksneoplasmen und anderen Organneoplasmen ist mit Ateminsuffizienz oder Kreislaufproblemen zu rechnen. Neoplasmen sind auch unter den Begriffen Tumore und Krebs bekannt.

Jährlich sind in Deutschland 350.000 Krebsneuerkrankungen [Deu02] zu beobachten. Bis zum Jahre 2010 ist mit einer Zunahme der Krebsinzidenz um 35% bis 40% [Kla97] zu rechnen. Dies stellt eine ungeheure Patientengruppe dar.

Schädel-Hirn-Trauma: Aufgrund von äußerer Gewalteinwirkung etwa durch einen Verkehrsunfall, kann es ebenfalls zur Zerstörung von Gehirnarealen kommen. Dabei ist eine mögliche Folge die Beatmungspflicht.

Schlafapnoe: Apnoe heißt Atemstillstand. Bei der *zentralen Schlafapnoe* handelt es sich um ein meist kurzzeitiges Aussetzen der Atmung während des Schlafens aufgrund eines fehlenden Atemanreizes aus dem Atemzentrum. Zum einen kann der Atemanreiz erst gar nicht erzeugt werden oder zum anderen die Muskeln wegen einer neurologischen Störung auf der Strecke nicht erreichen. Für das völlige Ausbleiben des Atemanreizes kann z.B. das *congenitale Undine-Fluch-Syndrom* verantwortlich sein. Beim Undine-Fluch-Syndrom ist der zentrale CO₂-empfindliche Atemantrieb gestört. Deshalb wird eine Hyperkapnie nicht erkannt und der nötige Atemreiz wird nicht ausgelöst.

Eine weitere Form der Schlafapnoe ist die *obstruktive Schlafapnoe*. Diese fällt in den Bereich der Obstruktion der oberen Luftwege. Aufgrund des Erschlaffens der Muskulatur in Abhängigkeit von der Schlaftiefe, verlegt der Zungengrund in der Rückenlage die Atemwege. Dies führt zu einer Hypoxie. Darauf folgt eine Weckreaktion, der Patient spannt die Muskeln wieder

¹Congenitale Abnormitäten sind Störungen, die angeboren, also seit der Geburt vorhanden sind, häufig aufgrund von Mutationen im Erbgut.

an und atmet wieder normal. Dabei schläft der Patient nicht lange genug im Tiefschlaf, sondern hat einen sehr oberflächlichen Schlaf. Direkte Folgen sind Konzentrationsproblemen und Tagesmüdigkeit. Zu den Langzeitfolgen zählt ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkt und Apoplexie. Solche Patienten erhalten u.a. beim Schlafen eine Atemunterstützung.

Schädigungen des Rückenmarkes

Poliomyelitis: Durch Poliomyelitis Viren hervorgerufene Erkrankung. Die Viren werden meist durch oral-fäkale Schmutz- und Schmierinfektion übertragen. Sie befallen vor allem die graue Substanz des Rückenmarks, insbesondere die Vorderhornzellen und führen dort zu Entzündungen. Daraus resultiert bei der seltenen paralytischen Poliomyelitis (0,1% aller Erkrankungen) der Verlust von Muskeleigenreflexen, asymmetrische Muskelschwächen und Lähmungen. Bei Beteiligung der Interkostalmuskulatur, der Zwerchfellmuskulatur oder des Hirnstammes kann es zur Atemlähmung kommen. Auch Wachstumsstörungen und Muskelschwund sind mögliche Folgen. Zu den Spätschäden zählen extreme Müdigkeit, Muskelschwäche, ständige Muskelschmerzen und Atemschwäche. In Deutschland leiden daran etwa 10.000 bis 50.000 Patienten [Chi01]. Aufgrund eines hohen Impfschutzes gibt es nur noch ca. 7.000 Neuerkrankungen pro Jahr weltweit [Psc01].

hoher Querschnitt: Vollständige oder teilweise Schädigung des Rückenmarks aufgrund einer Wirbelsäulenfraktur oder -luxation oder eines Bandscheibenvorfalles. Eine Schädigung oberhalb von C4 führt zu einer Atemlähmung. Da die Atemmuskulatur nicht mehr innerviert werden kann, fällt die Eigenatmung aus. Aber auch andere Organe und Regulationssysteme sind betroffen.

Syringomyelie: Eine Erkrankung des Rückenmarkes bei der es durch eine Höhlenbildung im Mark zu einer Verdrängung des dort befindlichen Nervengewebes kommt. Falls Nervengewebe der Atemregulation betroffen ist, führt dies zu entsprechenden Störungen. Ebenso kann sie zu einer Erhöhung des Hirndruckes führen mit der Folge, dass die Medulla Oblongata, in der das Atem- und Kreislaufzentrum liegen, in das Hinterhauptsloch gedrückt wird und dabei gequetscht wird. Die Syringomyelie kann nicht nur angeboren sein, sondern sich auch nach einer Verletzung, einem Tumor oder einer Entzündung entwickeln.

Muskuläre und neuromuskuläre Störungen

Amyotrophische Lateralsklerose (ALS): Dabei handelt es sich um eine degenerative Erkrankung des ersten und zweite motorischen Neurons mit

Indikationen

schweren Auswirkungen auf die Muskulatur über asymmetrischen Paresen², Spastiken, Krämpfe bis hin zu Lähmungen der Atemmuskulatur und bilaterale Schädigung der motorischen Hirnnervenkerne in der Medulla oblongata.

Duchenne-Muskeldystrophie: Hierbei handelt es sich um eine rasch fortschreitende Muskelschwäche, aufgrund des fast vollständigen Fehlens von Dystrophin, eines Proteins des Zytoskeletts. Sie beginnt bereits in den ersten Lebensjahren. Die Symptome reichen von einem Gehverlust, über eine zunehmende Ateminsuffizienz, Skoliose³, Gelenkkontrakturen zu Kardiomyopathien und führen zu einer Lebenserwartung von 20 bis 25 Jahren.

myotonische Dystrophie: Dies ist eine autosomal dominant vererbte degenerative Muskelerkrankung mit einem Vorkommen von 1:7.500 [Psc01]. Die myotonische Dystrophie kann zu tonischen Krämpfen der Muskulatur, Muskelschwäche, Rückbildung von bestimmten Muskelgruppen einschließlich der glatten Muskulatur (Schluckstörungen, Atemstörungen, Herzrhythmusstörungen), endokrinen Störungen und psychischen Veränderungen führen.

Myasthenia gravis: Dies ist eine Autoimmunkrankheit, bei der die Reizübertragung zwischen den Nerven und den Muskel nicht mehr funktioniert. Aufgrund einer Blockade der Acetylcholinrezeptoren an der motorischen Endplatte durch Autoantikörper kann der Botenstoff Acetylcholin nur noch vermindert oder gar nicht den Muskel erreichen. Daraus resultiert eine belastungsabhängige Ermüdung der betroffenen quergestreiften Muskulatur. Mögliche Komplikationen sind Schluck- und Atemlähmungen.

Botulismus: Die Sporen des Clostridium botulinum werden meist mit der Nahrung aufgrund einer Lebensmittelvergiftung aufgenommen. Sie produzieren im Darm ein Toxin, das die Freisetzung von Acetylcholin blockiert. In schweren Fällen kommt es zur Atemlähmung.

Phrenikuslähmung: Der Nervus phrenicus ist für die Motorik des Zwerchfells verantwortlich. Bei einer bilateralen Lähmung kommt es aufgrund der entscheidenden Beteiligung des Zwerchfells an der Atmung zu Dyspnoe und Zyanose. Als Ursache für die Lähmung gelten u.a. Neoplasmen, Trauma, Aortenaneurysma und Polyneuropathie.

Erkrankungen der Lunge

Alpha-1-Antitrypsin-Mangel: Hierbei handelt es sich um eine autosomal rezessiv erbliche Stoffwechselstörung mit einer Häufigkeit von 1:1.000 bis 1:2.500 [Psc01]. Das Alpha-1-Antitrypsin ist ein Enzymhemmer, dessen

² unvollständige Lähmungen

³ Wachstumsdeformität der Wirbelsäule

4.1 Indikationen im Bereich der Atmung

wichtigste Aufgabe die Hemmung der Elastase, einem Enzym zur Abwehr von Lungeninfektionen, ist. Ist eine Infektion oder ein Fremdkörper in die Lunge eingedrungen, werden Leukozyten den lokalen Herd bekämpfen. Dabei setzen sie u.a. bakterizide Sauerstoffradikale und Elastase frei. Die Elastase führt zur Lyse des umgebenden Gewebes, damit der Infektionsherd ausgeschwemmt werden kann. Dieser Lyseprozess wird durch das Alpha-1-Antitrypsin gehemmt. Im Infektionsherd wird dagegen das Alpha-1-Antitrypsin von den Sauerstoffradikalen inaktiviert, so dass dort die Elastase wirken kann. Mit dem Abstand vom Infektionsherd nimmt die Sauerstoffradikalkonzentration ab und das Alpha-1-Antitrypsin hemmt die Elastase. Bei einem Mangel von Alpha-1-Antitrypsin wird der Lyseprozess bei einer Infektion oder dem Eindringen eines Fremdkörpers nicht kontrolliert und es werden größere Teile der Lunge auflöst. Dies führt zu einem Lungenemphysem. Weitere Erkrankungen, die auf den Alpha-1-Antitrypsin-Mangel zurückgehen, sind schon bei Neugeborenen Hepatitis und eine Leberzirrhose, die sich auch später entwickeln kann.

chronisches Lungenemphysem: Das Lungenemphysem ist eine irreversible Überblähung der Lunge, aufgrund einer Zerstörung von Alveolen und Lungensepten. Dadurch kommt es zu einer Vergrößerung des Luftraumes innerhalb der Lunge. Als Ursache kommt mit 1-2% der Alpha-1-Antitrypsin-Mangel [A M01], eine chronische Bronchitis, eine Atrophie⁴ des Lungengewebes im Alter und am häufigsten ein Nikotinabusus in Frage. Denn durch das Rauchen gelangen Fremdkörper in die Lunge, die die Leukozyten aktivieren (Lungenentzündung). Gleichzeitig hemmt das Nikotin das Alpha-1-Antitrypsin (vgl. Alpha-1-Antitrypsin-Mangel). Auch führt das Rauchen zu einer erhöhten Infektanfälligkeit.

Die Vergrößerung der Lufträume führt zu einem Elastizitätsverlust der Lunge. Dieser zusammen mit dem Untergang von Lungengewebe hat eine insuffiziente Eigenatmung zur Folge, was eine Sauerstofflangzeittherapie nötig macht.

chronische Bronchitis: Zu Beginn einer Bronchitis werden die Flimmerhärchen der Atemwege gelähmt, bis sie später völlig zerstört werden. Dies begünstigt Lungenentzündungen. Durch eine Zunahme der Becherzellen kommt es zu übermäßiger Schleimbildung. Gleichzeitig verschwinden die Schleimhäute der Alveolen. Dadurch werden die Alveolen beim Ausatmen instabil und fallen in sich zusammen. Aufgrund der Luftraumvergrößerung kommt es zum Lungenemphysem. Dies führt zu einer sich ständig verschlechternden Atemnot und Leistungsmangel. Als Hauptursache für die chronische Bronchitis gilt das Rauchen; aber auch Luftverschmutzung und feuchtes Klima kommen als Ursachen in Frage.

⁴Schwund von Zellen, Gewebe und Organen

Indikationen

Lungenfibrose: Bei der Lungenfibrose handelt es sich um eine Vermehrung des Bindegewebes in der Lunge. Ursache dafür ist eine unkontrollierte Bildung von Kollagen. Aufgrund der Tatsache, dass Kollagen fast undehnbar ist, ist es der wichtigste Baustein für Binde- und Stützgewebe im gesamten menschlichen Körper. Chronische Entzündungen ausgelöst durch Bakterien, Viren, Strahlen, Medikamente, giftige Gase oder Stäube sind die Hauptursache der Lungenfibrose. Die zunehmende Verhärtung und der Elastizitätsverlust führen zur Funktionseinschränkung der Lunge.

Eine besondere Form ist die Lungenfibrose bei Kollagenosen, bei der eine chronische Autoimmunkrankheit als Ursache gilt. Das körpereigene Abwehrsystem greift das Bindegewebe an und löst Endzündungsreaktionen aus mit der Folge von Verhärtungen und Elastizitätsverlust. Beispiele hierfür sind ein systemischer Lupus erythematosus oder eine progressive systemische Sklerodermie.

Lungenödem: Unter einem Lungenödem versteht man den Austritt von Flüssigkeit aus dem Lungenkreislauf in das umgebende Zwischenzellgewebe und in den Alveolarraum. Die häufigste Form des Lungenödems ist kardial bedingt. Aufgrund eines Linksherzversagens staut sich das Blut in der Lunge, was zu einer Druckerhöhung in der Lungenstrombahn führt. Aufgrund des erhöhten Drucks kann Flüssigkeit aus der Blutbahn in das Zwischenzellgewebe und später in die Alveolen austreten. Damit wird die Fläche zum Sauerstoffaustausch reduziert und es kommt zu einer Sauerstoffunterversorgung. Meist über die Atmung aufgenommene Toxine können auch die Alveolarmembran und die pulmonalen Kapillarwände schädigen und somit zu einem Lungenödem führen.

Mukoviszidose: Die Mukoviszidose ist die häufigste autosomal-rezessive Erbkrankheit. Diese Stoffwechselstörung tritt mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:2000 bei Neugeborenen auf [Psc01]. Die Hypertrophie und Vermehrung von Becherzellen in der Lunge, der Bauchspeicheldrüse, der Leber und im Dünndarm resultiert in der Sekretion eines zähen Schleims. 90% der an Mukoviszidose Erkrankten sterben an Komplikationen der Lunge. Deshalb sollen diese hier in Vordergrund stehen. Der Schleim in der Lunge verhindert den Abtransport von eingeatmeten Fremdkörpern durch die Flimmerhärchen, so dass es relativ häufig zu Infektionen kommt, bei denen immer Gewebe untergeht und vernarbt. Außerdem stellt der Schleim durch seine Verstopfung der Atemwege einen zusätzlichen Atemwiderstand dar. So ist bei diesen Patienten fast immer eine Tachypnoe als Kompensationsversuch zu beobachten. Wenn die Eigenatmung dann immer noch nicht reicht, muss sie unterstützt werden.

Pneumokoniosen: Veränderungen der Lunge, die durch organische oder anorganische Stäube verursacht werden, nennt man Pneumokoniosen. Diese

4.2 Indikationen im Bereich des Kreislaufes

Stäube werden von der Lunge aufgenommen und zum Teil im Lungengerüst oder im lymphatischen Gewebe abgelagert (z.B. Kohlenstaub). Bei Quarzstaub bilden sich Knötchen und Schwielen, aufgrund chemischer Reaktionen nach der Ablagerung. Dagegen ist bei Asbest und Metallstäuben eher eine Lungenfibrose zu beobachten.

Tuberkulose: Die Tuberkulose wird durch Tuberkelbakterien (*Mykobakterium tuberculosis*) verursacht. Die Übertragung erfolgt über die Atemwege (Tröpfcheninfektion). Meist setzen sich die Erreger zunächst in der Lunge fest. Durch Einschwemmung der Erreger über die Lymphknoten in die Blutbahn kann sich die Erkrankung später auch auf andere Organe ausbreiten, wo sich dann eine Organtuberkulose entwickelt. Sowohl die Bildung von kleinen Knoten (Tuberkel) und Hohlräumen in der Lunge als auch die körpereigenen Abwehrreaktionen, wie Vernarbung und Schrumpfung der Bronchien und anderer Gefäße infolge chronischer Entzündung schränken die Funktion der Lunge stark ein und können eine Sauerstofftherapie oder gar eine unterstützende Beatmung notwendig machen. Von einer offenen Tuberkulose spricht man, wenn die Bakterien über die Atmung ausgeschieden werden. Solche Patienten sind hoch infektiös. 1995 wurden in Deutschland 12 000 Tuberkulosefälle gemeldet [wis01].

4.2 Indikationen im Bereich des Kreislaufes

Im Gegensatz zur Atmung kann im Bereich des Kreislaufes die Eigenfunktion sehr elegant unterstützt oder gar ersetzt werden, solange die Reizgenerierung oder Reizleitung am Herzen betroffen ist. Hier können Herzschrittmacher oder Pacer implantiert werden, die selber eine autonome Monitoring- und Therapieeinheit darstellen, die so entwickelt wurden, dass langfristig keine weiteren dauerhaften Überwachungen nötig sind. Damit kann den Patienten ein unabhängiges Leben gewährleistet werden.

Für die vielen anderen Indikationen gibt es aber keine weiteren Möglichkeiten zur direkten Kreislaufunterstützung. Deshalb wird versucht, den Kreislauf indirekt durch Medikamente stabil zu halten. Hierbei ist ein differenziertes Monitoring primäre Aufgabe. Damit wird die Situation des Patienten überwacht und kontrolliert, dass die applizierten Medikamente die gewünschten Ergebnisse erzielen. Abweichungen werden so frühzeitig erkannt und es kann entsprechend entgegengewirkt werden.

Für die Applikation von Medikamenten stehen sowohl der orale Weg über den Gastrointestinaltrakt, als auch Infusionspumpen und Perfusoren für eine intravenöse Medikamentengabe zur Verfügung. Im Bereich des Monitoring können die von der Intensivstation bekannten Parameter überwacht werden (vgl. Tab. 2.5). Wobei im häuslichen Bereich die Möglichkeiten zur erweiterten Diagnose,

Indikationen

wie z.B. Blutgasbestimmung beschränkt sind. Dies sind allerdings Werte, die bei der Zielgruppe eine untergeordnete Rolle spielen.

Prae- und postoperatives Monitoring

Ein temporär begrenztes Dauermonitoring im gewohnten häuslichen Bereich erscheint prae- und postoperativ sinnvoll. Dadurch kann eine gründliche Überwachung und Datensammlung vor einer Operation erfolgen, z.B. vor Herzschrittmacher oder Pacer Implantationen. Oder es wird eine frühzeitige Entlassung aus dem Krankenhaus nach z.B. einer kardialen Operation ermöglicht, ohne große Risiken für die Sicherheit des Patienten einzugehen.

Einstellung von medikamentösen Therapien und Langzeitüberwachung

Die Einstellung von medikamentösen Therapien ist auch eine zeitlich begrenzte Überwachung. Dabei wird der Therapieerfolg durch die applizierten Medikamente kontrolliert und die Dosierung oder die Art der Medikamente den individuellen Bedürfnissen des Patienten angepasst.

Dagegen werden bei der Langzeitüberwachung Daten für eine Differentialdiagnose gesammelt. Ein dauerhaftes Langzeitmonitoring ist auch möglich, wenn die Situation des Patienten dies erfordert. In den letzten beiden Fällen stellt die Möglichkeit einer häuslichen Intensivpflege eine komfortable und kostengünstige Alternative zu einem Krankenhausaufenthalt dar, ohne im Notfall ein Risiko einzugehen.

Im folgenden wird eine kleine Auswahl an möglichen Indikationen dargestellt.

endokrine Erkrankungen: Hierunter werden Erkrankungen der Hormondrüsen verstanden. Die Hormone bilden eines der wichtigsten Systeme zur Regulation vieler organischer Prozesse. Wenn es aufgrund von Erkrankungen der Hormondrüsen (z.B. Neoplasmen) zu einer Unter- oder Überproduktion an Hormonen kommt, wird das Funktionsgleichgewicht im Körper gestört.

Herzinsuffizienz: Hierunter versteht man eine Herzminderleistung. Das Herz kann nicht mehr die benötigte Blutmenge pumpen. Diese myokardiale Funktionseinschränkung führt zu einer verminderten Organdurchblutung und zu einem Rückstau von Blut in das venöse System und die Lungenstrombahn.

Herzrythmusstörungen: Jegliche Störung der normalen Herzschlagfolge wird als Herzrythmusstörung bezeichnet. Dabei können die Erregungsbildung am Herzen oder die Reizleitung oder eine Kombination von beiden betroffen sein. Hierzu zählen Tachykardien, Bradykardien oder Vorhofflattern. Sie können direkt kardiale Ursache haben oder indirekt durch andere Erkrankungen auftreten. Zum Beispiel kann eine Verschiebung im Kalium- oder

4.2 Indikationen im Bereich des Kreislaufes

Kalziumhaushalt frühzeitig erkannt werden, da das EKG sehr sensitive dafür ist.

Hypertonus: Blutdruckwerte systolisch über 140 mmHg oder diastolisch über 90 mmHg werden als hyperton bezeichnet. Ca. 25% der der Bevölkerung leiden an einem Hypertonus. Akut stellen solche Blutdruckwerte meist keine Gefahr dar, aber langfristig führen sie häufig zu Arteriosklerose, koronaren Herzkrankheit, zerebralen Durchblutungsstörungen, Niereninsuffizienz und Netzhautablösung.

plötzlicher Kindstod: Verstirbt ein anscheinend kerngesundes Kind innerhalb des ersten Lebensjahres, so spricht man vom plötzlichen Kindstod. Trotz sorgfältiger Untersuchung ist keine direkte Ursache zu erkennen. Die Auftretswahrscheinlichkeit liegt bei 1 bis 1,5 : 1000 Lebendgeborenen [Psc01]. Bei erhöhtem Risiko (z.B. bereits ein Fall in der Familie) ist ein gutes Monitoring der Atmung und des Kreislaufes besonders über Nacht, während der ca. 60 % der Kinder [Psc01] sterben, indiziert.

Paraneoplastische Syndrome: Paraneoplastische Syndrome sind Funktionsstörungen oder Erkrankungen in Zusammenhang mit Neoplasmen, die weder metastatische noch direkte Folge des Tumors sind.

Einstellung von Herzschrittmachern

Nach der Implantation und in regelmässigen Abständen muss ein Herzschrittmacher auf die individuelle Situation des Patienten angepasst werden. Gerade nach der Implantation sind im Moment zum Teil mehrwöchige Klinikaufenthalte möglich. Hier könnte ohne großes Risiko eine Überwachung im gewohnten häuslichen Bereich erfolgen, wenn im Notfall für rasche Hilfe gesorgt ist.

Überwachung eines Schwangerschaftshypertonus

Ein Bluthochdruck während der Schwangerschaft stellt immer eine Gefahr für Mutter und Fötus dar. Die Ätiologie ist unbekannt. Die Auswirkungen sind die gleichen wie bei einem Hypertonus. Hinzu kommt eine Plazentainsuffizienz und eine erhöhte Mortalität der Föten. Bei einem Schwangerschaftshypertonus ist immer mit einer EPH-Gestose und dem daraus resultierenden Eklampthischen Anfall zu rechnen. Deshalb ist hier ein gutes Monitoring indiziert.

Dialysepatienten

Wenn bei einem Patienten die Nieren ausgefallen sind, ist er für die Blutreinigung auf ein externes Dialysegerät angewiesen. Hierbei handelt es sich um eine relativ große Patientengruppe. Im Jahr 2000 waren über 50000 Patienten von der Dialyse

Indikationen

abhängig, von denen aber weniger als 10% zu Hause dialysiert wurden [Pat01]. Im Moment wird der Großteil der Patienten zwei bis drei mal in der Woche in einem Dialysezentrum versorgt. Aufgrund der Öffnungszeiten und der Erschöpfung nach der Dialyse ist es für viele Patienten schwierig, ein normales Leben zu führen und z.B. ein geregeltes Arbeitsverhältnis einzugehen. Hier könnte eine Dialyse zu Hause den Lebensstandard erheblich erhöhen, besonders wenn der Patient abends vor dem Schlafen dialysiert wird. Eine einfache Ausführung des häuslichen Intensivmonitorings würde die nötige Sicherheit liefern.

Präfnale Patienten

Dies sind Patienten, denen die Medizin keine Hoffnung mehr geben kann. Aufgrund der Tatsache, dass 2010 die Herz- und Kreislaufkrankheiten als Todesursache Nummer eins in Deutschland von Tumorerkrankungen⁵ abgelöst werden [Med00], ist mit einer weiteren enormen Zunahme der Patientenzahlen in diesem Bereich zu rechnen. Bereits im Jahr 2000 starben 210.700 Menschen an Krebs [Deu02], oft mit einem schleichendem Krankheitsverlauf.

Diese Patientengruppe ist psychisch meist sehr instabil und auf der Suche nach Sicherheit. Gerade hier kann eine Intensivpflege im eigenen Zuhause die dringend benötigte Geborgenheit geben. Auch die Verwandten wollen ihren Angehörigen die letzten Stunden sehr oft zu Hause ermöglichen und nicht in einem unpersönlichen Krankenhaus. In diesem Sinne könnte eine häusliche Intensivpflege einen großen Beitrag zum humanen Sterben leisten.

⁵ vgl. 4.1, Neoplasmen

5 Systemkonzept für die Intensivpflege in häuslicher Umgebung

Nachdem in den Kapiteln 2 und 3 gezeigt wurde, dass ein großes Interesse an der Intensivpflege in häuslicher Umgebung sowohl von Seiten der Kostenträger und der Pflegeanbieter als auch besonders von Seiten der Patienten besteht, wird hier nun ein Konzept für ein solches System vorgestellt.

5.1 Vorgehen

Bei der Entwicklung dieses Systems wird ein zweistufiger Ansatz verfolgt: zunächst wird ein Basissystem entwickelt. Dieses beinhaltet die grundlegenden Funktionen. Im zweiten Schritt wird das System verfeinert und erhält nacheinander zusätzliche nützliche und gewünschte Funktionen, um es in die gegebene Umgebung optimal einzupassen.

Dieses Vorgehen hat einige entscheidende Vorteile. Mit dem Basissystem können erste Erfahrungen gesammelt werden und so Anfangsschwierigkeiten schon in diesem frühen Stadium erkannt, analysiert und beseitigt werden. Außerdem wird frühzeitig gezeigt, dass das System funktioniert und welche Vorteile es in der Praxis tatsächlich bringt. Damit können die Kostenträger sehr viel einfacher von dem Gesamtkonzept überzeugt werden, auch wenn sie die zunächst hohen Anfangsinvestitionen scheuen werden. Ebenso können die Pflegedienste und Krankenhäuser überzeugt werden, dass das System bei sorgfältiger Anwendung tatsächlich eine enorme Verbesserung der Situation der Patienten darstellt und dabei die angespannte Situation im Pflegebereich entlastet.

Der auf diese Weise sehr modulare Aufbau ermöglicht eine optimale Systemkombination für die individuellen Belange jedes Patienten. Ebenso werden dadurch die Genehmigungsverfahren erleichtert, da die Module einzeln eine Zulassung erhalten können. Gerade bei Änderungen in einem Modul muss nicht das ganze System erneut das Genehmigungsverfahren durchlaufen. Somit ist die ständige Anpassung an neue Rahmenbedingungen und die kontinuierliche Weiterentwicklung leicht möglich. Außerdem ist durch den modularen hierarchischen

Aufbau eine hohe Redundanz gesichert. Wenn ein übergeordnetes Modul ausfällt, können seine Alarme dennoch vom Basismodul weitergegeben werden.

Alles zusammen lässt erwarten, dass dieser Ansatz zu einem schnelleren routinemäßigen Einsatz des Systems führt und somit dem Patienten frühzeitig zugute kommt.

5.2 Konzept für das Basissystem

Wie muss ein Basissystem für die Intensivpflege im häuslichen Bereich aussehen? Die Grundidee ist, den Patienten zu Hause die notwendigen Geräte an die Hand zu geben. Sollte sich nun die Situation des Patienten verschlechtern oder ein Gerätefehler vorliegen, würde ein Alarm an die Rettungsdienstleitstelle abgesetzt und diese würde den Pflegedienst oder den Rettungsdienst zum Patienten schicken.

Dabei sollen die Geräte den Pflegedienst nicht vollständig ersetzen. Das können sie auch gar nicht. Aber sie können die Arbeit des Pflegedienstes erleichtern. So muss er nicht rund um die Uhr vor Ort sein. Trotzdem ist das regelmäßige Kommen des Pflegedienstes notwendig, um einen direkten Eindruck von der Situation des Patienten zu bekommen. Verbrauchsmaterialien müssen ausgewechselt, Medikamente gerichtet und eventuell die Körperhygiene durchgeführt werden.

Für das Basissystem steht der Patient, der überwacht und versorgt werden soll, im Mittelpunkt. Die von der Intensivstation bekannten Geräte können für das Monitoring der notwendigen physiologischen Parameter verwendet werden. Die Werte (vgl. Tab. 5.1) können durch ein kombiniertes Gerät oder mehrere einzelne Geräte überwacht werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Geräte eine Schnittstelle zur Weitergabe der gemessenen Werte haben. Man wird aufgrund der großen Verbreitung auf die serielle Schnittstelle zurückgreifen. Ebenso sollten möglichst einfach zu bedienende Geräte ausgewählt werden. Um den Regelungen des Medizinproduktegesetzes gerecht zu werden, wird man sich auf Dauer auf bestimmte Geräte einigen. Nach dem Medizinproduktegesetz dürfen Mitarbeiter im medizinischen Bereich medizinische Geräte nur bedienen, wenn sie auf die Geräte eingewiesen sind.

Gleiches gilt für die Geräte zur Patientenversorgung. Darunter sind Beatmungsgeräte, Infusionspumpen, Perfusoren und vergleichbare Geräte zu verstehen. Sie müssen ebenfalls eine Schnittstelle aufweisen und möglichst einfach zu handhaben sein. Zusätzlich sollte dem Patienten auch ein manueller Alarmgeber an die Hand gegeben werden, um ihm die Möglichkeit zu geben, auch selber einen Alarm absetzen zu können, wenn dies nötig ist.

Diese Geräte stellen also die aktuellen Vitalparameter und Zustandswerte der Versorgungsgeräte an der jeweiligen seriellen Schnittstelle zur Verfügung. Von dort werden sie über serielle Kabel an einen embedded PC mit einer entspre-

5.2 Konzept für das Basissystem

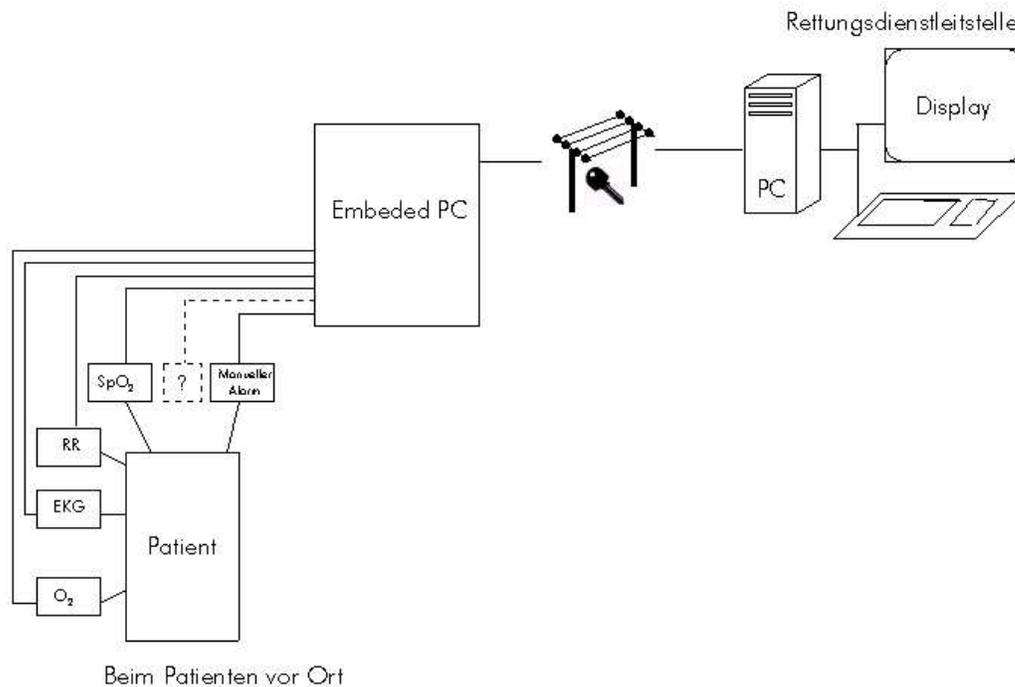


Abbildung 5.1: Strukturdiagramm Basissystem

chenden Anzahl an Schnittstellen weitergeleitet. Im PC findet eine Auswertung und auch Speicherung der Daten statt. Sobald ein Parameter eine Gefährdung des Patienten signalisiert oder eines der Gerät selber einen Alarm meldet, wählt der PC sich automatisch über ein Modem und eine Point to Point Verbindung bei einem PC auf der Rettungsdienstleitstelle ein. Dies ist prinzipiell über eine analoge Telefonleitung möglich, aber eine ISDN Anlage ist vorzuziehen, da hier eine höhere Datenrate erzielt werden kann. Außerdem stehen zwei Kanäle zur Verfügung, was eine gewisse Sicherheit bedeutet.

Die Point to Point Verbindung liefert eine hohe Datensicherheit. Zum einen ist sichergestellt, dass die Daten vollständig ohne Zeitverzug ankommen und zum anderen ist ein Abhören der vertraulichen Patientendaten nahezu unmöglich. Für eine zusätzliche Sicherheit sorgt die Verschlüsselung der Daten.

Auf der Rettungsdienstleitstelle bekommt der Disponent einen Alarm. Gleichzeitig werden auf einem Bildschirm sämtliche aktuelle Daten des Patienten angezeigt, wobei der abweichende Wert hervorgehoben wird. Bei Bedarf können auch die im embedded PC gespeicherten vergangenen Werte abgerufen werden. Somit kann der Leitstellendisponent entscheiden, ob eine vital gefährliche Situation vorliegt und er sofort einen Rettungswagen und einen Notarzt losschickt oder z.B. nur eine Infusion fast leer gelaufen ist und er den Pflegedienst benachrichtigt. Dieser wird die Infusion dann möglichst bald wechseln.

Systemkonzept für die Intensivpflege in häuslicher Umgebung

physiologische Parameter	gerätetechnische Parameter
Puls	PEEP
EKG	resp. Volumina
RR	resp. Drücke
Temperatur	$T_{insp.} : T_{exp}$
SpO ₂	Flow O ₂
insp. CO ₂	Flow Infusionspumpen
exsp. CO ₂	Flow Perfusoren
...	...

Tabelle 5.1: Für die Auswertung interessante Parameter

Der Vorteil der Alarmweitergabe direkt an die Leitstelle liegt auf der Hand: im Alarmfall ist die Zeit bis zur Alarmierung eines Rettungswagen extrem kurz. Zudem ist das Leitstellenpersonal für diese Aufgabe hoch qualifiziert. Für die effektive Nutzung des manuellen Alarm sollte eine Sprachübertragung möglich sein z.B. über den zweiten ISDN Kanal. Damit können der Patient oder Angehörige dem Leitstellendisponenten mitteilen, warum sie Alarm gegeben haben. Anhand dieser Information und der aktuellen Vitalparameter kann der Disponent dann die weiteren Schritte festlegen.

Die Sprechverbindung hat noch einen weiteren Vorteil. Über sie kann der Leitstellendisponent die Angehörigen in die Maßnahmen einbeziehen. So kann er z.B. bei der Diskonktion des Patienten vom Pulsoximeter, die Angehörigen ruhig und sachlich dazu anleiten, dieses wieder aufzustecken. Dann wird der Einsatz von Pflegedienst oder Rettungsdienst hinfällig. Die Angehörigen sind sich damit jeder Zeit kompetenter Hilfe sicher und wissen, falls es gefährlich wird, kommen die entsprechenden Fachkräfte direkt zu ihnen. Dies gibt dem Patienten und den Angehörigen ein hohes Maß an Sicherheit.

Für den Fall eines Stromausfalles müssen alle Geräte beim Patienten vor Ort mit einer entsprechenden Batteriefunktion ausgestattet sein, oder an eine Notfallbatterie angeschlossen werden. Dies gilt auch für die ISDN Anlage. Der Betrieb muss auch über eine gewisse Zeit unabhängig von der Netzversorgung laufen können, um den Patienten nicht zu gefährden. Die entsprechenden Geräte sind bereits am Markt erhältlich.

5.3 Systemerweiterungen

Es wird schnell klar, dass dieses Basissystem tatsächlich erst einen ersten Schritt darstellen kann. Wenn man sich die Anzahl der Fehlalarme anschaut, die die Ge-

räte auf der Intensivstation liefern, wird klar, dass damit kein effizientes System realisiert werden kann. Deshalb sollte an erster Stelle bei den Erweiterungen eine intelligente autarke Alarmauswertung im embedded PC beim Patienten vor Ort stehen. Darunter ist eine Auswertung aller Parameter und eine Vorverarbeitung der Alarme zu verstehen. Wenn z.B. das Beatmungsgerät meldet, dass es nur noch auf 80% arbeitet, aber sämtliche Atemparameter im normalen Bereich liegen und keinen Gradienten aufzeigen, muss nicht ein Alarm ausgelöst werden. Es reicht, wenn eine Meldung abgesetzt wird, dass der Geräteanbieter sich möglichst bald um das Gerät kümmert. Autark heißt in diesem Zusammenhang, dass das System zunächst selbst auswertet, bevor es einen Kontakt nach außen zur Leitstelle herstellt.

Es werden also bei Auftreten eines Alarms zunächst die anderen relevanten Parameter einem Quervergleich unterzogen, bevor tatsächlich ein Alarm weitergeleitet wird. Hier können die Methoden von wissensbasierten Systemen wie Fuzzylogik oder neuronale Netze zum Einsatz kommen. Möglicherweise lassen sich schon regelbasierte Ansätze in das Basissystem integrieren, um die Anzahl der Fehlalarme zu reduzieren. Dabei muss aber immer die Sicherheit des Patienten im Vordergrund stehen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Etablierung und Integrierung einer Alarmhierarchie von Bedeutung. An erster Stelle sollte immer der gefährlichste Alarm stehen, damit er nicht von unbedeutenderen überdeckt wird. So ist es für den Disponenten von größerer Bedeutung, dass auf dem EKG ein Flimmern zu erkennen ist, als das die Sauerstoffsättigung gleichzeitig unter 95 % gefallen ist. Also gerade für die Behandlung mehrerer gleichzeitiger Alarme ist die Alarmhierarchie wichtig. Alarme, die eine akut vital gefährliche Situation signalisieren, müssen dabei immer im Vordergrund stehen.

Die Speicherung der physiologischen und gerätetechnischen Daten im embedded PC legt die Verwendung dieser Daten unabhängig vom Alarmfall nahe. Für den betreuenden Arzt wäre es von Interesse, sich „mal kurz“ bei dem Patienten auf dem embedded PC einzuwählen und nachzuschauen, ob alles in Ordnung ist. Natürlich ersetzt dies nicht die regelmäßigen Hausbesuche des Arztes, führt aber zu einer weiteren Sicherheit für den Arzt und den Patienten. Denn der Arzt kann auf diese Weise die Werte häufiger kontrollieren. Dazu muss neben dem Frontend auf der Leitstelle ein komfortables Interface für den Arzt integriert werden, der sich von zu Hause, aus seiner Praxis oder aus dem Krankenhaus in den PC beim Patienten einwählt. Ebenso wäre ein Interface beim Patienten vor Ort sehr interessant. Somit könnten sich im Alarmfall der Rettungsdienst und der Notarzt die Werte anschauen, die zum Alarm geführt haben. Auch der Pflegedienst profitiert von einem solchen System. Er kann damit z.B. für den Pflegebericht jeden Morgen die physiologischen Werte für die Nacht aus dem PC übernehmen. Sinnvoller ist es, gleich eine elektronische Patientenakte, wie z.B. die MIT-Patientenakte [For02b], einzubinden. Die MIT Patientenakte steht online zur Verfügung und

Systemkonzept für die Intensivpflege in häuslicher Umgebung

hat verschiedene Zugriffsebenen. In diese Patientenakte könnte der Pflegedienst dann seine täglichen Eintragungen über das Interface beim Patienten vor Ort machen. In regelmäßigen Abständen (z.B. jede Nacht) leitet der embedded PC dann die Pflegedaten und aufgezeichneten Werte automatisch an die online Patientenakte weiter. Die Leitstelle sollte natürlich neben der direkten Verbindung zum PC beim Patienten auch Zugriff auf die Patientenakte haben, um im Alarmfall neben den aktuellen Werten auch die Patientengeschichte zur Verfügung zu haben. Damit können fundiertere Entscheidungen getroffen werden.

Alternativ könnte man überlegen, ob man im Alarmfall die Daten nicht sofort an die Patientenakte geschickt werden und die Leitstelle sich sämtliche Daten von dort holt. Sie würde eine Nachricht bekommen, dass ein Alarm vorliegt und der entsprechende Leitstellenrechner würde sich automatisch bei der online Patientenakte einwählen. Allerdings bedeutet die Zwischenschaltung der Patientenakte eine Stufe mehr, bis die Daten die Leitstelle erreichten. Hier gilt es sorgfältig abzuwägen, ob die Sicherheit einer schnellen Hilfe im Notfall gegeben ist, auch wenn Teile des Systems ausfallen oder es z.B. zu Verzögerungen bei der Datenübertragung im Internet kommt. Wenn diese Sicherheit gegeben ist, ist die Übertragung über die Patientenakte zur Leitstelle eine sehr elegante Lösung, denn damit sind die aktuellsten Werte in der online Patientenakte. Falls der Patient ins Krankenhaus muss, kann dieses über seinen Zugang zur Patientenakte sämtliche Werte, die zum Alarm geführt haben und die vorangegangenen, einsehen. Dies trägt für den Arzt im Krankenhaus zu einem umfassenderen Bild des Geschehens bei und erleichtert die Diagnose.

Neben dem Interface vor Ort und für den Arzt, ist auch ein Interface für den Geräteanbieter sinnvoll. Er bekommt einen beschränkten Zugang ausschließlich zu den Gerätedaten. Wenn etwas mit den Geräten nicht stimmt, ohne das der Patient gefährdet ist, kann die Alarmauswertung im embedded PC direkt den Geräteanbieter informieren, ohne erst über die Leitstelle gehen zu müssen. Auch eine Onlinewartung und ein Onlineservice der Geräte könnten realisiert werden.

Für alle Beteiligten wäre es interessant, auch Geräteeinstellungen über das Remoteinterface vorzunehmen. So könnte der Arzt z.B. bei einem Patienten, der stabiler ist, Alarmgrenzen weiter einschränken, um Abweichung vom normalen Zustand eher zu erkennen und dem Patienten somit eine höhere Sicherheit geben. Oder die Leitstelle könnte bei einem Alarm mit einer zu geringen Sauerstoffsättigung den Sauerstoffflow erhöhen, um damit die Zeit bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes zu überbrücken. Die Remoteeinstellung der Geräte erfordert aber ein Interface an den Geräten, dass dies zulässt. Wenn ein solches Interface vorhanden ist, kann langfristig auch darüber nachgedacht werden, ob die autarke automatische Auswertung im embedded PC nicht direkt Einstellungen an den Geräten ändern kann. Damit könnten verschiedene Regelkreise realisiert werden. Die Beatmung könnte z.B. an die jeweiligen aktuellen Bedürfnisse angepasst werden. Hier öffnet sich ein weites Feld von weiteren Anwendungen.

Allerdings muss besonders hier die rechtliche Situation genau beobachtet werden, die im Moment mit den technischen Möglichkeiten nicht Schritt halten kann.

Vom Hausnotruf ist bekannt, dass viele Fehleinsätze vermieden werden könnten, wenn der Leitstellendisponent ein Bild von der Situation beim Patienten hätte. Deshalb sollte nicht nur eine Sprechverbindung hergestellt werden, sondern auch Bilder übertragen werden. Dabei muss nicht notwendiger Weise eine Realtimeübertragung realisiert werden. Es würde schon genügen, alle 30 Sekunden ein Bild zu erhalten. Dies würde dem Leitstellendisponenten helfen, z.B. Diskontionen schnell zu erkennen. Außerdem trägt es zu dem Gesamtbild entscheidend bei, auf dessen Basis die notwendigen Maßnahmen eingeleitet werden.

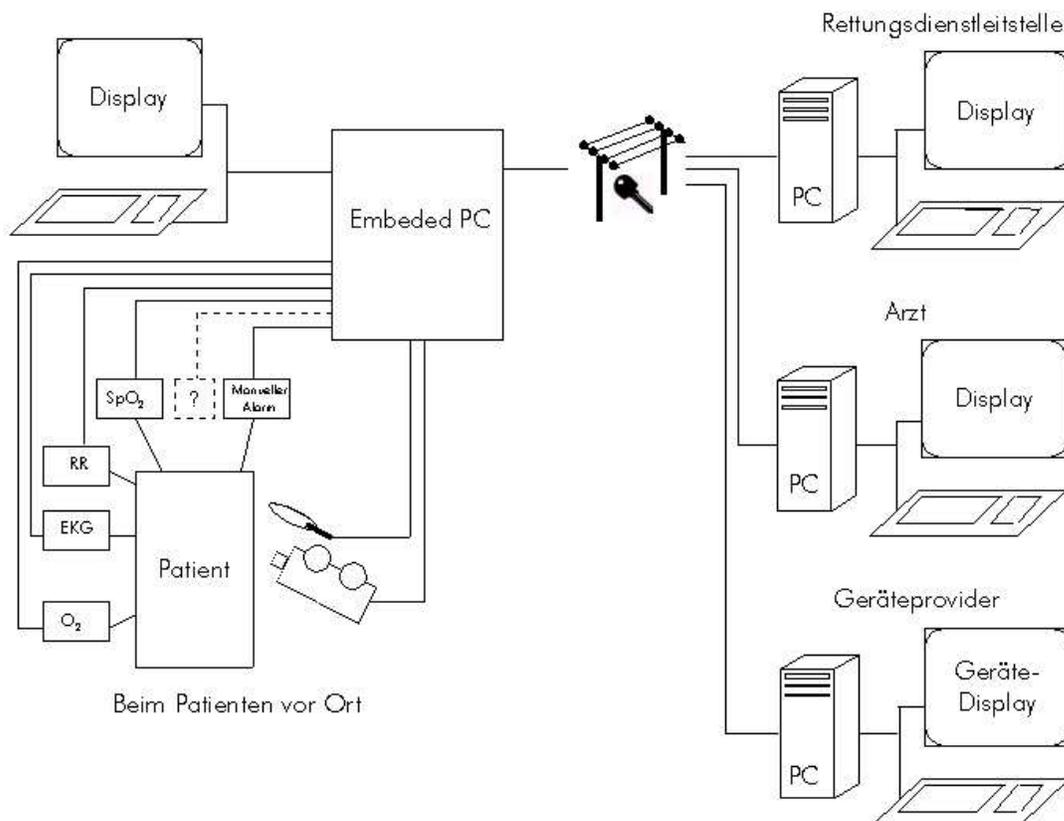


Abbildung 5.2: Strukturdiagramm des Systems mit Erweiterungen

Langfristig sollte auch daran gedacht werden, eigene Geräte speziell für den Einsatz im häuslichen Bereich zu entwickeln. Die Anforderungen zu Hause unterscheiden sich in einigen Punkten von denen in der Klinik. Anzustreben ist z.B. ein normiertes Schnittstellenprotokoll. Auch kann überlegt werden, für den

Systemkonzept für die Intensivpflege in häuslicher Umgebung

Datentransfer zum embedded PC eine Übertragung mit Bluetooth zu realisieren, um dem Patienten mehr Mobilität zu geben.

Das schlichte Basissystem aus Abbildung 5.1 ist in Abbildung 5.2 um einige wichtige Funktionen erweitert. Auf der linken Seite sind zu den Monitoringgeräten auch Möglichkeiten zur audiovisuellen Kommunikation hinzugekommen. Die Daten laufen alle im embedded PC zusammen, der die verschiedenen Aufgaben der Auswertung und Dokumentation bearbeitet. An den PC ist ebenso ein Interface direkt beim Patienten vor Ort angeschlossen. Auf der rechten, der remote Seite sind das Interface für den Arzt und den Geräteanbieter hinzugekommen.

Die Aufzählung von Möglichkeiten zur Systemerweiterung enthält Ideen, die bei der Arbeit an diesem System bis jetzt entstanden sind. Natürlich werden sich mit der Zeit immer neue Ideen einstellen, mit denen das System verbessert und erweitert werden kann. Durch den modularen Ansatz sollten sich auch solche Änderungen leicht in das System integrieren lassen.

5.4 Systemgrenzen

Dieses System ermöglicht Patienten, frühzeitig das Krankenhaus oder gar die Intensivstation zu verlassen und in ihre gewohnte häusliche Umgebung hinüber zu wechseln. Es ist sowohl für völlig immobilisierte Patienten als auch für Patienten, die eigentlich ohne Hilfe auskommen, aber für eine bestimmte Zeit am Tag auf medizinische Geräte angewiesen sind, einsetzbar. Dennoch hat es seine Grenzen. Um von den Vorteilen des eigenen Zuhauses zu profitieren, muss ein funktionierendes Zuhause vorhanden sein. Sonst kommt es zu zusätzlichen Stressoren, die die Genesung des Patienten behindern. Außerdem müssen oft die Angehörigen bereit sein, einen Teil an Verantwortung zu übernehmen. Das gilt besonders für beatmete Patienten, wo die Zeit bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes häufig zu lang ist. Dann müssen die Angehörigen unter Anleitung eines Leitstellendisponenten diese Zeit durch entsprechende Maßnahmen überbrücken.

Nur für langzeitstabile Patienten ist dieses System effektiv. Es macht keinen Sinn, instabile Patienten nach Hause zu verlegen. In diesem Fall würde sehr häufig Alarm ausgelöst und der Rettungsdienst müsste oft zu diesem Patienten. Das trägt weder zu der Verbesserung der psychologischen Situation des Patienten bei, noch hilft es die Ausgaben im Gesundheitssystem zu reduzieren. Deshalb muss der Arzt bei jedem Patienten vorsichtig abwägen, ob eine Verlegung in die häusliche Umgebung wirklich die gewünschten Vorteile bringt.

Natürlich kann dieses System nicht den Pflegedienst oder den Arzt vollständig ersetzen. Regelmäßige Hausbesuche werden weiterhin notwendig sein. Dennoch kann es einen Teil des Patientenmonitorings und der Patientenversorgung übernehmen und dem Patienten, den Angehörigen, dem Pflegepersonal und dem Arzt zusätzliche Sicherheit geben.

6 Erste Schritte zur Realisierung des Basissystems

Im Zuge dieser Studienarbeit wurde begonnen, ein Basissystem für den viereinhalb jährigen Patienten, der in Kapitel 3 vorgestellt wurde, zu realisieren.

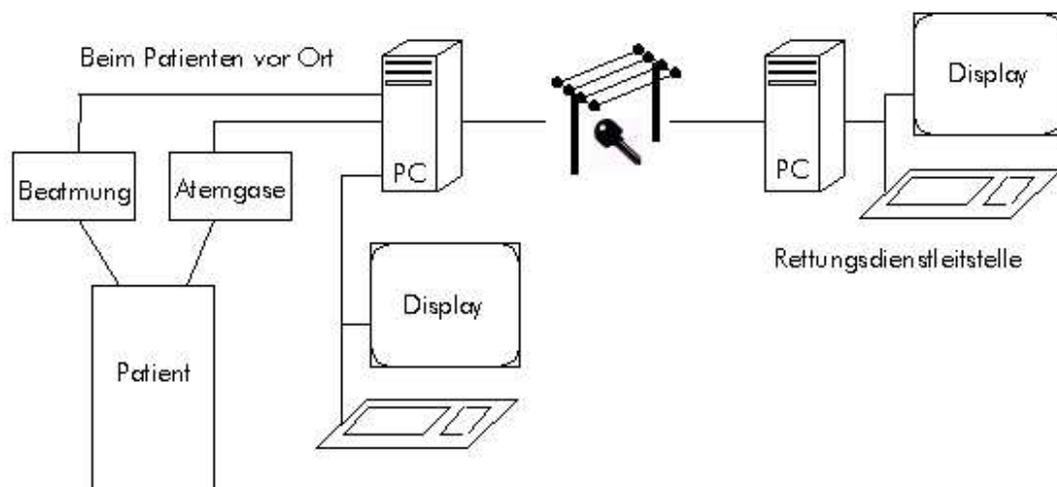


Abbildung 6.1: Strukturdiagramm des Systems für den 4,5 jährigen Jungen

Leider traten bei der Beschaffung der Geräte und der Datenprotokolle für die Schnittstellen große Probleme auf, die in der gegebenen Zeit erst am Ende oder gar nicht überwunden werden konnten. Deshalb konnten hier tatsächlich nur erste Erfahrungen gesammelt werden.

Nachts wird der Junge von einem Beatmungsgerät der Marke *Helia* der Firma Saime [Sai01] beatmet. Als Monitor für die Atemgase wird der *CO₂SMO 7100* der Firma Novamatrix [Nov01] eingesetzt. Diese Geräte galt es über die serielle Schnittstelle an einen PC anzuschließen. Im Gegensatz zu der *Helia* konnte für den *CO₂SMO* das Datenprotokoll für die Schnittstelle beschafft werden. Da das Gerät aber im Labor nicht zur Verfügung stand, wurde die Schnittstelle des

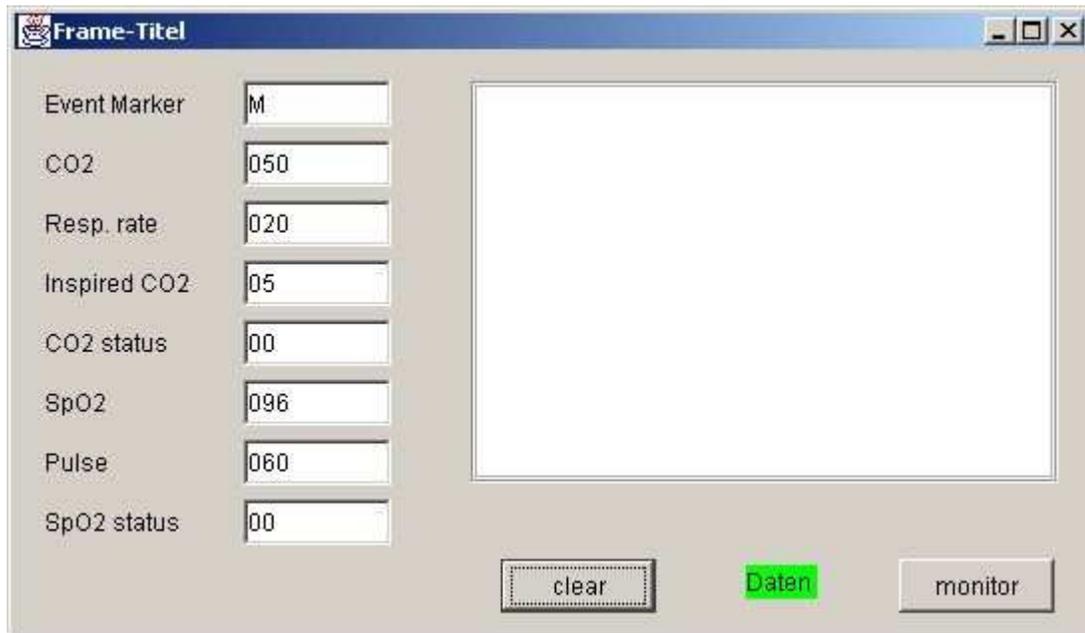


Abbildung 6.2: Bildschirmanzeige am Auswertungs-PC

CO_2SMO auf einem PC simuliert. Der CO_2SMO gibt folgende Daten über die serielle Schnittstelle aus:

- eingeatmete CO_2 Konzentration
- ausgeatmete CO_2 Konzentration
- Atemfrequenz
- Puls
- SpO_2
- Statusmeldungen

Die Statusmeldungen enthalten die vom Gerät ermittelten Alarmer. All diese Daten werden über die serielle Schnittstelle auf einen weiteren PC übertragen, der die Meldungen auswertet und auf einem Bildschirm darstellt. Das Programm zur Auswertung wurde in Java geschrieben. Hier soll von der Plattformunabhängigkeit von Java profitiert werden. Es ist damit zu rechnen, dass die verschiedenen Leitstellen verschiedene Betriebssysteme verwenden. Java Programme können leicht sowohl auf Windows als auch auf UNIX oder MacOS Oberflächen eingesetzt werden. Bei der Programmierung wurde für die Kommunikation über die serielle Schnittstelle das Java Comm API eingesetzt. Dieses Application Programming Interface ermöglicht die Ansteuerung der seriellen Schnittstelle.



Abbildung 6.3: Bildschirmanzeige am Auswertungs-PC mit Alarmen

Abbildung 6.2 zeigt den Bildschirm am Auswertungs-PC. Das Monitoring wird mit dem *Monitor* Button gestartet. In den Feldern auf der linken Seite werden die aktuellen Parameter und Statusmeldungen angezeigt. Dabei gibt der *Event Marker* an, ob Daten anliegen, also ein Event vorliegt oder nicht. Das grün hinterlegte Datenfeld signalisiert, dass im Augenblick Daten empfangen werden. Einzelne Meldungen werden in der großen Anzeige auf der rechten Seite dargestellt. Wenn, wie in Abbildung 6.2 noch keine Statusmeldungen vorlagen, ist es leer. Abbildung 6.3 zeigt die Anzeige mit Meldungen, wobei die entsprechende Uhrzeit vorangesetzt wird. Es liegen zwei Meldungen für 18:29:33 Uhr und zwei für 18:30:06 Uhr vor. Die übertragenen CO₂ und SpO₂ Statusmeldungen, die in den Feldern links zu erkennen sind, werden vom Programm automatisch in einer Fehlercode Tabelle nachgeschlagen. Im Anzeigefeld wird dann eine dazugehörige verständliche Textnachricht dargestellt.

Sobald in irgendeiner Form ein Alarm vorliegt, wird vom Programm sofort ein Alarmsymbol generiert, das deutlich sichtbar direkt unter dem Anzeigefeld erscheint. Wenn der Anwender die Fehler behoben hat, kann er die Meldungen mit dem *clear* Button aus dem Anzeigefeld entfernen.

Dies sind erste Schritte, die aber einen hoffnungsvollen Blick in die Zukunft erlauben.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass die Idee, die Möglichkeiten der Intensivstation in die gewohnte häusliche Umgebung zu bringen, für viele Seiten von großem Nutzen ist. Sowohl der Patient und die Angehörigen als auch die Krankenkassen, Pflegeanbieter und Geräteanbieter profitieren davon. Bis jetzt gibt es noch keine vergleichbaren Systeme auf dem Markt. Es wurde gezeigt, dass die technischen Möglichkeiten vorhanden sind. Ein Systemkonzept wurde vorgestellt und auch erste Teile realisiert. Die zum Teil neu gewonnenen externen Partner signalisierten großes Interesse.

Nun gilt es, zunächst das Basissystem vollständig fertigzustellen. Dieser Aufgabe wird am Institut für Medizinische Informationstechnik intensiv nachgegangen (vgl. [For02a]). Langfristig werden durch verschiedene Arbeiten die Erweiterungen realisiert.

Wenn der Einsatz des Basissystems erste Ergebnisse geliefert hat, wird man damit aktiv versuchen, die Krankenkassen und die Ärzte in den Krankenhäusern von dem System zu überzeugen.

Aus der schlichten Idee, die am Anfang stand, ist ein konkretes Projekt geworden. Das Projekt hat den schönen Namen *ELENA* erhalten. Primär steht das für ELEktronische NAchtwache. Dies geht auf den kleinen Jungen mit Undine-Fluch-Syndrom zurück. Er war der Anlass, dieses Projekt ins Leben zu rufen. Nachts wird er beim Schlafen beatmet und von einer Pflegekraft überwacht. Diese Pflegekraft soll von *ELENA* erst unterstützt und später weitestgehend abgelöst werden. *ELENA* übernimmt also letztendlich die Nachtwache und gibt dem kleinen Jungen und den Eltern die Sicherheit, in Ruhe schlafen zu können.

Gleichzeitig hat das Wort *Elena* aber auch eine sehr passende Etymologie. *Elena* ist die litauische Version von dem griechischen Namen *Helen*, der wiederum von *helios* abgeleitet ist und *Sonne* oder *hell und klar Scheinende* bedeutet. Die Sonne ist hier das Symbol für die Sicherheit, Geborgenheit und den Komfort, den das System *ELENA* dem Patienten in der häuslichen Umgebung gibt. Auch bei dem Linguisten J.R.R. Tolkien, dem Autor des großartigen Romans *Der Herr der Ringe*, ist der Name *Elena* zu finden. In der Sprache der Elben, die Tolkien entwickelt hat, ist *Elena* abgeleitet von dem Wort *el*, was soviel wie *Stern* heißt. Damit ist die Übersetzung für *Elena: von den Sternen*.

Literaturverzeichnis

- [A M01] A Med-World AG. *Homepage*. www.medicine-worldwide.de, Berlin, 2001. 4.1
- [And99] Arthur Andersen. *Krankenhaus 2015 - Wege aus dem Paragraphendschungel*. Arthur Andersen Managment Consulting, Hamburg, 1999. 2.1.2
- [Bec02] Becker J., Gebauer D., Maier-Hein L., Schwaibold M., Schöchlin J., Bolz A. *The wireless monitoring of vital parameters: a design study* *Biomedizinische Technik* 47. Biomedizinische Technik 47, 2002. 2
- [Bun02] Bundesregierung. *Neue, leistungsgerechte Vergütung der Krankenhausleistungen*. http://text.bundesregierung.de/nurtext/dokumente/Artikel/ix_53613.htm, 2002. 1
- [Chi01] Chiron Behring GmbH & Co. *Homepage*. www.polio.de, Marburg, 2001. 4.1
- [CYB00] CYBER-CARE INC. *Homepage*. www.cybercare.com, 2000. 2.2.1
- [Deu02] Deutsche Krebshilfe. *Deutsche Krebshilfe, Geschäftsbericht 2001*. Deutsche Krebshilfe, 2002. 4, 8
- [ECR99] ECRI. *Ventilators, Intensive Care*. Healthcare Product Comparison System, ECRI, 1999. 2
- [Edba] Edbrooke, Hibbert, Ridley, Long, Dickie. *The development and piloting of individual intensive care units ICNARC Working Party on Intensive Care Costs. Anaesthesia*. in der Presse, London. 1
- [Edbb] Edbrooke, Hibbert, Timme, Tintoré. *Intensive Care and Costing Methodologies*. Dräger Medizintechnik GmbH, Lübeck. (document), 2.1, 2.2, 1
- [Fie86] Field et al. *Tactile/kinesthetic stimulation effects on preterm neonates*. *Pediatrics*, 1986. 77. 654-658. 2.1.1

Literaturverzeichnis

- [For02a] Forschungszentrum Informatik, Medizinische Informationstechnik. *Homepage*. www.fzi.de/mit/projekte/intensiv/intensiv_inhalt.html, Karlsruhe, 2002. 7
- [For02b] Forschungszentrum Informatik, Medizinische Informationstechnik. *MIT-Patientenakte*. <http://mit.fzi.de/ipunkt>, Karlsruhe, 2002. 5.3
- [Gil91] Gilbertson, Smith, Mostafa. *The cost of an intensive care unit: a prospective study*. Intensive Care Medicine, 1991. 17. 204-208. 1
- [Hie91] Hierholzer und Schmidt. *Pathophysiologie des Menschen*. Edition Medizin, VCH, Weinheim, 1991.
- [IEE01] IEEE 1073 General Committee. *Homepage*. www.ieee1073.org, 2001. 2
- [Kla97] Klaschik E., Husebö S. *Palliativmedizin*. Anaesthesist, Springer Verlag, 1997. 46. 177-185. 4
- [Leb] Leber. *DRG-Fallpauschalen als Kern einer Reform der Krankenhausentgelte*. Arbeit und Sozialpolitik; Heft 3-4/99, S. 40-46. 2.1.2
- [Mas54] Maslow. *Motivation and Personality*. Harper, New York, 1954. 2.1.1
- [McK66] McKegney. *The intensive care syndrome*. Medicine 30, 1966. 2.1.1
- [Med00] Medi Report. *Starke Zunahme der Krebsfälle erwartet: Bald häufigste Todesursache*. <http://medi-report.de/nachrichten/2000/04/20000414-04.htm>, 2000. 8
- [Nov01] Novamatrix Medical Systems Inc. *Homepage*. www.novamatrix.com, Wallingford, USA, 2001. 6
- [Pat01] Patienten-Heimversorgung. *Homepage*. www.phv-dialyse.de, Bad Homburg v.d.H., 2001. 4.2
- [Pre02] Pressemitteilung des Bundesministeriums für Gesundheit. *Der Weg für die größte Strukturreform im Gesundheitswesen seit knapp 30 Jahren ist frei*. www.versicherungsnetz.de/news/Meldung.asp?Meldung=616, 2002. 1
- [Psc00] Pschyrembel. *Therapeutisches Wörterbuch*. de Gruyter, Berlin, 2000. 2. Auflage.
- [Psc01] Pschyrembel. *Klinisches Wörterbuch*. de Gruyter, Berlin, 2001. 259. Auflage. 4.1, 6, 4.1, 7, 4.2

- [Sac01] Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen. *Bedarfsgerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit, Band III*. Berlin, 2001. [2.1.2](#)
- [Sai01] Saime S.A. *Homepage*. www.saime.fr, Savigny le Temple, France, 2001. [6](#)
- [Sch00] Schmidt, Thews und Lang. *Physiologie des Menschen*. Springer, Berlin, 2000. 28. Auflage.
- [Sch01] Schreck. *Home and Hospital*. New York University, New York, USA, 2001.
- [Sch02] Schwaibold M., Gmelin M., von Wagner G., Schöchlin J., Bolz A. *Key factors for personal health monitoring and diagnosis devices*. H.B. Bludau, A. Koop (Hrsg.): *Lecture Notes in Informatics: Mobile Computing in Medicine*, Köllen Verlag, Bonn/Berlin, 2002. [2](#)
- [SHL01] SHL Telemedicine Ltd. *Homepage*. www.shahal.co.il, 2001. [2.2.1](#)
- [Sta01] Statistisches Bundesamt. *Homepage*. www.gestatis.de, Wiesbaden, 2001. [2.1.2](#)
- [Ste84] Steinbereithner und Bergmann. *Intensivstation, Intensivpflege, Intensivtherapie*. Thieme, Stuttgart und New York, 1984. 2. Auflage. [2.2.2](#)
- [Tel01] TeleLarm GmbH. *Homepage*. www.telalarm.de, 2001. [2.2.1](#)
- [The91] Thews, Mutschler und Vaupel. *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1991. 4. Auflage.
- [Urb99] Urban & Fischer. *Homepage*. www.roche-lexikon.de, München, 1999. [2.2.2](#)
- [Vit01] Vitaphone GmbH. *Homepage*. www.vitaphone.de, Mannheim, 2001. [2.2.1](#)
- [wis01] wissen.de GmbH. *Homepage*. www.wissen.de, München, 2001. [7](#)
- [Zan01] Zankl. *Definition für den Begriff "Gesundheitswesen"*. www.uni-kl.de/FB-Biologie/AG-Zankl/2/index2.htm, Kaiserslautern, 2001. ([document](#)), [2.1](#)