Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik

Band: 6 (1951)

Heft: 6

Artikel: Strahlung und Leben : kann man die Struktur des Lebens durch Strahlungseinwirkung ändern?

Autor: Kaindl, Karl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654072

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

STRAHLUNG *und* LEBEN

Kann man die Struktur des Lebens durch Strahlungseinwirkung ändern?

Von Dr. Karl Kaindl

DK 575.322 : 539.162.94

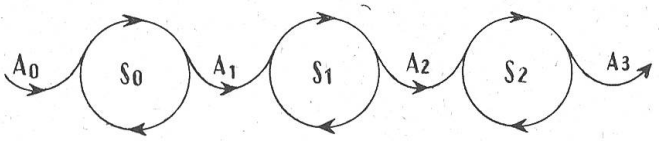
Strahlung kann heilen, Strahlung kann töten! Krankheiten wie Krebs, Bluterkrankungen, Schilddrüsenstörungen usw. werden heute mit den verschiedensten Strahlungsarten bekämpft. Röntgenstrahlung, Radiumstrahlung, Strahlung künstlich hergestellter radioaktiver Elemente, Ultraviolettstrahlung werden eingesetzt, um gefährdetes Leben zu retten. Die Strahlung wirkt auf die lebende Substanz ein und ruft in ihr Veränderungen hervor, deren schärfster Ausdruck die Tötung von Zellen ist. Man versucht immer und immer wieder, die wuchernden Krebszellen durch Röntgen- und Radioaktivstrahlung zu vernichten. Aber welche Methoden man dabei immer im Auge hat, man muß gleichzeitig in Rechnung setzen, daß auch die gesunden Zellen in Mitleidenschaft gezogen werden können. Die Geschichte der Strahlungswissenschaften ist durch zahlreiche Wissenschaftler gekennzeichnet, die ihrem Willen, die Strahlung der Menschheit nutzbar zu machen, Gesundheit und Leben zum Opfer brachten. Wie alles, was Menschengeist der Natur abgerungen hat, so zeigt auch die Strahlung ihren Januskopf. In tausenden Spitälern wird sie zur Rettung eingesetzt und in der Atombombe zeigt sie ihre vernichtende Wirkung.

Trotz der aufopferungsvollen Arbeit, die seit 50 Jahren im steigenden Maße der Strahlungsforschung gewidmet wurde, ist heute die Wechselwirkung zwischen der Strahlung und der lebenden Substanz erst teilweise in ihrer Gesetzmäßigkeit aufgehellt, besonders hinsichtlich mehrzelliger Gebilde, obwohl gerade diese im Hinblick auf die zunehmende Krebshäufigkeit von wesentlicher Bedeutung wären. Immerhin sind schon viele Sachverhalte klargestellt worden. Wir haben heute schon wohlbegründete Antworten zu der Fragestellung, wieso eine Zelle durch einen Strahlungseingriff getötet werden kann. Wenn wir dies hier erörtern wollen, so müssen wir wohl zuerst klarstellen, was eigentlich das Charakteristische der lebenden Substanz ist.

Die Elementarteilchen: Protonen, Neutronen und Elektronen bauen die Atome auf. Protonen und Neutronen gruppieren sich im Atomkern, während die Elektronen diesen in genau festgelegter Strukturanordnung umkreisen. Aus dieser Anordnung heraus, die durch die Eigenschaften der Elementarteilchen notwendigerweise gegeben ist, resultieren die chemischen Eigenschaften des Atoms, sein Bindungsvermögen zu anderen Atomen. Dadurch ist die nächsthöhere Materiestufe, diejenige der Moleküle, gegeben, die nun ihrerseits wieder eine bestimmte Struktur aufweisen und sich auf Grund der daraus resultierenden zwischenmolekularen Kräfte zu den höheren Großmolekülen ordnen. So entstehen einerseits die Kristalle als die prägnanteste Form der toten Substanz, andrerseits die Zellen als die Elemente des Lebens. Eine gewisse Molekülgattung, die Aminosäuren, die in der höheren großmolekularen Einheit der Eiweißkörper zusammengeschlossen sind, bilden die Strukturelemente der Zelle. Jede Materiestufe ist durch die strukturelle Anordnung ihrer aufbauenden Elemente in ihren Eigenschaften festgelegt, und so können auch wir nur hoffen, Aufschluß über die Lebensfunktionen zu erhalten, wenn uns diese Zellstruktur erfaßbar ist. Wir kennen heute die einzelnen Bestandteile einer Zelle, aber von ihrer Anordnung sind uns nur die einfachsten Grundzüge bekannt, die aber doch schon einen gewissen Einblick gewähren.

Eine Zelle ist ein offenes System, dem ständig durch die Nahrung Energie von der Umgebung zugeführt wird. Diese Stoffe werden durch den Stoffwechsel abgebaut und schließlich ausgeschieden. Dieser Abbau erfolgt in Kreisprozessen, deren Schema durch die Abbildung wiedergegeben ist. Der Nährstoff A_0 strömt in das Teilsystem S_0 ein. Er wird darin umgebaut und der Stoff A_1 mit niedrigerer Energie abgegeben, während die Energiedifferenz zwischen A_0 und A_1 verwendet wird, um das System wieder in den ursprünglichen Zustand zu versetzen, so daß es nun wieder für die nächste Nährstoffzufuhr bereit ist. Der Abfallstoff des ersten Systems A_1 ist nun wiederum Nährstoff des nächsten Kreissystems S_1 usw. Ähnlich Zahnrädern greifen die einzelnen Kreisprozesse

ineinander, wobei natürlich dieses Bild nur eine sehr primitive Vorstellung von der Kompliziertheit dieser Kopplungen gibt. Ganze Teilbereiche in der Zelle sind durch solche Kreisprozeßfelder zu einer Funktionseinheit zusammengeschlossen, die sich in ihrer Struktur nur dadurch erhalten, daß sich ständig an ihr Prozesse abspielen. Das wesentliche Merkmal der lebenden Substanz ist daher ihre dynamische Struktur, die sich durch ihre eigene Funktionsweise erhält[1]).



Schema des Kreisprozeß-Systems in der lebenden Substanz

Betrachten wir nochmals die Abbildung, so können wir auch erkennen, daß die Zerstörung des Kreisbereiches S_0 sofort zur Folge hat, daß sämtliche angeschlossene Bereiche ebenfalls gelähmt werden, wobei diese Lähmung irreversibel ist. Eine noch so kurzzeitige Unterbrechung eines solchen Kreisprozesses bedeutet, daß nicht nur dieser eine ausfällt, sondern daß ein ganzer Teilbereich gestört wird, ohne daß die Möglichkeit besteht, ihn wieder in Funktion zu bringen. Ähnlich wie auch das dynamische System: Wasserstrahl — tanzender Ball durch eine noch so kleine Unterbrechung des Strahles sich nicht mehr aus sich selbst wieder herstellen kann[2]).

Nehmen wir nun weiter hypothetisch an, daß die aus den einzelnen gekoppelten Kreisprozessen bestehenden Teilbereiche der Zelle ihrerseits in einem hierarchischen Funktionsaufbau miteinander verbunden sind, etwa wieder in der Art, daß die Ausscheidungsprodukte des einen Bereiches den Nährstoff ein oder mehrerer anderer bilden. Unter dieser Annahme stellt sich uns der Zellbereich wie eine „Pyramide" dar, deren Regulationszentrum die Spitze bildet. Es bleibt bei diesem Bild natürlich völlig offen, ob sich in einer Zelle eine oder mehrere solcher Funktionspyramiden ausbilden. Die Spitze ist der Steuerungsbereich[3]), von dem der Funktionsablauf aller untergeordneten Bereiche abhängt. Wird dieser Bereich durch einen äußeren Eingriff in seiner Funktionsweise gestört oder geändert, so muß sich dies in weiten Bereichen der Zelle auswirken, wobei sogar als extremster Effekt der Funktionszusammenbruch eintreten kann, d. h. die Zelle wird durch ein Ereignis, das in einem molekularen Raum stattfindet, getötet. Allgemein gesprochen bedeutet dies, daß ein Insult in einem empfindlichen Bereich von atomaren Dimensionen einen makroskopischen Effekt hervorrufen kann.

Tatsächlich lassen sich Bereiche spezifischer Art in jeder Zelle angeben, etwa der schon strukturell deutlich unterscheidbare Zellkern. Er ist bestimmt für die Zellteilung, also für das Wachstum verantwortlich und vermutlich für den Stoffwechsel, die Beweglichkeit und die Reizbarkeit und stellt daher mit hoher Wahrscheinlichkeit einen solchen Steuerungsbereich dar. Die im Zellkern enthaltenen Chromosomen hinwiederum sind für die Erbanlagen des Organismus maßgebend, d. h. sie steuern seine Verhaltensweise. Sie bilden also auch einen empfindlichen Bereich.

Dringen wir noch tiefer ein, so sind für die einzelnen Erbanlagen die materiellen Korrelate in den Chromosomenteilen, den Genen, gegeben und eine Veränderung eines Gens muß demnach auch eine makroskopische Auswirkung zeigen. Doch den stärksten Hinweis, daß unsere hypothetisch angenommenen Steuerungsbereiche existieren, erhalten wir, wenn wir uns nunmehr der Strahlungswirkung zuwenden.

Fassen wir etwa als konkretes Beispiel die Röntgenstrahlung ins Auge, die bekanntlich eine elektromagnetische Wellenstrahlung von sehr kleiner Wellenlänge (Größenordnung 10^{-8} cm) ist. Diese und auch die anderen Wellenstrahlungen zeigen ihre Welleneigenschaft, wenn man sie in ihrer Raumausbreitung untersucht. Es bedurfte vieler Mühe, um zu erkennen, daß sich die Strahlungsenergie bei der Wechselwirkung mit einem Atom nicht mehr wie eine Welle verhält, sondern so, als ob sie in einzelne Energiequanten aufgespalten wäre, deren Größe proportional der Frequenz ist. Wir wollen hier verzichten, näher zu erörtern, wie sich diese beiden widersprechenden Bilder gedanklich vereinen lassen, sondern nur feststellen, daß sich ein solches Energiequant beim Auftreffen auf ein Atom gleichsam wie ein kleines Korpuskel verhält und in der Lage ist — bei hinreichender Energiegröße —, ein Elektron von dem Atom abzutrennen. Es entsteht dann aus dem Atom ein Ion, das eine andere Struktur besitzt und auch andere chemische Eigenschaften zeigen muß. Befindet sich das

[1]) Linser, Chemismus des Lebens, Wien 1948

[2]) Linser und Mitarbeiter, Grundlagen der allgemeinen Vitalchemie, Wien, noch nicht veröffentlicht

[3]) Jordan, Das Bild der modernen Physik, Hamburg 1947

Atom innerhalb eines Moleküls, so folgt daraus, daß sich auch die Struktur des Moleküls ändern muß oder überhaupt das Molekül existenzunfähig wird. Stellen wir uns nun vor, daß ein solcher Ionisierungsvorgang innerhalb eines Steuerungszentrums stattfindet, so kann dies dazu führen, daß ein einziges elementares Ereignis lawinenartig zu einem Makroeffekt anschwillt und die Zelle unter Umständen durch einen solchen einzigen Treffer vernichtet wird.

Diese hier theoretisch entwickelte Möglichkeit findet nun tatsächlich ihre vielfache experimentelle Bestätigung[4]). Man kann durch Röntgenstrahlung Erbfaktoren ändern, d. h. eine Ionisierung in einem Gen ruft einen Makroeffekt hervor. Ebenso läßt sich zeigen, daß eine einzige Ionisation ein Virusteilchen inaktiviert, d. h. vermehrungsunfähig macht, ebenso zeigt sich das gleiche bei der Tötung gewisser Bakterien. Neben diesen Eintrefferereignissen lassen sich natürlich auch noch Effekte feststellen, bei denen mehrere Ionisationen notwendig sind, um sie hervorzurufen, wie z. B. das Zerbrechen eines Chromosoms. Schließlich zeigen etwa zusammenhängende Gewebe erst dann einen makroskopischen Strahlungseffekt, wenn mehrere Einwirkungen im empfindlichen Bereich stattfinden. Aber hier werden bereits die Aussagen unsicher. Die Durchforschung dieser Gebiete ist in vollem Gange, schon allein dadurch vorwärtsgetrieben, daß gerade die medizinische Anwendung der Strahlung von der genauen Kenntnis der Vorgänge im vielzelligen Verbande eine wesentliche Verbesserung erwarten läßt.

Die Einwirkung der Strahlung auf biologische Objekte vollzieht sich primär im atomaren Raum, dessen Gesetze eine andere Formulierung besitzen, als wir es von unserem Erfahrungsbereich her gewohnt sind. Sie sind in der sogenannten Quantenphysik zusammengefaßt. Aus diesem Grund bezeichnet man heute jenes Forschungsgebiet, das sich mit der makroskopischen Auswirkung von atomaren Ereignissen in der lebenden Substanz beschäftigt, als Quantenbiologie, wobei keineswegs das Quantenereignis stets durch einen Strahlungsimpuls ausgelöst sein muß. Auch andere Insulte sind möglich, doch wollen wir dies hier nicht näher erörtern[5]).

[4]) Lea, Actions of Radiations on Living Cells, Cambridge 1947

[5]) Das Thema dieses Beitrages ist in dem Buch des Verfassers „Quantenbiologie" eingehend behandelt, das demnächst erscheinen wird

Man weiß heute, daß es unmöglich ist, elementare Vorgänge vorherzusagen, daß keinerlei Denkmöglichkeit existiert, z. B. die Ursache dafür anzugeben, warum unter Millionen Radiumatomen das eine in der nächsten Sekunde, das andere erst nach 1000 Jahren zerfällt, warum bei Bestrahlung von zahlreichen gleichwertigen biologischen Objekten, z. B. Viren, das eine sofort, das andere erst nach langer Zeit inaktiviert wird. Wir wissen wohl genau, wie viele insgesamt nach einer bestimmten Zeit zerfallen bzw. inaktiviert sind, aber im Einzelfall lassen sich keine Prophezeiungen anstellen.

Es läßt sich darüber streiten, ob wir nur nicht in der Lage sind, die Ursache ausfindig zu machen oder ob eben im Einzelfall ein ursachloses, akausales Ereignis vorliegt. Das Schwergewicht der heutigen Argumentation liegt wohl in der Ansicht, daß im atomaren Bereich auch die uns geläufigen Ursache-Wirkung-Beziehungen aufgehoben sind, daß der einzelne elementare Akt indeterminiert ist und nur in der großen Zahl die statistische Kausalität zum Vorschein kommt.

Quantenereignisse können nicht nur durch künstliche Eingriffe hervorgerufen werden, sie werden durch die ständig einfallende Höhenstrahlung ebenfalls ausgelöst und — was einen wesentlichen Umstand darstellt — können auch spontan eintreten. Besonders gut bekannt sind die sogenannten spontanen Mutationen, d. h. akausale Quantenereignisse, die sich in den Genen abspielen. Ständig greift auf diese Weise indeterminiertes Geschehen in die determiniert verlaufenden chemisch-physikalischen Zellvorgänge ein. Der durch diese Vorgänge gewährleistete normale Lebensablauf wird stets durch derartige Ereignisse gestört oder sogar gelähmt, manchesmal aber wird auch dadurch ein neuer Entwicklungsschritt eingeleitet. Das Leben wird in seiner dynamischen Struktur durch das Zusammenspiel physikalischer und chemischer Energien erhalten, die Höherentwicklung wird aber erkauft in ständiger Gefährdung durch akausale Ereignisse.

KURZBERICHT

Die erste 400.000-Volt-Hochspannungsleitung

DK 621.315.1.027.8(47)

In der UdSSR. ist der Bau einer Hochspannungsleitung von Stalingrad und Kujbyschew nach Moskau geplant, die über eine Entfernung von 1000 km zwei Millionen Kilowatt übertragen und unter einer Spannung von 400.000 Volt stehen soll.