**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 77 (1986)

**Heft:** 18

**Artikel:** Auswirkungen der Tschernobyl-Radioaktivität auf den Menschen

**Autor:** Fritz-Niggli, Hedi

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-904271

**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:** 10.12.2025

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

# Auswirkungen der Tschernobyl-Radioaktivität auf den Menschen

H. Fritz-Niggli

***Die mittlere zusätzliche Belastung des Schweizers durch den Tschernobyl-Unfall liegt in einem so niedrigen Dosisbereich, für den bisher noch nie durch eine Untersuchung eine Zunahme des gesundheitlichen Risikos festgestellt worden ist. Für die Abschätzung allfälliger Konsequenzen ist man daher auf reine Rechnungen angewiesen.***

***L'effet additionnel moyen de l'accident de Tchernobyl sur un habitant de la Suisse se situe dans un domaine d'irradiation tellement faible qu'aucun examen n'a permis jusqu'à présent de déceler un risque accru pour la santé. Il faut donc se contenter de calculs pour évaluer d'éventuelles conséquences.***

**Leicht gekürzte Fassung eines Referates, gehalten anlässlich der Tagung «Der Kernkraftwerkunfall in Tschernobyl» des Forums Wissenschaft und Energie am 4. Juli 1986 an der ETH in Zürich.**

**Version légèrement abrégée d'un exposé présenté lors d'une conférence sur «L'accident survenu dans la centrale nucléaire de Tchernobyl» tenue le 4 juillet 1986 à l'EPF de Zurich par le Forum «Science et Energie».**

**Adresse des Autors**
Prof. Dr. *Hedi Fritz-Niggli*, Direktor des strahlenbiologischen Instituts der Universität Zürich, August-Forel-Strasse 7, 8029 Zürich

## 1. Biomedizinische Wirkungsweise einer Strahlenexposition

Strahlen bedeuten Energiewanderung durch dem Raum. Treffen sie auf die Zellen von Lebewesen, dann übertragen sie ihnen ihre Energie. Durch diese zusätzliche fremde Energie werden Zellen und Lebewesen in ihrer Funktion und Vitalität gestört, weil die Bestrahlung einen Eingriff in ihren gut ausbalancierten Lebenshaushalt darstellt. Folgen der Energieübertragung können sein:

- Tod der Zellen, der Gewebe oder auch der Lebewesen
- eine reversible oder auch irreversible Teilungsstörung der Zellen
- Auslösung von Krebs
- Störungen bei den in der Entwicklung begriffenen Lebewesen

Alle diese Reaktionen sind Endpunkte einer komplizierten Strahlenwirkungskette (Fig. 1). Bei den Strahlen, die für uns durch den Tschernobyl-Unfall in Frage kommen, handelt es sich stets um ionisierende Strahlen. Ihre Energie reicht aus, um Elektronen aus Atomen und Elektronen zu entfernen, im Gegensatz zur energieärmeren Ultraviolettstrahlung, die Elektronen nur in einen höheren Energiezustand heben kann. Die ionisierenden Strahlen können nun indirekt die verschiedensten Reaktionen hervorrufen, indem sie beispielsweise im Wasser (aus dem wir zum grössten Teil bestehen) chemisch und biochemisch aktive Radikale produzieren, die auch zu Peroxiden führen können. Die verschiedenen Produkte wirken dann beispielsweise auf Erbfaktoren ein und können labile Vormutationszustände verursachen, welche letztendlich zur fixierten Mutation führen.

Es ist nun nicht so, dass im Augenblick der Strahlenabsorption ein

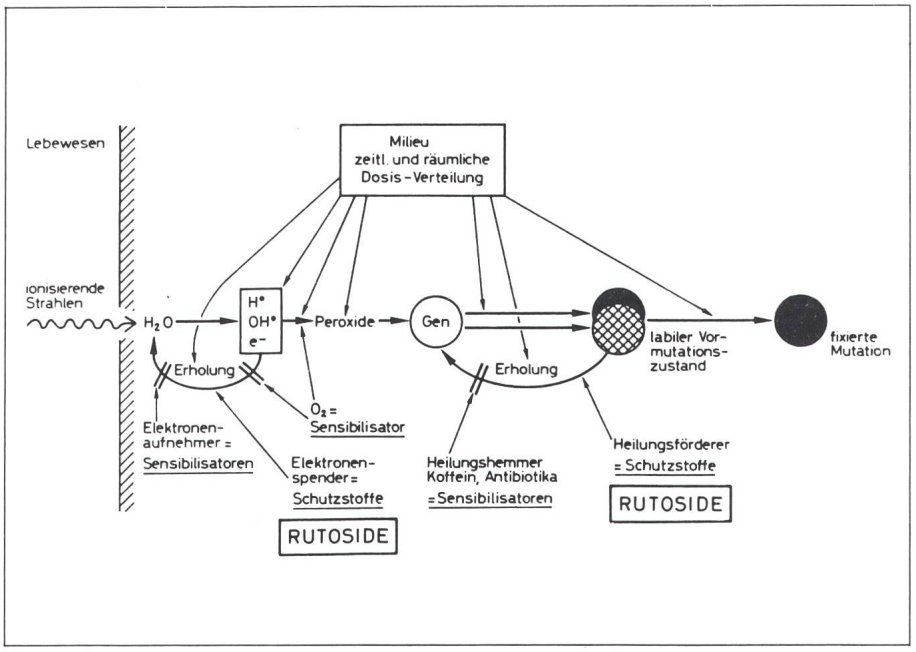



**Fig. 1 Strahlenwirkungskette**

Ereignis (z.B. die Mutation oder Umwandlung einer normalen Zelle in eine bösartige Zelle) vollzogen ist. Im Gegenteil: Viele strahleninduzierte Schädigungen können wieder rückgängig gemacht werden. Besonders bei einer extrem verdünnten Bestrahlung kann sich wieder Wasser rückbilden oder es können labile Schädigungszustände repariert werden. Nur das Zusammenspiel von Primärschädigung und Erholung bestimmt letztendlich den Schaden. Eine verdünnte oder eine fraktionierte Bestrahlung mit dünn ionisierenden Strahlen ist, gerade in bezug auf die für uns wichtigen gesundheitlichen Risiken, meist weniger wirksam als eine konzentrierte Bestrahlung. So bedeutet eine einmalige konzentrierte Totalbestrahlung mit 500 rem für einen Erwachsenen ein Todesrisiko von etwa 50%. Dieselbe Dosis, aber verteilt in 2, 3 oder 4 Fraktionen lediglich über einen Tag, wird er mit grosser Wahrscheinlichkeit überleben. Die Zellen, die Gewebe können sich in der strahlungsfreien Zwischenzeit erholen. In der Krebstherapie wird dieser Umstand benützt, um in fraktionierter Bestrahlung das gesunde Gewebe vor der Strahlenwirkung zu schonen.

## 2. Stochastische und nicht stochastische Wirkungen

Zur Beurteilung von Strahlenschäden ist es zweckmässig zwischen sogenannten stochastischen und nicht stochastischen Wirkungen (Fig. 2) zu unterscheiden. Dabei bedeuten nicht stochastische Wirkungsmechanismen diejenigen Strahlenschäden, die erst nach einer gewissen Dosis auftreten, die also einen Schwellenwert aufweisen. Dabei ist das Ausmass der Schädigung eine Funktion der Dosis, d.h. mit steigender Dosis wird auch der Schaden zunehmen. Zu diesen nichtstochastischen Wirkungen gehören körperliche Schädigungen nach einer Totalbestrahlung oder einer Grossteil-Körperbestrahlung mit Dosen, die beispielsweise im engsten Umkreise des Tschernobyl-Unfalles abgegeben wurden.

Beim Menschen sind besonders strahlenempfindlich die blutbildenden Gewebe und auch die Schleimhäute des Magen-Darmtraktes. Da diese Gewebe für uns lebenswichtig sind und mit relativ kleinen Strahlendosen (ab 100 rem Totalbestrahlung) schon leicht geschädigt werden können, gehört der Mensch zu den strahlenempfindlichsten Lebewesen überhaupt.

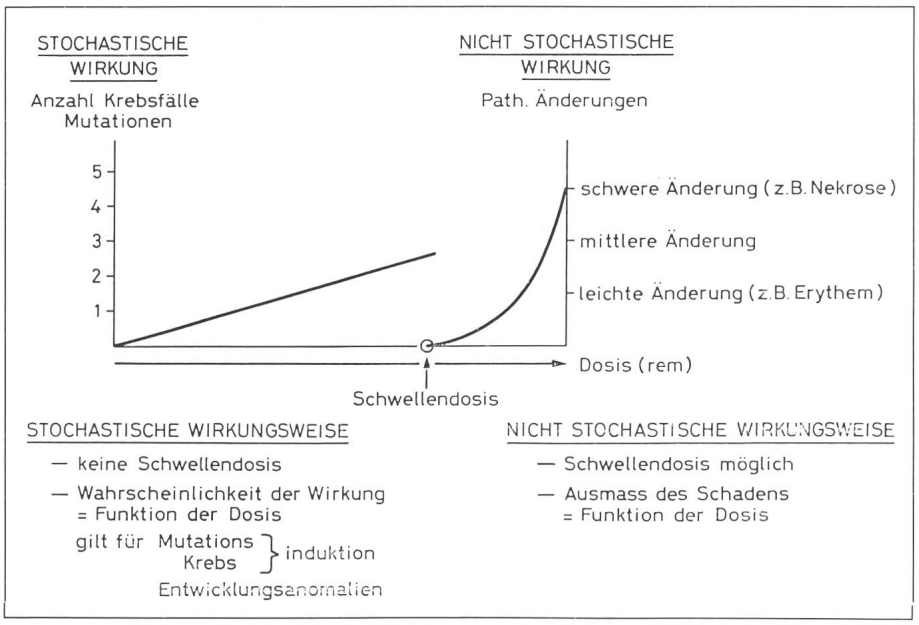



**Fig. 2 Stochastische und nicht stochastische Wirkungen**

Nach niedrigen Dosen kann sich eine vorübergehende Störung in der Bildung von Blutkörperchen einstellen, wobei die weissen Blutkörperchen selber strahlenempfindlich sind, nicht nur ihre Jugendformen.

Für die Schweizer Bevölkerung war die Strahlenbelastung viel zu gering, um sich als akute Schädigung überhaupt bemerkbar zu machen. Es stellt sich nun die Frage nach den gesundheitlichen Risiken, die durch die sogenannten stochastichen Wirkungsmechanismen erzeugt werden. Dabei heisst stochastisch eigentlich zufälligerweise und umfasst die Schädigungen, die keine Schwellendosis aufweisen. Ihr Auftreten ist eine Funktion der Dosis, d.h., mit zunehmender Dosis nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein stochastischer Schaden ereignet, zu. Geht die Dosis gegen den Nullpunkt, dann wird auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gegen Null zugehen.

Stochastische Wirkungen sind Krebsinduktion, Mutationsauslösung und auch strahleninduzierte Entwicklungsstörungen. Zu beurteilen wäre nun für den Schweizer eine durch den Tschernobyl-Unfall verursachte mittlere zusätzliche Belastung mit total etwa 50 mrem (vorläufige grobe Schätzung). Sie bezieht sich auf das erste Jahr und dürfte für die nachfolgenden Jahre nur noch wenige Millirem mehr betragen. Da nun keine einzige Studie existiert, die für diesen Dosisbereich je eine Erhöhung des gesundheitlichen Risikos, sei es durch eine Zunahme von Krebsfällen oder Mutationen (Änderung des Erbguts), vermerkt hätte, ist man auf rechnerische Ableitungen aus Untersuchungen mit viel grösseren Strahlendosen angewiesen. Dies gilt auch für den von der Eidgenössischen Kommission für AC-Schutz eingesetzten Richtwert von 500 mrem. Selbst die umfangreichen und in vielfacher Hinsicht massgebenden epidemiologischen Studien an den Überlebenden der Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki zeigten erst bei Dosen von über 10 000 mrem eine geringe Zunahme des Krebsrisikos und überhaupt keine Zunahme von erblich bedingten Änderungen in der ersten Generation.

## 3. Natürliche Strahlenbelastung

Zu berücksichtigen ist auch, dass wir ständig einer natürlichen Bestrahlung aus irdischen und kosmischen Quellen ausgesetzt sind. Sie variiert für jeden Menschen, je nach der Höhe des Wohnorts über Meer, je nach der Radioaktivität der Umgebung, des Bodens und der Mauern, in denen er lebt. So schwankt die jährliche natürliche Belastung des Schweizers etwa zwischen 90 und 600 mrem.

Lassen sich nun die Unterschiede in der natürlichen Strahlenexposition im unterschiedlichen Auftreten gesundheitlicher Schäden ablesen? In Tabelle I sind einige Untersuchungen dargestellt. Keine Studie zeigt einen Zusammenhang der Häufigkeit maligner Erkrankungen, von Missbildungen und genetisch bedingten Anomalien mit

*Biomedizinische Untersuchungen in Gebieten mit erhöhter natürlicher Radioaktivität* Tabelle I

| Gegend | Dosisbereich pro Jahr Millirad (Millirem) | Ergebnisse | Autor |
|---|---|---|---|
| Brasilien: Küste Guarapari und Meaipe Minas Gerais | 90–2000<br><br>Mittelwerte 1600<br>Spitzenwerte 24 500 | 640 mrad/a erhöht Zahl von Chromosomenaberrationen in Körperzellen | Barcinski et al. 1975 |
| Österreich: Badgastein | Zusätzlich 200–300 (Radon) | erhöht Zahl von Chromosomenbrüchen in den Körperzellen | Pohl-Ruehling et al. 1976 |
| Schweiz: verschiedene Zonen | I: <120<br>II: 120–180<br>III: 180–250 | Zone III mit höchster Belastung: weniger Malignome (Lymphosarkome, Leukämien) | Renfer und Hengelhaupt 1973 |
| Indien: Kerala | 1600 Pers. > 500<br>4500 Pers. > 1000<br>470 Pers. > 2000 | keine Erhöhung von Anomalien, embryonalen und kindlichen Todesfällen; nicht gesichert: Zunahme von Mongolismus | Gobal-Ayengar et al. 1972<br><br>Kochupillai et al. 1976 |
| USA: verschiedene Staaten | 118–210 | wenn höhere Belastung: weniger Krebstodesfälle. Weniger fetale Sterblichkeit | Frigerio und Stowe 1976 |
| China: verschiedene Provinzen | 72–196 | keine gesundheitlichen Schäden (inkl. Krebsentstehung) durch 196 mrad/a (untersucht total 150 000 Personen) | Health Ministry of China 1980 |

der Höhe der Strahlenbelastung. Im Gegenteil, die Untersuchungen in der Schweiz und in den USA ergaben weniger Schäden in stärker strahlenexponierten Gegenden. Lediglich in Guarapari wurden bei einer Radioaktivität von 640 mrad/Jahr vermehrt Chromosomenbrüche in Körperzellen gefunden (wie auch in einem hochradioaktiven Gebiet von Badgastein), und eine Studie spricht von einer allerdings ungenügend gesicherten Zunahme von Mongolismus in Gebieten erhöhter Radioaktivität.

Die Studien am «Naturexperiment» zeigen, dass vermutlich die untersuchten Bevölkerungsgruppen viel zu klein sind, um eventuell strahleninduzierte Schäden aufzuzeigen. Oder weniger wahrscheinlich: es existiert tatsächlich eine unschädliche Schwellendosis, oder die verdünnte Bestrahlung fördert die Reparatur dermassen, dass sie den Schaden ausschaltet.

## 4. Abschätzung der Konsequenzen der «Tschernobyl»-Belastung in der Schweiz

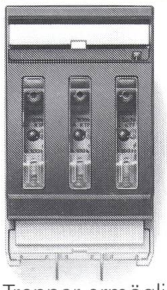
Es bleibt uns nun, das Unmögliche zu versuchen, nämlich die gesundheitlichen Konsequenzen dieser grob geschätzten zusätzlichen Strahlenbelastung zu beurteilen. Wir bleiben bei der pessimistischen Annahme einer linearen Dosis-Wirkung-Beziehung ohne Schwellendosis. Nach einer reinen Rechnung dürften in der Schweiz zusätzlich zu den 1 200 000 zu erwartenden Krebstodesfällen innerhalb der nächsten 70 Jahre 30 bis 36 hinzutreten sowie in der ersten Generation 6–18 Fälle erblich bedingte Veränderungen zu den 600 000 zu erwartenden Anomalien.

Wir scheinen demnach noch einmal glimpflich davon gekommen zu sein. Viel zu tun gibt es nun für die strahlenbiologische Forschung, nämlich in zielgerichteten Experimenten die Risiken kleinster, verdünnter Dosen zu analysieren in Wechselwirkung mit anderen Umweltgiften und im Rahmen des grossen Risikos, das unser Leben darstellt.

# 9150 Kilometer westlich ist manches anders. Aber eines gleich.

Zum Znüni isst Pedro statt einer Cervelat einen gerösteten Maiskolben. Und unter seinem Sombrero pfeift er kein Jodellied, sondern Samba-Rhythmen. Trotzdem haben Elektro-Fachleute fast überall auf der Welt eine Gemeinsamkeit: Die Anwendung von Weber-Produkten. Denn wir bei Weber investieren in unsere Produkte soviel typisch schweizerische Präzision, dass nicht nur Schweizer ihr vertrauen. Zugunsten der Sicherheit.

**Silas von Weber.**



Der Sicherungs-Lasttrenner für eine einfache Montage hinter beweglichen Abdekkungen oder in feste Fronten. Mit 3poligen Unterteilen aus glasfaserverstärktem Polyester-Duroplast. Mit seitlichen Abstandsnocken, die unmittelbar nebeneinanderliegende Anreihung verschiedener Trenner ermöglichen. Grösse 00 verfügt über einen zweiteiligen, Grösse 1 bis 3 über einen einteiligen Berührungsschutz.

**WEBER**

**Swiss-Made für die ganze Welt.**

Weber AG
Elektrotechnische Apparate
und Systeme
CH-6020 Emmenbrücke
Telefon 041 50 55 44

B&S

SIEMENS

# Auf Zukunft schalten mit Mittelspannungs-Schaltanlagen von Siemens

**Vakuum-Leistungsschalteranlage 8BJ20:**
Hinter dieser neuen Anlage* steckt mehr als nur professionelles Engineering. Nämlich eine langjährige praktische Erfahrung im Schalten und Verteilen elektrischer Energie.

**z.B. Personensicherheit:**
Optimal. Alle Schalt-, Prüf- und Vorbereitungsarbeiten lassen sich bei geschlossener Fronttüre durchführen. Auch in Trennstellung des Einschubes hoher Schutzgrad durch geschlossene störlichtbogengeprüfte Stahlblechkapselung.

**z.B. Betriebssicherheit**
Umfassend. Vollständiger Schutz gegen falsche Schalthandlungen, Abfrageverriegelung zwischen Schutzplatte und Einschub, Fronttüre in Gesamtverriegelung einbezogen.

Kurz: problemlose Mittelspannungs-Leistungsschalteranlagen, die auch unter widrigen Umständen einwandfrei funktionieren.

Überzeugen Sie sich selbst. Für ausführliche Unterlagen genügt ein Anruf bei Siemens-Albis.

***Leistungsschalteranlage Typ 8BJ20 bis 24 kV,**
wartungsfreie Vakuum-Schaltröhren, Einfach-/Doppelsammelschiene, metallgekapselt, teilgeschottet, typengeprüft.
Die Anlage entspricht den gültigen SEV-Vorschriften.

**Siemens-Albis AG**
Energieversorgung
Freilagerstrasse 28
8047 Zürich
Tel. 01/495 44 51

1020 Renens
Tél. 021/34 96 31

6904 Lugano
Tel. 091/51 92 71