

# Keine Änderung der elektrischen Hirnaktivität durch Handy-Strahlung : EEG-Messung des Einflusses von Mobiltelefonen

Autor(en): **Krafczyk, Siegbert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **90 (1999)**

Heft 19

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-901981>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Keine Änderung der elektrischen Hirnaktivität durch Handy-Strahlung

## EEG-Messung des Einflusses von Mobiltelefonen

Der Mobilfunkmarkt boomt, die Verwendung von Handys im Alltag, im Arbeitsleben oder in der Notfallmedizin gehört inzwischen zum Standard. Die Öffentlichkeit ist besorgt darüber, dass die durch diese Technik erzeugten elektromagnetischen Felder gesundheitsschädliche Auswirkungen haben könnten. Messungen der elektrischen Hirnaktivität gesunder Probanden zeigen jedoch, dass sich die EEG-Aktivität mit und ohne Exposition nicht unterscheidet.

### Grundlagen und Fragestellung der Untersuchung

Das Leben auf der Erde hat sich in einer Umgebung von natürlichen statischen elektrischen und magnetischen Feldern und elektromagnetischen Wechselfeldern entwickelt. Seit dem letzten Jahrhundert wurde diese natürliche elektromagnetische Umwelt durch die technische Entwicklung drastisch verändert. Es treten magnetische und elektrische Felder mit verschiedenen Frequenzen und Intensitäten auf. Mit dem Ausbau des Mobilfunknetzes als ein wichtiger Baustein der modernen industrialisierten Gesellschaft ist ein weiterer Faktor hinzugekommen. Um die Verbindungen zwischen den mobilen Geräten und dem Telefonnetz herzustellen, muss ein möglichst engmaschiges Netz an Feststationen installiert werden. Die von den Basisstationen ausgehenden elektromagnetischen Wellen führen zu einer Exposition von Personen in der weiteren Umgebung, die weniger als  $10 \text{ mW/m}^2$  beträgt. Im Mittel liegt diese Exposition um mehr als drei Zehnerpotenzen unter international empfohlenen Grenzwerten.

Beim Telefonieren mit einem tragbaren Telefon tritt eine deutlich höhere individuelle Exposition des Benutzers auf. Im Extremfall, beim direkten Kontakt der Geräteantenne mit dem Körper, können die empfohlenen Grenzwerte erreicht werden.

#### Adresse des Autors

Dr. rer. nat. Siegbert Krafczyk, Ludwig-Maximilians-Universität, Klinikum Grosshadern, Neurologische Klinik Marchioninistrasse 15, D-81366 München

Das Risiko elektromagnetischer Felder wird überwiegend auf der Basis der vom menschlichen Körper aufgenommenen Hochfrequenzenergie bewertet, die als spezifische Absorptionsrate (SAR) gemessen und in Watt pro Kilogramm (W/kg) angegeben wird. Durch die Empfehlung der ICNRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) von 1998 soll durch die Begrenzung der SAR-Werte eine unzulässige Erhöhung der Gewebetemperatur verhindert werden. Danach ist ein ausreichender Schutz der Bevölkerung gegen Expositionen mit gepulster Hochfrequenz gegeben, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Im frei zugänglichen Bereich der Funkfeststationen und anderer Sendeanlagen darf ein Ganzkörper-SAR-Wert bei der allgemeinen Bevölkerung von  $80 \text{ mW/kg}$  nicht überschritten werden. Dabei sind eventuell auftretende Immissionen aus anderen Quellen mitzubersichtigen. Diese Bedingung muss der Netzbetreiber durch adäquate Konstruktion und Standortwahl erfüllen.
- Im Bereich der mobilen Endgeräte muss gewährleistet sein, dass die Teilkörper-SAR-Werte ( $2 \text{ W/kg}$  gemäß Strahlenschutzkommission 1992) unter allen angegebenen Betriebsbedingungen nicht überschritten werden. Gegebenenfalls sind in den Gebrauchsanleitungen Anweisungen für die richtige Handhabung der Geräte aufzunehmen. Durch die geeignete technische Ausführung muss der Hersteller die gesundheitliche Unbedenklichkeit seiner Geräte sicherstellen.

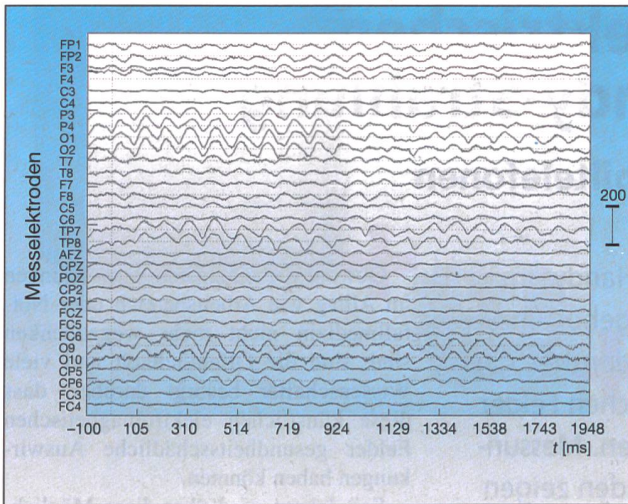
Obwohl die nützlichen Anwendungen im Alltag wie Arbeitsbereich oder Notfallmedizin nicht mehr wegzudenken sind, sind die Öffentlichkeit und viele Wissenschaftler besorgt darüber, dass diese künstlichen elektromagnetischen Felder gesundheitsschädliche Auswirkungen haben könnten.

Seit Jahren wird über diese Möglichkeit eine kontroverse Diskussion geführt, deren Ergebnis auch in widersprüchlichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu finden ist.

Reiser et al. [1] fanden eine anhaltende Leistungszunahme im Alpha-2- und den Beta-Bändern des EEG während und nach der Exposition mit dem Therapiegerät Mega-Wave 150/1. Die Exposition mit einem Mobiltelefon führte zu einer Zunahme der Aktivität in den gleichen Frequenzbändern, aber erst 15 min nach Ende der Exposition. Auch von Klitzing [2] beschreibt sowohl den direkten Effekt auf das Alpha-EEG (Zunahme) durch die Exposition mit gepulsten Mikrowellen als auch den Langzeiteffekt nach Abschaltung des Feldes.

In zwei 1997 veröffentlichten Studien [3, 4] fanden die Autoren im Gegensatz dazu jedoch keinen Einfluss auf das EEG des wachen Menschen. Mann und Röschke [3] zeigten bei 34 Probanden in einer halbblinden Studie, dass die Exposition mit einem D-Netz-Mobiltelefon (900 MHz, 217 Hz Pulsfrequenz) mit einer Dauer von 3,5 min keine Veränderung des EEG (abgeleitet über den Elektrodenpositionen C3 und C4) bewirkt. Mann und Röschke [5] konstatieren allerdings einen Effekt auf die Schlafarchitektur bei Exposition des schlafenden Probanden. Neben einem verkürzten Schlafbeginn wird auch die REM-Phase verkürzt, im Alpha-Band finden die Autoren eine Leistungszunahme bei der Berechnung der Spektraldichte. In einer Studie von 1998 [6] konnten die gleichen Autoren diese Ergebnisse aber nicht reproduzieren.

Mögliche neurologische Effekte der Mikrowellenexposition durch Mobiltelefone fassen Hermann et al. [7] in einer Übersichtsarbeit zusammen. Das Literaturstudium dieser Autoren führte zu dem Ergebnis, dass die Exposition mit kontinuierlichen oder gepulsten Feldern kein



**Bild 1** Charakteristisches Alpha-EEG des gesunden Erwachsenen

Dargestellt sind zwei Sekunden einer Multikanal-Ableitung, die typischen 10-Hz-Wellen sind besonders an den Elektroden P3, P4, O1, O2, TP7, TP8, O9 und O10 zu beobachten.

erhöhtes Gesundheitsrisiko im nichtthermischen Bereich für das Gehirn bedeutet. Den verminderten Effekt elektromagnetischer Felder auf die Bereitschaftspotentiale in komplexeren visuell-motorischen Aufgaben beschreiben Freude et al. [8]

Die vorliegende Untersuchung wurde geplant, um unter realistischen Bedingungen einen möglichen Einfluss von elektromagnetischen Mikrowellen, abgestrahlt von einem Mobiltelefon, auf die Funktion des menschlichen Gehirns nachzuweisen. Zu klären war die Frage, ob ein Einfluss gepulster Mikrowellen auf die elektrische Hirntätigkeit (EEG) des Menschen nachweisbar ist. Untersucht wurden dabei Wirkungen, die in unmittelbarem zeitlichem Zusammenhang mit der Mikrowellenexposition auftreten.

Die wellenförmigen Schwingungen der Hirnströme (Bild 1) werden nach ihren Frequenzen fünf Frequenzbändern zugeordnet: Delta-Wellen mit Frequenzen von 0,5 bis 3,5 Hz, Theta-Wellen mit 3,5 bis 7,5 Hz, Alpha-Wellen mit 7,5 bis 12,5 Hz, Beta-1-Wellen mit 12,5 bis 18 Hz und Beta-2-Wellen mit 18 bis 30 Hz.

Da das EEG eine Aufsummierung gleichzeitig ablaufender elektrischer Prozesse ist, kann nur in begrenztem Umfang eine Aussage über Zustand und Integrität einzelner funktionell zusammengehöriger Gehirnbereiche getroffen werden. Erst durch die Ableitung sogenannter evozierter Potentiale ist die Auswertung funktionaler Zusammenhänge möglich. Hierzu wird die Versuchsperson wiederholt einem äusseren Reiz ausgesetzt, und parallel dazu wird, synchroni-

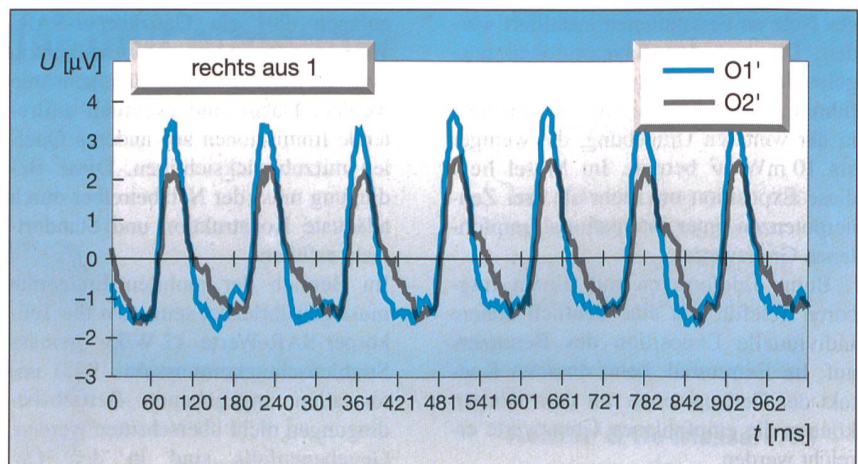
siert mit dem Reiz, das EEG aufgezeichnet.

### Visuell evozierte Potentiale

Die visuell evozierten Potentiale (VEP) gehören zu den am besten untersuchten Hirnpotentialen beim Menschen. Das EEG wird mit einer Frequenz von 500 Hz digitalisiert, die Grenzfrequenzen liegen bei  $f_u = 0,5$  und  $f_o = 500$  Hz. Nach der Offline-Artefaktelimination erfolgt eine Mittelung der Zeitabschnitte von 0 ms vor bis 1024 ms nach dem Reiz, das heisst das resultierende evozierte Potential enthält je Kanal 512 Datenpunkte. Nach dem Schachbrettmuster-Reiz (Umklappen des Musters) wird nach rund 100 ms eine positive Spannungsdifferenz (Positivierung) okzipital gegen frontal gemessen. Diese Reizantwort (P100) erreicht Amplituden bis 30 µV. Wird nun das Schachbrettmuster mit einer bestimmten Frequenz (z.B.  $f = 8$  Hz) gewechselt, so erhält man ein sogenanntes Steady-State-Potential. Diese Reizantwort imponiert okzipital als 8-Hz-Welle im Rhythmus der Schachbrettmuster-Umkehr (Bild 2). Es gelingt also, im Gegensatz zur intern ausgelösten Alpha-Aktivität dem Gehirn auch von aussen eine Reizantwortwelle aufzuzwingen. Wird nun nur jeweils eine Gesichtsfeldhälfte stimuliert, so erhält man eine okzipitale Dominanz: Die Reizantworten sind in der Regel auf der Seite höher, auf der der visuelle Stimulus angeboten wird. Die Probanden fixieren hierzu einen Punkt am mittleren Rand des Reizmusters. Entsprechend der Verschaltung der Sehbahn gelangt bei Halbfeldstimulation die Infor-

### Das Elektroenzephalogramm (EEG) des Menschen

Unter einem Elektroenzephalogramm (EEG) versteht man die Ableitung der Potentialdifferenzen von der Kopfoberfläche, die aus der Interaktion der Nervenzellverbände des Grosshirns resultieren. [9] Abgeleitet wird mit Oberflächen-elektroden, die auf vordefinierte Positionen gesetzt werden. Im EEG finden sich Schwingungen verschiedener Frequenzen, die sich überlagern oder gleichzeitig an unterschiedlichen Punkten auftreten können. Bei der Auswertung werden den verschiedenen Frequenzen bestimmte Bedeutungen beigemessen. Wellen der einzelnen Frequenzbereiche werden verschiedenen Bewusstseinszuständen (Wachheit, Müdigkeit, Schlaf) oder krankhaften Veränderungen (Koma, Hirnverletzung, Vergiftung) zugeschrieben.



**Bild 2** Grand Average aller Normalpersonen des E-Netzes (n = 16) aus der Ausgangsbedingung (AUS1) nach Stimulation des linken Gesichtsfeldes

Die Reizfrequenz von  $f = 8$  Hz erzeugt ein «Steady-State-Potential», ebenfalls mit einer Frequenz von  $f = 8$  Hz. Entsprechend der Theorie entwickelt sich unter der Elektrodenposition O1 eine etwas höhere Amplitude im Vergleich zur rechten Seite (Elektrode O2). Nach Stimulation des rechten Gesichtsfeldes ergibt sich der umgekehrte Befund.

mation über die gegenseitigen Retinahlften und die Umschaltstellen in der Sehbahn in die zum jeweiligen Gesichtsfeld kontralaterale Okzipitalregion. Hier wird überraschenderweise auf der – in bezug auf das Gesichtsfeld – gleichseitigen Hinterhauptsregion eine höhere Aktivität gemessen, was durch die Krümmung der Hirnwindungen und die damit verbundene Feldverteilung erklärt wird. [10]

Zu klären ist auch hier die Frage, ob sich die von aussen erzwungene Synchronisierung der Hirnaktivität durch das elektromagnetische Feld des Handtelefons beeinflussen lässt.

### Charakterisierung der Messanordnung

*Voruntersuchungen.* Während einer Expositionsphase (2 W) wurde die Erwärmung durch das Handy am Ohr gemessen. Am Probandenohr waren keine Erwärmungen messbar.

*Einstrahlung in die Messapparatur.* Mit einem Messaufbau ohne Probanden (Elektroden wurden auf Substrat gesetzt) wurde die Möglichkeit der direkten elektromagnetischen Einstrahlung in die Apparatur untersucht. Elektroden mit Abschirmung und Absorbermatten vor dem Verstärkereingang unterdrückten Einstrahlungen in den Messaufbau, womit das Auftreten möglicher Effekte ausschliesslich auf EEG-Veränderungen zurückzuführen ist.

*SAR-Bestimmung der Sendeantennen.* In dieser Studie wurden verschiedene Expositionsquellen verwendet:

- Hochfrequenz-Spiralantenne (ASL-117A, American Electronic Laboratories), D-Netz mit  $f = 902,4$  MHz, 8 W (laut Hersteller)
- Handtelefon 7200 Micro-Tac, maximal 2 W, D-Netz mit  $f = 902,4$  MHz, konventionelle Dipolantenne
- Handtelefon PT-110177, Typ NHK-1EA von Nokia, maximal 1 W, E-Netz mit  $f = 1760$  MHz

Die Sendeleistung der Geräte kann anhand von Servicekarten beziehungsweise entsprechender Software (E-Netz) eingestellt werden. Die Exposition ist damit unabhängig von Basisstationen und garantiert definierte und konstante Abstrahlbedingungen.

### SAR-Bestimmung über den Temperaturanstieg

Die SAR-Werte wurden zunächst über die Erwärmung einer gehirnähnlichen Substanz in einem Kopfphantom mit einem fiberoptischen Temperaturfühler

im Bundesamt für Strahlenschutz bestimmt (Luxtron 790, Fluoroptic Thermometer). Die spezifische Absorptionsrate wurde aus dem Zeitverlauf der Erwärmung, aufgenommen mit vier Sonden simultan in unterschiedlichen Positionen, errechnet. Für die Hochfrequenz-Spiralantenne (ASL-117A-8W-Gerät) ergab sich ein maximaler SAR-Wert von 2,4 W/kg bei einem Abstand von 1 cm, für das Handtelefon 7200 Micro-Tac eine maximale SAR von 1,2 W/kg.

### SAR-Bestimmung über die Messung des elektrischen Feldes

Die SAR-Bestimmung über den Temperaturanstieg ist, im Vergleich zur Messung des elektrischen Feldes, um eine Grössenordnung ungenauer. Aus diesem Grund wurden alle verwendeten Sendeantennen in den Labors der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich beziehungsweise des Institutes für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST) in Kamp-Lintfort (D) ausgemessen.

In den Messlabors wurden nach dem Entwurf für eine künftige Messvorschrift für SAR-Werte von Mobilfunkgeräten [11] die Absorptionsraten bestimmt. Für die praktische Anwendung ist wichtig, dass unterschiedliche Positionen des Mobilfunktelefons am Kopf berücksichtigt werden müssen und dass das Mobilfunktelefon während der Messung mit maximaler Leistung senden muss.

Das verwendete dosimetrische Messsystem Dasy (Dosimetric Assessment System) ist exakt auf den Normenentwurf der Cenelec abgestimmt.

Das Verfahren zur Bestimmung der SAR-Werte beruht auf einer Messung der Verteilung elektrischer Feldstärken in dem anatomisch korrekt geformten Fiberglasphantom eines menschlichen Kopfes. Dieses Schalenmodell ist mit einer gewebesimulierenden Flüssigkeit gefüllt. Die Messung der elektrischen Feldstärkeverteilung erfolgt mit Hilfe spezieller hochempfindlicher, sehr kleiner Sonden, die eine hohe örtliche Auflösung ermöglichen. Die SAR-Werte werden aus der gemessenen Verteilung der elektrischen

Feldstärke  $E_{\text{eff}}$ , der vorgegebenen Leitfähigkeit  $\sigma$  und der Dichte  $\rho$  berechnet.

### Verwendete Antennen und Mobiltelefone

#### Hochfrequenz-Spiralantenne (ASL-117A)

Die eigentliche Emission der Felder erfolgt über eine Spiralantenne, die über ein externes Kabel mit dem Portable (8 W) verbunden ist. Die SAR-Werte sind hierbei über eine würfelförmige Gewebemasse von 10 g gemittelt. Es zeigt sich eine sehr starke Abhängigkeit der Expositionsverhältnisse vom Abstand  $d$ . Für extrem geringe Abstände, etwa 3 mm, werden die Grenzwerte überschritten. Ist der Abstand jedoch grösser als 5 cm, ist die Sendeleistung so weit abgefallen, dass sie geringer als bei einem normalen Mobiltelefon ist. Diese Antenne, eine Leihgabe der Deutschen Telekom AG, wurde nur bei den ersten Versuchen auf Anraten der Telekom verwendet. Grundsätzlich ist die Spiralantenne sehr gut geeignet, da sie ein sehr homogenes elektromagnetisches Feld abstrahlt. Die gewünschten höheren Leistungsflusdichten konnten jedoch nicht erreicht werden.

#### Handtelefon 7200 Micro-Tac (konventionelle Dipolantenne)

Bei dieser Messserie wurde das Handtelefon in mehreren üblichen Telefonierpositionen am Kopfphantom fixiert. Die maximale SAR wurde für verschiedene Abstände zwischen dem Handtelefon und der Kopfschale bestimmt. Das Telefon sendete mit maximaler Leistung (2 W).

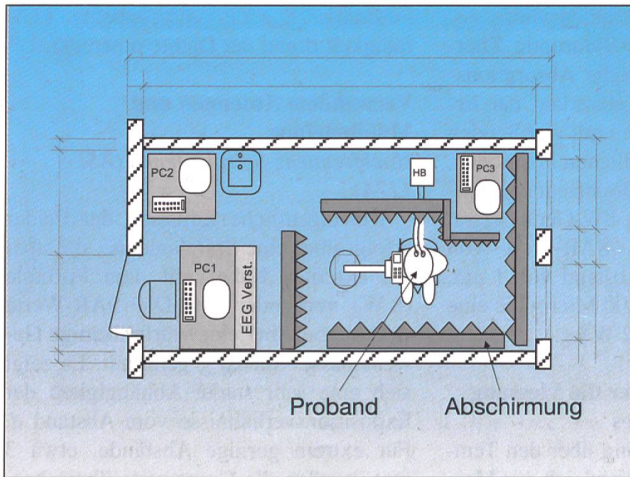
Auch im «worst case», wenn die Antenne den Kopf berührt und die maximale Sendeleistung eingestellt ist, ist mit der ermittelten maximalen SAR von 0,840 W/kg der Grenzwert nicht erreicht.

#### Handtelefon PT-110177

Auch für dieses E-Netz-Telefon wurde die «worst case»-Situation betrachtet. Berührt die Antenne den Kopf bei maximaler Sendeleistung, beträgt die maximale SAR 1,990 W/kg und erreicht damit

Gerät	Abstand zum Kopf	SAR max.
CCCN 4030A, Spiralantenne ASL-117A, D-Netz, 8 W	50 cm	<<0,01 W/kg
CCCN 4030A, Spiralantenne ASL-117A, D-Netz, 8 W	5 cm	0,055 W/kg
Motorola 7200 Micro Tac D-Netz, 2 W	normale Haltung	0,53 W/kg
Nokia PT-11 0177, E-Netz	normale Haltung	0,52 W/kg

Tabelle 1 Maximale spezifische Absorptionsraten (SAR) für verschiedene in der Studie verwendete Antennen und Mobiltelefone



**Bild 3** Skizze des Ableiterraums mit Anordnung der EEG-Aufzeichnungs-Apparatur und Rechnerausstattung

Die Absorberratten waren so um den Probanden angeordnet, dass Einstreuungen in die «Headbox» (HB) minimiert wurden. Der Raum befand sich im Forschungshaus der Neurologie, 100 m vom Klinikum entfernt, Klinikfunk oder Betrieb anderer medizinischer Geräte gab es zu keiner Zeit in diesem Bereich.

den Grenzwert. Diese Geräteposition wurde jedoch in den Versuchen nicht eingestellt.

In Tabelle I sind die in den Experimenten festgestellten SAR für die Probanden zusammengefasst.

Bei maximaler Sendeleistung der verwendeten Sender kam es zu keiner Grenzwertüberschreitung für die Teilnehmer. Das Ziel, Expositionen bis zum Grenzwert zu erreichen, konnte in normaler Telefonierposition nicht erfüllt werden. Beim normalen Gebrauch der Mobiltelefone treten in der Regel die maximalen Sendeleistungen der Telefone nicht auf.

## Versuchsablauf

Ausgewertet wurden EEG-Ableitungen von 39 gesunden Probanden, davon waren 21 Frauen und 18 Männer im Alter zwischen 16 und 58 Jahren (Durchschnittsalter 29,3 Jahre).

Für die Untersuchung wurden handelsübliche Handys verwendet, und zwar aus dem D-Netz (CCCN 4030A mit Spiralantenne ASL-117A, D-Netz, 8 W, Frequenz 902,4 MHz, an 15 Probanden getestet; 7200 Micro-Tac, maximal 2 W, Frequenz 902,4 MHz, an 15 Probanden getestet) und dem E-Netz (Typ NHK-1EA von Nokia, Frequenz 1760 MHz, an 16 Probanden getestet). Das Handtelefon befand sich stets in einer natürlichen Position unmittelbar am rechten Ohr des Probanden (Bild 3), in einem Winkel von 45° zur Horizontalen. Selbst bei maximaler Sendeleistung der verwendeten Sender kam es zu keiner Grenzwertüberschreitung für die Teilnehmer.

Während eines Versuchsdurchgangs wurden in einer für den Probanden unbekannt Reihenfolge die gepulsten Mikrowellen der Handys ein- oder ausgeschaltet. Der Proband nahm an verschiedenen Versuchsdurchgängen teil: In mög-

lichst entspannter Haltung wurde sein Ruhe-EEG untersucht, danach wurden ihm hörbare Klickzeichen vorgespielt, um akustisch stimulierte Gehirnreize genauer betrachten zu können sowie um seine Reaktionszeit zu testen, und schliesslich musste er wechselnde Muster betrachten, um optisch stimulierte Gehirnreize (visuell evozierte Potentiale, VEP) zu erhalten. Die Dauer von Expositions- und Nichtexpositionsphase war immer gleich (Ruhe-EEG: 9 min, VEP: 3,5 min). In diesem Beitrag werden nur die Ergebnisse der EEG- und der VEP-Messungen dargestellt. Die Ergebnisse akustisch evozierter Potentiale (P300), Reaktionszeitmessungen und statistische Auswertungen sind im Gesamtbericht einzusehen. [12]

## Diskussion der Ergebnisse

### Auswertung des Ruhe-EEG

Das Ruhe-EEG wurde mittels 32-Kanal-Registrierung digital aufgezeichnet und ausgewertet. Es wurde in Grup-

pen (E-Netz) wie auch randomisiert (D-Netz) exponiert. Die abgestrahlten Leistungen wurden im D-Netz zusätzlich variiert (Fernfeldbedingung 8 W und 250 mW, Nahfeldbedingung 2 W), im E-Netz waren sie konstant (1 W).

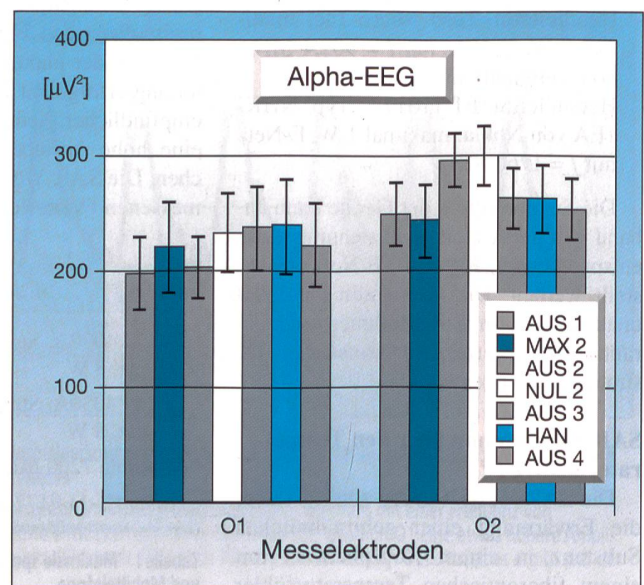
Aus den Leistungsspektren aller artefaktfreien Epochen einer Versuchsbedingung wurde ein Durchschnittsspektrum errechnet. Dieses Durchschnittsspektrum wurde durch Integration über den jeweiligen Frequenzbereich in die fünf verschiedenen Frequenzbänder  $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  unterteilt. Um den Unterschied zwischen der Placebo-Bedingung (NUL, abgestrahlte Energie: 0 W) und der Verumbedingung (MAX 8 W, MIN 250 mW, HAN 2 W oder HAN 1 W) darzustellen, wurde zunächst eine deskriptive grafische Auswertung vorgenommen. In Bild 4 ist der Ausschnitt einer grafischen Darstellung für die Elektroden O1 und O2 nur für das Alpha-Band eines Probanden gezeigt. Es werden die Leistungen aller Bedingungen mit Streubalken gezeigt.

Über den ausgewählten Elektroden finden wir die Ergebnisse der Ableitungen AUS1 (0 W), MAX2 (8 W), AUS2 (0 W), NUL2 (0 W, Placebo-Bedingung), AUS3 (0 W), HAN (2 W), AUS4 (0 W), dies entspricht auch der Reihenfolge der durchgeführten Untersuchungsbedingungen. Die Fehlerbalken (Standardabweichung) zeigen einen deutlichen Überlappungsbereich der Leistungen in den unterschiedlichen Bedingungen, so dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen gefunden werden kann. Auch nach Einschalten des elektromagnetischen Feldes bleibt die Leistung im Alpha-Band annähernd gleich.

Im Bild 5 ist die gemittelte Energieverteilung über alle Probanden unter den Elektroden FP1 bis FC4 in den jeweiligen

**Bild 4** Darstellung der EEG-Leistungen im Alpha-Band unter den Elektroden O1 und O2

Mit dieser gezoomten Grafik wird die Überlappung der einzelnen Messphasen besonders deutlich. Auch nach Einschalten des elektromagnetischen Feldes bleibt die Leistung im Alpha-Band annähernd gleich.



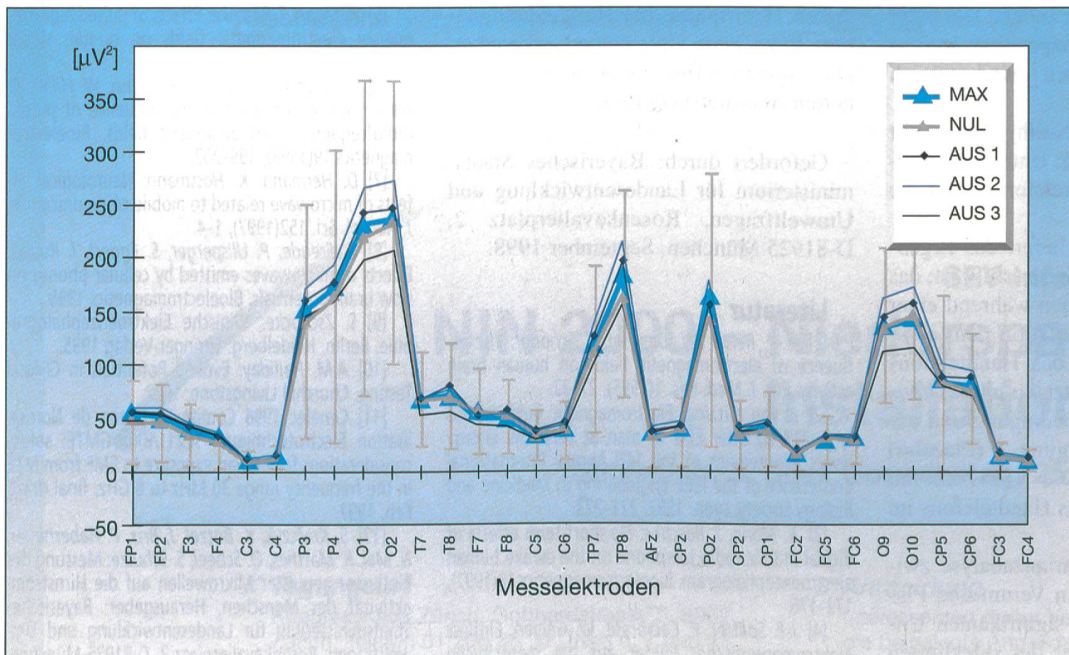


Bild 5 Ruhe-EEG, E-Netz, Probanden 1E-17E. Grand Average der Alpha-Aktivität von 16 Probanden über 32 Elektroden

Die Alpha-Aktivität während der Exposition (Nahfeld: MAX3 – 1 W) liegt im gleichen Bereich wie die der Nichtexpositionsbedingungen, die Exposition hat keinen Einfluss auf die mittlere Alpha-Aktivität.

Messphasen aufgezeichnet (Exposition im E-Netz), die grauen Balken geben die Streuung der Nichtexpositionsbedingung (Placebo) an. Bereits die grafische Analyse zeigt, dass unter der Exposition die EEG-Aktivität im Streubereich der Nichtexposition bleibt.

Auch die statistische Analyse bestätigt diese Annahme. Zu prüfen war folgende Nullhypothese: Unter Mikrowellenexposition nimmt die EEG-Aktivität – im Vergleich zur Nichtexposition – nicht zu.

Die statistische Analyse ergab, dass sowohl bei Expositionen im D-Netz mit einer Spezialantenne und unterschiedlichen Feldbedingungen (Fernfeld, 8 W, 250 mW) als auch bei Benutzung eines Handtelefons (abgegebene Leistung 2 W) keine Probandengruppe eine EEG-Aktivitäts-Zunahme während der Exposition zeigte.

Auch bei Exposition im E-Netz-Feld (abgegebene Leistung 1 W) war das Ergebnis ähnlich. Die Exposition führte zu keiner signifikanten Zunahme der EEG-Aktivität im Vergleich zur Placebo-Bedingung. Auch die Gruppenunterscheidung führte zum gleichen Ergebnis: Die Exposition führte nicht zu einer EEG-Aktivitäts-Zunahme.

Somit gilt die oben genannte Nullhypothese.

**Auswertung visuell evozierter Potentiale**

Im Gegensatz zum intern generierten Alpha-EEG wird bei dieser Untersuchung dem Gehirn von aussen mittels einer visuellen Stimulation (Schachbrettmuster-Umkehrreiz  $f = 8 \text{ Hz}$ ) eine Akti-

vierung im gleichen Frequenzbereich aufgezwungen.

Mit der Stimulation einer Gesichtsfeldhälfte erzeugt man eine einseitige okzipitale Dominanz, die Reizantworten sind in der Regel auf der Seite höher, auf der der visuelle Stimulus dargeboten wird.

Auch hier wurde untersucht, ob die von aussen erzwungene Synchronisierung der Hirnaktivität durch das elektromagnetische Feld des Handtelefons beeinflusst wird.

Da das Handtelefon immer an der rechten Kopfseite des Probanden war, die Exposition also immer rechts erfolgte, ist

ebenfalls zu prüfen, ob zwischen der Halbfeldstimulation rechts und links ein Unterschied besteht. Das Bild 6 zeigt die Mittelwerte der Aktivitätsverteilung aller Probanden unter der Elektrode O2. Der schraffierte Bereich ist die Streuung der Kontrollbedingung AUS1. Wie bereits aus der Grafik ersichtlich ist, wird der Streubereich nicht verlassen, die Kurven verlaufen fast deckungsgleich, die Exposition (MAX3 = dunkelblaue Kurve) bewirkt keine Veränderung. Die Varianzanalyse bestätigt dieses Ergebnis.

Auch hier lautet die Nullhypothese: Die EEG-Aktivität unter Mikrowellenexposition ist im Vergleich zur Nichtexposi-

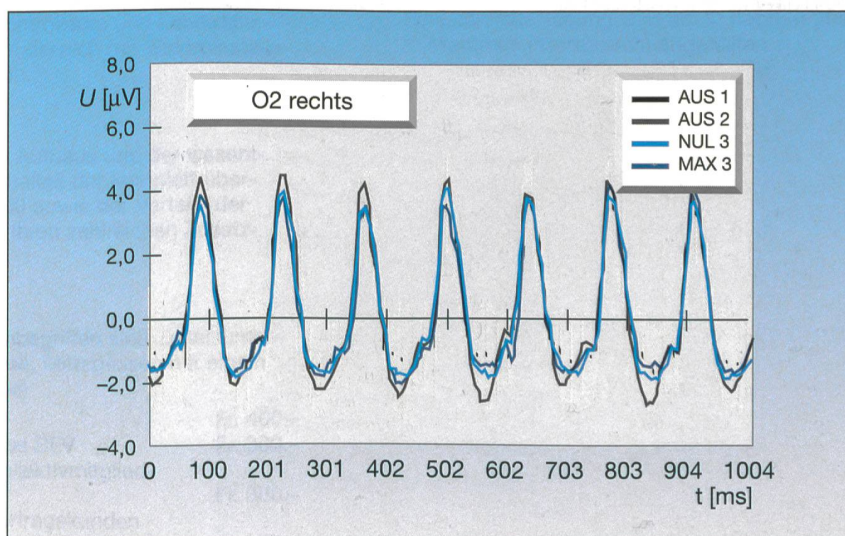


Bild 6 Aktivitätsverteilung unter der Elektrode O2 als Grand Average aller Probanden in den unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen

Der schraffierte Bereich ist die Streuung der Kontrollbedingung AUS1. Der Streubereich wird nicht verlassen, die Exposition (MAX3 = dunkelblau) bewirkt keine Veränderung.

tion unverändert. (Oder anders: Die unter Exposition und Nichtexposition gemessenen EEG-Aktivitäten sind gleich gross.)

Bei Ablehnung der Nullhypothese gilt die Alternativhypothese: Unter der Exposition durch das Handtelefon nimmt die EEG-Aktivität zu.

Die Varianzanalyse liefert das Ergebnis, dass die Nullhypothese erfüllt ist; das heisst, werden Probanden während einer visuellen Halbfeldstimulation dem elektromagnetischen Feld des Handtelefons (E-Netz, 1 W) ausgesetzt, so gibt es zwischen der Expositionsbedingung und der Nichtexpositionsbedingung (Placebo) keinen Unterschied. Die VEP-Aktivität wird durch das Feld des Handtelefons im E-Netz nicht erhöht.

Begründung: Die Varianzanalyse zwischen den Bedingungen Verum und Placebo führt zu keinem signifikanten Unterschied. Die p-Werte<sup>1</sup> der selektierten Elektroden liegen alle deutlich über dem 0,05-Wert.

### Untersuchung auf Seitendifferenz

Die Summenaktivität links wurde aus den Elektroden P3, O1, TP7, O9 bestimmt, die Summenaktivität rechts wurde aus den Elektroden P4, O2, TP8, O10 berechnet.

In allen Darstellungen bleibt die Aktivität während der Exposition im Bereich der Nichtexpositionsbedingungen. Eine Seitendifferenz ist nicht ersichtlich. Insbesondere ist zwischen der Aktivität über der rechten Hemisphäre bei Halbfeldstimulation rechts und der Aktivität über der

<sup>1</sup> Der p-Wert beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich zwei Mittelwerte voneinander unterscheiden.  $p = 0,05$  bedeutet, dass die Mittelwerte mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% verschieden sind.

linken Hemisphäre bei Halbfeldstimulation links kein Unterschied erkennbar. Die Exposition führt nicht zu einer veränderten Aktivitätsverteilung.

\*

Gefördert durch: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Rosenkavalierplatz 2, D-81925 München, September 1998.

### Literatur

[1] H.-P. Reiser, W. Dimpfel, F. Schober: The influence of electromagnetic fields on human brain activity. Eur. J. Med. Res. 1(1995), 27-32.

[2] L. von Klitzing: Electromagnetic fields pulsed with 217 Hz alter EEG of man at very low energy levels. Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Lyon. 1992, 221-223.

[3] K. Mann, J. Röschke: No-short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. Bioelectromagnetics 18(1997), 172-176.

[4] J.F. Splitter, P. Calabrese, W. Gehlen: Einfluss elektromagnetischer Felder auf die menschliche Hirnaktivität. Medizintechnik 5(1997), 176-178.

[5] K. Mann, J. Röschke: Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. Neuropsychobiol., 33(1996), 41-47.

[6] P. Wagner, J. Röschke, K. Mann, W. Hiller, C. Frank: Human Sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields. Bioelectromagnetics 19(1998), 199-202.

[7] D. Hermann, K. Hossmann: Neurological effects of microwave related to mobile communication. J. Neurol. Sci. 152(1997), 1-4.

[8] G. Freude, P. Ullsperger, S. Eggert, I. Ruppe: Effects of microwaves emitted by cellular phones on slow brain potentials. Bioelectromagnetics 1998.

[9] S. Zschocke: Klinische Elektroenzephalographie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 1995.

[10] A.M. Halliday: Evoked Potentials in Clinical Testing. Churchill Livingstone, 1982.

[11] Cenelec 1996 Comité Européen de Normalisation Electrotechnique. SC211/B, WGMTE: safety considerations for human exposure to EMF from MTE in the frequency range 30 MHz to 6 GHz, final draft, Feb. 1997.

[12] S. Krafczyk, K. Bötzel, J. Brix, P. Haberhauer, N. Mai, R. Matthes, O. Scheel, S. Schulze: Messung des Einflusses gepulster Mikrowellen auf die Hirnstromaktivität des Menschen. Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Rosenkavalierplatz 2, D-81925 München, Band 140, 1998.

## Mesure de l'influence des téléphones mobiles sur l'activité électrocérébrale (EEG) de l'être humain

Le marché des téléphones mobiles connaît un essor sans précédent. L'utilisation du Natel (ou «cellulaire») dans la vie quotidienne, au travail, en médecine d'urgence est désormais l'évidence même. Le public s'inquiète de ce que les champs électromagnétiques engendrés par cette technique pourraient avoir des effets néfastes sur la santé. Voici une étude concernant la question de savoir si ces champs sont susceptibles d'avoir des répercussions sur l'activité électrocérébrale (électroencéphalographie - EEG) de sujets sains. Pour cela, ceux-ci ont été exposés à un champ électromagnétique Natel de puissance constante pendant la durée de l'EEG, neuf minutes au maximum. Il a été utilisé des téléphones cellulaires des réseaux D1 et E. La performance EEG a été évaluée pour différentes plages de fréquence. L'analyse statistique montre que l'activité EEG des sujets ne varie pas, qu'ils soient exposés ou non au champ électromagnétique.



SEV-Informationstagung:

# NIN 2000 – Niederspannungs- Installations-Norm

Mittwoch, 3. oder Donnerstag, 25. November 1999

## **X Tagungsort**

Kongresshaus Zürich, Gotthardstrasse 5, 8002 Zürich, Telefon 01 206 36 36 (Tram 6, 7 und 13 ab Hauptbahnhof bis Stockerstrasse). Bitte Eingang «K», Seite Claridenstrasse, benützen.

## **X Tagungsleiter**

Jost Keller, Leiter Sichere Elektrizität und Weiterbildung

## **X Anreise**

Parkplätze sind beschränkt verfügbar; bitte öffentliche Verkehrsmittel benützen.

## **X Unterlagen**

Als Tagungsunterlage dient die NIN 2000. Sie ist im Tagungspreis nicht inbegriffen und muss vorab bestellt werden. Wir empfehlen allen Teilnehmern, ihre NIN 2000, die im Oktober ausgeliefert wird, mitzubringen. An der Tagung werden einige Zusatzinformationen und Folienkopien der Referenten abgegeben.

## **X Zielgruppen**

Elektroinstallationsfachleute und -planer, Elektroinstallateure, Kontrolleure und Lehrkräfte – also alle Personen, die sich mit Elektroinstallationen beschäftigen.

## **X Tagungsziel**

Kennenlernen des Aufbaus und der wesentlichen Teile des Inhaltes der komplett überarbeiteten NIN 2000 sowie der Vorteile der NIN-CD-ROM mit ihren zahlreichen Zusatzfunktionen.

## **X Kosten**

Teilnehmerkarte (inbegriffen sind Zusatzunterlagen, Pausenkaffee, Mittagessen mit einem Getränk und Kaffee)

Nichtmitglieder	Fr. 400.–
Einzelmitglieder des SEV	Fr. 300.–
Mitarbeiter von Kollektivmitglied-firmen des SEV	Fr. 360.–
Mitarbeiter von Vertragskunden (Beratungs- und Kontrollverträge)	Fr. 300.–
Ab 5 Teilnehmern 5% Rabatt	

## **X Anmeldung**

Interessenten dieser Veranstaltung bitten wir, die beigelegte Anmeldekarte bis spätestens **15. Oktober bzw. 5. November 1999** an den Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, Tagungsorganisation, Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, zu senden. Gleichzeitig ersuchen wir um Einzahlung der Kosten auf das PC-Konto 80-6133-2 des SEV.

Nach Eingang der Anmeldung und Bezahlung der Kosten erfolgt der Versand der Teilnehmerkarten sowie der Bons für das Mittagessen. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an den SEV, Telefon 01 956 11 11, direkt 01 956 11 39.

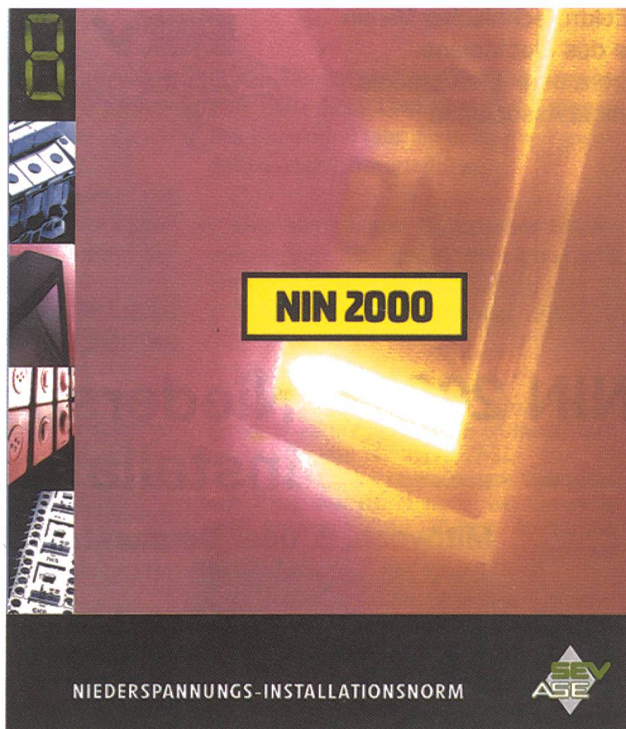
Im Verhinderungsfall bitten wir um telefonische Mitteilung und um Rücksendung der Tagungsunterlagen.

Bei Abmeldung nach dem 5. November 1999 beanspruchen wir eine Bearbeitungsgebühr von Fr. 50.–. Bei Fernbleiben wird der volle Teilnehmerbetrag verrechnet.

## **X Weitere Tagungen**

Eine ähnliche Tagung wird am 1. Februar 2000 in Montreux (französisch) abgehalten.





*NIN 2000: die CD-ROM ermöglicht einen effizienten Umgang mit der Norm und bietet zahlreiche Zusatzfunktionen.*

## Programm

### 09.00 Erfrischungen

#### 09.30 Begrüssung

Michel Chatelain, Leiter Eidg. Starkstrominspektorat

#### Einführung zum Thema

Jost Keller, Leiter Sichere Elektrizität und Weiterbildung, SEV, Fehraltorf

*Überlegungen zur Neuauflage  
Erscheinungsformen der NIN 2000  
Übergangsbestimmungen*

#### Aufbau der NIN 2000 und die wesentlichen inhaltlichen Änderungen

Josef Schmucki, SEV, Fehraltorf

*NIN 97 --> NIN 2000*

*Der Inhalt von Band I und II und die sieben Teile der NIN 2000*

#### Pause und Erfrischungen

#### Vorteile der NIN 2000

Markus Wey, SEV, Fehraltorf

*Buchform; Anwendung und Zusatzfunktionen der CD-ROM wie zum Beispiel Installationsanzeigen*

#### Diskussion Vormittagsthemen

### 12.10 Mittagessen

#### 13.50 Raumarten – Rohre und Rohrtabellen

Werner Vonlanthen, Bundesamt für Armeematerial und Bauten, Bern

*Bestimmung von Raumarten und Wahl des Materials*

#### Leitungsdimensionierungen

Peter Bryner, SEV, Fehraltorf

*Strombelastbarkeit, Spannungsabfall, Kurzschlussfestigkeit*

#### Prüfung

Werner Berchtold, SEV, Fehraltorf

*NIV-Schlusskontrolle: Durchführung gemäss NIN und sichere Installationen*

#### Plenumsdiskussion

Ernst Feldmann, Elektro Feldmann AG, Urserenbach BE, und Referenten

*Vorbereitete und spontane Fragen aus dem Publikum*

### 16.20 Schlusswort