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: 76 (1985)

Heft: 23

Artikel: Die Tätigkeit des Forschungsinstitutes für militärische Bautechnik im Bereich des EMP

Autor: Gut, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904719

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

Die Tätigkeit des Forschungsinstitutes für militärische Bautechnik im Bereich des EMP

J. Gut

Der nukleare elektromagnetische Impuls (NEMP) gehört seit Mitte der 60er Jahre zum Arbeitsgebiet des Forschungsinstitutes für militärische Bautechnik (FMB). Im folgenden Beitrag wird die Entstehung des NEMP bei bodennahen und exoatmosphärischen Nuklearexplosionen in ihren wesentlichen Zügen beschrieben. Zudem wird auf einige Probleme der NEMP-Wechselwirkungen sowie des baulichen NEMP-Schutzes hingewiesen. Die Arbeiten sind im Literaturverzeichnis dokumentiert.

L'impulsion électromagnétique d'origine nucléaire, la iémon, est déjà traitée depuis 1965 par l'Institut de recherches du génie militaire. La production d'une iémon par explosion nucléaire à proximité du sol ou exoatmosphérique est décrite et quelques problèmes d'interaction, ainsi que de la protection des ouvrages contre les iémons sont indiqués. Documentation au sujet de ces travaux dans une liste de publications.

Vortrag anlässlich der SEV-Informationstagung «NEMP-Simulation – NEMP-Schutz» vom 7. Mai 1985 in Bern.

Adresse des Autors
Dr. *J. Gut*, dipl. Phys. ETH, Leiter des Forschungsinstituts für militärische Bautechnik, 8001 Zürich.

1. Einleitung

Am 1. Juli 1964 wurde, nach längerer Vorbereitungszeit, das Forschungsinstitut für militärische Bautechnik (FMB) als Aussenstelle der damaligen Abteilung (heute Bundesamt) für Genie und Festungen des EMD mit Sitz in Zürich gegründet. Ein kleiner Stab qualifizierter wissenschaftlicher Mitarbeiter versucht seither, als Sammelstelle für wissenschaftliche Informationen auf dem Gebiet der Waffenwirkungen zu dienen, daraus in intensiver Arbeit neue Erkenntnisse zu gewinnen und diese allen an der Sache Interessierten, insbesondere aber den Bauherrschafts- und Baufachorganen des Bundes zur Verfügung zu stellen. Dieser anspruchsvollen Aufgabe konnte und kann das Institut nur gerecht werden durch die Pflege vielfältiger Kontakte mit in- und ausländischen Stellen, durch Beschränkung auf das Wesentliche, durch gründliche wissenschaftliche Abklärung der gestellten Probleme und nicht zuletzt durch fachlich hochstehende Veröffentlichungen.

Der *nukleare elektromagnetische Impuls (NEMP)* gehört seit Mitte der 60er Jahre zum Arbeitsgebiet des FMB. Die Hartnäckigkeit, mit der er seit über 20 Jahren Wissenschafter im FMB beschäftigt, weist darauf hin, dass es sich beim NEMP um eine besonders komplexe Waffenwirkung mit ausgeprägter Bedeutung für die Gesamtverteidigung handelt. Waren die Kenntnisse des Phänomens EMP in den 60er Jahren noch sehr rudimentär, so sind sie heute teilweise sehr breit und vertieft vorhanden. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass der Begriff NEMP eine Vielzahl von verschiedenen elektromagnetischen Effekten beinhaltet (Tab. I), die jedoch von unterschiedlichem Einfluss auf die schweizerische Gesamtverteidigung sind. Im Vordergrund des Interesses stehen die Erscheinungen des elektromagnetischen Impulses von Nuklearexplosionen in sehr grosser Höhe (HEMP) sowie von nuklearen Luft- und Bodenexplosionen (LEMP, SREMP).

2. Entstehung des NEMP

Es liegt in der Natur der Sache, dass sich das FMB bei der Aufnahme seiner wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiet des NEMP zuerst mit den physikalischen Grundlagen der Entstehung des *bodennahen elektromagnetischen Impulses* zu beschäftigen hatte. Für die verantwortlichen Instanzen, die sich mit der Planung und Erstellung von militärischen Bauten und Anlagen auseinanderzusetzen hatten, stellte der NEMP ein noch diffuses, in seinem Stellenwert vorerst zu wenig erfassbares Phänomen dar. Im Unterschied zu den Wirkungen des Druckes, die man hinlänglich zu kennen glaubte, oder der thermischen Strahlung, die man von bekannten Brandschäden einigermassen übertragen konnte, tappte man bei den möglichen Auswirkungen eines NEMP vorerst im Halbdunkel nach greifbaren Ansatzpunkten. Die rigorose Geheimhaltung technischer Daten zum NEMP seitens der Atommächte erleichterte die gestellte Aufgabe auch nicht. In dieser Situation ist es rückblickend verständlich, wenn mangels aussagekräftiger und gesicherter Unterlagen die Existenz eines NEMP da und dort schlichtweg in Frage gestellt wurde. Dies sollte sich aber sehr rasch ändern. Mit Unterstützung weitsichtiger Bauherren und interessierter ETH-Institute gelang dem FMB Ende der 60er Jahre der Durchbruch zur Anerkennung des NEMP als wichtiger Waffenwirkung. Dies zeigte sich darin, dass bereits damals die erste militärische Anlage mit NEMP-Schutz erstellt werden konnte.

Heute weiss man, dass der NEMP hauptsächlich durch die bei Nuklear-

Die Arten von nuklearen elektromagnetischen Impulsen Tabelle I

NEMP (EMP)	Nuclear Electromagnetic Pulse	Oberbegriff für die verschiedenen Arten des nuklearen elektromagnetischen Impulses
SREMP	Source Region EMP	EMP in der Erzeugungszone (Quellenzone), in der die Energie der prompten Gammastrahlung (und der harten Röntgenstrahlung) deponiert und ein Comptonelektronenstrom erzeugt wird
LEMP (LAEMP)	Low Altitude EMP	EMP von Nuklearexplosionen in geringer Höhe (Bodennähe; Sprengpunkthöhe 0...2000 m) mit in bezug auf die elektromagnetischen Felder lokaler Wirkung
HEMP (HAEMP)	High Altitude EMP	EMP von Nuklearexplosionen in grosser Höhe (Sprengpunkthöhe > 40 000 m; exoatmosphärisch) mit kontinentaler Wirkung*
MHDEMP	Magnetohydrodynamic EMP	Teil des HEMP: Niederfrequenter, relativ schwacher magnetohydrodynamischer EMP von langer Dauer, der auf die Wechselwirkung des sich ausdehnenden Plasmas mit dem Magnetfeld der Erde zurückzuführen ist.
DEMP	Dispersed EMP	Teil des HEMP, der nicht auf der Erde auftrifft.
SGEMP	System Generated EMP	Durch direkte Wechselwirkung (Photoeffekt, Comptoneffekt-Paarerzeugung) der Röntgen- und Gammastrahlung mit dem Material des bestrahlten Objektes erzeugter EMP, vor allem bei Objekten im Weltraum nach Nuklearexplosionen in grosser Höhe
IEMP	Internal EMP	Comptonaufladung durch das Auftreffen energiereicher Gammaquanten auf Kabel usw. im Gefolge von Nuklearexplosionen

* Bei Sprengpunkthöhen zwischen 2000 und 40 000 tritt ein gegenüber LEMP und HEMP sehr viel schwächerer EMP auf

explosionen freigesetzte *Gammastrahlung* verursacht wird. Diese wird bei den Spaltungsreaktionen und Neutronenwechselwirkungen emittiert. Die energiereiche Gammaquanten schlagen bei Boden- und Luftexplosionen Elektronen aus den umgebenden Luftmolekülen heraus (Comptoneffekt), die ihrerseits wiederum zahlreiche Sekundärelektronen erzeugen, wodurch eine ionisierte Zone (Depositionszone, Source Region) entsteht (Fig. 1).

Die Elektronen werden radial vom Explosionsort nach aussen beschleunigt und entfernen sich von den zurückbleibenden positiv geladenen Ionen. Diese Ladungstrennung erzeugt ein starkes elektrisches Feld, das seinen Maximalwert in 5 bis 50 ns erreicht.

2.1 Bodennahe Explosionen

Unter vollständig symmetrischen Verhältnissen, das heisst bei homogener Atmosphäre und isotroper Gammaemission, würde keine elektromagnetische Energie nach aussen abgestrahlt (Fig. 2a).

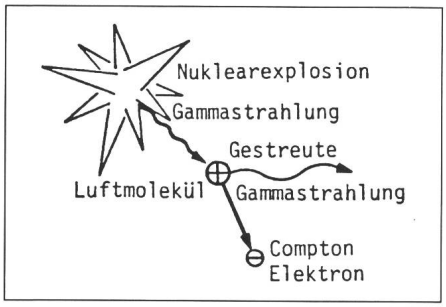


Fig. 1 Comptoneffekt
Durch die Gammastrahlung der Explosion werden Elektronen aus Luftmolekülen herausgeschlagen, die ihrerseits zahlreiche Sekundärelektronen erzeugen.

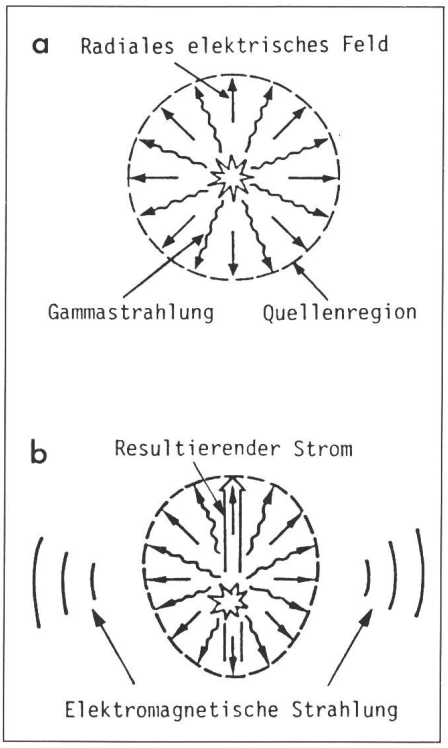


Fig. 2 EMP-Erzeugung durch Unsymmetrie
a Im Falle der vollständigen Symmetrie wird ein symmetrisches radiales *E*-Feld erzeugt; die Elektronenströme heben sich für einen aussenstehenden Beobachter auf. Es erfolgt keine Abstrahlung.
b Die Störung der Symmetrie führt zu einem resultierenden Elektronenstrom. Ein elektromagnetischer Impuls wird abgestrahlt, der senkrecht zum resultierenden Strom am stärksten ist.

In Wirklichkeit sind aber stets Asymmetrien vorhanden. Neben Asymmetrien der Waffenkonstruktion ergeben sie sich für Luftexplosionen aus dem Dichtegradienten der Luft, für *Boden-* und *bodennahe* Explosionen aus der Grenzfläche Luft/Erde. Aus diesen Asymmetrien resultiert ein Ungleichgewicht der Comptonströme, was sich modellmässig als vertikaler Dipol darstellen lässt (Fig. 2b).

Der zeitveränderliche Strom führt zur Abstrahlung eines kurzen, aber sehr starken Impulses elektromagnetischer Strahlung, der seinen Maximalwert in weniger als 100 ns erreicht und darnach in einigen 10 µs auf sehr geringe Werte abfällt. Da der Erdboden gegenüber Luft eine relativ gute Leitfähigkeit aufweist, können Elektronen auf diesem Weg zum positiveren Explosionsnullpunkt zurückfliessen. Diese Ströme erzeugen lokal starke azimutale Magnetfelder. Der ungefähre Verlauf des radialen elektrischen

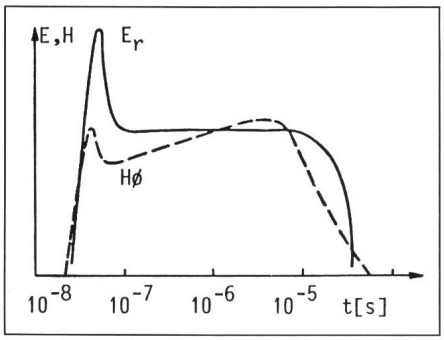


Fig. 3 Ungefährer Verlauf des radialen elektrischen Feldes E_r und des azimutalen Magnetfeldes H_φ bei Bodenexplosionen
Kugelkoordinaten

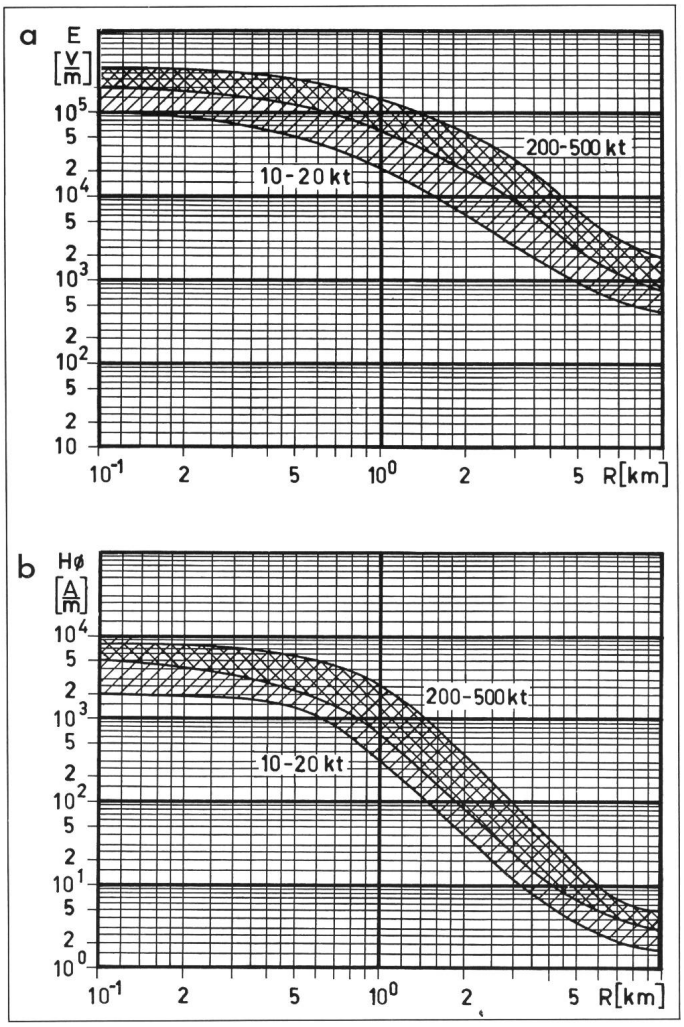


Fig. 4 Approximative Wertebereiche der elektrischen (a) und magnetischen (b) Feldstärken E und H
von Bodenexplosionen verschiedener Energieäquivalente in Abhängigkeit von der Entfernung zum Nullpunkt.

E Elektrische Feldstärke = $\sqrt{E_r^2 + E_\theta^2}$
E_r Radialkomponente von E
E_θ Vertikalkomponente von E
H_φ Azimutalkomponente des Magnetfeldes in der Luft auf Bodenhöhe
R Entfernung zum Nullpunkt der Explosion

und des azimutalen magnetischen Feldes des EMP bei Bodenexplosionen in der explosionsnahen Zone geht aus Figur 3 hervor.

In der Strahlungszone des EMP wird die Signalform verändert. Schwingungen treten auf. Die Feldstärken nehmen mit zunehmender Entfernung vom Nullpunkt relativ rasch ab. In Figur 4 sind approximative Werte für die elektrische und magnetische Feldstärke in Funktion des Abstandes vom Sprengpunkt für den NEMP von Bodenexplosionen verschiedener Energieäquivalente wiedergegeben. Die elektromagnetischen Felder $\boldsymbol{E}$ und $\boldsymbol{H}$ des NEMP lassen sich mit Hilfe der Maxwellgleichungen berechnen, sofern die erzeugenden Comptonströme und Leitfähigkeiten bekannt sind. In Figur 5 ist das Flussdiagramm des EMP-Erzeugungsmechanismus stark vereinfacht dargestellt.

Obschon heute Computerprogramme zur Berechnung von NEMP-Feldern zur Verfügung stehen, ist damit das Problem nicht vollständig lösbar. So ist beispielsweise der für die Erzeugung des NEMP entscheidende Fluss hochenergetischer Gammaquanten und Neutronen zeitabhängig. Diese Zeitfunktion beinhaltet im wesentlichen die Konstruktionsmerkmale des betreffenden Nuklearsprengkörpers und ist deshalb klassifiziert. Nichtatomwaffenstaaten haben somit keine Möglichkeit, genaue Berechnungen von NEMP-Feldern durchzuführen. Sie sind auf Annahmen angewiesen, womit jede quantitative Berechnung mit Unsicherheiten behaftet bleibt. Weitere Fehlerquellen entstehen durch ungenaue Daten über den Chemismus der Atmosphäre und weitere Mängel. Die Folge davon ist, dass physikalisch haltbare Werte der NEMP-Felder mit gewissen Sicherheitsmargen versehen werden müssen, die wiederum gut begründet werden können. Diese stellen die Basis für die zu ergreifenden Schutzmassnahmen dar.

2.2 Explosionen in grosser Höhe

Auf die grossräumige Auswirkung des NEMP von Explosionen in grosser Höhe wurde vom FMB bereits 1967 hingewiesen. Neben den damals aus Zeitungsmeldungen bekannten «electrical troubles in Hawaii» [1] waren auch Messungen des Signals in etwa 6000 km Entfernung von der Nuklearexplosion «Starfish-Prime» vom 9. Juli 1962 in 400 km Höhe über den Johnston-Inseln beschrieben worden

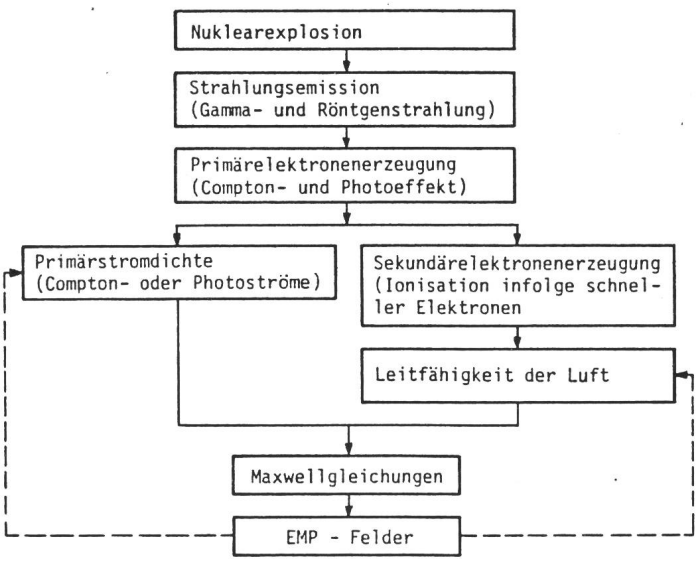


Fig. 5 Flussdiagramm des EMP-Erzeugungsmechanismus

[2], worauf 1968 mögliche Daten des EMP von Explosionen in grosser Höhe abgeschätzt wurden [3]. Die sich abzeichnende potentielle Gefährlichkeit des HEMP für die ganze Schweiz wurde 1969 vom Amerikaner *W. Karzas* bei Gesprächen im FMB bestätigt. Die Aktivitäten auf dem NEMP-Gebiet wurden zu Beginn der 70er Jahre in drei Richtungen verstärkt:

1. systematische Erfassung, Einteilung und Auswertung der stark anschwellenden EMP-Literatur,
2. eingehende Beschreibung der primären und sekundären NEMP-Wirkungen im Hinblick auf Schutzmassnahmen,
3. Bearbeitung der physikalischen Prozesse der HEMP-Erzeugung und entsprechender Rechenprogramme [4].

Diese Arbeiten konnten nur dank der Unterstützung durch hochqualifizierte Wissenschafter aus dem In- und Ausland, die als freie Mitarbeiter des Institutes tätig waren, durchgeführt werden.

Bei der Erzeugung des HEMP spielt das Magnetfeld der Erde eine bedeutende Rolle. Im Moment der Nuklearexplosion breitet sich die Gammastrahlung zunächst fast ungehindert aus, tritt dann jedoch mit der äusseren Lufthülle der Erde in Wechselwirkung und erzeugt Comptonelektronen. Infolge der sehr geringen Luftdichte findet dieser Prozess in einer viele Kilometer dicken Schicht statt, der sogenannten *Gammadepositionsschicht*. Die freigesetzten Elektronen werden unter dem Einfluss des Erdmagnetfeldes abgelenkt und auf spiralförmige Bahnen gezwungen, was zur Abstrahlung elektromagnetischer Energie in Form des NEMP führt (Fig. 6a). Da sich die Gammastrahlung wie auch die von den einzelnen Comptonstromelementen emittierten, elektromagnetischen Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, summieren sich die Anteile in Phase zu einem starken abgestrahlten NEMP (Fig. 6b). Im Unterschied zu bodennahen Explosionen ist die Lebensdauer der Comptonelektronen auf 30 km Höhe um Grössenordnungen länger und beträgt etwa 1 µs. Da die Comptonelektronen annähernd mit Lichtgeschwindigkeit weggestossen werden, erreichen die Comptonströme sehr rasch hohe Amplituden.

Der abgestrahlte elektromagnetische Impuls weist infolge des Einflusses des Erdmagnetfeldes örtlich grosse Unterschiede auf. Maximalfeldstärken von 50 bis 100 kV/m bei Anstiegszeiten von 2 bis 10 ns sind möglich. Im Mittel beträgt die elektrische Feldstärke mehr als 10 kV/m. Das auf der Erde betroffene Gebiet kann ausserordentlich gross werden, nämlich vom Explosionsnullpunkt (senkrechte Projektion des Sprengpunktes auf die Erdoberfläche) bis zur Berührungslinie des Gamma-Strahlungskegels mit der Erdkugel. Die Hauptmerkmale des HEMP sind in Tabelle II zusammen-

Hauptmerkmale des HEMP (approximative Angaben) Tabelle II

Radiale Ausdehnung der Quellenregion (Depositionszone)	Sp 100 km 200 km	1 Mt 470 km 700 km	10 Mt 620 km 1100 km
Wirkungsradius auf der Erde	Sp 100 km 200 km 400 km	R etwa 1100 km etwa 1600 km etwa 2200 km	
Felder in der Strahlungszone (Erdoberfläche)	stark mittlerer Wert einige 10 kV/m über ganzem Strahlungsgebiet		
Anstiegszeiten (10%...90%)	Nähe Nullpunkt: Hauptgebiet: Randzone:	2...5 ns < 10 ns > 10 ns	
Hauptfrequenzbereiche	10 kHz...100 MHz		
Energiedichte (Mittel)	~ 1 Jm^{-2}		

Sp Sprengpunkthöhe
R Wirkungsradius

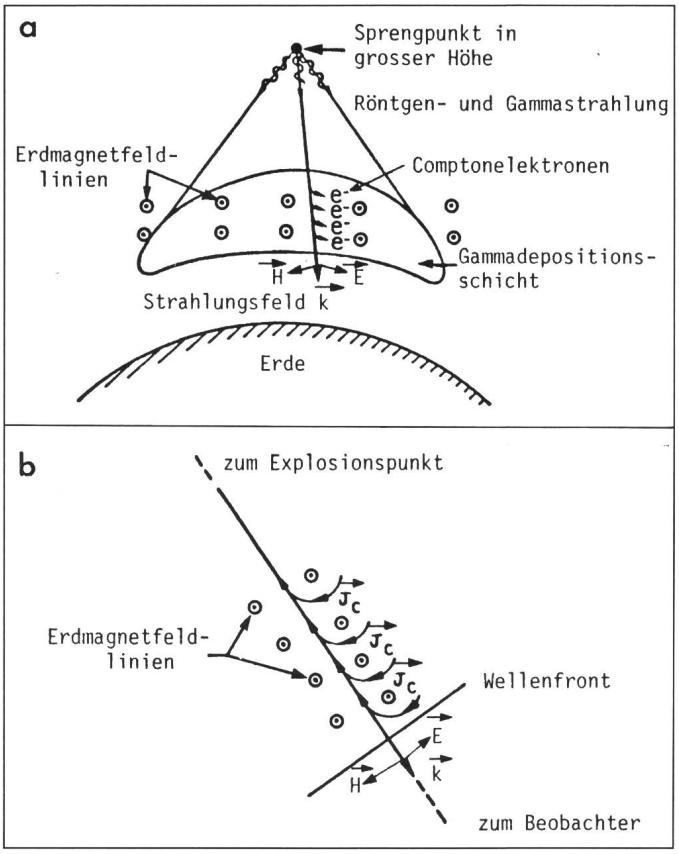


Fig. 6
NEMP-Erzeugung bei Explosionen in grosser Höhe
Infolge des Erdmagnetfeldeinflusses laufen die Comptonelektronen bzw. Comptonstromelemente auf gekrümmten Bahnen. Die abgestrahlten Felder summieren sich in Phase, was zu einem starken NEMP führt.
a Prinzipschema
b Felderzeugung

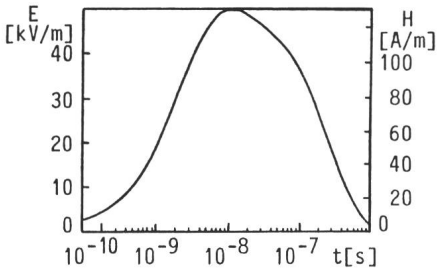


Fig. 7 Ungefähre Impulsform des HEMP
E Elektrische Feldstärke
H Magnetische Felstärke
t Zeit

gestellt. Die Wirkungsdistanzen für verschiedene Sprenghöhen und für Energieäquivalente von etwa 100 kt bis 1 Mt ergeben sich entsprechend der Näherungsformel:

$$R \approx 1100 \cdot HOB^{1/2}\,\text{km} \qquad (1)$$

wobei *HOB* (Height of Burst) die Sprengpunkthöhe in Einheiten von 100 km bezeichnet.

Eine verallgemeinerte HEMP-Wellenform, die für Gefährdungsanalysen und Schutzmassnahmen nützlich sein kann, ist in Figur 7 wiedergegeben. Die mathematische Beschreibung lautet:

$$E(t) = E_0(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \qquad (2a)$$

$$H(t) = E/Z_0 \qquad (2b)$$

wobei

$E_0 = 5{,}25 \cdot 10^4$ V/m, $\alpha = 4 \cdot 10^6\ s^{-1}$, $\beta = 4{,}76 \cdot 10^8\ s^{-1}$ und $Z_0 = 377\ \Omega$ sind.

Genauso wichtig wie die Impulsform sind Einfallsrichtung und Polarisierung des HEMP. Mit einem kürzlich erarbeiteten Computerprogramm lassen sich diese Grössen bequem ermitteln [5].

3. NEMP-Wechselwirkungen

Das Ziel aller Bemühungen des FMB auf dem NEMP-Sektor ist der bestmögliche und kostengünstige Schutz baulicher Konstruktionen vor den vielfältigen Einwirkungsmöglichkeiten des elektromagnetischen Impulses. Auf dem Weg zu diesem Ziel stellt jedoch die grosse Palette der möglichen Wechselwirkungen des NEMP eine echte Herausforderung dar. Ein Schwergewicht der Tätigkeit des FMB wurde deshalb in den vergangenen Jahren auf Fragen der *An- und Einkopplung* elektromagnetischer Energie gelegt. Eine ganze Reihe schöner Resultate konnte dabei gewonnen werden, die sich unter dem Titel «Mathematische Methoden und Computerprogramme zur Berechnung NEMP-induzierter Felder, Ströme und Spannungen in verschiedenen einfachen Strukturen» zusammenfassen lassen [6].

Eingehend wurde im Rahmen der Veranstaltungsreihe «Krieg im Äther» an der ETH Zürich, Wintersemester 1984/85, über neue Forschungsresultate vorgetragen (7). Als Beispiel soll an dieser Stelle lediglich das Berechnungsresultat für die NEMP-Wechselwirkung einer ebenen Welle (zur Darstellung des einfallenden HEMP) mit einem in 0,5 m Tiefe vergrabenen Kabel von über 10 km Länge wiedergegeben werden. Der Zeitverlauf des auf den Aluminiummantel eingekoppelten Kabelstromes ist für einen Boden mit der Leitfähigkeit $\sigma = 10^{-3}\ Sm^{-1}$ und der relativen Dielektrizitätskonstante $\varepsilon = 15$ in der Mitte des Kabels zwischen zwei Anlagen (Abschlussimpedanzen 50 Ω) berechnet worden (Fig. 8). Die Resultate haben bestätigt, dass bei Kabeln und Leitungen eine *Sättigungslänge* existiert, bei deren Überschreiten der Mantelstrom längenunabhängig bleibt. Sie hängt stark von der Dämpfungswirkung des umgebenden Bodens ab.

4. NEMP-Schutz

Bereits 1968 hielt *W. Jöhl* in einem FMB-Bericht [8] fest: «Die Betrachtung der Erkenntnisse über

- die Waffenwirkungen des EMP von Nuklearexplosionen und ihren zugehörigen Wirkungsbereich, der die Schadenzone der mechanischen Effekte übersteigt,
- die Bedeutung und den Umfang der durch EMP gefährdeten Objekte,
- die möglichen Schutzmassnahmen, die notwendig sind, um die Störungen oder Zerstörungen der Systeme abzuwenden

muss zur Einsicht führen, dass vor allem die elektrischen Einrichtungen, ganz besonders aber die Übermittlungssysteme in Militär- und Zivilschutzanlagen *wesentliche Änderungen und Zusätze* verlangen, sollen diese bei A-Waffen-Einsatz (auch taktische Kaliber) ihre Aufgabe erfüllen können. Die Feststellung, dass ein Krieg, speziell bei Verwendung von A-Waffen, zu einem wichtigen Teil ein elektronischer sein wird, unterstreicht zusätzlich die Bedeutung des EMP-Schutzes.»

Der Zweck von NEMP-Schutzmassnahmen besteht darin, die von NEMP-Störimpulsen direkt und indirekt verursachte Beanspruchung von Systemen herabzusetzen, und zwar so stark, dass keine Schäden auftreten können oder diese ein festgelegtes Ausmass nicht übersteigen. Ein absoluter Schutz muss wie bei den andern Kernwaffenwirkungen als unrealistisch ausgeschlossen werden. Anzustreben bleibt ein möglichst vollkommener, wirtschaftlich tragbarer, in vielen Fällen in bezug auf mehrere Waffenwirkungen ausgewogener Schutz. Letzteres gilt vor allem für Schutzmassnahmen gegen die Wirkungen von bodennahen Nuklearexplosionen, was bei Schutzbauten meistens der Bedrohungsannahme entspricht.

Ob die Durchführung von Schutzmassnahmen den gewünschten Erfolg bringt, hängt weitgehend von der Güte des zugrundegelegten NEMP-Schutzkonzeptes ab. Es lohnt sich daher, grosszügig in dieses Fundament zu investieren. Dabei ist zu bedenken, dass ein NEMP-Schutzkonzept so früh wie möglich in der Projektphase erstellt wird und nicht erst bei der Realisierung des Objektes. Bereits bestehende Systeme, Anlagen und Geräte nachträglich wirksam gegen den NEMP zu schützen, ist in den meisten Fällen ein hoffnungsloses Unterfangen.

Das FMB blickt in diesem Jahr auf 15 Jahre praktischer Erfahrung im NEMP-Schutz zurück [9]. In dieser Zeit sind Verfahren verbessert und Schutzarmaturen in Zusammenarbeit mit den Baufachorganen des Bundes und der Industrie entwickelt, teilweise auch patentiert worden. Ein Katalog

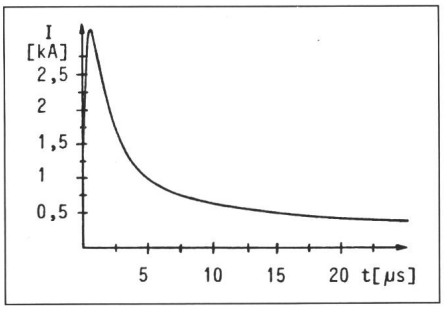


Fig. 8 Mit dem Computerprogramm CABLE berechneter Strom im Kabelmantel

Annahmen:
- Induktion durch doppelexponentiellen Impuls (Fig. 7)
- Kabellänge $L > 10^4$ m
- Position der Stromantwort $L/2$
- Bodenleitfähigkeit $\sigma = 10^{-3}\,\text{Sm}^{-1}$
- Kabeltiefe 0,5 m

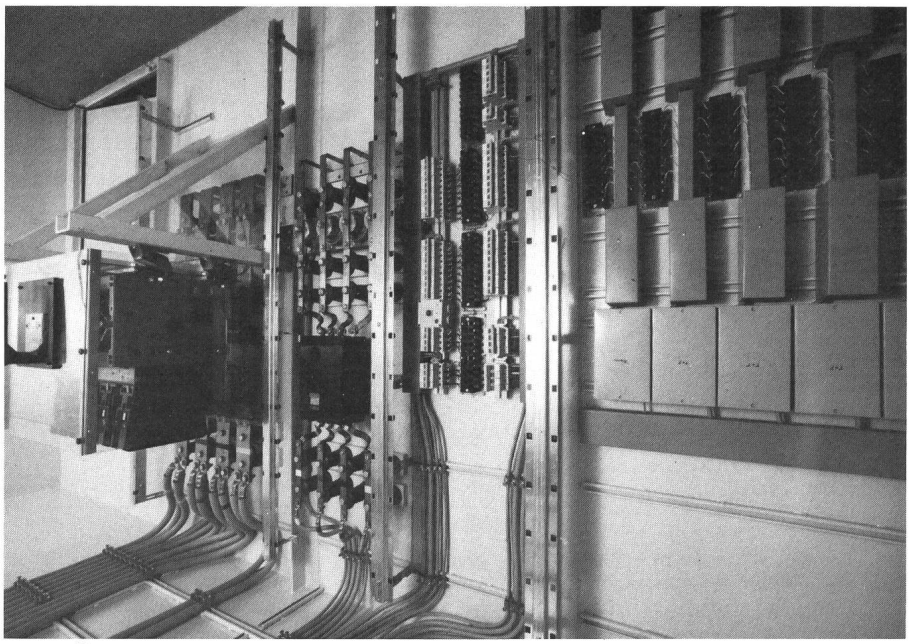


Fig. 9 Überspannungsableiterwand in einem Schutzbau

der NEMP-Schutzmassnahmen mit praktischen Beispielen zeigt deutlich den Umfang der gemachten Anstrengungen auf. Das Prinzip des integralen NEMP-Schutzes von wichtigen baulichen Anlagen wurde vor vielen Jahren eingeführt und hat sich bewährt. Mit den heute üblichen bautechnischen Verfahren lassen sich kostengünstige, durchgehend verschweisste Raumabschirmungen erstellen. Spezielles Augenmerk wurde den unvermeidlichen Öffnungen, Türen, Ein- und Durchführungen geschenkt. Auch dafür stehen heute schutzmässig adäquate und mechanisch robuste Lösungen bereit. In einem vor kurzem vom amerikanischen National Research Council ausgearbeiteten Bericht wurden solche Schutzprinzipien als am zuverlässigsten und als sehr gut überblickbar bezeichnet, wie sie seit langem unter der Beratung des FMB von den Baufachorganen des Bundes angewendet werden [10]. Ein Beispiel für den baulichen NEMP-Schutz ist in Figur 9 wiedergegeben.

Trotz des im internationalen Vergleich beachtlichen Standes der schweizerischen NEMP-Schutzmassnahmen, insbesondere im baulichen Bereich, tauchen ab und zu Zweifel auf, ob genügend Vorkehrungen getroffen wurden, ist es doch keineswegs sicher, ob diese NEMP-Schutzmassnahmen bei einem tatsächlichen Ereignis auch standhalten werden. Die Entwicklung der Nuklearwaffen steht nicht still, und die Schwelle zur Militarisierung des Weltraumes ist längst überschritten worden. Die Behandlung der NEMP-Bedrohung aus übergeordneter Sicht, wie sie durch den Ausschuss EMP des Stabes für Gesamtverteidigung energisch an die Hand genommen worden ist, ist ein dringendes Gebot der Stunde und zeigt den Weg auf, wie die NEMP-Anfälligkeit reduziert werden kann. Das FMB ist gewillt, auch in Zukunft seinen Beitrag in dieser Hinsicht zu leisten [11].

Literatur

[1] *Robert C. Toth:* U.S. Fires Atomic Blast 200 Miles over Pacific. New York Herald Tribune, European Edition, Paris, July 10, 1962.

[2] *W.E. Spencer:* Reception of Electromagnetic Pulses from High Altitude Nuclear Explosions. In *W. Jöhl:* Daten über den elektromagnetischen Puls. FMB 67-1, Zürich, April 1967 (vergriffen).

[3] *W. Jöhl:* Elektromagnetischer Puls von Nuklearexplosionen. FMB 68-3, Zürich, Juni 1968 (vergriffen).

[4] Vgl. dazu u.a.
W. Jöhl, und *M. Wik:* Dokumentation zum Studium des NEMP. FMB 71-8, Zürich, Dezember 1971.
M. Wik, W. Jöhl, K. Appert und *J.P. Blaser:* Primäre und sekundäre NEMP-Wirkungen. FMB 72-1, Zürich, Juli 1972.
K. Appert: Elementarprozesse beim EMP. FMB 72-5, Zürich, Februar 1972.
K. Appert: Das einfachste EMP-Modell: Die symmetrische Explosion in homogener Atmosphäre. FMB 72-6, Zürich, März 1972.
K. Appert: Der elektromagnetische Impuls von Nuklearexplosionen in grosser Höhe. FMB 73-6, Zürich, Februar 1973.
K. Appert und *W. Jöhl:* Der elektromagnetische Impuls von Nuklearexplosionen in grosser Höhe. FMB 76-17, Zürich, Dezember 1976.
K. Appert: On the EMP of High Altitude Nuclear Explosions. FMB 77-11, Zürich, Mai 1977.

[5] *W. Blumer:* Einfalls- und Polarisationsrichtung des NEMP einer exoatmosphärischen Explosion. FMB 84-4, Zürich, August 1984.

[6] Vgl. dazu u.a.
W. Blumer: EMP Response Estimation in Shielded Cables. FMB 79-4, Zürich, Juni 1979.
W. Blumer: Kabel-Programmbeschreibung. FMB 80-7, Zürich, Juli 1980.
W. Blumer und *M. Ianovici:* Calculation of the Propagation Constant of Buried Insulated Conductors. FMB 83-4, Zurich, June 1983.
W. Blumer: Plawave-Programmbeschreibung. FMB 83-6, Zürich, August 1983.
W. Blumer: NEMP-Wechselwirkung mit Mehrschichtstrukturen. FMB 84-1, Zürich, März 1984.

[7] *J. Gut* und *W. Blumer:* Der elektromagnetische Impuls von Nuklearexplosionen in grosser Höhe (NEMP): Bedrohungselemente und Berechnungsmethoden. Reihe «Krieg im Äther», Wintersemester 1984/85 an der ETHZ. Herausgegeben vom Bundesamt für Übermittlungstruppen, Bern, 1985.

[8] *W. Jöhl:* Schutzmassnahmen gegen die Einwirkung des elektromagnetischen Impulses (EMP) von Nuklearexplosionen auf militärische Anlagen. FMB 68-12, Zürich, Dezember 1968 (vergriffen).

[9] Vgl. dazu u.a.
K. Appert, W. Jöhl und *O. Zuberbühler:* NEMP-Wirkungen und Schutzmassnahmen. FMB 72-12, Zürich, November 1972 [neu aufgelegt als 73-11(8)].
W. Jöhl: A General and Systematic Survey of NEMP Protection Measures. FMB 78-1, Zürich, Januar 1978.
W. Jöhl, J. Gut und *W. Buchmann:* A Swiss View of General NEMP Protection Principles. FMB 79-3, Zurich, Juni 1979.
W. Jöhl, W. Buchmann und *W. Blumer:* Grundlagen für die NEMP-Schutzbautechnik: Raumabschirmungen (1. Teil). FMB 80-9(C), Zürich, Juli 1980.

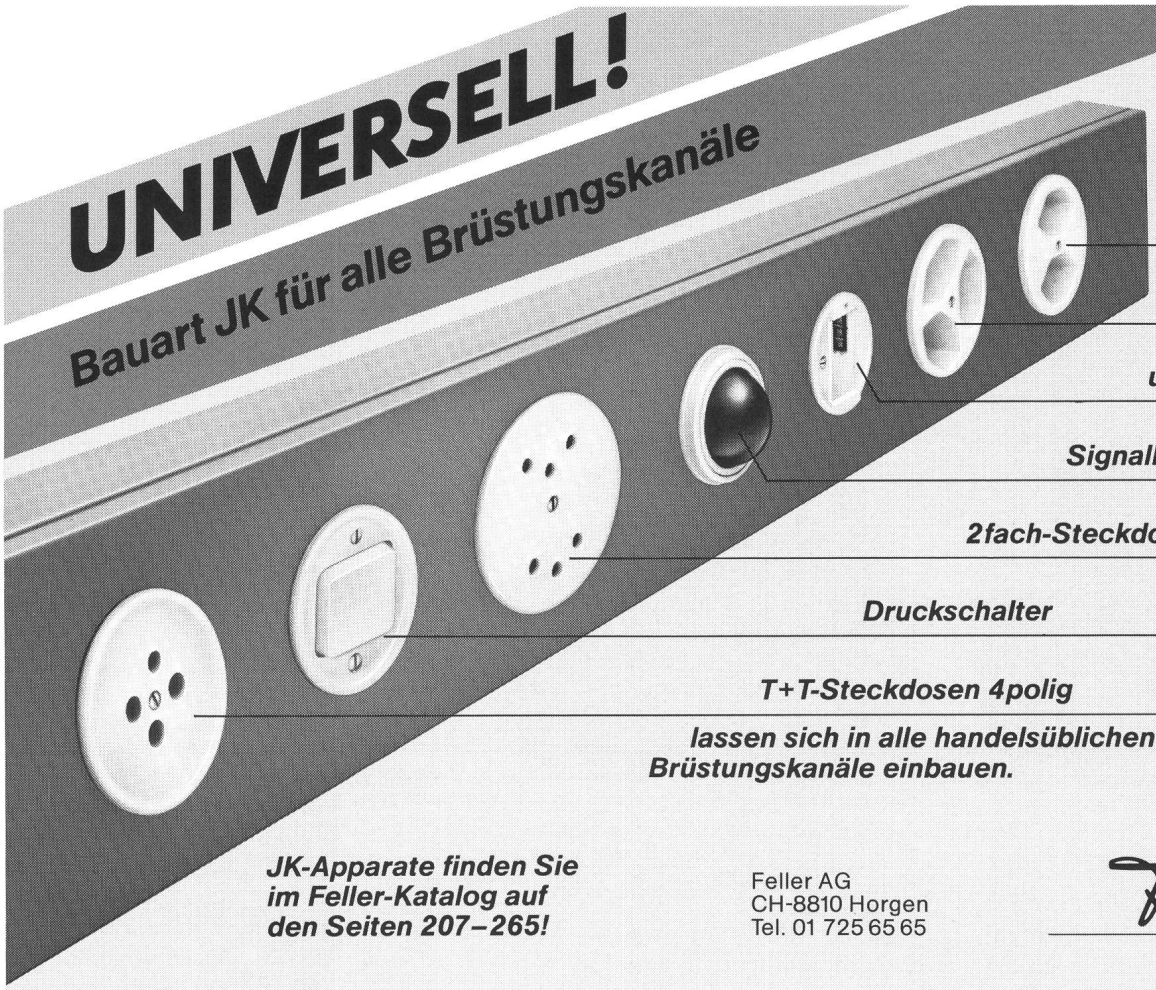
[10] Energy Engineering Board, National Research Council: Evaluation of Methodologies for Estimating Vulnerability to Electromagnetic Pulse Effects. National Academy Press, Washington, D.C., 1984.

[11] *J. Gut:* The Swiss EMP Concept of General Defense. FMB 84-6, Zürich, Dezember 1984.

N.B. Sämtliche Literatur kann beim FMB bezogen werden.

UNIVERSELL!

Bauart JK für alle Brüstungskanäle



Zum Beispiel:

2fach-Steckdosen Typ 13

3fach-Steckdosen Typ 13

T+T 83-Steck- und Anschlussdosen

Signallampen

2fach-Steckdosen Typ 12

Druckschalter

T+T-Steckdosen 4polig

lassen sich in alle handelsüblichen Brüstungskanäle einbauen.

JK-Apparate finden Sie im Feller-Katalog auf den Seiten 207–265!

Feller AG
CH-8810 Horgen
Tel. 01 725 65 65

Feller
Elektrotechnik
Informatik

ETG UNITRO
STÖRMELDESYSTEME

Die neue Generation Klartext-Störmeldedrucker

Klartext-Störmeldedrucker mit einer Auflösung von weniger als 5 Millisekunden baut ETG-UNITRO schon seit Jahren.

Mit der neuen Generation dieser Geräte ist ETG-UNITRO einen Schritt weiter gegangen. Dank EEPROM-Textspeichern, RS423-Schnittstelle für Monitor und weiterentwickelter Betriebssoftware entstand ein flexibles, anwenderfreundliches Informationssystem: aktueller Betriebszustand Ihrer Anlage auf dem Bildschirm und lückenloses, zeitfolgerichtiges Protokoll auf dem Drucker.

S+K

Schärer + Kunz AG
8021 Zürich, Postfach 820
Telefon 01 - 64 20 44
Telex 822 823 eska ch

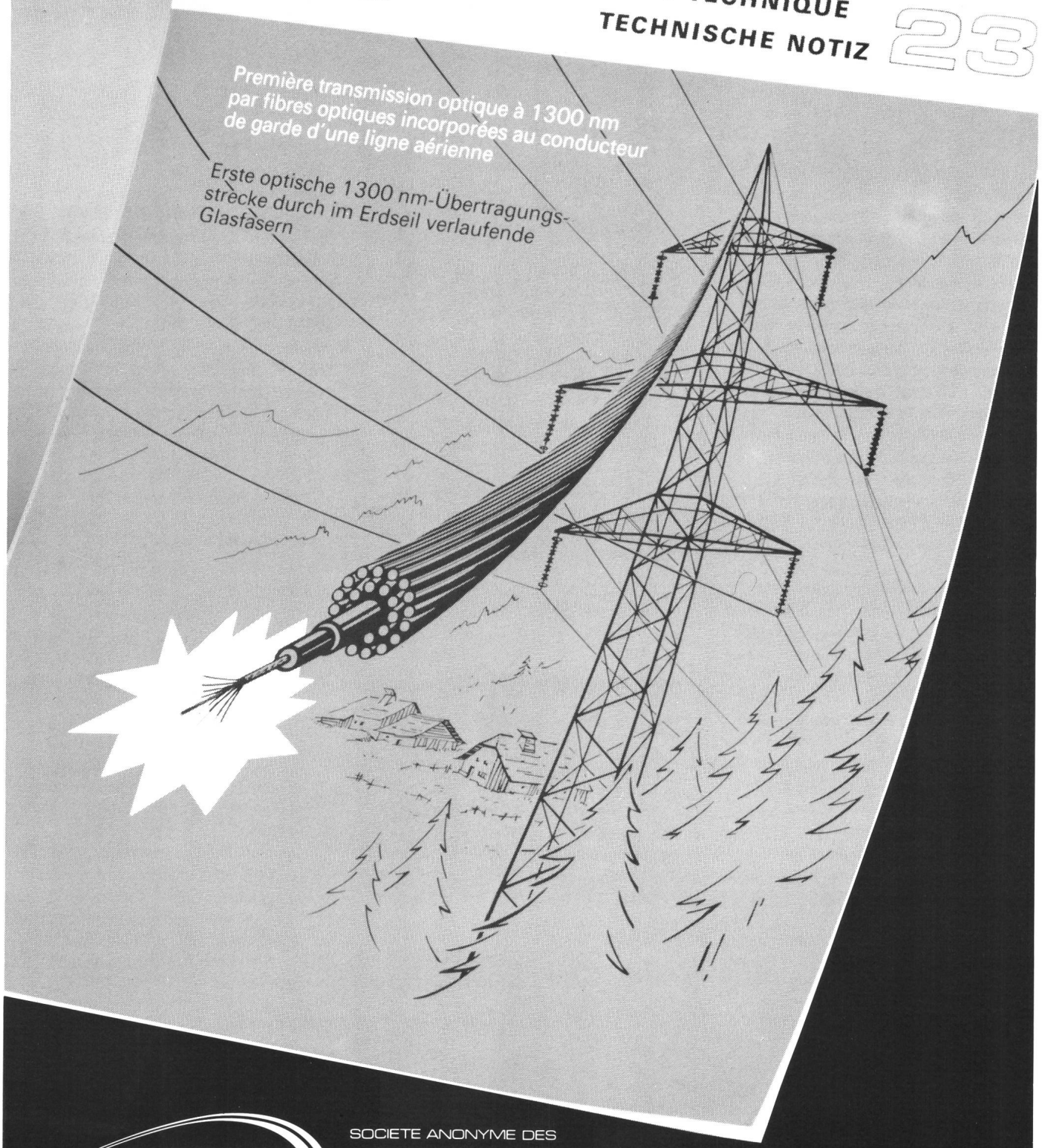
S.A. DES CÂBLERIES ET TRÉFILERIES DE COSSONAY

COSSONAY

NOTE TECHNIQUE
TECHNISCHE NOTIZ 23

Première transmission optique à 1300 nm par fibres optiques incorporées au conducteur de garde d'une ligne aérienne

Erste optische 1300 nm-Übertragungsstrecke durch im Erdseil verlaufende Glasfasern



COSSONAY

SOCIETE ANONYME DES
CABLERIES & TREFILERIES
DE COSSONAY

CH-1305 COSSONAY-GARE VD / SUISSE TÉL. (021) 87 17 21 TÉLEX 459 600 TÉLÉGR. CÂBLERIES