

Elektrische Wechselfelder als Störfelder  
 an EKG-Untersuchungsplätzen präzise messen

# Unsichtbares sichtbar machen



Niederfrequente elektrische Wechselfelder lassen sich messtechnisch nur schwer erfassen. Mit den neuen 3D-Feldsensoren ist dies heute möglich.

**Warum gelingen EEG- und EKG-Aufzeichnungen im Raum A immer, im Raum B jedoch zeigen sich beinahe regelmäßig Artefakte? Wo liegen die Ursachen, wenn weder der eingesetzte Gerätetyp noch das Bedienpersonal für mangelhafte Aufzeichnungen verantwortlich sind? Worin unterscheiden sich die Umgebungsbedingungen in den beiden Räumen? Für einen Teil dieser Störungen sind unter Umständen niederfrequente magnetische Felder verantwortlich. Doch worin liegt die Erklärung für die anderen Fälle? Eine Möglichkeit: Stegleitungen in den Wänden und nicht abgeschirmte Geräteanschlussleitungen können elektrische Potenziale erzeugen, die um ein Vielfaches größer sind als die Potenziale der EEG- und EKG-Ableitungen.**

Die messtechnische Analyse niederfrequenter elektrischer Wechselfelder (EWF) führte in der technischen elektromagnetischen

Verträglichkeit (EMV) bisher ein Schattendasein. Zum einen konnten bis vor zehn Jahren EWFs messtechnisch kaum zuverlässig erfasst werden, da entsprechende Sensoren für den Praxiseinsatz erst 1995 entwickelt wurden. Andererseits wurde den EWFs als Störfaktor für elektrotechnische Prozesse bislang nur eine untergeordnete Rolle zugesprochen. Mit der Entwicklung dreidimensionaler Messsonden zur Erfassung von EWFs können diese Felder sicher erfasst, entsprechende Abhilfemaßnahmen geplant und messtechnisch kontrolliert werden.

Niederfrequente EWFs werden durch Leitungen und Geräte verursacht, die mit einer Wechselspannungsquelle verbunden sind. Es handelt sich um elektrische Quellfelder mit Feldquellen und Feldsenken. In unseren allgemein angewendeten elektrischen Energieversorgungssystemen (TN- und TT-Systeme; eine Ausnahme bildet das IT-System, das zum Beispiel in OP-Bereichen Anwendung findet) wird der Sternpunkt der speisenden Stromquelle am Transformator geerdet.

Die EWFs breiten sich damit von der Spannungsquelle ausgehend in Richtung Erdpotenzial aus. Erdpotenzial befindet sich – wie der Name ausdrückt – nicht nur am Erdboden, sondern auf allen Objekten, die mit dem Erdpotenzial in elektrisch leitfähiger Verbindung stehen. Da die Leitungen der Elektroanlage normalerweise ständig mit der Netzspannungsquelle verbunden sind, gehen von diesen elektrische Wechselfeldemissionen aus, auch wenn kein Gerät aktiv betrieben wird. Dies gilt auch für Geräte, die fest am Netz angeschlossen oder über

eine Steckverbindung ständig mit der Netzspannungsquelle verbunden sind. Die Höhe des sich im Raum ausbildenden Feldes hängt von folgenden Faktoren ab:

- Höhe der elektrischen Spannung und
- Entfernung zwischen den spannungsführenden Leitungen und Geräten und den auf Erdpotenzial liegenden Objekten.

Die Einheit für die elektrische Feldstärke ist Volt pro Meter (V/m). Befinden sich in einem elektrischen Feld elektrisch leitfähige Objekte – dies gilt auch für den menschlichen Körper – so koppeln diese Objekte an das Feld an und nehmen ein in Abhängigkeit von deren Lage im Raum elektrisches Potenzial an.

## Leitfähige Gegenstände verändern das Feld

EWFs sind messtechnisch schwierig zu erfassen, weil jeder leitfähige Gegenstand, sowohl die Messeinrichtung selbst als auch die messende Person, das Feld verändern. Die heute verwendeten dreidimensionalen Feldsonden wurden auf Basis der Untersuchungen (1994) von Dr.-Ing. Georg Bahmeier<sup>1</sup> entwickelt. Grundlage dieser Methode



Mit Softwareunterstützung lassen sich die Messwerte grafisch darstellen. Per Knopfdruck werden die Daten der Messrichtungen x, y und z gleichzeitig auf den Computer übertragen.

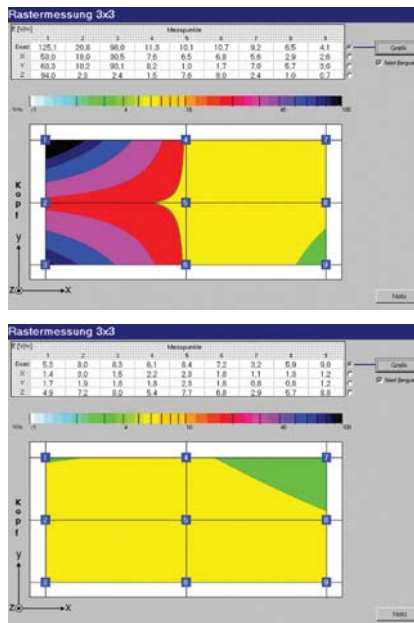
ist es, mit einer zwischen sechs Sensorplatten angeordneten Auswerteeinheit und einer Messwertübertragung über Lichtwellenleiter (LWL) an die Anzeigeeinheit das zu messende Feld möglichst nicht zu verändern. LWLs haben praktisch keinen Einfluss auf das elektrische Feld. Als Anzeigeeinheit kann entweder ein Handbediengerät oder ein Laptop mit entsprechender Software verwendet werden. Anwendung fand diese Messmethode bisher bei der Beurteilung von Aufenthaltsorten im Sinne der Bundesimmissionsschutzverordnung beispielsweise in der Nähe von Hochspannungsleitungen. Seit 2002 werden diese Feldsonden auch in der baubiologischen Messtechnik zur Beurteilung von Langzeitaufenthaltsorten im Sinne der Gesundheitsvorsorge eingesetzt. Vorgegangen waren Untersuchungen von Dr.-Ing. Martin H. Virnich und Dr.-Ing. Georg Bahmeier, die unter anderem die Zuverlässigkeit dieses Messverfahrens bei Messungen in Gebäuden, insbesondere auch in der Nähe von Objekten und in unbekanntem Feldsituationen bestätigt hatten<sup>2</sup>.

Mit der isotropen Sonde 3D-EFM hat das Unternehmen ROM-Elektronik in Deisenhausen einen hochempfindlichen Sensor entwickelt, der sich im Praxiseinsatz bewährt hat. Die Sonde verfügt über unterschiedliche Filtereinstellungen, die es erlauben, den Frequenzbereich von ca. 10 Hz bis 100 kHz zu überstreichen.

### Felder bis 0,3 V/m erfassen

Somit werden Emissionen der elektrischen Bahnen (16,7 Hz) sowie der Netzversorgung (50 Hz) und deren Oberwellen sicher aufgezeichnet. Das gleiche Unternehmen entwickelt zurzeit die Erweiterung des Frequenzbereichs bis 400 kHz. Die Sonde hat selbst im Breitbandbetrieb eine hohe Empfindlichkeit. Felder bis 0,3 V/m können damit erfasst werden.

Messungen in Gebäuden können beispielsweise so durchgeführt werden, dass die Würfelsonde auf einem Stativ aufgesetzt wird, das über ein



Über die neun Rasterpunkte wurden Messungen an einer Patientenliege durchgeführt. Die Feldbelastung vor und nach der Sanierung zeigt merkbare Unterschiede.

bis auf 50 Zentimeter ausziehbares Verlängerungsrohr verfügt. Genaue Verfahrensanweisungen zu Messungen in Gebäuden und in der Nähe von Objekten finden sich in den VDB-Richtlinien des Berufsverbands Deutscher Baubiologen e. V.<sup>3</sup> Eine weitere interessante Möglichkeit ist es, die Immissionen an einem Patientenplatz zur Erfassung von Körperaktionspotenzialen messtechnisch zu erfassen und grafisch darzustellen.

Die 3D-EFM-Messsonde wird auf einen fünf Zentimeter hohen Styroporblock an neun Punkten auf dem Patientenuntersuchungsplatz positioniert. Dadurch wird der Näherungseffekt der Sonde bei Objekten mit elektrisch leitfähigen Materialien (zum Beispiel metallische Gestelle) auf ein vernachlässigbares Maß reduziert.

Mit der leicht zu bedienenden Software der Messsonde können über die Funktion Rastermessung mit nur einem Knopfdruck pro Position die Daten der Messrichtungen x, y und z gleichzeitig an den Rechner übertragen werden. Daraus generiert die Software eine Grafik, die sehr anschaulich die Feldverteilung darstellt und damit einen Hinweis auf die Lage der Feldverursacher

gibt. Nach Durchführen von Sanierungsversuchen (Beseitigen von Geräten, Abschalten von Stromkreisen usw.) kann eine zweite Messreihe aufgenommen und erneut grafisch abgebildet werden.

### Artefakte bei Feldstärken ab 50 V/m

In vielen Arztpraxen befinden sich EKG-Diagnoseplätze im Hinblick auf die Immissionen von EWFs an eher ungünstigen Standorten. Untersuchungen des Autors haben gezeigt, dass bei EKG-Ableitungen je nach eingesetztem Gerät bereits Feldstärken im Bereich von ca. 50 V/m Artefakte auslösen können. Das sind Feldstärken, die in Räumen mit elektrotechnischer Ausstattung üblich sind oder je nach Anordnung von elektrischen Geräten auch weit übertroffen werden.

Oft befinden sich elektrische Geräte in der Nähe eines Patientenuntersuchungsplatzes und können aus Gründen geringer Raumgrößen nicht an anderer Stelle untergebracht werden. Unberücksichtigt bleiben in der Regel Elektroinstallationsleitungen, die sich verdeckt in Wänden, Fußböden und Decken befinden. Zwar schreibt die relativ neue Norm DIN VDE 0100 Teil 710<sup>4</sup> im Sinne niederfrequenter elektrischer Wechselfelder keine besonderen Maßnahmen vor. Diese waren jedoch in der alten Norm DIN VDE 0107<sup>5</sup> vom Oktober 1994 noch vorhanden.

Im Abschnitt 7.2.1 heißt es: „Die Kabel und Leitungen der Starkstromanlage sollten mit leitfähigen, abschirmenden Umhüllungen verlegt werden. Diese Maßnahme ist an allen Kabeln und Leitungen durchzuführen, die im zu schützenden Raum, in dessen Wänden, Decken und Fußböden sowie an deren Außenseiten verlegt sind“. Nach dieser Norm müssen die leitfähigen Umhüllungen der Kabel und Leitungen in den Potenzialausgleich einbezogen werden.

Weiterhin werden Maßnahmen wie beispielsweise das Ausstatten

der raumumgebenden Flächen mit elektrisch leitfähigen und geerdeten Abschirmungen sowie die Empfehlung des Einsatzes von Geräten der Schutzklasse I (Geräte mit geerdetem metallischen Gehäuse) beschrieben. Da sich an der grundsätzlichen Methodik der Ableitung geringster elektrischer Potenziale beim EKG – aber auch beim so genannten EEG (Elektroenzephalografie), EMG (Elektromyografie), ENG (Elektro-neurografie), Messungen evozierter Feldpotenziale usw. – nichts geändert hat, sollten die genannten Maßnahmen der alten Norm DIN VDE 0107 weiter Bestand haben.

### Literaturhinweise

1. Bahmeier, Georg: Feldsonden für Kalibrierzwecke und zur Bestimmung von Betrag und Richtung der elektrischen Feldstärke, 1994.
2. Bahmeier, Georg, Virnich, Martin H.: Messungen an E-Feldstärkemessungen für den Niederfrequenzbereich, 2002. Das Projekt wurde durch Martin Schauer, Würzburg, initiiert und von der LGA Bayern gefördert.
3. VDB-Richtlinien, Band 1, Physikalische Untersuchungen; Herausgeber: Berufsverband Deutscher Baubiologen – VDB e. V., Reindorfer Schulweg 42, 21266 Jesteburg; Verlag des AnBUS e. V..
4. DIN VDE 0100-710, Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Teil 710: Medizinisch genutzte Bereiche, 11/202.
5. DIN VDE 0107, Starkstromanlagen in Krankenhäusern und medizinisch genutzten Räumen außerhalb von Krankenhäusern, 10/1994.
6. Schauer, Martin, Virnich, Martin: Baubiologische Elektrotechnik – Feldmesstechnik und Praxis der Feldreduzierung, der Fachbuchreihe Elektro- und Gebäudetechnik, Heidelberg 2005.
7. Schauer, Martin: EMV-Probleme von elektrischen Anlagen in Gebäuden; ‚Energieversorgung & Mobilfunk‘, Tagungsband der 4. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e. V. (14.-15. April 2005 in Attendorf); Verlag des ANBUS e. V., Fürth 2005.

Die Tatsache, dass beispielsweise bei modernen EEG-Geräten elektrische Potenziale auch im Nanovoltbereich (nV) noch sicher erfasst werden, zeigt, dass auch ohne normative Regelung weiterhin Handlungsbedarf bei der Betrachtung des Umfelds von Patientenuntersuchungsplätzen besteht. Elektrische Wechselfelder können mit unterschiedlichen Maßnahmen reduziert werden. Dabei ist zwischen Emissions- und Immissionsschutz zu unterscheiden<sup>6</sup>. Emissionsschutz bedeutet, die Entstehung und Ausbreitung von Feldern zu verhindern oder zu behindern. Maßnahmen des Emissionsschutzes sind:

- Feldreduzierung mit geschirmten Elektroinstallationskomponenten,
- Feldreduzierung durch Abkoppeln oder Abschalten von Endstromkreisen oder Teilen von Endstromkreisen und
- Feldreduzierung durch Kompensationseffekte (zum Beispiel durch Phasentausch).

Immissionsschutz bedeutet, sich vor vorhandenen Feldern zu schützen, ihr Eindringen in den Bereich von Diagnoseplätzen zu verhindern oder zu behindern. Maßnahmen des Immissionsschutzes sind:

- Feldreduzierung durch Abstandhalten zu Feldverursachern und
- Feldreduzierung durch Anbringen von großflächigen Abschirmungen mit Abschirmplatten, -putzen, -vliesen, -tapeten und -farben.

Wenn die Möglichkeit besteht, sollte dem Emissionsschutz der Vorzug vor dem Immissionsschutz gegeben werden. Er ist grundsätzlich wirkungsvoller.

### Wichtiger Faktor ist die Beschaffenheit der Elektroanlage

Bei allen Maßnahmen sollte unbedingt berücksichtigt werden, dass die Beschaffenheit der Elektroanlage ein wichtiger Faktor ist. Beim Einsatz von geschirmten Elektroinstallationskomponenten und insbesondere bei großflächigen und geerdeten Abschirmungen sollte im gesamten Gebäude das TN-S-System angewendet werden<sup>7</sup>. Bei Nichtbeachtung



Die isotrope Sonde ‚3D-EFM‘ ist ein hochempfindlicher Sensor, der über unterschiedliche Filtereinstellungen verfügt. Damit lässt sich ein Frequenzbereich von 10 bis 100 kHz abdecken.

BILDER: VERFASSER

können Fehlströme über Schirmungen mit der Folge von magnetischen Feldern entstehen, die bekanntermaßen ebenfalls einen drastischen Einfluss auf die erwähnten Diagnoseverfahren haben.

Für die durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen bietet die Industrie heute eine Fülle von Produkten an. Der Autor konnte beispielsweise bei der Sanierung einer Privatklinik die Immissionen durch elektrische Wechselfelder bis unter die Nachweisgrenze reduzieren. Sanierungen sollten nur von Fachleuten durchgeführt werden, die Kenntnisse über die physikalischen Zusammenhänge von EWFs, der entsprechenden Messtechnik sowie des Aufbaus einer EMV-gerechten Elektroanlage verfügen.

*Martin Schauer*

### Kontakt

Martin Schauer  
Handwerkskammer  
für Unterfranken  
Öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für das Elektrotechniker-Handwerk  
und elektrische, magnetische und  
elektromagnetische Felder

ROM-Elektronik GmbH  
Am Grund 13  
86489 Deisenhausen  
Tel.: 0 82 82 / 73 85  
Fax: 0 82 82 / 73 05  
info@rom-elektronik.de

# Jetzt

# Abonnieren!

- ◆ Monatlich fundierte Informationen über praxisorientierte Problemlösungen für Entscheider im Krankenhaus machen Sie zum gut informierten Gesprächspartner.
- ◆ Ziehen Sie aus den Erfahrungen anderer Ihren persönlichen Nutzen: In KTM lesen Sie, auf welche Weise bestimmte Probleme im Einzelfall gelöst wurden. Anwendungsbeispiele, Interviews und Branchen-News runden das abwechslungsreiche Spektrum ab.



Tel.: +49 (0) 88 06-95 77-0  
 ktm@pn-verlag.de · www.ktm-journal.de

◆ Nur ein Abonnement sichert Ihnen regelmäßige und punktliche Lieferung und garantiert, dass Sie jede Ausgabe sofort und direkt auf Ihren Schreibtisch bekommen.

Bitte an +49 (0) 88 06-95 77-11 faxen oder einsenden an:

Ja, bitte senden Sie mir bitte ab sofort monatlich KRANKENHAUS TECHNIK + MANAGEMENT zum Inlands-Jahrespreis von Euro 72,00 inkl. Versand + MwSt. (Auslands-Jahrespreis auf Anfrage)

pn verlag Dr. Wolf Zimmermann  
 Vertrieb / Abo-Service  
 KRANKENHAUS TECHNIK + MANAGEMENT  
 Leitenberg 5  
 86923 Finning  
 Deutschland

_____	_____	_____
Name, Vorname	Funktion	Firma/Krankenhaus
_____	_____	_____
Straße/Postfach	PLZ, Ort	