

# Schrittmacher und interne Defibrillatoren mit kardiotelemedizinischer Unterstützung

Seit 50 Jahren werden Herzschrittmacher zur Therapie von bradykarden Herzrhythmusstörungen genutzt. In diesem Zeitraum fand eine gewaltige technologische Entwicklung statt (z. B. Zweikammerschrittmacher, Frequenzadaptation, Holterfunktion usw.). 1980 wurde der erste implantierbare Kardioverter/Defibrillator (ICD) bei einem Menschen zur Sekundärprävention des plötzlichen Herztodes implantiert. Inzwischen haben die technischen Entwicklungen eine Verkleinerung der Aggregate und eine problemlose transvenöse Implantation ermöglicht. Durch die Ergebnisse der 2002 publizierten MADIT-II-Studie wurde die Indikation zur ICD-Implantation auf die Primärprävention des plötzlichen Herztodes bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit erweitert [1]. Die ICD-Implantation verbessert die Überlebensraten dieser Patienten. In den 1990er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde die biventrikuläre Stimulation in die Therapie der chronischen Herzinsuffizienz eingeführt. Mit der kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) konnte bei Patienten mit verbreiterten Kammerkomplexen und schlechter linksventrikulärer Pumpfunktion eine Verbesserung der Herzinsuffizienz-bedingten Symptomatik erreicht werden [2]. Für die Herzschrittmacher-, ICD- und CRT-Therapie (Devicetherapie) gibt

es heute gesicherte, in Leitlinien definierte Indikationen [3, 4, 5].

In den letzten Jahren ist die Anzahl der Implantationen von Herzschrittmacher-, ICD- und CRT-Systemen stetig angestiegen. In den USA zeigt sich seit 2001 ein starker Anstieg der ICD- und CRT-Implantationszahlen. Die Devicetherapie wird zunehmend auch bei älteren und multimorbiden Patienten eingesetzt [6].

Trotz der Verbesserung der Implantations- und der Gerätetechnik muss mit Komplikationen gerechnet werden. So konnten Alter und Mitarbeiter in einer Studie mit 440 ICD-Patienten eine Komplikationsrate von 31 % während eines Follow-ups über 46 (+/-36) Monate ermitteln. Diese umfasste perioperative Komplikationen (10 %), inadäquate Schockabgaben (12 %), durch die ICD-Elektrode bedingte Komplikationen (12 %) und aggregatbedingte Komplikationen (6 %) [7]. In einer Analyse der US-amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) fanden sich jährliche Explantationsraten technisch defekter Herzschrittmacher bzw. ICDs von 1,4–9,0/1000 Implantationen (Herzschrittmacher) bzw. 7,9–38,6/1000 Implantationen (ICDs). Während die Zahl an Fehlfunktionen bei den Herzschrittmachern im Zeitraum von 1990–2002 abnahm, stieg diese Rate bei den ICDs. Die Rate deviceassoziiierter

Fehlfunktionen war bei ICD-Systemen signifikant höher [8]. Die aktuellen Entwicklungen und Probleme in der Devicetherapie sind in der **Übersicht 1** zusammengefasst.

Aus den dargestellten Entwicklungen und Problemen ergibt sich die Forderung nach einer sicheren und effektiven Überwachung und Betreuung dieser Patienten (**Übersicht 2**). Ein telemedizinisches Monitoring erscheint geeignet, um diese Forderungen zu erfüllen. Prinzipiell gibt es 3 verschiedene Szenarien (Self-Monitoring, Remote-Monitoring, Retro-Monitoring) für die telemedizinische Überwachung von Patienten (**Abb. 1**) [9].

Beim Self-Monitoring sendet der Patient Daten an ein Zentrum und bekommt von dort eine elektronische Bestätigung. Das Remote-Monitoring gestattet es den Patienten, aktiv eine Verbindung über ein Interface mit dem telemedizinischen Zentrum aufzubauen. Damit ist – wie bei einer Routinenachkontrolle – eine Fernabfrage des Gerätes möglich. Beim Retro-Monitoring werden Daten aus dem Herzschrittmacher, ICD oder CRT-System automatisch über ein Interface an ein Servicecenter übertragen. Dort erfolgt eine Aufbereitung der Daten, die dann dem Arzt als SMS, Fax oder über eine Internetplattform präsentiert werden [9]. Für die telemedizinische Überwachung von Pati-

Übersicht 1

**Aktuelle Entwicklungen und Probleme in der Herzschrittmacher- und ICD-Therapie**

- Ansteigende Zahl an Implantationen (insbesondere von ICD- und CRT-Systemen)
- Zunehmende Zahl an Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen in der Nachsorge – Anzahl der Nachsorgen, Kontrollintervalle, Transportwege, steigende Kosten
- Hoher Anteil an älteren, multimorbiden Patienten
- Trend zur automatisierten Nachsorge (z. B. automatische Reizschwellenbestimmung) und zu neuen diagnostischen Möglichkeiten (z. B. Thoraximpedanzmessung) – Ausschöpfung der Potenziale aus diesen Entwicklungen
- Zunehmend komplexe Systeme, die spezielle Kenntnisse vom Arzt erfordern – Nachsorge von Spezialisten
- Gefahr deviceassoziiertes Fehlfunktions (schnelle Produktentwicklung, hoher „turn over“ der Geräte, hochkomplexe Aggregate) – Patientensicherheit

Übersicht 2

**Forderungen nach einer sicheren und effizienten Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen**

- Patientensicherheit (z. B. Aggregatintegrität, Batterielaufzeit, Elektrodenfunktion)
- Therapieüberwachung (z. B. Schockabgabe, kardiale Dekompensation)
- Nachsorge (z. B. Verlängerung der Nachsorgeintervalle, gezielte problembezogene Nachsorge)
- Kosteneffizienz (z. B. Einsparung von Routinekontrollen, Verlängerung der Aggregatlaufzeiten)
- Integration in komplexe Überwachungsstrategien (z. B. bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz)

Abb. 1 ► **Verschiedene Konzepte zur telemedizinischen Überwachung (Nach [9])**

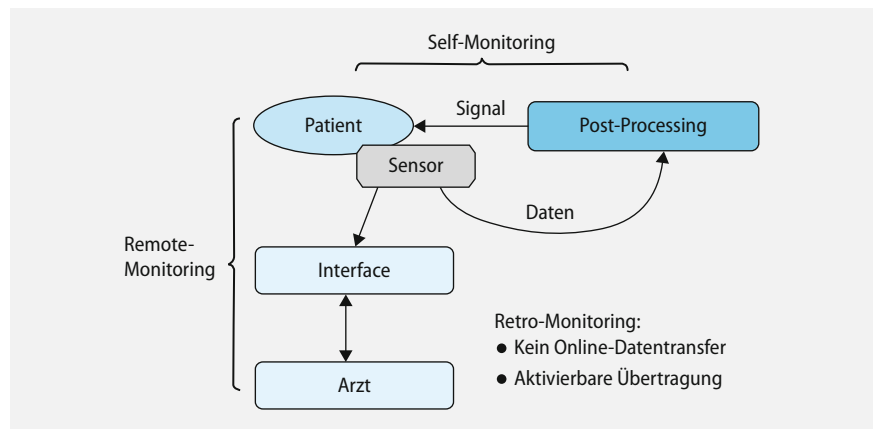
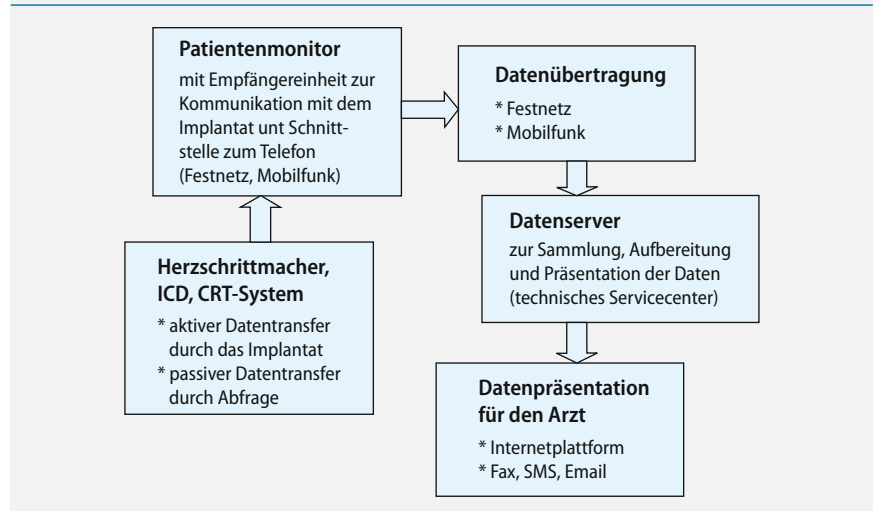


Abb. 2 ► **Schematische Darstellung der Komponenten eines telemedizinischen Überwachungssystems für Patienten mit Implantaten (Herzschrittmacher, ICD, CRT-System)**



enten mit Herzschrittmachern, ICDs oder CRT-Systemen finden das Remote- und das Retro-Monitoring Anwendung.

### Entwicklung der Technologie

Erste Untersuchungen zum transtelefonischen Monitoring bei Patienten mit antibradykarden Herzschrittmachern wurden bereits Mitte der 70er- und 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts durchgeführt [10]. Mit dem CareLink 2090-System (Medtronic) und dem Housecall-System (St. Jude Medical) standen erstmals Systeme zur Fernabfrage von Herzschrittmachern bzw. ICDs im Sinne eines Remote-Monitoring zur Verfügung. Beim CareLink-System konnte über eine Telefonleitung eine Verbindung zwischen einem Programmiergerät und einem Computer in einem Zentrum hergestellt werden. Damit wurde die räumliche Distanz zwischen 2 verschiedenen Untersuchern überwunden. Eine Beratung ohne aktives Eingreifen in die Programmierung war dadurch möglich. Die Firma St. Jude Medical entwickelte das Housecall-System zur Übertragung von Daten aus dem ICD an den Arzt. Neu dabei war, dass der Patient selbst die Datenübertragung von zu Hause über ein spezielles Zugangsgerät vornimmt. Der Arzt kann das Aggregat telemedizinisch überprüfen. Eine Bestimmung von Reizschwellen und eine Programmierung des ICD sind nicht möglich. Das Remote-Monitoring wurde weiterentwickelt und in neue telemedizinische Konzepte (Kombination aus Remote- und Retro-Monitoring) integriert.

In den 1990er-Jahren begann die Firma BIOTRONIK mit der Entwicklung der Home-Monitoring-Technologie. Die ersten Herzschrittmacher mit Home-Monitoring wurden 2000 implantiert. Inzwischen ist Home-Monitoring zum Synonym für die telemedizinische Überwachung von Patienten mit Implantaten geworden. Der Datentransfer erfolgt ohne Zutun des Patienten aktiv durch das Implantat (Herzschrittmacher, ICD, CRT-System) an ein Übertragungsgerät (CardioMessenger). Der CardioMessenger überträgt die Daten über Mobilfunk an ein technisches Servicecenter. Dort werden sie aufbereitet und an den Arzt als SMS oder Fax oder über Internet wei-

Tabelle 1

#### Übersicht über Systeme zur telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern (PM), ICDs und CRT-Systemen

System (Hersteller)	Implantate	Patientenmonitor (Datenübertragung aus Implantat)	Übertragung zum Datenserver	Datenpräsentation an den Arzt	Integration in elektronische Patientenakte	Besonderheiten
Home-Monitoring (BIOTRONIK)	PM, ICD, CRT (mit T-System)	CardioMessenger (automatisch)	GSM, GPRS	Internet, Alarmer: SMS, E-Mail, Fax	Möglich	Übertragung IEGM-online, Heart Failure Monitor
CareLink (Medtronic)	PM, ICD, CRT (rückwärts kompatibel)	CareLink-Monitor (manuell und automatisch bei Ereignisnachrichten)	Telefonleitung	Internet, Alarmer: SMS, E-Mail	Möglich	OptiLink-System (intrathorakale Impedanzmessung), IEGM, Cardiac Compass
Housecall Plus/ Merlin.net (St. Jude Medical)	Bestimmte ICD, CRT	Merlin.Home (manuell und automatisch bei Ereignisnachrichten)	Telefonleitung	Internet, Alarmer: SMS, E-Mail, Fax	Möglich	Umfassendes Datenmanagementsystem
Latitude (Boston Scientific)	Bestimmte ICD, CRT	Latitude-Communicator (manuell und automatisch bei Ereignisnachrichten)	Telefonleitung	Internet, Alarmer: Benachrichtigung durch Servicecenter, Fax	Möglich	Integration externer Sensoren (z. B. Waage, Blutdruckmessung)

tergeleitet. Das Home-Monitoring-Konzept repräsentiert mit einzelnen Modifikationen und Erweiterungen das technologische Grundprinzip zur telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Implantaten. Alle Konzepte beinhalten die folgenden Komponenten:

- Implantat mit aktivem (automatischem) Datentransfer oder passiver (manueller) Abfrage-, Patientenmonitor (Zugangs- und -übertragungsgerät),
- Datenübertragung (Festnetz, Mobilfunk),
- Datenservereinheit der Anbieter (technisches Servicecenter),
- Datenpräsentation für den Arzt (z. B. Internetplattform, SMS, Fax).

Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten ist in **Abb. 2** schematisch dargestellt.

Verschiedene Hersteller (BIOTRONIK, Medtronic, St. Jude Medical, Boston Scientific) haben in den letzten Jahren unterschiedliche Konzepte zur telemedizinischen Überwachung von Implantaten entwickelt. Die einzelnen technischen Konzepte weisen Besonderheiten auf. Diese sind in einer Übersicht (**Tab. 1**) dargestellt und werden im Folgenden detaillierter vorgestellt.

Für die Übertragung der Daten vom Implantat zum Patientenmonitor werden verschiedene Strategien verwendet. Zum einen können Implantate automatisch, ohne Zutun des Patienten Daten an den Patientenmonitor übertragen (Home-Monitoring, BIOTRONIK). Andere Konzepte zielen auf eine manuelle Abfrage des Implantates durch den Patienten mittels Patientenmonitor ab (CareLink, Medtronic; Merlin.net, St. Jude Medical; Latitude, Boston Scientific). In **Abb. 3** sind Beispiele für Patientenmonitore mit automatischer und manueller Übertragung der Daten aus dem Implantat dargestellt.

### Verschiedene Konzepte zur telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Implantaten

#### Home-Monitoring

Das Home-Monitoring-System ist das in dieser Form am längsten in der klinischen

Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009 · 52:306–315  
DOI 10.1007/s00103-009-0793-9  
© Springer Medizin Verlag 2009

A. Müller · T. M. Helms · J. Neuzner · J. Schweizer · H. Korb

### Schrittmacher und interne Defibrillatoren mit kardiotelemedizinischer Unterstützung

#### Zusammenfassung

Die Entwicklungen in der Herzschrittmacher- und ICD-Therapie in den letzten Jahren sind durch steigende Implantationszahlen (insbesondere bei ICD- und CRT-Systemen) und eine zunehmende Komplexität der Aggregate gekennzeichnet. Probleme ergeben sich aus der großen Anzahl notwendiger Nachkontrollen sowie in Bezug auf die Patientensicherheit und das Device-Management durch spezialisierte Ärzte. Die telemedizinische Überwachung kann hier Lösungsansätze bieten. Die Hersteller haben praxistaugliche Systemlösungen für das Telemonitoring von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen entwickelt. Die Systeme bestehen aus dem Implantat mit automatischer oder manueller Datenübertragung, einem Patientenmonitor mit Datenübertragung (Mobilfunk, Festnetz), dem Datenserver und der Datenpräsentation

(Internetplattform) für den Arzt. In verschiedenen klinischen Studien wurde die Stabilität und Sicherheit der Datenübertragung nachgewiesen. Durch das telemedizinische Monitoring kann die Überwachung der Patienten (z. B. Patienten mit CRT-Systemen wegen chronischer Herzinsuffizienz) und das Arrhythmie-Management (z. B. bei Patienten mit paroxysmalem Vorhofflimmern) verbessert werden. Das Telemonitoring macht auch eine Individualisierung der Nachkontrollintervalle möglich, was zu einer Kostenersparnis führt. Die telemedizinische Überwachung von Patienten mit ICD- und CRT-Systemen eröffnet neue Möglichkeiten zur vernetzten Nachsorge und umfassenden medizinischen Betreuung.

#### Schlüsselwörter

Telemedizin · Herzschrittmacher · ICD-Therapie · Telemonitoring

### Pacemaker and implantable defibrillators with telemedical support

#### Abstract

Recent developments in pacemaker and ICD therapy can be characterized by a rising number of implantations (especially in the field of ICD and CRT systems) and an increasing complexity of the units involved. Problems evolving from this trend are the soaring numbers of necessary follow-up examinations, issues of patient safety and the necessity of device management by specialized physicians. Telemonitoring offers various possibilities of improvement in these areas. The manufacturers of the devices have developed applicable solutions for concepts of care including telemedical monitoring of patients with pacemakers, ICD and CRT systems. The systems commonly include an implant capable of either automatic or manual data transmission, a device for transmitting the implant's data (mobile communication or fixed line network), a server managing the informa-

tion and a front-end (internet-based) platform for the physician. Multiple clinical trials have verified the stability and the security of this method of data transmission. Telemedical monitoring can be used in order to improve the monitoring of the patients' state of health (e. g., patients with CRT systems because of their CHF) and the management of arrhythmias (e. g., patients suffering from paroxysmal atrial fibrillation). Telemonitoring allows the intervals between follow-up check-ups to be individualized, thus, leading to financial savings. The telemedical monitoring of patients with ICD and CRT systems facilitates new opportunities for networked follow-up care and comprehensive medical treatment.

#### Keywords

Telemedicine · pacemaker · ICD therapy · telemonitoring



Abb.3 ▲ **Patientenmonitore mit automatischer und manueller Datenübertragung zwischen Implantat und Patientenmonitor** (linkes Bild: **CardioMessenger 2 von BIOTRONIK mit automatischer Datenübertragung zwischen Implantat und Patientenmonitor**; rechtes Bild: **CareLink-Monitor von Medtronic mit manueller Abfrage des Implantates**)

Praxis verwendete System. Die speziellen Implantate sind im Header mit einer Antenne ausgerüstet. Das Implantat sendet die Daten täglich zu einer vom Arzt festgelegten Zeit (in der Regel nachts, wenn der Patient schläft) an den handyähnlichen Patientenmonitor CardioMessenger (■ Abb. 3). Für den Datenaustausch zwischen dem Implantat und dem CardioMessenger verwendet BIOTRONIK das sogenannte ULPAMI- (ultra low-power active medical implants-)Band 402–405 MHz. Dieses ist weltweit standardisiert, und die Nutzungsbedingungen des Bandes sind in einschlägigen Normen festgehalten. Für Europa findet die Norm

ETSI EN 301 839-1 V1.2.1 (2007-07) Anwendung. Vom Patientenmonitor werden die Daten über Mobilfunk automatisch an das technische Servicecenter übertragen. Der Arzt kann über eine passwortgeschützte Internetplattform (Home-Monitoring-Plattform) die Daten einsehen.

Darüber hinaus kann der Arzt bestimmte Ereignisse definieren, über die er per SMS, E-Mail oder Fax zusätzlich informiert wird (Ereignisreports). BIOTRONIK stellt einen Datenexport von der Home-Monitoring-Plattform in den Formaten CSV (excelkompatibel) und PDF zur Verfügung. Einige Krankenhäuser nutzen diese Möglichkeit bereits.

Ein großer Vorteil des Home-Monitoring-Systems ist, dass die Datenübertragung vollautomatisch erfolgt, ohne dass eine aktive Mitwirkung des Patienten notwendig ist. Des Weiteren bietet das System die Möglichkeit, eine patientenindividuelle Datenübertragung einzustellen, sowie die Möglichkeit der Übertragung von intrakardialen EKGs (IEGM Online HD) bei ICD- und CRT-Systemen (■ Abb. 4).

Zusätzlich werden diagnostische Daten (Heart Failure Monitor) bei Zweikammer- und CRT-ICDs zum frühzeitigen Erkennen einer kardialen Dekompensation übertragen. Nachteilig erscheint, dass nur spezielle Aggregate mit eingebauter Antenne mit diesem System telemedizinisch überwacht werden können. Externe Sensoren (Blutdruckmessgerät, Waage usw.) lassen sich derzeit nicht in das System integrieren.

### CareLink

Das CareLink-System der Firma Medtronic wurde aus dem Remote-View-System weiterentwickelt. Mithilfe eines Patientenmonitors (CareLink-Monitor) kann der Patient Daten aus dem Implantat (Herzschrittmacher, ICD, CRT-System) abrufen (■ Abb. 3). Die Implantate müssen dabei nicht über eine spezielle Sende- oder Empfangseinheit verfügen, sodass auch Patienten mit älteren Aggregaten überwacht werden können (rückwärtskompatibel). Vom CareLink-Monitor werden die

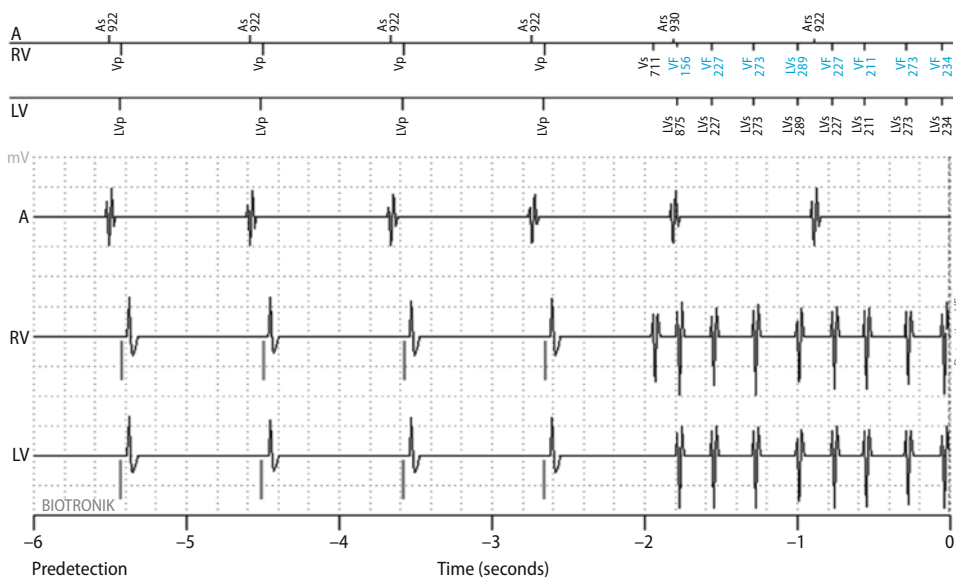


Abb.4 ◀ **Mittels Home-Monitoring übertragene intrakardiales EKG (IEGM-online).** (Quelle: BIOTRONIK)

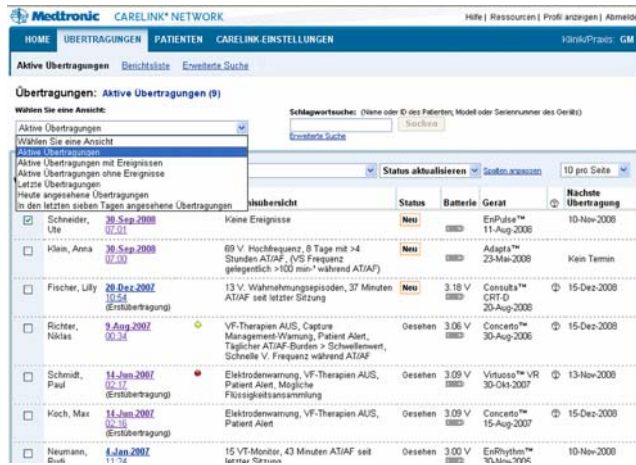


Abb. 5 ► Internetplattform des CareLink-Systems (Quelle: Medtronic)

Daten automatisch über Festnetztelefon an den Datenserver übertragen und können vom Arzt über eine Internetplattform abgerufen werden (Abb. 5). Zusätzlich werden Ereignisnachrichten (CareAlerts) übertragen. Dadurch können Informationen zu System- und Diagnostikdaten (Cardiac Compass), Event- und abgefragte IEGMs übertragen werden.

Eine weitere telemedizinische Überwachungsoption ist das OptiLink-System. Es setzt sich aus den beiden Komponenten OptiVol und CareLink zusammen. OptiVol wurde zur Überwachung und frühzeitigen Alarmierung bei einer drohenden kardialen Dekompensation bei Patienten mit CRT-ICDs entwickelt. Das System nutzt die intrathorakale Impedanzmessung zur Beurteilung des Flüssigkeitsgehaltes der Lungen [11]. Über eine Schnittstelle (Conexus) werden die Daten an das CareLink-System übertragen.

Dadurch ist das frühzeitige Erkennen einer kardialen Dekompensation bei diesen Hochrisikopatientengruppen möglich. Durch die Möglichkeit zur frühzeitigen Intervention (z. B. mit Medikamenten) konnten signifikant Hospitalisierungen wegen einer akuten Dekompensation der chronischen Herzinsuffizienz verhindert werden [11, 12].

### Housecall Plus und Merlin.net

Das Housecall-Plus-System wurde als Remote-Monitoring-System und Nachsorgesystem zur Abfrage von ICDs und CRT-ICDs im häuslichen Bereich entwickelt. Zunächst wird ein telefonischer Kontakt zum Patienten hergestellt. Dann

ruft er über ein Patientenzugangsgerät (Housecall-Plus-Transmitter) die Daten aus dem ICD ab und überträgt sie über Telefon zum Arzt. Damit kann eine zeitnahe Kontrolle des ICD mit Abruf von IEGMs und Analyse des aktuellen intrakardialen EKGs erfolgen.

Das Housecall-Plus-System der Firma St. Jude Medical wurde zum telemedizinischen Patientendatenmanagementsystem Merlin.net weiterentwickelt. Kernstück des Systems ist der beim Patienten verbleibende Monitor Merlin@home. Die tägliche Übertragung der Daten aus den ICDs erfolgt drahtlos mittels Radiofrequenz- (RF-)Telemetrie auf den Merlin@home-Transmitter und von dort per Telefonleitung auf den internetangebotenen

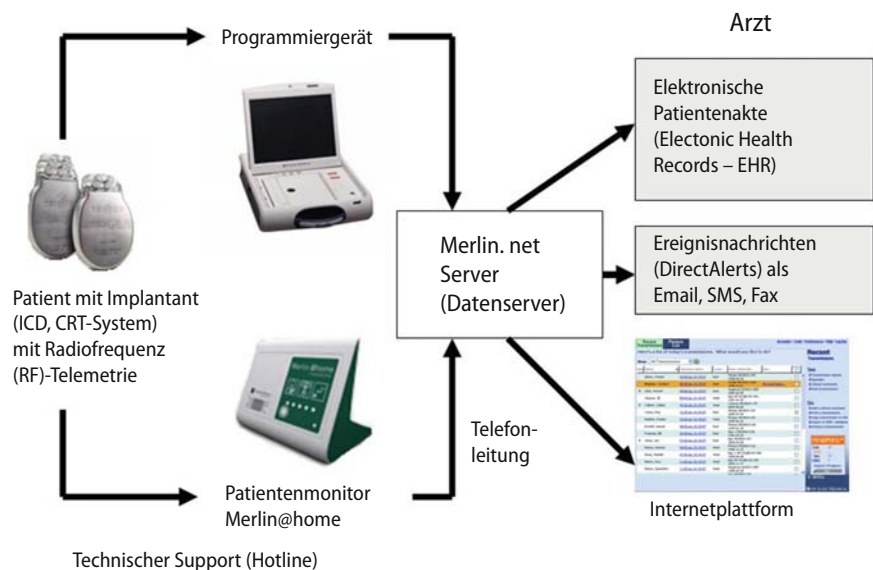


Abb. 6 ▲ Telemedizinisches Patientendatenmanagementsystem Merlin.net der Firma St. Jude Medical mit Patientenmonitor (Merlin@home), Datenserver (Merlin.net® Server) und elektronischer Patientenakte. (Mod. nach St. Jude Medical)

Merlin.net Server. Alle RF-telemetriefähigen Geräte sind Merlin@home kompatibel. Der Arzt kann die übertragenen Daten über eine entsprechend geschützte Internetplattform einsehen. Neu in diesem System ist die Möglichkeit zur Integration der übertragenen Daten in eine elektronische Patientenakte, was ein umfassendes Patientenmanagement erlaubt (Abb. 6). Der Datenexport ist zu den Standards IHE HL7 und IEEE 11073 konform.

Auch die während der ambulanten Nachsorge gewonnenen Daten können in dieses System übernommen werden. Zusätzlich besteht eine Hotline, die sowohl den Patienten als auch den Arzt bei technischen Fragen unterstützt. Über ein automatisiertes System (DirectCall) kann der Patient an eine bevorstehende Übertragung erinnert werden, Informationen über eine verpasste telemedizinische Nachsorge und eine Bestätigung über eine erfolgreiche Datenübertragung erhalten sowie über eine notwendige Kontaktaufnahme mit der Klinik informiert werden. Bei definierten Ereignissen erfolgt die Benachrichtigung des Arztes durch DirectAlerts (E-Mail, SMS oder Fax).

### Latitude

Das Latitude-System der Firma Boston Scientific wird in Deutschland bisher

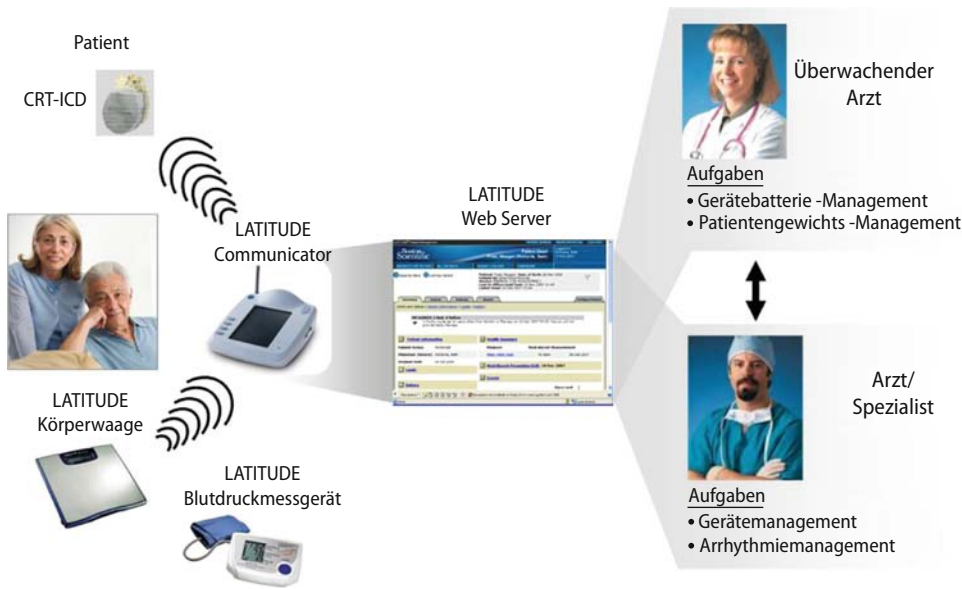


Abb.7 ◀ **Latitude-System der Firma Boston Scientific mit dem Latitude Communicator als Patientenmonitor. Externe Geräte (Körperwaage, Blutdruckmesser) sind über Bluetooth in das System integriert (Quelle: Boston Scientific)**

noch nicht eingesetzt. Klinische Erfahrungen liegen aus den USA vor. Das Konzept integriert die Fernabfrage von ICD- und CRT-Systemen (Remote Follow-up), das telemedizinische Monitoring und das Herzinsuffizienzmanagement. Außerdem sind vom Patienten initiierte Abfragen möglich. Als Patientenmonitor wird der Latitude Communicator verwendet. Daten von externen Geräten wie Körperwaage oder Blutdruckmessgerät können drahtlos über Bluetooth an den Communicator übertragen werden. Die Datenübertragung vom Communicator zum Datenserver erfolgt über Festnetztelefon. Die Daten werden dem Arzt über eine Internetplattform zur Verfügung gestellt. Dabei können mehrere Ärzte einen Zugang zu den Patientendaten erhalten (▣ **Abb. 7**). Ein Vorteil des Latitude-Systems liegt sicher in der Möglichkeit zur Integration externer Geräte wie Körperwaage und Blutdruckmessgerät, was gerade für die telemedizinische Überwachung von Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz entscheidend ist.

### Ergebnisse klinischer Studien zur telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen

Klinische Studien zur telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-System wurden zu Fragen der technischen Mach-

barkeit und Sicherheit der Datenübertragung, zu Fragen der Verbesserung des Therapiemanagements und der Patientensicherheit sowie unter der Fragestellung der Kosteneffizienz durchgeführt. Die meisten klinischen Studien zum Telemonitoring bei Patienten mit implantierten Devices erfolgten mit dem Home-Monitoring-System der Firma BIOTRONIK.

In ersten Studien bei Patienten mit Herzschrittmachern konnte die Stabilität und Sicherheit der transtelefonischen Datenübertragung nachgewiesen werden. In einer Untersuchung an 93 Herzschrittmacherpatienten mit telemedizinischer Überwachung (Home-Monitoring) mussten 3 Patienten wegen fehlender Mobilfunkabdeckung ausgeschlossen werden. Von den 5911 erstellten wurden 5311 Nachrichten erfolgreich telemedizinisch übertragen. Es traten 331 Unterbrechungen der Datenübertragung auf. In 63 % der Fälle bestand die Unterbrechung jedoch nur für einen Tag. Durch die Unterweisung der Patienten konnte dieser Anteil gesenkt werden [13]. Die Stabilität der Datenübertragung kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden. So kann der Patientenmonitor durch ein Blinklicht eine gestörte Datenübertragung anzeigen. Andere Systeme (z. B. Merlin@net) erinnern den Patienten aktiv an die Datenübertragung. Beim Home-Monitoring-System hat der betreuende Arzt die Möglichkeit, eine individuelle Ereignisnachricht

zu definieren, die ihn über das Ausbleiben der Datenübertragung informiert. Durch die Einrichtung einer Service-Hotline für die Patienten kann die Datenübertragungsrate erhöht werden. Die Sicherheit der Datenübertragung wird durch die Anwendung normierter Bandbreiten gewährleistet. Eine Umprogrammierung der Implantate ist durch das Telemonitoring nicht möglich.

Bei Patienten mit Herzschrittmachern unterstützt das telemedizinische Monitoring neben dem Erkennen von elektroden- oder deviceassoziierten Problemen in erster Linie das Management atrialer Tachyarrhythmien. Da diese Episoden häufig asymptomatisch sind, kann durch ihr rechtzeitiges Erkennen eine entsprechende medikamentöse Therapie einschließlich einer Verabreichung der erforderlichen Antikoagulation eingeleitet werden [14]. In einer Datenbankanalyse konnte Lazarus bei 4631 Herzschrittmacherpatienten, die mittels Home-Monitoring überwacht wurden, zeigen, dass nur wenige Ereignisreports Probleme des Systemstatus (ERI-Kriterium, Elektrodenimpedanzen) bzw. die Systemkonfiguration (ventrikuläres Capture usw.) betrafen. Die Mehrzahl der Ereignisse war durch atriale Tachykardien bedingt [15].

Dennoch muss einschränkend angemerkt werden, dass sich eine generelle telemedizinische Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern bisher im klinischen Alltag nicht durchgesetzt hat.

Die diesbezüglichen Ursachen erscheinen vielfältig. Zum einen sind verschiedene telemedizinische Systeme (z. B. Home-Monitoring) nicht rückwärtskompatibel. Ältere Implantate können mit diesem System nicht telemedizinisch überwacht werden. Zum anderen ist der Aufwand bei der Kontrolle der Patienten mit Herzschrittmachern (halbjährliche bzw. jährliche Kontrollen) relativ gering. Außerdem werden besonders ältere Patienten mit antibradykarden Herzschrittmachern versorgt. Hier könnte eine gewisse Hemmschwelle hinsichtlich des Einsatzes einer telemedizinischen Überwachung bestehen, obwohl eigene Erfahrungen zeigen, dass auch ältere Patienten die Technik beherrschen. Auch aufseiten der Ärzte hat sich die telemedizinische Überwachung noch nicht vollständig in der klinischen Routine durchgesetzt. Gründe dafür könnten technische Probleme (z. B. fehlender Internetzugang, unterschiedliche Systeme der Hersteller von Herzschrittmachern) oder ein vermuteter zeitlicher Mehraufwand sein.

Trotz dieser Einschränkungen sollten heute alle antibradykarden Herzschrittmacher mit einer Option zur telemedizinischen Überwachung ausgestattet sein. Diese kann dann im Bedarfsfall bei Problemen (Reizschwellenanstieg, atriales Tachyarrhythmie-Management usw.) aktiviert werden.

Die kontinuierliche telemedizinische Überwachung fokussiert sich aber stärker auf Patienten mit komplexen ICD- und CRT-ICD-Systemen. In Kasuistiken wurde die Effizienz einer telemedizinischen Überwachung einschließlich der IEGM-Übertragung hinsichtlich der Feststellung technischer Probleme (Twiddler-Syndrom) oder von falsch klassifizierten ventrikulären Tachykardien bei ICD-Patienten beschrieben [16, 17]. Durch die telemedizinische Überwachung von ICD-Patienten können inadäquate ICD-Therapien (Schockabgaben) erkannt und reduziert werden [18]. Weitere Daten zur Wertigkeit des über Home-Monitoring übertragenen IEGM (IEGM-online) sind aus der 2007 begonnenen Studie „Reliability of IEGM-Online Interpretation“ (RIONI-Studie) zu erwarten [19]. Bei den meisten Patienten funktionierte die Datenübertragung problemlos. In einer prospektiven Analyse

mit 59 ICD-Patienten konnten Schoenfeld und Mitarbeiter eine hohe Akzeptanz des CareLink-Systems bei den Patienten zeigen. Auch das medizinische Personal (Ärzte, Krankenschwestern) waren mit der Qualität der übertragenen Daten sehr zufrieden [20]. Durch die Einrichtung technischer Supports (Telefon-Hotline) können bestehende technische Probleme bei der Datenübertragung gelöst und die Compliance der Patienten verbessert werden.

Viele klinische Studien und Register beschäftigen sich mit dem Problem der Reduktion der Routinekontrollen bei Patienten mit ICDs oder CRT-Systemen durch den Einsatz einer telemedizinischen Überwachung unter dem Aspekt der steigenden Implantationszahlen (besonders bei Patienten mit Primärprophylaxe nach den MADIT-II-Kriterien) und den vorhandenen personellen Kapazitäten in den Kliniken und Ambulanzen. In einer Registerstudie mit 260 ICD-Patienten, die mit Home-Monitoring telemedizinisch überwacht wurden, fanden Nielsen und Mitarbeiter, dass die meisten Ereignisse (38,1% der Patienten) medizinische Probleme (Kammerflimmern, ventrikuläre Tachykardien, supraventrikuläre Tachykardien) betrafen. Nur 0,8% der Patienten hatten zum Teil schwerwiegende technische Probleme wie Veränderungen der Schock- und der ventrikulären Impedanz. Bei einem Patienten war der Algorithmus zur Erkennung von Kammerflimmern deaktiviert. Durch den Einsatz des Home-Monitoring gelang es, klinisch relevante Ereignisse frühzeitig zu erkennen [21].

In der Studie „Home Monitoring Technology for ICD Therapy“ (Home-ICD-Studie) wurde ein telemedizinisches Überwachungsmanagement mit der konventionellen Nachkontrolle bei 271 ICD-Patienten verglichen. Dabei wurden 908 Daten von Home-Monitoring und konventionellen Follow-ups verglichen. 608 Ereignisse (67%) wurden retrospektiv als richtig negativ und 141 (16%) als richtig positiv bestätigt. 129 Ereignisse (14%) bei 92 Patienten wurden als falsch negativ bewertet. Das heißt, bei einer ausschließlich telemedizinisch gesteuerten Nachsorge wären diese Ereignisse nicht erkannt worden. Sie betrafen den Anstieg der atrialen

oder ventrikulären Reizschwellen, Elektrodendislokationen, ventrikuläre Ereignisse oder fehlinterpretierte Episoden mit atrialen Tachykardien. Die Zahl der fehlinterpretierten Ereignisse nahm aber mit zunehmender Überwachungszeit ab. Wenn zusätzliche klinische Informationen (erstes Follow-up, bereits beschriebene Elektrodenprobleme, Hospitalisierung usw.) in das Patientenmanagement einbezogen werden, können die Zahl an Fehlinterpretationen vermindert und die Follow-up-Intervalle ohne Gefahr für die Patientensicherheit verlängert werden [22]. Durch den Einsatz der telemedizinischen Überwachung erscheint eine individuelle Nachsorge im Gegensatz zum bisherigen 3-Monats-Follow-up möglich. Auf diese Weise kann die steigende Anzahl der Nachkontrollen in den Kliniken und Ambulanzen bewältigt werden. Zum anderen steht für Patienten mit Problemen mehr Zeit zur Verfügung. Die gegenwärtig auf dem Markt befindlichen telemedizinischen Überwachungssysteme sind jedoch keine Notfallsysteme und können auch keinesfalls die direkten Nachsorgen vollständig ersetzen [21, 22, 23, 24]. Weitere Daten sind aus der 2005 begonnenen Studie „Lumos-T Reduces Routine Office Device Follow-Up“ (TRUST-Studie) mit 1000 ICD-Patienten zu erwarten [25].

Ein anderer Aspekt betrifft das frühzeitige Erkennen einer kardialen Dekompensation bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz. Kardiale Dekompensationen sind für diese Patientengruppe schwerwiegend, zum Teil lebensbedrohlich. Die damit verbundenen wiederholten Hospitalisierungen beeinträchtigen die Lebensqualität der Patienten erheblich und stellen einen erheblichen Kostenfaktor dar. In der Studie „Home Monitoring in Cardiac Resynchronization Therapy“ (Home-CARE-Pilot-Studie) an 123 Patienten mit CRT-Therapie (CRT-Schrittmacher oder CRT-ICD) konnte gezeigt werden, dass bei 70% von ihnen die mittlere Herzfrequenz in Ruhe und die mittlere Herzfrequenz über 24 Stunden in einem Zeitraum von 7 Tagen vor einer Hospitalisierung wegen kardialer Dekompensation anstiegen war. Die körperliche Aktivität und der Anteil der biventrikulären Stimulation waren vermindert [26].

Durch die telemedizinische Übertragung dieser Daten erscheinen ein frühzeitiges Erkennen der kardialen Dekompensation und damit die Verhinderung einer Hospitalisierung möglich. Probleme bei der telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen resultieren aus der großen Menge der übertragenen Daten. In einer Datenbankanalyse von Lazarus erfolgten bei 11.624 Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-ICDs 3.004.763 Datenübertragungen. 47,6 % der Patienten hatten keine Ereignisse [15]. Um eine effiziente Analyse und Auswahl der relevanten Daten zu erreichen, wurden Konzepte mit speziell geschulten Krankenschwestern entwickelt. Von den Krankenschwestern wird eine Vorauswahl hinsichtlich klinisch relevanter Ereignisse getroffen, sodass der Arzt nur spezielle Reports begutachten muss [27]. Eine Alternative ist die Integration spezieller telemedizinischer Servicecenter in die Überwachung der Patienten (zusätzlich zu den implantierenden Zentren und den niedergelassenen Kardiologen).

Eine telemedizinische Überwachung eröffnet außerdem die Möglichkeit, die Nachsorge durch die implantierenden Zentren und den niedergelassenen Kardiologen zu verzahnen. Die ersten Ergebnisse einer Studie mit ICD-Patienten zeigen, dass damit die Follow-up-Kontrollen zuverlässig und effizient beim niedergelassenen Kardiologen erfolgen können. Das erspart den Patienten Transportwege und entlastet das implantierende Zentrum von Routinenachkontrollen [28]. Darüber hinaus ergibt sich mit dem telemedizinischen Monitoring die Möglichkeit eines komplexen Patientenmanagements mit Überwachung der Devicefunktion und weiterer Vitalfunktionen (Blutdruck, Körpergewicht usw.) und der Patientencompliance (Medikamenteneinnahme) einschließlich der Integration der Daten in eine elektronische Patientenakte. Auf diese Weise kann eine effiziente Vernetzung zwischen Hausarzt, niedergelassenen Kardiologen und Krankenhaus entstehen. Besonders multimorbide und schwer kranke Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz in fortgeschrittenen NYHA-Stadien werden von diesem Konzept profitieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Einsatz der telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen ist die Frage nach der Kosten-Nutzen-Effizienz. In einzelnen Studien wurde dieses Problem explizit untersucht. Die Ergebnisse der Studie „Remote Follow-up for ICD Therapy in Patients Meeting MADIT II Criteria“ (REFORM-Studie) konnten zeigen, dass sich im Rahmen einer 12-monatigen Nachsorge bei ICD-Patienten durch den Einsatz des Telemonitorings die Klinikbesuche um 63,2 % und die Gesamtbehandlungskosten im Krankenhaus um 60,9 % reduzierten [29]. In einer Studie aus Frankreich konnte ebenfalls eine Kostenreduktion in der Nachsorge von ICD-Patienten durch die telemedizinische Überwachung nachgewiesen werden. Besonders groß war die Kostenersparnis (Transportkosten), wenn die Patienten mehr als 100 Kilometer von der Klinik entfernt wohnten [30]. In einer kürzlich publizierten Studie zum Einsatz des CareLink-Systems bei ICD-Patienten zeigte sich, dass durch die telemedizinische Überwachung der Zeitaufwand für Patient und Arzt signifikant reduziert wurde. Durch den Wegfall von 2 Routinekontrollen konnten 41 % der Gesamtkosten der ICD-Nachsorge pro Patient gespart werden [31].

Für die weiteren Entwicklungen der telemedizinischen Überwachung von Patienten mit Implantaten erscheint die Integration der gewonnenen Daten in eine elektronische Patientenakte (Electronic Health Records, EHR) von großer Bedeutung.

In Österreich wird zurzeit ein umfassendes Therapiemanagementsystem für Patienten mit Herzschrittmachern (Herzschrittmacher, Elektronische Gesundheitsakte, H.ELGA) erarbeitet. Ziel des Projektes ist eine Datenintegration (automatische Datenübernahme von Programmiergeräten und Telemedizinssystemen, Zusammenführung von Diagnose- und Therapiedaten) und Prozessintegration (Anbindung an die IT-Infrastruktur, kollaboratives Therapiemanagement, Telemedizin) [32]. Entscheidend für die Etablierung solcher komplexen Therapiemanagementsysteme sind die Schnittstellenkonzepte und der Export der teleme-

dizinischen Daten in die elektronische Patientenakte. Von den verschiedenen Herstellern wurden bereits Anstrengungen unternommen, um hier „Einzellösungen“ zu etablieren. Darüber hinaus hat sich eine gemeinsame Arbeitsgruppe der Firmen BIOTRONIK, Medtronic, St. Jude Medical und Boston Scientific zur Definition des IEEE-Standards 11073 gebildet. Ziel ist es, einen Entwurf des IEEE-Standards in die weltweite Freigabeprozedur im ersten Halbjahr 2009 einzusteuern.

In Zukunft dürfte die telemedizinische Überwachung von Patienten mit Implantaten Teil eines komplexen Therapiemanagements sein. Die Continua Health Alliance, ein weltweiter Zusammenschluss von Verbänden und Unternehmen der Elektrotechnik und Elektronik, fordert die Erarbeitung einheitlicher telemedizinischer Standards zur Integration der verschiedenen Technologien. Ziel ist es, durch den Einsatz moderner Technologien (z. B. Telemedizin) eine Verbesserung und Effizienzsteigerung im Gesundheitssystem zu erreichen [33].

## Fazit für die Praxis

Seit der Jahrtausendwende wurde die telemedizinische Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen zunehmend ausgebaut und breit in die klinische Praxis eingeführt. Verschiedene Firmen haben dabei unterschiedliche Konzepte erarbeitet (Home-Monitoring, BIOTRONIK; CareLink, Medtronic; Housecall bzw. Merlin.net, St. Jude Medical und Latitude, Boston Scientific). Trotz unterschiedlicher technischer Umsetzungen beinhalten alle Systeme die folgenden Komponenten: implantiertes Device mit Möglichkeit zur automatischen oder manuellen Datenübertragung, Patientenmonitor mit Datenübertragung (Festnetz, Mobilfunk), Datenserver und Internetplattform zur Datenpräsentation für den Arzt. Die Übertragung der Daten ist sicher und stabil.

In klinischen Studien wurde gezeigt, dass durch eine telemedizinische Überwachung frühzeitig technische Probleme (z. B. Elektrodendislokationen) und medizinische Ereignisse (atriale Tachyarrhyth-

mien, Kammerflimmern, ventrikuläre Tachykardien usw.) erkannt werden können. Dies trägt zur Erhöhung der Patientensicherheit und zur Möglichkeit eines gezielten Therapiemanagements (z. B. bei atrialen Tachykardien oder inadäquaten ICD-Therapien) bei.

Durch den Einsatz des Telemonitorings bei Patienten mit ICDs und CRT-Systemen können die Nachkontrollintervalle den Bedürfnissen der Patienten individuell angepasst werden. Das kann zur Entlastung der Kliniken und Ambulanzen und zu einer Kostenersparnis führen. Die telemedizinische Überwachung von Patienten mit Herzschrittmachern, ICDs und CRT-Systemen eröffnet neue Möglichkeiten der Vernetzung von Versorgungsstrukturen in der kardiologischen Betreuung. In Zukunft wird die telemedizinische Überwachung von Patienten mit Implantaten Bestandteil eines umfassenden Therapiemanagements sein.

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Danksagung

Wir danken A. Bornhuse (BIOTRONIK), Dr. J. Lauter (Medtronic), A. Golnik (St. Jude Medical) und S. Kleidon (Boston Scientific) für die freundliche Unterstützung.

## Korrespondierender Autor

### Dr. med. Axel Müller

Klinik für Innere Medizin I der Klinikum Chemnitz gGmbH  
Bürgerstraße 2  
09113 Chemnitz, BRD  
E-Mail: axel.mueller@skc.de

## Literatur

- Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, et al. (2002) Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med* 346:877–883
- Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, et al.; Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Investigators (2004) Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 350:2140–2150
- Lemke B, Nowak B, Pfeiffer D (2005) Leitlinien zur Herzschrittmachertherapie. *Z Kardiologie* 94:704–720
- Jung W, Andresen D, Block M, et al. (2006) Leitlinien zur Implantation von Defibrillatoren. *Clin Res Cardiol* 95:696–708
- Epstein AE, DiMarco JP, Ellenbogen KA, et al. (2008) ACC/AHA/HRS 2008 Guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities. *J Am Coll Cardiol* 51:2085–2105
- Zhan C, Baine WB, Sedrakyan A, Steiner C (2007) Cardiac device implantation in the United States from 1997 through 2004: a population-based analysis. *J Gen Intern Med* 23(Suppl 1):13–19
- Alter P, Waldhans S, Plachta E, et al. (2005) Complications of implantable cardioverter defibrillator therapy in 440 consecutive patients. *PACE* 28: 926–932
- Maisel WH, Moynahan M, Zuckerman BD, et al. (2006) Pacemaker and ICD generator malfunctions. Analysis of Food and Drug Administration Annual Reports. *JAMA* 295:1901–1906
- Schwab JO, Müller A, Oeff M, et al. (2005) Telemedizin in der Kardiologie – Relevanz für die Praxis!? *Herz* 33:420–430
- Dreifus LS, Zinberg A, Hurler P, et al. (1986) Transtelephonic monitoring of 25,919 implanted pacemakers. *PACE* 9:371–378
- Maines M, Catanzariti D, Cemin C, et al. (2007) Usefulness of intrathoracic fluids accumulation monitoring with an implantable biventricular defibrillator in reducing hospitalizations in patients with heart failure: a case-control study. *J Interv Card Electrophysiol* 19:201–207
- Landolina M, Lunati M, Vergara G, et al. (2008) Intrathoracic impedance monitored with an implantable biventricular defibrillator reduces hospitalizations in patients with heart failure. *Eur J Heart Failure Suppl* 7(Suppl 1):169
- Wallbrück K, Stellbrink C, Santini M, et al. (2002) The value of permanent follow-up of implantable pacemakers – first result of an European trial. *Biomed Technik* 47:950–953
- Varma N, Stambler B, Chun S (2005) Detection of atrial fibrillation by implanted devices with wireless data transmission capability. *PACE* 28: S133–S136
- Lazarus A (2007) Remote, wireless, ambulatory monitoring of implantable pacemakers, cardioverter defibrillators, and cardiac resynchronization therapy systems: analysis of a worldwide database. *PACE* 30:S2–S12
- Scholten MF, Thornton S, Theuns DA, et al. (2004) Twiddler's syndrome detected by home monitoring device. *PACE* 27:1151–1152
- Ritter O, Bauer WR (2006) Use of „IEGM Online“ in ICD patients – early detection of inappropriate classified ventricular tachycardia via Home Monitoring. *Clin Res Cardiol* 95:368–372
- Res JCJ, Theuns DAMJ, Jordaens L (2006) The role of remote monitoring in the reduction of inappropriate implantable cardioverter defibrillator therapies. *Clin Res Cardiol* 95(Suppl 3):III/17–III/21
- Perings C, Klein G, Toft E, et al. on behalf of the RIONI Investigators (2006) The RIONI study rationale and design: validation of the first stored electrograms transmitted via home monitoring in patients with implantable defibrillators. *Europace* 8:288–292
- Schoenfeld MH, Compton SJ, Mead RH, et al. (2004) Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillators: a prospective analysis. *PACE* 27:757–763
- Nielsen JC, Kottkamp H, Zabel M, et al. (2008) Automatic home monitoring of implantable cardioverter defibrillators. *Europace* 10:729–735
- Brugada P (2006) What evidence do we have to replace in-hospital implantable cardioverter follow-up? *Clin Res Cardiol* 95(Suppl 3):III/3–III/9
- Heidbüchel H, Lioen P, Foulon S, et al. (2008) Potential role of remote monitoring for scheduled and unscheduled evaluations of patients with an implantable defibrillator. *Europace* 10:351–357
- Stellbrink C, Trappe H-J (2007) The follow-up of cardiac devices: what to expect for the future? *Eur Heart J Suppl* 9(Suppl 1):I113–I115
- Varma N (2007) Rationale and design of a prospective study of the efficacy of a remote monitoring system used in implantable cardioverter defibrillator follow-up: The LUMOS-T Reduces Routine Office Device Follow-Up Study (TRUST) Study. *Am Heart J* 154:1029–1034
- Ellery S, Pakrashi T, Paul V, Sack S on behalf of the Home CARE Phase 0 Study Investigators (2006) Predicting mortality and rehospitalization in heart failure patients with home monitoring – The Home CARE pilot study. *Clin Res Cardiol* 95(Suppl 3):III/29–III/35
- Ricci RP, Morichelli L, Santini M (2008) Home monitoring remote control of pacemaker and implantable cardioverter defibrillator patients in clinical practice: impact on medical management and health-care resource utilization. *Europace* 10:164–170
- Perings SM, Bläse I, Marx R, et al. (2008) Register zur verzahnten Nachsorge von ICD-Patienten durch Home-Monitoring: Erfahrungen mit den ersten Patienten im 1-Jahres-Follow-up. *J Kardiologie* 15:17–22
- Hindricks G, Bauer WR, Schwab JO, et al. (2008) Was bringt die Telekardiologie für Arzt und Patient? *Dtsch Arztebl* 105:B141–B144
- Fauchier L, Sadoul N, Kouakam C, et al. (2005) Potential cost savings by telemedicine-assisted long-term care of implantable cardioverter defibrillator recipients. *PACE* 28:S255–S259
- Raatikainen MJP, Uusimaa P, van Ginneken MME, et al. (2008) Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillator patients: a safe, time-saving, and cost-effective means for follow-up. *Europace* 10:1145–1151
- Rotman B, Perl S, Pieske B, et al. (2008) Integriertes Therapiemanagement auf Basis der H.ELGA (Herzschrittmacher. Elektronische Gesundheitsakte). [http://www.ehealth2008.at/program/presentations/Session1\\_MedizinischeInformationssysteme/2\\_rotman-kollmann.pdf](http://www.ehealth2008.at/program/presentations/Session1_MedizinischeInformationssysteme/2_rotman-kollmann.pdf)
- Piniewski B, Fisher JE, Mansfield JG (2008) Connected Personal Health in 2015: Getting it Right! <http://www.continuaalliance.org>