

Thomas Hilbel
Thomas M. Helms
Gerd Mikus
Hugo A. Katus
Christian Zugck

Telemetrie Szenarien im klinischen Umfeld

Telemetry in the clinical setting

Eingegangen: 18. Juli 2008
Akzeptiert: 30. Juli 2008

Prof. Dr. T. Hilbel (✉)
Fachhochschule Gelsenkirchen
Fachbereich Physikalische Technik
University of Applied Sciences
Department of Physical Engineering
Neidenburger Strasse 43
45877 Gelsenkirchen
Deutschland
Medizinische Klinik, Innere Medizin III:
Kardiologie, Angiologie und Pneumologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 410
69120 Heidelberg
Tel.: +49-6221/5639780
Fax: +49-6221/565514
E-Mail: Thomas.Hilbel@
med.uni-heidelberg.de

Dr. T. M. Helms
Deutsche Stiftung für chronisch Kranke
Fürth, Deutschland

Prof. Dr. med. Dipl. Phys. G. Mikus
Innere Medizin VI: Klinische Pharma-
kologie und Pharmakoepidemiologie
Universitätsklinikum, Medizinische Klinik
Heidelberg, Deutschland

Prof. Dr. H. A. Katus
Medizinische Klinik, Innere Medizin III:
Kardiologie, Angiologie und Pneumologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 410
69120 Heidelberg, Deutschland

Priv.-Doz. Dr. C. Zugck
Medizinische Klinik, Innere Medizin III:
Kardiologie, Angiologie und Pneumologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 410
69120 Heidelberg, Deutschland

► **Zusammenfassung** Die telemetrische Übertragung des Elektrokardiogramms wurde 1949 von Norman J. Holter erfunden. Bereits Anfang der 1960er Jahre wurde dann in Krankenhäusern die Patiententelemetrie eingesetzt. Die Telemetrie erlaubt eine frühzeitige Mobilisierung von Patienten mit kardiovaskulärem Risiko und der Notwendigkeit einer kontinuierlichen Überwachung. Heutzutage werden für die Telemetrie sowohl Systeme genutzt, die hersteller-spezifische UHF-Radiowellen-technologie zur Fernübertragung der physiologischen Parameter verwenden, als auch Systeme, die standardisierte digitale WLAN-Topologien des ISM-Hochfrequenz-Bands einsetzen. Moderne Systeme erlauben nicht nur die Ableitung eines Mehrkanal-EKGs, sondern auch die Übertragung von nicht-invasiven Blutdruckmessungen und der SpO₂-Sättigung. Die Messung des SpO₂ ist unabdingbar für die Fernüberwachung von Patienten mit Herzschrittmachern. Echte 12-Kanal EKG-Systeme sind für die Überwachung von Patienten in einer „Chest-Pain-Unit“ und bei der Überwachung von Probanden im Rahmen von Medikamenten-Zulassungsstudien von Vorteil. Moderne Systeme bieten dem Patienten durch ihr leichtes Gewicht und optimierte Patienten-

kabel ein Maximum an Tragekomfort. Entscheidend für die Systemwahl ist die genaue Erkennung von Arrhythmien. Kontinuierliche Echtzeit-Telemetrie-Systeme zur Überwachung chronisch Kranker im häuslichen Umfeld sind bei Nutzung des Potentials von Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) in Zukunft denkbar, derzeit aber noch nicht verfügbar. Zukunftsweisend ist die telemetrische Fernabfrage von Schrittmacherimplantaten. Sie ermöglicht eine Alarmierung bei Fehlfunktionen und eine rasche Geräte-Optimierung.

► **Schlüsselwörter** Telemetrie · kardiales Monitoring · Patientenüberwachung · EKG · elektromedizinische Technologie

► **Abstract** Telemetric cardiac monitoring was invented in 1949 by Norman J Holter. Its clinical use started in the early 1960s. In the hospital, biotelemetry allows early mobilization of patients with cardiovascular risk and addresses the need for arrhythmia or oxygen saturation monitoring. Nowadays telemetry either uses vendor-specific UHF band broadcasting or the digital ISM band (Industrial, Scientific, and Medical Band) standardized Wi-Fi network technology. Modern telemetry radio

transmitters can measure and send multiple physiological parameters like multi-channel ECG, NIPB and oxygen saturation. The continuous measurement of oxygen saturation is mandatory for the remote monitoring of patients with cardiac pacemakers. Real 12-lead ECG systems with diagnostic quality are an advantage for monitoring patients with chest pain syndromes or in drug testing wards. Modern systems are light-weight and deli-

ver a maximum of carrying comfort due to optimized cable design. Important for the system selection is a sophisticated detection algorithm with a maximum reduction of artifacts. Home-monitoring of implantable cardiac devices with telemetric functionalities are becoming popular because it allows remote diagnosis of proper device functionality and also optimization of the device settings. Continuous real-time monitoring at home for

patients with chronic disease may be possible in the future using Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) technology in Europe, but is currently not yet available.

► **Keywords** telemetry · cardiac monitoring · hospital monitoring · ECG · patient monitoring systems · wireless bedside monitoring · physiologic data · multi-band · diagnostic telemetry · wireless monitoring

Einleitung

Telemetrie bedeutet Fernmessung. Die Fernmessung von physiologischen Daten nennt man Bio-Telemetrie. Der folgende Artikel befasst sich mit der Telemetrie von Herzkreislaufparametern, insbesondere dem Elektrokardiogramm. Die Grundlagen für die Bio-Telemetrie entwickelte Norman Holter um 1949. Er gilt nicht nur als Erfinder des Langzeit-EKGs [13], sondern ihm gelang erstmals auch die drahtlose, telemetrische Aufzeichnung eines Elektrokardiogramms [14]. Holters erste Telemetrie-Einheit bestand aus einem 1-Kanal-EKG und wog ca. 34 Kilogramm. Die telemetrische Überwachung des Elektrokardiogramms wurde dann in Nordamerika ab den 1960er Jahren zunehmend in Krankenhäusern zur Patientenüberwachung, in der klinischen Forschung und in der Sportmedizin eingesetzt. Häufig wurden vor der Troponin-Ära [16] Patienten mit Brustschmerzen längere Zeit mittels Telemetrie zum Infarktausschluss überwacht [3, 17, 18, 20, 23]. Bis heute wird in den USA die Patiententelemetrie weitaus häufiger eingesetzt als in Deutschland.

Während sich die Notwendigkeit der mobilen Patientenüberwachung in Deutschland durch die Verkürzung der Liegezeiten wohl auf einem konstanten Niveau hält, gewinnt die Vitalparameter-Telemetrie auf dem Gebiet „Personal Health“ und vor allem auf dem Gebiet des Leistungs- und Freizeitsports zunehmend an Bedeutung. Zwischenzeitlich bieten Sportartikel- und Handy-Hersteller stilistische Sporthandys an, die in der Oberarmtasche verstaut werden und physiologische Daten von einem Pulsmessgerät und einem Schrittzähler empfangen. Herzschlag, verbrannte Kalorien und Geschwindigkeit können dann auf eine Internetseite transferiert und mit einem persönlichen Trainingsprofil abgeglichen werden (www.micoach.com). Außerdem können die biologischen Messwerte direkt auf dem Handydisplay dargestellt werden. Die Daten werden von den Sensoren mittels Bluetooth telemetrisch vom Körper an das Handy übertragen.

Stand der Technik bei der externen Patiententelemetrie im Krankenhaus

Ein Telemetrie-System besteht aus Telemetrie-Sendern und einer Zentrale, die die Signale mehrerer Sender empfangen und darstellen kann. Üblicherweise besteht die Patientenkomponente aus einem Mehrkanal-Telemetrie-Sender, die man je nach gewähltem Produkt um ein nichtinvasives Blutdruck-Messmodul NIPB und/oder um ein SpO₂-Sauerstoffmodul erweitern kann. Bei Herzschrittmacherpatienten reicht ein reines EKG-Monitoring nicht aus. Diese Patientengruppe muss mit einem zusätzlichen SpO₂-Telemetrie-Modul überwacht werden.

Heutzutage stehen für die Telemetrie sowohl Systeme, die herstellereigenspezifische digitale UHF-Radiowellentechnologien zur Fernübertragung der Vitalparameter nutzen, als auch Systeme, die standardisierte digitale WLAN-Topologien des ISM Hochfrequenz-Bands (Industrial, Scientific, and Medical Band) nutzen, zur Verfügung. Es ist die gleiche Technik, wie sie auch für drahtlose WiFi-Computerverbindungen eingesetzt wird. Durch Einsatz von WiFi-WLAN-Accesspunkten erspart man sich ggf. die zusätzliche Ausstattung des Krankenhauses mit RF-Antennen für die Patiententelemetrie. Es bedarf jedoch bei Mitbenutzung des WLAN spezieller Technologien, die die Patiententelemetrie gegenüber dem üblichen Datenverkehr priorisieren, denn die Meldung einer Arrhythmie darf nicht wegen einer hohen Netzlast verzögert werden. Bei Nutzung von WLAN können neben kleinen Telemetrie-Sendern auch große Multiparameter-Überwachungsmonitore genutzt werden. Multiparameter-Monitore sind zwar zu groß zum Tragen, können aber problemlos am Bett angebracht werden, sodass der Patient ohne Monitor-Systemwechsel lückenlos auf all seinen Behandlungswegen in einem mit WLAN ausgestatteten Krankenhaus überwacht werden kann. Die nahtlose Überwachung mittels eines einzigen Systems birgt aber auch gleichzeitig das derzeit technisch noch ungelöste Problem, dass der Patient seinen für ihn vorgesehenen Überwachungsbereich nicht

Abb. 1 Zeigt ein Telemetrie-System das UHF HF-Technologie nutzt. Die Signale werden vom Aufzeichnungssystem (links) über eine Hochfrequenzantenne an die Zentrale gesendet.

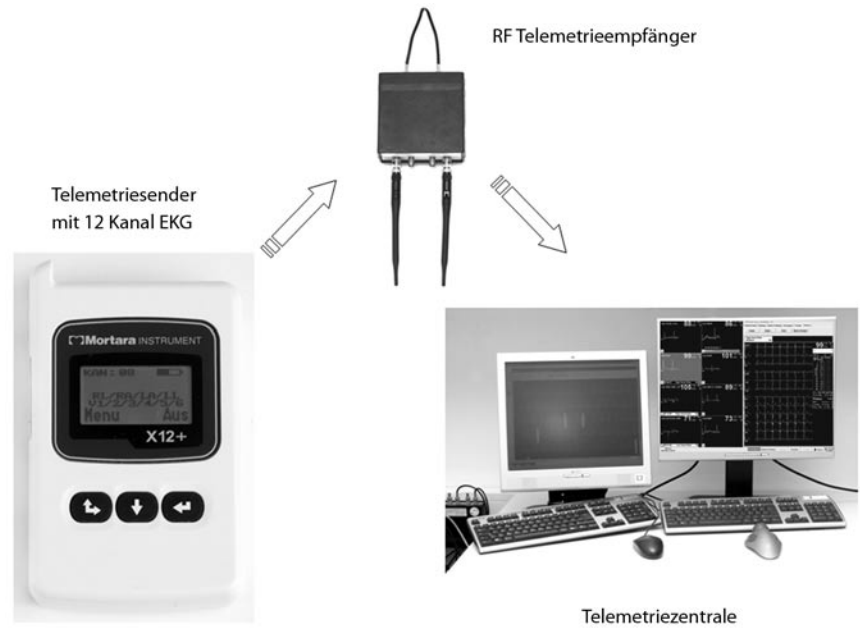
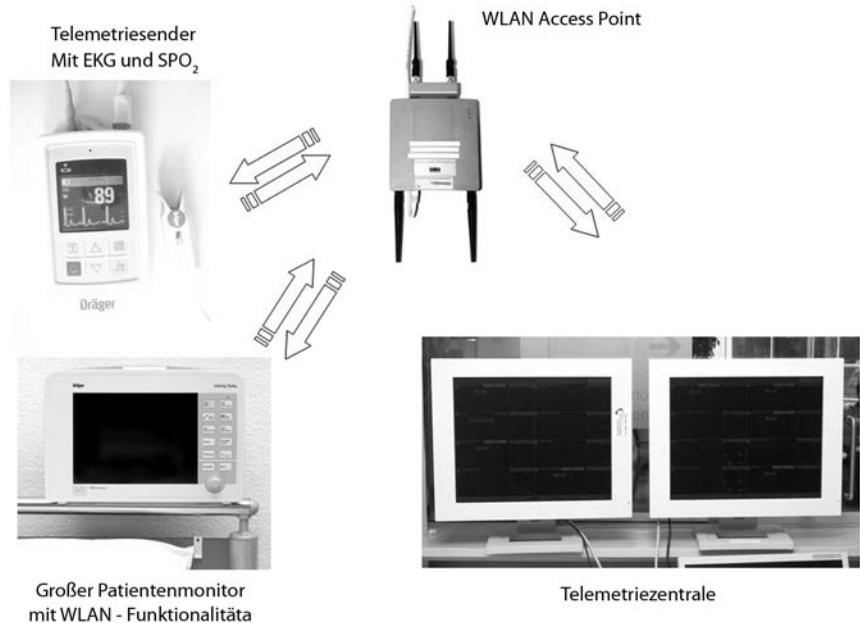


Abb. 2 Zeigt ein Telemetrie-System das WLAN nutzt. Bei diesem System können auch Multiparameter-Monitore eingesetzt werden. Dies ist von Vorteil, wenn der Patient mit dem Bett durchs Haus gefahren wird. Die Daten werden über einen WLAN-Accesspoint an die Zentrale weitergeleitet.



verlassen kann, ohne dass es an der Zentrale zu einem Signalverlust kommt. Im Falle einer Alarmierung besteht dann das Problem der schnellen Patientenortung.

Anforderungen für externe Patienten-Telemetrie-Systeme

Die Patientenmodule sollten für den Patienten den größtmöglichen Tragekomfort bieten. Weiter müssen

moderne Telemetrie-Geräte kompakt, leicht und weitgehend wasserdicht gemäß der Normklasse IPX7 sein. Die Batterienutzungsdauer sollte bei 18–24h liegen. Moderne Akkusysteme können Einmalbatterien überlegen sein. Die Telemetrie-Systeme sollten sowohl vom Personal als auch vom Patienten einfach zu bedienen sein. Die Elektrodenkabel sollten leicht und stabil sein. Beim Anlegen und Tragen sollte es nicht zum Kabelgewirr kommen. Komfortabel ist es, wenn man über einen Knopf am Telemetrie-Sender die Aufzeichnungen in der Telemetrie-Zentrale speichern und ausdrucken

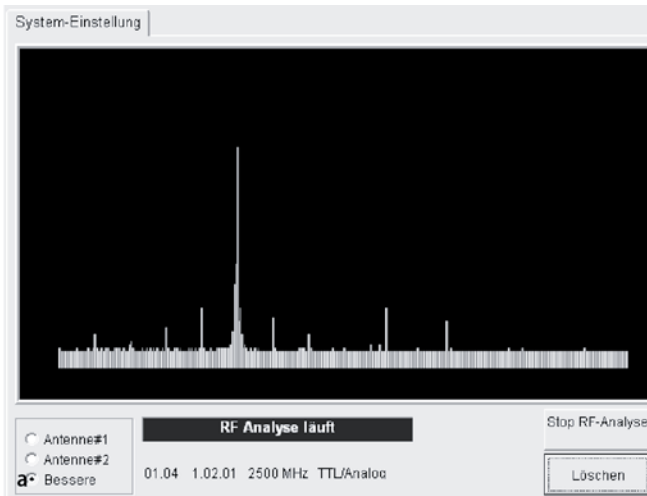


Abb. 3a zeigt als höchsten Peak das Sendefrequenzsignal eines RF-Telemetriesenders bei 2426,56 MHz.

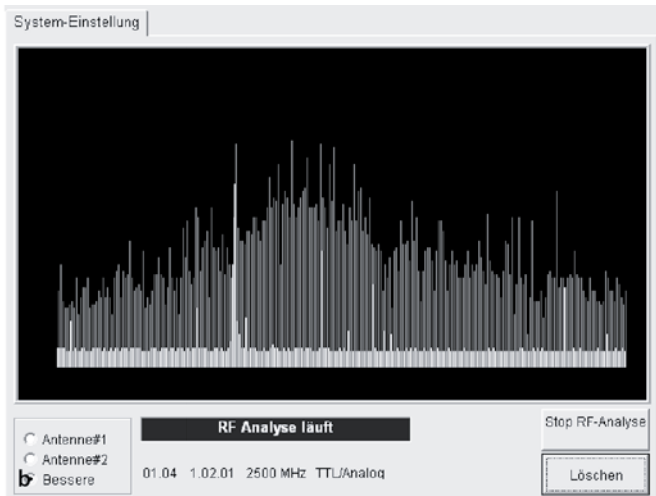


Abb. 3b zeigt neben dem Peak des Telemetriesenders aus Abb. 3a bei 2426,56 MHz Sendeaktivitäten im gesamten erlaubten Frequenzspektrum, wenn zusätzlich zum Patienten RF-Telemetriesender noch zwei Computer WLAN-Accesspoints aktiv sind.

cken kann. Unabdingbar ist ein Alarmknopf / Schwesternruf am Telemetrie-Sender. Von Vorteil ist es, wenn man von der Zentrale den Patienten Informationen zusenden kann. Die Anzahl der nutzbaren Sendekanäle, die auch gleichzeitig die Zahl der einsetzbaren Sender bestimmt, sollte möglichst hoch sein; z. B. 256 oder mehr Kanäle. Echte 12-Kanal EKG-Telemetrie-Systeme sind von Vorteil, wenn man häufig 12-Kanal-EKGs schreiben oder Ischämiepatienten überwachen muss. Zu beachten ist, dass ein aus 5 oder 6 Elektrodenableitungen errechnetes 12-Kanal-EKG nicht einem echten 12-Kanal-Standard-EKG entspricht. Aber auch ein nur am Torso mit 10 Elektroden abgeleitetes 12-Kanal-EKG entspricht nicht genau einem über die distalen Extremitäten abgeleiteten Standard-EKG [19].

Die Telemetrie-Zentrale sollte einfach zu bedienen sein. Sie sollte Weiterschaltung auf andere Zentralen und Satellitenmonitore erlauben. Auch das Schreiben und Drucken von Rhythmusstreifen, ggf. 12-Kanal Ruhe-EKGs muss unterstützt werden. Von Vorteil ist es, wenn die Systeme die Speicherung der Aufzeichnung über mehrere Tage und das Auswerten von Langzeit-EKG-Aufzeichnungen unterstützen. Entscheidend ist, dass sowohl die Telemetrie-Aufzeichnungseinheit als auch die Zentrale jegliche Art von Rhythmusstörungen und ggf. ST-Senkungen präzise erkennt und möglichst wenig Artefakte falsch positiv meldet. Die EKG-Algorithmen der Anlage müssen auch Schrittmacherrhythmen erkennen. Eine Exportfunktion und eine Archivierungsfunktion für die Daten sind von Vorteil. Für die schnelle retrospektive Datenanalyse ist die Klassifizierung von Alar-men in unterschiedliche Schweregrade / Kategorien wünschenswert.

Ein Problem, an dem derzeit noch geforscht wird, ist die Ortung des Patienten. Mit den in Entwicklung befindlichen Systemen kann man Patienten in einem Gebäude lokalisieren, wenn sie sich auf einem definierten Stockwerk aufhalten. Begibt sich der Patient auf eine andere Ebene, können die Telemetrie-Antennen oder WLAN Access Points bisher noch nicht erkennen, ob sich der Patient auf dem zur Überwachung festgelegten Stockwerk oder z.B. genau ein Stockwerk höher, aber genau oberhalb eines Telemetrie-Empfängers des darunterliegenden Stockwerks befindet. Möglicherweise kann in Zukunft der Einsatz von RFID-Technologie die Patientenortung vereinfachen.

Während in den U.S.A. von der Regulierungsbehörde für die medizinische Telemetrie drei spezifische Funkfrequenzen festgelegt wurden, von denen ein Bereich ausschließlich für die Patienten-Telemetrie bestimmt ist [11], gibt es in Europa für die externe Multiparameter-Telemetrie ein solches exklusives Frequenznutzungsrecht nicht. In den von der deutschen Netzaufsicht für die medizinischen Frequenzen festgelegten Frequenzbereichen ist das Betreiben anderer nicht-medizinischer Funktechnologien erlaubt. Zum Beispiel darf in Deutschland die UHF-Patienten-Telemetrie im gleichen Bereich wie ein Computer-WLAN betrieben werden. Damit die Funktechnologien in Europa sich nicht durch nicht-exklusive Frequenzband-Zuteilung beeinflussen, muss man die Patientensysteme durch eine entsprechend sorgfältige Sendekanalwahl konfigurieren. Die Abb. 3a und 3b zeigen das Problem von möglichen Interferenzen durch nicht-exklusive Frequenzband-Zuteilung in Europa. Abb. 3a zeigt als höchsten Peak das Sendefrequenzsignal eines RF-Telemetriesenders. Abb. 3b zeigt neben dem Peak

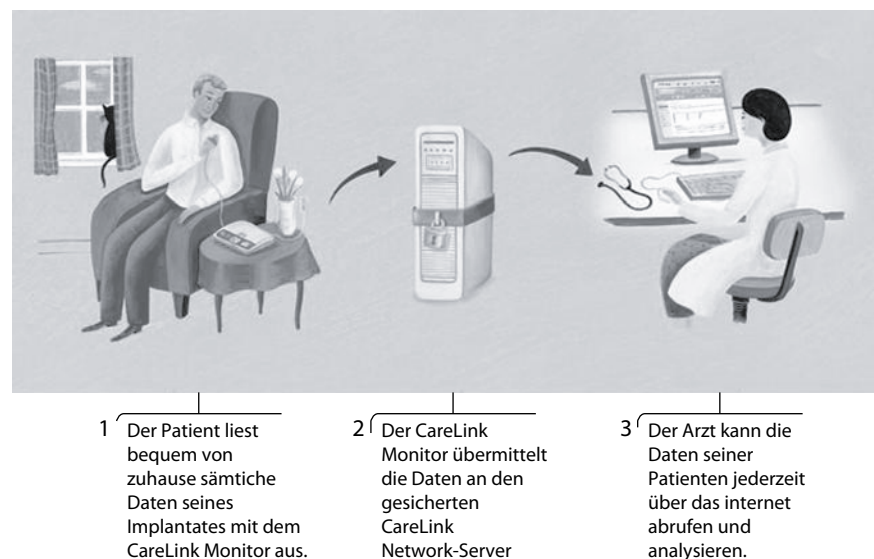
des Telemetriesenders aus Abb. 3a Sendeaktivitäten im gesamten erlaubten Frequenzspektrum, wenn zusätzlich zum Patienten-RF-Telemetriesender noch zwei Computer-WLAN-Accesspoints aktiv sind. Problematisch wird es, wenn über den Accesspoint noch Dienste wie herstellerepezifisches VOIP genutzt werden, die kontinuierliches Frequenz-Hopping (ein Frequenzspreizverfahren für die drahtlose Datenübertragung) einsetzen. Angemerkt sei noch, dass im häuslichen Umfeld für HiFi, Audio, Video, Festplatten und Drucker immer mehr Ultra-Wideband-Funktechnologien eingesetzt werden, deren Einfluss auf geschützte Funkdienste, wie medizinische Anwendungen, sich noch in der Beobachtungsphase befindet [2, 10].

Anforderungen für Implantat-Telemetrie-Systeme von Schrittmachern und ICDs

Moderne Telemetrie-Lösungen für Herzschrittmacher und implantierbare Kardiodefibrillatoren (ICDs) sowie Aggregate zur kardialen Resynchronisations-Therapie (CRTs), bestehen im Wesentlichen aus drei Komponenten:

- Sende- und Empfänger-Einheit im jeweiligen Implantat
- Patientenmonitor mit Sende- Empfänger-Einheit zur Kommunikation mit dem Implantat und Schnittstelle zum Telefon oder Mobilfunk
- Datenserver zur Sammlung und Verteilung der Information via Internet, Telefon, Fax oder E-Mail

Abb. 4 Schema zur Auslese von Daten mit einem System der 2. Generation (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Medtronic)



Telemetrie-Sende- und Empfänger-Einheit

Zur Übermittlung der Daten aus dem Implantat werden verschiedene Verfahren verwendet. Diese Verfahren kann man unterschiedlichen Generationen zuordnen.

■ Erste Generation

Übermittlung von Daten im Beisein des Arztes und des Patienten

- Housecall+ (SJM)
- transtelephonisch, online

■ Zweite Generation

Abfrage der Daten durch den Patienten und automatische telemetrische Übermittlung. Bei allen Implantaten werden mit Hilfe eines Programmiergerätes eigenständige Verfahren für die Auslese und Programmierung der Aggregate verwendet, die auf einer Nahfeld-Kopplung zwischen Auslesekopf und Implantat beruhen. Mit Hilfe dieser Schnittstelle können telemetrische Systeme Implantate auslesen. Dieses Verfahren erfordert die direkte Interaktion mit dem Patienten, der zur Auslese der Daten einen entsprechenden Abfragekopf über seinem Implantat platziert, da die Reichweite dieser Auslese auf wenige Zentimeter begrenzt ist. Solche Systeme, wie die Medtronic CareLink Network® Lösung, haben den Vorteil, dass nicht nur neu-implantierte Geräte telemetrisch genutzt werden können, sondern dass auch Patienten mit bereits implantierten Aggregaten problemlos in die telemetrische Lösung eingebunden werden können. Die Daten werden auf

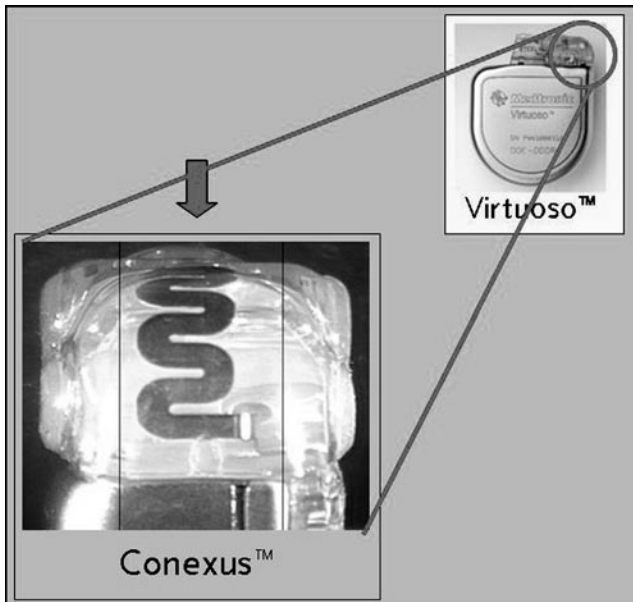


Abb. 5 ICD-Implantat der Fa. Medtronic mit Conexus Telemetrie Einheit und Antenne für die drahtlose Kommunikation zwischen Implantat und Patientenmonitor (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Medtronic)

den Datenserver übertragen und können später vom Arzt abgerufen und analysiert werden (Abb. 4).

■ Dritte Generation

Vollautomatische telemetrische Übermittlung der Implantat-Daten

Implantate der neuesten Generation verfügen zusätzlich über eine weitere drahtlose Kommunikationsschnittstelle, die eine Auslese über Distanzen von 10-25 Meter erlaubt. Für diese Schnittstelle wird ein spezielles Radio-Frequenzband (415 MHz) verwendet, das speziell für medizinische Applikationen freigegeben wurde, um eine Interferenz mit anderen Applikationen zu vermeiden. Geräte, die mit dieser Technologie ausgestattet sind, können automatisch, ohne Interaktion mit dem Patienten, mit dem Patientenmonitor Kontakt aufnehmen und sowohl System- wie auch Diagnose-Daten übermitteln. Somit kann das Implantat ausgelesen werden, ohne dass der Patient aktiv an der Auslese teilnimmt. Die Häufigkeit der Auslese des Aggregates hängt von der gewählten Telemetrie-Strategie des jeweiligen Herstellers ab. Hierbei kann man grundsätzlich zwei unterschiedliche Verfahren unterscheiden. Die Fa. Biotronik bietet ein System an, das täglich einen reduzierten Satz von Informationen an einen Server überträgt. Dieses Biotronik HomeMonitoring® System kann als System der dritten



Abb. 6 Patientenmonitor der Fa. Medtronic mit Auslesekopf (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Medtronic)

Generation angesehen werden, da es vollautomatisch Daten übermittelt, die dann weiter ausgewertet werden können.

Andere Systeme der dritten Generation, wie das Medtronic CareLink System in Verbindung mit Conexus™ Telemetrie-Technologie (Abb. 5), benutzen eine Ereignis-getriggerte Übermittlung, die durch vollautomatische Alarmierungs-Algorithmen erzielt werden. Aggregate dieses Herstellers ermitteln vollautomatisch kritische Zustände des Systems, anhand diagnostischer Daten auch kritische Zustände des Gesundheitszustandes des Patienten. Sie übermitteln nur dann hochwertige diagnostische Daten, wenn ein Patienteneingriff erforderlich ist. Das reduziert die zur Übermittlung notwendige Batterieenergie und gleichzeitig die Datenflut, die vom behandelnden Arzt begutachtet werden muss.

Der Patientenmonitor für Implantat-Telemetrie von Schrittmachern und ICDs

Das Herzstück der telemetrischen Lösung für den Patienten stellt der so genannte Patientenmonitor dar. Der Patientenmonitor liest die Daten aus dem Implantat aus und übermittelt sie über eine Telefonverbindung an einen Datenserver, auf dem die Daten gespeichert und an den medizinischen Anwender weitervermittelt werden. Abb. 6 zeigt den Patientenmonitor der Fa. Medtronic mit dem Auslesekopf für die Auslese von Implantaten der zweiten Generation. Dieses System benutzt zur Übermittlung der Daten eine analoge Telefonverbindung oder eine ISDN-Fax-Leitung. Die Fa. Biotronik verwendet für die Übermittlung der Daten an den Server anstelle einer analogen Telefonverbindung eine Mobilfunklösung. Dieses System hat den Vorteil, dass kein Telefonanschluss im Haus des Patienten nötig ist und eine höhere Mobilität des Patienten



Abb. 7 zeigt den GSM-Patientenmonitor der Fa. Biotronik (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Biotronik)

ten ermöglicht wird. Die Abb. 7 zeigt den GSM Patientenmonitor der Fa. Biotronik.

Der Datenserver für die Implantat-Telemetrie von Schrittmachern und ICDs

Der Zugriff auf die Daten wird heute durch unterschiedliche Verfahren gewährleistet. Die Fa. Biotronik informiert den Arzt mit einem stark reduzierten Datensatz über E-Mail oder Fax. Die versendete Information ist auf einige wichtige Systemparameter und diagnostische Daten begrenzt und kann sowohl an den behandelnden Arzt als auch an Zuweiser und Hausärzte versendet werden. Bei Systemen, die eine vollständige telemetrische Abfrage aller System- und Diagnose-Daten ermöglichen, sind die Anforderungen und Möglichkeiten ungleich höher. Als Beispiel kann das CareLink Network System dienen, das als einziges als System zur telemetrischen Nachsorge angesehen werden kann. Zwischen einer Abfrage des Implantates über ein Programmiergerät und der Abfrage über das CareLink System besteht kein Unterschied. Die ausgelesenen Daten beinhalten neben den Informationen zum Batteriestatus auch alle Programmierparameter, die EGM-Aufzeichnungen während der Abfrage, alle aufgezeichneten arrhythmischen Episoden, beispielsweise bei Vorhofflimmern (AF), ventrikulären Tachykardien (VT) und ventrikulären Flimmer(VF)-Episoden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die übermittelten Informationen.

Tabelle 1 Übersicht der Daten, die mit dem Medtronic CareLink System übertragen werden

Current EGM	Aktuelles intrakardiales EKG (2-4 Ableitungen)
Quick Look™	Schnellübersicht des Status des Aggregates
Cardiac Compass® Trends	Zusammenfassung der diagnostischen Daten Mittlere Herzfrequenz (Tag und Nacht) Herzfrequenzvariabilität Patientenaktivität Verlauf und Häufigkeit Vorhofflimmern
Battery and Lead Status	Batteriestatus, Ladezeiten, Reizschwellen
Lead Trends	Verlauf der Elektrodenimpedanzen
All Parameter Settings	Übersicht aller programmierten Parameter
Counters	Auflistung aller Zähler, z.B. Episoden, Therapieabgaben
AT/AF Summary	Zusammenfassung der Information der Vorhoffarrhythmien, z.B. Anzahl Zeitliche Verteilung Episoden EGM (intrakardiales EKG)
Rate Histograms	Histogramm zur Verteilung der Herzfrequenz
Heart Failure Management	Zusammenfassung der diagnostischen Daten zur Beurteilung des Status der Herzinsuffizienz einschließlich der Messung der trans-thorakalen Impedanz zur Vorhersage der Dekompensation (Optivol-Information)
Patient Alert	Parameter zu akustischen Warnhinweisen an den Patienten und zur automatischen telemetrischen Übermittlung von Warnhinweisen
Patient Information	Information zum Patienten und zum Aggregat

Anwendungen

Telemetrische Anwendungen und Telemedizin allgemein spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Gesundheitswesen (siehe Beitrag von M. Oeff et al. in diesem Heft). Eine Vielzahl von Studien hat belegt, dass eine telemetrische Betreuung von Patienten die Qualität der Versorgung bei gleichzeitiger Kostenersparnis deutlich verbessern kann [24]. Unter der Vielzahl der telemetrischen Anwendungen nimmt die telemetrische Auslese von Herzschrittmachern, implantierbaren Cardioverter Defibrillatoren (ICDs) und Geräten zur kardialen Resynchronisation (CRT-Ds) eine Vorreiterrolle ein. Weltweit sind schätzungsweise bereits mehr als 400.000 Patienten mit einem kardialen Implantat an eine telemetrische Plattform angeschlossen, und die Zahl steigt kontinuierlich an. Die telemetrische Auslese der Implantate erlaubt einerseits die Überwachung der Gerätefunktion, so dass ein sicherer Betrieb und eine optimale Einstellung der Aggregate gewährleistet werden kann, andererseits können mit Hilfe moderner Telemetrie-Technologien die umfangreichen diagnostischen Informationen, die von den Implantaten ermittelt werden, dem Arzt zeitgerecht zur Verfügung gestellt werden. Diese diagnostischen Daten erlauben ein verbessertes Patientenmanagement, beispielsweise bei der Behandlung von Herzrhythmusstörungen sowie der

patientenindividuellen Einstellung der Medikation mit telemetrischer Nachsorge.

Anders verhält es sich mit der Datenlage zur kontinuierlichen telemetrischen EKG-Überwachung in Krankenhäusern und in Rehabilitationskliniken, denn hier ist die Durchführung prospektiver, ggf. randomisierter Studien durch geringe Ereignisraten und den daraus resultierenden erforderlichen hohen Patientenzahlen für Studien limitiert. Aufgrund mangelnder, durch wissenschaftliche Studien belegte Daten gibt es derzeit keine evidenzbasierten formalen Richtlinien zum ausschließlich telemetrischen Patientenmonitoring im Krankenhaus. Telemetrisches EKG-Monitoring im Krankenhaus eignet sich für alle Patienten, die überwacht und mobilisiert werden müssen. Expertenempfehlungen zum EKG-Monitoring generell wurden zuletzt 2004 vom AHA herausgegeben/veröffentlicht [6]. Die Richtlinien des ACC zum kardialen Monitoring im klinischen Umfeld von 1991 sind schon etwas älter [15]. Entscheidend ist, dass jeder Patient mit einer kardialen Risikokonstellation im Krankenhaus lückenlos in Bezug auf Arrhythmien, ggf. auf SpO₂-Sättigung, ST-Streckenveränderungen und QT-Intervallveränderungen überwacht werden kann. Estrada et al. erforschten mehrfach die Wertigkeit des telemetrischen EKG-Monitoring im Krankenhaus [7, 8, 9]. Sie wiesen darauf hin, dass bei Patienten, die wegen Arrhythmien in die Notaufnahme eingewiesen wurden, entgegen den alten Richtlinien des ACC von 1991 [15], ein kontinuierliches EKG-Monitoring indiziert ist, um eine schnelle und optimale Patientenbehandlung durchführen zu können. Curry et al. führten eine retrospektive Untersuchung zum effektiven Einsatz von Telemetrie-Systemen durch [4]. Sie kamen in ihrer Untersuchung zum Schluss, dass Telemetrie-Überwachung häufig bei Patienten ohne Indikation gemäß ACC Indikationen von 1991 eingesetzt wird, Kriterien für den optimalen Einsatz durch prospektive Studien somit noch erarbeitet werden müssten. Entscheidend für die telemetrische Patientenüberwachung ist, dass das Pflegepersonal die auftretenden Arrhythmien, ST- oder QT-Veränderungen zu interpretieren weiß und an die behandelnden Ärzte sofort meldet. Pelter et al zeigten, dass Patienten mit durch 12-Kanal EKG-Monitoring festgestellten ST-Ereignissen ein achtmal höheres Risiko für kardiovaskuläre Komplikationen während des Krankenhausaufenthaltes haben als solche ohne ST-Veränderungen [21]. Goldman et al haben ein Risiko-Vorhersage-Werkzeug erarbeitet, um festzulegen, welche Patienten, die sich in der Notfallaufnahme

mit Brustschmerzen melden, mittels kontinuierlichem EKG überwacht werden sollten [12]. Teilnehmer an klinischen Studien mit Arzneimitteln unterliegen einer besonderen Sorgfaltspflicht, da die klinische Prüfung eines Arzneimittels gemäß §40 Arzneimittelgesetz nur dann durchgeführt werden darf, wenn die vorhersehbaren Nachteile und Risiken gegenüber dem Nutzen für diese Person ärztlich vertretbar sind. Insbesondere bei Erstanwendungen – vor allem mit monoklonalen Antikörpern – sollten die Teilnehmer der Studie engmaschig kontrolliert werden [22]. Die zu messenden Parameter sind – je nach Produkt – individuell festzulegen. Neben klinischen Parametern sind dies relevante Sicherheits- und Pharmakodynamik-Messungen, dazu gehört auch die kontinuierliche EKG-Überwachung und –Registrierung mittels Telemetrie. Dies ist eines der Standardverfahren, wenn es sich um kardioaktive Substanzen in der frühen klinischen Entwicklung handelt.

Schlussbemerkung

Kurze Krankenhausliegedauern in Deutschland begrenzen die Notwendigkeit und den Einsatz von telemetrischen Patienten-Monitorssystemen. Auch unterliegt die Ausstattung mit Patienten-Telemetrie häufig ökonomischen Aspekten. Andererseits kann man durch kontinuierliches Monitoring Leistungen wie eine zusätzliche Langzeit-EKG- oder Langzeit-Blutdruck-Analyse einsparen, wenn man die bei der Telemetrie erhobenen Daten entsprechend speichert und analysiert. Auf pharmakologischen Probandenstationen ist eine Überwachung von großem Nutzen, da sie den gesunden Probanden ein Maximum an Bewegungsspielraum gibt. Der Einsatz von kontinuierlichen Überwachungssystemen im häuslichen Umfeld chronisch Kranker oder gefährdeter Patienten ist derzeit noch nicht realisiert, könnte in Zukunft aber möglicherweise mit den gleichen Techniken, wie es das neue digitale Fernsehen nutzt – Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) – realisiert werden [1], wobei dann noch Telemedizin-Zentren mit der Infrastruktur für Echtzeit-Monitoring und Noteinsatz-Aktivierung zur Verfügung stehen müssten. Zukunftsweisend ist die telemetrische Fernabfrage von Schrittmacherimplantaten und implantierbaren Cardiovertern/Defibrillatoren, sie ermöglichen eine Alarmierung bei Fehlfunktionen und eine rasche Geräteoptimierung.

Literatur

- Angius G, Pani D, Raffo L, Randaccio P (2008) A DVB-T Framework for the remote monitoring of cardiopathic and diabetic patients. *Computers in Cardiol, PC2-3*
- Bundesnetzagentur (2008), Frequenzen für Ultrawideband-Technologie bereitgestellt. Breitbandige Datenübertragung damit für jedermann möglich. Pressemitteilung 16.1.2008 Quelle: www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12430.pdf, 30.7.2008
- Cerkez CT, Steward GT, Manning GW (1965) Telemetric Electrocardiography. *Can Med Assoc J* 93: 1187–1199
- Curry JP, Hanson CW, Russel MW, Hanna C, Devine G, Ochroch EA (2003) The use and effectiveness of Electrocardiographic telemetry monitoring in a community hospital general care setting. *Anesth Analg* 97: 1483–1487
- Draft Guidance for Industry and FDA Staff Radio-Frequency Wireless Technology in Medical Devices CDRH FDA (2007) Quelle: www.fda.gov/cdrh/ose/guidance/1618.pdf, 1.8.2008
- Drew BJ, Califf RM, Funk M, Kaufman ES, Krucoff MW, Laks MM, Macfarlane PW, Sommargren C, Swiryn S, Van Hare GF (2004) Practice Standards for Electrocardiographic Monitoring in Hospital Settings: An American Heart Association Scientific Statement From the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young: Endorsed by the International Society of Computerized Electrocardiology and the American Association of Critical-Care Nurses. *Circulation* 110: 2721–2746
- Estrada CA, Prasad NK, Rosman HS, Young MJ (1994) Outcomes of Patients Hospitalized to a Telemetry Unit. *Am J Cardiol* 74: 357–362
- Estrada CA, Rosman HS, Prasad NK, Battilana G, Alexander M, Held AC, Young MJ (2000) Evaluation of Guidelines for the Use of Telemetry in the Non-Intensive-Care- Setting. *J Gen Int Med* 15: 51–55
- Estrada CA, Rosman HS, Prasad NK, Battilana G, Alexander M, Held AC, Young MJ (1995) Role of Telemetry Monitoring in the Non-Intensive Care Unit. *Am J Cardiol* 76: 960–965
- EU-Aktuell (2006) Europaweiter Gebrauch drahtloser Geräte. Quelle: ec.europa.eu/Deutschland/press/pr_releases/index_6792_de.htm, 4.7.2008
- FDA, About Wireless medical telemetry (2002). <http://www.fda.gov/cdrh/emc/wmt/wmt-about.html>, 3.7.2008
- Goldman L, Cook E, Johnson P, Brand D, Rouan G, Lee T (1996) Prediction of the Need for Intensive Care in Patients who come to Emergency Departments with acute Chest Pain. *New Engl J Med* 334: 1498–1504
- Holter NJ (1961) New Method for Heart Studies. Continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. *Science* 134: 1214–1220
- Holter NJ, Gengerelli JA (1949) Remote recording of physiological data by radio. *Rocky Mountain Med J* 46: 747–751
- Jaffe AS, Atkins JM, Field JM, Francis CK, Gibson RS, Goldberg SJ, Guerci AD, Mentzer RM jr, Ornato JP, Passamani ER, Shah, PK, Smith HC, Weaver WD (1991) Recommended Guidelines for In-Hospital Cardiac Monitoring of Adults for Detection of Arrhythmia. *J Am Coll Cardiol* 18: 1431–1433
- Katus HA, Remppis A, Neumann FJ, Scheffold T, Diederich KW, Vinar G, Noe A, Matern G, Kuebler W (1991) Diagnostic efficiency of Troponin T measurements in acute myocardial infarction. *Circulation* 83: 902–912
- Lipskis DJ, Dannehl KN, Silverman ME (1984) Value of Radiotelemetry in a Community Hospital. *Am J Cardiol* 53:1284–1287
- Mac Innis HF (1954) The Clinical Application of Radioelectrocardiography. *Can Med Assoc J* 70: 574–580
- Mason RE, Likar I (1966) A new system of multiple-lead exercise elektrocardiography. *Am Heart J* 71: 196–205
- Norris RM, Bensley KE, Caughey DE, Scott PJ (1968) Hospital Mortality in Acute Myocardial Infarction. *Br Med J* 3: 143–146
- Pelter MM, Adams MG, Drew BJ (2002) Association of transient myocardial ischemia with ad-verse in-hospital outcomes for angina pectoris treated in a telemetry unit or a coronary care unit. *Am J Crit Care* 11: 318–325
- Schneider CK, Kalinke U (2007) Nach dem TGN1412-Zwischenfall: Prinzipien der Bewertung von First-in-Man-Studien mit monoklonalen Antikörpern durch das Paul-Ehrlich-Institut. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 50: 1213–1220
- Woodward GM, Gillespie IA (1970) Monitoring of ambulance patients by radio telemetry. *Can Med Assoc J* 102: 1277–1279
- Zugok C, Nelles M, Frankenstein L, Schultz C, Helms T, Korb H, Katus HA, Remppis A (2005) Telemedizinisches Monitoring bei herzinsuffizienten Patienten. *Herzschr Elektrophys* 16:176–182