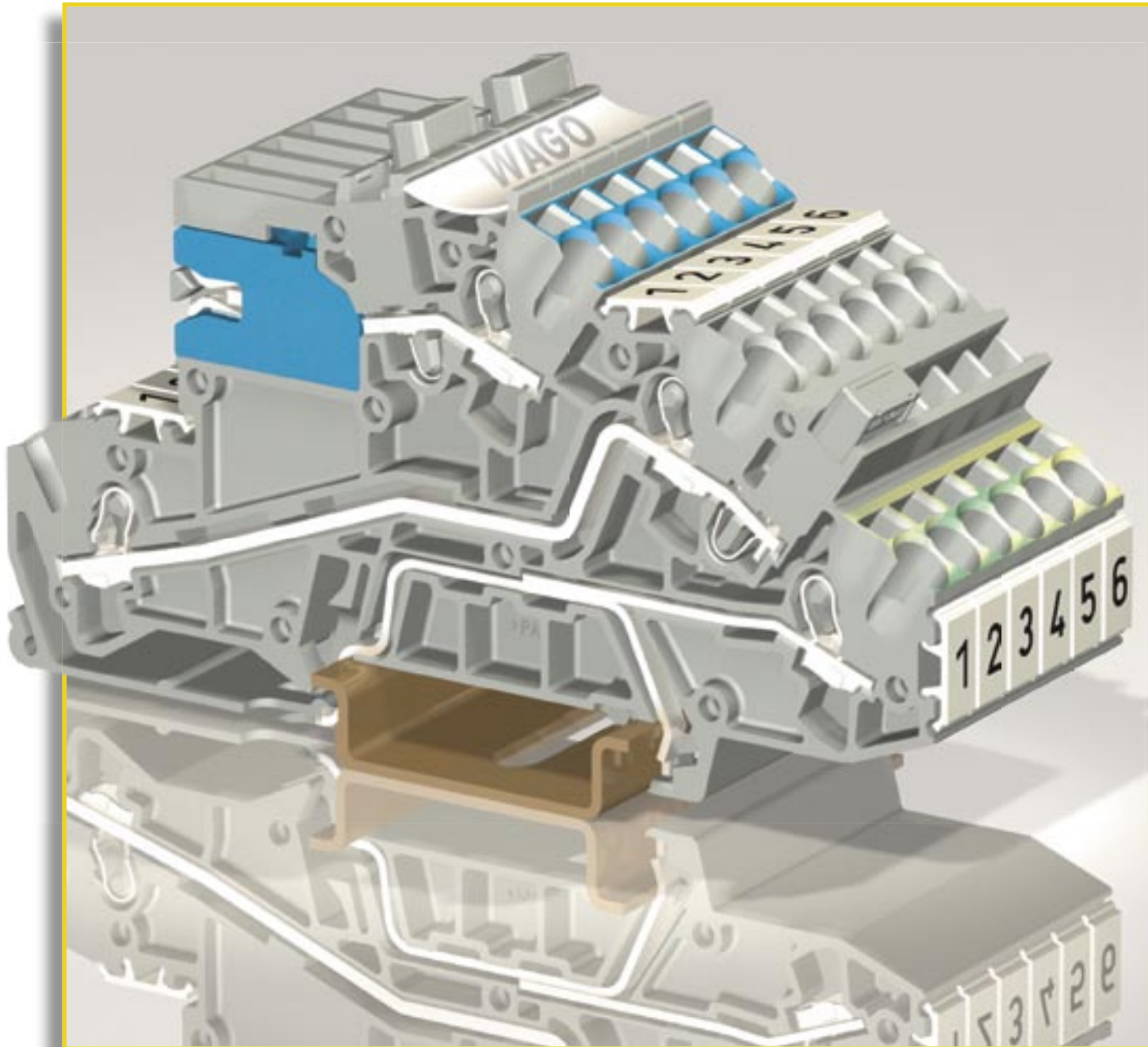




# elektrobörse

Gebäudetechnik, Installation & Licht

SmartHouse



- e Schalten aus der Ferne
- e EnOcean-Lösungen
- e Zentralstaubsauganlagen
- e Türsprechanlagen
- e Batterielose Funktechnik
- e Geprüfte Brandschutzsysteme
- e E-Installation im Freien
- e Feldstärkemessungen
- e Lichtmanagement
- e *Extra*: Rollende Werkstatteinrichtung



Foto: Narda Safety Test

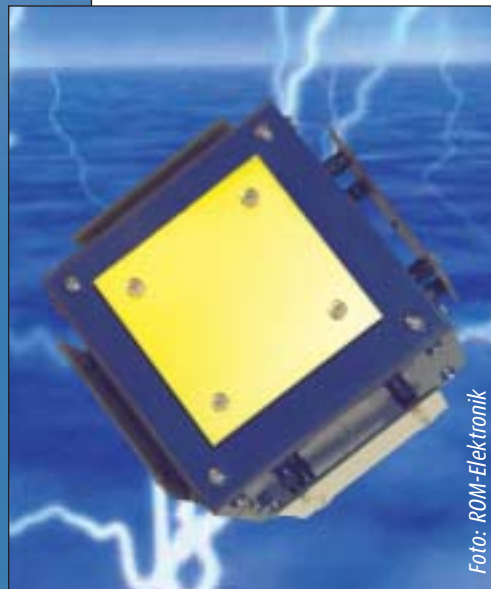


Foto: ROM-Elektronik

3D-EFM E-Feld Würfelsonde

Feldmesssystem EFA 300

# Feldstärkemessungen mit potentialfreiem Messverfahren

Martin Schauer, Martin H. Virnich

Für die Messung niederfrequenter elektrischer Wechselfelder hat sich das potentialfreie Messverfahren durchgesetzt, das jetzt in die VDB-Richtlinien<sup>1</sup> aufgenommen wurde. Nachfolgend werden beide Messverfahren gegenübergestellt und die Vorteile der potentialfreien Messung beschrieben.

Martin Schauer, Elektrotechniker-Meister, EMV-Messtechnik Würzburg.  
Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik Mönchengladbach.

Die Messung niederfrequenter elektrischer Wechselfelder in Wohnräumen und insbesondere an Schlafplätzen hat in der Vergangenheit immer wieder zu der Diskussion geführt, welches Messverfahren – das erdpotentialbezogene oder das potentialfreie – hierzu geeignet ist. Nach wissenschaftlichen Untersuchungen und einer Erprobungsphase hat der Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. jetzt das potentialfreie Messverfahren in die VDB-Richtlinien<sup>1</sup> aufgenommen [1]. In diesem Beitrag werden beide Messverfahren gegenübergestellt und die wesentlichen Vorteile der potentialfreien Messung beschrieben.

<sup>1</sup> Die VDB-Richtlinien [1] dienen als Messvorschrift den Mitgliedern des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen, der Fachgruppe Hausuntersuchung FGHU der SIB (Schweizerische Interessengemeinschaft Baubiologie/Bauökologie) sowie interessierten Umweltmesstechnikern.

## Grenzwerte zum Schutz vor schädigenden Einwirkungen

Niederfrequente elektrische Wechselfelder (E-Felder) entstehen in Anwesenheit unterschiedlicher elektrischer Potentiale bzw. elektrischer Spannung. Die E-Feldstärke entspricht dem räumlichen Gefälle des Potentials; ihre Maßeinheit ist daher V/m. Im häuslichen Umfeld werden E-Feld-Immissionen durch die im Gebäude installierte Elektroanlage, unter Umständen aber auch durch Feldeinwirkung von außen (z. B. Freileitungen) verursacht. Im Blickpunkt bei der Wirkung auf den Menschen steht beim elektrischen Feld die Kraft der Influenz, der Einfluss auf freie Ladungsträger im Körper und dadurch hervorgerufene Ströme. Zum Schutz vor schädigenden Einflüssen wurden Grenzwerte festgelegt. Die Grenzwertregelung der 26. Bundesimmissionschutzverordnung für Elektroanlagen über 1.000 V (26. BImSchV [2])

sieht einen Wert von 5.000 V/m für das elektrische Wechselfeld bei 50 Hz vor und gilt für ortsfeste gewerblich genutzte Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität. Für Spannungen unter 1.000 V gibt es dort keine Regelung; auch für Geräte und Maschinen gilt die Verordnung nicht. Für die Beurteilung der Emissionen häuslicher Elektroinstallationen ist die Verordnung also nicht geschaffen. Auch die Stellungnahme der Weltgesundheitsorganisation (WHO): »Keine Normungsbehörde hat Expositionsrichtlinien mit dem Ziel erlassen, vor langfristigen Auswirkungen, wie einem möglichen Krebsrisiko, zu schützen« [3], legt den Schluss nahe, dass die Grenzwerte der 26. BImSchV sowie weiterer gesetzlicher Verordnungen und Vorschriften mit vergleichbaren Regelungen nicht für Daueraufenthaltsorte wie Wohnungen anwendbar sind. Richtwerte der Baubiologie [4] sowie die TCO-Werte für strahlungsarme Computermonitore [5] berücksichtigen dagegen das Langzeitrisiko sowie den Gedanken der Gesundheitsvorsorge durch Expositionsminimierung. Sie liegen mit 1 V/m bzw. 10 V/m mehrere Größenordnungen unter den gesetzlichen Grenzwerten der 26. BImSchV. Immer mehr Menschen entscheiden sich heute in Eigenverantwortung zu Maßnahmen der Immissionsminimierung in ihren eigenen vier Wänden. Ziel ist dabei die Einhaltung möglichst niedriger Gesundheitsvorsorgewerte. In Gebäuden können Emissionen der Elektroanlage durch den Einsatz von geschirmten Leitungen und Elektrodozen, mit großflächigen Abschirmungen sowie mit moderner Gebäudesystemtechnik realisiert werden ([6] [7]). Zunächst müssen jedoch in bestehenden Anlagen die Immissionen erfasst werden, um die Notwendigkeit von Eingriffen in die Elektroinstallation bzw. von Abschirmmaßnahmen festzustellen.

## E-Feldstärkemessungen

Elektrische Felder können durch leitfähige Gegenstände leicht beeinflusst und »verzerrt« werden. E-Feldstärkemessungen sind daher mit großer Sorgfalt und Sachkenntnis durchzuführen, weil das Mess-Equipment

selbst und die Messperson das Ursprungsfeld verändern. In einer von den Autoren durchgeführten Untersuchung [8] wurden Messverfahren und -geräte aus der baubiologischen Messtechnik und der EMVU-Messtechnik<sup>2</sup> auf ihre Messgenauigkeit und Handhabung untersucht. In diesem Beitrag werden wesentliche Ergebnisse der Untersuchung und weitere wichtige Aspekte der Feldmesstechnik erläutert. Heute werden zwei unterschiedliche E-Feldmessverfahren angewandt:

1. Das »erdpotentialbezogene« Messverfahren
2. Das »potentialfreie« Messverfahren.

## Erdpotentialbezogene Messung

In den 80er Jahren entwickelten das schwedische MPR-Gremium<sup>3</sup> und der Dachverband der schwedischen Angestelltengewerkschaft TCO<sup>4</sup> zusammen mit vielen Verbänden (u. a. auch dem schwedischen Elektroverband SEMKO<sup>5</sup>) einen Standard, der sehr niedrige Richtwerte für Emissionen von Computerbildschirmen sowie das dazugehörige Messverfahren festlegt: Ein kreisförmiger Sensor mit genau spezifizierten Abmessungen (Bilder 1 und 2) besteht aus der inneren Mess-Sonde mit zwei einander gegenüberliegenden Elektroden und dem äußeren, großflächigen Schirmring. Die Gegenelektrode der inneren Mess-Sonde und der äußere Schirmring werden über eine Messleitung an das Potential »Erde« kontaktiert. Die Sonde wird im Abstand von 30 cm vor dem Bildschirm

- 2 EMVU: Elektro-Magnetische Verträglichkeit Umwelt
- 3 MPR: National Board for Measurement and Testing / Schweden
- 4 TCO: Tjänstemännens Central Organisation / Schweden
- 5 SEMKO - Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten / Schweden

## INFO-SERVICE

[www.narda-sts.de](http://www.narda-sts.de)  
[www.rom-elektronik.de](http://www.rom-elektronik.de)  
[www.baubiologie.net](http://www.baubiologie.net)  
[www.baubiologie.de](http://www.baubiologie.de)  
[www.ohne-elektrosmog-wohnen.de](http://www.ohne-elektrosmog-wohnen.de)  
[www.elq.de](http://www.elq.de)



1 - TCO-Sonde, Vorderansicht mit innerer Mess-Sonde und äußerem Schirmring.

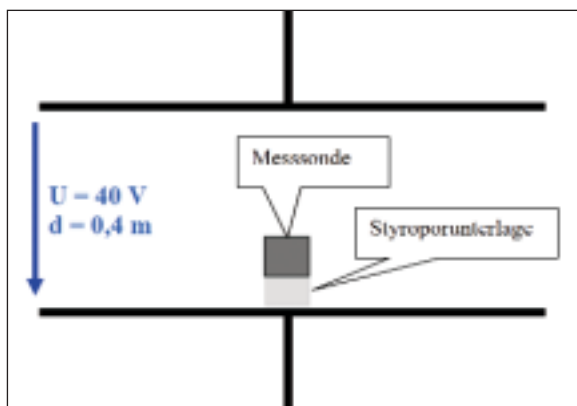
2 - TCO-Sonde, Rückansicht mit Display (EnviroMentor).



3 - Kleinsonde

positioniert. Die dabei registrierte Feldstärke darf nach derzeit gültigem Standard »TCO 99« 10 V/m im Frequenzbereich 5 Hz ... 2 kHz nicht überschreiten. Die elektrischen Feldlinien werden bei diesem Messverfahren durch den äußeren, auf Erdpotential liegenden Schirmring bewusst auf das Messgerät orientiert. Das Feld entspricht nicht mehr dem Ursprungsfeld, das ohne die Messsonde vorhanden ist. Mit dieser Messkonstellation können somit nur »vergleichende« Messungen an den zu untersuchenden Objekten (Bildschirmen) durchgeführt werden. Die Messergebnisse geben jedoch keine Auskunft darüber, wie sich die Feldsituation des Bildschirms an seinem späteren Einsatzort verhält.

In der baubiologischen Messtechnik werden die gleichen Sonden oder abgewandelte so genannte Kleinsonden (Bild 3) für Schlafplatzuntersuchungen verwendet. Die zu erdende Messleitung wird dann entweder am Schutzkontakt einer Steckdose, an einem metallischen Heizungs- oder Wasserrohr oder an einem Hilfsleiter angeschlossen. Mit erdpotentialbezogenen arbeitenden Sonden sind prinzipbedingt nur eindimensionale Messungen mög-



4 - Messaufbau  
Plattenkonden-  
sator

lich. Bei unbekannter Feldquelle muss die Sonde im Raum auf maximale Anzeige ausgerichtet werden.

### Potentialfreie Messung

Um dreidimensionale isotrope Messungen durchführen zu können, muss auf das potentialfreie Messverfahren zurückgegriffen werden. Praxistaugliche Messgeräte für dieses Verfahren (siehe auch nebenstehender Kasten »Messtechnik im Überblick«) wurden erst ab 1995 auf Basis der grundlegenden Untersuchungen in [9] entwickelt. Prinzip dieser Messmethode ist es, die Messsonde ohne Anschluss an ein Fremdpotential (»Erde«) zu betreiben. Verzerrungen des elektrischen Feldes durch die Messperson werden dadurch vermieden, dass die Messsonde von der Anzeigeeinheit mehrere Meter entfernt aufgestellt wird. Anstelle metallischer Leitungen werden Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) zur Informationsübertragung an die Auswerteeinheit verwendet. Anwendung findet diese Messmethode bisher klassischerweise bei der Beurteilung von Aufenthaltsorten z. B. unter Hochspannungsleitungen im Sinne der 26. BImSchV mittels dreidimensional messender so genannter Würfelsonden.

### Vergleich der Messmethoden

In der von den Autoren angestellten Untersuchung wurden die beiden Messverfahren im Hinblick auf Immissionsmessungen in Gebäuden, speziell am Schlafplatz, auf ihre Messgenauigkeit, Handhabung und ihre Möglichkeit zu Messungen direkt an der Körperoberfläche des Menschen analysiert. Zusätzlich wurden die Verfahren auf ihre Eignung zu realistischen Vergleichsmessungen als Sanierungskontrolle geprüft, wenn die Feldsituation

## e INFORMATION

### Messtechnik im Überblick



Feldmesssystem EFA 300

Foto: Narda Safety Test

#### • EFA 300 Feldmesssystem

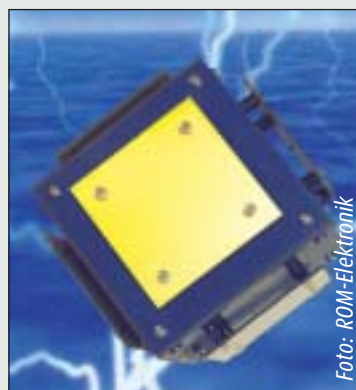
Das EFA-300 von Narda Safety Test Solutions GmbH, Pfullingen, ist ein Feldmesssystem zur Analyse elektrischer und magnetischer Wechselfelder im Frequenzbereich von 5 bis 32.000 Hz. Die dreidimensionale isotrope Würfelsonde zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke (links, auf Stativ) wird über einen Lichtwellenleiter an das Basisgerät (rechts, mit aufgesetzter Präzisions-Magnetfeldsonde) oder an einen PC/Laptop angeschlossen. Für eine Langzeiterfassung, auch mit zeitgesteuerter Messung, kann die Sonde vorpro-

grammiert und dann völlig getrennt vom Basisgerät oder PC/Laptop stand alone betrieben werden. Das äußerst robuste Mess-System zeichnet sich durch eine stattliche Anzahl von wählbaren Frequenzfiltern aus (Hoch-, Tief-, Bandpass- und Notchfilter).

Der potentialfreie Sensor erlaubt bei breitbandiger Einstellung auf 30 Hz bis 2 kHz die Erfassung von Immissionen ab ca. 0,7 V/m bis hin zu 100.000 V/m. Bei frequenzselektiver Messung (z.B. mit 50 Hz-Filter) erhöht sich die Empfindlichkeit auf 0,1 V/m.

Die Messergebnisse der Langzeitaufzeichnung lassen sich exportieren und z. B. mit Excel weiterbearbeiten. Optional ist eine FFT-Spektralanalyse (Fast Fourier Transformation) erhältlich.

[www.narda-sts.de](http://www.narda-sts.de)



3D-EFM E-Feld Würfelsonde

Foto: ROM-Elektronik

#### • 3D-EFM E-Feld Würfelsonde

Die dreidimensional isotrop messende E-Feldsonde von ROM-Elektronik, Deisenhausen, ist für den Betrieb an einem PC/ Laptop vorgesehen. Der Anschluss erfolgt über einen Lichtwellenleiter. Optional ist ein Handbediengerät erhältlich.

Der Frequenzbereich erstreckt sich von 10 Hz bis 100 kHz. Es sind zwei schaltbare Tiefpässe und ein Hochpass integriert. Alle Einstellungen erfolgen beim PC-/ Laptopanschluss über die Software.

Der potentialfreie Sensor erlaubt bei breitbandiger Einstellung die Erfassung von Immissionen ab ca. 0,3 V/m bis hin zu 1.000 V/m. Zusätzlich zum Betrag der Feldstärke (Ersatzfeldstärke) werden auch die Anteile der Achsen x, y und z ausgewiesen.

Weiterhin unterstützt die Software eine Rastermessung mit 3 x 3 Messpunkten und liefert hierfür eine Farbgraphik der Messwerte, aus der die Verteilung der Feldstärke in der Fläche und Feldinhomogenitäten anschaulich und auch für Nicht-Techniker klar ersichtlich sind. Die Grafiken können zur Dokumentation abgespeichert und für das Messprotokoll z. B. direkt in ein Word-Dokument eingebunden werden. Schließlich können damit auch Langzeitaufzeichnungen durchgeführt und gespeichert werden.

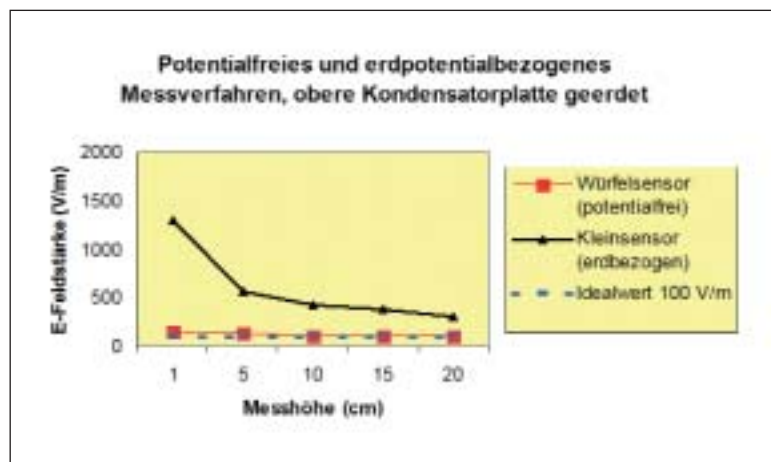
[www.rom-elektronik.de](http://www.rom-elektronik.de)

durch das Einbringen großflächiger, geerdeter Abschirmungen verändert worden ist. Insbesondere sollte die Frage geklärt werden, welches Messverfahren in beliebigen Feldsituationen verlässliche und reproduzierbare Ergebnisse bringt.

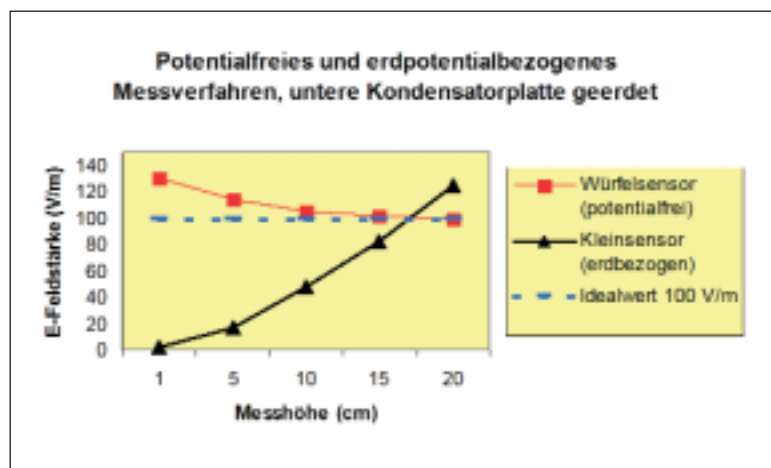
Die verschiedenen Messgeräte wurden zunächst im homogenen Feld eines Plattenkondensator-Messaufbaus mit bekannten Größen und definierter Feldsituation untersucht (Bild 4). Es wurde über einen Regel-Trenntrafo eine Feldstärke von 100 V/m zwischen den Platten erzeugt, die unabhängig von der Höhe ist, in der sich die Sonde befindet. Zusätzlich wurde das Verhalten der Messgeräte bei Verbindung der unteren bzw. oberen Platte mit dem Erdpotential untersucht (entspricht dem Verhalten der Messgeräte in der Umgebung von größeren, geerdeten Flächen). In der Mitte der Horizontalebene – hier ist das Feld sehr homogen – wurden mittels Styroporunterlagen<sup>6</sup> die Messungen in verschiedenen Höhen vorgenommen.

Die Grafiken (Bild 5a und 5b) zeigen, dass der Würfelsensor (potentialfrei) unabhängig von der Messhöhe und der Erdung der oberen bzw. unteren Platte sehr genaue Messergebnisse liefert, die nahe beim theoretischen Idealwert

<sup>6</sup> Styropor verändert das elektrische Feld nur unwesentlich.

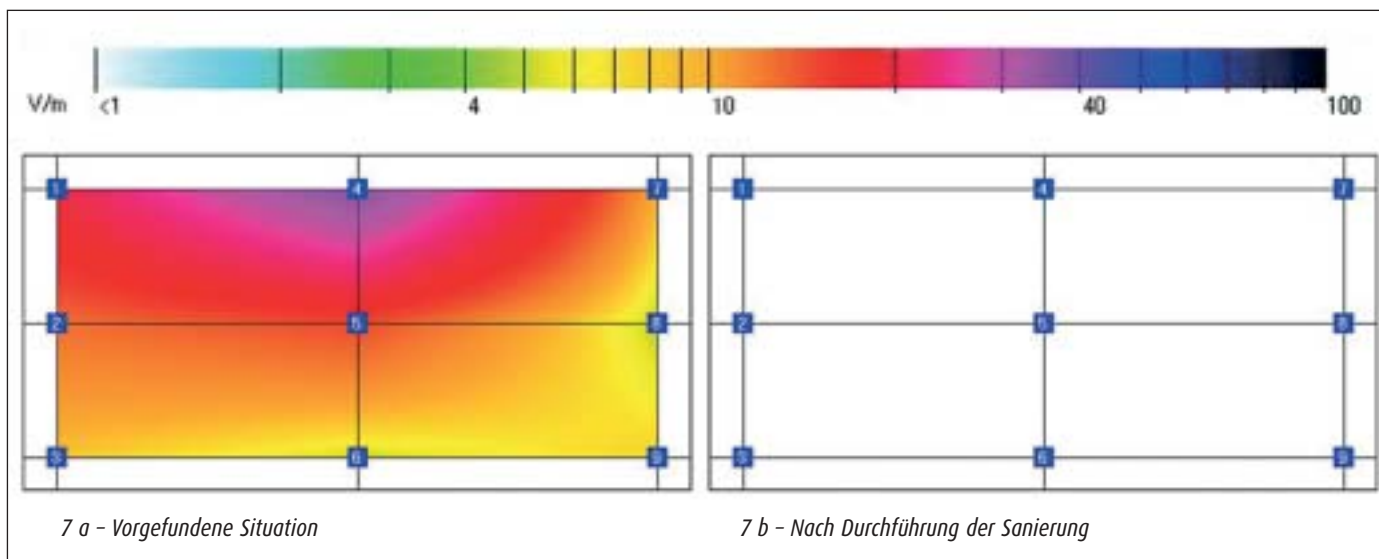


5 a - Obere Kondensatorplatte geerdet, Sensorfläche der Kleinsonde zeigt nach unten.



5 b - Untere Kondensatorplatte geerdet, Sensorfläche der Kleinsonde zeigt nach unten.

# Anzeige



liegen. Erst bei einer sehr niedrigen Messhöhe von wenigen Zentimetern tritt der so genannte Näherungseffekt auf: Der Würfelsensor zeigt bei geringem Abstand zu leitenden Objekten eine überhöhte Feldstärkeanzeige; diese kann durch einen sondenspezifischen Korrekturfaktor herausgerechnet werden. Damit können potentialfreie Mess-Systeme für Immissions-

messungen in Gebäuden, insbesondere auch am Schlafplatz und erforderlichenfalls sogar direkt an der Oberfläche eines menschlichen Körpers – der ebenfalls leitfähig ist – herangezogen werden. Zusätzlich sind in den Grafiken

die Messwerte des erdpotentialbezogenen Messverfahrens denen des potentialfreien Würfelsensors gegenübergestellt. Für die erste Messreihe (Bild 5a) wurde die obere Platte des Versuchsaufbaus geerdet. Die Kleinsonde wurde mit nach unten gerichteter Sensorfläche in dem Kondensatoraufbau positioniert. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Messwerte sehr stark vom Abstand der Sonde zur Feldquelle abhängen. Je nach Abstand ergeben sich drastische Fehlmessungen, die bis zum 13- oder 14-fachen der Feldstärke des eingestellten Feldes (100 V/m) reichen.

Bei der zweiten Messreihe (Bild 5b) wurde die untere Platte geerdet, die Sondenfläche des erdpotentialbezogenen Messgerätes wurde wieder nach unten gerichtet. Auch hier zeigen sich sehr vom Abstand abhängige Messergebnisse. Jedoch kommt es jetzt bei der Näherung zur unteren geerdeten Kondensatorplatte zu sehr niedrigen Messergebnissen. Da die Gegenelektrode des erdpotentialbezogenen Feldsensors auf dem gleichen Potential liegt wie die untere (geerdete) Kondensatorplatte, wird eine viel zu geringe Feldstärke angezeigt.

Mit erdpotentialbezogenen Messgeräten kann daher nur korrekt gemessen werden, wenn die Feldsituation, insbesondere die räumliche Lage von Feldquelle und Erdpotential genau bekannt ist. In unbekanntem Feldsituationen können zu hohe oder auch zu niedrige Messergebnisse angezeigt werden. Es besteht somit bei allen Untersuchungen in Gebäuden – hier ist die Feldsituation grundsätzlich unbekannt – das Risiko der Fehlmessung und der Ableitung falscher Sanierungsmaßnahmen. Die Gefahr der Unterschätzung von Feldsituationen besteht insbesondere dann, wenn sich großflächige, geerdete Flächen im Umfeld eines zu untersuchenden Ortes befinden. Dies ist im Sinne der beabsichtigten Gesundheitsvorsorge kaum zu tolerieren.

Erdpotentialbezogene Feldstärkemessungen sollten daher nur für die von MPR und TCO vorgesehenen Einsatzgebiete der vergleichenden Emissionsmessung an Geräten unter definierten Bedingungen durchgeführt werden.

Auch bei der orientierenden Quellen-suche und genauen Ortung von Feldquellen in Gebäuden kann das erdpotentialbezogene Messverfahren eine gute Hilfestellung geben. Die tatsächlich – ohne Einsatz des Messgerätes – vorhandene Belastung der Raumnutzer durch elektrische Felder kann mit erdpotentialbezogenen Messungen nicht ermittelt werden, da das Messverfahren selbst die gemessene Feldstärke stark beeinflusst.

Eine weitere Problematik des erdpotentialbezogenen Messverfahrens ist die Sicherstellung eines tatsächlichen Nullpotentials an dem erforderlichen Erd-Bezugspunkt [10].

## Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen: Mit dem potentialfreien Messverfahren kann auch in unbekanntem Feldsituationen sicher gemessen werden. In der Nähe von leitfähigen Flächen (auch am menschlichen Körper) kann mit dieser Methode die elektrische Feldstärke genau und reproduzierbar erfasst werden. Mit diesem Messverfahren eröffnen sich aus Sicht der Autoren für die baubiologische Messtechnik wichtige Möglichkeiten zur Erfassung von elektrischen Feldstärken. Eine aufwändige Beurteilung des Erdbezugspunktes und damit verbundene zusätzliche Fehlerquellen entfallen bei dieser Messmethode. Auch schwierige Messsituationen mit größeren, geerdeten Flächen (Abschirmungen) können sicher erfasst werden. Somit haben Sanierungsempfehlungen bzw. deren Kontrollmessungen unter allen Umständen


## Anzeige

eine fundierte Grundlage im Sinne der Qualitätssicherung.

### Richtlinie des VDB

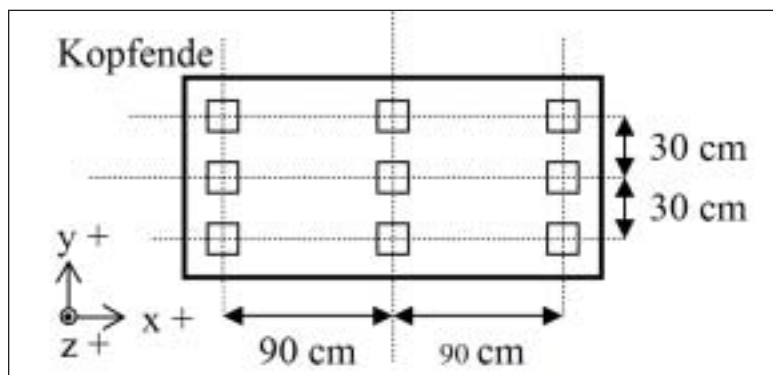
Der Berufsverband Deutscher Baubiologen (VDB) hat mit dem Ziel einer sicheren und einheitlichen Erfassung von elektrischen Wechselfeldern an Schlafplätzen folgende Richtlinie herausgegeben:

»Es wird an neun Rasterpunkten auf der Matratze (gemäß Bild 6) das ungestörte Feld am Schlafplatz gemessen (d. h. es befindet sich keine Person im Feld / im Bett). Hierdurch werden Feldstärkeunterschiede (Inhomogenitäten), welche für eine sensible Bewertung möglicherweise erforderlich sind, zwischen den einzelnen Rasterpunkten deutlicher, als wenn sich eine Person im Bett befinden würde. (...) Die Würfelsonde wird auf einem 5 cm hohen Styroporblock auf der Matratze positioniert. Dadurch wird der Näherungseffekt der Sonde insbesondere bei Matratzen mit metallischem Inhalt (z. B. Federkern) erheblich reduziert« [1]. Bild 7a zeigt beispielhaft als Grafik die vorgefundene Feldstärke-Verteilung am Bett in einem Kinderzimmer mit ihren starken Inhomogenitäten (max. Feldstärke von 50 V/m am Messpunkt 4). Durch gezieltes Abschalten von zwei Stromkreisen konnte die Feldstärke im gesamten Bettbereich auf deutlich unter 1 V/m gesenkt werden (Bild 7b).

Die bis jetzt gesammelten Erfahrungen zeigen, dass mit dem potentialfreien Messverfahren und der vom VDB herausgegebenen vorgehensweise E-Feld-Immissionen sicher erfasst, Maßnahmen zur Feldverringern (z. B. Abschalten von Stromkreisen oder Abschirmmaßnahmen) rasch ermittelt und korrekt kontrolliert werden können. Die grafische Darstellung der Ergebnisse ist für die Dokumentation sowie für das Verständnis bei elektrotechnischen Laien (z. B. Kunden) sehr hilfreich. 

### Literatur

- [1] VDB – Berufsverband Deutscher Baubiologen e.V.: VDB-Richtlinien Band 1 – Physikalische Untersuchungen; Im Verlag des AnBUS e.V. Fürth, 2004; ISBN 3-9808428-6-X
- [2] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) vom 16.12.1996; Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 66, 1996
- [3] WHO – Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa; Bundeskanzleramt Österreich; Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr Österreich: Fakten über elektromagnetische Felder – Eine Broschüre für Kommunalbehörden, 1995



6- Rasterpunkte am Schlafplatz

- [4] Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2003; [www.baubiologie.de/pdf/standard.pdf](http://www.baubiologie.de/pdf/standard.pdf); Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche zum SBM-2003; [www.baubiologie.de/pdf/richtwerte.pdf](http://www.baubiologie.de/pdf/richtwerte.pdf)
- [5] TCO – Richtlinie; [www.tco.se](http://www.tco.se)
- [6] Schauer, M.; Jungfleisch, A.: Feldarme Elektroinstallation mit Markenprodukten; in: elektrobörse 10/03, Seite 46 – 49
- [7] Schauer, M.; Pape, G.: Funk-Management für feldarme Elektroinstallation; in: elektrobörse – SmartHouse 4/04, Seite 64 – 67
- [8] Bahmeier G.; Virnich, M. H.: Bericht über Messungen an E-Feldstärkemessgeräten für den Niederfrequenzbereich; Abschlussbericht zu einem von der LGA Bayern geförderten Projekt; Eigenverlag Martin Schauer Würzburg, 2002
- [9] Bahmeier, G.: Feldsonden für Kalibrierzwecke und zur Bestimmung von Betrag und Richtung der elektrischen Feldstärke; Fortschritt-Berichte VDI Reihe 8, Nr. 438; VDI Verlag GmbH Düsseldorf, 1994; ISBN 3-18-343808-9
- [10] Schauer, M.; Virnich, M. H.: Baubiologische Elektrotechnik – Feldmesstechnik und Praxis der Feldreduzierung, Hüthig & Pflaum Verlag Heidelberg, erscheint im April 2005

# Anzeige