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: 71 (1980)

Heft: 17

Artikel: Entstehung und Wirkung des NEMP

Autor: Ruedy, T. / Bertuchoz, J. / Wamister, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905277

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: 15.07.2025

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

Entstehung und Wirkung des NEMP

Von T. Ruedy, J. Bertuchoz, B. Wamister

537.868:623.451.746.083.2;

1. Einleitung

NEMP – der elektromagnetische Impuls (EMP) einer Kernwaffenexplosion – ist eine Kernwaffenwirkung, die dem grössten Teil der Bevölkerung noch unbekannt ist, obschon er die Waffenwirkung mit der grössten Reichweite darstellt und sich gleichzeitig auf einer Fläche von Millionen von Quadratkilometern auswirken kann. Im folgenden soll versucht werden, das Phänomen und die Wirkung des EMP auf einfache Art zu beschreiben.

2. Quelle des EMP: Die Kernwaffenexplosion

Kurz nach erfolgter Zündung eines Kernwaffensprengkörpers setzt die gewünschte nukleare Kettenreaktion ein, wobei unter Freisetzung gewaltiger Energiemengen schwere Atome gespalten werden. Der grösste Teil dieser Energie macht sich in Form von Druckwelle, Neutronenstrahlung, Radioaktivität und thermischer Strahlung bemerkbar. Etwa 1% der Gesamtenergie steckt in der sog. prompten Gammastrahlung, die im Verlauf der Kernspaltungsprozesse entsteht. Sie ist ein Teil der Primärstrahlung und unterscheidet sich von der sog. verzögerten Gammastrahlung dadurch, dass sie früher in Erscheinung tritt, viel intensiver ist und viel weniger lang dauert (Fig. 1) [1]. Dieser intensive Gammastrahlungs-Impuls mit einer Dauer von ca. 100 ns, d.h. 10^{-7} s, ist für die Entstehung des EMP verantwortlich.

3. Entstehungsmechanismus

Gammastrahlung wird in der Luft infolge von Wechselwirkungen mit Luftmolekülen abgeschwächt. Zum Verständnis dieser Prozesse kann die Gammastrahlung als eine grosse Anzahl von Teilchen angesehen werden, welche sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Die Energie E dieser Teilchen, der sog. Gammaquanten (Photonen), ist proportional zur Frequenz ν der Gammastrahlung und beträgt mit dem Proportionalitätsfaktor h (Plancksche Konstante) $E = h \cdot \nu$. Kollidiert ein solches Gammaquant mit einem Elektron eines Atoms oder Moleküls, so überträgt es einen Teil seiner Energie dem Elektron, welches mit hoher Geschwindigkeit wegfliegt (Fig. 2). Das Gammaquant fliegt mit entsprechend verminderter Energie (bzw. Wellenlänge) in eine andere Richtung weiter, und zurück bleibt das ionisierte Atom. Dieses Phänomen – die Beschleunigung eines Elektrons durch ein Gammaquant – ist bekannt unter dem Namen Comptoneffekt, wobei das beschleunigte Elektron als Comptonelektron bezeichnet wird.

Durch die Trennung des Elektrons vom Atomrumpf entsteht ein elektrisches Feld. Da sehr viele Atome auf diese Art ionisiert werden, können auf diese Art starke elektrische Felder aufgebaut werden. Das mit nahezu Lichtgeschwindigkeit wegfliegende Elektron stösst mit sehr vielen andern Atomen zusammen, die dabei ebenfalls ionisiert werden, wobei die sog. Sekundärelektronen entstehen. Auf Meereshöhe kommt das Comptonelektron nach etwa 1 m zum Stillstand, nachdem es rund 15000 andere Atome ionisiert hat. Durch diese Ionisation wird die Leitfähigkeit der Luft stark erhöht, was schliesslich wieder zum Potentialausgleich führt.

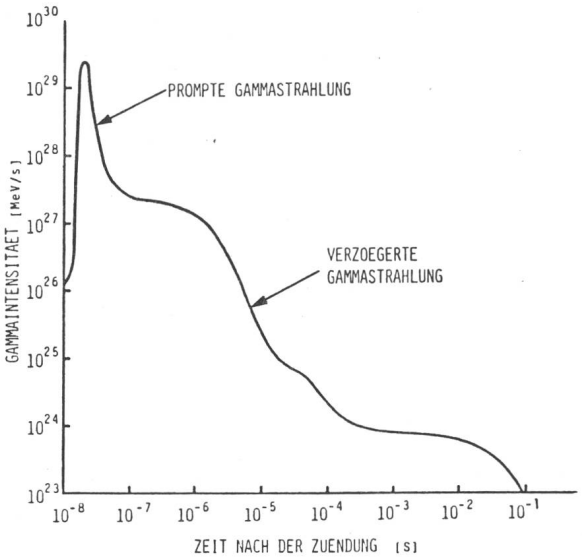

Fig. 1 Zeitverlauf der primären Gammastrahlung für 1 kT

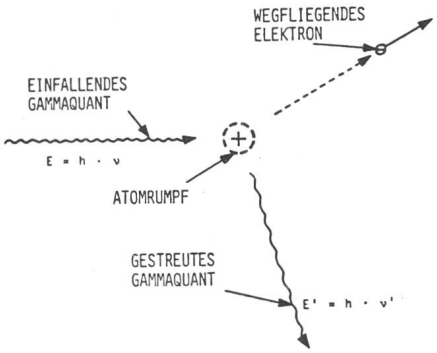

Fig. 2 Comptoneffekt

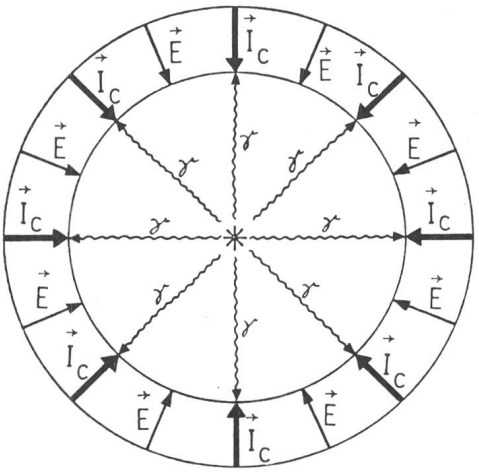

Fig. 3 Symmetrische Explosion
$\vec{I}_c$ Comptonstrom

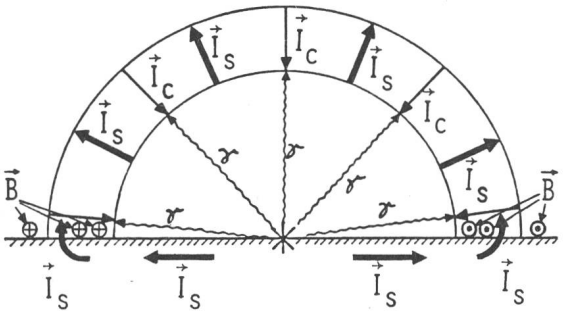

Fig. 4 Bodenexplosion
$\vec{I}_c$ Comptonstrom $\vec{B}$ Magnetfeld
$\vec{I}_s$ Sekundärelektronenstrom

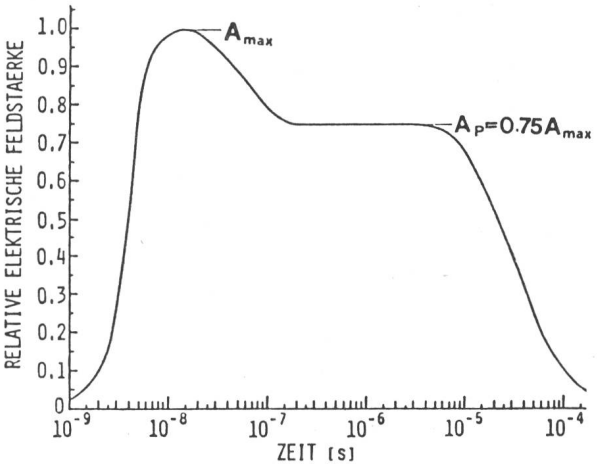

Fig. 5 Zeitlicher Verlauf des EMP einer Bodenexplosion
Die hier gezeigte Impulsform entspricht einer Norm und ist stark vereinfacht.

4. EMP-Felder

Je nach Umgebungsbedingungen (Explosionshöhe, Bodenleitfähigkeit, Beobachtungsstandort usw.) hat der EMP unterschiedliche Kenndaten. Grundsätzlich wird zwischen den beiden Extremfällen Bodenexplosion und Explosion in sehr grosser Höhe bzw. exoatmosphärische Explosion unterschieden. Aus didaktischen Gründen soll im folgenden auch der stark idealisierte Fall einer Explosion in einer homogenen und symmetrischen Atmosphäre kurz beschrieben werden [2].

4.1 Symmetrische Explosion

In einer homogenen symmetrischen Atmosphäre haben alle Gammaquanten dieselbe Reichweite. Compton- und Sekundärelektronenstrom sind symmetrisch bezüglich des Explosionspunktes (Fig. 3). Der Comptonstrom erzeugt ein sehr rasch ansteigendes ebenfalls punktsymmetrisches radiales elektrisches Feld, welches nach einiger Zeit über die Sekundärelektronen wieder abgebaut wird. Ausgehend von den Maxwellgleichungen kann durch eine einfache mathematische Überlegung gezeigt werden, dass in diesem Fall kein Magnetfeld entsteht (Symmetrie) und auch kein elektromagnetisches Feld abgestrahlt werden kann. Infolge von Sättigungseffekten beträgt die maximale elektrische Feldstärke um 100 kV/m. Sie wird einzig bei sehr hohen Gammaintensitäten, d. h. sehr nahe beim Explosionspunkt überschritten. Die Anstiegszeiten liegen im Bereich von einigen ns und die Impulsdauern im Bereich von einigen µs (Abfall auf 1/e).

4.2 Bodenexplosion

Durch die Anwesenheit des Bodens wird eine Asymmetrieebene eingeführt. Nach wie vor entsteht in der Luft ein starkes und rasch ansteigendes lokales elektrisches Feld, das durch eine Sättigungsfeldstärke um 100 kV/m charakterisiert ist.

Der relativ zur Luft gut leitende Boden hat zur Folge, dass die freien Sekundärelektronen in Bodennähe von diesem angezogen werden (Spiegelladungs-Effekt) und dort gegen das positiv geladene Explosionszentrum zurückfliessen (Fig. 4). Dadurch entsteht eine Stromschlaufe, die in Bodennähe ein sehr starkes Magnetfeld nach sich zieht. Dieses Magnetfeld kann Feldstärken von einigen 1000 A/m aufweisen. Figur 5 gibt eine sehr vereinfachte Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines Bodenexplosions-EMP. Das Plateau konstanter Feldstärke ist u.a. dadurch zu erklären, dass die Sekundärelektronen nicht direkt mit positiven Ionen rekombinieren, sondern sich vorzugsweise an neutrale Sauerstoffmoleküle anlagern. Daraus resultiert eine weit geringere Luftleitfähigkeit, als sonst zu erwarten wäre.

In Fig. 6 ist die Abhängigkeit der maximalen elektrischen und magnetischen Feldstärken von der Distanz zum Explosionszentrum und vom Waffenkaliber dargestellt [3]. Speziell zu vermerken ist, dass in diesem Fall ein EMP gegen aussen abgestrahlt wird, der sehr weit wirksam sein kann.

4.3 Explosionen in sehr grosser Höhe bzw. exoatmosphärische Explosionen

Bei Explosionen in sehr grosser Höhe spielt eine andere Asymmetrie eine Rolle. Gammaquanten, welche von der Erde wegfliegen, haben eine praktisch unendliche Reichweite, wogegen diejenigen, welche gegen die Erdoberfläche fliegen, in einer Höhe zwischen 20 und 50 km in der Atmosphäre absorbiert werden. Die in dieser Höhe entstehenden Comptonelektronen haben eine Reichweite von rund 100 m. Während ihres Fluges mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ werden sie durch das geomagnetische Feld $\vec{B}_0$ abgelenkt mit der Kraft

$$\vec{K} = \vec{v} \cdot \vec{B}_0$$

Infolge der linearen Beschleunigung durch den Comptoneffekt und der transversalen Beschleunigung durch Ablenkung im Erdmagnetfeld wird ein elektromagnetisches Feld abgestrahlt. Simultan mit der Ausbreitung der Front der Gammastrahlung baut sich auf diese Art ein sehr starkes elektromagnetisches Feld auf, welches auf einem grossen Gebiet der Erdoberfläche beobachtet werden kann (Fig. 7). Dabei werden Feldstärken von einigen 10 kV/m erreicht bei Anstiegszeiten von einigen ns und Impulsdauern von einigen hundert ns (Fig. 8).

Hier soll noch einmal mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, welch enorme Reichweite der EMP einer Hochexplosion haben kann. Sie wird im wesentlichen durch die Explosionshöhe bestimmt und beträgt noch am «Horizont» ca. 50 % der maximalen auf der Erdoberfläche auftretenden Feldstärke [4].

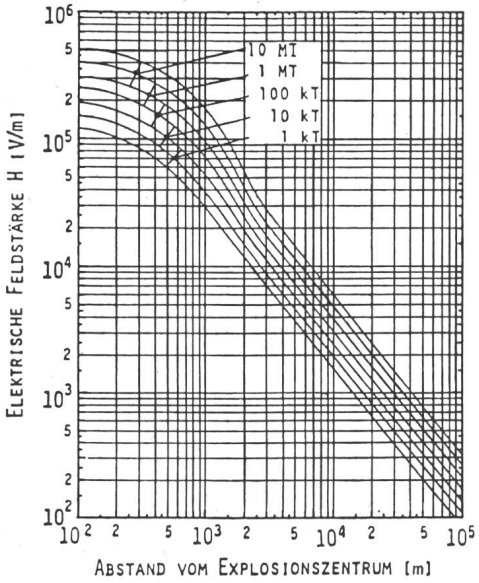

Fig. 6a Maximale elektrische Feldstärken bei Bodenexplosionen
Alle öffentlich zugänglichen Informationen über die Kaliber- und Distanzabhängigkeit des EMP von Bodenexplosionen beruhen auf Berechnungen. Die hier gezeigten Toleranzbänder entsprechen einer Auswertung von vielen verschiedenen Berechnungsmethoden.

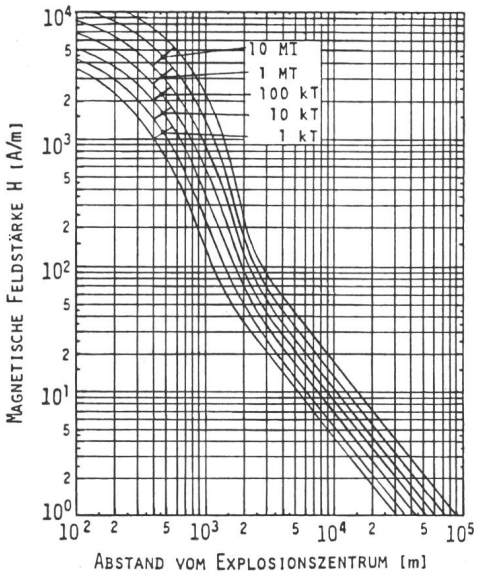

Fig. 6b Maximale magnetische Feldstärken bei Bodenexplosionen

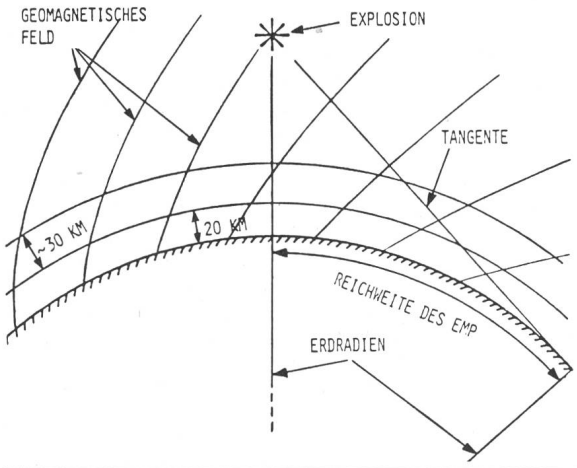

Fig. 7 Exoatmosphärische Explosion

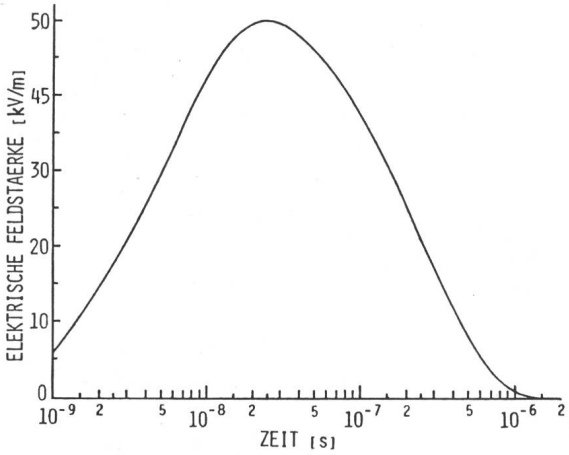

Fig. 8 Zeitlicher Verlauf des EMP einer exoatmosphärischen Explosion
Die hier gezeigte Impulsform entspricht einer Norm und ist als Doppelexponentialfunktion analytisch darzustellen:
$E(t) = 56.6\ (1 - 4.086 \cdot 10^6 \cdot t - e^{-1.565 \cdot 10^8 \cdot t})$ kV/m

5. Auswirkungen des EMP

Die Gefährlichkeit des EMP rührt nicht von den direkten Auswirkungen seiner Felder her, sondern von seinen Sekundärwirkungen in Form von induzierten Strom- und Spannungsimpulsen. Lange Kabel und Leitungen können viel elektromagnetische Energie aus dem Feld aufnehmen, was vor allem bei den Hochexplosionen eine wichtige Rolle spielt.

Grundsätzlich kann jedes metallisch leitende Objekt, welches dem EMP ausgesetzt ist, elektromagnetische Energie aufnehmen. Die durch die elektrischen und magnetischen Felder eingekoppelte Energiemenge hängt von verschiedenen Faktoren ab [5]:

- EMP-Charakteristik: Anstiegszeit, Impulsdauer, Amplitude
- Wellencharakteristik: Polarisation, Einfallwinkel, Bodenreflexion
- Elektrische und geometrische Eigenschaften des Objektes

Im allgemeinen sind aufwendige Analysen notwendig, um eingekoppelte Ströme und Spannungen in Systemen wie Antennen, Übertragungsleitungen, Flugzeugen usw. zu berechnen [6].

In manchen Fällen können dem EMP ausgesetzte Objekte als elektrisch klein betrachtet werden, d.h. ihre geometrischen Dimensionen sind klein, verglichen mit der kleinsten wirksamen Wellenlänge [7]. In diesem Fall sind die elektromagnetischen Felder gleichmässig über das Objekt verteilt, und die eingekoppelten Ströme und Spannungen können in guter Näherung mit einer quasistatischen Berechnung ermittelt werden. Dabei werden die Strukturen vereinfacht und entweder als Monopol-Antennen oder als Stromschlaufen betrachtet. Die elektrische und die magnetische Einkopplung können auf diese Weise voneinander getrennt behandelt werden.

5.1 Elektrische Einkopplung

Zur Abschätzung der elektrischen Einkopplung kann das Ampèresche Gesetz auf das äquivalente Schema eines Monopols angewendet werden (Fig. 9). Ausgehend von der äquiva-

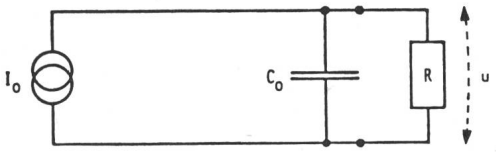

Fig. 9 Elektrische Einkopplung
I_0 Im Monopol induzierter Strom
U_0 Resultierende Spannung am Ausgang des Monopols
C_0 Äquivalente Kapazität des Monopols
R Ohmsche Last am Ausgang des Monopols

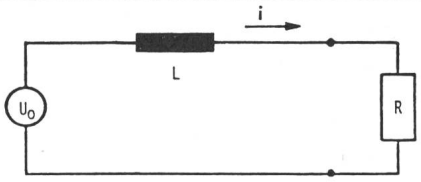

Fig. 10 Magnetische Einkopplung
U_0 In der Leiterschlaufe induzierte Spannung
I_0 Resultierender Strom in der Leiterschlaufe
L Induktivität der Leiterschlaufe
R Ohmscher Widerstand der Leiterschlaufe

lenten Fläche A und der äquivalenten Kapazität C_0 gilt im elektrischen Feld E bei einer Last R für den induzierten Strom

$$I_0 = \int_A \varepsilon \cdot \frac{dE}{dt} \cdot dA = A \cdot \varepsilon \cdot \frac{dE}{dt} \quad (\vec{E} \parallel \text{Monopol})$$

Mit $I_0 = C_0 \frac{du}{dt} + \frac{u}{R}$

wird $C_0 \frac{du}{dt} + \frac{u}{R} = A \cdot \varepsilon \cdot \frac{dE}{dt}$

Diese Differentialgleichung beschreibt das Verhalten der induzierten Spannung:

Falls $R \ll 1/\omega C_0$ ist U_0 proportional zu dE/dt
Falls $R \gg 1/\omega C_0$ ist U_0 proportional zu E

5.2 *Magnetische Einkopplung*

Zur Abschätzung der magnetischen Einkopplung kann das Induktionsgesetz von Faraday auf das äquivalente Schema einer Leiterschlaufe angewendet werden (Fig. 10). Ausgehend von der Fläche A und der Induktivität L der Leiterschlaufe gilt im Magnetfeld H bei einer Last R für die induzierte Spannung U_0

$$U_0 = -\int_A \mu \cdot \frac{dH}{dt}\, dA = -\mu \cdot A \cdot \frac{dH}{dt} \quad (\vec{H} \parallel \vec{A})$$

Mit $U_0 = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i$

Zerstörung von elektronischen Komponenten durch die EMP-induzierte Energie Tabelle I

Komponente	Energie, die notwendig ist zur	
	vorübergehenden Störung (upset) [J]	Zerstörung (burnout) [J]
CMOS; die meisten IC*)	10^{-7}	10^{-6}
Rasche Transistoren	10^{-6}	10^{-5}
Schalt-Dioden, Low-Power-Transistoren	10^{-5}	10^{-4}
Signal-Dioden; Gleichrichter	10^{-4}	10^{-3}
Zener-Dioden	10^{-3}	10^{-2}
Medium-Power-Transistoren	10^{-2}	10^{-1}
Einige spezielle Gleichrichter, Zener-Dioden	10^{-1}	10^{0}
Relais (Schmelzen der Kontakte)	–	10^{-1}
High-Power-Transistoren	10^{0}	10^{1}
Leistungs-Dioden und SCR*)	10^{1}	10^{2}

*) CMOS Complementary Metal Oxide Semiconductor
IC Integrated Circuit
SCR Silicon Controlled Rectifier

wird $L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i = -\mu \cdot A \cdot \frac{dH}{dt}$

Diese Differentialgleichung beschreibt das Verhalten des induzierten Stromes:

Falls $R \ll \omega \cdot L$ ist i proportional zu H
Falls $R \gg \omega \cdot L$ ist i proportional zu dH/dt

5.3 *Gefährdung*

Gefährdet durch den EMP sind grundsätzlich alle Systeme, welche elektronische Bauteile enthalten. Wie und welcher Anteil der eingekoppelten Energie letztlich von den einzelnen Bauteilen aufgenommen wird, ist von Fall zu Fall sehr unterschiedlich und von vielen Faktoren wie Länge und Geometrie der übertragenden Leitung, eingebaute Schutzmassnahmen, Lage des Elementes im Netzwerk usw. abhängig. Massgebend für die Störung bzw. Zerstörung eines elektronischen oder elektrischen Elementes ist die von ihm aufgenommene elektrische Energie. Die Tabelle I gibt einen groben Überblick über die Empfindlichkeit einzelner Komponenten.

6. Konsequenzen, Massnahmen

Wenn auch der Einsatz von Kernwaffen momentan als unwahrscheinlich erscheint – und es hoffentlich auch immer bleiben wird –, so sind die Konsequenzen im Falle seines Auftretens doch enorm. Die Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronik haben eine immer grössere Empfindlichkeit von immer mehr Systemen zur Folge. Steuerungsanlagen von Kraftwerken [8], Bahnhöfen, Wasserversorgungsanlagen, Übermittlungszentralen usw. würden im Falle einer Kernwaffenexplosion in grosser Höhe mit grosser Wahrscheinlichkeit für kürzere oder längere Zeit ausfallen. Dies kann eine fast vollständige Lahmlegung der Infrastruktur eines technologisch hochentwickelten Landes wie der Schweiz nach sich ziehen.

Angesichts dieser Tatsachen werden auch in der Schweiz seit geraumer Zeit Anstrengungen auf dem Gebiet des EMP unternommen. Die Aktivitäten können dabei in die folgenden drei Hauptgebiete unterteilt werden:

Information: Sammeln, Auswerten und Weitergeben von Informationen über EMP-Bedrohung, EMP-Simulation sowie Schutzmassnahmen.

Simulation: Nachbildung der primären und sekundären Wirkungen zur experimentellen Erfassung der EMP-Phänomene und zur Optimierung von Schutzmassnahmen.

Schutzmassnahmen: Erarbeiten und Beurteilen von geeigneten Schutzmassnahmen, wie Abschirmungen, Überspannungsableiter, Filter, sowie Aufstellen von Richtlinien.

Als gutes Beispiel für bereits getroffene Massnahmen sei die Wasserversorgung der Stadt Zürich erwähnt, welche bereits vollständig gegen die Einwirkungen des EMP geschützt ist.

Im AC-Laboratorium Spiez der Gruppe für Rüstungsdienste werden Grundlagenversuche und Prüfungen durchgeführt. Der sich dort befindende EMP-Simulator wurde zum grössten Teil mit Geldern des Bundesamtes für Zivilschutz finanziert. Am Forschungsinstitut für militärische Bautechnik in Zürich werden vorwiegend bauliche EMP-Schutzmassnahmen erarbeitet. In zahlreichen Industriebetrieben werden EMP-resistente Geräte, Systeme und Anlagen entwickelt.

Adresse der Autoren

T. Ruedy, J. Bertuchoz, B. Wamister, Gruppe für Rüstungsdienste, Technische Abt. 8, AC-Laboratorium Spiez/Sektion 8.1, 3700 Spiez.

Literatur

[1] *S. Glasstone* and *P. J. Dolan:* The effects of nuclear weapons. Chapter VIII: Initial nuclear radiation. Washington, United States Department of Defence, 1977.

[2] *K. Appert:* Das einfachste EMP-Modell: Die symmetrische Explosion in homogener Atmosphäre. FMB 72-6. Zürich, Forschungsinstitut für militärische Bautechnik, 1972.

[3] *T. Rüdy:* Die Freifeldwerte des EMP. Laborbericht TA 8-7729. Spiez, Gruppe für Rüstungsdienste, Technische Abteilung 8, 1977.

[4] *S. Glasstone* and *P. J. Dolan:* The effects of nuclear weapons. Chapter XI: The electromagnetic pulse and its effects. Washington. United States Department of Defense, 1977.

[5] DNA EMP awareness course notes. Chicago, Illinois Institute of Technology Research institute, 1971.

[6] *F. M. Tesche* and *J. P. Castillo:* Computational techniques for EMP interaction. Proceedings of the third symposium on electromagnetic compatibility, Rotterdam, may 1...3, 1979: report 76 JI, p. 287...292.

[7] *C. E. Baum:* Electromagnetic pulse interaction close to nuclear bursts and associated EMP-environment specifications. AFWL-Sensor and Simulation notes SSN-76. Kirtland AFB/New Mexico, Air Forces Weapons Laboratory, 1971.

[8] *P. R. Barnes, R. W. Manweiler* and *R. R. Davis:* Effetcs of nuclear electromagnetic pulse (EMP) on nuclear power plants. ORNL-5029. Oak Ridge/Tennessee, Oak Ridge National Laboratory, 1977.

Heinrich Joseph Hermann Lemp 1862–1954

Der Dieselmotor ist seiner Charakteristik wegen für Traktionszwecke ungeeignet. Bei mechanischer oder hydraulischer Kupplung der Kurbelwelle mit den Triebachsen kann ein Zug z. B. nicht aus dem Stillstand angefahren werden. Mit Hilfe der elektrischen Übertragung gelang es schrittweise, der Schwierigkeiten Herr zu werden. Die Handhabung der Steuerung erforderte zuerst aber eine grosse Geschicklichkeit des Lokführers und befriedigte daher nicht. 1930 meldete eine Schweizer Firma für eine automatische Steuerung dieselelektrischer Lokomotiven ein Patent an. Die Generatorerregung wurde dabei von der Stellung des Dieselmotorreglers abhängig gemacht. So konnte der Lokführer die Dieselmotorleistung und die Generatorerregung mit einem einzigen Hebel regeln, wobei es unabhängig von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Steigung nicht mehr zu Überlastungen des Dieselmotors kommen konnte. Als sich der Erfinder im folgenden Jahr nach den USA begab, stellte er fest, dass seine Erfindung dort schon 1914 patentiert worden war, und zwar von Hermann Lemp, den er auch kennenlernte.

Zeichnung nach einer vergilbten Foto aus Lemps Nachlass

Hermann Lemp kam am 8. August 1862 in Bern zur Welt. Als er 9jährig war, starb sein Vater, und mit 12 Jahren war er Vollwaise. Seine Ausbildung fiel etwas lückenhaft aus. Er besuchte kurz das Gymnasium Bern, das Technikum Burgdorf, arbeitete 3 Jahre in Hipps Telegraphenfabrik in Neuenburg und hospitierte wahrscheinlich an der dortigen Universität. 1881 reiste er an die Pariser Elektrizitätsausstellung, wo ihn Edisons Erfindungen in Bann zogen. Er beschloss nach den USA auszuwandern, um bei Edison arbeiten zu können. Ein mitgebrachtes, selbstgebautes Galvanometer verhalf ihm zur Erfüllung dieses Wunsches.

Lemp hatte für Edison Fabrikationseinrichtungen zur Herstellung der Kohlenfadenlampen zu entwerfen. Nach $1^1/_2$ Jahren kehrte er kurz in die Schweiz zurück, um sich Marie Cusin, eine Neuenburger Lehrerin, zur Frau zu holen.

Nach New York zurückgekehrt, arbeitete Lemp bei Bergmann, dann von 1884 bis 1887 bei Schuyler El. Comp. in Hartford. Als diese Firma an Thomson-Houston überging, wurde er Mitarbeiter von Elihu Thomson. Für diesen baute er Schweissumformergruppen, mit denen Kettenglieder, Tramschienen, aber auch Eheringe geschweisst wurden. 1889 gründete Thomson in Lynn seine Electric Welding Comp. und machte Lemp zu deren Chef. Sechs Jahre später wurde dieses Unternehmen der General Electric einverleibt. Während der Wirtschaftskrise suchte Lemp als Forschungsassistent Thomsons nach neuen Verdienstmöglichkeiten. Er baute motorgetriebene Haushaltkühlschränke, die, weil die Netze zu schwach waren, nicht abgesetzt werden konnten, dann Akkumulatorenwagen, mit ebensowenig Erfolg. Dagegen fand sein Verfahren zum Ausglühen von Panzerplatten für Kriegsschiffe bei der amerikanischen und der englischen Marine Anwendung. Als Röntgenbilder aufkamen, musste man lange Durchstrahlungszeiten anwenden, um kontrastreiche Bilder zu bekommen, die dann aber meist unscharf waren. Diesem Übel half Lemp mit seinem Selektor, einem doppelt wirkenden mechanischen Gleichrichter, ab. Mit diesem stieg die Strahlstärke so stark, dass die Röntgenröhren schmolzen. Als nach 1913 Tungsram-Elektroden eingesetzt wurden, fand Lemps Selektor grosse Verbreitung.

1910 hielt sich Rudolf Diesel in den USA auf, traf auch mit Lemp zusammen und weckte dessen Interesse an der Dieseltraktion. Dieser erkannte die erwähnten Nachteile und entwickelte die elektrische Übertragung mit automatischer Leistungsregelung, für die er am 24. Juni 1914 das Patent erhielt. Von da an erhielten alle grossen dieselelektrischen Streckenlokomotiven in USA die automatische Lemp-Steuerung.

Lemp besass etwa 300 Patente. Er war aber so bescheiden, dass ihm nichts an der kommerziellen Ausnützung seiner Erfindungen lag. 1927 besuchte er nochmals Europa, um sich über den hiesigen Stand der Dieseltraktion zu orientieren. Seine beratende Tätigkeit, nun bei der Erie Steam Shovel und der Ingersoll Rand Comp. musste er eines Augenleidens wegen in den vierziger Jahren aufgeben. Mit seiner Frau zog er sich zu Schwiegersohn und Tochter nach Ridgewood zurück.

Als General Motors ihre erste dieselelektrische Grosslokomotive in ganz Amerika vorführten, stand auf dem Berichtband mit goldenen Buchstaben «Hermann Lemp gewidmet, DEM Pionier der Dieseltraktion». Aber erst im Alter von 88 und 89 Jahren erhielt dieser offizielle Anerkennung: den Nationalen Transportpreis und vom Franklin Institut die George-Henderson-Goldmedaille für Verdienste im Eisenbahnwesen.

Hermann Lemp starb nach langer Krankheit 92jährig am 31. März 1954 in Ridgewood. Seine Frau folgte ihm nur 4 Monate später in den Tod.

H. Wüger