

Medizinische Fragen im Zusammenhang mit dem Arbeiten unter Spannung

Autor(en): **Hauf, R.**

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): **69 (1978)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-914839>

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.

Medizinische Fragen im Zusammenhang mit dem Arbeiten unter Spannung

Von R. Hauf

Der Autor erläutert neben Fragen der medizinischen Vorbereitungsmaßnahmen vor allem die Gesundheitsgefährdung durch elektromagnetische Felder. Diesbezügliche Untersuchungen wurden in verschiedenen Ländern durchgeführt. Organische Veränderungen und bleibende Schäden konnten in keinem Fall beobachtet werden.

1. Einleitung

Das Arbeiten unter Spannung wirft nicht nur technische Fragen der Sicherheit und des Arbeitsschutzes auf, sondern es sind auch medizinische Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen. Das beginnt schon bei der Auswahl des Personals für solche Arbeiten. Die physische und psychische Belastung und die besondere Verantwortung verlangen einen entsprechenden Gesundheitszustand. Zur Feststellung der Eignung sollten Vorsorgeuntersuchungen des zum Einsatz kommenden Personals durchgeführt werden. Dabei sind besondere Kriterien zugrunde zu legen. In der Bundesrepublik Deutschland möchte ich beispielsweise empfehlen, dass eine Eignung nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung «Gefährdung durch Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten» verlangt wird. Danach sind von solchen Arbeiten auszuschließen: Personen mit Bewusstseins- oder Gleichgewichtsstörungen sowie Anfallsleiden, mit erheblichen Störungen von Drüsen mit innerer Sekretion, chronischem Alkoholmissbrauch, Betäubungsmittelsucht oder anderen Suchtformen, Herz- und Kreislauferkrankungen mit Einschränkung der Leistungs- oder Regulationsfähigkeit, Hypertonie stärkeren Grades, hypotonen Versagenszuständen, schwerer Zuckerkrankheit, funktionell sich auswirkenden Störungen des zentralen und peripheren Nervensystems usw. Aber auch die allgemeine körperliche Verfassung ist zu berücksichtigen. Leitmotiv ist, dass durch den körperlichen und geistigen Gesundheitszustand keine Gefährdung für den Beschäftigten selbst und andere besteht.

Elektrische Unfälle durch direkte oder indirekte Berührung spannungsführender Teile müssen bedacht werden. Sie werden wohl eher bei den Vorbereitungsarbeiten als bei den unmittelbaren Arbeiten in Betracht zu ziehen sein. Jedenfalls wird es notwendig sein, Massnahmen für eine eventuell erforderliche Erste Hilfe und Behandlung zu treffen. Dazu gehören die spezielle Ausbildung des Personals in Erster Hilfe bei elektrischen Unfällen, einschliesslich Herz-Lungen-Wiederbelebung, Bereitstellung der notwendigen Hilfsmittel, organisatorische Vorbereitung des Transportes, einschliesslich eines eventuellen Hubschraubertransportes, und Erfassung vorbereiteter Kliniken für die Aufnahme der Verletzten.

Im Vordergrund solcher Unfälle stehen schwere Verbrennungen und Verkochungen der Muskulatur. Diese erfordern, soweit sie nicht durch Störungen der Atmung und des Herz-Kreislauf-Systems kompliziert sind, bereits am Unfallort richtige Lagerung – Schocklage – und Verabreichung einer alkalischen Flüssigkeit zur Schockvorbeugung. Alle hier zu treffenden Massnahmen sollen nach den Anweisungen für die Erste Hilfe bei elektrischen Unfällen erfolgen. Ich möchte deshalb im Rahmen dieses Berichtes nicht näher darauf eingehen.

A côté de questions relatives aux mesures de protection d'ordre médical, l'auteur commente surtout les effets préjudiciables des champs électromagnétiques sur la santé. Des expérimentations ont été effectuées dans ce domaine dans différents pays. Dans aucun cas pourtant on n'a constaté des altérations organiques ou des lésions durables.

2. Die elektrischen Gegebenheiten

In den letzten Jahren bewegt uns mehr und mehr die Frage, ob bei Arbeiten in der Nähe oder an elektrischen Anlagen eine Gesundheitsgefährdung durch elektromagnetische Felder besteht. Ich möchte mich auf energietechnische Wechselfelder von 50 Hz beschränken. Bei unseren Betrachtungen gehen wir von folgenden Voraussetzungen aus:

Die Grösse der elektromagnetischen Felder im Bereich der Hochspannungsfreileitungen hängt neben Mastkopfbildern und Leitergeometrien auch ab von Betriebsspannung und -strom, belastungs- und temperaturabhängigen Leiterdurchhängen und Phasenbelegung. Für die ungestörte Bodenfeldstärke in Spannungsmittelpunkten ergeben sich etwa folgende Werte, wobei unter Berücksichtigung des oben Gesagten die Feldstärke unter einer 380-kV-Leitung geringer sein kann als unter einer 220-kV-Leitung.

Betriebsspannung kV	110	220	380	765	1300	110 kV Bahn- strom- leitung	800 kV Gleich- strom- leitung
$E_{0 \max}$ kV/m	1,1	6,4	5,1	12,4	17,1	2,3	12,4

Im Vergleich dazu möchte ich die Grössenordnung natürlicher Felder angeben:

Schönwetterfeld	100 V/m
Atmosphärische Störungen	1,5 kV/m
Gewitterfelder	3–20 kV/m

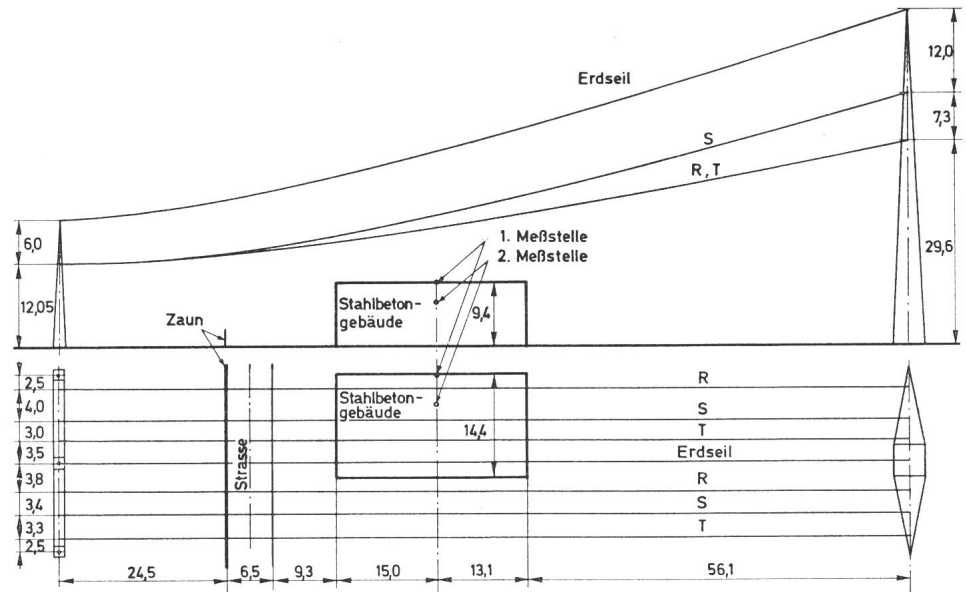
Bei der Beurteilung der Lebensverhältnisse im Bereich von Hochspannungsleitungen ist nicht nur davon auszugehen, dass die elektrischen Felder mit dem Abstand von der Leitung rasch an Intensität abnehmen, sondern auch, dass sie in Gebäude, gleich welcher Bauart, praktisch kaum eindringen. Dazu zwei Beispiele.

Als erstes Beispiel die Verhältnisse in einem Stahlbetonbau unter einer 220-kV-Doppelleitung, die von meinem Mitarbeiter, Dr. Utmisch, gemessen wurden. Die maximale Feldstärke auf dem Dach des Gebäudes betrug 4,3 kV/m, im Gebäude war sie mit weniger als 20 V/m so niedrig, dass sie mit der verwendeten Messanordnung nicht mehr exakt bestimmt werden konnte. Auf dem Fensterbrett des geöffneten Fensters unter System I betrug sie 495 V/m, unter System II 413 V/m (Fig. 1).

Das zweite Beispiel bezieht sich auf eine Holzbaracke neben einer 110-kV-Doppelleitung. Die maximale Bodenfeldstärke unter der Leitung betrug 439 V/m. Im Inneren der Baracke war die Feldstärke ebenfalls kleiner als 20 V/m (Fig. 2).

Dem gegenübergestellt sei die Intensität elektrischer Felder von Installationen und Elektrogeräten im Haus nach einer

Fig. 1
Lageskizze einer 220-kV-Doppelleitung
 Massangaben in Metern



Darstellung des EPRI, Palo Alto (USA), wobei es sich um Messungen in einem 120-V-Netz handelt. Bei unseren 220-V-Netzen liegen die Werte entsprechend höher (Tabelle I).

Für in Gebäuden im Bereich von Hochspannungsanlagen auftretende Beschwerden können daher nicht elektrische Felder von Freileitungen verantwortlich gemacht werden.

Wie verhält sich nun der menschliche Körper im elektrischen Feld?

Das Feld wird infolge des geringen Körperwiderstandes verzerrt, und die Feldlinien enden an der Körperoberfläche. Im Wechselfeld wird ein Verschiebestrom mit der Frequenz des Feldes erzeugt. Der Mensch wirkt wie ein metallischer Körper mit Erdpotential, wenn er normaleitende Schuhe ($\tau \approx 10 \mu\text{s}$) trägt. Hat er dagegen gut isolierende Schuhe an ($\tau \approx 10 \text{s}$), nimmt er ein freies Potential an. Dieses ergibt, bezogen auf die ungestörte Bodenfeldstärke, eine konstante Grösse von $0,5 \frac{\text{kV}}{\text{kV/m}}$. Mit dem Kontakt zum Boden fliesst durch den Körper ein Verschiebestrom, gekennzeichnet durch die Konstante $14 \frac{\mu\text{A}}{\text{kV/m}}$. Etwa ein Drittel des Verschiebestromes tritt am Kopf ein, wobei die maximale Stromdichte am Schädeldach $4,8 \frac{\text{nA/cm}^2}{\text{kV/m}}$ beträgt.

Im Gegensatz zum elektrischen Feld durchdringt das magnetische Wechselfeld den Körper wie auch Gebäude und induziert im Körper Wirbelströme, die nicht abgeleitet werden können. Die Intensität des magnetischen Feldes hängt ausser von der Leitergeometrie nur von der fliessenden Stromstärke ab und beträgt etwa $10 \mu\text{T/kA}$ (0,1 Gauss). Das Erdmagnetfeld liegt bei $40 \mu\text{T}$ (0,4 Gauss). Nach Ansicht zahlreicher Wissenschaftler ist das im Bereich von Hochspannungsanlagen auftretende Magnetfeld vernachlässigbar klein. Unter ungünstigen Verhältnissen kann durch Magnetfelder im energietechnischen Bereich im Körper eine Spannung von 1 mV erzeugt werden, und zwar bei einer Feldstärke von $28 \mu\text{T}$ (0,28 Gauss). Das entspricht beim Ablauf bioelektrischer Vorgänge im Körper auftretenden Potentialdifferenzen, wie wir sie vom EKG her kennen.

Die elektrischen Felder führen zur kapazitiven Aufladung nicht geerdeter Leiter. Wenn nun eine geerdete Person einen solchen Gegenstand oder die isolierte Person einen geerdeten Leiter berührt, kommt es zu einer Entladung, die schmerzhaft sein und eine Reaktion auslösen kann. Häufige solcher Entladungen können eine Streßsituation hervorrufen. Die Empfindung beginnt bei einer Energie von 1 mWs, die Grössenordnung von 1 Ws wird als gefährlich angesehen.

Über die biologische Wirkung elektromagnetischer Felder gibt es eine umfangreiche Literatur. Meist handelt es sich um Untersuchungen an Pflanzen und Tieren. Die Untersuchungsergebnisse sind oft widersprüchlich. In den meisten Fällen sind sie weder vergleichbar noch reproduzierbar. Für eine Auswertung ist es notwendig, die Versuchsbedingungen, die Versuchsanordnungen und Messverfahren, die Versuchsobjekte, die Einwirkungszeit, die Frequenz und die Intensität zu kennen. Man kann nicht über die Wirkung von ELF-Feldern sprechen und Untersuchungsergebnisse aus anderen Frequenzbereichen anführen. Ebenso lassen sich Tierversuche nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen. Aber auch beim Vergleich von Tierversuchen müssen neben Berücksichtigung von Frequenz und Intensität auch artspezifische Unterschiede in Betracht gezogen werden. Leider werden nicht selten diese fundamentalen Gesichtspunkte bei der Diskussion über die biologische Wirkung elektromagnetischer Felder ausser acht gelassen.

3. Auswirkungen auf den Menschen

Um zu einer Klärung beizutragen, hat meine Arbeitsgruppe in den letzten Jahren eingehende Untersuchungen mit Versuchspersonen durchgeführt. Dabei wurde für den energietechnischen Bereich, der zunächst im Vordergrund steht, davon ausgegangen, die Feldverhältnisse im Bereich von Hochspannungsanlagen im Labor zu simulieren. Nur im Labor kann man exakt definierte Versuchsbedingungen schaffen und nicht wäg-bare Einflüsse ausschliessen. Um eventuelle feldbedingte Phänomene den einzelnen Komponenten des elektromagnetischen Feldes oder der Zusammenwirkung dieser Komponenten zuzuordnen zu können, wurden die Untersuchungen in 4 Gruppen,

und zwar einmal im elektrischen Feld, dann mit Langzeiteinwirkung eines konstanten 50-Hz-Wechselstromes in der Größenordnung des Verschiebestromes, im magnetischen Feld und im kombinierten elektrischen und magnetischen Feld durchgeführt. Es wurden Feldbelastungen gewählt, die höher lagen als die maximal möglichen Felder im Bereich der in Europa üblichen Hochspannungsanlagen und noch einen Sicherheitsfaktor einschlossen. Die Intensitäten betragen für das elektrische Feld bis 20 kV/m, für den Verschiebestrom 200 μ A, für das magnetische Feld 0,3 mT und für das kombinierte Feld 20 kV/m und 0,3 mT. Es wurde zunächst eine Expositionszeit bis zu 3 Stunden gewählt. Die Versuchspersonen hatten ein Durchschnittsalter von 25 Jahren und waren vorher auf ihren Gesundheitszustand untersucht worden. Sie sassen während des Versuches an einem Tisch und waren, wenn mit elektrischen Feldern gearbeitet wurde, geerdet. Zu jeder Expositionsgruppe wurde eine Kontrollgruppe gebildet, die denselben Laborbedingungen unterlag. Die Versuchspersonen konnten nicht beobachten, ob ein Feld eingeschaltet war oder nicht.

Getestet wurden die Reaktionszeit, Blutstatus, BSG, Thrombozyten, Retikulozyten, Quicktest, EKG, EEG, Pulsfrequenz und Blutdruck. Im kombinierten elektrischen und magnetischen Feld wurden auch noch die Triglyceride und Cholesterin bestimmt. Die Expositionszeit betrug 45 Minuten bis 3 Stunden.

Als Untersuchungsergebnis kann festgehalten werden, dass lediglich im elektrischen Feld gegenüber den Kontrollgruppen ein Stimulationseffekt bei der Reaktionszeit und ein leichtes Ansteigen der Leukozyten, absoluten Neutrophilen und Retikulozyten, was als unspezifischer Reizeffekt gewertet wird, zu beobachten war. Sonst traten keine signifikanten Veränderungen im Vergleich mit den Kontrollgruppen auf, insbesondere blieb der Blutdruck konstant. Der Abfall der Pulsfrequenz im

Gerät	Feldstärke V/m
Elektrischer Kochherd	4
Toaster	40
Heizdecke	250
Bügeleisen	60
Boiler	130
Haarfön	40
Verdampfer	40
Kühlschrank	60
Farbfernseher	30
Stereoempfänger	90
Kaffeemaschine	30
Staubsauger	16
Uhr	15
Handmixer	50
Glühbirne	2
Grammophon	40

¹⁾ Die Messungen wurden in 30 cm Abstand vom Gerät vorgenommen.

Verlauf der Testzeit ist sowohl bei Feldeinwirkung wie auch bei den Kontrollgruppen vorhanden und ist ein Beruhigungseffekt. Die Werte für Triglyceride und Cholesterin zeigten keine Abweichungen.

Die Diskussionen über eine schädliche Einwirkung elektrischer Wechselfelder auf den Menschen haben uns veranlasst, weitere Untersuchungen im elektrischen Feld durchzuführen. Diese wurden wieder im Versuchslabor am Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Universität München vorgenommen. Die Zahl der Versuchspersonen in den einzelnen Gruppen wurde auf 25 erhöht, die Expositionszeit auf 5 Stunden verlängert. Die früheren Versuchsbedingungen und die Feldstärke von 20 kV/m wurden beibehalten. Es waren jeweils 2 Personen im Versuch.

Das Augenmerk galt dem Elektrolythaushalt, dem intermediären Stoffwechsel und Stressfaktoren. Dazu wurden Untersuchungen im Blut und Harn vorgenommen, und zwar vor dem Versuch, bei Versuchsende und 3 Stunden nach dem Versuch. Weiter wurden Blutdruck und Pulsfrequenz kontrolliert. Da die untersuchten Parameter naturgemäß grossen individuellen Schwankungen unterliegen, wurden dieselben Personen einmal im Leerversuch und einmal unter Feldbelastung getestet. Es wurden folgende Parameter untersucht:

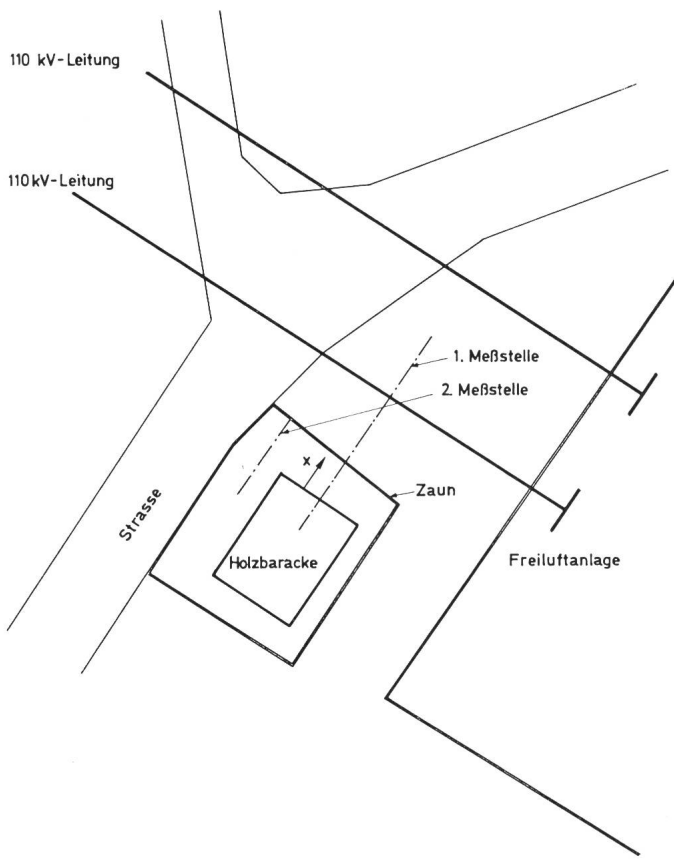


Fig. 2 Lageskizze der 110-kV-Doppelleitung

<u>Im Harn</u>	Muskelstoffwechsel:
Katecholamine:	Creatinin
Adrenalin	Lactat
Noradrenalin	Zellschädigung:
Vanillinmandelsäure	Harnsäure
Creatinin	Elektrolyte:
	Natrium
<u>Im Blut</u>	Kalium
Eiweißstoffwechsel:	Chlorid
Gesamteiweiß	Calcium
Albumin/Globulin	Phosphor
Albumin	Eisen
Harnstoff-N	Enzyme:
Fettstoffwechsel:	SGOT
Cholesterin	SGPT
Triglyceride	γ -GT
	LDH

Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass unter den gegebenen Versuchsbedingungen die getesteten Parameter unter Feldeinwirkung keine signifikanten Änderungen gegenüber den Kontrollen ergaben. Alle Ergebnisse lagen im Normbereich. Insbesondere fehlte jeder Anhalt für eine Stresswirkung des elektrischen Feldes. Auch Puls und Blutdruck wiesen keine Abweichungen durch Feldeinwirkung auf.

Unsere Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf Bodenfeldstärken bis 20 kV/m. Wie sieht es nun aber mit der Belastung bei Arbeiten unter Spannung an Hochspannungsfreileitungen aus? Die Tabellen II und III geben Aufschluss über die auftretenden Verschiebestrome. Nach den Untersuchungen von Kouwenhoven und Mitarbeitern kann man die durchschnittliche Belastung in unseren Testbereich einfügen.

Unsere Untersuchungsergebnisse stehen teilweise im Widerspruch zu anderen Untersuchungsergebnissen an Menschen. Bevor ich aber versuche, hierzu eine Erklärung zu geben, möchte ich noch einige Bemerkungen zu den Tierversuchen machen. Bei der Diskussion über Untersuchungsergebnisse, die elektrischen Feldeinflüssen zugeschrieben werden, ist zu prüfen, inwieweit Sekundäreffekte ursächlich in Betracht zu ziehen sind. Untersuchungen, zusammen mit meinem Mitarbeiter Utmischi, haben ergeben, dass bei dem am häufigsten verwendeten Versuchstier Ratte die Empfindungsschwelle bei 10 kV/m beginnt, bei 120 kV/m kann man, elektrisch gemessen, den Beginn von Entladungsvorgängen feststellen und bei einer Feldstärke von etwa 200 kV/m kommt es zum Durchschlag. Wohl die meisten Tierversuche wurden mit Feldstärken durchgeführt, die über der Empfindungsgrenze liegen, so dass zahlreiche beobachtete Phänomene, vor allem Verhaltensänderungen, die der Feldeinwirkung zugeschrieben werden, sich

Aufenthaltsdauer im elektrischen Feld

Tabelle IV

Elektrische Feldstärke kV/m	Max. zulässige tägliche Aufenthaltsdauer (min.)
5	unbegrenzt
10	180
15	90
20	10
25	5

zwanglos durch Sekundäreffekte, die nicht feldspezifisch sind, erklären lassen. Bei dem im elektrischen Feld stehenden Menschen beginnt die Empfindungsgrenze bei 13 kV/m ungestörter Bodenfeldstärke. Unsere Laboruntersuchungen an sitzenden Personen waren so angelegt, dass wir uns gerade unterhalb der Empfindungsgrenze bewegten.

Wie wenig man tatsächlich über eine gesundheitsgefährdende Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen weiss, zeigt die grosse Zahl der beobachteten Symptome, die elektromagnetischer Feldeinwirkung zugeschrieben wird. So sind auch unterschiedliche, sich zum Teil widersprechende Ergebnisse zu erklären. In der Literatur aufgeführt werden folgende Störungen des Gesundheitszustandes:

Allgemeinsymptome

Kopfschmerzen
Schwäche
Müdigkeit
Schwindelanfälle
Gefühl des aufgeblasenen Kopfes
tanzende Bildvorstellungen
Schlafstörungen
leichter, oberflächlicher Schlaf
allgemeine Kraftlosigkeit
Brechreiz
Potenzstörungen

Beeinträchtigungen des Nervensystems

Funktionelle Störungen des Zentralnervensystems
neurodynamische Vorgänge in der Hirnrinde
Konzentrationsschwäche
EEG-Veränderungen
funktionelle Störungen des vegetativen Nervensystems
neurasthenische Symptome
positive Hautschrift
Neigung zu Schwitzen
leichter Tremor der Finger
labiler Puls
labiler Blutdruck
Herabsetzung der Reizbarkeit und funktionellen Beweglichkeit des Nervenmuskelapparates der Hand

Herz-Kreislauf-Störungen

Kardiovaskuläre Störungen
vagotone Veränderungen des kardiovaskulären Systems
Hypotonie
Hypertonie
Bradykardie
Tachykardie
EKG-Veränderungen

Veränderungen des Blutes

Qualitative und quantitative Veränderungen des peripheren Blutbildes
Vermehrung der Retikulozyten
qualitative Veränderungen der Neutrophilen
leichte Vermehrung von Leukozyten, absoluten Neutrophilen und Retikulozyten als Ausdruck eines unspezifischen Reizeffektes

Arbeiten unter Spannung, 138-kV-Leitung, Verschiebestrome Tabelle II

Position oder Versuchsperson	Verschiebestrom µA
Stehend auf mittlerem Querträger gegenüber oberem Phasenleiter	100-150
Stehend auf mittlerer Sprosse einer am oberen Querträger hängenden Leiter	395
Stehend auf einer am unteren Querträger hängenden Leiter bei Verwendung einer unter Spannung stehenden Stange	400

Arbeiten unter Spannung; 345-kV-Leitung, Verschiebestrome Tabelle III

Abschirmung	Hand-Stellung	µA
Volle Korb-Abschirmung; Rückwand; Abschirmung nach oben	nach unten	85
	Arbeitsstellung	130
	ausgebreitet	-
Volle Korb-Abschirmung; keine Rückwand; keine Abschirmung nach oben	nach unten	550
	Arbeitsstellung	660
	ausgebreitet	840
Teilabschirmung nach unten, vorn und hinten; keine Abschirmung seitlich und nach oben	nach unten	190
	Arbeitsstellung	225
	ausgebreitet	345

Reaktionszeit

Veränderungen der Reaktionszeit
Stimulationseffekt

Temperaturregulationsstörungen

Nur im magnetischen Feld wurden beobachtet:

Fettstoffwechsel

Erhöhung der Triglyceride
Verminderung des Cholesterins

Lichterscheinungen (magnetic phosphenes)

Bei all diesen Gesundheitsstörungen handelte es sich um vorübergehende funktionelle Störungen. Organische Veränderungen und bleibende Schäden wurden nicht beobachtet.

Die angeführten Allgemeinsymptome können viele Ursachen haben. So sind zu berücksichtigen Konstitution, allgemeiner Gesundheitszustand, Lebensalter, soziales Milieu, Umwelteinflüsse, Wetterfühligkeit, Betriebsklima, allgemeine Streßsituationen, Arbeitsbedingungen und arbeitsphysiologische Vorgänge. Um mit ausreichender statistischer Wahrscheinlichkeit eine Aussage machen zu können, sollten mindestens 10 Personen zur Auswertung kommen und diese einer gleichartigen Kontrollgruppe unter gleichen Versuchsbedingungen gegenübergestellt werden.

Bei den aufgeführten Beschwerden handelt es sich um subjektive Angaben, die in keinem Falle auf objektivierbare Feldeinflüsse zurückgeführt werden können, die sich aber zwanglos in die oben angeführten Aspekte eingliedern lassen. Sie wären auch als Folge von Feldeinflüssen denkbar, aber in keiner Arbeit ist die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges nachgewiesen.

Die Beeinträchtigungen des Nervensystems sind funktioneller und allgemeiner Natur. Es fehlen grösstenteils vergleichbare Kontrolluntersuchungen. Die beschriebenen EEG-Veränderungen sind rein rechnerisch ermittelt. Es gibt dafür keine Symptomatologie, so dass ihnen nur theoretische Bedeutung zukommt. Ihr Zustandekommen ist nicht geklärt. Die Herabsetzung der Reizbarkeit und funktionellen Beweglichkeit des Nervenmuskelapparates der Hand ist arbeitsphysiologisch erklärbar. Es sind Ermüdungserscheinungen, die sich nicht einem Feldeinfluss zuordnen lassen.

Die beschriebenen Herz-Kreislauf-Störungen sind ebenfalls funktionell. Es fehlen differentialdiagnostische Erwägungen für ihre Zuordnung, denn sie können viele innere und äussere Ursachen haben. Die angegebenen EKG-Veränderungen beziehen sich in erster Linie auf die Herzfrequenz. Auch hier fehlen Kontrolluntersuchungen. Soweit solche gemacht wurden, ergaben sich keine signifikanten Veränderungen gegenüber der Kontrollgruppe, beispielsweise fiel im Verlauf der Versuchszeit die Pulsfrequenz in beiden Gruppen in gleicher Weise ab. Ein Zusammenhang mit einer Feldeinwirkung ist nicht objektivierbar.

Bei statistisch gesicherten Veränderungen des Blutes handelt es sich um leichte, unspezifische Reizeffekte durch das elektrische Feld, wie sie auch durch andere Reize ausgelöst werden können. Sie liegen im physiologischen Reaktionsbereich.

Das Verhalten der Reaktionszeit bedarf einer sehr kritischen Beurteilung. Zu viele unberechenbare Momente spielen hier

eine Rolle. Ein leichter Stimulationseffekt ist nicht auszuschliessen.

Eine Temperaturerhöhung wurde festgestellt bei zwei Versuchsgruppen, von welchen eine mehr, die andere weniger im Verlauf einer Arbeitsschicht feldexponiert war. Bei beiden Gruppen betrug die Erhöhung 0,3 °C. Diese Erhöhung ist rein arbeitsphysiologisch zu erklären. Eine Kontrollgruppe wurde nicht getestet. Eine Beeinflussung durch das elektromagnetische Feld ist nicht wahrscheinlich.

Bei Versuchen im definierten magnetischen Wechselfeld wurden einmal eine Erhöhung der Triglyceride und einmal eine Herabsetzung des Cholesterins festgestellt. Eine Überprüfung der Versuchsanordnung zeigte, dass Arbeitsleistungen stattfanden und der Verlauf der jeweiligen Blutspiegel als Ausdruck des Fettstoffwechsels arbeits- und sportmedizinisch zu erklären ist.

Für das Auftreten von Lichterscheinungen (magnetic phosphenes) bei extrem hohen Magnetfeldern fehlt eine Erklärung für den Wirkungsmechanismus. Sie werden zum Beispiel auch bei direkter Stromeinwirkung beobachtet.

In letzter Zeit wird in der Literatur immer wieder vom Auftreten von Stressreaktionen durch die Einwirkung elektrischer Felder geschrieben. Dabei wird oft theoretisch der Ablauf einer Stressreaktion geschildert und werden die elektrischen Felder als Stressoren bezeichnet. Wir konnten eindeutig nachweisen, dass elektrische Felder in dem von uns getesteten Bereich bis 20 kV/m Bodenfeldstärke gar keinen Stress auslösen und somit alle theoretischen Überlegungen hierfür hinfällig sind. Lediglich bei häufigen schmerzhaften Entladungen sind Stressreaktionen denkbar. Es liegen dazu noch keine Untersuchungsbefunde am Menschen vor.

Es gibt auch keine gesicherten Hinweise für Elektrolytverschiebungen oder Stoffwechselstörungen durch die Einwirkung elektrischer Felder auf den Menschen. Unsere gezielten, eingehenden Untersuchungen verliefen negativ.

4. Zusammenfassung

Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse kann somit zusammengefasst werden:

1. Im ELF-Bereich führen elektrische Felder bis 20 kV/m und magnetische Felder bis 0,3 mT, auch wenn sie kombiniert einwirken, nicht zu einer Gefährdung der Gesundheit.
2. Stressreaktionen werden durch elektromagnetische Felder primär nicht ausgelöst.
3. Für eine Wirkung elektromagnetischer Felder auf lebende Organismen ist ein Wirkungsmechanismus nicht bekannt.
4. Es gibt keine spezifische Symptomatik für die Folgen elektromagnetischer Feldeinwirkung auf den Menschen.
5. Die im CIGRE-Bericht 23-06/1972 empfohlene Beschränkung der Aufenthaltszeit in elektrischen Feldern ist in der vorliegenden Form bei strenger Würdigung aller Untersuchungsergebnisse nicht gerechtfertigt. Es fehlen ausreichende Grundlagen, um so generelle Arbeitsschutzmassnahmen begründen zu können.

Adresse des Autors

Prof. Dr. med. R. Hauf, Reutebachgasse 11, D-7800 Freiburg i. Br.