

Prof. Dr.-Ing. Werner Irnich, Institut für Medizinische Technik,  
Justus-Liebig-Universität Gießen:

# Beeinflußbarkeit von Herzschritt- machern durch Mobilfunk

Vor geraumer Zeit sorgte eine Verlautbarung des Bundesministers für Gesundheit für Schlagzeilen, in der Trägern von Herzschrittmachern geraten wurde, Mobiltelefone nicht in der Brusttasche oder sonst unmittelbar am Körper zu tragen. Das Phänomen, daß sich elektrische und elektronische Geräte untereinander stören, ist altbekannt. In den meisten Fällen lassen sich diese Störungen durch die Einhaltung vorsorgeorientierter Störfestigkeitswerte vermeiden.

Da an sich das Thema der Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch elektromagnetische Felder schon fast so alt ist wie der Schrittmacher selbst, scheint es verwunderlich, wieso gerade der Mobilfunk das Interesse an der Beeinflußbarkeit von Herzschrittmachern so zu beleben wußte, daß sich das Gesundheitsministerium des Themas annahm. Dafür dürften im wesentlichen drei Gründe zu nennen sein: die allgemeine Sensibilisierung der Öffentlichkeit zum Thema der elektromagnetischen Felder, die Tatsache des „hautnahen“ Tragens eines Senders von nicht unbeträchtlicher Feldstärke und schließlich die Schätzungen, nach denen möglicherweise Millionen von Mobilfunkgeräten zukünftig zu verkaufen seien. Da in der Bundesrepublik etwa 200.000 Patienten mit einem Schrittmacher leben, dürfte der Anteil derer entsprechend hoch sein, die sich dieses neuen Kommunikationssystems bedienen – zumal das mittlere Implantationsalter von 74 Jahren es als denkbar erscheinen läßt, daß

dieser Kreis der Bevölkerung überdurchschnittlich oft telefonieren könnte.

Wohlmeinende Ratschläge haben es jedoch so an sich – zumal wenn sie immer wieder weitergetragen werden –, daß sie durch Simplifizierung oder durch Übertreibung unnötigerweise zu Restriktionen und Ängsten führen. Um das Problem auf seinen Kern zu reduzieren, bedarf es der Kenntnis darüber, ob, welche und in welchem Abstand Herzschrittmacher durch die Mobilfunkgeräte zu beeinflussen sind. Dabei muß auch beachtet werden, daß heute Netze betrieben werden – das analog arbeitende C-Netz, das digital und im Impulsbetrieb arbeitende D-Netz sowie das leistungsschwächere ebenfalls digital arbeitende E-Netz –, die getrennt zu untersuchen sind, da ihre physikalischen Eigenschaften durchaus unterschiedliche Ergebnisse erwarten lassen.

Das Institut für Medizinische Technik der Justus-Liebig-Universität

Gießen hatte sich zur Aufgabe gemacht – im Rahmen des von der Forschungsgemeinschaft Funk geförderten Projektes –, möglichst viele Herzschrittmacher-Modelle daraufhin zu überprüfen, ob sie durch eines der Mobilfunkgeräte der aufgezählten Netze zu beeinflussen oder gar zu stören sind. Für diese Untersuchung standen 231 unterschiedliche Modelle von insgesamt 20 Herzschrittmacher-Herstellern zur Verfügung, die sich in der Sammlung des Instituts befinden.

## Simulation des Schrittmachers im Patienten

Die Fragestellung der Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch Mobilfunk ist aus zwei Gründen prinzipiell nicht mit „echten“ Schrittmacher-Patienten durchführbar:

- Man sollte einen Patienten nicht einer Gefährdung

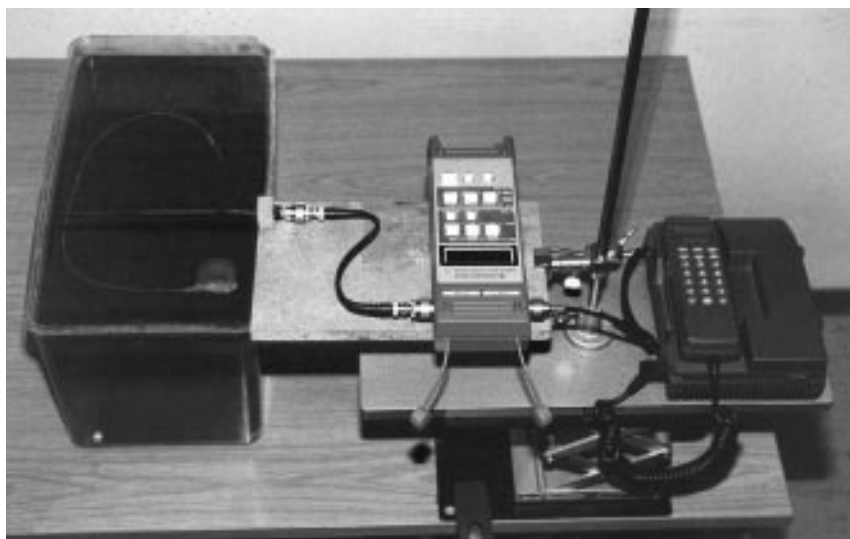


Bild 1: Die Meßanordnung in der Draufsicht. Links im Bassin befindet sich der Herzschrittmacher mit angeschlossener Elektrode, darüber die Antenne eines portablen D-Funk-Gerätes und in der Mitte zwischen Antenne und portablen Gerät das Leistungsmeßgerät.  
(Foto: Justus-Liebig-Universität, Gießen)

aussetzen, die man noch nicht kennt.

- Bei einem Patienten ergibt sich immer nur eine Ja/Nein-Antwort, die nicht erkennen läßt, wieweit man sich unterhalb bzw. oberhalb einer Reaktionsschwelle befindet.

Deshalb ist es sinnvoll, sich ein physikalisches Modell auszudenken, das die Situation hinreichend, realistisch und nachvollziehbar simuliert. Dies haben wir dadurch bewerkstelligt, daß wir den Schrittmacher – samt einer dazugehörigen Elektrode etwa halbkreisförmig angelegt – in ein Wasserbad eines Bassins mit 32 l Fassungsvermögen angeordnet hatten. Durch Hinzufügen von Salz wurde die Flüssigkeit so leitfähig gemacht (0,9 g/l), daß der Schrittmacher in etwa die gleichen Bedingungen wie in einem Patienten vorfand. Die Schichtdicke des Wassers über dem Schrittmachersystem war so gewählt, daß sie in etwa einer Implantation von 5 mm unter der Haut entsprach.

Bild 1 zeigt die Meßanordnung in

der Draufsicht: links im Bassin der Herzschrittmacher mit angeschlossener Elektrode, darüber die Antenne eines portablen D-Funk-Gerätes. Zwischen der Antenne (links) und dem portablen Gerät (rechts) befindet sich ein Leistungsmeßgerät (in der Mitte), mit dessen Hilfe stets kontrolliert werden konnte, welche Leistung tatsächlich vom Mobilfunkgerät abgestrahlt wurde. Dies ist insofern wichtig, da je nach Standort und Situation die Mobilfunkgeräte in ihrer Leistung von der Feststation her auf das gerade Nötige gedrosselt werden. Auf diese Weise war sowohl die Patientensimulation als auch die Mobilfunksituation bei jedem Versuch definiert, so daß bei Leistungsschwankungen über Korrekturrechnungen dafür gesorgt werden konnte, daß tatsächlich alle Messungen auf ein einheitliches Leistungsniveau bezogen werden konnten.

Bild 2 zeigt die Anordnung nun, wie sie zum Ausmessen der „maximalen Stördistanz“ benutzt wurde. Darunter ist die Entfernung zwischen der waagrecht liegenden Antenne und der Oberfläche des

Wasserbades gemeint, bei der gerade eben noch eine Beeinflussung des Schrittmachers festgestellt werden konnte. Die Antenne konnte durch eine entsprechende Höhenveränderung der Haltung bis auf 10 mm an die Oberfläche angenähert werden. Dahinter steckt die Überlegung, daß realistischerweise ein Mobilfunk-Handgerät (Handy) aufgrund seiner Konstruktion nicht näher als 10 cm an die Haut herangeführt werden kann. Bei den portablen Geräten haben wir ähnlich abgeschätzt, daß dort auch dann, wenn dieses Gerät mittels eines Riemens über der Schulter getragen wird, die Antenne kaum näher als 50 mm an die Hautoberfläche über dem Schrittmacher gelangen kann.

### Vorgehensweise bei der Messung

Zunächst wurde bei minimalem Abstand zwischen Schrittmacher und Antenne der Schrittmacher freilaufend getestet, d.h. er sandte seine Impulse aus, da er keine Herzsignale wahrnahm. Dazu wurde das Mo-

bilfunkgerät in Betrieb genommen und beobachtet, ob der Schrittmacher in der Weise beeinflusst wurde, daß er dauerhaft oder kurzzeitig „zum Schweigen“ gebracht wurde. War dies der Fall, wurde der Abstand, wie in Bild 2 gezeigt, so lange vergrößert, bis der Test negativ ausfiel. Dieses Vorgehen wurde nacheinander beim gleichen Schrittmacher mit allen drei Mobilfunk-Systemen (C-, D-, E-Netz) durchgeführt. Anschließend wurde dem Schrittmacher ein Signal angeboten, das er wie ein Herzsignal wertete und entsprechend darauf reagierte, beispielsweise indem er keine elektrischen Impulse mehr gab. Es wurde nun gefragt, ob der Schrittmacher unter dem Einfluß des Mobilfunkgerätes Herzsignale übersehen, also wieder zu stimulieren anfangen könnte. War dies der Fall, wurde auch hier wieder die maximale Stördistanz, innerhalb derer der Schrittmacher zu beeinflussen war, ermittelt.

### Maximale Stördistanz und Sendeleistung

Für zwei empfindliche Schrittmacher wurde mit Hilfe eines Testsenders, bei dem die Ausgangsleistung des Mobilfunkgerätes beliebig eingestellt werden konnte, aufgenommen, bei welcher Leistung sich welche maximale Stördistanz ergab. Dabei stellte es sich heraus, daß bei diesen störanfälligen Schrittmachern die maximale Distanz mit der dritten Wurzel der Sendeleistung steigt. Damit hatten wir eine Beziehung gefunden, die es uns erlaubte, mit nur einer Messung für verschiedene Sendeleistungen die jeweils entsprechende Stördistanz ausrechnen zu können. Aufgrund dieser Berechnungsfor-

mel ergab sich auch, daß ein Handy mit 2 W Ausgangsleistung in 10 mm Entfernung von der Körperoberfläche einen größeren Störeinfluß hat als ein 7-W-Gerät in 50 cm Entfernung, so daß sich aus unserer Untersuchung ergibt, daß die Handys wegen ihrer potentiellen Nähe einen implantierten Herzschrittmacher eher beeinflussen können als ein portables Gerät.

### Sendeleistung und programmierte Wahrnehmungsempfindlichkeit

Herzschrittmacher sollen sich Herzaktionen unterordnen. Sie besitzen deshalb Verstärker mit programmierbarer Verstärkung, die Herzsignale aufnehmen. Verstärkt und gefiltert werden diese dann an die Logikzentrale weitergegeben, die heute bei den meisten Schrittmachern aus einem Mikrocomputer besteht. Wir haben untersucht, wie diese programmierbare Wahrneh-

mungsempfindlichkeit auf die Störbeeinflußbarkeit durch Mobilfunk wirkt. Auch bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß zwischen der maximalen Stördistanz und der Empfindlichkeit ein Zusammenhang existiert, der jedoch invers gegenüber der Sendeleistung ist. Experimentell konnten wir nachweisen, daß beispielsweise eine Verdopplung der Sendeleistung durch eine Verdopplung der Wahrnehmungsschwelle bezüglich der maximalen Stördistanz wieder wettgemacht werden kann.

### Messungen an 231 Herzschrittmacher

Ein wichtiges Ergebnis unserer Untersuchung lautet: Kein Herzschrittmacher ließ sich durch ein E-Netz-Gerät bei der maximalen Sendeleistung von 1 W beeinflussen. Dies gilt übrigens auch für schnurlose Telefone, die nach der DECT-Norm im gleichen Frequenzbereich impulsartig funken.

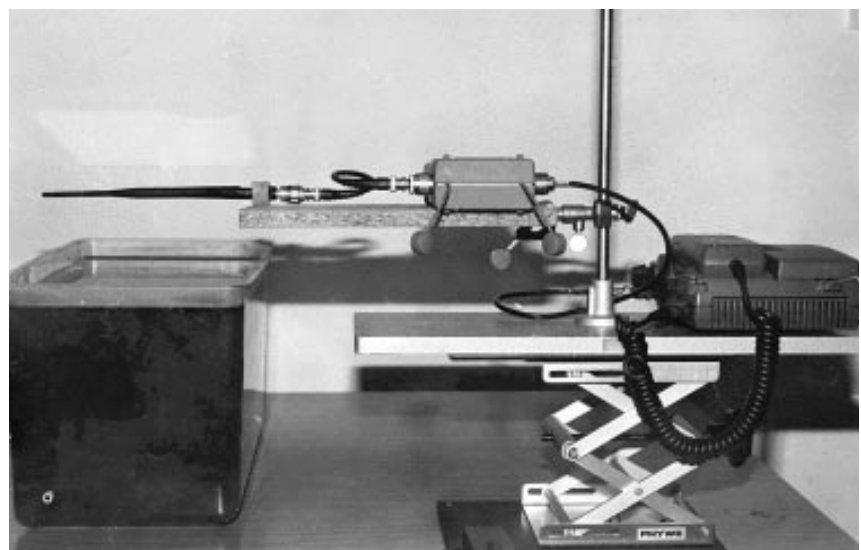


Bild 2: Die Anordnung des Geräteaufbaus, wie sie zum Ausmessen der „maximalen Stördistanz“ benutzt wurde. (Foto: Justus-Liebig-Universität, Gießen)

Bei einigen Geräten des C-Netzes wurde bei 2 W Ausgangsleistung eine Beeinflussung während des Wählvorganges ausgelöst. Jedoch während des gesamten Gespräches reichte offensichtlich die Intensität des elektromagnetischen Feldes nicht aus, um Schrittmacher zu stören.

Im D-Netz wurden nun von 231 Schrittmachern insgesamt 34,2 % aller Modelle beeinflusst, wobei sowohl Stimulationsausfall als auch Impulsabgabe trotz vorgetäuschter Herzeigensignale vorkamen. Als kritisch erwies sich dabei die Phase des Gesprächsaufbaus wie auch die DTX-Betriebsart. Darunter versteht man eine Spareinstellung, bei der ein Funkgerät seine Sendeimpulse stark einschränkt, wenn ihr Träger lediglich zuhört. Spricht er selber, wird die Leistung wieder dadurch erhöht, daß die volle Impulsanzahl gesendet wird.

Die Ergebnisse unserer Mobilfunk-Untersuchungen sind in einer wissenschaftlichen Zeitschrift (Herzschrittmacher, Band 15 (1995), Seite 5 - 20 bzw. 45 - 49) publiziert, in der auch in einer Tabelle aufgelistet wird, welche Schrittmacher untersucht und welches Ergebnis für C- und D-Funk festgestellt wurde.

### Gefährdung von Schrittmacher-Patienten durch Mobilfunkgeräte

Da bei Geräten des C-Netzes nur während des Gesprächsaufbaus ein- oder mehrmalig verlängerte Intervalle zwischen zwei Stimulationsimpulsen auftreten, können Herzschrittmacher zwar beeinflusst, aber in keiner Weise gefährdet

werden. Dazu müßte der Schrittmacher schon sekundenlang in seiner Funktion aussetzen, was jedoch beim C-Netz-Gerät nicht vorkommt.

Dies ist jedoch beim D-Netz zu beobachten. Hier kann es tatsächlich vorkommen, daß ein Patient seinen Herzschrittmacher dadurch beeinflusst, daß er das Funkgerät zu dicht an seinen Schrittmacher heranbringt. Zwar fanden wir sieben Schrittmachermodelle, die in einem Abstand von 10 bis 19 cm hoch zu beeinflussen waren; diese bevorzugt älteren Typen werden jedoch zur Zeit nur noch von 0,9 % aller Patienten getragen. Für den Rest der störbaren Schrittmacher gilt, daß bei einem Abstand zwischen Herzschrittmacher und Mobilfunkgerät von 10 cm und mehr eine Beeinflussung nicht mehr möglich ist. Bild 3 zeigt eine entsprechende Distanz an, bei der jedoch weder gewählt noch aktiv telefoniert werden kann. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch des Mobilfunkgerätes werden sofort zwischen Antenne und Herzschrittmacher 20 cm und mehr gelegt (Bild



4), was gleichzeitig bedeutet, daß dann ein Herzschrittmacher durch das D-Netz nicht zu beeinflussen ist.

Das Problem der Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch Mobilfunk reduziert sich damit auf die Frage, wie weit man sinnvollerweise den Abstand zum Schrittmacher wählen muß, um jeden Störeinfluß zu vermeiden.

### Störbeeinflussung und Schrittmachermodelle

Wenn man die störbaren Herzschrittmachermodelle nach Firmen ordnet, stellt man fest, daß die Qualität des Störschutzes bei den einzelnen Firmen recht unterschiedlich ist. So waren von den 20 Firmen sechs gegenüber dem D-Funk bei allen geprüften Modellen unempfindlich. Bei sechs weiteren Fabrikaten waren die Mehrheit der untersuchten Modelle nicht störfähig. Unter den 20 Herstellern gab es jedoch drei, deren sämtliche Typen beeinflussbar

**Bild 3:** Die meisten störbaren Schrittmacher zeigten bei einem Abstand von 10 cm und mehr zwischen Herzschrittmacher und Mobilfunkgerät keine Beeinflussung mehr. Prof. Irnich demonstriert eine entsprechende Distanz, bei der jedoch weder gewählt noch aktiv telefoniert werden kann. (Foto: Justus-Liebig-Universität, Gießen)

**Bild 4:** Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch des Mobilfunkgerätes werden sofort zwischen Antenne und Herzschrittmacher 20 cm und mehr gelegt, was gleichzeitig bedeutet, daß dann ein Herzschrittmacher durch das D-Netz nicht mehr zu beeinflussen ist. (Foto: Justus-Liebig-Universität, Gießen)



waren. Es zeigte sich auch, daß die älteren Modelle leicht empfindlicher waren als die der neueren Generation. Es ist also nicht so, wie von Schrittmacher-Herstellern häufig suggeriert wird, daß nur die alten Modelle empfindlich, die neuen jedoch ausreichend geschützt seien.

### Ratschläge für Arzt und Patient

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die größte „maximale Stördistanz“ 19 cm betrug. Daraus kann man folgern, daß ein Handy als absolut sicher anzusehen ist, wenn sein Abstand zum Schrittmacher 25 cm und mehr beträgt. Beim Portable ist dies bei einem Abstand von 40 cm und mehr der Fall. Daraus dürfte sich eine verhältnismäßig große Sicherheit für den Patienten deshalb ergeben, weil diese Art von Störsendern ja deutlich zu identifizieren ist, es sei denn, sie befänden sich verborgen in der Jackentasche eines Nebenstehenden.

Soll man nun dem Schrittmacher-Patienten die Benutzung des Mobilfunks selbst verbieten? Wir sind der Meinung, daß es sinnvoller wäre, den einzelnen Patienten darüber aufzuklären, ob er einen störbaren Schrittmacher besitzt oder nicht. Immerhin dürften etwa 70 % aller Patienten ein Mobilfunkgerät benutzen und es an jeder Stelle ihres Körpers tragen, ohne daß eine Komplikation zu erwarten wäre. Von den restlichen 30 % wiederum würden nur jeweils die Patienten ernsthaft beeinträchtigt, die im Augenblick des Telefongesprächs gerade auch ihren Schrittmacher dringend brauchen. Dies ist jedoch nur bei einem Drittel aller Patienten der Fall. Daraus ergibt sich aber, daß vermutlich 90 % aller Schrittmacher keine Probleme im Umgang mit Mobilfunkgeräten im D-Netz machen dürften. Den Patienten mit beeinflussbaren Schrittmachern ist darüber hinaus relativ einfach darzulegen, daß eine Beeinflussung dann nicht auftritt, wenn sie nicht gerade das Mobilfunkgerät über den Schrittmacher in die Jacken-

oder Hemdtasche stecken. Schon die Verlagerung in die Tasche auf die andere Seite oder in die Hosentasche würde das Problem völlig entschärfen.

Dem Arzt sei geraten, sich mit den Schrittmachern vertraut zu machen, die möglicherweise vom Mobilfunk gestört werden, auch wenn sich daraus unter Umständen die mißliche Lage ergibt, daß er bei dem einen Patienten „Ja“, bei dem anderen „Nein“ zur uneingeschränkten Mobilfunk-Benutzung sagen müßte. Dies wäre der sachlich beste Weg, das Problem richtig zu handhaben. Vor allem müßten den etwa 990 Patienten, bei denen ein Mobilfunkgerät eine maximale Stördistanz von 10 cm und mehr hat, erklärt werden, daß sie ein Handy nur an das Ohr und nicht an den Thorax zu halten haben, wenn sie nicht sogar besser ein Portable in 0,5 m Entfernung oder Geräte aus dem C- oder E-Netz benutzen möchten.

Sollte ein Schrittmacher-Patient mit störbarem Implantat nicht auf sein D-Funk-Handy verzichten wollen, gibt es auch weitere Alternativen zum Abstandhalten. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß ein Schrittmacher gegenüber Mobilfunk unempfindlich gemacht werden kann, wenn die Wahrnehmungsschwelle angehoben wird. Sollte auch dies das Problem nicht entschärfen, gibt es auch noch die Möglichkeit, ein mit feinen Metallfäden durchwirktes Hemd als Abschirmung zu benutzen. Wir fanden, daß alle störbaren Schrittmacher sofort nicht mehr zu stören waren, wenn wir unser Bassin mit besagtem Hemd überdeckten. Derartige Kleidungsstücke sind im Handel erhältlich.

Für die Zukunft wäre hingegen noch ein weiterer Schritt sinnvoll, der das Problem sehr schnell entschärfen würde. Würden die Mediziner in einem Ausschreibungstext für Herzschrittmacher die Bedingung aufnehmen, daß das Gerät störunempfindlich gegenüber Mobilfunk sein müßte, hätte heutzutage praktisch keine Firma Schwierigkeiten bei der Lieferung entsprechender Modelle. Hingegen wäre gewährleistet, daß künftig alle Neuentwicklungen dem technischen Stand entsprächen, den man von ihnen mit Recht erwarten kann.

Das Problem Störbeeinflussung von Schrittmachern in der Weise zu handhaben, wie wir es vorschlagen, erfordert von allen Beteiligten, sich entsprechend kundig zu machen. Vereinfachende Generalisierungen sind dabei ebenso fragwürdig wie die Rigorosität des Verbotes. Schrittmacherpatienten sind zwar eine Gruppe von Menschen, die überwiegend dem höheren Lebensalter angehören, die aber unzweifelhaft ein Anrecht darauf haben, sich ihr Leben selbstbestimmend einrichten zu können. Sie fremdbestimmt auf eine Errungenschaft des modernen Lebens verzichten zu lassen, wäre eine Beeinträchtigung, die man keinem zumuten sollte, wenn dies nicht unbedingt notwendig ist.

Eine Generalisierung ist einfach zu merken und trotzdem richtig: Mobilfunkgeräte des C- und E-Netzes sind mit Herzschrittmachern verträglich, als Weihnachtsgeschenk für Herzschrittmacher-Patienten durchaus erwägenswert.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Irnich**

# Störfestigkeit von Herzschrittmachern

Die CETECOM GmbH, Essen, – vormals Institut für Informationstechnik des RWTÜV – wurde von der Forschungsgemeinschaft Funk e.V. mit der Durchführung einer Studie zur Beeinflußbarkeit von Herzschrittmachern durch Funksysteme beauftragt. Untersucht werden sollte die Störfestigkeit von implantierten Herzschrittmachertypen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 2,5 GHz. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meckelburg, Dipl.-Ing. Klaus Jahre und Dr.-Ing. Klaus Matkey von CETECOM stellen in diesem Beitrag die Ergebnisse dieser Studie vor.

Herzschrittmacher sind implantierbare Medizingeräte zur Elektrotherapie bestimmter Herzrhythmusstörungen (Störungen der normalen Herzschlagfolge). Beim Auftreten von Herzrhythmusstörungen sorgt der Schrittmacher durch elektrische Stimulation des Herzens für einen gleichmäßigen Herzschlag. Durch den Einfluß elektromagnetischer Störungen (Felder) – wie sie durch Funkdienste, Rundfunksender, Warensicherungssysteme und andere elektrotechnische Geräte oder Systeme hervorgerufen werden – könnte die Funktion von Herzschrittmachern beeinflußt werden.

Um festzustellen, ob und inwieweit es durch Funksysteme (z.B. digitaler Mobilfunk) zur Beeinflussung von Herzschrittmachern kommen kann, wurde CETECOM von der FGF mit einer entsprechenden Untersuchung beauftragt. Im Mittelpunkt der Studie stand die Störfestigkeit der Herz-

schrittmachertypen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 2,5 GHz, die zum Zeitpunkt der Untersuchung implantiert waren.

Die Störfestigkeit aller elektrischen und elektronischen Geräte wird durch internationale Standards festgelegt. Für die Sicherheit implantierter Herzschrittmacher existiert zwar eine europäi-



Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meckelburg, CETECOM