

Aus Vorstehendem folgt also:

1. Die Färbung der Zinnsteine wird in den allermeisten Fällen durch ihren Gehalt an hochdispersen, orientiert entmischten, instabilen Phasen aus der dem Zinnstein isomorphen Mischreihe Mossit-Tapiolit-Illmenorutil-Strüverit verursacht.
2. Die Entmischung dieser Fremdphasen und ihre partiell-isomorphe Orientierung nach bestimmten Teilsystemen des Trägergitters dürfte ferner zum Teil verantwortlich sein für die beobachtete wechselnde Wichtigkeit der Zinnsteinaufnahme, wie für sein sehr scheinbar flotatives Verhalten (Kohäsionsschwäche und stark geändertes Adsorptionspotential des Zinnsteins nach den Anreicherungsflächen der entmischten Fremdphase).
3. Auf die gleiche Ursache dürfte, wenigstens zum Teil, auch das sehr wechselnde magnetische Verhalten des an sich diamagnetischen Zinnsteins zurückgehen.
3. Chemismus und Verband der Fremd Beimengungen im Zinnstein gestatten Rückschlüsse auf die Bildungsbedingungen des betreffenden Zustandes und den Chemismus des Erzsponders.

Mineralogisches Institut d. T. H. Darmstadt

A. Neuhäuser, W. Noll

Eingegangen am 18. Dezember 1948.

Näheres s. Noll, W., Dissertation Darmstadt 1944 (im Druck in „Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie“).

→ *Kiepenheuer*

Über die Wirkung von Meterwellen auf das Teilungswachstum der Pflanzen.

Neben einer großen Zahl natürlicher Außeneinflüsse auf das Pflanzenwachstum, wie z. B. Klima, Beleuchtung und Ernährung, besteht für gewisse Bäume die bekannte Korrelation zwischen Dickenwachstum (Jahresringe) und der Sonnenaktivität¹⁾, wobei die Dicke der Jahresringe im Sonnenfleckenmaximum jene im Minimum um das 2- bis 3fache übertreffen kann. Da die klimatischen Elemente dem Zyklus der Sonnenaktivität nur in äußerst geringem Maße folgen und überdies an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche häufig gegensinnig verlaufen, so scheidet eine solare Steuerung des Wachstums auf dem Umwege über das terrestrische Klima aus²⁾. Vielmehr muß eine solare oder indirekt durch die Sonne gesteuerte Wellenstrahlung wirksam sein³⁾:

- a) deren Intensität sich mit der Sonnenfleckenrelativzahl merklich ändert,
- b) die den Erdboden erreicht, und
- c) deren Intensität und Wellenlänge für die beobachtete biologische Wirkung in Frage kommen.

Wie man leicht abschätzen kann, scheidet die solare Komponente der kosmischen Ultrastrahlung⁴⁾ wegen geringer Intensität und der Seltenheit ihres Auftretens aus. Auch eine durchdringende, sehr harte solare Röntgenstrahlung kommt nicht in Frage, da ihre Intensität am Erdboden unter 10^{-8} Quanten (cm^2sec) liegen müßte. Es bleibt nur die Strahlung der Sonne im Gebiete der Meterwellen ($0,5 \text{ m} < \lambda < 15 \text{ m}$), deren Verhalten als einzige den Bedingungen a) und b) entspricht, oder aber die Eigenstrahlung der Erdatmosphäre im Bereiche der Kilometerwellen ($\lambda \geq 10 \text{ km}$), auch als Luftstörungen bezeichnet, deren Intensität nicht nur deutlich mit der Sonnenaktivität korreliert ist, sondern auch während des Auftretens chromosphärischer Eruptionen um ein Vielfaches zunimmt.

Das Wachstum der Pflanzen vollzieht sich in verschiedenen Stufen, die sowohl bei dem Dicken- als auch bei dem Längenwachstum auftreten, und zwar als Teilungswachstum, das Zellvermehrung bewirkt, und als Streckungs- und Differenzierungswachstum, das hauptsächlich die Zellmembran betrifft. Die Beziehung zwischen Dickenwachstum der Bäume und Sonnenaktivität ist ausschließlich auf Zellvermehrung und nicht auf Zellvergrößerung zurückzuführen. Es liegt also nahe, eine Beeinflussung gerade des Teilungswachstums im Sinne einer Förderung durch die genannte Strahlung anzunehmen.

Zur Klärung dieser Zusammenhänge schienen quantitative Versuche am einfachen biologischen Objekt bei wohldefinierter Bestrahlung angebracht. Auf Grund seiner besonderen Bedeutung wurden derartige Einwirkungen auf das Teilungswachstum wie üblich durch mikroskopische Auszählung der Kernteilungen getestet⁵⁾. Die somatische Kernteilung dauert nach den an den verschiedensten Pflanzen gemachten Beobachtungen 2 bis 7 Stunden. Aus der Häufigkeitsverteilung der in den jeweils erscheinenden Kernphasen, der Pro-, Meta-, Ana- und Telophasen, kann auf deren relative Dauer geschlossen werden. Die Zuhilfenahme dieser Stadienverteilung sowie die Untersuchung der ablaufenden Mitosen sind zur Interpretation des Verlaufes der Kernteilungsrate unerlässlich, denn dadurch wird erst die Entscheidung möglich, ob eine erhöhte Kernteilungsfrequenz tatsächlich einer Wachstumsförderung entspricht oder nur ein Scheineffekt vorliegt, indem der Mitoseablauf an einer bestimmten Stelle gehemmt wird oder Chromosomenpathologien verzögern wirken.

Die Untersuchungen wurden an *Vicia Faba* (Pferdebohne) vorgenommen, deren natürliche Variationsbreite in bezug auf die angewandten Tests und deren Chromosomenmorphologie hinreichend bekannt sind⁶⁾. Die Keimlinge, die in Nährlösung-durchtränkter Sägespäne im Thermostaten bei 20°C kultiviert waren und eine Länge von etwa 6 cm hatten, wurden mit der linear polarisierten Strahlung eines kleinen 0,1 Watt Röhrenoscillators mit einer Wellenlänge von $\lambda = 1,50 \text{ m}$ bestrahlt. Die elektrische Feldstärke am Orte der Pflanze konnte durch Abstandsänderungen zwischen 10^{-6} und $1,2 \cdot 10^{-2}$ Volt/cm verändert werden. Die Kontrolle erfolgte jeweils durch Messung der in

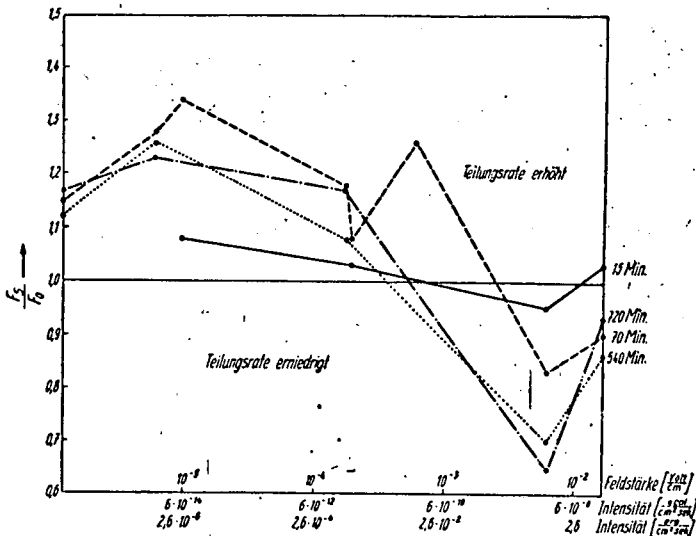


Fig. 1.

einem abgestimmten ($\lambda/2$ -Dipol) induzierten Spannung, die mit einem geeichteten Detektor und einem μ -Amperemeter ermittelt werden konnte. Die Bestrahlungszeiten wurden zwischen 3 Minuten und 12 Stunden variiert. Jeder Versuch wurde mit 10 Pflanzen angesetzt, für die Teilungsfrequenz wurden jeweils 2000 Zellen, für die Phasenverteilung 500 Mitosen ausgewertet. Kontrollpflanzen wurden während der Bestrahlung in einem völlig abgeschlossenen Blechgefäß am gleichen Orte deponiert.

Das Ergebnis findet sich in der Fig. 1: Aufgetragen ist das Verhältnis (Teilungsfrequenz mit Strahlung) / (Teilungsfrequenz ohne Strahlung) = F_s/F_o als Funktion der eingestrahelten Feldstärken in Volt/cm (logarithmische Skala) für verschiedene Bestrahlungszeiten. Um eine Vorstellung der außerordentlichen

Kleinheit der angewendeten Intensitäten zu vermitteln, sind diese überdies in $\text{geal}/(\text{cm}^2\text{sec})$ und in $\text{erg}/(\text{cm}^2\text{sec})$ eingetragen. Das Resultat ist sowohl biologisch als auch praktisch bedeutsam. Die biologische Wirkung von Meterwellen läßt sich noch herunter bis zu Feldstärken von etwa 10^{-6} Volt/cm nachweisen. Hochfrequenzfeldstärken $\leq 2 \cdot 10^{-5}$ Volt/cm führen im allgemeinen zu einer Wachstumssteigerung bis zu 30%, während die Anwendung stärkerer Dosen eine Verminderung der Teilungsbereitschaft zur Folge hat. Diesen letzteren Effekt kann man wohl mit der häufig im Strahlungsfeld von gerichteten Ultrakurzwellen-gehenden in Wäldern und Schonungen beobachteten Wachstumshemmung längs der sogenannten „Ultrakurzwellen-Schneisen“ identifizieren. Der Wideranstieg der Teilungsfrequenz bei $1,2 \cdot 10^{-2}$ Volt/cm beruht auf pathologischen Effekten.

Die tatsächlich von der Sonne ausgestrahlten Intensitäten im Bereiche der Meterwellen schwanken außerordentlich und können nur dann mit den von uns angewendeten Intensitäten verglichen werden, wenn gewisse Annahmen über die Breite des wirksamen Wellenlängenbereiches gemacht werden. Setzen wir für diesen in Ermangelung einer besseren Erkenntnis eine Oktave, so bewegt sich die wirksame solare Feldstärke zwischen $5 \cdot 10^{-8}$ Volt/cm (permanente Strahlung) und etwa 10^{-6} Volt/cm (vereinzelte Strahlungsspitzen oder sogenannte „Bursts“). Die Intensität der solaren Strahlung dürfte daher in vereinzelt Fällen ausreichen, um an Keimlingen beobachtbare biologische Wirkungen hervorzubringen. Die bei gleichen Intensitäten in der Natur, z. B. an Bäumen, zu erwartenden Effekte sollten vom physikalischen Standpunkt aus infolge Antennenwirkung die bei künstlich bestrahlten Keimlingen erzielten Wirkungen um ein Vielfaches übertreffen, um so mehr, als die Bestrahlungszeiten dort wesentlich größer sind. Entsprechende Versuche sind in Vorbereitung. Desgleichen bedarf der eventuelle Einfluß der eingangs erwähnten langwelligen Strahlung der Erdatmosphäre ($\lambda > 10 \text{ km}$) noch eingehender experimenteller Klärung. Die Wirkung eines elektrostatischen Feldes in der Erdatmosphäre stellte sich auf Grund von Versuchen im künstlichen statischen Feld von 7 Volt/cm als belanglos heraus.

Aus den in der Fig. 1 auch in $\text{geal}/(\text{cm}^2\text{sec})$ eingetragenen Intensitäten geht eindeutig hervor, daß thermische Effekte ganz aus dem Spiel bleiben. Die bei der kleinsten noch eindeutig biologisch wirksamen Hochfrequenzfeldstärke auf die Zelle entfallende Spannungsdifferenz bleibt unter 10^{-8} Volt. Der Vorgang der Teilung spricht also mit einer außerordentlich hohen, offenbar spezifischen Empfindlichkeit auf elektrische Wechselfelder an, wie sie sonst nur noch an bestimmten kolloidalen Lösungen beobachtet wird (z. B. an Arsentrisulfidol).

Eine ausführliche Darstellung der Versuche befindet sich in Vorbereitung und wird in Kürze von einem der Verfasser (Brauer) an anderer Stelle veröffentlicht.

Freiburg i. Br., Fraunhofer Institut,
Forstbotanische Abteilung des Botanischen Instituts der Universität

K. O. Kiepenheuer, I. Brauer, C. Harte.

Eingegangen am 3. Januar 1949.

¹⁾ Douglas, A. E., Publ. Carnegie Inst. Washington (1936).

²⁾ Vgl. z. B. Baur, F., Einführung in die Großwetterkunde, p. 109, Wiesbaden (1948).

³⁾ Kiepenheuer, K. O., 6-ème rapport de la commission pour l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres (UNESCO, Paris) p. 35 (1948).

⁴⁾ Forbush, S. E., Phys. Rev. 70, 771 (1946). — Ehmert, A., Zs. f. Naturforschung 3a, 264 (1948).

⁵⁾ Marquardt, H., Zs. f. Botanik 32, 401 (1938); 36, 273 (1940).

⁶⁾ Brauer, I., Planta 1948 (im Druck).

⁷⁾ Pawsey, J. L., Nature 158, 633 (1946).

Über die Wirkung von Röntgenstrahlen und schnellen Elektronen auf Mitosevorgänge in Wurzelspitzenzellen von Hordeum.

Annähernd gleich große Gerstenkörner wurden bei 22°C im Thermostaten angequollen und 24 Stunden später gleichzeitig mit Röntgenstrahlen einer Doglas-Therapieöhre (180 kV, 6 mA, 0,5 mm Al-Filtration, HWS 0,25 mm Cu, 19,5 cm Fokusabstand) oder mit schnellen Elektronen aus einer Elektronenschleuder der Siemens-Reiniger-AG (4 MeV Elektronenenergie, $4 \times 2 \text{ cm}$ Feldgröße in 10 cm Abstand vom Elektronenaustrittsfenster) bestrahlt. Je 100 Gerstenkörner pro Versuch erhielten Dosen von 500 bis 2000 r mit einer Dosisleistung von 250 r/min. 52 Stunden nach der Bestrahlung wurden entsprechend gleich lange Wurzeln in einem Alkohol-Eisessiggemisch fixiert, dann die Spitzen abgetrennt, Quetschpräparate hergestellt und diese mit Karmin-Essigsäure nach Geitler gefärbt.

Die Ergebnisse der Versuche¹⁾ sind in der Tabelle und in den beiden Abbildungen dargestellt. In der Tabelle 1 sind Zellen in der Anaphase weniger ver-

Tabelle 1. Relative Wirksamkeit gleicher Dosen von schnellen Elektronen und Röntgenstrahlen.

| Dosis in r | Beobachtete Zellen in der | | Chromosomen-Fragmente in der | | Chromosomen-Brücken in der | |
|------------|---------------------------|------------|------------------------------|------------|----------------------------|------------|
| | Ana-phase | Telo-phase | Ana-phase | Telo-phase | Ana-phase | Telo-phase |
| 500 | 309 | 1263 | | 0,32 | 0,34 | 0,31 |
| 1000 | 388 | 1688 | 0,43 | 0,66 | 0,65 | 0,91 |
| 1500 | 233 | 1315 | 0,48 | 0,50 | 0,38 | 0,91 |
| 2000 | 112 | 548 | 0,48 | 0,56 | 0,38 | 0,73 |

treten als Telophasezellen, weil nur solche Anaphasezellen ausgewertet wurden, in denen eine deutliche Trennung der Chromosomen in Diasternen erfolgt war. Die Gesamtzahl der im Gewebe vorhandenen Mitosen nimmt mit steigender Dosis ab. Aus den Dosiseffektkurven der Abb. 1 und 2 geht hervor, daß die Anzahl

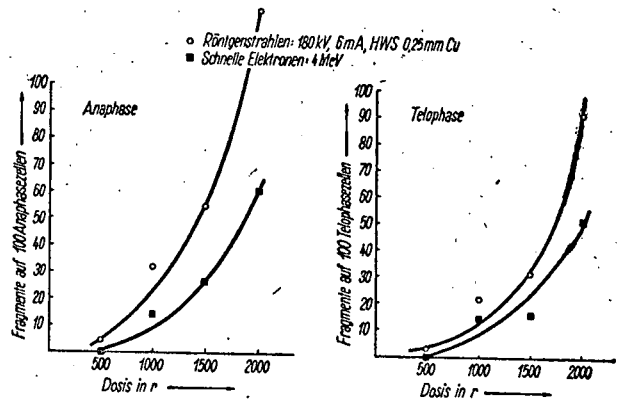


Fig. 1: Häufigkeit von Chromosomenfragmenten in Wurzelspitzenzellen der Gerste bei Bestrahlung mit Röntgenstrahlen oder schnellen Elektronen.

der beobachteten Fragmente und Brückenbildungen in den Anaphase- und Telophasezellen bei Vergrößerung der Dosis anwächst. In jedem Falle scheinen Röntgenstrahlen je Doseinheit wirksamer zu sein als schnelle Elektronen (Betastrahlen).

Die statistisch gesicherten Unterschiede sind in der Anaphase stärker ausgeprägt als in der Telophase. Bei den Brückenbildungen in Telophasezellen ist der Wirkungsunterschied von Beta- und Röntgenstrahlen am geringsten; hierfür ergibt sich ein Wirkungsverhältnis, das im mittleren Dosisbereich nicht weit von 1 liegt (Tab. 1). Bei niedrigeren Dosen (500 r) ist dagegen die Wirkung von schnellen Elektronen vergleichsweise viel geringer als die von Röntgenstrahlen, gleichgültig, ob es sich dabei um das Auftreten von Fragmenten oder um Brückenbildungen handelt. In Anaphasezellen gelangten Fragmente von 500 r überhaupt nicht zur Beobachtung, bei gleichen

Glaser

Naturwissenschaften 36, 27-28 (1949)

CONCERNING THE EFFECT OF METER WAVES ON THE PARTIAL (Mitotic) GROWTH OF PLANTS

K. O. Kiepenheuer, I. Brauer, C. Härte
Forest Botanical Division of the Botanical Institute of the University
Fraunhofer Institut, Freiburg i/Br.

submitted Jan. 3, 1949

In addition to a great number of natural outside influences on plant growth, as for example, climate, illumination and nutrition, there exists for certain trees the well-known correlation between circumferential growth (year-rings) and sun activity¹, where the thickness of the year-ring at maximum solar spots may surpass the minimum 2 to 3 times. Since climatic elements follow the cycle of sun activity to an extremely low degree, and frequently run contrary at various points of the earth surface, a solar guiding of growth decides over the roundabout way across the terrestrial climate. Moreover, a solar or indirectly guided wave radiation by the sun must be effective:

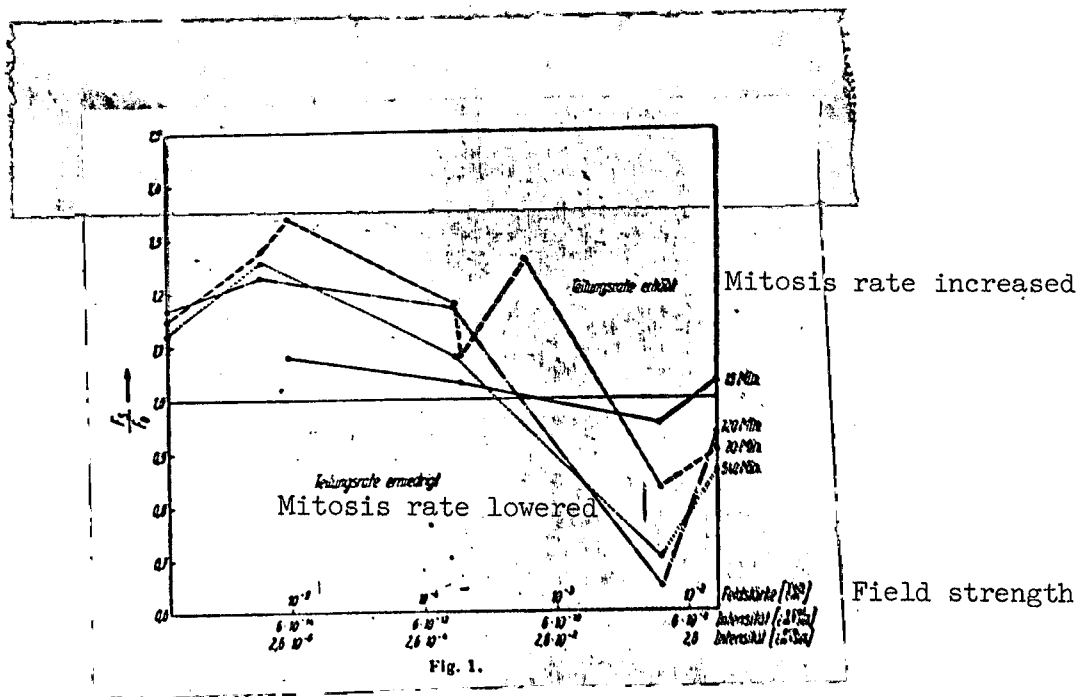
- a) when its intensity changes markedly with the solar spot-relative number
- b) when it reaches the earth surface, and
- c) when its intensity and wave length are questioned for the observed biological effect.

As can easily be appraised, the solar components of cosmic ultra-radiation due to low intensity and rarity in occurrence, are eliminated. Also, a penetrating very hard solar roentgen radiation does not enter the question, since their intensities at the earth surface lie below 10^{-4} quantum ($\text{cm}^2 \text{sec}$). There remains only the radiation of the sun in the area of meter waves ($0.5 \text{ m} < \lambda < 15 \text{ m}$); the behavior of which alone correspond to the conditions of a) and b), or the self-emission of the earth atmosphere in the area of kilometer waves ($\lambda \geq 10 \text{ km}$), also designated as air disturbances, the intensity of which is not only definitely correlated with the sun activity, but which increases manyfold during the occurrence of chromo-spherical eruptions.

The growth of plants proceeds in varying degrees, which occur in the circumferential- as well as length-growth, as a partial growth, ~~which~~ which effects cell propagation, and as stretching- and differentiation-growth, which concerns mainly the cell membrane. The relationship between circumferential growth of trees and sun activity is traced exclusively to cell propagation and not to cell enlargement. One can assume, therefore, an influence on partial growth by the mentioned radiation. To clarify these connections quantitative tests on a simple biological object with well defined radiation seemed in order. On the basis of its special importance, such effects on mitotic growths were tested as usual with microscopic counts of nuclear mitoses. The somatic nuclear mitosis lasts 2 to 7 hours according to the observations made on various plants. From the frequency distribution of the pro-, meta-, ana- and telophases appearing in the nuclear phases, their relative duration can also be determined. The additional help of these stage distributions, as well as the examination of the proceeding mitoses are indispensable for the interpretation of the process of the degrees of nuclear mitoses, because this alone makes the decision possible, as to whether an increased nuclear mitosis frequency actually corresponds to a promotion in growth, or is only an illusionary effect, where the mitosis process is arrested at a certain place or slowed down by chromosome pathologies.

The experiments were made on *Vicia Faba* (horse beans), their natural variation width in relation to the tests, and their chromosome morphology being known. The embryos, cultivated in a nutrient of saturated sawdust at 20°C, and having a length of about 6 cm, were irradiated with the linear polarized radiation of a small 0.1 watt tube oscillator with a wave length of $\lambda = 1.50$ m. The electrical field strength at the place of the plant could be changed by changes in distance between 10^{-6} and $1.2 \cdot 10^{-2}$ volt/cm. Control followed

each time by measurement of a determined ($\lambda/2$ -dipole) induced potential, which could be obtained with a gauged detector and an μ -ampere meter. The radiation times were varied between 3 minutes and 12 hours. Each test was started with 10 plants, for partial frequency 2000 cells, for phase distribution 500 mitoses were evaluated each time. Control plants were deposited in a completely closed off metal container during the radiation.



The result is illustrated in Fig. 1. The relationship (mitosis frequency with radiation)/(mitosis frequency without radiation) = F_s/F_0 as the function of the irradiated field strengths in volt/cm (logarithmic scale) for various radiation times. In order to obtain an idea of the extraordinary smallness of the used intensities, these are recorded in $\text{geal}/\text{cm}^2 \text{sec}$ and in $\text{erg}/(\text{cm}^2 \text{sec})$. The result is significant biologically as well as practically. The biological effect of meter waves can be shown down to a field strength of about 10^{-6} volt/cm. High frequency field strengths $\leq 2 \cdot 10^{-5}$ volt/cm generally lead to an increase

in growth up to 30%, whereas the use of stronger dosages result in a decrease in mitosis readiness. This last effect can be observed with the frequently directed ultrashort waves in the radiation field in forests and nurseries, arrest in growth along the so-called identified "ultrashort-waves-tracks." The re-increase in mitosis frequency at $1.2 \cdot 10^{-2}$ volt/cm is based on pathological effects.

The actually irradiated intensities of the sun in the area of meter waves vary extraordinarily and can be compared only with our used intensities when certain assumptions are made concerning the width of the effective wave lengths areas. If, due to a lack of better knowledge, we place this at an octave, the effective solar field strength moves between $5 \cdot 10^{-8}$ volt/cm (permanent radiation) and about 10^{-6} volt/cm (individual radiation peaks or so-called "bursts"). The intensity of solar radiation in individual cases may be sufficient to produce observable biological effects on embryos. In nature, for example on trees, at the same intensities the effects to be expected from the physical standpoint should surpass manifold the obtained effects of the artificially radiated embryos because of the antenna effect, especially, since the radiation times are essentially greater. Corresponding experiments are in progress. The eventual influence of the originally mentioned long-wave radiation of earth atmosphere ($z > 10$ km) needs more detailed explanation. The effect of an electrostatic field in the earth atmosphere on the basis of tests in an artificial static field of 7 volt/cm was of no consequence.

The intensities recorded in $\text{gal}/(\text{cm}^2 \text{sec})$ in fig. 1 show definitely that thermic effects are absent. The smallest, at biologically still effective high frequency strength falling potential difference on the cell remains below 10^{-8} volt. The process of mitosis responds with an extraordinarily high, obviously specific sensitivity to electrical alternating fields, as they are

otherwise observed only with certain colloidal solutions (for example, arsenic trisulfide)

A more detailed illustration of the tests is in preparation and will be published at another place.