

**Zeitschrift:** ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift  
**Herausgeber:** Schweizerische Offiziersgesellschaft  
**Band:** 151 (1985)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Die Kernwaffenwirkungs-Simulatoren der GRD im AC-Laboratorium Spiez  
**Autor:** Keller, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-56451>

### **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:** 14.01.2026

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



# Die Kernwaffenwirkungs-Simulatoren der GRD im AC-Laboratorium Spiez

Dr. phil. II Max Keller, Chef der Fachsektion Physik

**Eingebettet in das übergeordnete Umfeld der Gesamtverteidigungsaufgaben des AC-Laboratoriums Spiez werden die bei Kernwaffenexplosionen auftretenden Phänomene und ihre Auswirkungen einzeln beschrieben, unter spezieller Berücksichtigung der Schutzmöglichkeiten und der Einrichtungen – den sogenannten Simulatoren – zur Überprüfung der Tauglichkeit der Schutzmassnahmen.**

Der nuklearen Bedrohung begegnet die schweizerische Sicherheitspolitik mit der Forderung nach **Kriegsverhinderung durch Verteidigungsbereitschaft, nach wirksamer Schadenminderung und nach Schutz der Bevölkerung auch im Fall des Einsatzes von Massenvernichtungsmitteln.**

Diese Forderungen sind nicht unerfüllbar, denn die bei Kernwaffenexplosionen auftretenden Phänomene sind bekannt, und abgesehen von der unmittelbaren Umgebung der Explosion ist ein Schutz vor deren Auswirkungen möglich.

Dem **AC-Laboratorium Spiez** der GRD kommt im Rahmen dieser Gesamtverteidigungsziele unter anderem die Aufgabe zu, auf dem Weg der angewandten Forschung gesicherte Grundlagen für die Beurteilung der Schadenwirkung und der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen zu erarbeiten.

Der mehr **theoretische** Teil dieser Tätigkeit beinhaltet das Auswerten der einschlägigen Literatur, das Erstellen von Modellen, das Durchführen von Analysen und Computersimulationen.

Aus naheliegenden Gründen kann die experimentelle Tätigkeit auf diesem Gebiet nur an Einrichtungen – sogenannten **Simulatoren** – durchgeführt werden, welche jede für sich in der Lage sind, jeweils eine der massgebenden **Waffenwirkungen** nachzubilden. Die Resultate solcher Untersuchungen sind entweder Antworten auf konkrete Fragestellungen oder finden ihren Niederschlag in «Datenblättern» und Handbüchern für Baufachleute und Entwicklungingenieure. Neue Befunde werden in wissenschaftlichen Fachgremien zur Diskussion gestellt.

## Luft- und Erdstoss

Bei einer Kernwaffenexplosion in der Atmosphäre steigt während der sehr kurzen Zeit der Energiefreisetzung im Zentrum die Temperatur auf einige Millionen Grad und der Druck auf einige hunderttausend Bar. Etwa die Hälfte der freigesetzten Energie wird in Form einer Stosswelle an die Luft übertragen. Dieser sogenannte Luftstoss breitet sich isotrop mit Überschallgeschwindigkeit vom Sprengpunkt her aus; er ist durch eine plötzliche und in der Nähe der Explosion ausserordentlich starke Druckerhöhung gekennzeichnet, welche während einiger Sekunden für die betroffenen Objekte eine **statische** Belastung darstellt. Der Stossfront folgt eine orkanartige Windströmung, welche als Staudruck die Objekte **dynamisch** beansprucht. Durch den darüber laufenden Luftstoss wird auch der Boden plötzlich stark belastet. Die dadurch bewirkte Erschütterung pflanzt sich im Boden als sogenannter luftinduzierter Erdstoss, treffend auch «air slap» genannt, fort.

Bei einer bodennahen Explosion wird zudem ein Bruchteil der Energie direkt in den Erdboden eingekoppelt und erzeugt dort eine erdbebenähnliche Erschütterungswelle. Zusammen mit der bereits erwähnten luftstossinduzierten Erschütterung bildet dies den sogenannten **Erdstoss**.

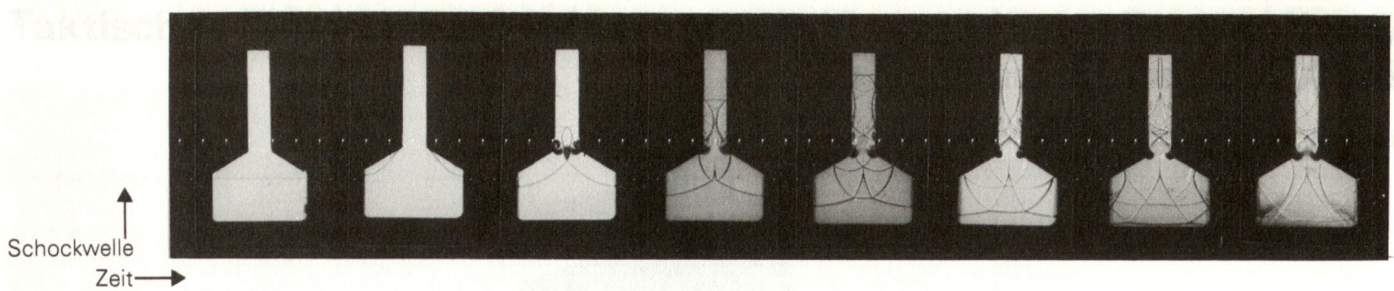
Beide Effekte, Luft- und Erdstoss, sind Ursache der direkten mechanischen Auswirkungen von Nuklearexplosionen. Obschon die physikalischen Effekte gleicher Natur sind wie bei einer chemischen Explosion, liegen bei der Nuklearexplosion Wirkzeiten und Wirkdistanzen um Grössenordnungen höher, wie die Schadensbilder von Hiroshima und Nagasaki zeigten. Dies brachte neue Anforderungen für die Auslegung militärischer und ziviler Schutzbauten mit sich, die das Überleben der Insassen bis zu einer Distanz vom Sprengpunkt hin ermöglichen sollen, wo der Spitzenüberdruck noch 1 Bar beträgt (1 Bar Schutzgrad). Es ist einleuchtend, dass dies nicht nur Anforderungen an die Schutzraumhülle selbst stellt, sondern auch an die sichere Befestigung und Schockresistenz der Einrichtungen.

Als in den sechziger Jahren in der Schweiz die Anstrengungen zur Realisierung des Zivilschutzbauprogrammes Abklärungen von Fragen spezifisch schweizerischer Natur verlangten, welche nicht aus den spärlichen ausländischen Daten über Testexplosionen abgeleitet werden konnten, entstand der Wunsch nach Simulationsmöglichkeiten. Für den Luftstoss bot sich das Stosswellenrohr als einfache und kostengünstige Simulationsmöglichkeit an, mit welcher sich die Ausbreitungseigenschaften von Luftstössen, ihre Wechselwirkung mit Bauteilen, Strukturen und im Modellmassstab auch der Einfluss auf Bauwerke experimentell untersuchen lassen.

Seit 1968 befindet sich das zunächst von der Studienkommission für Zivilschutz des EJPD entwickelte und betriebene Stossrohr im AC-Laboratorium Spiez. Dieses rund 20 m lange Instrument mit einem Innendurchmesser von 50 cm besteht aus zwei Teilen, der Druckkammer und dem Laufrohr, die durch eine Membran getrennt sind. Wird die Membran angestochen oder gesprengt, so entspannt sich das komprimierte Gas der Druckkammer. Im Laufrohr bildet sich eine Stosswelle aus, die schliesslich am Rohrende auf das Prüfobjekt trifft. Dieses sogenannte BZS-Stossrohr dient heute praktisch ausschliesslich der Entwicklung sowie der Typen- und Serienprüfung derjenigen Bestandteile von Belüftungseinrichtungen für Schutzbauten, die den Luftstosswirkungen ausgesetzt sind, insbesondere von Explosionschutzventilen.

Parallel dazu werden am sogenannten **Forschungsstossrohr**, einer kleineren, aber leistungsfähigeren und sehr flexiblen Anlage, die auch eine Visualisierung der Vorgänge ermöglicht (Bild 1), anhand von Modellen Grundlagenabklär-





**Bild 1: Sequenz von Kurzaufnahmen (Zeitabstand rund 50 Millionstelsekunden) zum Verhalten eines Luftstosses bei einer Querschnittsverengung des Tunnels. Verwirbelungen und Reflexionen schwächen die eindringende Stosswelle.**

rungen zur Ausbreitung und Auswirkung von Luftstössen durchgeführt mit dem Ziel der Vervollständigung der Dimensionierungsgrundlagen für den Schutzbaufachmann. Falls notwendig, können in Sprengbunkern ergänzende Versuche mit Luftstössen konventionellen Sprengstoffs durchgeführt werden.

Die Berechnung der vom **Erdstoss** hervorgerufenen Bauwerkserschütterungen stösst auf grosse Schwierigkeiten. Vereinfachend wurde seinerzeit, ebenfalls in den sechziger Jahren, der luftinduzierte Erdstoss als massgebend betrachtet und allein für Simulationszwecke berücksichtigt. Daraus wurden die Schockkriterien, d. h. Maximalwerte von Beschleunigung, Geschwindigkeit und Verschiebung des Bauwerks abgeleitet, die auf den beiden **Horizontal-Schockprüfmaschinen** nachgebildet werden. Diese Prüfeinrichtungen werden in nächster Zukunft durch eine Maschine ergänzt, welche erlaubt, den Schock auch in Vertikalrichtung, also von oben nach unten bzw. von unten nach oben, zu applizieren. Bisher sind Tausende von Schockversuchen durchgeführt worden, die Reihe der Prüflinge erstreckt sich von der vollständigen Computeranlage über Ventilationssysteme hin zur Kücheneinrichtung für Schutzräume. Dabei zeigte es sich, dass viele Objekte von Haus aus erstaunlich schockresistent sind und dass die verbleibenden Erschütterungsprobleme durch Einbau von sorgfältig dimensionierten Dämpfungselementen gelöst werden können.

Die Verankerung der Einbauteile in der Schutzraumhülle ist von grosser Wichtigkeit. Beim Befestigungsmittel handelt es sich in den meisten Fällen um Dübel, und zwar um metallische Spreizdübel. Zur Verwendung in zivilen und militärischen Schutzbauten werden nur Dübeltypen zugelassen, welche den dynamischen Test auf der **Dübelprüfmaschine** bestehen.

## Lichtblitz und Hitzestrahlung

Ein weiterer Drittel der freigesetzten Energie wird in Form von elektromagnetischer Strahlung ausgesandt. Als erstes entsteht während einiger Tausendstelsekunden ein Lichtblitz, der in seiner Intensität das Sonnenlicht um ein Mehrfaches übertrifft. Da der menschliche Blinkreflex das Auge erst 0.15 bis 0.2 s nach Beginn eines Reizes schliesst, ist dieser natürliche Schutz wirkungslos. Die Auswirkungen intensiver Bestrahlung des ungeschützten Auges reichen von einer vorübergehenden Blendung bis zum irreversiblen teilweisen oder gänzlichen Verlust des Sehvermögens als Folge von Verbrennungen der Netzhaut. Solche Augenschädigungen können insbesondere nachts und bei klaren Sichtverhältnissen auf Distanzen von mehreren hundert Kilometern auftreten. Speziell gefährdet sind Flugzeugpiloten, bei denen eine kurzzeitige Blendung verheerende Folgen nach sich ziehen kann. Zur Überprüfung der Tauglichkeit von Blendschutzvorrichtungen werden für einmal nicht aufwendige Installationen benötigt, als Simulator kann eine Fotoblitzausrüstung verwendet werden.

Unmittelbar an den Lichtblitz schliesst die **Hitzestrahlung** an, welche bei Kalibern im Megatonnenbereich bis zu einer Minute dauern kann und die dominante Waffenwirkung darstellt. Quelle dieser Strahlung ist die extrem heisse, leuchtende Kugel aus Luft und gasförmigen Waffenüberresten, der sogenannte Feuerball. Die spektrale Verteilung dieser Strahlung ist mit derjenigen des Sonnenlichts vergleichbar, reicht also vom ultravioletten und sichtbaren Licht bis ins Infrarote, den Bereich der Wärmestrahlung. Beim Auftreffen auf Materie wird ein Teil der Strahlung in Wärme umgewandelt. Die erreichte Temperatur wird vom Zeitverlauf der Strahlung, von der Wärmeleitfähigkeit und vom Reflexionsvermögen des Materials bestimmt und kann die Zündtemperatur überschreiten. Das Material beginnt zu brennen.

Beim Menschen besteht die Schädigung in einer mehr oder weniger schweren Verbrennung der Haut, entweder direkt durch die an unbedeckten Körperstellen auftreffende Strahlung oder indirekt durch Kontakt mit in Brand geratenen Kleidern oder anderen Gegenständen. Auch gegen diese Waffenwirkung bieten unsere Schutzräume Schutz, ebenso wie alle Objekte, die in der Sichtlinie zur Explosion liegen und so die Strahlung abschirmen.

Zur Prüfung der Hitzeresistenz von Materialien dient der grosse Hitzestrahlungssimulator, der mit einem beinahe 3 Meter Durchmesser aufweisenden Parabolspiegel die Sonnenstrahlung auf einen Brennfleck von einigen cm<sup>2</sup> Fläche fokussiert. Der Zeitverlauf des Strahlungspulses wird dabei mit einem Blendenverschlussystem erzeugt. Zusammen mit einer kleineren, handlicheren Einrichtung für geringere Leistungen kann dieses Instrument die Hitzestrahlung in einem weiten Bereich von Kalibern und Entfernungen nachbilden.

## Primärstrahlung

Während sowohl die Abstrahlung des Feuerballs mit Brandwirkungen wie auch Druckwellen mit mechanischen Wirkungen ebenfalls bei konventionellen Waffen – allerdings sehr viel schwächer – vorkommen, ist die mit der Explosion verknüpfte Gamma- und Neutronenstrahlung, auch **Primärstrahlung** genannt, ein kernwaffenspezifisches Phänomen. Diese ca. eine Minute dauernde Strahlung ionisiert die Materie. Dies führt zu vielen komplizierten Sekundärprozessen, was sich vor allem in lebenden Organismen schädigend auswirkt.

Je nach der Grösse der Dosis, der Zeit, in der diese aufgenommen wurde, und den betroffenen Organen ist eine Bestrahlung wirkungslos oder manifestiert sich erst nach Jahren als Spätschaden oder hat eine akute Strahlenerkrankung mit oder ohne Erholung zur Folge oder bewirkt innert Stunden den Tod. Typische Spätschäden sind Leukämie und Krebs. Nebst diesen beim betroffenen Individuum selbst auftretenden Schädigungen sind auch genetische Schäden



möglich, d. h. Defekte, die erst bei den Nachkommen des bestrahlten Individuums sichtbar werden.

Die Abschirmwirkung der Schutzraumhülle zusammen mit der oft vorhandenen Erdüberdeckung vermag in den meisten Fällen diese Strahlung auf ein für die Schutzrauminsassen tolerierbares Mass zu reduzieren.

## NEMP

Ebenfalls zu den Momentanwirkungen einer Kernwaffenexplosion zählt der EMP oder NEMP (Nuclear ElectroMagnetic Pulse). Verursacht durch die bei den Spaltprozessen freiwerdende energiereiche Gammastrahlung bauen sich in einem Zeitraum von Millionstelsekunden intensive elektrische und magnetische Felder im Radiofrequenzbereich auf und klingen wieder ab. Obwohl dieses Phänomen bereits vor der ersten Nuklearexplosion vorausgesagt worden ist, wurde den tatsächlichen Auswirkungen und den möglichen Schutzmassnahmen lange Zeit eine eher bescheidene Beachtung geschenkt. Diese Felder, vorwiegend aber die dadurch induzierten Überspannungen, stellen eine Gefährdung für fast alle hochentwickelten elektronischen Anlagen dar und können Funktionsstörungen oder den Ausfall der Systeme bewirken. Für den Menschen hingegen stellt der EMP keine direkte Gefährdung dar. In den Extremfällen einer Bodenexplosion und einer Explosion in sehr grossen Höhen (> 30 km) ist die EMP-Bedrohung sehr unterschiedlich. Während beim ersten Fall die Wirkungen des EMP auf den Explosionsherd und dessen unmittelbare Umgebung beschränkt bleiben und zudem von anderen Waffenwirkungen überdeckt werden können, wirken bei der Hochexplosion die Felder auf dem Erdboden gleichzeitig in einem Gebiet von mehreren hundert bis mehreren tausend Kilometern Durchmesser. Die übrigen Waffenwirkungen würden dabei ganz oder teilweise in den Hintergrund treten.

Der Schutz gegen den EMP ist möglich. Durch Verwendung nicht-elektrischer Systeme, einer guten Abschirmung, durch den Einbau von Überspannungsableitern, Filtern oder bloss durch das Abtrennen von Anschlüssen und Antennen können Geräte vor Schaden bewahrt werden. Das AC-Laboratorium Spiez betreibt zusammen mit dem Bundesamt für Zivilschutz eine Prüfstelle, in der alle neu zu beschaffenden EMP-gefährdeten Geräte auf ihren Schutz überprüft werden.

Im bestehenden EMP-Simulator können Objekte bis zur Grösse eines Gelände-PWs dem EMP einer Hochexplosion ausgesetzt werden. In Bild 2 ist die grosse, transportable Prüfeinrichtung zu sehen, die zur Zeit in Beschaffung ist. Mit



**Bild 2:** Der grosse, transportable EMP-Simulator (MEMPS) in der Werkerprobungsphase in Albuquerque (USA).

dieser können grosse, mobile Objekte, aber auch stationäre Anlagen auf ihre EMP-Tauglichkeit überprüft werden.

## Radioaktiver Ausfall

Wie der EMP ist der radioaktive Ausfall (Fallout) ebenfalls eine Kernwaffenwirkung, die uns bedrohen kann, auch wenn die Schweiz nicht unmittelbar an einer kriegerischen Auseinandersetzung beteiligt ist. Die bei der Explosion emporgeschleuderten Erd- und Gesteinsmassen vermischen sich mit den radioaktiven Spaltprodukten der Kernreaktion. Innert etwa eines Tages fällt der grösste Teil dieses Materials als sichtbarer Staub- und Aschenregen auf die Erde zurück. Dieser **Lokal-Fallout entsteht nur bei Explosionen, bei denen der Feuerball den Boden berührt**. Er wird vom Wind verfrachtet und je nach Wetterverhältnissen auf Flächen bis zu mehreren tausend Quadratkilometern abgelagert.

Die Gefährdung durch den radioaktiven Ausfall kann reduziert werden, wenn jede Möglichkeit der Abschirmung ausgenützt wird. Personen in Schutzräumen sind auch vor dieser Strahlung gut geschützt. Zusätzlich gilt es, verstrahltes Gebiet so spät wie möglich zu betreten und die Aufenthaltsdauer zu begrenzen. Es versteht sich, dass kein radioaktives Material eingenommen werden darf, will man die Gefährdung minimal halten.

In diesem Bereich sind Simulatoren von zweitrangiger Bedeutung. In erster Linie geht es darum, mit geeigneten Instrumenten (Spürgerät, Dosimeter) die Gefährdung zahlenmässig zu erfassen und um eine gute Messorganisation, wie sie durch die grosse Zahl in Zivilschutz und Armee vorhandener Spürgeräte gewährleistet ist. Sie wird ergänzt durch die messtechnische Ausrüstung der Laboratorien der Armee, darunter auch diejenige des AC-Labors Spiez, welche Umweltproben und Lebensmittel analysieren können und im Rahmen der Gesamtverteidigung zugunsten der Zivilbevölkerung eingesetzt werden.

## Schlussfolgerung

Der Sinn von Schutzmassnahmen gegen die Wirkung von Nuklearwaffen wird heute oft in Zweifel gezogen, und die Anstrengungen insbesondere des Zivilschutzes werden in Frage gestellt, wenn nicht gar vorsätzlich lächerlich gemacht, entweder in der irrigen und gefährlichen Meinung, dass der Ungeschützte verschont würde und dass Abwehrmassnahmen das Risiko vergrössern, in kriegerische Handlungen verwickelt zu werden, oder auch aufgrund eines extremen Szenariums, welches die totale Verwüstung ganzer Kontinente als einzige Form eines Nuklearkrieges hinstellt. Dieser schrecklichste Fall ist denkbar. Bei einer realistischen Einschätzung muss demgegenüber jedoch festgestellt werden, dass keine der Supermächte Interesse an einem auf Jahrzehnte unbewohnbaren Kontinent hat. Wenn man von der Apokalypse absieht, so eröffnet sich ein **breites Spektrum möglicher Szenarien**, in denen unsere **Schutzmassnahmen von grossem Wert** sind, nicht zuletzt, indem sie verhindern, dass wir erpressbar sind, möglicherweise sogar auch erpressbar als Industriestaat gegenüber potentiellen Nuklearmächten ausserhalb unseres gewohnten Ost-West-Spannungsfeldes!

Umfang und erreichter Stand im schweizerischen Schutzraumbau stehen beispielhaft da. Es gilt jedoch nicht nachzulassen, durch stete Verbesserung des Schutzes die Überlebenschancen von Individuen und Gruppen zu vergrössern und damit die Voraussetzungen für das «Weiterleben» des Staates, d. h. einen allfälligen Wiederaufbau und ein Wiedererlangen der Handlungsfreiheit, zu schaffen.