

Weitere Untersuchungen über luftelektrische Felder in Gebäuden

Von Helmut Ludwig, Düsseldorf *)

Übersicht

Vom Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf, wurden in umfangreichen Untersuchungen luftelektrische Felder in Räumen innerhalb von Gebäuden aus verschiedenen Baustoffen und im Vergleich dazu in der jeweiligen Nachbarschaft im Freien vermessen. Die Räume (Wohn- und Arbeitsräume) sind in ihrem gebräuchlichen Zustand belassen worden, so daß die üblicherweise herrschenden Feldverhältnisse erfaßt wurden. Die Meßorte lagen in dicht und weniger dicht besiedelten Gebieten.

Es wurden elektrostatische Felder und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 bis 100 kHz während einer durchlaufenden Meßzeit von 24 Stunden untersucht. Die Messungen, als Ergänzung und Vertiefung von früher ausgeführten, ergaben, daß in Räumen aus unterschiedlichen Baustoffen, wie Holz, Ziegel und Beton, im gesamten untersuchten Frequenzbereich völlig gleichartige Feldverhältnisse herrschen und daß diese zu den jeweils äußeren Feldern in der Nachbarschaft der Gebäude in der gleichen Relation stehen. Die individuellen Ausprägungen der beobachtbaren räumlichen und zeitlichen Veränderungen der Innenfelder hängen nicht von den Abschirmfaktoren des Baumaterials ab, sondern von der Raumausstattung, den geometrischen Gegebenheiten, den elektrischen Anlagen und den Aktivitäten von Menschen und elektrischen Einrichtungen.

1. Einleitung

Nicht wegen ihrer tatsächlichen Bedeutung, sondern an der ihnen entgegengebrachten Beachtung gemessen, nehmen von den physikalischen Umwelteinflüssen insbesondere die luftelektrischen Komponenten in der Diskussion um gesundheitliche Auswirkungen einen breiten Raum ein. Dabei ist bisher nicht eindeutig geklärt, ob die An- oder Abwesenheit von luftelektrischen Feldern, wie sie in der alltäglichen Umwelt des Menschen vorkommen können, überhaupt irgendwelche pathogenen Wirkungen hervorruft. Führende

*) Vgl. entsprechenden Vortrag von G. Wischers über „Luftelektrische Felder in Gebäuden“ auf dem Internationalen Kongreß der Beton- und Fertigteilindustrie in Wien am 10. Oktober 1978.

Mediziner sind sich vielmehr einig, daß – wenn ein solcher Einfluß überhaupt gegeben ist – seine Wirkung im Vergleich zu anderen Umwelteinflüssen, wie z. B. Temperatur, Feuchtigkeit oder Radioaktivität, sehr gering ist und beim gesunden Organismus im normalen Schwankungsbereich der physiologischen Parameter untergeht [1].

Auf die zum Teil sehr widersprüchlichen Aussagen über die biologischen Wirkungen der luftelektrischen Felder und die sich daraus ergebenden Spekulationen soll hier nicht eingegangen werden. Dafür sei auf eine neuere Literaturübersicht verwiesen [2]. Häufig wurde in diesem Zusammenhang behauptet, daß der Aufenthalt in Gebäuden aus Beton und Stahlbeton im Gegensatz zu Gebäuden aus anderen Baustoffen ungesund sei, weil durch die Abschirmwirkung der Wände im Inneren keine bzw. mit den äußeren Feldern nicht vergleichbare Felder vorhanden seien. Diesen Behauptungen lagen meist aber nur theoretische Betrachtungen und keine vertrauenswürdigen Messungen zugrunde.

Seit einigen Jahren führen mehrere Institutionen mit Fachleuten aus den Bereichen Medizin, Naturwissenschaft und Technik streng wissenschaftliche Untersuchungen durch, die erwarten lassen, daß die bislang mehr emotional begründeten oder antroposophischen Betrachtungen zunehmend durch gesicherte Erkenntnisse ersetzt werden. Besonders hervorzuheben sind dabei die Arbeiten des Instituts für Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen [3, 4]. Auch im Forschungsinstitut der Zementindustrie wurden Messungen durchgeführt, die Aufschluß geben sollen über die realen Feldverhältnisse, denen der Mensch alltäglich in Wohn- und Arbeitsräumen aus verschiedenen Baustoffen und im Vergleich dazu im Freien ausgesetzt sein kann. Über die gewonnenen Erkenntnisse wird im folgenden zusammenfassend berichtet. Dabei stellt die vorliegende Arbeit eine Ergänzung bzw. Vervollständigung von früher mitgeteilten Untersuchungen dar [5]. Gegenüber den früheren Untersuchungen wurde der Frequenzbereich der ausgemessenen Wechselfelder von ursprünglich 0 bis 20 Hz nun bis auf 100 kHz erweitert und die jeweilige zusammenhängende Meßdauer von 20 min zur Einbeziehung der Tag-Nacht-Periodizitäten auf 24 Stunden verlängert. Außerdem wurden geometrische Abhängigkeiten und menschliche Aktivitäten berücksichtigt.

2. Entstehung und Verhalten von elektrischen Feldern

Eine grundlegende Darstellung über Vorgänge in der Natur bzw. Umgebung des Menschen, die die Entstehung elektrostatischer oder elektrodynamischer Felder verursachen, findet sich in [6]. Einige Beispiele solcher Ursachen sind 1) ionisierende Strahlung aus dem Weltraum, 2) radioaktive Strahlung der Luft und des Bodens, 3) Wolkenbildung, 4) Luftströmungen, 5) Feuer und 6) Reibung von Isolatorstoffen. Diese Vorgänge bewirken das Entstehen von Raumladungen und somit von Feldern unterschiedlicher Ausdehnung und Größe. Sie können global (z. B. 1, 2), regional (z. B. 3, 4) oder lokal (z. B. 5, 6) wirksam sein. Die zeitlichen Änderungen der Feldkomponenten globalen Ursprungs sind in der Regel geringer als die regionalen (z. B. wetterbedingten) und lokalen Komponenten. Die lokalen Komponenten können Beiträge liefern,

die die Größe des globalen Feldanteils weit übersteigen, so daß es zu erheblichen Schwankungen des wirksamen Gesamtfeldes kommt.

Ladungen können auf festen Oberflächen haften oder an Aerosolpartikeln (Ionen) unterschiedlicher Größe und Beweglichkeit gebunden sein. Die zeitlichen und örtlichen Veränderungen der Ionenkonzentration und der damit verbundenen Feldstärke werden im wesentlichen durch die mechanische Bewegung der Luft und thermische Diffusion bestimmt. Derartige Vorgänge können zum Auftreten von dynamischen elektrischen Feldern führen, insbesondere bei Entladungsvorgängen (z. B. Gewitter). Besonders einfach zu behandelnde elektrodynamische Felder sind solche, bei denen sich der Vektor der elektrischen Feldstärke wie bei einer harmonischen Schwingung sinusförmig ändert. Wegen der Verknüpfung mit magnetischen Erscheinungen spricht man dann von elektromagnetischen Wellenfeldern. Elektromagnetische Wellen werden, wie alle Schwingungen, durch Frequenz und Amplitude gekennzeichnet.

In der Umgebung des Menschen gibt es zahllose natürliche und künstliche Erzeuger (Sender) von elektromagnetischen Wellen mit unterschiedlichen Frequenzen und Amplituden und mit unterschiedlichem Zeitverhalten, die alle zusammen ein Summenfeld ergeben, das man als Rauschen bezeichnet. Dieses Summenfeld wirkt im allgemeinen nicht gleichartig auf alle ihm ausgesetzten Gebilde. Vielmehr hat jedes individuelle Gebilde, sei es Atom, Festkörper, Zelle oder Antenne, ganz charakteristische Eigenschaften, die die selektive Aufnahme einzelner Frequenzen oder kontinuierlicher Frequenzbänder aus dem Gesamtspektrum bedingen. Bekannt sind die unterschiedlichen Wirkungen (Ansprechbereiche), die sich im elektromagnetischen Spektrum beobachten lassen, wie z. B. Radiowellenempfang, Sehen, Wärmeempfindung. Die hinsichtlich Entstehung, Art und Wirkung verschiedenen elektrischen Felder sind nicht voneinander unabhängig, sondern beeinflussen sich gegenseitig und stehen in Wechselwirkung zu ihrer Umgebung. So muß man bei den Messungen beachten, daß es Wechselwirkungen gibt zwischen Feld und Feldsonde (Meßantenne), zwischen Versuchsperson und Feld, zwischen Versuchsperson und Meßsonde und, bei Messungen in Gebäuden, zwischen Gebäude und Feld.

In Bild 1 sind in fünf Skizzen Abstraktionsmodelle für unterschiedliche Versuchssituationen dargestellt. Ausgehend von Skizze 1, in der die Schirmwirkung als reine Materialeigenschaft angedeutet sein soll, ist in Skizze 2 der geschlossene Raum mit je einer Feldsonde (Meßantenne) im Innen- und Außenraum symbolisiert. Bei dieser Versuchsanordnung wird zusätzlich zur Abschirmwirkung des Materials der potentielle Einfluß der Raumgeometrie berücksichtigt. In Skizze 3 kommen spannungsführende Leitungen, elektrische Geräte und Einrichtungen hinzu. Für die Realsituation des Menschen in Innenräumen ist seine Aktivität und Wechselwirkung mit den elektrischen Feldern wesentlich, wie es symbolisch in Skizze 4 angedeutet ist. Bei Vergleichsmessungen in Innen- und Außenfeldern muß der Einfluß des gesamten Gebäudes auf die Felder in Betracht gezogen werden (Geometrieeffekt). Dies ist in Skizze 5 durch die unterschiedliche Anordnung der Meßantennen ausgedrückt.

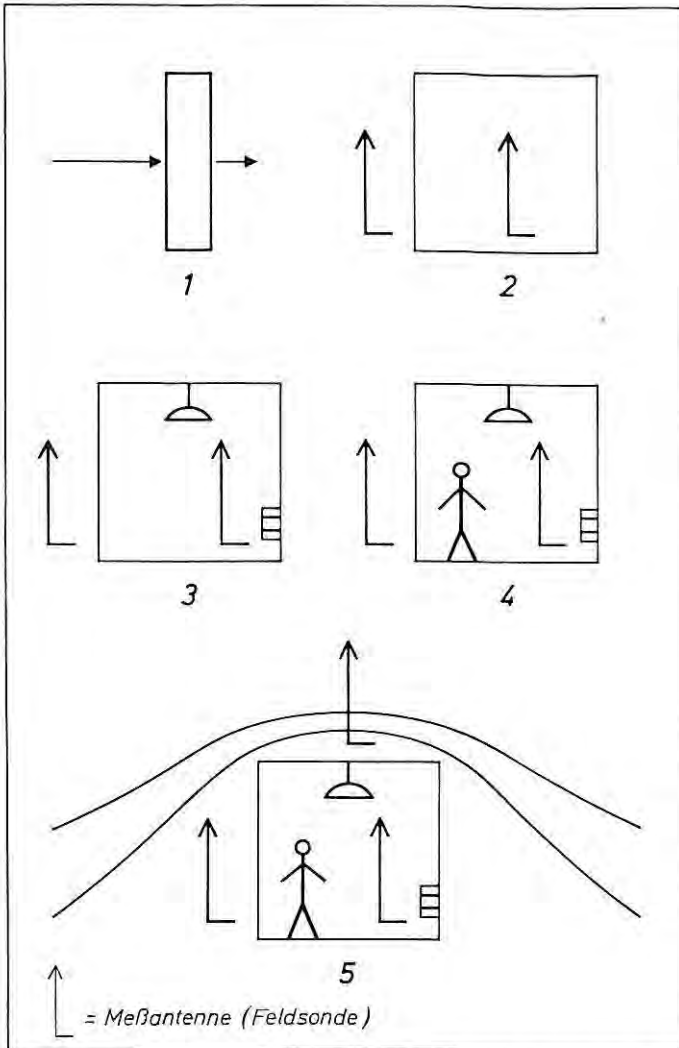


Bild 1 Modellstufen für das Zusammenwirken der Einflussgrößen in der Versuchssituation:

- 1) Materialeigenschaft (Abschirmfaktor),
- 2) + Raumgeometrie,
- 3) + Elektroinstallation und Ausstattung,
- 4) + menschliche Aktivität,
- 5) + Gebäudeeinfluss und Antennenstellung (Geometrieeffekt)

Reduziert man bei einer Feldmessung die Versuchsparameter so weit, wie es in Skizze 2 angedeutet ist, kann man im wesentlichen nur die Abschirmfaktoren der Wände und nicht die normalerweise alltäglich wirksamen Feldverhältnisse bestimmen. Eine bessere Annäherung an die Wirklichkeit erhält man durch Einbeziehen

der Auswirkung von üblicherweise vorhandenen spannungsführenden Leitungen und elektrischen Geräten. Dennoch entspricht auch diese bei den vorliegenden Untersuchungen bevorzugt gewählte, in Skizze 3 veranschaulichte Versuchssituation nur bedingt der Wirklichkeit, da sich im medizinisch-biologisch interessanten Fall normalerweise der Mensch selbst im Raum mit allen heute gegebenen Einrichtungen befindet, wie in Skizze 4 angedeutet. Für Rückschlüsse auf die effektiv biologisch wirksamen Verhältnisse letztlich entscheidend ist bei allen Untersuchungen die noch zu klärende Frage, inwieweit die Meßantenne überhaupt als Ersatz-Empfänger für den Menschen angesehen werden kann.

Bei der Aufstellung der Meßantennen muß berücksichtigt werden, daß das Gebäude selbst einen Eingriff in das Feld darstellt, derart, daß das Feld neben dem Gebäude, d. h. in einem wichtigen äußeren Lebensraum des Menschen, geschwächt wird und über dem Gebäude verstärkt wird. Dieser Geometrieeffekt ist in Skizze 5 des Bildes 1 angedeutet.

3. Elektrostatische Feldmessungen

Bei den hier beschriebenen Feldmessungen konnte der Einfluß des Wandmaterials der Räume unberücksichtigt bleiben, da frühere Messungen [5] schon gezeigt hatten, daß statische Felder von allen Baustoffen gleichermaßen abgeschirmt werden und nur die Nutzung und menschliche Aktivität die Feldverhältnisse in Innenräumen bestimmen.

Zur Veranschaulichung der möglichen Wechselwirkung zwischen Personen und elektrischen Feldern wurden Messungen des elektrostatischen Feldes in unmittelbarer Nähe von Personen aufgenommen. Dazu wurde in einem Raum an einem Gerüst eine Feldsonde langsam auf- und abgefahren, und zwar in unmittelbarer Nachbarschaft von ruhig stehenden oder sich bewegenden Versuchspersonen.

In Bild 2, a bis d, sind als Beispiel einige Messungen der vertikalen Potentialverteilung dargestellt, die in einem willkürlich herausgegriffenen, normal benutzbaren und ausgestatteten Raum mit Betonwänden durchgeführt worden sind. Diese Messungen zeigen deutlich, daß die für den Menschen unmittelbar wirksamen statischen Felder zumeist von ihm selbst lokal erzeugt werden und daß sie stark in ihrer Größe und Verteilung schwanken. Da das natürliche elektrostatische Außenfeld von allen Baustoffen praktisch vollständig abgeschirmt wird [4, 5, 6], wird das im Inneren von Gebäuden auf den Menschen einwirkende elektrostatische Feld ausschließlich von ihm selbst, anderen anwesenden Personen oder Einrichtungen erzeugt. Es gibt daher auch im Inneren von Gebäuden — wie auch im Freien — kein elektrostatisches Feld, das man als „normal“ oder „natürlich“ bezeichnen kann.

4. Messung niedrigfrequenter elektrodynamischer Felder

4.1 Meßaufgabe und -apparatur

Die von einigen Autoren als biologisch besonders relevant angegebenen elektromagnetischen Wechselfelder liegen im sogenann-

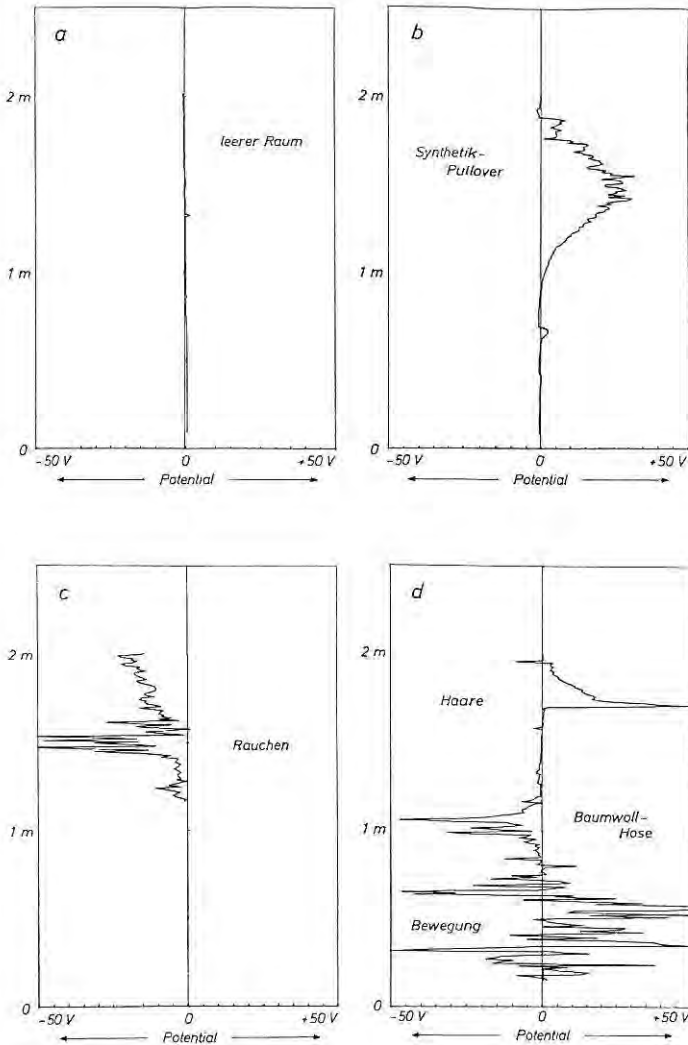


Bild 2 Messungen der momentanen vertikalen elektrostatischen Potentialverteilung:

- im leeren Raum,
- vor stehender Person mit Synthetik-Pullover,
- rauchende Versuchsperson,
- Versuchsperson bewegt sich, solange Feldsonde im Höhenbereich der Hose, dann einmal Haare streichen bei Feldsonde in Kopfhöhe

ten extreme low frequency-(kurz ELF)Bereich von 0 Hz bis 0,3 kHz und im very low frequency-(kurz VLF)Bereich von 0,3 kHz bis 0,3 MHz. Sind diese Signale natürlichen Ursprungs (letztlich durch Gewitteraktivität in der Atmosphäre verursacht), werden sie Atmospherics oder kurz Sferics genannt. Stammen sie von tech-

nischen Quellen, spricht man von Technics. Die Vielfalt der sich überlagernden, zum größten Teil stochastischen (zufallsartigen) Prozesse und Einflüsse führt zu einem zunächst verwirrenden Erscheinungsbild der elektrischen Felder, bei dem nur klar definierte (einschränkende) Randbedingungen eine gewisse Übersicht über die wirksamen Parameter erlauben. Es wurde deswegen in einer Meßreihe der relativ kleine Frequenzbereich von 0 bis etwa 54 Hz genauer untersucht sowie in einer weiteren Reihe der Frequenzbereich von 0 auf 5400 Hz und schließlich auf 100 kHz ausgedehnt. Da es keine Normalbedingungen für einen bestimmten Ort oder über einen längeren Zeitraum gibt, wurden gleichzeitig die Signale von zwei Meßantennen an verschiedenen Standpunkten über zwei völlig gleichlaufende Meßkanäle empfangen, z. B. im Inneren eines Gebäudes und auf dem Dach oder im benachbarten Außenraum zu ebener Erde.

Die Meßapparatur soll Aufschluß über die in den Signalen vorkommenden Frequenzen und die zugehörigen Amplituden liefern, das sogenannte Amplitudenspektrum. In Wirklichkeit besteht das Gesamtfeld natürlich nicht aus wenigen Schwingungen mit einzelnen, scharf definierten Frequenzen und konstanten Amplituden, sondern es ist stark verrauscht, wodurch das Amplitudenspektrum kontinuierlich erscheint. Das Nebeneinanderauftreten von eng benachbarten Frequenzen und großen Amplitudenunterschieden stellt besonders hohe Anforderungen an die Trennschärfe und den Dynamikbereich der einzusetzenden Meßapparatur. Die verwendete Meßanlage mit Meßantenne, Antennenverstärker, Frequenzanalysatoren und Registriergeräten wurde im Institut unter Verwendung kommerzieller Geräte entwickelt.

4.2 Meßergebnisse

4.2.1 Messungen bei konstanter Frequenz von 10 Hz

Die Bilder 3 und 4 sind Beispiele der synchron registrierten zeitlichen Veränderungen der relativen Amplituden des Außen- und Innenfeldes bei der fest eingestellten Empfangsfrequenz von 10 Hz mit der Bandbreite von 1 Hz. Bei den Messungen zu Bild 3 war die innere Meßantenne in einem Raum mit Stahlbetonwänden im Forschungsinstitut aufgestellt; die elektrische Installation im Raum beschränkte sich auf eine Lichtleitung. Die äußere Meßantenne stand auf dem Dach eines Aufzugschachts, in dem viele Starkstromleitungen verlegt sind. Der Meßzeitraum erstreckte sich über 24 Stunden, von Sonntag 18.00 Uhr bis Montag 18.00 Uhr. Das Wetter war nach einer abziehenden Gewitterfront heiter bis wolkig. Man erkennt deutlich eine Tagesperiodizität mit geringen Feldstärken in den Nachtstunden. Mit Beginn der Dienstzeit am Montagmorgen wurden außen und innen um ein Vielfaches stärkere Felder registriert, die im wesentlichen auf die zahlreich einsetzenden Schaltvorgänge (Laständerung des elektrischen Netzes) im Gebäude und in der Umgebung zurückzuführen sind. Die etwas höheren Amplituden des Außenfeldes kommen durch die Einflüsse des Geometrieeffektes des Gebäudes, der unterschiedlichen Leitungsführung in der Nähe der äußeren Meßantenne und des Wetters zustande. Dennoch erreicht das Innenfeld an Werktagen in

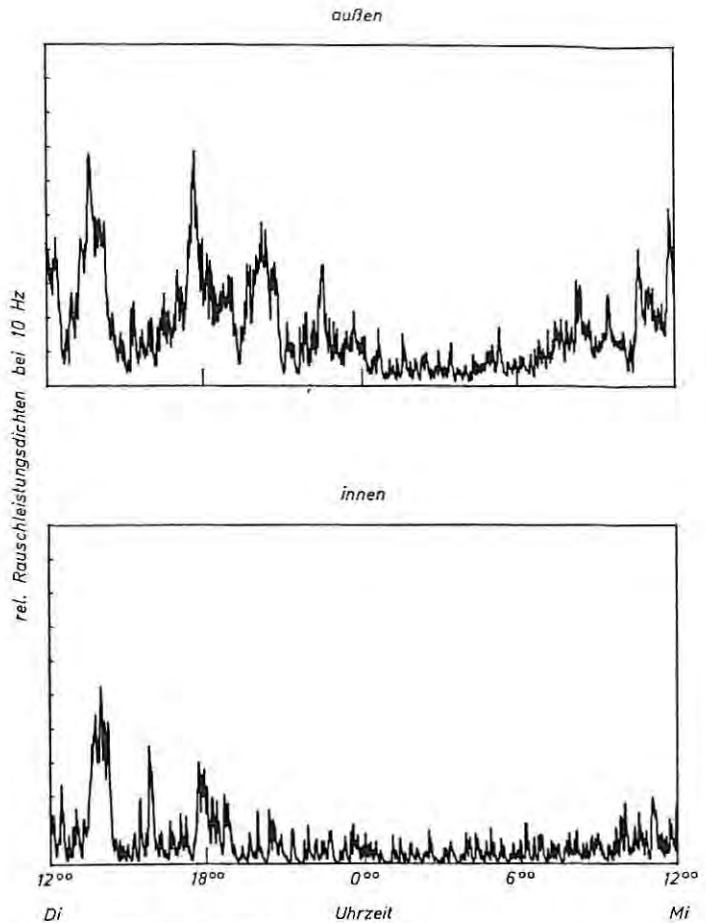


Bild 4 Kopfdaten: Wie Bild 3
 Versuchsdaten: Ziegelgebäude in Großstadt (Wohnhaus); Schönwetter;
 Dienstag auf Mittwoch

Der Meßzeitraum erstreckte sich von Dienstag 12.00 Uhr bis Mittwoch 12.00 Uhr. Auch hier ergeben sich Unterschiede zwischen Innen- und Außenfeld im wesentlichen aus dem Geometrieeffekt und durch das Wetter, das, wie bei den Messungen zu Bild 3, heiter bis wolkig war. Die Unterschiede zu Bild 3 sind durch die geringeren elektrischen Aktivitäten im Netz des Wohnhauses (z. B. kein Aufzug) im Vergleich zu den wesentlich stärkeren (industrieeähnlichen) Aktivitäten im Netz des Institutsgebäudes bedingt und durch die sich weniger un stetig ändernden Aktivitäten der Bewohner innerhalb des Gebäudes. Dadurch erscheint ein sanfterer Übergang zwischen Tag- und Nachtintensitäten.

4.2.2 Messungen im Frequenzbereich von 54 bis 0 Hz

In den folgenden Bildern 5 bis 10 sind die synchron registrierten Amplitudenspektren des Außen- und Innenfeldes für den gesamten untersuchten Frequenzbereich nebeneinander aufgetragen. Zur Interpretation der Messungen werden die Ordinatenwerte der Rauschleistungsdichte herangezogen. Für den Vergleich der Innen- und Außenfelder zum Beispiel müssen die Ordinatenwerte jeweils zum gleichen Zeitpunkt bzw. bei der gleichen Frequenz betrachtet werden. Die Frequenzen wurden in variablen Frequenzanalytoren mit 1 Hz Bandbreite, bei 54 Hz beginnend, bis 0 Hz nacheinander automatisch mit einer Änderungsrate von 1/100 Hz pro Sekunde eingestellt. Die gesamte Zykluszeit für einen Frequenzdurchlauf betrug 90 Minuten. Das ergibt bei einer Meßdauer von 24 Stunden 16 vollständige Frequenzdurchläufe. Die zeitlich aneinander anschließenden Frequenzdurchläufe sind hier übereinander, der jeweiligen Tageszeit zugeordnet, aufgetragen.

Die Spektren von Bild 5 wurden zur gleichen Zeit und im gleichen Raum des Forschungsinstituts wie das Zeitverhalten des elektrischen Feldes, das in Bild 3 dargestellt ist, aufgenommen. Man sieht deutlich die alles überragenden Amplituden der Netzfrequenz bei 50 Hz und die der Oberleitung der in der Nähe des Versuchsortes verlaufenden elektrischen Eisenbahn bei rd. 17 Hz. Im übrigen kann man erkennen, daß die restlichen Frequenzen qualitativ das gleiche Zeitverhalten zeigen wie die Frequenz von 10 Hz, wie dies in Bild 3 genauer dargestellt ist. Darüber hinaus läßt sich feststellen, daß im Mittel bei niedrigen Frequenzen die Intensitäten stärker sind.

Bild 6 stellt die Spektren dar, die in der gleichen Zeit an demselben Ort (Ziegelwohnhaus) aufgenommen wurden wie das zeitliche Verhalten der Amplituden der 10 Hz-Felder von Bild 4. Auch hier, wie in Bild 5, sind die größeren Amplituden bei niedrigen Frequenzen insbesondere unter 17 Hz zu beobachten. Außerdem zeigt sich wie in Bild 5, daß die nicht an das normale Netz gekoppelte Eisenbahnfrequenz von den Ziegelwänden ebenfalls vollständig abgeschirmt wird.

Die Spektren in Bild 7 sind in einem alleinstehenden Ziegelwohnhaus in einer ländlichen Gemeinde von einem Freitag 16.00 Uhr bis Samstag 16.00 Uhr aufgenommen worden. Im Gegensatz zu den Messungen in der Stadt oszilliert das gesamte Feld wesentlich weniger über das Grundrauschen hinaus. Die Frequenz der Oberleitung der elektrischen Eisenbahn fehlt völlig. Die starken Ausschläge des Innenfeldes in der Zeit um 17.00 Uhr zeigen den Einfluß der Bewegung von Menschen in der Nähe der Meßantenne. Sie wurden bewußt erzeugt, um zu zeigen, daß Aktivitäten des Menschen selbst stärkere Feldveränderungen gegenüber denen bedingen können, die ohne Gegenwart des Menschen vorhanden sind.

Die Spektren in Bild 8 wurden in einem Holzhaus einer Ferienkolonie auf dem Lande in der Zeit von Dienstag 12.00 Uhr bis Mittwoch 12.00 Uhr gemessen. Kurz nach Meßbeginn entwickelte sich ein Gewitter, das bis etwa 19.00 Uhr andauerte. Die starken elektromagnetischen Gewitterfelder wurden weitgehend durch die

Rauschleistungsdichten

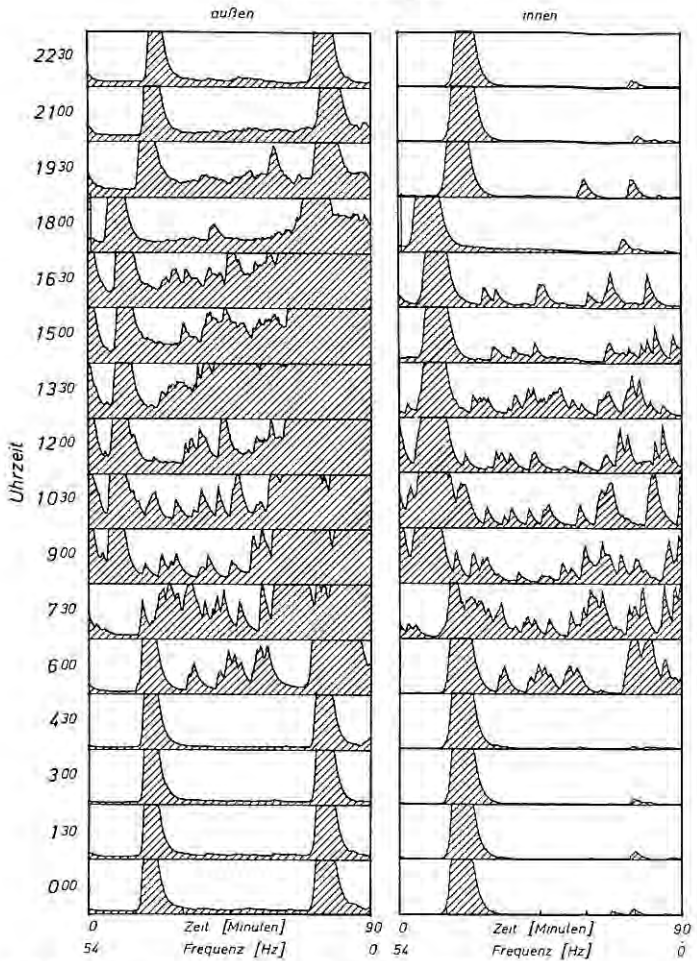


Bild 5 Kopfdaten: Rauschleistungsdichten des Außen- und Innenfeldes im ELF-Bereich zwischen 54 und 0 Hz; Frequenzdurchlauf 90 min; Meßzeitraum 24 Stunden; Bandbreite 1 Hz; Zeitkonstante 100 s; Außenantenne im Dachbereich

Versuchsdaten: Stahlbetongebäude in Großstadt (Forschungsinstitut); Schönwetter; Sonntag auf Montag

Holzwände vom Innenraum abgeschirmt. In diesem Fall erfolgte die Stromversorgung über Freileitungen, wodurch ein zusätzlicher Einschleusungspfad für wetterbedingte Feldschwankungen gegeben ist und einige relativ große Intensitäten im Innenraum erklärbar werden.

Bei den Messungen für Bild 9 (Institutsgebäude) lagen wieder normale Erdleitungen für die Stromversorgung vor. Die Standorte

Rauschleistungsdichten

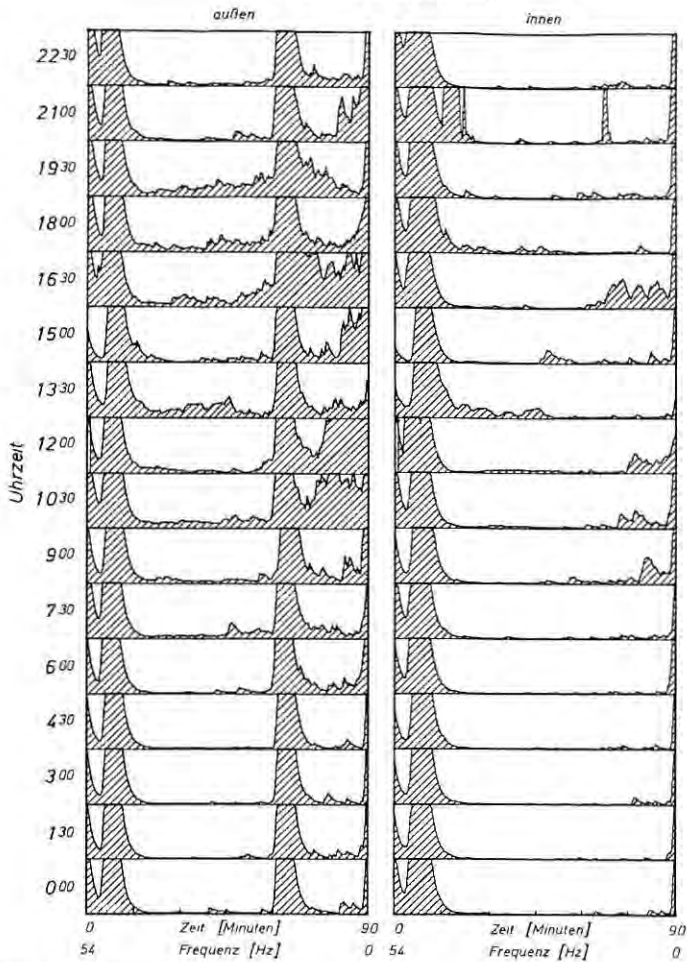


Bild 6 Kopfdaten: Wie Bild 5

Versuchsdaten: Ziegelgebäude in Großstadt (Wohnhaus); Schönwelter;
Dienstag auf Mittwoch

der Meßantennen waren dieselben wie bei den Messungen zu Bild 3 und 5. Die Meßzeit lag außerhalb der Arbeitszeit, von Samstag 18.00 Uhr bis Sonntag 18.00 Uhr, also in einer Zeit ohne besondere elektrische Aktivitäten im Hause, so daß die wetterbedingten Feldverhältnisse relativ ungestört beobachtet werden konnten. Von Beginn der Messung an bis etwa 1.00 Uhr herrschte ein Gewitter. Gegen Ende der Messung zog erneut ein Gewitter auf. Wie im Beispiel des Holzhauses (Bild 8) wurden auch hier die starken elektromagnetischen Gewitterfelder weitgehend abgeschirmt.

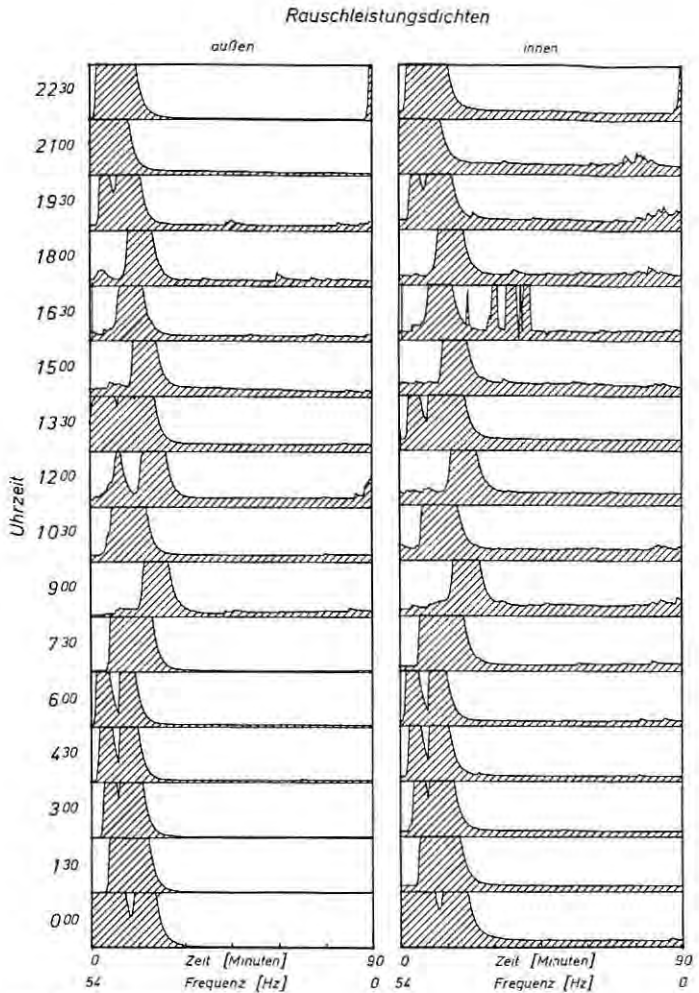


Bild 7 Kopfdaten: Wie Bild 5

Versuchsdaten: Ziegelgebäude auf dem Lande (Wohnhaus); Schönwetter; Freitag auf Samstag

Die Verhältnisse für die Messungen zu Bild 10 (Institutsgebäude) unterschieden sich in zweifacher Hinsicht von den vorherigen: Die äußere Meßantenne stand nicht mehr auf dem Dach, sondern in etwa 5 m Abstand von der Außenwand auf derselben Höhe wie die innere Meßantenne, die in einem normal eingerichteten Laborraum mit Betonwänden und größeren Fenstern aufgestellt war. Die Zeitkonstanten der Frequenzanalytoren waren um den Faktor 10 kleiner, also auf 10 s eingestellt, was zu einem stärker oszillierenden Erscheinungsbild führte. Die Messung fand in den Arbeitstagen

Rausleistungsdichten

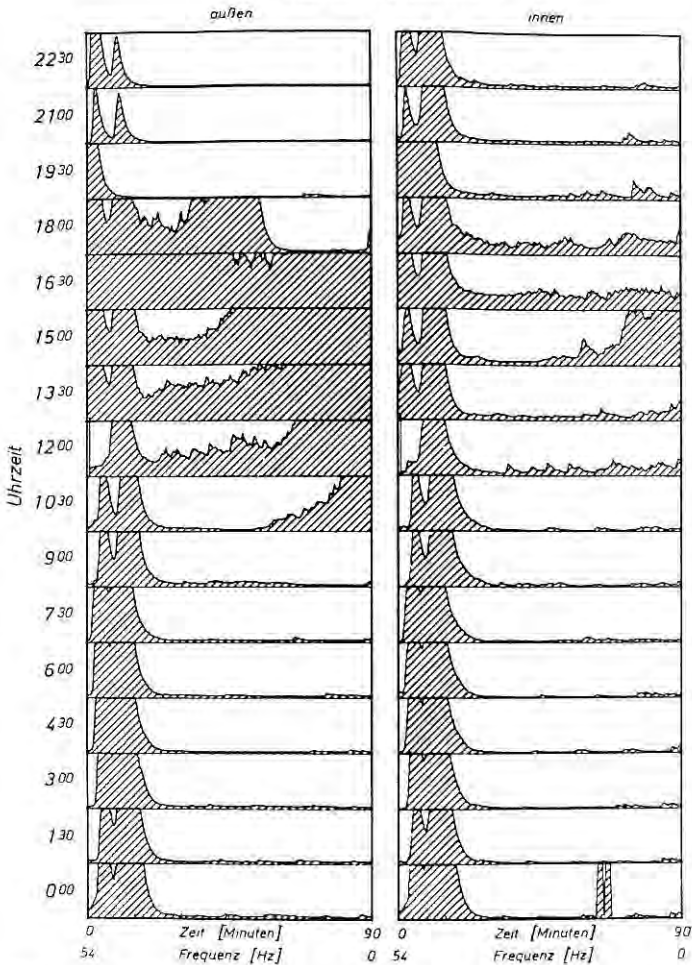


Bild 8 Kopfdaten: Wie Bild 5

Versuchsdaten: Holzhaus auf dem Lande (Ferienhaus); Gewitter;
Dienstag auf Mittwoch

von Dienstag 18.00 Uhr bis Mittwoch 18.00 Uhr während einer Schönwetterlage statt. Die im Mittel fast völlige Übereinstimmung des Innen- und des Außenfeldes findet seine Erklärung im folgenden: Zum ersten herrschte sehr schönes Wetter mit geringen meteorologisch bedingten Feldkomponenten. Zum zweiten wurden etwa vorhandene übergreifende äußere Feldkomponenten in diesem Fall durch den Geometrieeffekt der Wand abgeschwächt, da die äußere Meßantenne gewissermaßen im elektrischen Schattenbereich des Gebäudes aufgestellt war. Weiterhin ergaben die

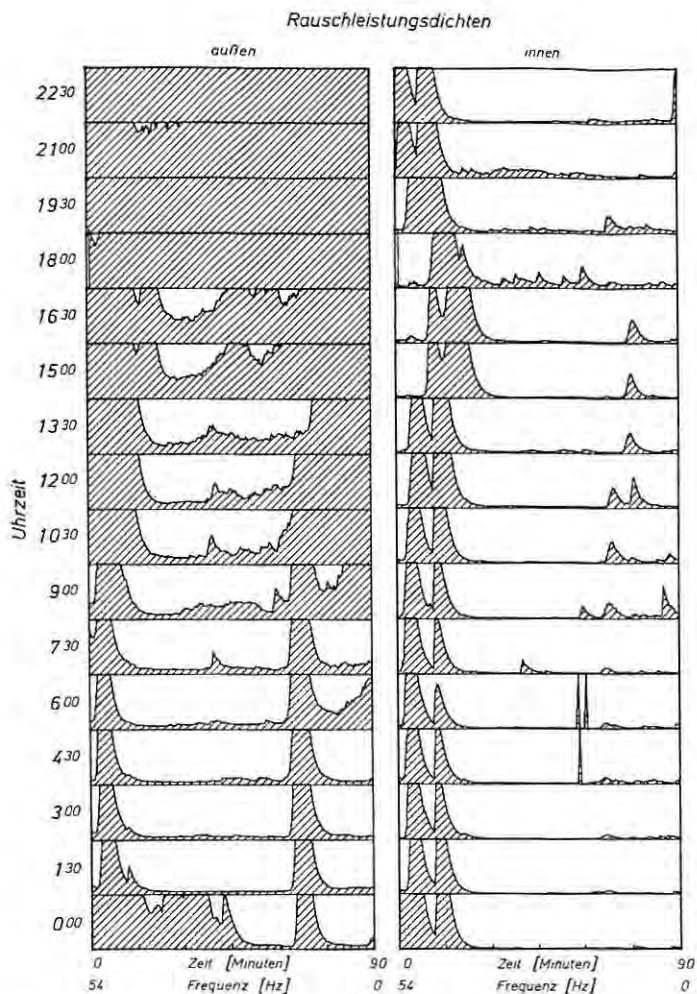


Bild 9 Kopfdaten: Wie Bild 5

Versuchsdaten: Stahlbetongebäude in Großstadt (Forschungsinstitut);
Gewitter; Samstag auf Sonntag

Messungen, daß die Intensitäten dieser heutzutage normalerweise im Inneren und in der Nähe von allen genutzten Gebäuden vorhandenen künstlichen elektrischen Felder bei weitem diejenigen überwiegen, die bei Schönwetter durch atmosphärische Phänomene erzeugt werden, und zwar in allen Frequenzbereichen des untersuchten ELF-Bereichs. Externe technische Frequenzen, wie die rd. 17 Hz-Frequenz der Eisenbahnüberleitung, wurden wie die Schlechtwetterfelder in den anderen Beispielen nahezu vollständig vom Innenraum ferngehalten.

Rauschleistungsdichten

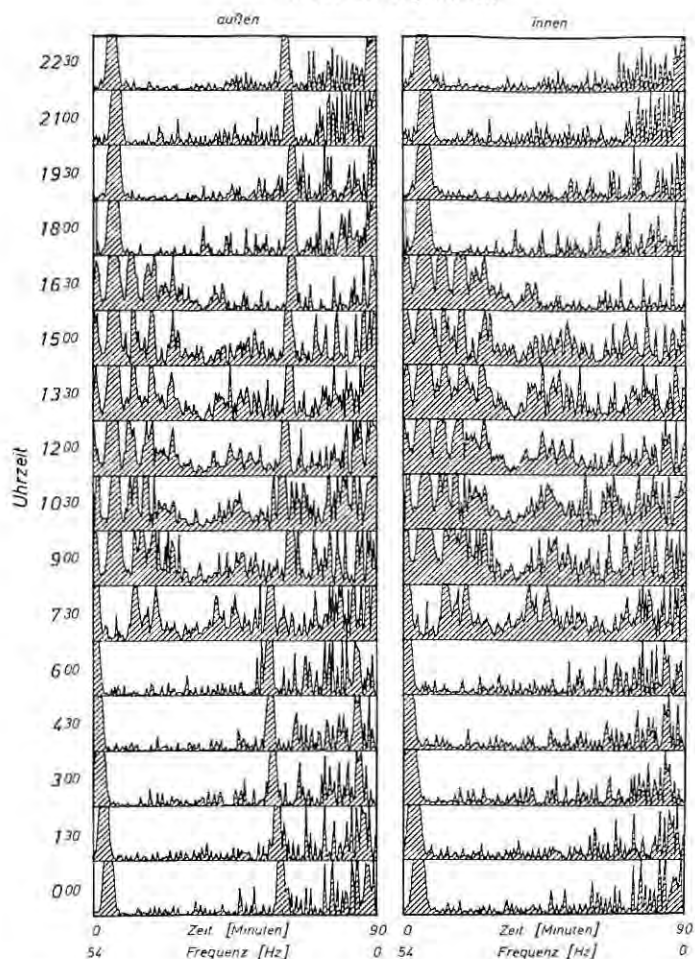


Bild 10 Kopfdaten: Wie Bild 5, jedoch Zeitkonstante 10 s; Außenantenne neben Gebäude

Versuchsdaten: Stahlbetongebäude in Großstadt (Forschungsinstitut); Schönwetter; Dienstag auf Mittwoch

4.2.3 Messungen im Frequenzbereich von 5400 bis 0 Hz

Für die Messungen zu den Bildern 11 und 12 wurden die Frequenzen in den variablen Frequenzanalysatoren mit 10 Hz Bandbreite bei 5400 Hz beginnend bis 0 Hz mit einer Änderungsrate von 1 Hz je Sekunde analog, wie im Abschnitt 4.2.2 beschrieben, durchgeführt und die zum jeweiligen Zeitpunkt bei der gerade eingestellten Frequenz vorhandenen Amplituden der Rauschleistungsdichte registriert. Ein vollständiger Frequenzdurchlauf dauerte, wegen der gewählten Änderungsrate der Frequenz, wie vorher 90 min, was

Rauschleistungsdichten

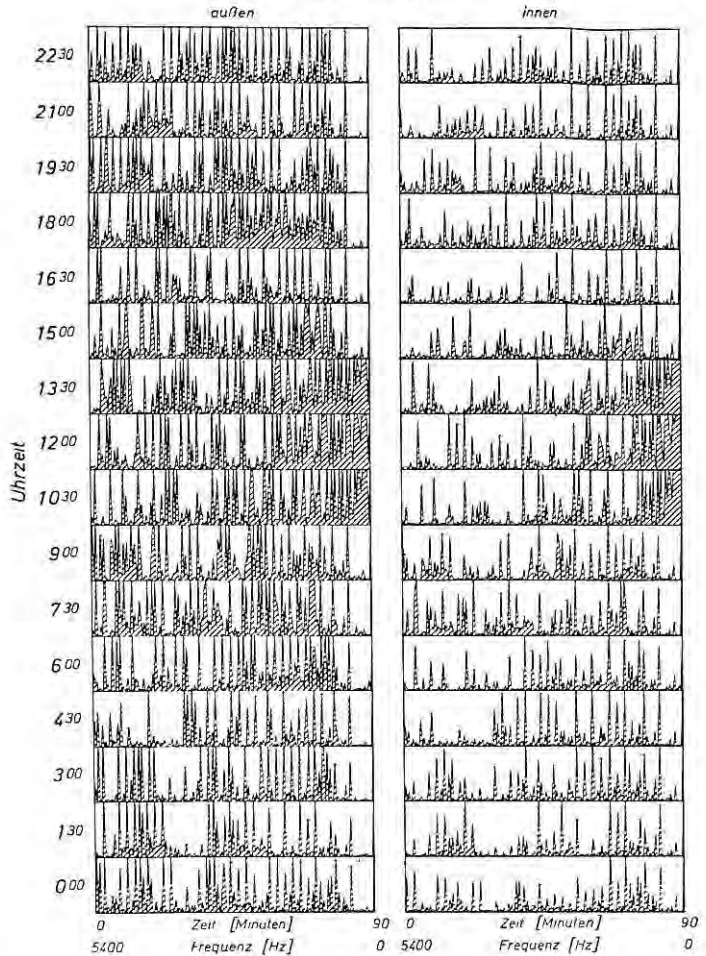


Bild 11 Kopfdaten: Rauschleistungsdichten des Außen- und Innenfeldes im VLF-Bereich zwischen 5400 und rd. 100 Hz; Frequenzdurchlauf von 5400 auf 0 Hz in 90 min; Meßzeitraum 24 Stunden; Bandbreite 10 Hz; Zeitkonstante 10 s; Empfindlichkeit 10 mal größer als bei Bildern 5 bis 10

Versuchsdaten: Tiefkeller in Stahlbetongebäude in der Großstadt (Forschungsinstitut); Wetter bedeckt bis regnerisch; Mittwoch auf Donnerstag; Außenantenne in 6 m Höhe, 20 m vom Gebäude entfernt

wiederum zu einer den Bildern 5 bis 10 entsprechenden Darstellung der 16 Durchläufe in 24 Stunden führte. Wegen der geringeren absoluten Amplitudenwerte im höheren Frequenzbereich wurde die Eingangsempfindlichkeit der Verstärker um das 10fache gesteigert. Dafür mußten die Eingangsfilter die Signale im unteren Frequenzbereich in der Nähe der Netzfrequenzen abdämpfen. Da-

Rauschleistungsdichten

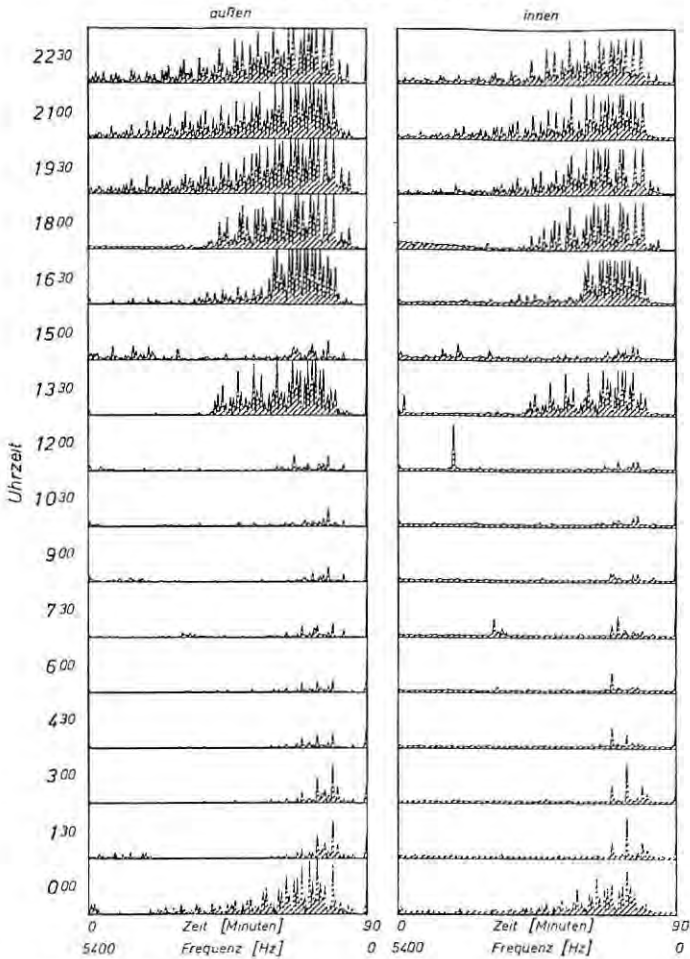


Bild 12 Kopfdaten: Wie Bild 11

Versuchsdaten: Fachwerkhaus mit Rieddach auf dem Lande (Bauernhaus); Wetter bedeckt; Freitag auf Samstag; Außenantenne zu ebener Erde, 20 m vom Gebäude entfernt

durch sind auf den Darstellungen die Frequenzgänge unter rd. 100 Hz nicht mehr registriert. Lediglich bei der Messung zu Bild 11 wurde im Zeitraum von 10.30 Uhr bis 15.00 Uhr die untere Grenze des Eingangsfilters abgesenkt, was an den deutlichen Intensitäten im unteren Bereich der entsprechenden Frequenzdurchläufe zu erkennen ist. Die Messungen zu Bild 11 wurden im gleichen Gebäude (Forschungsinstitut) wie die Messungen zu den Bildern 3, 5, 9 und 10 durchgeführt. Die innere Meßantenne befand sich dabei in einem Tiefkeller rd. 5 m unter Geländeoberfläche, wogegen die

äußere Meßantenne in 6 m Höhe auf einem Vordach etwa 20 m vom Gebäude entfernt aufgestellt war. Die Meßzeit lag in der Arbeitswoche von Mittwoch auf Donnerstag. Das Wetter war bedeckt, mit Neigung zu schwachen Niederschlägen.

Das im Vergleich zu den Bildern 5 bis 9 stärker oszillierende Erscheinungsbild ist hier im wesentlichen auf den 100mal größeren Frequenzbereich zurückzuführen, der auf der Abszisse aufgetragen ist.

Die Felder in dem während der Meßzeit nicht von Menschen benutzten Tiefkellerraum zeigen dieselben Frequenzcharakteristiken wie die Außenfelder, wobei die Amplituden etwas schwächer ausgeprägt sind. Eine ähnliche relative Abschwächung zeigen auch die Amplituden der Innenfelder in Bild 12, das Messungen aus einem 250 Jahre alten Bauernhaus mit Fachwerk, Lehmwänden, Holzdecken und Rieddach wiedergibt. Die Frequenzgänge beider Meßkanäle stimmen auch hier im großen und ganzen überein. Das scheinbare Absinken der Amplituden im unteren Frequenzbereich wird erklärt durch die ausblendende Wirkung der Eingangsfiler. Die innere Meßantenne befand sich in einem Wohnraum zu ebener Erde; die äußere Meßantenne war im Garten etwa 20 m vom Haus entfernt aufgestellt. Die Messungen wurden von Freitag auf Samstag bei bedecktem Himmel und z. T. regnerischem Wetter durchgeführt. Im Vergleich zu den Messungen in der Großstadt sind auch bei den VLF-Messungen auf dem Lande die Intensitäten der Felder, wie bei den ELF-Messungen, insgesamt etwas geringer und qualitativ weniger un stetig.

4.2.4 Messungen bei konstanter Frequenz von 100 kHz

Die Bilder 13 und 14 zeigen das Zeitverhalten der Rauschleistung bei konstanter Frequenz von 100 kHz für jeweils denselben Zeitraum und Versuchsort wie bei den Messungen zu den Bildern 11 und 12. Die Zeitachse von 24 Stunden wurde im Gegensatz zu der Darstellung in den Bildern 3 und 4, die zu Messungen bei konstanter Frequenz von 10 Hz gehören, stärker aufgespreizt und abschnittsweise übereinander aufgetragen.

Im Gegensatz zu Bild 14 (Bauernhaus) ist in Bild 13 (Tiefkeller des Forschungsinstituts) eine Tag-Nacht-Periodizität nicht ausgeprägt. Dafür zeigen sich nach Bild 13 deutlich immer wiederkehrende Intensitätssteigerungen, die über 10 bis 30 Minuten andauern und vermutlich technischen Ursprungs sind. Die Wirkung dieser Sender ist außerhalb und im Tiefkeller des Betongebäudes völlig synchron, jedoch im Tiefkeller mit leicht schwächerer Amplitude registriert worden.

Der zeitliche Verlauf der relativen Intensitäten von Bild 14 (Bauernhaus) erscheint im Mittel gleichmäßiger als bei den Messungen in der Großstadt. Deutlich ausgeprägte technische Sender sind in der Nähe des ländlichen Versuchsorts im Frequenzbereich um 100 kHz nicht feststellbar gewesen. Die Amplituden der Innenfelder im ländlichen Gebäude sind, wie beim Betongebäude mit der bewußt ungünstig gewählten Aufstellung der inneren Meßantenne im Tiefkeller, leicht abgeschwächt.

Rausleistungsdichten

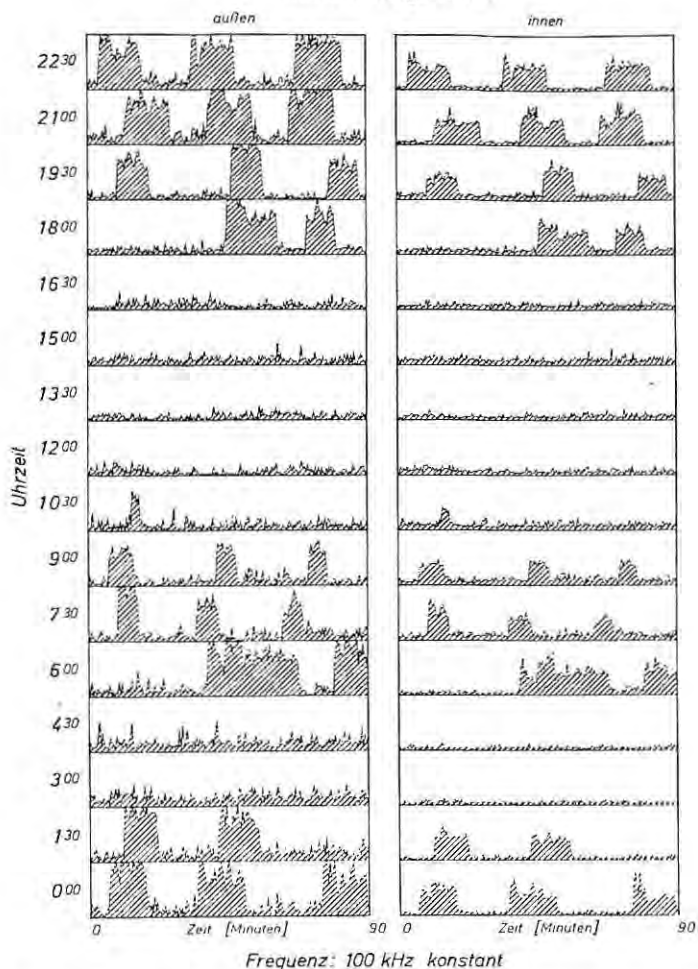


Bild 13 Kopfdaten: Rausleistungsdichten des Außen- und Innenfeldes bei 100 kHz über 24 Stunden
 Versuchsdaten: Wie Bild 11

5. Zusammenfassung

Stärke und Zeitverhalten der elektrischen *Außenfelder* im untersuchten ELF-Bereich von 0 bis 54 Hz und VLF-Bereich bis 5400 Hz bzw. 100 kHz werden im wesentlichen bestimmt durch

- 1) globale, regionale und lokale, teilweise wetterbedingte physikalische Phänomene,
- 2) einzelne technische Sender,

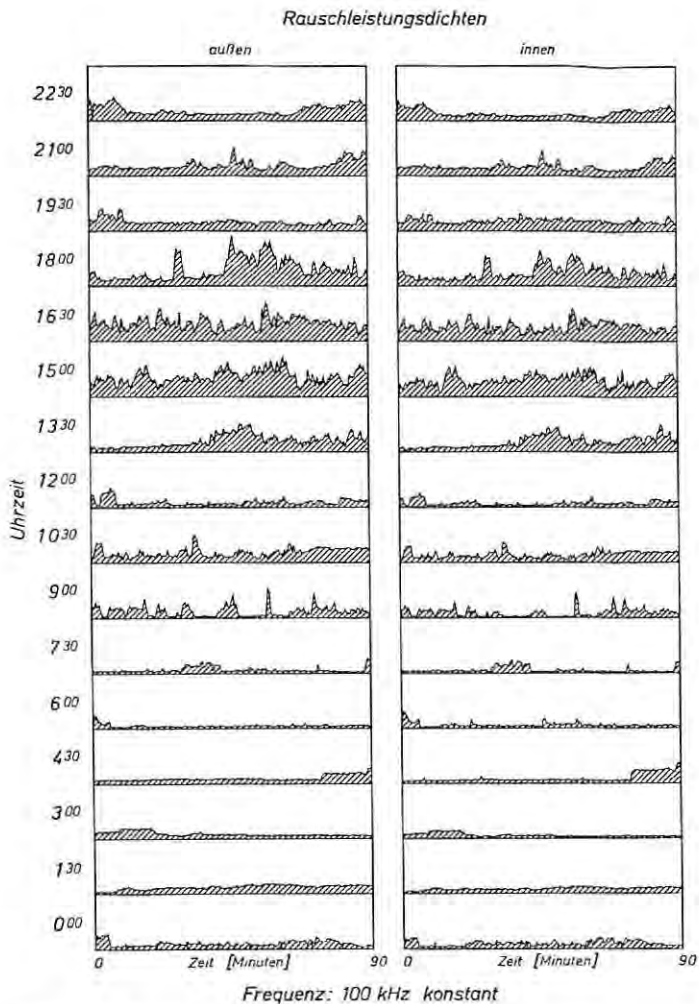


Bild 14 Kopfdaten: Wie Bild 13
 Versuchsdaten: Wie Bild 12

- 3) Schaltaktivitäten (Laständerungen) im elektrischen Leitungsnetz,
- 4) geometrische Ausbildung der Umgebung.

Die *Innenfelder* von normal ausgestatteten und genutzten Räumen werden im wesentlichen bestimmt durch

- 1) Raumausstattung und menschliche Aktivität,
- 2) einzelne feste Frequenzen technischen Ursprungs,
- 3) eingeschleuste Wirkungen technischer Sender im VLF-Bereich,
- 4) geometrische Gestaltung der Einrichtung und Räume.

Konstante Normalverhältnisse über längere Zeit oder größere Raumbereiche (innen wie außen) konnten weder bei Feldern meteorologischen Ursprungs noch bei Feldern technischen Ursprungs festgestellt werden. Vielmehr wurden durch Witterungseinflüsse bedingte zufallsartig veränderliche Rauschleistungen¹⁾ beobachtet, die einen Schwankungsbereich der Amplituden größer 80 dB aufwiesen. Die technischen Einflüsse können Schwankungen vergleichbarer Größenordnung ergeben.

Prinzipielle Unterschiede zwischen den real beobachteten Innenfeldern in üblich genutzten Räumen aus konventionellen Baustoffen, wie Beton, Ziegel und Holz, ließen sich trotz deren unterschiedlicher elektrophysikalischer Materialeigenschaften nicht nachweisen. Die Abschirmfaktoren der Baustoffe allein haben also für das tatsächliche alltägliche elektrische Umfeld des Menschen keine Bedeutung.

Grundsätzlich nimmt die Intensität der Rauschleistung im untersuchten VLF- und ELF-Bereich mit abnehmender Frequenz zu. Felder mit Frequenzen im ELF-Bereich, die nicht an die in der Regel vorhandenen elektrischen Leitungen angekoppelt sind und deshalb nicht in Gebäude eingetragen werden können, werden von allen Baustoffen gleichartig abgeschwächt. Im inneren und unmittelbar benachbarten Lebensraum ist bei allen Gebäuden eine relative Abschwächung insbesondere der niedrigfrequenten Teilfelder wegen der Deformation der elektrischen Felder durch die rein geometrischen Einflüsse der Gebäude zu beobachten (siehe z. B. Bild 1, Skizze 5).

SCHRIFTTUM

- [1] Effenberger, E.: Behagliches Wohnen – Welche Anforderungen müssen Aufenthaltsräume erfüllen? Wohnen in Betonbauten, Beton-Verlag, Düsseldorf 1976, S. 9/23.
- [2] Bein, W.: Luftpolektrizität – ein zusätzliches Element der Raumklimatisierung oder ein Schlagwort zum Nutzen verschiedener Interessengruppen. Neues vom Bau 23 (1977) H. 9, S. 12/15, H. 10, S. 15/16, H. 11/12, S. 8/12, und 24 (1978) H. 1, S. 14/17.
- [3] Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen: Literatur 1950 bis Mitte 1974. 4. Auflage.
- [4] Reiter, R.: Luftpolektrisches Raumklima. Kurzberichte aus der Bauforschung 19 (1978) H. 9, S. 703/719.
- [5] Lenke, R., und J. Bonzel: Luftpolektrische Felder in umbauten Räumen und im Freien. Wohnen in Betonbauten, Beton-Verlag, Düsseldorf 1976, S. 25/46; ebenso beton 25 (1975) H. 11, S. 387/390, und H. 12, S. 425/430; ebenso Betontechnische Berichte 1975, Beton-Verlag, Düsseldorf 1976, S. 143/164.
- [6] Israel, H.: Luftpolektrizität und Radioaktivität. Verständliche Wissenschaft, Band 62. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1957.

¹⁾ Unter Rauschleistung wird die Wirkung des Summenfeldes unterschiedlichster Frequenzen und Amplituden sowie unterschiedlichem Zeitverhalten verstanden.