

ISSN 0172-7613

# **Forschungsbericht 62**

BUNDESANSTALT FÜR  
MATERIALPRÜFUNG (BAM)

BERLIN

## **Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle**

von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch\*)  
und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker

\*) Von dem an erster Stelle genannten Verfasser wurden die den Gebieten der Datenverarbeitung und der Geophysik zuzurechnenden Aspekte der Problemstellung bearbeitet.

---

Dezember 1979

25 Seiten, 15 Abbildungen

Herausgegeben von der  
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)  
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45  
Telefon 030/8104-1  
Telex 01-83 261 bamb d

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Ergebnisse</b>	<b>2</b>
2.1 Fraßaktivitätsschwankungen — Übereinstimmung der Fraßaktivität bei Parallelgruppen	2
2.2 Geomagnetobiologischer Charakter der Fraßaktivität	3
2.3 Fraßaktivität und Zahl der Sterbefälle	9
<b>3. Diskussion</b>	<b>13</b>
3.1 Andere Ergebnisse	13
3.2 Schlußfolgerungen	15
<b>4. Ergänzungen</b>	<b>16</b>
4.1 Allgemeinere Digitalfilter	17
4.2 Geomagnetische Aktivität — tellurische Aktivität — Fraßaktivität	17
<b>Schrifttum</b>	<b>21</b>

## Zusammenfassung

Anhand graphischer Darstellungen zu experimentellen und rechnerischen Zeitreihensegmenten wird ein geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termitengruppen und der täglichen Zahl der Sterbefälle für Berlin (West) diskutiert, wobei sowohl die geophysikalischen Grundlagen als auch mögliche biologische und medizinische Anwendungen Berücksichtigung finden.

## Abstract

A geomagnetobiologically established correlation between the feeding activity of termite groups and the daily human deathrate in Berlin (West) is discussed by comparison of graphical representations to experimental and computational time series segments, considering the geophysical fundamentals as well as possible biological and medical applications.



## 1. Einleitung

Die Fraßaktivität von Termiten (Isoptera) unter konstanten und einheitlichen Bedingungen der Temperatur, Feuchtigkeit, des Substrates, der Nahrung und Dunkelheit weist bei 24stündlicher Messung Schwankungen auf, die von einem zum anderen Tag erheblich sein können. Maxima und Minima dieser Schwankungen treten sowohl bei Termitengruppen derselben Art, die zu verschiedenen Zeiten angesetzt werden, als auch bei Gruppen verschiedener Arten gleichzeitig auf; es handelt sich also nicht um endogene, sondern um exogen beeinflusste Rhythmen (G. BECKER, 1973). Auch der tägliche Sauerstoff-Verbrauch von Termitengruppen unter konstanten Bedingungen weist Schwankungen auf.

Was die als Beeinflussung in Frage kommenden Umweltfaktoren anbetrifft, so konnte zunächst gezeigt werden (G. BECKER und W. GERISCH, 1973), daß längere Zeitreihensegmente zu 24stündlichen Bestimmungen der Fraßaktivität im wesentlichen dieselben Perioden aufweisen, die in entsprechenden Zeitreihensegmenten zu geomagnetischen Aktivitätsmaßen enthalten sind, wobei aufgrund der bekannten solar-terrestrischen Beziehungen auch die mit der Sonnenumdrehungsperiode zusammenhängenden Perioden unter Einbeziehung der 27-Tage-Periode, je nach Lage des Beobachtungszeitraumes im Sonnenfleckenzyklus, mehr oder weniger ausgeprägt vorkommen. Der auf diese Weise gefundene Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität ließ sich im Rahmen neuerer Untersuchungen (G. BECKER und W. GERISCH, 1977; G. BECKER, im Druck) gegenüber anderen Einflüssen abgrenzen sowie durch weiterführende experimentelle und theoretische Ergebnisse bestätigen. In experimenteller Hinsicht handelte es sich dabei auch um Resultate aus Abschirmversuchen und Versuchen unter dem Einfluß zusätzlicher künstlicher Magnetfelder. Eine Magnetfeld-Abhängigkeit wurde auch bei einer anderen Termiten-Aktivität, dem Galeriebau, festgestellt (G. BECKER, 1971, 1976 b, 1979a, b).

Die theoretischen Untersuchungen konzentrierten sich zunächst auf erste Ansätze zur Identifizierung und computermäßigen Beschreibung des gefundenen geomagnetobiologischen Systems auf deterministische Weise mit Hilfe einfacher Digitalfilter. Dabei wurde in Anbetracht der Versuchsergebnisse und aufgrund verfügbaren Beobachtungsmaterials geomagnetischer Observatorien von einer mit einem input und einem output versehenen Idealisierung dieses Systems derart ausgegangen, daß zunächst bezüglich des inputs Zeitreihensegmente zu einem auf den Störungsgängen der Horizontalkomponenten des geomagnetischen Feldes basierenden geomagnetischen Aktivitätsmaß und bezüglich des outputs zeitlich entsprechende, standardisierte Zeitreihensegmente für die Fraßaktivität mit dem Ziel der Dimensionierung eines die zuletzt erwähnten Zeitreihensegmente möglichst gut approximierenden Digitalfilters als bekannt angesehen wurden. Aus diesen Gegebenheiten und durchgeführten computermäßigen Experimenten resultierte ein besonders einfaches Digitalfilter, mit dessen Hilfe nunmehr unter den für lineare Systeme üblichen Voraussetzungen an Hand beliebig vorgegebener geomagnetischer Zeitreihensegmente eine geomagnetobiologisch begründete, erste approximative Bestimmung zeitlich entsprechender, standardisierter Zeitreihensegmente für die Fraßaktivität, sowie, unter Hinzuziehung der für diese Aktivität maßgeblichen, näherungsweise bekannten zeitlichen Parameter, Mittelwert und Standardabweichung, auch eine Abschätzung von einzelnen Fraßaktivitätswerten ermöglicht wird. Durchgeführte Vergleiche zwischen experimentellen und nach diesem Verfahren approximierten Zeitreihensegmenten zeigten zunächst, daß die Approximationsqualität innerhalb des Sonnenfleckenzyklus noch erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Insbesondere konnte festgestellt werden, daß in diesem Stadium der experimentellen und theoretischen Gegebenheiten eine ausreichende Qualität über einen längeren Zeitraum nur dann erzielt werden kann, wenn daselbst der Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes auch im Vergleich zu den Störungsgängen der Horizontalkomponenten dieses Feldes, hinreichend ausgeprägt ist und keine extremen Werte aufweist. Unter dieser Voraussetzung kann, von ebenfalls geomagnetisch zu begründenden Ausnahmen und von Maßstabsfragen abgesehen, davon ausgegangen werden, daß sich die Fraßaktivität von Termiten entsprechend den Rückwärtsdifferenzen der dem 24stündigen Beobachtungsintervall zeitlich angepaßten Summen für die Werte der dreistündlichen (lokalen) Kennziffer  $K_1$  der geomagnetischen Aktivität ändert.

Zur weiteren Stützung des erhaltenen Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität wurde in der Annahme, daß mit dieser Feststellung eine auch für andere Gebiete der Biologie wesentliche Abhängigkeit gefunden war, bereits im Rahmen der Untersuchungen von G. BECKER und W. GERISCH (1977) nach anderen, über 24stündliche Beobachtungen zugänglichen Zusammenhängen geomagnetobiologischer Natur gesucht. Aufgrund des bereits seit langer Zeit bekannten Befundes einer 27-Tage-Periode beim Menschen erschien es sinnvoll, Zeitreihensegmente zu der zeitlich angepaßten, auf 24 Stunden bezogenen Zahl der Sterbefälle für Berlin (West) mit dem für den ursprünglich betrachteten Zusammenhang erarbeiteten Hilfsmitteln (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) näher zu untersuchen. Hierbei ergaben sich in der Tat inverse Zusammenhänge sowohl zur Fraßaktivität von Termiten als auch unmittelbar zur geomagnetischen Aktivität, wobei in durchaus plausibler Weise lokale Maxima (Minima) in Grafiken für die Zahl der Sterbefälle lokale Minima (Maxima) in den zum Vergleich benutzten Grafiken experimenteller und auf geomagnetischer Basis approximierter Zeitreihensegmente für die Fraßaktivität entsprechen.

Unter statistischen Gesichtspunkten bleibt mit anderen Worten zusammenfassend festzustellen, daß sich die beiden Phänomene, die im Brennpunkt des vorliegenden Beitrages stehen, zumindest im Prinzip, durch Zeitreihen beschreiben lassen, die sich additiv aus einem zeitlich konstanten Mittelwert, einer weiteren deterministischen, durch Superposition periodischer Schwankungen (z.B. 27-Tage-Periode und damit zusammenhängende Perioden, aber auch nicht näher bekannte Perioden) gekennzeichneten geomagnetobiologischen Komponente und einer sonstigen, teils stochastischen Komponente beschreiben lassen. Der vergleichenden und erklärenden Herausstellung dieser zweiten Komponente unter weitgehender Vernachlässigung der dritten Komponente wird dieser Beitrag in erster Linie gewidmet sein.

Zu dem — wie beschrieben — erhaltenen Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle, über dessen weitere Untersuchung und Fundierung an Hand neueren Ergebnismaterials im vorliegenden Beitrag ausführlich berichtet werden soll, aber auch in Anbetracht des ursprünglich gefundenen Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität sowie der erwähnten Magnetfeld-Abhängigkeit des Galeriebaues erhebt sich die Frage nach denkbaren praktischen Nutzungsmöglichkeiten des Verhaltens von Termitengruppen unter dem Einfluß elektromagnetischer Felder. Hier bietet sich zunächst der eigentlich schon im Rahmen der durchgeführten Versuche teilweise vorgenommene, unmittelbare Einsatz von Termitengruppen bei einer nunmehr realisierbar erscheinenden, kleinräumigen Sondierung der räumlichen und zeitlichen Variationen des geomagnetischen Feldes an. In Anbetracht der mit elektromagnetischen Feldern natürlichen oder künstlichen Ursprungs auch noch an der Grenze des unter klassischen Verhältnissen physikalisch Meßbaren verbundenen, über die bisher erwähnten Abhängigkeiten weit hinausgehenden biologisch-medizinischen Wirkungen ist auch an Nutzungsmöglichkeiten von Termitengruppen als magnetobiologische Indikatoren zu denken. Hier dürfte, auch aufgrund der von G. BECKER (1976b, d) beschriebenen Reaktionen von Termiten auf ein spezielles technisches Magnetfeld, besonders eine Anwendung bei der magnetobiologischen Untersuchung und Beurteilung der mit der Erzeugung, Übertragung und Verwendung elektrischer Energie oder mit Baumaßnahmen (Stahlbeton) verbundenen, bisher weitgehend unkontrolliert vorgenommenen Eingriffe in die geomagnetischen/geoelektrischen Umweltverhältnisse in Frage kommen, wobei darauf hinzuweisen ist, daß sich das sicherheitswissenschaftliche Interesse in Verbindung mit derartigen Wirkungen elektromagnetischer Felder gegenwärtig noch überwiegend auf relativ starke Felder bei den technisch wesentlichen Frequenzen konzentriert. Solche Felder, die sowohl in Verbindung mit klassischen elektrischen Anlagen,

aber auch bei Magnetschwebbahnen, Fusionsreaktoren und ähnlichen Systemen vorkommen, unterscheiden sich im Hinblick auf die angenehme Zumutbarkeit von dem für den vorliegenden Beitrag zugrunde gelegten Anteil des geomagnetischen Feldes feldstärkemäßig um mehr als fünf Zehnerpotenzen. Literaturübersichten zu dem angedeuteten Problembereich wurden in neuerer Zeit mit den Beiträgen von E.E. KETCHEN, W.E. PORTER und N.E. BOLTON (1978), von D.D. MAHLUM (1977) sowie von A.A. MARINO und R.O. BECKER (1977a) gegeben. Erwähnt seien noch die Symposien „Electromagnetic Compatibility (EMC)“, die auch das Sachgebiet „EMC and life“ einbeziehen. Im Zusammenhang mit einem dieser Symposien wurde von H.W. LUDWIG (1977) eine weitere Übersicht über die biologische Verträglichkeit elektromagnetischer Felder gegeben. Über thermische und nichtthermische Wirkungen elektromagnetischer Felder in biologischen Systemen berichtete J. BERNHARDT (1979). Schließlich wird auf die Beiträge von H. PFÜTZNER (1977), von A.A. MARINO und R.O. BECKER (1977b), von K. MÖLLER (1978), sowie von G.E. KAUFMAN und S.M. MICHAELSON (1974) verwiesen.

Als magnetobiologische Indikatoren anzuwendende Termitengruppen lassen sich möglicherweise in umweltbezogene biotechnische Kontrollsysteme einfügen — nach der Art der Einbeziehung von Nilhechten (Mormyridae) in Kontrollsysteme zur Gewährleistung der Trinkwasserqualität —, wobei insbesondere noch eine von elektromagnetischen Einrichtungen freie Automatisierung der Fraßaktivitätsbestimmung, auch für kürzere Zeiträume, zu entwickeln wäre. Kontrollsysteme dieser Art könnten, wie die folgenden Ausführungen noch im einzelnen verständlich machen sollen, beispielsweise zur Unterstützung bereits auf allgemeiner biometeorologischer Basis eingerichteter Systeme für die Warnung oder prophylaktische Versorgung besonders gefährdeter Gruppen von Patienten dienen. Hierbei ist im Hinblick auf die darzustellenden Ergebnisse davon auszugehen, daß in Verbindung mit derartigen Systemen in absehbarer Zeit auch Methoden zur Prognostizierung der geomagnetischen Aktivität (ERGENISBERICHT 1978; E.C. ROELOF, B.L. GÖTOWLS und D.G. MITCHELL, 1978). Anwendung finden werden. In Anbetracht der technologischen Fortschritte auf dem Gebiet der Umweltsimulation und der durch Kompensationsverfahren sowie neue Werkstoffe zur Abschirmung magnetischer Felder eröffneten Perspektiven bietet sich darüber hinaus im Rahmen einer beginnenden Nutzung magnetobiologischer Erkenntnisse in der Medizin eine Anwendung solcher Kontrollsysteme bei einer naheliegenden elektromagnetischen Klimatisierung von Räumen für die Unterbringung und ganzheitsmedizinische Behandlung derartiger Gruppen von Patienten an, wobei die in therapeutischer Absicht in „zero-field“-Bereichen zu simulierenden elektromagnetischen Verhältnisse nach noch erforderlicher weiterer Erforschung entsprechend zu überwachen wären. Auch im Hinblick auf eine technische Realisierung solcher Einrichtungen könnten die für die Planungs- und Entwicklungsphase zusätzlich notwendigen, detaillierten Erkenntnisse aus Versuchen an Termitengruppen gewonnen werden, die, abgeschirmt gegen das geomagnetische Feld, unter steuerbaren künstlichen elektromagnetischen Feldern bei den eingangs erwähnten Bedingungen labormäßig zu halten wären. Auf die Existenz eines kleinen „zero-field“-Laboratoriums, bei dem auch die Störungsgänge der geomagnetischen Feldkomponenten durch Kompensation ausgeschaltet wurden (Restintensität  $10^{-6}$  Gauß (Oerstedt)) wies schon J.M. BARNOTHY (1964) hin. Im übrigen sind in diesem therapeutischen Rahmen aber auch Modifizierungen technischer Prinzipien und Ansätze aus der Magnetokardiographie (G.M. BAULE und R. McFEE, 1970) von Interesse. — Womöglich geben derartige Bemühungen noch zusätzlich zu einer Entwicklung wissenschaftlicher Geräte für die Durchführung anderer experimenteller Studien auf dem weit verzweigten Gebiet der Magnetobiologie oder auf Grenzgebieten zwischen Physik und Chemie (Eigenschaften des Wassers; Piccardi-Effekt) Anlaß.

Die vorzustellenden Ergebnisse könnten schließlich von Nutzen für die Schädlingsbekämpfung sein. Auf elektromagnetischer Basis arbeitende Schädlingsbekämpfungseinrichtungen werden zur gleichzeitigen Schädigung oder Vertreibung von Wirbeltieren und Insekten eingesetzt. Die Bedeutung der geomagnetischen Bedingungen müßte auch in diesem Zusammenhang untersucht werden.

Für zeitweilige Hilfe bei den Termitenversuchen wird Frau S. Pantos und Herrn U. Kny gedankt. Die numerischen und graphischen Auswertungen zu diesem Beitrag wurden auf den EDV-Anlagen des Referats „Rechentechnik und Datenverarbeitung“ der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), insbesondere auf dem Rechner TR 86 (AEG-Telefunken)

und dem elektronisch gesteuerten Zeichentisch Z 64a „Graphomat“ (ZUSE), vorgenommen. Für die Durchführung dieser Arbeiten danken die Verfasser Frau M. Thomany und Frau B. Wilke. Herrn G. Metz, Statistisches Landesamt Berlin, wird für das freundliche Zurverfügungstellen von statistischem Material über Sterbefälle in Berlin (West), besonders auch aus früheren Jahren, gedankt. Die Verfasser danken weiterhin Frau N. Čiževskaja, Moskau, für die freundliche Überlassung eines Exemplares des noch zu erwähnenden, grundlegenden Werkes von A. L. Čiževskij (1897 bis 1964). Besonderen Dank schulden die Verfasser schließlich Herrn Dr. K. Lengning, Adolf-Schmidt-Observatorium für Erdmagnetismus in Niemeck (DDR), für das Interesse an den geomagnetobiologischen Studien über Termiten und die Überlassung umfangreichen geomagnetischen Datenmaterials.

## 2. Ergebnisse

Die darzustellenden Ergebnisse beruhen in erster Linie auf Bestimmungen der Fraßaktivität an Termitengruppen von je rd. 750 oder mehr Tieren der Rhinotermitidae-Art *Heterotermita indicola* (Wasmann) aus Indien. Die einzelnen Gruppen wurden in kleinen, mit feuchter Vermiculit-Schicht versehenen Polystyrol-Gefäßen unter den bereits eingangs erwähnten Bedingungen gehalten und mit ernährungsmäßig gleichwertigen Holzproben der jeweils gleichen Holzart ernährt, die zur Darrgewichts- und Fraßaktivitätsbestimmung 24stündlich ausgewechselt wurden. Die Polystyrol-Gefäße hatten eine rechteckige Grundfläche von 5,5 cm x 3,5 cm, die Dicke der Vermiculit-Schicht in diesen Gefäßen lag bei etwa 3,5 cm. Weitere Einzelheiten sind bei G. BECKER (1973), G. BECKER und W. GERISCH (1973, 1977) angegeben.

Das notwendige geomagnetische Datenmaterial konnte den von der Akademie der Wissenschaften der DDR — Zentralinstitut für Physik der Erde — herausgegebenen Jahrbüchern und Monatsberichten des Adolf-Schmidt-Observatoriums für Erdmagnetismus in Niemeck (Potsdam) entnommen werden. Es handelte sich insbesondere um Daten zu der bereits erwähnten, auf den Störungsgängen der Horizontalkomponenten des geomagnetischen Feldes basierenden, dreistündlichen (lokalen) Kennziffer  $K_1$ , die Werte von 0 bis 9 annehmen kann. Man wird auf diese Werte von der maximalen Schwankung — Dimension: gamma;  $1 \text{ gamma} = 10^{-3}$  Gauß (Oersted) — der jeweils zugrunde liegenden, bereinigten Registrierung über einen quasilogarithmischen Maßstab geführt, der auszugsweise wie folgt wiedergegeben werden kann: 0 bis 5 gamma: 0; 20 bis 40 gamma: 3; 70 bis 120 gamma: 5; mehr als 500 gamma: 9. — Darüber hinaus wurden Daten über die ausschließlich vom Adolf-Schmidt-Observatorium bestimmte dreistündliche (lokale) Kennziffer  $K_2$  verwendet, welche vektoriellen Charakter besitzt und zu einer verbesserten Erfassung der Morphologie von Registrierungen dienen soll. Von den jeweils vier Ziffern zu  $K_2$  besitzt, wie bereits früher (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) gezeigt worden ist, allerdings nur die für den Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes maßgebliche Ziffer in geomagnetobiologischer Hinsicht besonderes Gewicht. Diese Ziffer nimmt Werte von 0 bis 3 an, wobei im Unterschied zu  $K_1$  der folgende Maßstab verwendet wird: 0 bis 10 gamma: 0; 10 bis 30 gamma: 1; 30 bis 100 gamma: 2; mehr als 100 gamma: 3. Vereinzelt wurde auch das aus  $K_1$  abgeleitete Maß  $A_K$  benutzt.

Die verwendeten Daten über Sterbefälle in Berlin (West) entstammen der vom Statistischen Landesamt Berlin herausgegebenen Statistik ST 4 „In Berlin West Gestorbene nach Kalendertagen und einigen Todesursachen“. Ergänzend wurde Archivmaterial über Sterbedaten aus dem Klinikum Westend der Freien Universität Berlin eingesehen.

Die darzustellenden Ergebnisse beziehen sich auf die Jahre 1967 bis 1978. Im Hinblick auf den Sonnenfleckenzyklus ist dieser Zeitraum durch starke Sonnenaktivitäten zu Beginn und am Ende sowie durch das Zwischenmaximum von 1974 und durch die Aktivitätsminima in den Jahren 1971/72 und 1975/76 zu kennzeichnen. Das nächste Maximum wird für 1980 erwartet.

Die graphische Wiedergabe von Ergebnissen wurde auf Zeiträume von maximal 50 Tagen bzw. auf Ausschnitte dieses Umfanges aus größeren Zeiträumen beschränkt.

### 2.1 Fraßaktivitätsschwankungen — Übereinstimmung der Fraßaktivität bei Parallelgruppen

In Abb. 1 werden für einen Zeitraum von 50 Tagen standardisierte Zeitreihensegmente der Fraßaktivität von zwei Termitengruppen

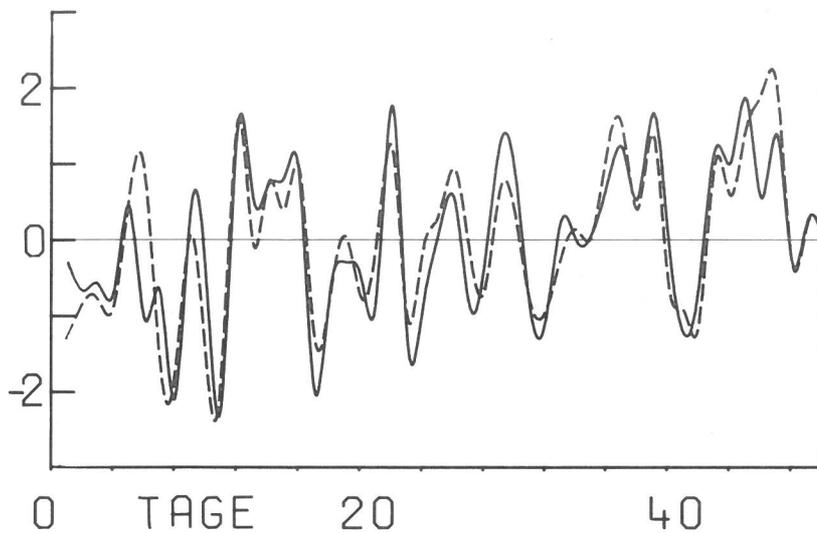


Abb. 1  
Standardisierte Zeitreihensegmente der Fraßaktivität zweier Parallelgruppen von *Heterotermes indicola*. 1. Tag: 5./6.9.1977, Beginn: 9<sup>00</sup> MEZ. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (Dimension mg): 29,5, 11,2 (— — —); 28,2, 10,6 (—)

pen zur Vermittlung eines Eindruckes von Natur und Ausmaß der Fraßaktivitätsschwankungen und zum Nachweis der Übereinstimmung der gleichzeitig an verschiedenen Termitengruppen festgestellten Fraßaktivität graphisch dargestellt. Die Behälter mit den beiden Termitengruppen hatten in diesem Fall einen Abstand von etwa 20 cm zueinander.

Die erhaltenen Kurven bestätigen die bereits (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) mit Datenmaterial aus dem Jahre 1974 und praktisch über den gesamten Versuchsklimaraum verteilten Termitengruppen mit jeweils fünf oder sechs Parallelen gezeigten Verhältnisse. Wiederum fällt eine für biologische Versuche außergewöhnliche Übereinstimmung der an den beiden Termitengruppen ermittelten Fraßaktivität auf. Diese Übereinstimmung, die — allerdings weniger genau — auch bei verschiedenen Termiten-Arten festgestellt wurde (G. BECKER, 1973), deutet auch schon an sich darauf hin, daß die Fraßaktivität von Termiten externen, offenbar physikalischen Einflüssen von beträchtlicher Bedeutung unterliegt. Es bleibt zu bemerken, daß der in Abb. 1 wiedergegebene Ausschnitt aus reichhaltigem Ergebnismaterial als ein Beispiel ausgewählt worden ist und daß ähnliche Verhältnisse nunmehr über mehrere Jahre hinweg fortlaufend zu beobachten waren. Die gezeigten Fraßaktivitätsschwankungen lassen sich im übrigen, wie ebenfalls von G. BECKER und W. GERISCH (1977) ausführlich nachgewiesen worden ist, durch metallische Abschirmungen aus Eisen, Kupfer, Aluminium oder Blei, von Ausnahmen abgesehen, nur unwesentlich beeinflussen. Ein Einfluß, besonders auf Grenz- und Ausnahmesituationen, geht dagegen eher von der Position der Termitengruppen untereinander und von der jeweiligen Anordnung im Versuchsklimaraum aus.

## 2.2 Geomagnetobiologischer Charakter der Fraßaktivität

Abb. 2 bis Abb. 6 sollen zum erneuten Nachweis des geomagnetobiologischen Charakters der Fraßaktivität von Termiten dienen. In den oberen Teilen dieser jeweils für einen Zeitraum von 50 Tagen angelegten Abbildungen werden standardisierte Zeitreihensegmente für die experimentell bestimmte Fraßaktivität (gestrichelte Kurve) und entsprechende, auf geomagnetischer Basis approximierte Zeitreihensegmente für diese Aktivität (ausgezogene Kurve) bezüglich jeweils einer Termitengruppe zum Vergleich gegenübergestellt. Die unteren Teile der Abbildungen enthalten Säulendiagramme zur Veranschaulichung der Größe des jeweiligen Störungsganges der Vertikal-komponente des geomagnetischen Feldes. Abb. 7 und Abb. 8 mit entsprechend dargestellten, jedoch auf Zeiträume von jeweils 24 Tagen bezogenen Ergebnissen sollen der Abrundung des gewonnenen Eindruckes dienen. Das Datenmaterial für diese Abbildungen wurde sowohl im Hinblick auf eine besonders gute Approximationsqualität als auch zur Veranschaulichung

geomagnetobiologisch bedeutsamer Abweichungen zwischen gemessenen und rechnerischen Werten aus umfangreicherem, ebenfalls bereits numerisch und graphisch erschlossenem Ergebnismaterial unterschiedlicher Beschaffenheit ausgewählt, wobei der Eindruck gewonnen wurde, daß in der Umgebung eines Sonnenfleckenminimums im Hinblick auf Übereinstimmung günstigere Verhältnisse anzutreffen sind. Offenbar bestehen hier Parallelen zu entsprechenden Ergebnissen über das Verhalten der 27tägigen geomagnetischen Wiederholneigung im Verlaufe des Sonnenfleckenzyklus.

Im einzelnen ist noch zu bemerken, daß das verwendete, auf den Werten der Kennziffer  $K_1$  basierende Digitalfilter zur Approximation der Fraßaktivität im Hinblick auf den  $i$ -ten, aus organisatorischen Gründen ab 09 Uhr MEZ gerechneten Versuchstag, wie bereits eingangs angedeutet, die Form  $(\sum K_1)_i - (\sum K_1)_{i-1}$  hatte. Die Summen erstrecken sich dabei über die Werte von  $K_1$ , wobei der Strich andeuten soll, daß es sich, statt der üblicherweise auf den Greenwich-Tag bezogenen Summen, um dem Versuchstag angepaßte Summen, beginnend mit dem Wert für das Dreistundenintervall „09—12“, handeln soll. Von dem verbleibenden Unterschied zwischen MEZ und Greenwich-Zeit herrührende Einflüsse wurden vernachlässigt. Eine entsprechend angepaßte, über die Werte der maßgeblichen Ziffer von  $K_2$  erstreckte Summe diente schließlich als Maß für die Größe des Störungsganges der Vertikal-komponente des geomagnetischen Feldes im Rahmen der Säulendiagramme.

Abb. 2 und Abb. 3 enthalten für jeweils 50 Tage Ergebnisse aus dem Jahre 1973. Von im einzelnen zu diskutierenden Ausnahmen abgesehen, ist die Übereinstimmung der Kurven in Abb. 2 sowohl in qualitativer, d. h. im Hinblick auf die zeitliche Lage der lokalen Extrema, als auch in quantitativer Hinsicht gut. Die Kurven in Abb. 3 dagegen machen beim ersten Betrachten nicht den Eindruck guter Übereinstimmung, was auch durch die beiden besonders augenfällig abweichenden, noch zu diskutierenden Extrema der Fraßaktivität entsprechenden gestrichelten Kurve in der rechten Hälfte dieser Abbildung mitbestimmt wird. Gegenüber Abb. 3 erscheinen in Abb. 2 die in dem zugehörigen Säulendiagramm wiedergegebenen, zeitweise nahezu kontinuierlich auftretenden, relativ hohen Vertikalstörungen bemerkenswert, deren Vorkommen in Zeiten eines Sonnenfleckenminimums ungewöhnlich ist.

In Abb. 2 fällt zunächst die Abweichung zwischen der experimentellen, gestrichelten und der geomagnetisch/rechnerisch erhaltenen, ausgezogenen Kurve in der Umgebung des 5. Tages auf. Die ausgezogene Kurve besitzt in der mehrtägigen Umgebung dieses Tages, des 24./25.2.1973, einen fallenden Trend. Einen solchen Trend zeigen auch die zugehörigen Säulen im unteren Teil dieser Abbildung. Zur weiteren geomagnetischen Charakterisierung der Umgebung des erwähnten Tages sei noch bemerkt, daß  $\sum K_1$  unter täglicher Einbeziehung von  $K_1$ -Werten der Stufe 6, vom 20./21. 2. bis zum 24./25. monoton zugenommen hat. Wie die gestrichelte Kurve in Abb. 2 anzeigt,

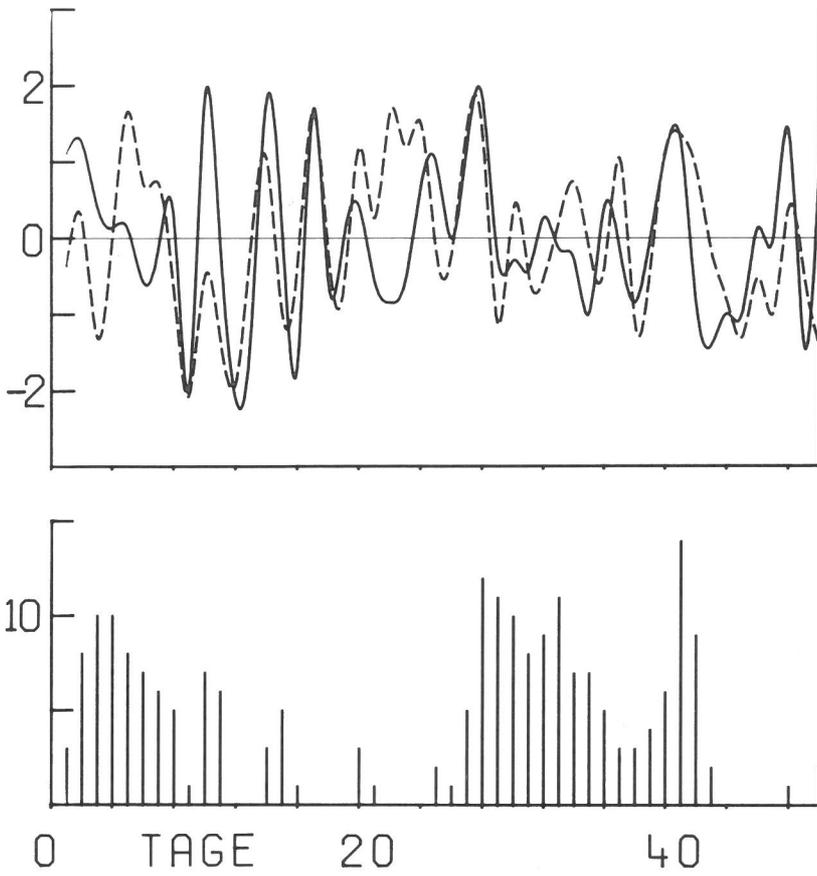


Abb. 2  
 Oben: auf experimenteller (---) und auf geomagnetisch/rechnerischer Basis (—) erhaltene standardisierte Zeitreihensegmente über die Fraßaktivität von *Heterotermes indicola*. 1. Tag: 20./21. 2. 1973. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/dimensionslos): 25,3, 6,4 (---); 0,06, 7,1 (—). Unten: Modifizierte Tagessummen zu der für den Störungsgang der Vertikalkomponente maßgeblichen Ziffer aus  $K_2$

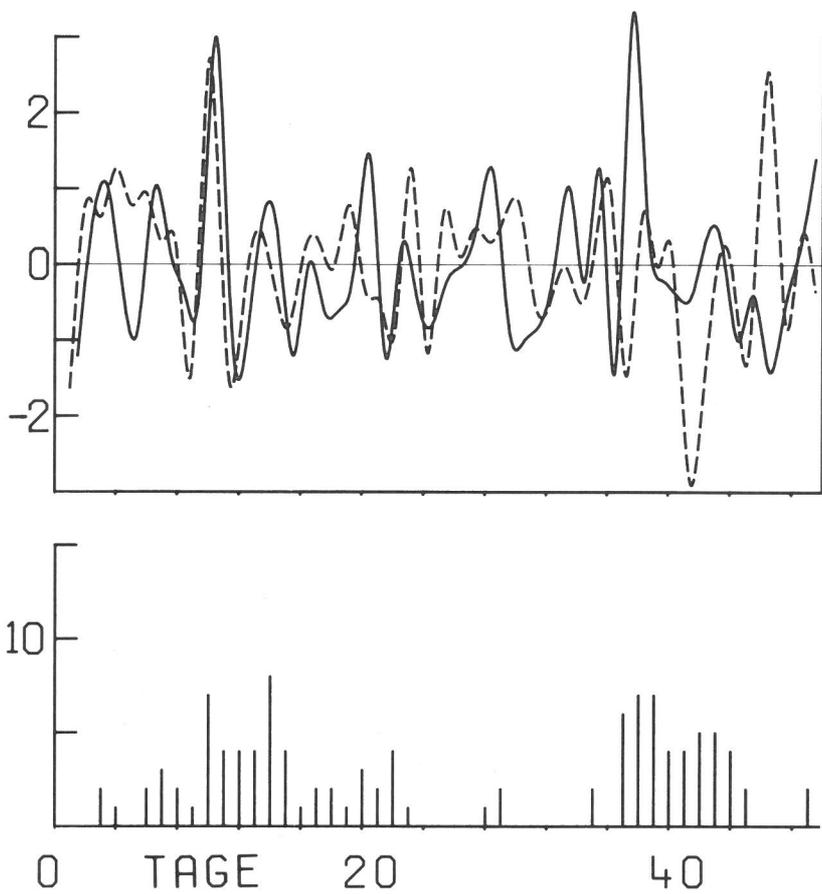


Abb. 3  
 Darstellungen entsprechend Abb. 2. 1. Tag: 17./18. 7. 1973. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/dimensionslos): 17,1, 6,2 (---); 0,02, 5,0 (—)

wurde die Fraßaktivität in der Umgebung dieses Tages zu besonders hohen Werten angeregt. Ein entsprechendes Verhalten zeigten auch die um diese Zeit besonders zahlreich gehaltenen Parallelgruppen, wobei von einer dieser Gruppen sogar der Wert 4 der standardisierten Fraßaktivität überschritten wurde. Da ähnliche geomagnetische Verhältnisse bei der Diskussion weiterer Abbildungen, teilweise noch ausgeprägter und auch im Zusammenhang mit den Sterbezahlen, auffallende Befunde ergeben, wird angenommen, daß es sich hier einerseits um eine reproduzierbare Abweichung von dem zugrunde gelegten Modell des linearen Systems, andererseits aber um eine geomagnetobiologisch bedeutsame Gesetzmäßigkeit im Hinblick auf die Anregung der Lebenstätigkeit biologischer Systeme handelt. Es ist denkbar, daß die mehr oder weniger ausgeprägten Abweichungen zwischen den Kurven aus Abb. 2 in der Umgebung des 22. und des 42. Tages sowie die Maxima der gestrichelten Kurve am 30. und zwischen dem 33. und 34. Tag unter dem Einfluß ähnlicher geomagnetischer Situationen zustande gekommen sind. Die durch eine größere Fraßaktivität gekennzeichneten Abweichungen in der Umgebung des 22. Tages, d. h. des 13./14. 3. 1973, können auch mit den durch das zugehörige Säulendiagramm wiedergegebenen Bedingungen für den Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes in Beziehung gebracht werden. Im übrigen traten bezüglich der einzelnen Feldkomponenten am 14. und am 15. 3. nur sehr geringe, meist sogar durch 0 zu charakterisierende Störungen auf.

Bei Abb. 3 sei zunächst auf Realisierungen der 27tägigen Wiederholneigung in Form lokaler Extrema der ausgezogenen Kurve, auffallend besonders für die beiden herausragenden lokalen Maxima, hingewiesen. Beachtenswert sind in dieser Abbildung noch die bereits erwähnten lokalen Extrema der gestrichelten Fraßaktivitätskurve gegen Ende des Zeitausschnittes. Man sieht zunächst, daß die ausgezogene Kurve in beiden Fällen, d. h. in der Umgebung des 40. und des 44. Tages, einen mehrtägigen fallenden Trend besitzt, wobei allerdings die

entsprechenden Säulen für den Störungsgang der Vertikalkomponente einem solchen Trend nur in grober Näherung folgen.

Für den 40. Tag, d. h. für den 25./26. 8. 1973, ist dieser Trend nur mit einem andeutungsweise vorhandenen lokalen Maximum in Beziehung zu bringen. Es existieren allerdings Parallelgruppen, für die das betreffende Maximum, teils auf Kosten des folgenden, hier besonders markanten Minimums, stark ausgeprägt ist. Es muß demnach angenommen werden, daß die geomagnetische Situation in der Umgebung des 40. Tages mehrdeutige geomagnetobiologische Reaktionen begünstigte. Parallelfälle, bei denen im Zusammenhang mit einem fallenden Trend, wie am 42. Tag, zu einem derart ausgeprägten lokalen Fraßaktivitätsminimum Anlaß gegeben wurde, sind bisher nicht beobachtet worden. Zu bemerken ist noch, daß  $\Sigma'k_1$  ab dem 38. Tag für vier Tage besonders schwach monoton abnehmend gewesen ist. Das Maximum der gestrichelten Kurve für den 46. Tag kann auch bei Berücksichtigung des Verhaltens von Parallelgruppen als regulär angesehen werden. Es fällt allerdings, wie der betreffende Bereich des zugehörigen Säulendiagramms zeigt, in einen Zeitraum mit verschwindender Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes.

Bei Abb. 4 handelt es sich um einen Zeitraum von 50 Tagen aus dem Jahre 1974. Er gehört zu einer längeren Versuchszeit von 87 Tagen, für die bereits ausführliches Material veröffentlicht und diskutiert worden ist (G. BECKER und W. GERISCH, 1977). Hier sollen lediglich nochmals die Verhältnisse in der Zeit vom 16. bis zum 21. Tag, d. h. vom 20./21. 8. bis zum 25./26. 8., mit weit überdurchschnittlicher Fraßaktivität betrachtet werden. Dieser Zeitraum ist wiederum durch einen besonders ausgeprägten, über nahezu eine Woche andauernden fallenden Trend der ausgezogenen Kurve gekennzeichnet, so daß zur Erklärung der hohen Fraßaktivität die bereits zuvor abgeleitete Gesetzmäßigkeit herangezogen werden kann. Geomagnetisch ist diese Zeit, vom 18. Tag, d. h. vom 22./23. 8. abgesehen, durch monoton abnehmende Werte von  $\Sigma'K_1$  zu kennzeichnen. Am 18. Tag wurde

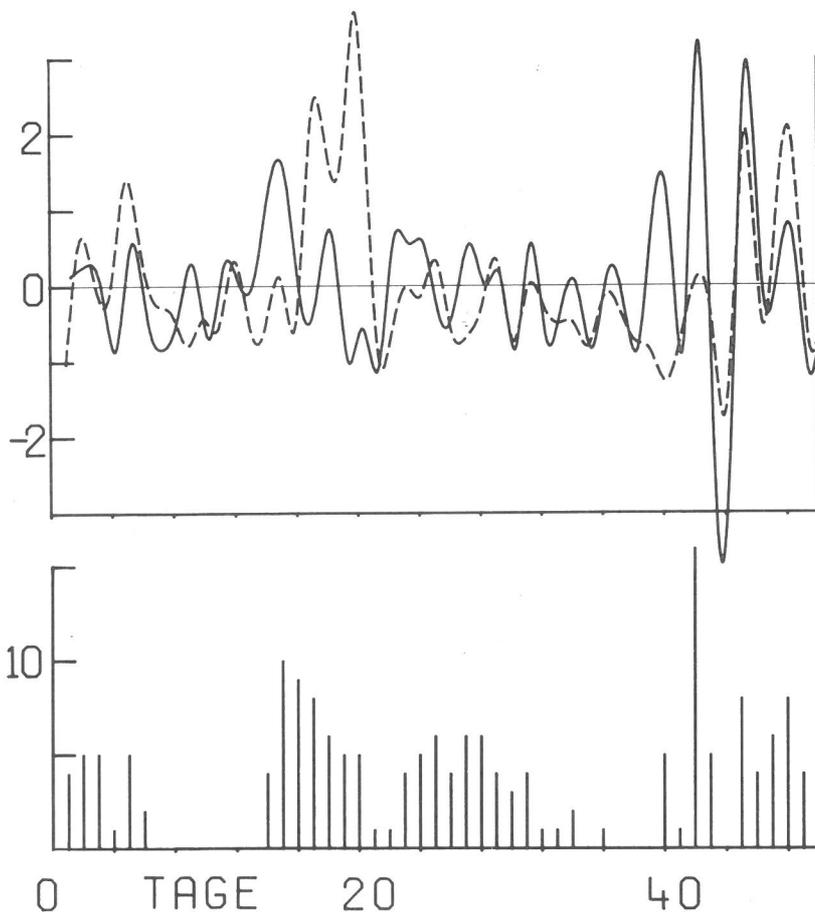


Abb. 4  
Darstellungen entsprechend Abb. 2. 1. Tag:  
5./6. 8. 1974. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/dimensionslos): 26,4, 16,9  
(---); 0,02, 7,2 (—)

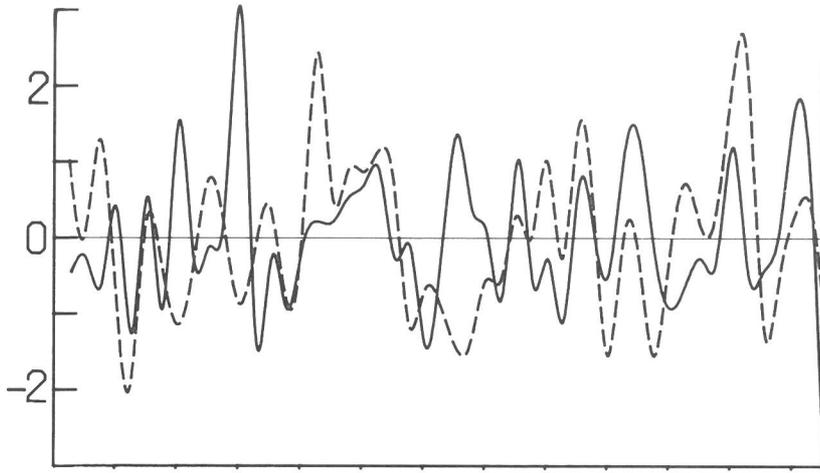


Abb. 5  
Darstellungen entsprechend Abb. 2. 1. Tag:  
18./19. 6. 1975. Zeitliche Mittelwerte und Standard-  
abweichungen (mg/dimensionslos): 19,9 7,0  
(---); -0,34, 6,1 (—)

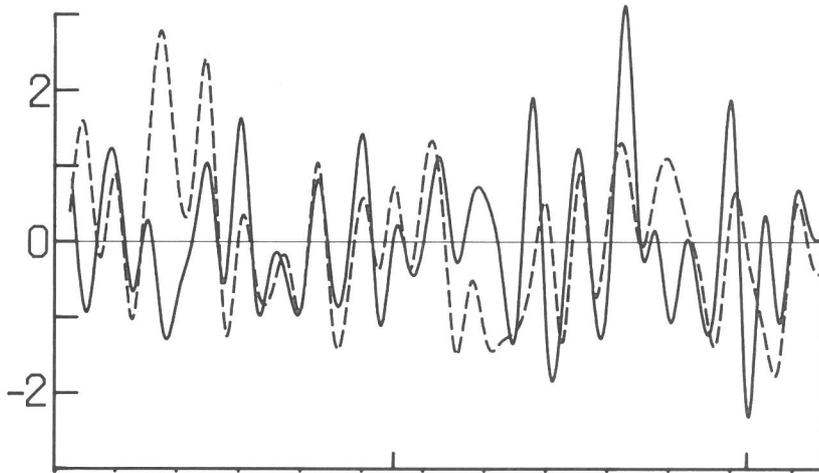
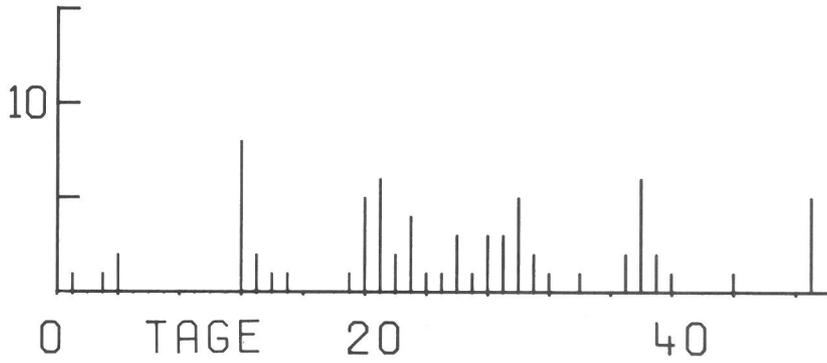
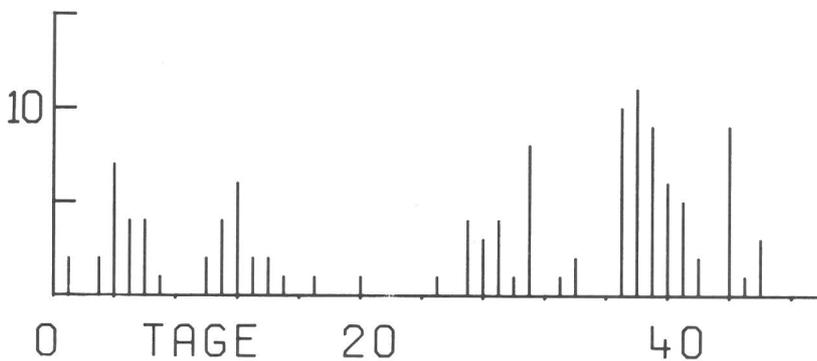


Abb. 6  
Darstellungen entsprechend Abb. 2. 1. Tag:  
14./15. 8. 1977. Zeitliche Mittelwerte und Standard-  
abweichungen (mg/dimensionslos): 26,4, 6,3  
(---); -0,1, 7,4 (—)



diese Tendenz durch eine geringfügige Zunahme unterbrochen. Außerdem wurden, wie aus der betreffenden Ziffer von  $K_2$  hervorgeht, in zwei Dreistundenintervallen ziemlich starke Bay-Störungen (Wellenstrahlung) beobachtet. Es ist nicht auszuschließen, daß das für den 18. Tag nach Abb. 4 vorliegende, lokale Minimum der Fraßaktivität über diese Gegebenheiten erklärt werden kann. Bemerkenswert sei noch, daß der in dieser Zeit auftretende Trend auch schon bei der Arbeit von G. BECKER

und W. GERISCH (1977) erkannt worden ist. In dem seinerzeit zur Veröffentlichung bearbeiteten Ergebnismaterial fehlten jedoch nunmehr verfügbare Parallelfälle, so daß der Schluß auf eine grundlegende Gesetzmäßigkeit noch nicht gezogen werden konnte. Ursprünglich waren auch neue Holzproben und eine Nachfeuchtung der Vermiculit-Schichten in den Polystyrol-Gefäßen zur Erklärung der hohen Fraßaktivität in Erwägung gezogen worden. Daß jedoch auch diese geomagnetobiologisch

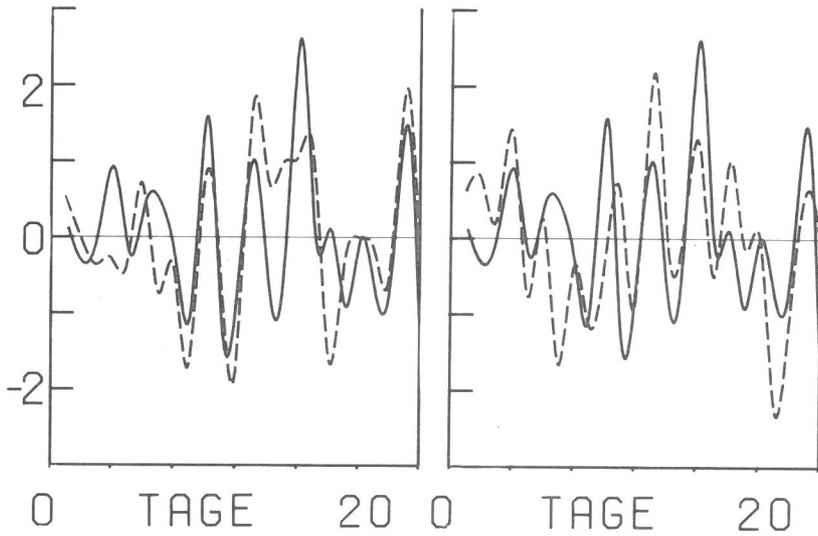


Abb. 7  
Darstellungen entsprechend Abb. 2. Links: Gegenüber Abb. 6 geänderte Versuchsstelle; rechts: Eisenabschirmung. 1. Tag: 4./5. 9. 1977. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/dimensionslos): links: 25,1, 11,1 (---); rechts: 26,0 7,9 (---); 0,04, 8,8 (—)

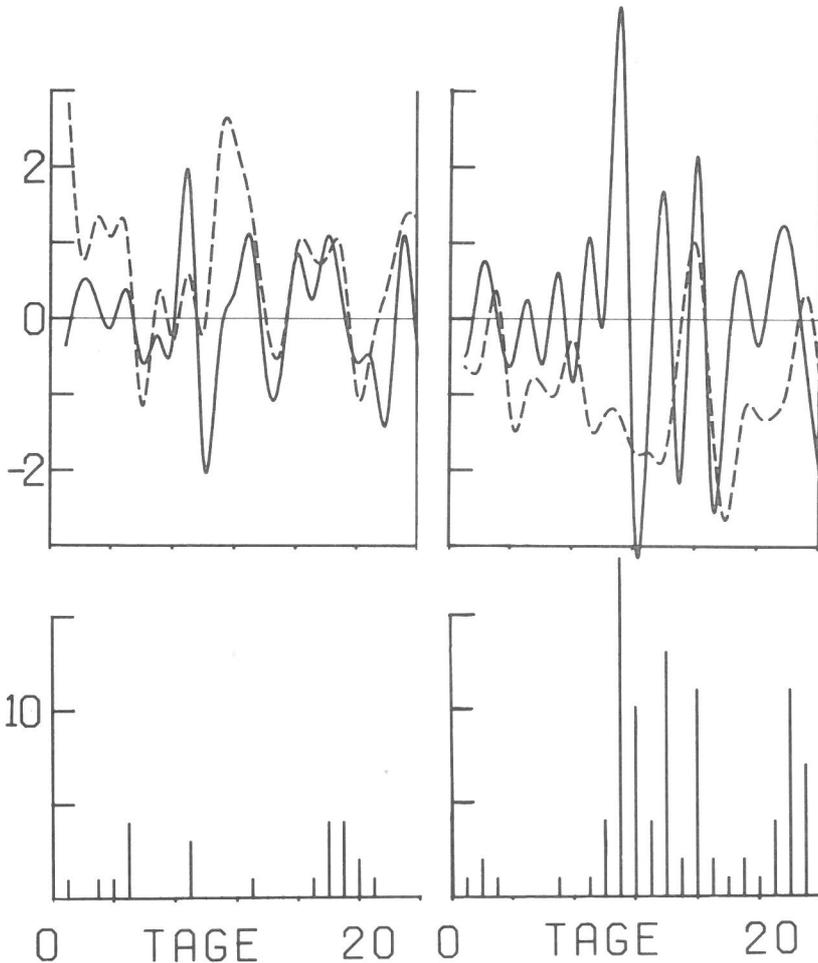


Abb. 8  
Darstellungen entsprechend Abb. 2. 1. Tag: 1./2. 3. 1967 (links); 15./16. 5. 1967 (rechts). Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/dimensionslos): 23,3, 8,1 (---); -0,61, 8,4 (—)

bedingt war, folgte aus einer in *Abb. 15* auszugsweise wiederholten Gegenüberstellung von Sterbezahlen und der Tatsache, daß unter den zahlreichen, teils unter Abschirmungen gehaltenen Parallelgruppen nur diejenigen Termitengruppen in der betreffenden Zeit eine nur durchschnittliche Fraßaktivität aufwiesen, die in einer Helmholtz-Spule unter einem zusätzlichen, künstlichen Magnetfeld oder in der unmittelbaren Nähe zu dieser Spule gehalten worden waren.

Abb. 5 enthält in Ergänzung entsprechender früherer Ausführungen (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) und einer diesbezüglichen Bemerkung in der Einleitung erneut zwei Beispiele für eine mit plötzlich auftretenden, stärkeren Störungen der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes besonders eng verknüpfte Aktivitätsreaktion der Termiten, welche nach G. BECKER und W. GERISCH (1977) ebenfalls von allgemeiner geomagnetobiologischer Bedeutung ist. Es handelt sich um das Verhalten für den 12. und für den 38. Tag. Am 12. Tag fällt in dem Säulendiagramm eine plötzliche, ziemlich starke Störung der Vertikalkomponente auf. Die als Beispiel für *Abb. 5* gewählte Termitengruppe, sowie auch alle um diese Zeit gehaltenen Parallelgruppen, reagierte, wie die gestrichelte Kurve zeigt, entgegen den der ausgezogenen Kurve entsprechenden Erwartungen mit einem lokalen Fraßaktivitätsminimum. Für den 38. Tag wurden weniger starke, auch nicht plötzlich auftretende Vertikalstörungen beobachtet. Die gestrichelte Kurve verhält sich hier der ausgezogenen Kurve entsprechend. Die Betrachtung der Verhältnisse für die Parallelgruppen zeigt jedoch, daß etwa die Hälfte der Gruppen regulär, die andere Hälfte aber irregulär, d. h. wie hier für den 12. Tag beschrieben, reagierte.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß das ausgeprägte lokale Fraßaktivitätsmaximum für den 17. Tag, welches übrigens nach 27 Tagen wiederkehrte, auch bei den Parallelgruppen auftrat. Im Hinblick auf die Identifizierung einer Gesetzmäßigkeit konnten jedoch bisher keine weiteren, ähnlich gelagerten Fälle gefunden werden. Das lokale Fraßaktivitätsminimum vom 27. Tag, d. h. vom 14./15. 7. 1975, und der Kurvenverlauf in der Umgebung dieses Minimums hängen möglicherweise mit der besonderen Gleichmäßigkeit der durch  $K_1$  ausgewiesenen Störungen in der Zeit vom 13./14. bis zum 15./16. 7. 1975 zusammen. Eine Erklärung zu den ebenfalls reproduzierbaren Abweichungen für den 8. Tag kann nicht gegeben werden.

Von drei Ausnahmen abgesehen, ist *Abb. 6* wiederum durch eine gute qualitative und auch quantitative Übereinstimmung zwischen der experimentellen und der geomagnetisch/rechnerischen Kurve gekennzeichnet. Die Abweichung in der Umgebung des 40. Tages wird im Zusammenhang mit der Besprechung von *Abb. 7* noch ausführlich zu diskutieren sein. Das „Überspringen“ des lokalen Minimums der ausgezogenen Kurve durch die gestrichelte Kurve für den 46. Tag war auch an verschiedenen Parallelgruppen zu beobachten. Andere Parallelgruppen verhielten sich an diesem Tag in Übereinstimmung mit der ausgezogenen Kurve. Eine Gesetzmäßigkeit ist jedoch nicht erkennbar gewesen. Die dritte Ausnahme betrifft das Maximum der Fraßaktivität für den 7. Tag, d. h. für den 21./22. 8. 1977. Man sieht, daß die ausgezogene Kurve in einer mehrtägigen Umgebung dieses Tages wiederum durch einen fallenden Trend gekennzeichnet ist, so daß auch hier von einer Realisierung der wiederholt besprochenen Gesetzmäßigkeit ausgegangen werden kann. Das betrachtete Maximum war auch bei Parallelgruppen ausgeprägt.  $\Sigma K_1$  verhielt sich vom 18./19. 8. bis zum 21./22. 8. monoton abnehmend.

In *Abb. 7* werden Parallelresultate für einen in der rechten Hälfte von *Abb. 6* gekennzeichneten Zeitraumausschnitt von 24 Tagen graphisch dargestellt. Die betreffenden Kurven sollen im Vergleich mit den entsprechenden Kurvenausschnitten aus *Abb. 6* zur Verdeutlichung einer Bemerkung über Anordnungs- und Abschirmungseinflüsse dienen, die im Zusammenhang mit der generellen Übereinstimmung der Fraßaktivität bei Parallelgruppen gemacht wurde. Die für *Abb. 6* und die linke Seite von *Abb. 7* maßgeblichen Termitengruppen befanden sich an

Versuchsstellen an gegenüberliegenden Seiten (NO und SW) des Klimaraumes. Die zuletzt genannte Termitengruppe stand dabei unter der an der Decke dieses Raumes angebrachten, elektrisch betriebenen Klimaanlage. Die Termitengruppe für die rechte Seite von *Abb. 7* wurde in einem dickwandigen Eisengefaß gehalten, welches auf der anderen Raumseite (wie bei *Abb. 6*) stand.

Für einen Vergleich der Ergebnisse in den *Abb. 6* und *7* ist zunächst darauf hinzuweisen, daß zwischen den Kurvenausschnitten gemäß *Abb. 6* und den Kurven in *Abb. 7* geringfügige auswertungsbedingte Unterschiede erkennbar sind, die mit den Mittelwerten und Standardabweichungen für jeweils verschiedenen lange Zeitausschnitte zusammenhängen. Sonst ist, von einer sogleich zu besprechenden Ausnahme abgesehen, wiederum eine recht gute qualitative und meist auch quantitative Übereinstimmung festzustellen, die besonders auch für die im Eisengefaß untergebrachte Termitengruppe besteht. Bei der Ausnahme handelt es sich um Abweichungen in der Umgebung des 39. Tages (*Abb. 6*) bzw. des 18. Tages (*Abb. 7*), d. h. des 21./22. 9. 1977. An diesem Tag wies  $K_1$  Werte bis zu 7 auf. In der Umgebung dieses Tages besitzen sowohl die ausgezogenen Kurven als auch die für den Störungsgang der Vertikalkomponente im unteren Teil von *Abb. 6* wiedergegebenen Säulen, bei im übrigen ab 19./20. 9. nahezu konstantem und ab 22./23. 9. abnehmendem  $\Sigma K_1$  einen ausgeprägt fallenden Trend, so daß aufgrund dieses Sachverhaltes wiederum von einer Zunahme der Fraßaktivität in den auf den 21./22. 9. folgenden Tagen ausgegangen werden kann. Die Termitengruppe gemäß *Abb. 6* entsprach dieser Regel, besonders auch mit dem schon erwähnten lokalen Maximum für den 40. Tag. Wie aus den Kurven auf der rechten Seite von *Abb. 7* ersichtlich ist, verhielt sich auch die im Eisengefaß untergebrachte Termitengruppe, wenigstens andeutungsweise, entsprechend. Ausgesprochen regelwidrig reagierte dagegen die für die linke Seite von *Abb. 7* maßgebliche Termitengruppe. Da die beschriebenen Verhältnisse auch an jeweils mindestens drei zusätzlich gehaltenen Parallelgruppen zu beobachten waren, werden die unterschiedlichen Reaktionen nicht dem Zufall, sondern Standorteinflüssen zugeschrieben, die in Anbetracht der offenbar in der Umgebung des 21./22. 9. in geomagnetobiologischer Hinsicht realisierten Grenzsituation den Ausschlag gegeben haben dürften.

*Abb. 8* enthält mit Rücksicht auf geomagnetische Besonderheiten zur Ergänzung des bisher Vorgetragenen im oberen Teil noch Kurven zu zwei auf jeweils 24 Tage beschränkten Ausschnitten aus einem 96tägigen Auswertungszeitraum. Die Kurven besitzen dieselbe Bedeutung wie in den bereits besprochenen Abbildungen. Insbesondere bezieht sich die gestrichelte Fraßaktivitätskurve auch hier auf eine einzige Termitengruppe. Der untere Teil von *Abb. 8* enthält wiederum die den Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes charakterisierenden Säulen.

Bei der Betrachtung von *Abb. 8* fallen sogleich die den üblichen Rahmen überschreitenden Schwankungen der ausgezogenen, geomagnetisch/rechnerischen Kurve für den auf der rechten Seite wiedergegebenen Zeitausschnitt auf. Diese Schwankungen stehen mit den außerordentlich starken geomagnetischen Störungen vom 11. Tag, d. h. vom 25./26. 5. 1967 in unmittelbarer Beziehung. An diesem Tag wurde  $K_1$  zu zwei Dreistundenintervallen auf 9 bestimmt. Es handelte sich um die einzigen Beobachtungen dieser Höhe im gesamten Jahr 1967. Der Einfluß dieser extremen geomagnetischen Störung auf die besprochene Termitengruppe und weitere vier Parallelgruppen führte entsprechend der gestrichelten Kurve zu einer einschneidenden Verminderung der Fraßaktivität, die erst nach mehreren Tagen mit einer Rückkehr zu den üblichen Rhythmen beendet wurde. Da die Fraßaktivität der Termitengruppen 1967, besonders an Wochenenden, noch nicht ausnahmslos unter Bezug auf den einzelnen Tag bestimmt wurde und dieser Sachverhalt auch für den 25./26. 5. 1967 zutrifft, wird von einer detaillierteren Besprechung der auf der rechten Seite von *Abb. 8* dargestellten Ergebnisse abgesehen.

Bezüglich des in Abb. 8 links oben angeordneten Ausschnittes erscheint die besonders hohe Fraßaktivität in der Umgebung des 11. Tages, d. h. des 11./12. 3. 1967, bemerkenswert. Diese Fraßaktivität stellte sich im Anschluß an den durch mäßige Störungen aller Komponenten zu charakterisierenden 9./10. 3. während eines kaum gestörten Zeitraumes vom 10./11. 3. bis zum 12./13. 3. ein. Es bestehen in dieser Hinsicht gewisse Parallelen zu den für die Umgebung des 22. Tages aus Abb. 2 beschriebenen Verhältnissen. Aus dem schon erwähnten Grund soll jedoch von Folgerungen abgesehen werden.

### 2.3 Fraßaktivität und Zahl der Sterbefälle

Die nunmehr darzustellenden Ergebnisse stützen sich sowohl auf die Gesamtzahl der Sterbefälle je Tag als auch auf die anteilige Zahl der Sterbefälle je Tag, die in unmittelbarer Beziehung zu Kreislaufkrankungen standen, wobei zu berücksichtigen ist, daß unter dieser Rubrik auch die Sterbefälle infolge „Sonstiger Krankheiten“ statistisch erfaßt wurden. Zur Herstellung synchroner Zusammenhänge und zur Anpassung der lediglich für den Kalendertag verfügbaren Daten an den jeweils ab 09 Uhr MEZ gerechneten Versuchstag wurden diese Daten mit Hilfe eines zusätzlichen Rechenprogramms entsprechend interpoliert. Die aus den Resultaten dieser Interpolation gebildeten standardisierten Zeitreihensegmente werden in folgenden Abbildungen als eine jeweils ausgezogene Kurve entsprechenden, wie bisher mit einer gestrichelten Kurve dargestellten, standardisierten Zeitreihensegmenten für die Termiten-Fraßaktivität vergleichend gegenübergestellt.

Bei den im einzelnen durchzuführenden Vergleichen ist zu berücksichtigen, daß auf den Menschen, im Unterschied zu den Verhältnissen bei den unter konstanten, klimatisierten Bedingungen gehaltenen Termiten, auch meteorologische und sonstige Faktoren Einflüsse ausüben. Solche Einflüsse sind, wie später im Zusammenhang mit Literaturhinweisen noch darzulegen sein wird, auch anhand der Zahl der Sterbefälle nachweisbar. Die durchzuführenden Vergleiche mit neuem und differenziertem Zahlenmaterial können unter diesen Bedingungen wiederum nur eine Vorstellung von der Größenordnung des neben den anderen Einflüssen nachzuweisenden, geomagnetobiologisch bedingten Einflusses auf die Zahl der Sterbefälle vermitteln, wobei im Zusammenhang mit der Besprechung einzelner Abbildungen neben den ohnehin in die Betrachtungen einzubeziehenden geomagnetischen Daten auch meteorologische Situationen berücksichtigt werden sollen. Bei diesen Vergleichen wird sich allerdings erneut zeigen, daß die geomagnetobiologische Komponente in den zu besprechenden Zeitreihensegmenten eine dominierende Bedeutung besitzt. Was die Auswahl der in den folgenden Abbildungen für

entsprechende Vergleiche darzustellenden Ergebnisse anbeht, so wurde im Hinblick auf die zu berücksichtigenden Zeiträume nach ähnlichen Kriterien wie bei der Auswahl der in Abb. 2 bis Abb. 8 für Termiten wiedergegebenen Ergebnisse verfahren.

Abb. 9 soll nun an Hand der Verhältnisse unter relativ günstigen Bedingungen während eines auch geomagnetisch interessanten Zeitraumauschnittes von 50 Tagen aus dem Jahre 1977 einen Eindruck von dem bereits in der Einleitung erwähnten inversen Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle vermitteln. Kennzeichnend werden hier, wie auch in den folgenden Abbildungen, wiederum die Gegenläufigkeit der Kurven und das Entsprechen lokaler Extrema unterschiedlicher Art sein. Diese Gegenläufigkeit deutet, wie auch schon zuvor (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) bemerkt, erneut darauf hin, daß offenbar mit einer relativ niedrigen Fraßaktivität der Termiten eine relativ hohe Sterbefallzahl und mit einer relativ hohen Fraßaktivität der Termiten eine relativ niedrige Sterbefallzahl verbunden ist.

Die Abbildung wurde im Hinblick auf den Kurvenverlauf in drei annähernd gleiche Teile unterteilt. Außerdem wurde von drei nebeneinander angeordneten Termitengruppen jeweils dasjenige standardisierte Zeitreihensegment für die Fraßaktivität zum Vergleich herangezogen, welches hierzu besonders geeignet erschien. Bei einer näheren Betrachtung fallen zunächst die ausgeprägten Schwankungen der beiden gegenläufigen Kurven im linken Drittel dieser Abbildung auf. Eine Vorstellung von der Bedeutung dieses Verlaufes der den Sterbezahlen entsprechenden ausgezogenen Kurve möge der an Hand von Angaben in der Bildlegende leicht auch auf andere charakteristische, lokale Extrema zu übertragende Hinweis vermitteln, daß gegenüber einem auf 119 Tage bezogenen zeitlichen Mittelwert von 92 Sterbefällen je Tag am 10. Tag 22 Sterbefälle unter diesem Durchschnitt und am 12. Tag 22 Sterbefälle über diesem Durchschnitt zu verzeichnen waren. In der Umgebung des 14. bzw. 15. Tages, d. h. des 21./22. 5. bzw. des 22./23. 5., ändert sich der Kurvenverlauf grundlegend, um am Ende des mittleren Drittels der Abbildung wieder zu stärkeren, auch für das rechte Drittel charakteristischen Schwankungen überzugehen. Betrachtet man parallel zu diesen Verhältnissen die Werte der infrage kommenden geomagnetischen Aktivitätsmaße, so fällt besonders auch an Hand des Maßes  $A_K$  sofort auf, daß mit den erwähnten Tagen ein durch wesentlich schwächere und auch gleichmäßigere Aktivitäten gekennzeichnetes, bis zum 36. Tag, d. h. bis zum 12./13. 6., ausgedehnter Zeitraum begann, der dann wieder in einen stärker gestörten Zeitraum bis zum 46. Tag, d. h. bis zum 22./23. 6., überging. Bis zum 50. Tag waren dann abgeschwächte und hinsichtlich der Tagessummen von  $K_1$

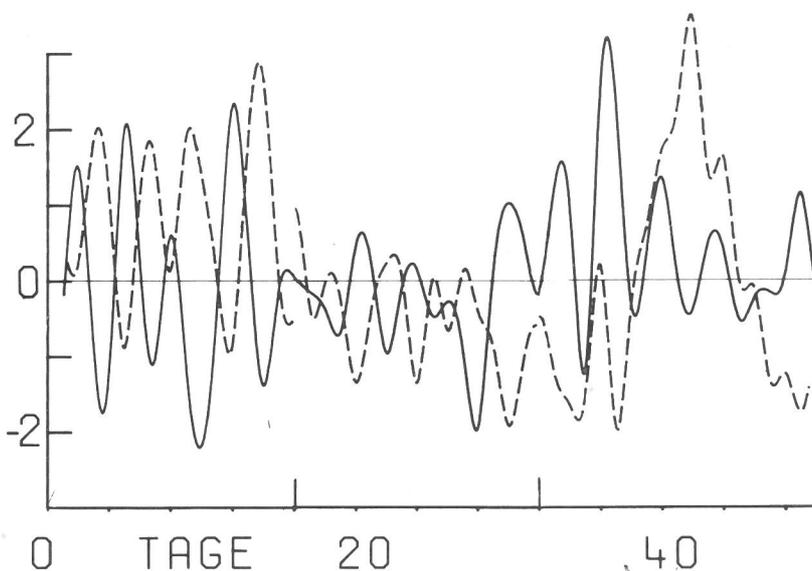


Abb. 9  
Standardisierte Zeitreihensegmente über die Fraßaktivität von *Heterotermes indicola* (---) und die Zahl der Sterbefälle je Tag in Berlin (West) (—). 1. Tag: 8./9. 5. 1977; Gesamtzeitraum 119 Tage. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/Fälle je Tag): Dreiteilung: 32,7, 9,9 (---); 31,1, 9,8 (---); 29,8, 8,7 (---); 91,7, 9,7 (—)

besonders gleichmäßige Aktivitäten zu verzeichnen. Bemerkenswert erscheint noch, daß ab dem 27. Tag, d. h. dem 3./4. 6., bis zum 34. Tag, d. h. dem 10./11. 6., kaum Änderungen in den Tagessummen von  $K_1$  zu verzeichnen waren. Dieser Zeitraum ist, wie der Zeitraum nach dem 46. Tag, durch einen wiederum auffällenden Kurvenverlauf gekennzeichnet, der auf ein Entsprechen beider Phänomene hindeutet, obwohl in beiden Fällen mit Abweichungen von dem für die Fraßaktivität eingeführten Modell gerechnet werden kann. Es bleibt festzustellen, daß das lokale Maximum der der Fraßaktivität entsprechenden Kurve für den 42. Tag, d. h. den 18./19. 6., auch bei anderen Parallelgruppen besonders stark ausgeprägt war. Dieser Sachverhalt, der den sonst durch ein erstaunliches Entsprechen gekennzeichneten Gesamteindruck beeinträchtigt, könnte mit der diesem Maximum vorhergehenden, über nahezu einen Monat erstreckten unterdurchschnittlichen Fraßaktivität der Termiten begründet werden.

Mit Abb. 10 und Abb. 11 werden Abb. 9 Ergebnisse über die Fraßaktivität und die Zahl der Sterbefälle zu einem geomagnetisch relativ interessanten und zu einem geomagnetisch weniger interessanten Zeitraumauschnitt von 50 Tagen gegenübergestellt. Im Hinblick auf eine vergleichende Bewertung des Verlaufes der Kurven sind beide Ausschnitte als durchschnittlich anzusehen, wobei zu berücksichtigen ist, daß sich die gestrichelte Kurve von Abb. 11, im Unterschied zu den Darstellungen in Abb. 2 bis Abb. 10, auf den Mittelwert der

Fraßaktivität von 4 Termitengruppen bezieht. Beide Zeiträume liegen schon vergleichsweise nahe an dem für 1980 zu erwartenden Aktivitätsmaximum und sind offenbar auch deswegen durch einen insgesamt relativ unruhigen und mithin durch Interpolationsfehler zusätzlich beeinträchtigten Kurvenverlauf gekennzeichnet, der allerdings, von einigen Ausnahmen abgesehen, den besprochenen Zusammenhang trotzdem deutlich wiedergibt.

Der Zeitraum zu Abb. 10 ist durch stärkere Störungen gekennzeichnet, die für zwei Dreistundenintervalle sogar mit dem Wert 7 von  $K_1$  beschrieben wurden. Kontinuierliche Störungen mit  $\Sigma'K_1$  zwischen 20 und 30 traten vom 17./18. 6., d. h. vom 34. Tag, bis zum 29./30. 6., d. h. bis zum 46. Tag auf. Dieser Zeitraum hebt sich auch in Abb. 10 bezüglich des Kurvenverlaufes von der Umgebung ab. Die Werte  $K_1 = 7$  traten am 2./3. 6., d. h. am 19. Tag, und am 29./30. 6., d. h. am 46. Tag, auf. Man sieht, daß für diese Tage Abb. 10, trotz parallel verzeichneter stärkerer Störungen der Vertikalkomponente, erwartungsgemäß keine Besonderheiten aufweist. Bemerkenswert ist noch der ansteigende Trend der der Fraßaktivität entsprechenden Kurve zwischen dem 8. und dem 14. Tag. Dieser Trend ist einerseits mit einem fallenden Trend der der Zahl der Sterbefälle entsprechenden Kurve ab dem 9. Tag verbunden. Andererseits weisen auch die Werte von  $\Sigma'K_1$  ab dem 23./24. 5., d. h. ab dem 9. Tag, bis zum 27./28. 5., d. h. bis zum 13. Tag, einen fallenden Trend auf, so daß davon ausgegangen werden kann, daß hier wiederum geomag-

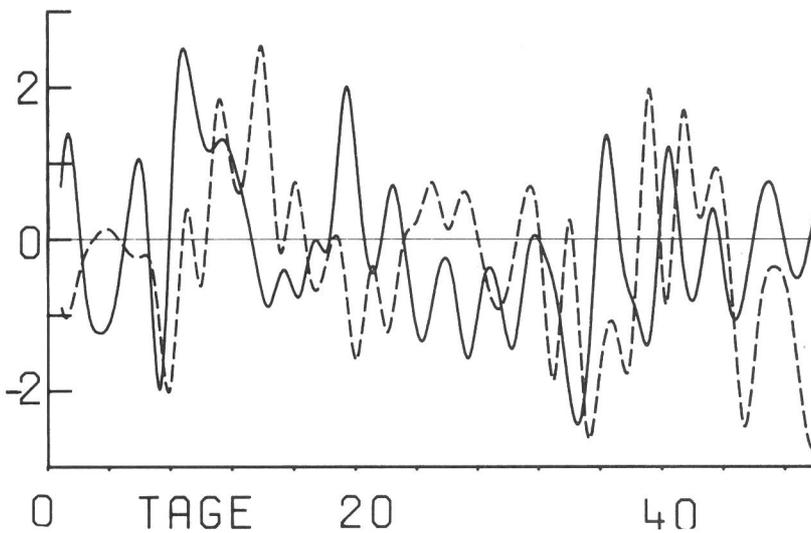


Abb. 10  
Darstellungen entsprechend Abb. 9. 1. Tag:  
15./16. 5. 1978. Zeitliche Mittelwerte und Standard-  
abweichungen (mg/Fälle je Tag): 20,0, 8,1 (---);  
93,1, 9,0 (—)

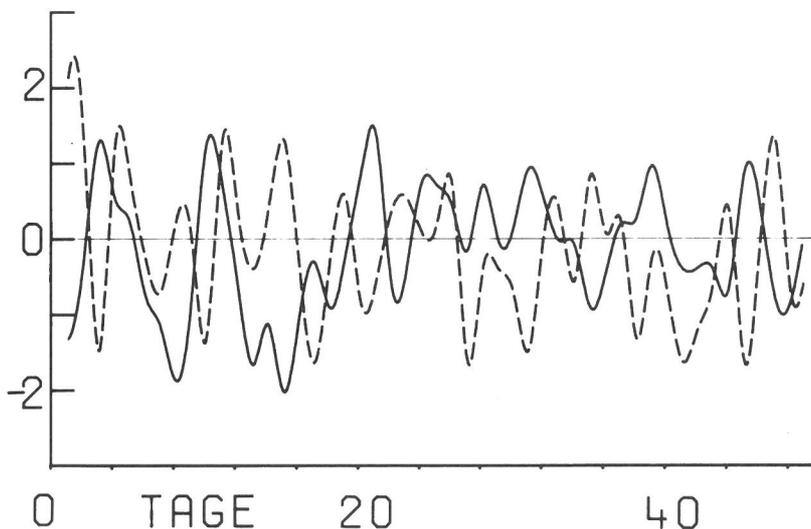


Abb. 11  
Darstellungen entsprechend Abb. 9. 1. Tag:  
11./12. 8. 1978. Zeitliche Mittelwerte und Standard-  
abweichungen (mg/Fälle je Tag): 10,6, 6,5 (---);  
92,1, 11,9 (—)

netobiologisch wesentliche Umstände realisiert waren, die hinsichtlich der Fraßaktivität erstmals bei der Beschreibung von Abb. 3 erwähnt wurden.

Der Abb. 11 zugrundeliegende Zeitraumausschnitt ist geomagnetisch durch wechselnde Störungen bis zu  $K_1$ -Werten von 7, aber auch relativ vielen Dreistundenintervallen mit Werten von 0 oder 1 zu kennzeichnen. Besonders starke Störungen der Vertikalkomponente mit Werten von 3 der betreffenden Ziffer von  $K_2$  traten am 28./29. 8., d. h. dem 18. Tag, und am 29./30. 9., d. h. dem 50. Tag, auf. Besonderheiten im Kurvenverlauf sind an Hand von Abb. 11 nicht zu erkennen, da diese Störungen nicht isoliert und nicht ohne vergleichbare Störungen der Horizontalkomponenten auftraten.

Abb. 12 soll die Größenordnung von Änderungen verdeutlichen, die dann auftreten, wenn man statt der Gesamtzahl der Sterbefälle lediglich die Zahl der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle in einen Vergleich einbezieht. Zu bemerken ist, daß sich die für die Fraßaktivität maßgeblichen gestrichelten Kurven wiederum auf den Mittelwert der Fraßaktivität von 4 Termitengruppen beziehen. Das rechte Drittel von Abb. 9 und der obere Teil auf der linken Seite von Abb. 12 überschneiden sich zeitraummäßig ab dem 29. Tag. Da keine wesentlichen Unterschiede in den zeitlichen Mittelwerten und Standardabweichungen bestehen, wird hierdurch zusätzlich gezeigt, daß der Einfluß der vorgenommenen Mittelung im allgemeinen gering ist.

Im einzelnen enthält Abb. 12 graphische Darstellungen für jeweils 24tägige Ausschnitte aus Ergebnissen eines 98tägigen Auswertungszeitraumes aus dem Jahre 1977. Im oberen Teil werden der Fraßaktivität und der Gesamtzahl der Sterbefälle entsprechende Kurven gegenübergestellt. Der untere Teil enthält neben denselben Kurven zur Fraßaktivität Kurven zur Zahl nur der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle. Bei der Betrachtung fällt wiederum die Gegenläufigkeit der Kurven zu den beiden Phänomenen auf, die durch das Entsprechen von lokalen Extrema unterschiedlicher Art noch unterstrichen wird. Vergleicht man die Kurven im oberen Teil von Abb. 12 mit denjenigen im unteren Teil, so entsteht besonders beim Vergleich der rechten Seiten der Eindruck, daß zwischen der Fraßaktivität und der Zahl der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle, besonders auch im Hinblick auf die lokalen Extrema, ein etwas besseres Entsprechen besteht als zwischen der Fraßaktivität und der Gesamtzahl der Sterbefälle. Aufgrund anderer, noch zu besprechender Ergebnisse über Zusammenhänge zwischen Sterbefällen, die mit speziellen Erkrankungen des Kreislaufsystems verbunden sind, und der geomagnetischen Aktivität war allerdings hinsichtlich der Qualitäten dieses Entsprechens hier mit markanteren Unterschieden gerechnet worden.

Im einzelnen fällt bezüglich der in Abb. 12 unten wiedergegebenen Ausschnitte auf, daß links, zwischen dem 1. und dem 9. Tag, von einer Ausnahme für den 7. Tag abgesehen, und rechts, zwischen dem 16. und dem 24. Tag, von einer Ausnahme für den

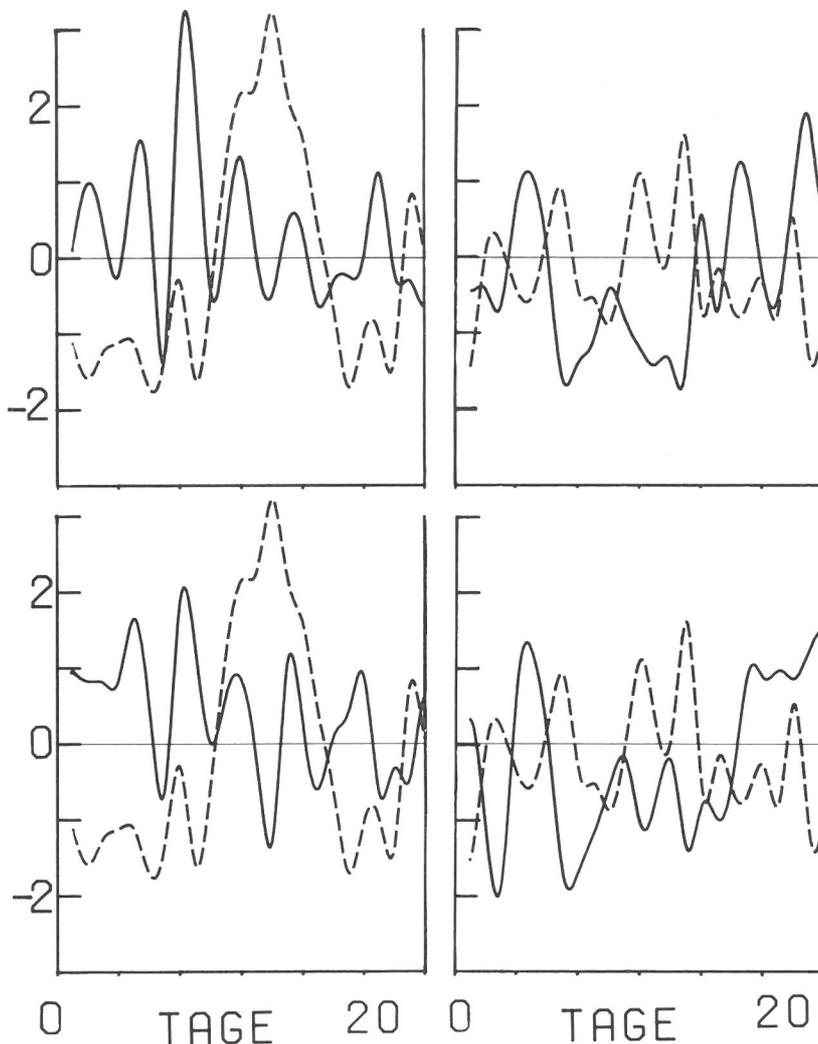


Abb. 12  
Darstellungen entsprechend Abb. 9. Oben: Gesamtzahl der Sterbefälle; unten: Zahl der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle. 1. Tag: 5./6. 6. 1977 (links); 9./10. 8. 1977 (rechts); Gesamtzeitraum 98 Tage. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/Fälle je Tag): oben: 92,5, 9,3 (---); unten: 41,8, 6,0 (—)

22. Tag abgesehen, eine unterdurchschnittliche Fraßaktivität und eine überdurchschnittliche Sterbefallzahl zu Kreislaufkrankheiten einander entsprachen. Bezüglich des ersten Zeitraumes sind die entsprechenden Verhältnisse auch bei Zugrundelegung der Gesamtzahl der Sterbefälle in dem links oben wiedergegebenen Ausschnitt relativ deutlich erkennbar. Zur weiteren auch zahlenmäßigen Veranschaulichung dieses geomagnetobiologisch bedingten Sachverhaltes sei zu dem betrachteten Zeitraum noch bemerkt, daß in bezug auf den in der Legende zu Abb. 12 näher charakterisierten Auswertungszeitraum in den 9 Tagen 67 Sterbefälle insgesamt (Mittelwert: 92,5 Fälle je Tag) und 48 Sterbefälle an Kreislaufkrankheiten (Mittelwert: 41,8 Fälle je Tag) überdurchschnittlich aufgetreten sind.

In Abb. 13 werden für einen geomagnetisch ziemlich ruhigen, am Anfang eines 168tägigen Gesamtzeitraumes gelegenen Ausschnitt von 24 Tagen aus dem Jahre 1976 nochmals die Gesamtzahl der Sterbefälle und die Zahl der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle der Fraßaktivität von Termiten vergleichsweise gegenübergestellt. Im zuletzt erwähnten Fall bezieht sich die gestrichelte Kurve auf den Mittelwert zu 5 Termitengruppen. Bei der Betrachtung dieser Abbildung fällt zunächst auf, daß der Vergleich mit der Gesamtzahl der

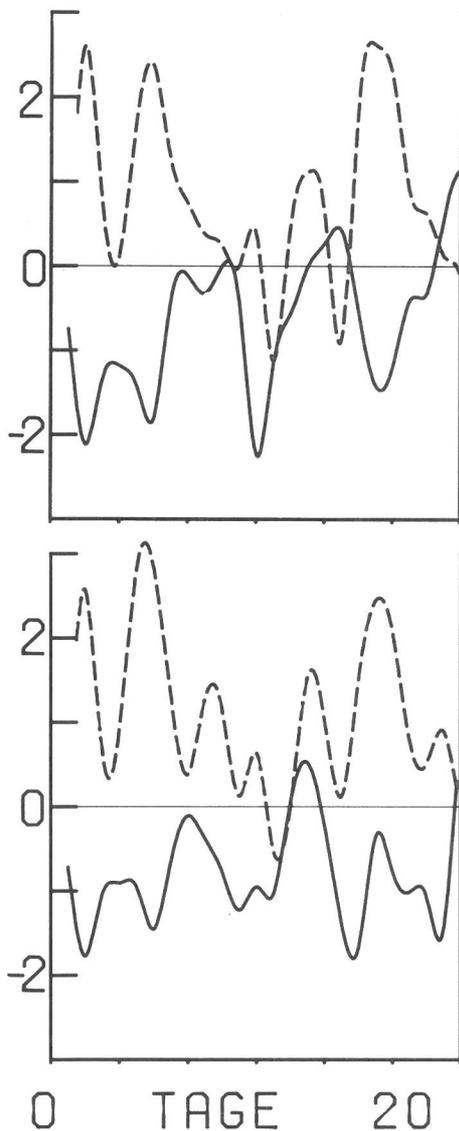


Abb. 13  
Darstellungen entsprechend Abb. 12. 1. Tag: 2./3. 8. 1976; Gesamtzeitraum 168 Tage. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/Fälle je Tag): oben: 24,0, 8,0 (---); 99,8, 11,1 (—); unten: 24,1, 7,7 (---); 46,7, 7,5 (—)

Sterbefälle im oberen Teil günstiger ausfällt als der Vergleich mit der Zahl der mit Kreislaufkrankheiten verbundenen Sterbefälle im unteren Teil. Hier könnten sich Streuungen negativ ausgewirkt haben, die dadurch bedingt sein können, daß die zuletzt genannte Zahl für Berlin (West) schon relativ klein ist. Außerdem ist der Ausschnitt von Abb. 13 insgesamt durch eine überdurchschnittliche Fraßaktivität und eine unterdurchschnittliche Zahl der Sterbefälle, bezogen auf den zeitlichen Mittelwert des Gesamtzeitraumes gekennzeichnet. Es wird aufgrund der geomagnetischen Verhältnisse und des weiteren Kurvenverlaufes wiederum davon ausgegangen, daß auch der Zusammenhang zwischen diesen Sachverhalten geomagnetobiologisch bedingt ist, wobei hinsichtlich der meteorologischen Verhältnisse in dem für den betrachteten Zeitraumausschnitt wesentlichen Monat August 1976 zu bemerken ist, daß es sich, den Kurzwetterberichten gemäß, um einen relativ ausgeglichenen, anfangs eher zu kühlen und insgesamt nicht übermäßig warmen Sommermonat ohne bemerkenswerte Besonderheiten handelte. Die Abweichungen von dem sonst besonders in dem oberen Teil von Abb. 13 gut realisierten, inversen Zusammenhang in der Umgebung des 15. Tages, d. h. des 16./17. 8., können weder geomagnetisch noch meteorologisch erklärt werden.

Von grundsätzlicher Bedeutung ist noch der Hinweis, daß die Termitengruppen zu den in Abb. 13 und 14 unter Abschirmung, d. h. in einem geerdeten Kupferkasten, gehalten wurden. Aus diesem Hinweis allein kann im Hinblick auf die Wirkung elektrodynamischer Faktoren natürlichen Ursprunges, auch auf die Zahl der Sterbefälle, bei Berücksichtigung der Amplitudenverhältnisse in frequenzmäßiger Hinsicht nach oben schon eine gewisse Grenze gezogen werden. Es muß allerdings in die Einzelheiten gehenden Berechnungen über die Abschirmwirkung (D. R. WHITE, 1975) und vergleichenden Termiten-Versuchen mit besonders dimensionierten Abschirmungen vorbehalten bleiben, eine solche Grenze wirklich zu quantifizieren.

Der 50tägige Zeitraumausschnitt aus dem Jahre 1976/77 zu Abb. 14 liegt am Ende eines schon zu Abb. 13 erwähnten 168tägigen Gesamtzeitraumes. Obwohl gegen Ende eines so langen Zeitraumes durch das Absterben der einzelnen Termiten insgesamt eine systematische Verminderung der Fraßaktivität erfolgt, werden die wesentlichen Rhythmen von der zugrundegelegten einzelnen Termitengruppe in den letzten 19 Tagen im Vergleich zur Sterbezahl besonders gut wiedergegeben, so daß, wie in der Einleitung schon angedeutet, davon ausgegangen werden kann, daß die Termiten mit zunehmendem Alter nicht wesentlich an Sensibilität gegenüber den für die Steuerung der Fraßaktivität wesentlichen Einflüssen verlieren. Die Betrachtung von Abb. 14 zeigt, daß der zu zeigende Zusammenhang von zwei auffälligen Ausnahmen nach dem 12., d. h. dem 9./10. 12., und in der Umgebung des 30. Tages, d. h. des 27./28. 12., gut wiedergegeben wird. Es ist denkbar, daß die Ausnahmen mit meteorologischen Faktoren in Beziehung zu bringen sind. Ab dem 7. 12. wurde nämlich für mehrere Tage eine mit einem starken Temperaturanstieg verbundene, für die Jahreszeit zu milde Witterung registriert. Am 27. 12. waren dagegen starke Schneefälle in Berlin und meteorologische Ausnahmesituationen in Europa zu verzeichnen. Zur Abrundung seien demgegenüber noch Meldungen über naßkaltes, ausgesprochenes Erkältungswetter vom 13. 12., d. h. dem 15. Tag, und über rapide ansteigende Erkältungskrankheiten, einen entsprechend hohen Krankenstand sowie hohe, wetterbedingte Unfallzahlen vom 15. 12., d. h. dem 17. Tag, erwähnt. Der Einfluß dieser Situation auf die der Zahl der Sterbefälle entsprechende Kurve blieb größenordnungsmäßig erheblich hinter den Erwartungen zurück.

Abb. 15 bezieht sich wiederum ausschließlich auf die Gesamtzahl der Sterbefälle und die Fraßaktivität zu jeweils einer Termitengruppe. Die 24tägigen Zeitraumausschnitte betreffen die Jahre 1974 (links) und 1978 (rechts). Der linke Teil von Abb. 15 ist bereits im Zusammenhang mit der Besprechung von Abb. 4 angekündigt worden. Es handelt sich um den durch Vergleich der Fraßaktivität mit der Zahl der Sterbefälle zu

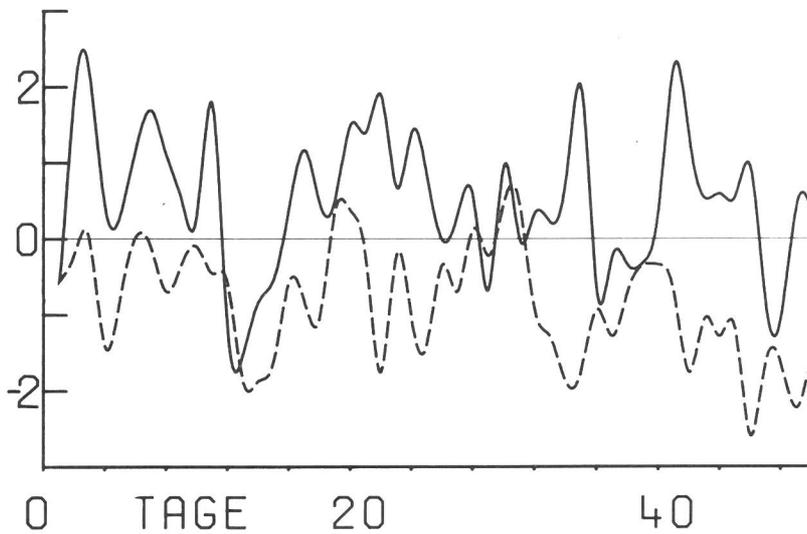


Abb. 14  
Darstellungen entsprechend Abb. 9. 1. Tag: 28./29. 11. 1976; Gesamtzeitraum 168 Tage. Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/Fälle je Tag): 23,9, 8,5 (---); 99,8, 11,1 (—)

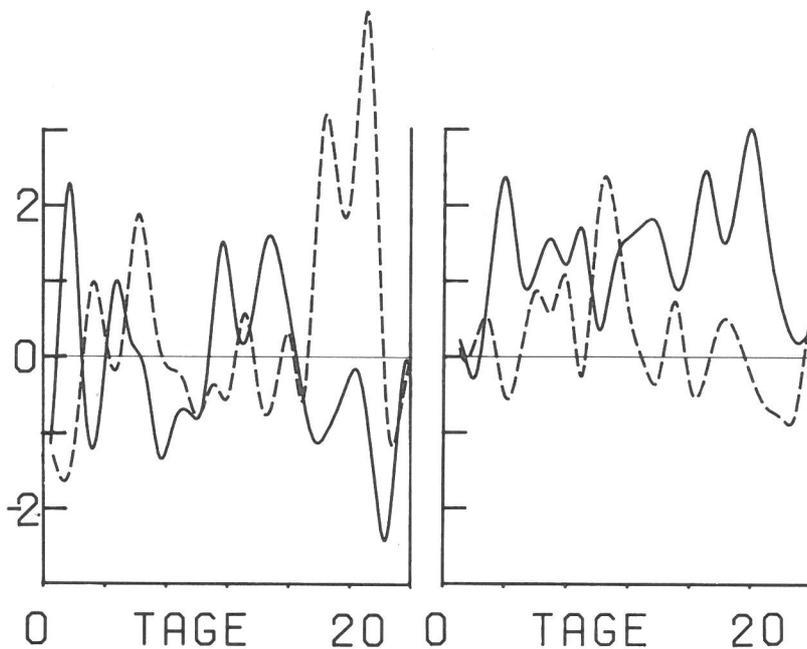


Abb. 15  
Darstellungen entsprechend Abb. 9. 1. Tag: 22./23. 7. 1974; Gesamtzeitraum 87 Tage (links); 1. Tag: 6./7. 2. 1978; Gesamtzeitraum: 100 Tage (rechts). Zeitliche Mittelwerte und Standardabweichungen (mg/Fälle je Tag): links: 23,2, 15,0 (---); 98,3, 9,6 (—); rechts: 19,7, 7,2 (---); 113,8, 16,6 (—)

führenden Nachweis des geomagnetobiologischen Charakters der außergewöhnlichen, lokalen Fraßaktivitätsmaxima in der Umgebung des 18. Tages, d. h. hier auf der rechten Seite dieses Teiles. Im Vergleich zu Abb. 4 ist noch auf Unterschiede hinzuweisen, die daher rühren, daß dieser Teil von Abb. 15 unter Zugrundelegung eines Gesamtzeitraumes von 87 Tagen bestimmt wurde.

Der rechte Teil von Abb. 15 gibt den inversen Zusammenhang, von Ausnahmen am Anfang und am Ende abgesehen, ziemlich gut wieder. Der für diesen Teil zugrunde liegende Zeitraumausschnitt war geomagnetisch relativ stark und kontinuierlich gestört. Er unterschied sich durch die Kontinuität der Störungen auch von den angrenzenden Zeiträumen. Zu  $K_1$  wurde lediglich für zwei Dreistundenintervalle der Wert 0 gefunden; im übrigen traten Werte von bis zu 6 auf. Auch die für den Störungsgang der Vertikalkomponente maßgebliche Ziffer von  $K_2$  nahm relativ häufig von 0 verschiedene Werte an. Augenfällig ist, daß der auf diesen Zeitraumausschnitt bezogene zeitliche Mittelwert der Zahl der Sterbefälle offensichtlich erheblich über dem entsprechenden Wert des Gesamtzeitraumes liegt. Dieser Sachverhalt

könnte mit der besprochenen Kontinuität der Störungen in Verbindung stehen, könnte aber auch zu einem gewissen Teil jahreszeitlich bedingt sein. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß sich die zu Anfang Februar in Berlin verzeichnete, außerordentliche Grippewelle offenbar weitgehend auf den Ostteil der Stadt beschränkte. Dagegen dürfte die Smog-Wetterlage in der Umgebung des 21./22. 2., d. h. des 16. Tages, zu dem vorletzten lokalen Maximum der ausgezogenen Kurve beigetragen haben.

### 3. Diskussion

#### 3.1 Andere Ergebnisse

Ergänzend zu den besonders von G. BECKER und W. GERISCH (1973, 1977) sowie G. BECKER (im Druck) bereits gegebenen, ausführlichen Literaturhinweisen ist zunächst zu bemerken, daß sich Literaturübersichten über Wirkungen der solaren Aktivität sowie schwacher magnetischer Felder natürlichen oder künstlichen Ursprungs auf Organismen und im besonderen auf den

Menschen, außer in einigen noch zu erwähnenden Einzelveröffentlichungen, in den Büchern von A. L. ČIŠEVSKIJ (1976), H. BERG (1957), M. F. BARNOTHY (Ed.), (1964), A. S. PRES-MAN (1970), M. A. PERSINGER (Ed.), (1974), J. D. PALMER (F. A. BROWN, Jr., 1976), und A. P. DUBROV (1978) finden. Von A. L. ČIŠEVSKIJ (1976) wird die Literatur bis teilweise in das 18. Jahrhundert hinein erfaßt und im Rahmen einer Begründung des Wissensgebietes von den Einflüssen solarer Aktivitäten hauptsächlich unter Zugrundelegung größerer Zeiträume vergleichend bearbeitet. A. P. DUBROV (1978) gibt dagegen einen durch besonders zahlreiche Literaturhinweise gestützten Abriss der modernen Geomagnetobiologie. Die chemisch-physikalischen Experimente von G. PICCARDI und deren Bedeutung für Biometeorologie und Magnetobiologie standen im Mittelpunkt eines Symposiums (SYMPOSIUM INTERNATIONAL, 1960). Zusammenfassend berichtete G. PICCARDI (1962) über diesen Gegenstand. Bezüglich weiterführender Literaturstudien sei auch hier auf das russische Referaten-Journal für Biologie: Referativnyj Žurnal „Biologija“ verwiesen. In der Abteilung „Physiologie von Mensch und Tier“ findet sich jeweils ein besonderer Abschnitt über biologische Wirkungen, wobei auch stationäre elektrische und magnetische Felder industrieller und hoher bzw. niederer Frequenz berücksichtigt werden. Weitere Literaturhinweise können unter den Stichwörtern „Biological effects“, „Biomagnetism“ und „Bioelectricity“ den für die NASA herausgegebenen „International Aerospace Abstracts“ entnommen werden.

Unter Redaktion von A. M. GENIN ist kürzlich in der von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR betreuten Reihe „Probleme der Kosmischen Biologie“ ein ebenfalls mit einem besonders umfangreichen Literaturverzeichnis versehener Ergebnisbericht (AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER UdSSR (Ed.), 1978) über die Lebenstätigkeit von Organismen im Magnetfeld erschienen, der auch starke Magnetfelder und deren Wirkung auf Blut oder Nervensystem berücksichtigt. Zu einem bereits von G. BECKER und W. GERISCH (1977) erwähnten, ebenfalls für die genannte Akademie herausgegebenen Sammelband über die Wirkungen der solaren Aktivität auf Atmosphäre und Biosphäre der Erde ist nunmehr eine englische Fassung (M. N. GNEVYSHEV und A. I. OL' (Eds.), 1977) verfügbar geworden. Der Sammelband behandelt, wie teilweise im einzelnen noch zu erwähnen sein wird, neben Zusammenhängen der geomagnetischen Aktivität mit Kreislaufkrankheiten sowie entsprechend bedingten Sterbefällen, den Eigenschaften des Blutes, epidemischen Prozessen, der Sterblichkeit an bösartigen Neubildungen, akuten Glaukom-Fällen und Fällen von eitriger Hornhautentzündung auch Fragen der Wirkungsmechanismen (Struktur des Wassers) und der Anwendbarkeit schwacher Magnetfelder zu therapeutischen Zwecken. — An weiteren Sammelbänden wurden aus der UdSSR der von Ju. A. CHOLODOV (1971) redigierte Band über die Wirkungen von Magnetfeldern auf biologische Objekte, der Band mit den MATERIALIEN DES ALLUNIONSSYMPIOSIUMS (1972) über die Wirkung von künstlichen Magnetfeldern und der von A. S. VASIL'JEV im Rahmen eines Redaktionskollektivs bearbeitete Band mit den MATERIALIEN DES 3. ALLUNIONSSYMPIOSIUMS von 1975 über die Wirkungen magnetischer Felder auf biologische Objekte zugänglich. Der Band von Ju. A. CHOLODOV (1971) enthält wiederum zahlreiche Literaturhinweise und behandelt im Hinblick auf den hier relevanten Problemkreis Wirkungen auf das Nervensystem und die Immunität, wobei allerdings größere Feldstärken sowie andere Frequenzbereiche unter besonderer Berücksichtigung konstanter Magnetfelder und deren Wirkungsmechanismen eine hauptsächliche Rolle spielen. Berücksichtigung fanden auch hygienische und klinische Aspekte. Der Band mit den Materialien des Allunionssymposiums von 1972 enthält Kurzfassungen zu Vorträgen. Auf Einzelheiten zu den meist ebenfalls unter anderen Feldverhältnissen untersuchten vielfältigen Problemstellungen kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden. Der mit einer Einleitung von A. P. DUBROV versehene Band mit den Kurzfassungen zu den 276 Vorträgen des 3. Allunionssymposiums, davon etwa 10 zu verschiedenen Wirkungen des geomagnetischen Feldes, gliedert sich wie folgt: Allgemeine Fragen; Wirkungen magnetischer Felder auf die Zelle und die innerzellularen Verhältnisse; physiologische Reaktionen bei Tieren, morphologische und histologische Veränderungen des tierischen Organismus, physiologische Reaktionen des Menschen, Heilwirkung des Magnetfeldes, Wirkung magnetischer Felder auf die Pflanze; verschiedene Aspekte der Wirkungen magnetischer Felder auf biologische Objekte. — An Sammelbänden über die Wirkungen magnetischer und elektromagnetischer Felder auf biologische Objekte sind in jüngster Zeit in der UdSSR noch der von Ju. A. CHOLODOV (1978) herausgegebene Band, der von A. A. JAROŠENKO (1978) redigierte Band sowie verschiedene Bände

(ERGEBNISBERICHTE 1976, 1977; SAMMELBAND 1977) über die Anwendung magnetischer Felder in der Klinik erschienen.

Im folgenden soll nun aus der Fülle des insgesamt vorliegenden Materials eine gewisse knappe Auswahl von Einzelbeiträgen und Untersuchungsergebnissen, besonders aus dem Gebiet der Humanbiologie und Medizin, genannt werden.

Auf den Einfluß von Sonnenflecken und Sonnenaktivität auf Lebensvorgänge wiesen von der Seite der Astrophysik her H. SIEDENTOPF (1950) und K. O. KIEPENHEUER (1958) hin. Mit Ergebnissen und Problemen des Einflusses von Magnetfeldern auf den Menschen befaßten sich u. a. H. S. ALEXANDER (1962), R. O. BECKER (1963) und M. M. LABES (1966). Zusammenhänge zwischen der Sonnenaktivität sowie der damit verbundenen geomagnetischen Aktivität und einer Häufung von Sterbefällen, auch in Verbindung mit Erkrankungen von Nerven und Sinnesorganen sowie Selbstmorden, haben T. DÜLL und B. DÜLL (1934, 1935, 1936) aufgezeigt, die rd. 40000 Fälle aus fünf Jahren ausgewertet und dabei verschiedene Wetter- und elektromagnetische Faktoren diskutiert haben. Bei ihren Befunden war ein Einfluß der 27tägigen Sonnenumschreibungsperiode deutlich. H. BERG (1957, 1960) behandelte die Beziehungen zwischen Erkrankungs- und Sterbefällen einerseits und der solaren bzw. geomagnetischen Aktivität andererseits umfassend und ist zu entsprechenden Schlußfolgerungen gekommen; er hat im übrigen besonders Erkrankungen des Kreislaufsystems und entsprechende Sterbefälle in seine Untersuchungen einbezogen. Derartige Erkrankungen und Sterbefälle sind besonders häufig Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Die Abhängigkeit von der solaren Aktivität haben insbesondere K. F. NOVIKOVA, M. N. GNEVYSHEV, N. V. TOKAREVA, A. I. OHL und T. N. PANOV (1968) sowie M. N. GNEVYSHEV und K. F. NOVIKOVA (1972) verfolgt. Die letzteren haben das Auftreten von Herzinfarkten und entsprechend bedingten Sterbefällen in Abhängigkeit von der geomagnetischen Aktivität für Swerdlowsk in den Jahren 1961 bis 1967 nachgewiesen. Sie zitierten andere Autoren, die in Veröffentlichungen von 1964 bis 1969 gleiche Ergebnisse für die Städte Leningrad, Vilnius, Stavropol, Kiev und Irkutsk erhalten hatten. An weiteren Beiträgen zu diesem Problemkreis seien diejenigen von A. P. ŠUŠAKOV, T. N. PANOV und K. F. NOVIKOVA (1971), Ju. S. TUNJAN, G. I. MIRZOJAN, G. O. BAKUNC und V. A. ABRAMJAN (1976), V. G. VARDOR, P. D. GABOVIČ und I. I. NIKBERG (1977), I. I. NIKBERG, I. D. PIVEN', B. A. RIVKIN und Ju. A. CHOMENKO (1977) genannt. Zu erwähnen sind außerdem die bereits bei der Besprechung des Sammelbandes von M. N. GNEVYSHEV und A. I. OL' (1977) berührten Beiträge von K. F. NOVIKOVA und B. A. RYVKIN, von M. N. GNEVYSHEV, K. F. NOVIKOVA, A. I. OL' und N. V. TOKAREVA, von L. Z. LAUTSEVICHUS, Ya. P. YUSHENAITTE und S. I. BLINSTRUBAS sowie von Yu. I. ALABOVSKII und A. N. BABENKO. Entsprechende Abhängigkeiten wurden auch von H. STRAUS, M. NEMIDE und M. DELEANU (1972) für die Stadt Cluj (Rumänien) gefunden. Auch D. SCHWARTZ (1979) berichtete über Häufungen von Schlaganfällen und insbesondere Herzattacken während der Zeit magnetischer Stürme. Er stützte sich dabei auf Ergebnisse von STOUPAL aus Tel Aviv. Über einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Angina pectoris und der geomagnetischen Aktivität wurde auf der Basis von statistischem Material aus Indien laut Pressemeldungen (ANONYM, 1979) am Institute of Geological Sciences in Edinburgh gearbeitet. Methodisch stützen sich derartige Ergebnisse zumeist auf den Vergleich von tagesbezogenen Häufigkeiten in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Maß für die geomagnetische Aktivität. Bisweilen werden auch Superpositionen für die Verhältnisse in der zeitlichen Umgebung magnetischer Stürme durchgeführt. — Demgegenüber betonen B. J. LIPA, P. A. STURROCK und F. ROGOT (1976), daß sie bei statistischen Auswertungen für Washington (DC), Phoenix und San Francisco sowie für Honolulu für die Jahre 1964 und 1965 keine Korrelation zwischen Herzgefäß-Erkrankungen sowie Schlaganfällen und geomagnetischer Aktivität finden konnten. Es wäre zu untersuchen, ob die Verwendung unterschiedlicher

Ansätze und Auswertungsmethoden bei diesen Fällen und den zuvor genannten in Europa und der UdSSR der Grund für die sich widersprechenden Ergebnisse sind. In den USA haben indessen R. O. BECKER (1961) sowie H. FRIEDMAN, R. O. BECKER und C. H. BACHMAN (1963) deutliche Zusammenhänge zwischen den Werten der geomagnetischen Aktivität und Einlieferungen in psychiatrische Hospitale aufgezeigt; in ihren Schlußfolgerungen bleibt allerdings die Frage offen, ob das geomagnetische Feld unmittelbar wirkt, oder ob andere geophysikalische Parameter, die damit gekoppelt sind, den auslösenden Faktor darstellen.

Die 27tägige Sonnenumdrehungsperiode wird auch bei den Untersuchungen von M. TAKATA und T. MURASUGI (1941) über die Flockung des menschlichen Blutserums deutlich. Geomagnetische Stürme lösen demnach zwar heftige Flockungszahl-Schwankungen nicht aus, aber bei gesunden Menschen scheint die Reaktion während dieser Stürme erhöht zu werden. Das Studium dieser Zusammenhänge hat im übrigen, wie dem Beitrag von K. O. KIEPENHEUER (1950) entnommen werden kann, zur Vermutung über die Existenz einer Sonnenaktivitätskomponente von unbekannter physikalischer Natur Anlaß gegeben. Über weitere Untersuchungen zur Blutgerinnung berichteten H. A. BOMKE (1951) und G. BERAN (1972). In diesem Rahmen sei noch bemerkt, daß MARTINEZ ALVAREZ auf Puerto Rico eine Beziehung zwischen den Schwankungen des geomagnetischen Feldes und Blutdruck sowie Zahl der weißen Blutkörperchen beim Menschen fand. Über einen entsprechenden Zusammenhang bezüglich der Resistenz von roten Blutkörperchen berichteten L. K. LAJZAN, E. M. ABDURACHMANOVA, S. L. MACHMUTOVA, L. V. MIRONOVA, Z. I. PAŠKINA und L. T. SAFINA (1976). Weitere geomagnetobiologische und magnetobiologische Probleme in Verbindung mit dem Blut bildeten den hauptsächlichlichen Gegenstand des von der AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER UdSSR, Sibirischer Zweig, und dem SIBIRISCHEN INSTITUT FÜR ERDMAGNETISMUS, IONOSPHERE UND AUSBREITUNG VON RADIONWELLEN (1971) herausgegebenen Sammelbandes.

Den Einfluß des geomagnetischen Feldes auf das Geschlecht des menschlichen Embryos untersuchte V. ABROS'KIN (1971). Auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Sonnenfleckenzyklus und der Häufigkeit des Auftretens von Mongolismus-Fällen wies G. J. BOS (1972) hin. A. I. OSIPOV und V. P. DESYATOV (1977) berichteten aus Tomsk über dort seit 1930 allgemein und seit 1950 unter besonderer Berücksichtigung der Säuglingssterblichkeit betriebene Studien über den Einfluß kosmischer Faktoren auf lebende Systeme. E. E. ECKERT und W. GERISCH (in Vorbereitung) untersuchten die geomagnetobiologischen Aspekte des plötzlichen, unerwarteten Säuglingstodes.

Ein Zusammenhang zwischen Änderungen des geomagnetischen Feldes und der Beschleunigung bzw. Verzögerung des Alterns der Bevölkerung in der Ukraine wurde von P. V. VASILIK (1972) nachgewiesen. — V. N. MIKHAILOVSKY, N. N. KRASNOGORSKY, K. S. VOICHISHIN, L. I. GRABAR und V. N. ZHEGAR (1969) zeigten, daß Menschen gegenüber sehr schwachen Änderungen des geomagnetischen Feldes im Bereich zwischen 0,01 bis 2 Hz empfänglich sein können. — Die Einwirkung elektromagnetischer Felder auf das Zentralnervensystem wurde in dem Buch von Ju. A. CHOLODOV (1965 a) ausführlich behandelt.

Über magnetobiologische Ergebnisse aus der Raumfahrt, die sich auf das Verhalten von Menschen in einem durch Kompensation auf ein Tausendstel der Intensität des geomagnetischen Feldes abgeschwächten Magnetfeld beziehen, berichtete D. E. BEISCHER (1965, 1971). Es zeigte sich, daß unter den zahlreichen medizinischen, physiologischen und psychologischen Tests, denen die Versuchspersonen unterworfen waren, ein im Hinblick auf die Funktion des Zentralnervensystems besonders empfindlicher Test (Flickerfusion threshold) zu einem signifikanten Befund führte. Im übrigen finden sich in diesen Beiträgen und in anderen Beiträgen von BEISCHER wesentliche

Hinweise für die technische Herstellung entsprechend geschwächter Felder, wobei aufgrund der Beobachtungen an Termiten zu bemerken ist, daß die daselbst vorgenommenen, für die Raumfahrt (Mond) völlig ausreichende Feldschwächung im Hinblick auf die Erzielung weiterer Test-Befunde noch nicht stark genug gewesen sein dürfte.

Bezüglich weiterer, außerordentlich zahlreicher und vielfältiger, den Menschen betreffender geomagnetobiologischer Ergebnisse älteren und neueren Datums wird auf die schon erwähnte Darstellung von A. P. DUBROV (1978) verwiesen. Dort werden Einflüsse auf den gesunden und den kranken Organismus, Zusammenhänge mit bestimmten Krankheiten sowie auch arbeitsmedizinisch relevanten Aktivitäten und Wirkungen von Feldanomalien näher erörtert. Einzelheiten betreffen insbesondere den Allgemeinzustand, das Nervensystem unter Einbeziehung des vegetativen Systems, die elektrischen Verhältnisse auf der Haut, das Blut, das Wachstum und die sexuelle Entwicklung, den weiblichen Organismus sowie Erkrankungen des Kreislaufsystems, des Nervensystems, der Augen und der Harnwege.

An zusammenfassenden kürzeren Übersichten zum Gebiet der Magnetobiologie seien noch die Beiträge von U. WARNKE (1978), Ju. A. CHOLODOV (1965 b) und M. M. VILENČIK (1967) sowie die Schriften von A. S. PRESMAN (1971, 1974) genannt. Die Rolle der magnetischen Felder in der Biologie wurde auch von A. KOLIN (1968) untersucht. Der Beitrag von B. M. VLADIMIRSKIJ (1977) vermittelt eine Übersicht über die aktiven Prozesse in Sonne und Biosphäre. Außerdem ist die Monographie von A. M. SERDJUK (1977) zu erwähnen, die sich mit Wechselwirkungen der Organismen zu elektromagnetischen Feldern und anderen Umweltfaktoren befaßt. M. GAUQUELIN und F. GAUQUELIN (1975) gaben noch eine zusätzliche Übersicht über die Erforschung von geomagnetobiologischen Zusammenhängen in der UdSSR. — Hier sei zur weiteren Hervorhebung der Rolle des geomagnetischen/geoelektrischen Feldes als Umweltfaktor von außerordentlicher Bedeutung noch auf die Untersuchungen von S. I. LEBEDEV, P. I. BARANSKIJ, L. G. LITVINENKO und L. T. ŠIJAN (1977) über das Wachstum von Gerste im überschwachen Magnetfeld sowie auf Ergebnisse von V. D. STAKANOV (1969) über die Wirkung des geomagnetischen Feldes auf das Auskeimen von Gehölzsaamen verwiesen. Den wichtigsten Problemen der Orientierung und Navigation im geomagnetischen Feld, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, war ein Symposium gewidmet (K. SCHMIDT-KOENIG und W. T. KEETON (Eds.), 1978). Bemerkenswert sei hierzu lediglich noch, daß ein denkbarer Reaktionsmechanismus für einen chemischen Kompaß von K. SCHULTEN, CH. E. SWENBERG und A. WELLER (1978) beschrieben wurde. Außerdem seien noch die Beiträge von V. VALKOVIC (1977) sowie E. K. BIEGERT und V. VALKOVIC (1978) erwähnt, die sich mit einem Mechanismus zur Erklärung der Rolle des geomagnetischen Feldes bei Evolutionsprozessen, insbesondere hinsichtlich des Aussterbens bestimmter Spezies, befassen.

Den Einfluß von Wetterfaktoren auf biologische Vorgänge unter Einbeziehung der Zahl der Sterbefälle je Tag sowie weitere Beziehungen zur Sonnenaktivität haben u. a. W. F. PETERSEN (1947), B. de RUDDER (1952), H. BORTELS (1951), R. REITER (1960), S. W. TROMP (1963), S. WEDLER (1970), S. J. STATES (1976, 1977) und W. UNDT (1977) untersucht. Die vielfältigen Ergebnisse sollen nicht wiedergegeben werden. Auch auf die zahlreichen Untersuchungen über die Wirkung elektrischer Felder und atmosphärisch-elektromagnetischer Schwingungen soll hier unter Hinweis auf die Übersichten von R. REITER (1955), G. ALTMANN (1969), S. LANG (1972) und H. L. KÖNIG (1975) nicht eingegangen werden.

### 3.2 Schlußfolgerungen

Es bleibt festzustellen, daß die vorgenommenen graphischen Gegenüberstellungen zwischen neuen Ergebnissen zur Fraßaktivität von Termiten und zur geomagnetischen Aktivität einerseits sowie zur Fraßaktivität von Termiten und zur Zahl der Sterbefälle

andererseits die Existenz der bereits einleitend aufgrund von früheren Erkenntnissen (G. BECKER und W. GERISCH, 1977) besprochenen, ausgeprägten geomagnetobiologischen Komponenten in Zeitreihensegmenten für die Fraßaktivität von Termiten und Zeitreihensegmenten für die Zahl der Sterbefälle bestätigen. Das Gewicht dieser Komponente in Zeitreihensegmenten der zuletzt erwähnten Art wird besonders aufgrund der Ergebnisse zu bestimmten Zeitraumausschnitten für so groß gehalten, daß im Sinne der entsprechenden Bemerkungen in der Einleitung eine Erforschung der vorgestellten Zusammenhänge mit dem Ziel einer Nutzung in der Medizin, auch in Anbetracht der Ergebnisse von anderer Seite sowie des skizzierten Erkenntnisstandes in Magnetobiologie und Geomagnetobiologie weiterhin sinnvoll und erfolgversprechend erscheint.

Im Vergleich und teilweise auch im Gegensatz zu entsprechenden Erkenntnissen anderer Autoren ist zu bemerken, daß die vorgestellten Ergebnisse nicht auf eine besondere, geomagnetobiologisch bedingte Auszeichnung der Zahl der mit Krankheiten des Kreislaufsystems verbundenen Sterbefälle gegenüber der Gesamtzahl der Sterbefälle hindeuten. Ebenfalls kann aus den Ergebnissen keine Stützung von Vorstellungen hergeleitet werden, die in Verbindung mit manchen Auswertungsverfahren naheliegen und höhere (niedrigere) Werte von geomagnetischen Aktivitätsmaßen mit einer höheren (niedrigeren) Zahl der Sterbefälle in Verbindung bringen. Die Ergebnisse zeigen vielmehr, daß die Zusammenhänge der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle mit der geomagnetischen Aktivität wesentlich komplizierter sind, derart, daß das zur Beschreibung des ersten Zusammenhanges verwendete, allerdings sehr einfache lineare Modell in manchen geomagnetobiologisch besonders wesentlichen Situationen, aber auch in längeren Zeiträumen versagt. Dabei besteht der Eindruck, daß der Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität und der Zahl der Sterbefälle in den Fällen eines solchen Versagens häufig deutlich erkennbar bleibt und daß der vermutlich erstmalig für längere Zeiträume und verschiedene Situationen innerhalb des Sonnenfleckenzyklus vorgenommene Vergleich der beiden biologischen Phänomene untereinander bezüglich der Zahl der Sterbefälle und den zugrundeliegenden geomagnetobiologisch / physiologischen Mechanismen, gegenüber einem auf zusätzliche mathematische Modelle angewiesenen, unmittelbaren Vergleich mit der geomagnetischen Aktivität, auf einfachere Weise zu nutzbaren Ergebnissen und Erkenntnissen führt.

Die Frage nach der Natur und der konkreten Beschaffenheit der Mechanismen, die den durch Vergleich von Zeitreihensegmenten gezeigten geomagnetobiologischen Zusammenhang zwischen den beiden biologischen Phänomenen herzustellen und zu erklären vermögen, muß, auch in Anbetracht der durch eine Anzahl von Literaturhinweisen angedeuteten vielfältigen Möglichkeiten, noch weitgehend offen bleiben. Es bietet sich jedoch sogleich eine einfache Hilfsvorstellung an, die diesen Zusammenhang zumindest plausibel erscheinen läßt. Diese Hilfsvorstellung ergibt sich durch Modifikation aus zusammenfassenden Erörterungen von J. M. BARNOTHY (1964).

Dementsprechend lassen sich magnetobiologische Effekte im wesentlichen jeweils einer von drei verschiedenen Gruppen, nämlich der sensory group, der stress group und der genetic-code group zuordnen. In Verbindung mit den im vorliegenden Beitrag untersuchten Phänomenen besitzt dabei die an zweiter Stelle erwähnte Gruppe, d. h. die stress group, besonderes Interesse. Diese Gruppe charakterisierte J. M. BARNOTHY durch eine Reihe von Beispielen, wobei zu bemerken ist, daß es sich dabei hauptsächlich um Wirkungen in Verbindung mit starken, konstanten Magnetfeldern handelt: Verlangsamung des Wachstums junger Mäuse, Abstoßung von transplantierten Tumoren, hämatologische Veränderungen, Verzögerung von Wundheilung und Geweberegeneration, Wirkungen auf das Zentralnervensystem, Wirkungen auf das Wachstum von Pflanzen und Magnetotropismus, Absenkung der Körpertemperatur, Verschwinden des Östrus-Zyklus, Resorption von Embryos im Uterus, Absenkung der Gewebeatmung, Hemmung der Entwicklung von Bakterien-Kulturen, Herbeiführung pathologischer Leberveränderungen. — Der Streß wird nach diesen Ansichten dadurch erzeugt, daß unter dem Einfluß eines von BARNOTHY offenbar ohne Beschränkung der Allgemeinheit konstant angenommenen Magnetfeldes aufgrund damit

verbundener, zunächst rein physikalischer Gesetzmäßigkeiten in die in einem Organismus ablaufenden Vorgänge störend und mit der Folge von Anpassungsreaktionen eingegriffen wird, derart, daß die unter einem solchen Einfluß nach Stunden, Tagen oder Wochen erkennbaren Wirkungen meistens reversibel und den Wirkungen anderer Streßfaktoren wie Hitze, Kälte, Blutverlust, Hunger usw. vergleichbar sind.

Die Zugrundelegung einer entsprechend modifizierten, auf geomagnetisch bedingten Streß hinauslaufenden Hilfsvorstellung kann nun tatsächlich zur Plausibilität des besprochenen geomagnetobiologischen Zusammenhanges beitragen, wenn man davon ausgeht, daß in Zeiten, in denen die Termiten infolge von Streß bezüglich der Fraßaktivität gehemmt werden, Menschen, die womöglich schon durch Alter, Krankheit und andere Streßfaktoren geschwächt sind, unter dem Einfluß dieses zusätzlichen Streßfaktors (Disstreß) in größerer Zahl sterben. Andererseits ist zu bedenken, daß durch Streß unter Umständen auch Lebensfunktionen angeregt werden können (Eustreß), so daß auch die aufgezeigten und geomagnetisch charakterisierten Parallelen zwischen hohen Werten der Fraßaktivität und vergleichsweise niedrigen Sterbezahlen auf diese Weise einzusehen sind. Dabei ist zu vermuten, daß der Mensch in bestimmten Entwicklungsphasen (Säugling, Alter) und in außergewöhnlichen Situationen (Krankheit, Rekonvaleszenz) in erhöhtem und womöglich lebensnotwendigen Maße auf magnetische Streßerscheinungen der zuletzt erwähnten Art zur Übertragung und Stützung von Rhythmen für die Erhaltung der Homöostase angewiesen ist. Hier dürften die konkreten Ansatzpunkte für eine ganzheitsmedizinische Anwendung und Nutzung der vorgetragenen Ergebnisse in erster Linie zu suchen sein.

Ergänzend ist zu bemerken, daß sich konkretere Vorstellungen über Mechanismen zur Erklärung geomagnetobiologischer Wirkungen und möglicher zeitlicher Parallelitäten hauptsächlich auf Erkenntnisse über die Struktur des Wassers, die Rolle biologischer Membranen sowie Wechselwirkungen zwischen systeminternen und -externen Feldern stützen. Bezüglich einer Übersicht zum Stand der Forschung auf diesem Gebiet wird wiederum auf die Darstellung von A. P. DUBROV (1978) verwiesen.

Den mit der Struktur des Wassers verbundenen Mechanismen scheint in dem angedeuteten Rahmen, auch in Anbetracht der schon erwähnten Studien von G. PICCARDI (1962), besonderes Gewicht zuzukommen. Eine in die Einzelheiten gehende Zusammenfassung von Ergebnissen über metastabile Strukturen des Wassers und im Sinne von PICCARDI aktiviertes Wasser nebst dessen Eigenschaften sowie die Heranziehung dieser Ergebnisse zur Gewinnung eines mit der Struktur des Wassers und Konzentrationsänderungen von freien Kalzium-Ionen in biologischen Systemen verbundenen, zur gleichzeitigen Erklärung von solaren Einflüssen auf die Zahl der Verkehrsunfälle, die Blutzusammensetzung, die Zahl der Sterbefälle im Zusammenhang mit Kreislaufkrankheiten und sonstigen Effekten geeigneten Mechanismus wurde von L. D. KISLOVSKII (1977) gegeben.

#### 4. Ergänzungen

Es werden hier Methoden und Ansätze zu einer besseren Beschreibung, zu einer fundierteren Erklärung und zu einer auch andere computerorientierte Methoden einbeziehenden Bearbeitung des Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität umrissen. Mit diesen Ausführungen wird gleichzeitig das Ziel verfolgt, die bisherigen geomagnetobiologischen Ergebnisse über das Verhalten von Termiten auf der Basis von G. BECKER (1979a) zusammenfassend veröffentlichter Resultate mit der tellurischen (geoelektrischen) Aktivität in Verbindung zu bringen und damit integrierende, auch für andere geomagnetobiologische Systeme, insbesondere den Menschen, wesentliche und grundlegende Zusammenhänge aufzuzeigen, die allgemein innerhalb der Biosphäre über die geomagnetisch / tellurischen Feldverhältnisse bestehen und die, wie beispielshalber mit dem Beitrag von A. J. KALMIJN (1974) gezeigt wurde, auch schon für niedere Wirbeltiere, besonders aber für Fische, sowohl mit elektrodynamischen als auch mit sinnesphysiologischen Zielsetzungen bereits seit M. FARADAY ausführlich erforscht wurden, wobei allerdings die Seite der Aktivitäten kaum Berücksichtigung fand.

Zum Problem der Elektrorezeption liegen für Termiten, im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Fischen, bisher nur Verhaltensbeobachtungen, aber noch keine quantitativen Meßergebnisse vor. Frequenzbereich und Empfindlichkeiten sind durch Bemerkungen in der Einleitung und durch die zu den geomagnetischen/tellurischen Variationen bekannten Frequenz- und Feldstärke-Größenordnungen zumindest andeutungsweise charakterisiert, wodurch auch erkennbar wird, daß die Empfindlichkeit von Termiten größenordnungsmäßig an der unteren Grenze der für Fische nachgewiesenen Empfindlichkeiten anzusetzen ist. Hierzu sei noch bemerkt, daß A. C. FRASER-SMITH (1978) über elektrische Potentiale in Bäumen auch geomagnetische Pulsationen nachweisen konnte. Der Nachweis eines Einflusses dieser Pulsationen auf Termiten konnte bisher, womöglich auch wegen der unter labormäßigen Bedingungen auferlegten räumlichen Beschränkungen, noch nicht geführt werden. Zur Frage eines Einflusses der Atmospheric-Intensität wurde von G. BECKER und W. GERISCH (1977) ausführlich Stellung genommen. Aus Gründen der geomagnetischen Meßtechnik muß das Problem einer unteren elektrischen Empfindlichkeitsgrenze für Termiten zunächst offen bleiben. Womöglich besteht hier eine Anwendungsmöglichkeit von SQUIDS (Superconducting QUantum Interference Devices) (F. GROSS, 1974; D. E. THOMSEN, 1977).

#### 4.1 Allgemeinere Digitalfilter

G. BECKER und W. GERISCH (1977) haben an Hand allgemeiner rekursiver und nichtrekursiver Digitalfilter Verallgemeinerungsmöglichkeiten zu dem für die geomagnetobiologisch begründete Approximation der Fraßaktivität von Termiten angesetzten, im wesentlichen intuitiv gefundenen Digitalfilter besprochen. Solche allgemeineren als realisierbar vorausgesetzten Digitalfilter können einerseits zur Beschreibung des Einflusses der Fraßaktivität für den (i-1)-ten Versuchstag auf die Fraßaktivität für den i-ten Versuchstag dienen (rekursive Filter), andererseits kann auch der Einfluß der geomagnetischen Aktivität für weiter zurückliegende Tage auf die Fraßaktivität für den i-ten Versuchstag berücksichtigt werden.

Im Rahmen der weiteren Untersuchung solcher Fragen fanden unter Zugrundelegung des in dem erwähnten Beitrag ausführlich analysierten Datenmaterials aus dem Jahre 1974 zunächst computermäßige Experimente zur Ermittlung des zuerst erwähnten Einflusses statt. Es zeigte sich, daß dieser Einfluß, von allerdings meistens geomagnetobiologisch besonders interessanten, überwiegend mit einer längerfristigen, anomalen Fraßaktivität verbundenen Ausnahmen abgesehen, als gering anzusehen ist. Demnach kann davon ausgegangen werden, daß eine Verbesserung der Qualität des Approximationsverfahrens bereits mit nichtrekursiven Digitalfiltern möglich ist.

Zur rechnerischen Bestimmung der Koeffizienten für zwei-, drei- und viergliedrige, nichtrekursive Digitalfilter wurden die verwendeten, von G. BECKER und W. GERISCH (1977) ausführlich beschriebenen numerisch und graphisch orientierten Rechenprogramme zur Bearbeitung von Zeitreihensegmenten mit einem von E. A. ROBINSON (1967) gegebenen Programm kombiniert. Es handelt sich um das Programm SHAPE. Dieses Rechenprogramm, welches sich auf fünf Unterprogramme stützt, dient im wesentlichen der Berechnung von Filterkoeffizienten zu vorgegebenen input- und output-Zeitreihensegmenten auf der Basis der Methode der kleinsten Quadrate, d. h. der Aufstellung und Lösung von diskreten Analoga der Wiener-Hopschen Integralgleichung, wobei auch der Approximationsfehler und das bei Anwendung des erhaltenen Filters auf das gegebene input-Zeitreihensegment tatsächlich resultierende output-Zeitreihensegment gewonnen werden können. Unter Zugrundelegung der Daten aus dem Jahre 1974 führten computermäßige Experimente mit dieser Kombination von Rechenprogrammen allerdings zu Filtern, die sich im Hinblick auf eine verbesserte Approximation der Fraßaktivität, verglichen mit dem intuitiv gefundenen und auch zur Bearbeitung der im vorliegenden Beitrag vorgestellten geomagnetobiologischen Resultate verwendeten Filter als von ganz erheblich geringerer Leistungsfähigkeit erwiesen. Dieser Sachverhalt dürfte mit dem hochgradig nichtstationären Charakter der für 1974 und auch sonst vorliegenden Zeitreihensegmente zusammenhängen.

Die Ergebnisse der beschriebenen Experimente führten zu einer Vertiefung der schon früher gewonnenen Vorstellung, wonach effektivere Digitalfilter zur Bearbeitung des vorhandenen Datenmaterials kaum mit Hilfe allgemeiner, mechanischer Prozeduren auf rechnerischem Wege gewonnen werden können. Nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis scheint eher ein systematisches Ausprobieren von Filterkoeffizienten (trial and error) im Rahmen eines computer- und sichtgerätgestützten, interaktiven Systems erfolgversprechend zu sein. Bei einem solchen Vorgehen würde eine Optimierung „nach Ermessen“ möglich werden, wobei verschiedenen Zeitpunkten bzw. Zeiträumen unterschiedliche Gewichte, beispielshalber in Anlehnung an die am Versuchstag

angepaßten Summen der Werte der für den Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes maßgeblichen Ziffer, zugeordnet werden könnten. Zur Programmierung und Einrichtung eines solchen Systems wurden bereits Vorbereitungen getroffen. Über soft- und hardwaremäßige Einzelheiten sowie die Eigenschaften der zu erhaltenden Digitalfilter wird bei späterer Gelegenheit zu berichten sein.

Bei E. A. ROBINSON (1967) finden sich neben dem beschriebenen, auf Systeme mit einem input und einem output zugeschnittenen Programm SHAPE auch Versionen zu dem Programm WIENER, welches zur Gewinnung von Digitalfiltern für Systeme mit mehreren inputs und mehreren outputs (vektorielle Zeitreihensegmente) vorgesehen ist. Im Prinzip könnte ein solches Programm zur Bearbeitung geomagnetobiologischer Beobachtungen aus dem Berliner Raum deswegen von besonderem Interesse sein, weil vom Adolf-Schmidt-Observatorium, wie bereits erwähnt, neben der Kennziffer  $K_1$  eine weitere, in sich schon vektorielle Kennziffer  $K_2$ , bestimmt wird, so daß mit Hilfe der Komponenten dieser Kennziffer in Verbindung mit der Kennziffer  $K_1$  der geomagnetische input zu geomagnetobiologischen Systemen auf verschiedene Weisen in vektorieller Form beschrieben werden kann. Von einer Erprobung des Programms WIENER mit dem Datenmaterial von 1974 wurde in Anbetracht der Erfahrungen mit dem Programm SHAPE zunächst Abstand genommen. Es wird jedoch damit gerechnet, daß die Experimente mit dem in Vorbereitung befindlichen interaktiven System auch zu Resultaten führen, die die Einschätzung des Nutzens einer Anpassung der Programme SHAPE und WIENER an die datenmäßig vorliegenden Verhältnisse durch Einführung von Gewichtungen und Berücksichtigung sonstiger Erkenntnisse ermöglichen.

Es sei noch bemerkt, daß von R. E. WYZGA (1978) allgemeinere Ansätze zur Beschreibung des Zusammenhanges zwischen der Zahl der Sterbefälle je Tag und einem Maß für die Luftverschmutzung (COH) verwendet wurden. Solche Ansätze könnten im Prinzip auch zu einer Beschreibung der im vorliegenden Beitrag untersuchten Zusammenhänge herangezogen werden. — In methodischer Hinsicht (lagged cross-covariance analysis) sei auch noch der Beitrag von I. CECH, M. SMOLENSKY, R. LANE, B. HALEVY und S. SAMUELOFF (1976) über biometeorologische Aspekte kurzzeitiger Fluktuationen der Sterblichkeit bei Kreislaufkrankheiten erwähnt. — Eine geophysikalisch orientierte Einführung in die mit Digitalfiltern zusammenhängenden Probleme vermittelt das Buch von O. KULHANEK (1976).

#### 4.2 Geomagnetische Aktivität — tellurische Aktivität — Fraßaktivität

Während bisher über weitere Möglichkeiten zu einer verbesserten Beschreibung insbesondere des Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität berichtet wurde, sollen nunmehr unter Berücksichtigung der einleitend skizzierten Zielsetzung zur weiteren geophysikalischen Begründung und Stützung dieses Zusammenhanges einige hauptsächlich die beschriebenen versuchsmäßigen und weniger die in der Natur unmittelbar auftretenden Verhältnisse berücksichtigende, vorwiegend physikalische Betrachtungen im Hinblick auf den diese beiden Aktivitäten verknüpfenden Steuerungsmechanismus angestellt werden. Es wird sich dabei zeigen, daß in dem hier vorgesehenen Rahmen klassische Vorstellungen zunächst hinreichend sind, wenngleich nicht auszuschließen ist, daß zur Erklärung der Resultate weiterführender Experimente mit Termiten auch Ansätze aus dem Gebiet Photonen-Biophysik von Interesse sein können. Hierzu wird auf die von F.-A. POPP (Marburg) und U. WARNKE (Saarbrücken) ab 1978 herausgegebene Berichtsreihe „Bio-Photon-Physics“ verwiesen.

Es werde nun ein mit feuchtem Vermiculit, einer Gruppe von Termiten sowie einer Holzprobe versehenes Polystyrol-Gefäß betrachtet, von dem angenommen werden soll, daß es im Versuchsklimaraum zunächst von anderen Gefäßen hinreichend abgesondert aufgestellt sei. In Anbetracht der über den Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität und der geomagnetischen Aktivität vorgetragenen Resultate besteht kein Zweifel, daß es sich, von Störeinflüssen technischer Magnetfelder abgesehen, dabei um ein geomagnetobiologisches System handelt.

Im folgenden soll zunächst eine Übersicht zu den auch für derartige Systeme bedeutsamen elektrodynamischen Grundlagen gegeben werden, derart, daß gleichzeitig eine Untersuchung

der fundamentalen Frage vorbereitet wird, ob von dem erwähnten geomagnetobiologischen Charakter auch dann noch auszugehen ist, wenn man statt des ursprünglichen Systems ein im wesentlichen aus einer einzelnen Termiten bestehendes Teilsystem betrachtet. Die Diskussion dieser Frage wird, wie bereits einleitend angedeutet, zu einer gegenteiligen Vorstellung führen, wonach anzunehmen ist, daß eine einzelne Termiten im allgemeinen nicht mehr unmittelbar auf das geomagnetische Feld, sondern auf das schon in den vorbereitenden Ausführungen, wenigstens ausschnittsweise, besonders herauszustellende tellurische Feld anspricht, welches mit dem geomagnetischen Feld, zumindest anteilmäßig, im Rahmen eines elektromagnetischen Feldes zu einer unteilbaren Naturerscheinung verbunden ist. An Hand der aus diesen Überlegungen resultierenden Erkenntnisse sollen dann die Betrachtungen im Sinne der bereits umrissenen engeren Zielsetzung weitergeführt werden.

Zur Beschreibung der klassischen elektrodynamischen Aspekte geomagnetobiologischer Systeme dienen die aus empirischen Erkenntnissen gewonnenen, gewöhnlich in Integralform oder in der Form durch differentielle Zusatzbedingungen, Materialgleichungen sowie Rand-, Anfangs- und gegebenenfalls Übergangsbedingungen ergänzter, vektorieller Differentialgleichungen vorliegenden Maxwell'schen Gleichungen. Durch die erste Maxwell'sche Gleichung wird das Durchflutungsgesetz verallgemeinert. Die zweite Maxwell'sche Gleichung verallgemeinert das Induktionsgesetz. Insbesondere wird berücksichtigt, daß mit einer Veränderung eines magnetischen Feldes die Induzierung eines elektrischen Feldes nicht nur in Leitern, sondern in beliebigen Medien verbunden ist.

Zu bemerken bleibt, daß sich die hier angesprochene Version der Maxwell'schen Gleichungen zunächst auf ruhende Medien bezieht. Verallgemeinerungen für bewegte Leiter und Nichtleiter sind möglich, wobei man letzten Endes auf die Maxwell-Minkowskischen Gleichungen geführt wird. Diese Verallgemeinerungen dürften bei der Untersuchung derjenigen geomagnetobiologischen Systeme Bedeutung erlangen, bei denen auch trotz Idealisierung nicht mehr von der Voraussetzung ruhender Medien ausgegangen werden kann. Für den Fall des betrachteten geomagnetobiologischen Systems wird an der ursprünglichen Version der Maxwell'schen Gleichungen festgehalten. Einflüsse, die auf die einzelne Termiten in Verbindung mit Änderungen des geomagnetischen Feldes nach der ursprünglichen Version dieser Gleichungen oder wegen der in manchen Situationen und bei einzelnen Aktivitäten erstaunlich raschen Bewegung in Übereinstimmung mit einer verallgemeinerten Version ausgehen, werden, obwohl die Bedeutung dieser Einflüsse für das Verhalten der Termiten noch nicht abgesehen werden kann, im folgenden vernachlässigt.

Wendet man den Gehalt der zweiten Maxwell'schen Gleichung auf das betrachtete geomagnetobiologische System und seine Umgebung an, so muß davon ausgegangen werden, daß das geomagnetische Feld sowohl in der Umgebung des Polystyrol-Gefäßes als auch in seinen Wänden und in seinem Inneren, d. h. insbesondere in der mit Termiten durchsetzten, mithin nur näherungsweise homogenen Vermiculitschicht, im Übergangsbereich zur Holzprobe und in dieser Probe selbst mit einem elektrischen Feld (Wirbelfeld) verknüpft ist. Während der aufgrund dieser Überlegungen in der enthaltenen Luft anzunehmende Anteil dieses elektrischen Feldes dem luftelektrischen Feld der Erde zugerechnet werden kann, handelt es sich bei demjenigen Anteil, der mit den festen, insbesondere auch den unmittelbar geomagnetobiologisch bedeutsamen Elementen dieses Systems verbunden ist, im wesentlichen um einen Ausschnitt aus dem an der Erdoberfläche unter lokalen, regionalen und auch planetarischen Gesichtspunkten über entsprechende elektrische Potentialdifferenzen zu beobachtenden sowie unter stark einschränkenden Voraussetzungen auch theoretisch zugänglichen tellurischen Feld.

Die Feldstärke des tellurischen Feldes hängt hauptsächlich von der geologischen Beschaffenheit des Beobachtungsgebietes und dessen geographischer Breite ab. Für die feste Erdoberfläche kann in mittleren Breiten an geomagnetisch ruhigen Tagen im Mittel mit einigen mV/km, während stärkerer geomagnetischer Störungen mit einigen V/km, bisweilen sogar mit einigen zehn V/km gerechnet werden. Eine Schätzung für die durchschnittliche Dichte der mit diesem Feld verbundenen Erdströme liegt bei 2 A/km<sup>2</sup>. Die Richtung des Feldstärke- und des Stromdichtevektors ändert sich beständig. Was die auch dadurch zum

Ausdruck kommenden, für die lokale Situation besonders wichtigen zeitlichen Änderungen des tellurischen Feldes anbetrifft, so kann davon ausgegangen werden, daß, von künstlichen Einflüssen abgesehen, praktisch alle derartigen Änderungen von entsprechenden geomagnetischen Einflüssen herrühren, wobei der Zusammenhang zwischen den tellurischen und den geomagnetischen Fluktuationen für Perioden von einer Sekunde bis zu einem Tag besonders eng ist und entsprechend der zweiten Maxwell'schen Gleichung geomagnetische Fluktuationen mit kürzerer Periode tellurisch stärker hervortreten. Hinsichtlich der planetarischen Verhältnisse haben systematische Beobachtungen zu einer Vorstellung von der Existenz 16 in sich geschlossener, ganze Kontinente überspannender Stromsysteme geführt, unter denen sich die Erde dreht (O. H. GISH, 1936).

Weitere experimentelle und auch theoretische Einzelheiten zum tellurischen Feld und über den auch die größeren Perioden, einschließlich der 27-Tage-Periode, einbeziehenden Zusammenhang zwischen dem geomagnetischen und dem tellurischen Feld können den Handbuch-Beiträgen von L. CAGNIARD (1956, 1967) entnommen werden. Die tellurischen Feldverhältnisse, d. h. die Erdpotentialgradienten, werden im übrigen auch von Observatorien registriert. Die Ergebnisse sind allerdings nicht in dem Umfange allgemein zugänglich, wie dies hinsichtlich der Kennziffern für die geomagnetische Aktivität der Fall ist. Bezüglich experimenteller Aspekte wird auch auf den Beitrag von K. LENGNING (1955) über die Erdstromapparatur des Adolf-Schmidt-Observatoriums verwiesen. Eine eigene Registrierung dieser Feldverhältnisse für einen Vergleich mit der Fraßaktivität, auch zur stärkeren experimentellen Berücksichtigung des Einflusses der Erde, dürfte wegen technischer Störfelder auf dem Versuchsgelände und bezüglich der zu benutzenden Elektroden problematisch sein.

Solche elektrischen Wirbelfelder sind auch in räumlich ausgedehnten, unter labormäßigen Bedingungen betrachteten Leitern mit allerdings über entsprechend kurze Bahnen in sich geschlossenen Leitungsströmen (Wirbelströme, Foucault-Ströme) verknüpft, an deren Untersuchung unter den genannten Bedingungen bisher hauptsächlich physikalisch/elektrotechnisches Interesse bestand. Eine Beschreibung dieser Felder einschließlich der damit verbundenen zusätzlichen Phänomene (Joule'sche Wärme, Wirbelstromverluste, Strom- und Flußverdrängung) ist unter vereinfachenden Voraussetzungen mit Hilfe partikulärer Lösungen der Maxwell'schen Gleichungen, insbesondere auch für quader- und rechteckplattenförmige Bereiche, wie sie im Rahmen des betrachteten geomagnetobiologischen Systems vorkommen, aber auch für kreis- bzw. zylindersymmetrische Bereiche möglich, wobei meist davon ausgegangen wird, daß die Leitfähigkeit bekannt sowie orts- und zeitunabhängig ist, der Vektor des magnetischen Feldes dagegen in bezug auf die Richtung ortsunabhängig, normal zu einer Begrenzungsebene sowie zeitlich der Größe nach sinusförmig veränderlich und, falls es lediglich um eine die Flußverdrängung vernachlässigende Näherung geht, auch der Größe nach ortsunabhängig angenommen wird.

Die im Zusammenhang mit dem betrachteten geomagnetobiologischen System in dieser Hinsicht anzutreffenden Verhältnisse sind allerdings, wie noch ausführlicher darzulegen sein wird, mit den angedeuteten, auch mit Rücksicht auf die dann gerade noch gewährleistete strenge Lösbarkeit der Maxwell'schen Gleichungen gemachten Voraussetzungen nur schwerlich und auch nur nach zusätzlichen Modifizierungen und Idealisierungen in eine gewisse Übereinstimmung zu bringen. Trotzdem wird eine weitere Erforschung dieses geomagnetobiologischen Systems von einer experimentellen und auch theoretischen Untersuchung der mit der Übertragung des umrissenen physikalisch/elektrotechnischen Vorgehens auf dieses System gegeben, noch näher zu erläuternden Ansatzpunkte ausgehen müssen, wobei sich nunmehr die Rolle des tellurischen Feldes im Rahmen des Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität deutlicher abzeichnet und gleichzeitig verständlich wird, daß zur Ermöglichung einer weiterführenden computerorientierten Bearbeitung dieses Zusammenhanges gegenüber den bisher besprochenen physikalisch/elektrotechnischen Aspekten geomagnetisch/mathematische Aspekte in den Vordergrund treten müssen.

Die nunmehr vorzunehmende, durch physikalische Betrachtungen vorbereitete Untersuchung der Frage nach der unmittelbaren Wirkung des geomagnetischen oder des tellurischen Feldes

auf eine einzelne Termiten wird sich, mit dem Ergebnis der bereits eingeführten Vorstellung von der unmittelbaren Wirkung des zuletzt erwähnten Feldes, sowohl auf eine Eigenschaft der von G. BECKER und W. GERISCH (1973) publizierten, auch von A. P. DUBROV (1978, S. 107) wiedergegebenen Periodogramme als auch auf Versuchsergebnisse von G. BECKER (1976a,c, 1977a,b) stützen, die u.a. den Einfluß von metallischen Abschirmungen auf die Galeriebauaktivität behandeln und erstmalig zeigen, daß sich eine Kommunikation zwischen Termiten über Biofelder abspielt. Auf eine zusammenfassende und vervollständigte Darstellung dieser Ergebnisse von G. BECKER (1979a) wurde bereits verwiesen.

Bei den von G. BECKER und W. GERISCH (1973) erhaltenen Periodogrammen fiel sogleich auf, daß, im Gegensatz zu den Erwartungen, die Periodogramme für die Fraßaktivität feiner gegliedert waren als diejenigen für die geomagnetische Aktivität. Dieser Sachverhalt deutete an sich schon darauf hin, daß der Zusammenhang nicht auf der geomagnetischen Aktivität, sondern auf einem mit dieser Aktivität außerordentlich eng verbundenen Phänomen beruhen mußte. Der Schluß, daß es sich hierbei nur um die tellurische Aktivität handeln kann, wurde allerdings seinerzeit noch nicht gezogen, da zusätzliche bestätigende Ergebnisse fehlten.

In dieser Hinsicht anwendbare Ergebnisse sind nun in den genannten Beiträgen enthalten. Von G. BECKER (1976a) wurde insbesondere gezeigt, daß Termitengruppen, die metallischen, in die elektrischen Feldverhältnisse innerhalb der Vermiculit-Schicht mehr oder minder stark eingreifenden Abschirmungen verschiedener Art und Beschaffenheit ausgesetzt werden, mit einer weitgehenden, teils über längere Zeiträume erstreckten Einstellung der Galeriebau-Aktivität reagierten. Von G. BECKER (1976c, 1977a,b) wurde über weitere Versuchsergebnisse zum Verhalten von Termitengruppen hinsichtlich des Galeriebaus im Rahmen von übergeordneten geomagnetobiologischen Systemen berichtet, die sich durch eine benachbarte Anordnung nach Art einer quadratischen Matrix aus geomagnetobiologischen Systemen der bereits beschriebenen Beschaffenheit ergaben. Die Ergebnisse wurden dabei einerseits an Systemen gewonnen, bei denen die einzelnen Polystyrol-Gefäße lediglich durch die unvermeidbaren Luftspalte voneinander getrennt waren, andererseits wurden auch Systeme untersucht, bei denen eine Trennung durch zusätzlich eingebrachte, geerdete Aluminium-Platten vorgenommen wurde. Es zeigte sich, daß die Termitengruppen hinsichtlich der Galeriebauaktivität auf diese Eingriffe in die elektrischen Feldverhältnisse so reagierten, daß auf die Existenz einer Kommunikation über Biofelder und deren elektrische Natur geschlossen werden konnte.

Diese Sachverhalte bringen das Verhalten von Termiten auch explizit mit primär geänderten elektrischen Feldverhältnissen, besonders in Übergangsbereichen, in Verbindung und führen gleichzeitig zu einer Beantwortung der Grundsatzfrage in Übereinstimmung mit der bereits eingeführten Vorstellung von einem unmittelbaren Ansprechen der Termiten auf das tellurische Feld. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, daß die Termiten bezüglich des Galeriebaus mehr auf die in zeitlicher Hinsicht mittleren, globalen tellurischen Feldverhältnisse ansprechen, während bezüglich der Fraßaktivität in erster Linie die zeitlichen Änderungen der lokalen Feldverhältnisse von Bedeutung sind.

Zu Beginn einer nunmehr vorzunehmenden detaillierteren Darlegung der im Rahmen einführender Betrachtungen zu dem ursprünglichen geomagnetobiologischen System vorbereiteten Gedankengänge sind zunächst noch einige Bemerkungen über den Vektor des geomagnetischen Feldes und die Leitfähigkeit der wesentlichen Elemente dieses Systems notwendig.

Was den unter Umgehung von Aktivitätsmaßen unmittelbar aus den Magnetogrammen der Observatorien komponentenmäßig, im Hinblick auf die numerische Weiterverarbeitung mit einer von Fall zu Fall kritisch zu würdigenden Genauigkeit zugänglichen Vektor des geomagnetischen Feldes anbetrifft, so kann in Anbetracht der geringen geometrischen Ausdehnungen des geomagnetobiologischen Systems zunächst näherungsweise davon ausgegangen werden, daß dieser nach Richtung und Größe als ortsunabhängig anzusehen ist. Zeitlich ändert sich dieser Vektor nicht nur der Größe, sondern auch der Richtung nach. Dies trifft besonders auch dann noch zu, wenn man sich auf die Betrachtung des zu den K-Variationen gehörigen, für die Steuerung der Fraßaktivität als wesentlich erkannten Feldanteiles beschränkt.

Eine exakte experimentelle, mit den Verhältnissen in den Observatorien übereinstimmende Realisierung der angedeuteten Verhältnisse kann, wie bereits aus der Arbeit von G. BECKER und W. GERISCH (1977), aber auch aus einem hier vorgetragenen Ergebnis hervorgeht, besonders dann mit Schwierigkeiten verbunden sein, wenn vergleichende Parallelversuche, womöglich an voneinander weiter entfernten Orten, mit mehreren Systemen der besprochenen Art durchgeführt werden sollen. Zu berücksichtigen ist in jedem Falle, daß die Intensität des geomagnetischen Feldes im Inneren von gewöhnlichen Gebäuden wegen der abschirmenden Wirkung der Eisenmassen der Baukonstruktionen merklich kleiner ist als im freien Gelände. Außerdem wechseln innerhalb von Räumen Richtung und Größe des Feldes, vor allem in der Nähe der Wände oft von Ort zu Ort beträchtlich. Über diesen Einfluß hinaus sind auch Unterschiede in den geomagnetischen Variationen zu bedenken, die durch heterogene Leitfähigkeitsstrukturen des Untergrundes, durch Binnengewässer und Meere sowie deren Strömungen hervorgerufen werden. Hier wird zumeist der Störungsgang der Vertikalkomponente des geomagnetischen Feldes beeinträchtigt, auf dessen geomagnetobiologische Bedeutung schon in dem bereits wiederholt erwähnten Beitrag ausführlich hingewiesen worden ist.

Im Hinblick auf die Leitfähigkeit der wesentlichen Elemente des geomagnetobiologischen Systems ist zu bemerken, daß diese für eine von Termiten freie, feuchte Vermiculit-Schicht mit aufgelegter trockener Holzprobe als vernachlässigbar klein anzusehen ist. Durch die mit den Lebensaktivitäten der eingebrachten Termiten (Fraß, Verdauung, Galeriebau) verbundenen Ausscheidungen (Speichel, Kot) werden in dieser Schicht, besonders auch im Übergangsbereich zur Holzprobe und in der Umgebung der in kurzer Zeit innerhalb von Schicht und Probe entstehenden Galerien elektrolytische Prozesse ermöglicht, die zur Ausbildung von zeitlich veränderlichen Leitfähigkeitszonen unterschiedlicher geometrischer und physikalischer Beschaffenheit führen. Eine Modellierung der Ausbildung dieser Zonen würde, da es sich um eine die atomistische Struktur der Elektrizität berührende Erscheinung handelt, sogar die Einbeziehung elektronentheoretischer Hilfsmittel erfordern.

In Anbetracht der geschilderten Gegebenheiten werden sich die bereits oben als notwendig erkannten Modifizierungen und Idealisierungen zunächst auf die Magnetfeld- und die Leitfähigkeitsverhältnisse zu konzentrieren haben. Gleichzeitig wird auch von der Seite der Theorie her schon zu Beginn weiterführender Überlegungen zu bedenken sein, in welcher Weise sich Vereinfachungen im Hinblick auf Ansätze und Rechnungen durch eine Änderung der zunächst weitgehend willkürlich festgelegten geometrischen und materialmäßigen Beschaffenheit des ursprünglichen Systems erreichen lassen und welche Möglichkeiten einer Optimierung dieses Systems sowohl bezüglich des Zusammenhanges zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität, aber auch im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle überhaupt bestehen. Außerdem wird zu bedenken sein, in welcher Weise und Größenordnung die Feldverhältnisse in den geomagnetobiologisch wesentlichen Elementen des Systems durch eine die Erde in idealisierter Weise einbeziehende, im Vergleich zu einer isolierten Betrachtungsweise realistischere, die Zusammenhänge aber ganz erheblich komplizierende Ausdehnung der Grenzen des bisher stillschweigend auf das Polystyrol-Gefäß beschränkten Systems beeinflusst werden.

Von der Seite der Theorie her bietet sich nun im Hinblick auf das betrachtete System zunächst eine besonders für die Vereinfachung der Magnetfeldverhältnisse wesentliche, auch auf andere geomagnetobiologische Systeme ähnlicher Art unmittelbar übertragbare Modifizierung von ganz grundsätzlicher Bedeutung derart an, daß die räumlich ausgedehnte, quaderförmige Vermiculit-Schicht durch eine kreisförmige Vermiculit-Schicht mit möglichst geringer Schichtdicke ersetzt wird. Diesen Symmetrie-Verhältnissen wäre auch die Holzprobe nach Gestalt und Anordnung anzupassen. Auf das so modifizierte, zunächst waagrecht anzuordnende System läßt sich unter der idealisierenden Voraussetzung einer bekannten, orts- und zeitunabhängigen Leitfähigkeit sofort die zweite Maxwell'sche Gleichung anwenden, die nunmehr eine näherungsweise Verknüpfung des Störungsganges einer einzigen Komponente des

geomagnetischen Feldes, nämlich der Vertikalkomponente, mit den in Schicht, Holzprobe und Übergangsbereich ebenfalls kreissymmetrischen tellurischen Feldstärkeverhältnissen gestattet, wodurch auch die an Hand des ursprünglichen Systems beobachtete Abhängigkeit der Fraßaktivität von dem erwähnten Störungsgang einer Erklärung nähergebracht werden kann. Während das so anzuordnende kreissymmetrische System, in einer gewissen Analogie zu dem ursprünglichen System, nur in den relativ seltenen Zeiträumen einer kontinuierlichen und auch meßbaren Ausprägung dieses Störungsganges experimentell und auch theoretisch von größerem Interesse wäre, könnte durch eine senkrechte Anordnung eines solchen Systems bei gleichzeitiger Ausrichtung nach einer Horizontalkomponente des geomagnetischen Feldes erreicht werden, daß gegenüber dem ursprünglichen System gewonnene Vorteile erhalten bleiben, daß aber dieser mit dem Störungsgang der Vertikalkomponente verbundene Nachteil entfällt. Eine verbesserte Beschreibung des tellurischen Feldausschnittes in der Vermiculit-Schicht könnte unter Verwendung der Lösung von A. A. ASHOUR (1950) für die Berechnung der in Kreisscheiben induzierten elektrischen Ströme aufgestellten Integralgleichung erfolgen, wobei experimentelle und theoretische Gegebenheiten durch Verwendung zusätzlicher Abschirmungen noch weiter zusammengebracht werden könnten. Zusätzliche Anregungen wären dem Übersichtsaufsatz von A. T. PRICE (1967) zu entnehmen.

Was den Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle anbetrifft, so dürften zu einer Optimierung räumlich ausgedehnte Systeme geeigneter sein, wenn damit auch die theoretische Zugänglichkeit ganz beträchtlich erschwert wird. Trotzdem könnte die Einrichtung solcher auf die einzelnen Komponenten abgestimmter, kreissymmetrischer Systeme im Zusammenhang mit der Sterbezahl, den Sterbeprozessen sowie dem auch im menschlichen Körper vorhandenen und daselbst mit physiologischen Prozessen verbundenen tellurischen Feldausschnitt von Interesse sein.

Eine theoretische Berücksichtigung des Einflusses der Erde auf das betrachtete geomagnetobiologische System wird im Prinzip durch halbraumartige, auch aus einzelnen Schichten bestehende Idealisierungen ermöglicht wie sie unter geophysikalischen Aspekten von T. RIKITAKE (1966) im Hinblick auf die mit der elektromagnetischen Induktion zusammenhängenden theoretischen Fragestellungen untersucht wurden. Was die Maxwellschen Gleichungen anbetrifft, so beschränkt man sich in diesem Rahmen auf die Anwendung der zur Beschreibung quasistationärer Felder geeigneten, einfacheren Version, wobei weitere Vereinfachungen bezüglich Raumladung und Permeabilität üblich sind. Schwierigkeiten dürften sich in besonderem Maße wegen der unter diesen Bedingungen nunmehr in ihrer vollen Komplexität zu berücksichtigenden Magnetfeldverhältnisse ergeben, wobei auch das Problem einer Beschreibung dieser Verhältnisse durch Superposition einfacherer Lösungen der Maxwellschen Gleichungen (Wellen) erheblich zur Komplizierung beitragen könnte. Über die praktische Lösbarkeit der auf die angedeutete Weise bei der Beschreibung des tellurischen Feldes entstehenden mathematisch-numerischen Probleme beträchtlichen Gewichtes können zunächst noch keine generellen Aussagen gemacht werden. Methodisch liegen bei derartigen Problemen jedoch anstelle unmittelbarer Lösungsansätze zu den Maxwellschen Gleichungen auch geeignete finite Elemente einbeziehende Ansätze auf der diesen Gleichungen äquivalenten Basis einer Minimierung entsprechender Energieausdrücke nahe. Im Gegensatz zu den Verhältnissen in anderen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen finden allerdings solche Methoden, wie aus dem Beitrag von J. H. COGGON (1971) hervorgeht, in Geophysik und Elektrodynamik erst seit einigen Jahren eine bisher auf ganz wenige, überwiegend zweidimensionale Probleme beschränkte Anwendung. Erwähnt seien, auch im Hinblick auf die beschriebenen Leitfähigkeitsverhältnisse in der Vermiculit-Schicht, noch die Beiträge von E. KISAK und P. SILVESTER (1975), von I. K. REDDY und D. RANKIN (1975), von P. KAIKKONEN (1977) sowie von H. W. HILL und W. L. COOLEY (1976). Außerdem ist in Anbetracht der skizzierten Möglichkeiten darauf hinzuweisen, daß sich Berührungspunkte zwischen den hier

untersuchten geomagnetobiologischen Zusammenhängen und dem Problembereich der geomagnetischen Tiefensondierung (Magnetotellurik) abzeichnen (H. WIESE, 1965).

Zur Beschreibung des tellurischen Feldausschnittes innerhalb eines solchen geomagnetobiologischen Systems mit Hilfe der aus entsprechenden Berechnungen erhaltenen numerischen Resultate über den zeitlich und örtlich in bezug auf Richtung und Größe veränderlichen Feldvektor (Stromdichtevektor) werden zusätzlich computergrafische Hilfsmittel hinzuzuziehen sein, die eine geeignete Darstellung dieser Resultate, womöglich auch in der Form von Momentbildern über den Feldlinien- (Stromlinien-) bzw. Feldröhrenverlauf (Stromröhrenverlauf) gestatten. Methodische Detailfragen hierzu sollen übergangen werden.

Hat man nun den theoretischen Übergang vom geomagnetischen zum tellurischen Feld für ein im Hinblick auf die Fraßaktivität von Termiten zu bearbeitendes geomagnetobiologisches System in der einen oder anderen Weise realisiert, so bieten sich für den noch zu vollziehenden Übergang von der nunmehr durch einen örtlich und zeitlich veränderlichen Feldvektor gekennzeichneten tellurischen Aktivität zur Fraßaktivität einerseits globale Energiebetrachtungen oder Mittelbildungen sowie wiederum Ansätze, wie sie bei der Bestimmung geomagnetischer Aktivitätsmaße verwendet werden (M. SIEBERT, 1971), verbunden mit Digitalfiltern an. Andererseits stehen für eine den stochastischen Charakter derartiger Systeme betonende Simulation dieses Überganges Monte-Carlo-Ansätze einbeziehende Methoden zur Verfügung, die mit Hilfe von Zufallsprozeduren eine superponierende, computermäßige Beschreibung des zeitlichen und örtlichen Verhaltens der betrachteten Termitengruppe in bezug auf die Fraßaktivität, womöglich auch unter Einbeziehung der Galeriebauaktivität, ausgehend von einfachen Annahmen über das Verhalten der einzelnen Termiten in dem zugrundegelegten tellurischen Feldausschnitt gestatten. Grundlegende Voraussetzung für eine Anwendbarkeit dieser Methoden ist die Erstellung eines auch schrittweise zu verfeinernden Modells, in dessen Rahmen das durch Annahmen festzulegende Verhalten der einzelnen Termiten unter den deterministischen, momentanen Feldeinflüssen und Zufallseinflüssen auf eine Anzahl von präzisierten Teilaktivitäten oder Zuständen bezogen wird. Die wesentlichen Annahmen können teils in Analogie zu den bereits beschriebenen Ergebnissen über den Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität und der geomagnetischen Aktivität erfolgen. Ergänzend wären auch wiederholt angesprochene Erkenntnisse über die Galeriebauaktivität und sonstige Ergebnisse über das Verhalten von Termiten verwendbar.

Derartige Methoden sind hinsichtlich ihrer Anwendung in Naturwissenschaft und Technik, aber auch im Verkehrswesen, hinreichend bekannt (W. HENGARTNER und R. THEODORES-CU, 1978). Zahlreiche weitere, auf den interessierten Biologen oder Mediziner zugeschnittene Hinweise und Anregungen finden sich, auch im Hinblick auf andere Simulationsmethoden, bei B. SCHNEIDER und U. RANFT (Ed.), (1978). Die Aufstellung und Durchrechnung konkreter Modelle hat sich häufig als eine außerordentlich nützliche und auch reizvolle Aufgabe erwiesen, deren Bearbeitung für den vorliegenden Fall, in Wechselwirkung mit dem Experiment, zu weiteren Erkenntnissen über das Verhalten von Termiten im besonderen und zu grundlegenden geomagnetobiologischen Einsichten im allgemeinen führen dürfte.

## Schrifttum

- ABROS'KIN, V., 1971:  
Magnetfeld der Erde und Sexualisierung des menschlichen Embryos.  
Sammelband „XVIII wiss. Physiologen-Konf. RSFSR, 2. Voroneß 1971“ 8 — 9 [Russ.]
- AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER UdSSR, Physiol. Zweig (Ed.), 1978:  
Magnetfeld und Lebenstätigkeit von Organismen. Probleme der Kosmischen Biologie 37. Moskau: Nauka [Russ.]
- AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER UdSSR, Sib. Zweig, SIB. INST. f. ERDMAGN. IONOSPH. u. AUSBR. v. RADIOWELLEN (Eds.), 1971:  
Forschungen über Geomagnetismus, Aeronomie und Sonnenphysik.  
Fragen der Heliobiologie und biologischen Wirkung magnetischer Felder, Ausg. 17. Moskau: Nauka [Russ., engl. Zus.]
- ALABOVSKII, Yu. I., BABENKO, A. N., 1977:  
Mortality from vascular diseases of the brain in years with different levels of magnetic activity.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.): Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.) 213 — 214
- ALEXANDER, H. S., 1962:  
Biomagnetics. The biological effects of magnetic fields.  
Americ. J. of Medical Electronics 1, 181 — 187
- ALTMANN, G., 1969:  
Die physiologische Wirkung elektrischer Felder auf Organismen.  
Arch. Meteor. Geophys. Biokl. B 17, 269 — 290
- ANONYM, 1979:  
Die ZEIT, Nr. 23, 1. 6. 1979
- ASHOUR, A. A., 1950:  
The induction of electric currents in a uniform circular disk.  
Quart. J. Mech. Appl. Math. 3, 119 — 127
- BARNOTHY, J. M., 1964:  
Introduction.  
In: BARNOTHY, M. F. (Ed.): Biological effects of magnetic fields.  
New York: Plenum Press, 3 — 24
- BARNOTHY, M. F. (Ed.), 1964:  
Biological effects of magnetic fields.  
New York: Plenum Press
- BAULE, G. M., McFEE, R., 1970:  
The magnetic heart vector.  
Amer. heart J. 79, 223 — 236
- BECKER, G., 1971:  
Magnetfeld-Einfluß auf die Galeriebau-Richtung bei Termiten.  
Naturwiss. 58, 60
- BECKER, G., 1973:  
Aktivitätsschwankungen bei Termiten, ein Phänomen von grundsätzlicher biologischer Bedeutung.  
Z. angew. Entomol. 72, 273 — 290
- BECKER, G., 1976a:  
Influence of magnetic, electric and gravity fields on termite activity.  
Material u. Organismen, Beiheft 3, 407 — 418
- BECKER, G., 1976b:  
Reaction of termites to weak alternating magnetic fields.  
Naturwiss. 63, 201
- BECKER, G., 1976c:  
Kommunikation bei Termiten: Termiten verständigen sich elektrisch.  
UMSCHAU 76, 555 — 556
- BECKER, G., 1976d:  
Chemische und physikalische Einflüsse auf Aktivität und Richtungsverhalten beim Galeriebau von Termiten.  
Mitt. Dt. Ent. Ges. 35, 99 — 104
- BECKER, G., 1977a:  
Elektrische Kommunikation bei Termiten.  
Z. angew. Entomol. 82, 300 — 306
- BECKER, G., 1977b:  
Communication between termites by biofields.  
Biol. Cybern. 26, 41 — 44
- BECKER, G., 1979a:  
Communication between termites by means of biofields and the influence of magnetic and electric fields on termites.  
In: POPP, F.-A., BECKER, G., KÖNIG, H.-L. PESCHKA, W. (Eds.): Electromagnetic Bio-Information. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 95 — 106
- BECKER, G., 1979b:  
Magnetfeld-Einfluß auf Aktivität und Richtungsverhalten von Termiten beim Bau senkrechter Galerien.  
Material u. Organismen 14, 81 — 92
- BECKER, G.:  
Untersuchungen über die Korrelation der Termiten-Fraßaktivität zu den durch die Sonnenaktivität bedingten und anderen Änderungen des geomagnetischen Feldes.  
Z. angew. Entomol. (im Druck)
- BECKER, G., GERISCH, W., 1973:  
Zusammenhänge zwischen der Fraßaktivität von Termiten und solaren Einflüssen.  
Z. angew. Entomol. 73, 365 — 386
- BECKER, G., GERISCH, W., 1977:  
Korrelation zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der geomagnetischen Aktivität.  
Z. angew. Entomol. 84, 353 — 388
- BECKER, R. O., 1961:  
Relation between natural magnetic field intensity and the incidence of psychotic disturbances in the human population.  
Int. Conf. on High Energy Magnetic Fields, Massachusetts Inst. of Technol., Cambridge, Mass. Final Program. Abstr. No. N5
- BECKER, R. O., 1963:  
The biological effects of magnetic fields — a survey.  
Med. Electron. Biol. Engng. 1, 293 — 303
- BEISCHER, D. E., 1965:  
Biomagnetics.  
Ann. New York Acad. Sci. 134, 454 — 458
- BEISCHER, D. E., 1971:  
The null magnetic field as reference for the study of geomagnetic directional effects in animals and man.  
Ann. New York Acad. Sci. 188, 324 — 330
- BERAN, G., 1972:  
Blood coagulation studies at different localities and correlations with the chemical test of Piccardi.  
J. interdiscipl. Cycle Res. 3, 207 — 208
- BERG, H., 1957:  
Solar-terrestrische Beziehungen in Meteorologie und Biologie.  
Leipzig: Akad. Verlagsges., Geest u. Portig
- BERG, H., 1960:  
Relations entre phénomènes solaires et terrestres en biologie.  
In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL: Relations entre phénomènes solaires et terrestres en chimie-physique et en biologie.  
Bruxelles: Presses Acad. Europ.

- BERNHARDT, J., 1979:  
Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder.  
Z. Naturforsch. **34c**, 616 — 627
- BIEGERT, E. K., VALKOVIC, V., 1978:  
Manuskript „Magnetic field effect on trace elements concentration ratios“, 16 S.
- BOMKE, H. A., 1951:  
Neue Experimente zum kosmoterrestischen Effekt von Takata.  
Phys. Verh. H. **5**, 99
- BORTELS, H., 1951:  
Beziehungen zwischen Witterungsablauf, physikalisch-chemischen Reaktionen, biologischem Geschehen und Sonnenaktivität. Unter besonderer Berücksichtigung eigener mikrobiologischer Versuchsergebnisse.  
Naturwiss. **38**, 165 — 176
- BOS, G. J., 1972:  
Possible relationship between sun spot cycles and fluctuations in frequency of mongolism.  
J. interdiscipl. Cycle Res. **3**, 267 — 268
- CAGNIARD, L., 1956:  
Electricité tellurique.  
In: FLÜGGE, S. (Ed.): Handbuch der Physik, XLVII, Geophysik I. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag, 407 — 469
- CAGNIARD, L., 1967:  
Earth currents.  
In: RUNCORN, S. K. (Ed.): International dictionary of geophysics. Oxford, London: Pergamon Press, 311 — 313
- CECH, I., SMOLENSKY, M., LANE, R., HALEVY, B., SAMUELOFF, S., 1976:  
Biometeorologic aspects of short-term fluctuations of cardiac mortality in Jerusalem and Tel Aviv studied by lagged cross-covariance analysis.  
Israel J. Med. Sci., Jerusalem, **12**, 828 — 831
- CHOLODOV, Ju. A., 1965a:  
Einwirkung elektromagnetischer Felder auf das Zentralnervensystem.  
Moskau: Nauka [Russ.]
- CHOLODOV, Ju. A., 1965b:  
Magnetobiologie.  
Priroda, **12** — 21 [Russ.]
- CHOLODOV, Ju. A. (Red.), 1971:  
Wirkung magnetischer Felder auf biologische Objekte.  
Moskau: Nauka [Russ.]
- CHOLODOV, Ju. A., 1978:  
Reaktionen biologischer Systeme auf magnetische Felder.  
Moskau: Nauka [Russ.]
- ČIŽEVSKIJ, A. L., 1976:  
Irdisches Echo solarer Stürme.  
Moskau: Mysl' [Russ.]
- COGGON, J. H., 1971:  
Electromagnetic and electrical modeling by the finite element method.  
Geophys. **36**, 132 — 155
- DE RUDDER, B., 1952:  
Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen.  
Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag
- DUBROV, A. P., 1978:  
The geomagnetic field and life.  
New York, London: Plenum Press
- DÜLL, T., DÜLL, B., 1934:  
Über die Abhängigkeit des Gesundheitszustandes von plötzlichen Eruptionen auf der Sonne und die Existenz einer 27tägigen Periode in den Sterbefällen.  
Virchows Arch. **293**, 272 — 319
- DÜLL, T., DÜLL, B., 1935:  
Zusammenhänge zwischen Störungen des Erdmagnetismus und Häufungen von Todesfällen.  
Dt. med. Wochenschr. **61**, 95
- DÜLL, T., DÜLL, B., 1936:  
Bericht über die Frankfurter Konferenz für medizinisch-meteorologische Statistik am 30. und 31. März 1936.  
Naturwiss. **24**, 685 — 688
- ECKERT, E. E., GERISCH, W.:  
Correlation between sudden, unexpected death of infants and the geomagnetic activity.  
(in Vorbereitung)
- ERGEBNISBERICHT, 1976:  
Anwendung magnetischer Felder in der Klinik.  
Kujbyšev [Russ.]
- ERGEBNISBERICHT, 1977:  
Klinische Anwendung magnetischer Felder.  
Iševsk [Russ.]
- ERGEBNISBERICHT, 1978:  
Geomagnetische Aktivität und ihre Prognostizierung.  
Moskau: Nauka [Russ.]
- FRASER-SMITH, A. C., 1978:  
ULF tree potentials and geomagnetic pulsations.  
Nature **271**, 641 — 642
- FRIEDMAN, H., BECKER, R. O., BACHMAN, C. H., 1963:  
Geomagnetic parameters and psychiatric hospital admissions.  
Nature **200**, 626 — 628
- GAUQUELIN, M., GAUQUELIN, F., 1975:  
Review of studies in the U.S.S.R. on the possible biological effects of solar activity.  
J. interdiscipl. Cycle Res. **6**, 249 — 252
- GISH, O. H., 1936:  
The natural electric currents in the earth.  
The scient. monthly **43**, 47 — 57
- GNEVYSHEV, M. N., NOVIKOVA, K. F., 1972:  
The influence of solar activity on the earth's biosphere.  
J. interdiscipl. Cycle Res. **3**, 99 — 104
- GNEVYSHEV, M. N., NOVIKOVA, K. F., OL', A. I., TOKAREVA, N. V., 1977:  
Sudden death from cardiovascular diseases and solar activity.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.): Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.), 201 — 210
- GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.), 1977:  
Effects of solar activity on the earth's atmosphere und biosphere.  
Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.)
- GROSS, F., 1974:  
Magnetometer für Biologie und Medizin.  
UMSCHAU **74**, 422 — 423
- HENGARTNER, W., THEODORESCU, R., 1978:  
Einführung in die Monte-Carlo-Methode.  
München, Wien: Hanser-Verlag
- HILL, H. W., COOLEY, W. L., 1976:  
Applications of NASTRAN to earth conduction problems.  
Proc. Model Simul. Annu. Pittsburgh Conf. **7**, pt 1, 47 — 49
- JAROŠENKO, A. A. (Red.), 1978:  
Lebende Systeme im elektromagnetischen Feld.  
Tomks: [Russ.]

- KAIKKONEN, P., 1977:  
Finite element program package for electromagnetic modeling.  
*J. Geophys.* **43**, 179 — 192
- KALMIJN, A. J., 1974:  
The detection of electric fields from inanimate and animate sources other than electric organs.  
In: AUTRUM, H., JUNG, R., LOEWENSTEIN, W. R., MacKAY, D. M., TEUBER, H. L., (Eds.): *Handbook of Sensory Physiology*, III/3. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 147 — 200
- KAUFMAN, G. E., MICHAELSON, S. M., 1974:  
Critical review of the biological effects of electric and magnetic fields.  
In: *Proc. Symp. Worksh. on Effects of low-frequent magn. electr. Fields on biol. Commun. Processes: Biol. and clin. Effects of low-frequent magn. and electr. Fields*. Aspen, Col. Feb. 18 — 24 1973. Springfield, Ill.: Thomas, 49 — 61
- KETCHEN, E. E., PORTER, W. E., BOLTEN, N. E., 1978:  
The biological effects of magnetic fields on man.  
*Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.* **39**, 1 — 11
- KIEPENHEUER, K. O., 1950:  
Zur Beeinflussung des menschlichen Blutserums durch die Sonne.  
*Naturwiss.* **37**, 234 — 235
- KIEPENHEUER, K. O., 1958:  
Beeinflussen die Sonnenflecken unser Leben?  
*Universitas* **13**, 29 — 39
- KISAK, E., SILVESTER, P., 1975:  
A finite-element program package for magnetotelluric modeling.  
*Computer Phys. Comm.* **10**, 421 — 433
- KISLOVSKII, L. D., 1977:  
A possible molecular mechanism by which solar activity affects biosphere processes.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.): *Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere*. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.), 164 — 183
- KÖNIG, H. L., 1975:  
Unsichtbare Umwelt. Der Mensch im Spielfeld elektromagnetischer Kräfte.  
München: Heinz Moos
- KOLIN, A., 1968:  
Magnetic fields in biology.  
*Physics today*, Nov., 39 — 50
- KULHANEK, O., 1976:  
Introduction to digital filtering in geophysics.  
Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier
- LABES, M. M., 1966:  
A possible explanation for the effect of magnetic fields on biological systems.  
*Nature* **211**, 968
- LAJZAN, L. K., ABDURACHMANOVA, E. M., MACHMUTOVA, S. L., MIRONOVA, L. V., PAŠKINA, Z. I., SAFINA, L. T., 1976:  
Studium der Korrelation zwischen den Schwankungen der Widerstandsfähigkeit von roten Blutkörperchen und den Schwankungen des geomagnetischen Feldes.  
In: *ERGEBNISBERICHT: Anwendung magnetischer Felder in der Klinik*. Kujbyšev [Russ.], 57 — 58
- LANG, S., 1972:  
Stoffwechselphysiologische Auswirkungen der Faradayschen Abschirmung und eines künstlichen Luftelektrischen Feldes der Frequenz 10 Hz auf weiße Mäuse.  
*Arch. Meteor. Geophys. Biokl. B*, **20**, 109 — 122
- LAUTSEVICHUS, L. Z., YUSHENAITE, Ya. P., BLINSTRUBAS, S. I., 1977:  
Some indexes of solar activity, geomagnetic disturbances, and cardiovascular attacks.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I., (Eds.): *Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere*. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.) 211 — 212
- LEBEDEV, S. I., BARANSKIJ, P. I., LITVINENKO, L. G., ŠIJAN, L. T., 1977:  
Wachstum von Gerste im überschwachen Magnetfeld.  
*Elektr. obrab. materialov* No. 3 (75), 71 — 73 [Russ.]
- LENGNING, K., 1955:  
Die Erdstromapparatur am Observatorium in Niemeck.  
*Geom. Inst. und Obs. Potsdam-Niemeck, Erdmagn. Jahrbuch* 1955, 160 — 165
- LIPA, B. J., STURROCK, P. A., ROGOT, F., 1976:  
Search for correlation between geomagnetic disturbances and mortality.  
*Nature* **259**, 302 — 304
- LUDWIG, H. W., 1977:  
Biologische Verträglichkeit elektromagnetischer Felder.  
*Bull. d. SEV/VSE* **68**, 941 — 946
- MAHLUN, D. D., 1977:  
Biomagnetic effects: A consideration in fusion reactor development.  
*Env. Health Persp.* **20**, 131 — 140
- MARINO, A. A., BECKER, R. O., 1977a:  
Biological effects of extremely low frequency electric and magnetic fields: A review.  
*Physiol. Chem. & Physics* **9**, 131 — 147
- MARINO, A. A., BECKER, R. O., 1977b:  
Hazard at a distance: Effects of exposure to the electric and magnetic fields of high voltage transmission lines.  
*Med. Res. Eng.* **12**, 6 — 9
- MATERIALIEN DES ALLUNIONSSYMPOSIUMS, 1972:  
Wirkung künstlicher Magnetfelder auf lebende Organismen.  
Baku. [Russ.]
- MATERIALIEN DES 3. ALLUNIONSSYMPOSIUMS, 1975:  
Wirkung magnetischer Felder auf biologische Objekte.  
Kaliningrad. [Russ.]
- MIKHAILOVSKY, V. N., KRASNOGORSKY, N. N., VOICHISHIN, K. S., GRABAR, L. I., ZHEGAR, V. N., 1969:  
On susceptibility of weak magnetic fields by people.  
*Dopovid. ANURSR, Ser. B*, **31**, No. 10, 929 — 933 [Ukr.]
- MÖLLER, K., 1978:  
Beeinflussung der Umwelt durch die Übertragung elektrischer Energie.  
*Elektrizitätswirtschaft*. **77**, 26 — 31
- NIKBERG, I. I., PIVEN', I. D., RIVKIN, B. A., CHOMENKO, Ju. A., 1977:  
Heliometeorologischer Einfluß als ökologischer Faktor des Risikos der Entstehung von Herzinfarkten.  
*Gigiena nacelen. mest. resp. mežved. sb.* No. 16, 10 — 14 [Russ.]
- NOVIKOVA, K. F., GNEVYSHEV, M. N., TOKAREVA, N. V., OHL, A. I., PANOVA, T. N., 1968:  
The effect of solar activity on the development of myocardial infarction morbidity and mortality.  
*Cardiology, Moscow*, **4**, 109 — 112
- NOVIKOVA, K. F., RYVKIN, B. A., 1977:  
Solar activity and cardiovascular diseases.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.): *Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere*. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.), 184 — 200

- OSIPOV, A. I., DESYATOV, V. P., 1977:  
The mechanism of the influence of solar-activity oscillations on the human organism.  
In: GNEVYSHEV, M. N., OL', A. I. (Eds.): Effects of solar activity on the earth's atmosphere and biosphere. Moskau: Nauka 1971 (Jerusalem: Israel Progr. Sci. Transl.), 232 — 245
- PALMER, J. D., 1976:  
An introduction to biological rhythms.  
New York, San Francisco, London: Academic Press
- PERSINGER, M. A. (Ed.), 1974:  
ELF and VLF electromagnetic field effects.  
New York, London: Plenum Press
- PETERSON, W. F., 1947:  
Man, weather, sun.  
Springfield, Ill.: Thomas
- PFÜTZNER, H., 1977:  
Physikalische Eigenschaften biologisch wirksamer niederfrequenter elektromagnetischer Felder.  
Elektrotechn. u. Maschinenb. **94**, 281 — 286
- PICCARDI, G., 1962:  
The chemical basis of medical climatology.  
Springfield, Ill.: Thomas
- PRESMAN, A. S., 1970:  
Electromagnetic fields and life.  
New York, London: Plenum Press
- PRESMAN, A. S., 1971:  
Elektromagnetische Felder in der Biosphäre.  
Moskau: Znanie [Russ.]
- PRESMAN, A. S., 1974:  
Elektromagnetische Signale in Lebewesen.  
Moskau: Sov. Radio. [Russ.]
- PRICE, A. T., 1967:  
Electromagnetic induction within the earth.  
In: MATSUSHITA, S., CAMPBELL, W. H. (Eds.): Physics of geomagnetic phenomena, I. New York, London: Academic Press, 235 — 298
- REDDY, I. K., RANKIN, D., 1975:  
Magnetotelluric response of laterally inhomogeneous and anisotropic media.  
Geophys. **40**, 1035 — 1045
- REITER, R., 1955:  
Beziehungen zwischen Sonneneruptionen, Wetterablauf und Reaktionen des Menschen, dargestellt am Verlauf der Infralangwellenstörungen, der Geburtenziffer und der Verkehrsunfallziffer.  
Angew. Meteorologie, Beih. z. Z. f. Meteorol. **1**, 289 — 303
- REITER, R., 1960:  
Meteorobiologie und Elektrizität der Atmosphäre.  
Leipzig: Akad. Verlagsges., Geest u. Portig
- RIKITAKE, T., 1966:  
Electromagnetism and the earth's interior.  
Amsterdam, London, New York: Elsevier
- ROBINSON, E. A., 1967:  
Multichannel time series analysis with digital computer programs.  
San Francisco, Cambridge, London, Amsterdam: Holden Day
- ROELOF, E. C., GOTWOLS, B. L., MITCHELL, D. G., 1978:  
Prediction of solar particle events and geomagnetic activity.  
Government Rep. AD-A056 895, Springfield, Ill.: NTIS
- SAMMELBAND, 1977:  
Aktuelle Fragen der medizinischen Magnetobiologie.  
Saransk [Russ.]
- SCHMIDT-KOENIG, K., KEETON, W. T. (Eds.), 1978:  
Animal migration, navigation and homing.  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- SCHNEIDER, B., RANFT, U. (Eds.), 1978:  
Simulationsmethoden in der Medizin und Biologie.  
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- SCHULTEN, K., SWENBERG, Ch. E., WELLER, A., 1978:  
A biomagnetic sensory mechanism based on magnetic field modulated coherent electron spin motion.  
Zeitschr. Phys. Chem., Neue Folge, **111**, 1 — 5
- SCHWARTZ, D., 1979:  
Magnetic storms on the sun can cause heart attacks.  
Nat. Enquirer. Jan 2. 1979
- SERDJUK, A. M., 1977:  
Wechselwirkungen von Organismen mit elektromagnetischen Feldern sowie mit Umweltfaktoren.  
Kiev: Nauk. Dumka [Russ.]
- SIEBERT, M., 1971:  
Maßzahlen der erdmagnetischen Aktivität.  
In: FLÜGGE, S. (Ed.): Handbuch der Physik, XLIX/3, Geophysik III, Teil III. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 206 bis 275
- SIEDENTOPF, H., 1950:  
Solare Einflüsse auf Lebensvorgänge.  
Phys. Bl. **6**, 539 — 544
- STAKANOV, V. D., 1969:  
Wirkung des geomagnetischen Feldes auf das Auskeimen von Gehölzsamen.  
Izv. sib. otd. ANSSSR, Ser. biol., vyp 2, No 10, 130 — 132 [Russ.]
- STATES, S. J., 1976:  
Weather and death in Birmingham, Alabama.  
Environ. Res. **12**, 340 — 354
- STATES, S. J., 1977:  
Weather and deaths in Pittsburgh, Pennsylvania: A comparison with Birmingham, Alabama.  
Int. J. Biometeor. **21**, 7 — 15
- STRAUS, H., NEMIDE, M., DELEANU, M., 1972:  
Annual fluctuations of the cardio-vascular mortality rate in the city of Cluj.  
J. interdiscipl. Cycle Res. **3**, 304
- ŠUŠAKOV, A. P., PANOV, T. N., NOVIKOVA, K. F., 1971:  
Schwankungen des Magnetfeldes der Erde und Myokardinfarkt, Tr. Leningr. o-va estestv. **76**, No. 1, 59 — 62 [Russ.]
- SYMPOSIUM INTERNATIONAL, 1960:  
Relations entre phénomènes solaires et terrestres en chimie-physique et en biologie.  
Bruxelles: Presses Acad. Europ.
- TAKATA, M., MURASUGI, T., 1941:  
Flockungszahlstörung im gesunden menschlichen Blutserum. „Kosmoterrestischer Sympathismus“.  
Bioklimat. Beibl. **8**, 17
- THOMSEN, D. E., 1977:  
Measuring minute magnetics.  
Science News **111**, 234 — 235
- TROMP, S. W., 1963:  
Medical Biometeorology.  
Amsterdam: Elsevier

TUNJAN, Ju. S., MIRZOJAN, G. I., BAKUNC, G. O., ABRAMJAN, V. A., 1976:

Wirkung der geomagnetischen Aktivität auf die Häufigkeit der Entstehung von Durchblutungsstörungen des Gehirns. *Arjan šrdžanarutjun Krovooobrašćenie* 9, No. 4, 3 — 7 [Russ.]

UNDT, W., 1977:

Wettereinflüsse auf die Zahl der täglichen Sterbefälle. *Universum* 32, 26 — 33

VALKOVIC, V., 1977:

A possible mechanism for the influence of geomagnetic field on the evolution of life. *Origins of Life* 8, 7 — 11

VARDOR, V. G., GABOVIČ, P. D., NIKBERG, I. I., 1977:

Über das Problem des Zusammenhanges der Häufigkeit der Entstehung von hypertensiven Krisenzuständen mit Änderungen der Sonnenaktivität und der Stärke des magnetischen Feldes der Erde.

*Gigiena i sanitarija* No. 8, 111 — 115 [Russ.]

VASILIK, P. V., 1972:

Beschleunigung und Verzögerung des Alterns der Bevölkerung der Ukraine und Schwankung des magnetischen Erdfeldes. Sammelband „*Mathem. Modelle i. d. Biologie*“. Kiev: 102 — 109 [Russ.]

VILENČIK, M. M., 1967:

Magnetische Effekte in der Biologie. *Usp. sovr. biol.* 63, 54 — 72 [Russ.]

VLADIMIRSKIJ, B. M., 1977:

Aktive Prozesse auf der Sonne und in der Biosphäre. *Izv. Akad. Nauk SSR, Ser. Fiz.*, 41, 403 — 410 [Russ.]

WARNKE, U., 1978:

Aspekte zur magnetischen Kraftwirkung auf biologische Systeme. *die heilkunst* 91, 40 — 53

WEDLER, S., 1970:

Erfahrungen aus einem Medizin-Meteorologischen Testjahr. *Schr. Reihe Ver. Wass.-, Boden-, Lufthyg. Berlin-Dahlem, H.* 30, 53 — 88

WHITE, D. R., 1975:

Electromagnetic shielding materials and performance. Germantown, Maryland: Don White Consultants, Inc.

WIESE, H., 1965:

Geomagnetische Tiefentellurik. Berlin: Akademie-Verlag

WYZGA, R. E., 1978:

The effect of air pollution upon mortality: A consideration of distributed lag models.

*J. Amer. Stat. Assoc.* 73, 463 — 472

### Zusatz

BECKER, G.:

Einfluß örtlicher geomagnetischer und anderer physikalischer Bedingungen in einem Versuchsraum auf verschiedene Insekten. (im Druck)

KNOX, E. G., ARMSTRONG, E., LANCASHIRE, R., WALL, M., HAYNES, R., 1979:

Heart attacks and geomagnetic activity. *Nature* 281, 564 — 565

MALIN, S. R. C., SRIVASTAVA, B. J., 1979:

Correlation between heart attacks and magnetic activity. *Nature* 277, 646 — 648

SCHIMITSCHEK, E., 1972:

Strahlungseinflüsse und „Biophysikalische Effekte“. *Anz. f. Schädlingskde. u. Pflanzenschutz* 45, 161 — 165



## Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

Nr. 1 /September 1968

**Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)**  
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft

Nr. 2 /Juli 1970 (vergriffen)

**Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern**  
von Dr.-Ing. Götz Andreae

Nr. 3 /September 1970 (vergriffen)

**Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile**  
von Dr.-Ing. Josef Ziebs

Nr. 4 /Dezember 1970 (vergriffen)

**Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren**  
von Dr. rer. nat. Arno Burmester

Nr. 5 /März 1971

**Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken**  
von Dr. rer. nat. Norbert Steiner

Nr. 6 /April 1971

**Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen**  
von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider

Nr. 7 /Juli 1971

**Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie**  
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz

Nr. 8 /November 1971

**Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung**  
von Dr.-Ing. Helmut Veith

Nr. 9 /November 1971

**Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen**  
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller

Nr. 10 /Januar 1972

**Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode**  
von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin

Nr. 11 /Februar 1972

**Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütewerte beim Brennschneiden**  
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause

Nr. 12 /Mai 1972

**Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren**  
von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg

Nr. 13 /Juni 1972

**Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen  $760$  und  $2 \cdot 10^{-7}$  Torr**  
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer

Nr. 14 /Juli 1972

**Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz**  
von Eberhard Fischer

Nr. 15 /August 1972

**Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse**  
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl

Nr. 16 /August 1972

**Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer**  
von Dr.-Ing. Erwin Knublauch

Nr. 17 /August 1972

**Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen**  
von Dr.-Ing. Peter Reimers

Nr. 18/Januar 1973

**Das Sprödbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches**  
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 19/Januar 1973

**Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen**  
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos

Nr. 20/April 1973

**Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden**  
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 21/Juli 1973

**Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung**  
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig

Nr. 22/Juli 1973

**Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen**  
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 23/November 1973

**Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin  
Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen**  
von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske

Nr. 24/November 1973

**Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung**  
von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 25/Dezember 1973

**Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen**  
von Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 26/August 1974

**Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —**  
von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise

Nr. 27/August 1974

**Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall**  
von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg

Nr. 28/August 1974

**Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern**  
von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 29/August 1974

**Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall**  
von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider

Nr. 30/September 1974 (vergriffen)

**The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology**  
von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon

Nr. 31/August 1975

**Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung**  
von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann

Nr. 32/September 1975

**Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen**  
von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher

Nr. 33/November 1975

**Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens**  
von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)

**Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen**  
von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe

Nr. 35/Januar 1976

**Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —**  
von Dipl.-Ing. Ernst Limberger

Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)

**Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles**  
von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt

Nr. 37/Februar 1976

**Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen — Vorschlag für ein Prüfverfahren —**  
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 38/Juni 1976

**Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionitriertem Stahl 42 CrMo 4**  
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig

Nr. 39/Juni 1976

**Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung**  
von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf

Nr. 40/Juni 1976

**Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren**  
von Dr. rer. nat. H. Hantsche

Nr. 41/Okttober 1976

**Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten**  
von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher

Nr. 42/Okttober 1976

**Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft**  
von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen

Nr. 43/Okttober 1976

**Das Sprödbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches**  
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 44/November 1976

**Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“**  
von Dipl.-Ing. W. Matthees

Nr. 45/Dezember 1976

**Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten**  
von Dr.-Ing. W. Paatsch

Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)

**Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung**  
**Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses**  
von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler

Nr. 47/Juni 1977

**Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen**  
von Dr.-Ing. Arno Plank

Nr. 48/Okttober 1977

**Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn**  
von Dr.-Ing. U. Holzlöhner

Nr. 49/Dezember 1977

**Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung**  
von Dr.-Ing. Günther Wittig

Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)

**Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern**  
von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andreae und Dipl.-Ing. Winfried Markowski

Nr. 51/Juni 1978

**Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen**  
von Dr. rer. nat. J. Sickfeld

Nr. 52/August 1978

**Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung**  
von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov

Nr. 53/Okttober 1978

**Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge**  
von Rolf Günter Rohrmann und Reinald Rudolphi

Nr. 54/Oktober 1978

**Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung**

von Dr.-Ing. Harro Sander

Nr. 55/November 1978

**Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung**

von Dr.-Ing. Dieter Klaffke

Nr. 56/Januar 1979

**Stabilität von Sandwichbauteilen**

von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langli

Nr. 57/März 1979

**Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung  
Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing**

von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus

Nr. 58/März 1979

**Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau**

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 59/Juli 1979

**Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl**

von Dr.-Ing. Günther Plauk

Nr. 60/August 1979

**Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken**

von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs

Nr. 61/Dezember 1979

**Beschreibung von Problemen der höheren Farbmeterik mit Hilfe des Gegenfarbensystems**

von Dr. Klaus Richter

Nr. 62/Dezember 1979

**Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle**

von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker

Nr. 63/Dezember 1979

**Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase**

von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig



