

**Zeitschrift:** Schutz und Wehr : Zeitschrift der Gesamtverteidigung = revue pour les problèmes relatifs à la défense intégrale = rivista della difesa integrale

**Herausgeber:** Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes

**Band:** 32 (1966)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Elementarteilchen extrem hoher Energie

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-364215>

### **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:** 11.01.2026

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

torialdienstlichen Nachrichten- und Warndienstes an die Hand genommen.

Auf dem Gebiet der Elektrizitätsversorgung im Kriegsfall wurde die bisherige Regelung gemäss unsern Richtlinien aus dem Jahr 1955 mit einem vertraulichen Bundesratsbeschluss vom 14. Juni 1965 über den Kriegsbetrieb der Elektrizitätswerke den heutigen Verhältnissen angepasst.

### Heer und Haus

1. Die Dienststelle Heer und Haus hat vier Referentenkurse mit 219 Teilnehmern aus allen vier Landesteilen der Schweiz durchgeführt, in welchen das Thema «Die Milizarmee und der moderne Krieg» behandelt wurde. An diesen Kursen hat auch ein Teil der auf den Waffenplätzen eingesetzten Instruktionsoffiziere teilgenommen. Neben der persönlichen Bereicherung, welche diese dabei erfahren haben, waren auch die Kontakte, die sie mit Angehörigen der verschiedensten Berufe pflegen konnten, für sie wertvoll.

Ein Kurs fand für alle Dienstchefs Heer und Haus statt. Wie schon im Jahr 1964 lag der Zweck dieses Kurses darin, die Schulung im Hinblick auf die Auf-

gaben, welche sich namentlich im Aktivdienst stellen könnten, zu fördern. Im weiteren wurde ein einwöchiger Ausbildungskurs für angehende Dienstchefs Heer und Haus durchgeführt, um diese auf ihre künftige Tätigkeit vorzubereiten. Schliesslich fand ein Rapport von Heer und Haus im Armeestab statt.

2. Von Heereseinheiten und Brigaden sind 14 Kurse für mehrere tausend Truppenkommandanten organisiert worden. In Kursen wurde das Jahresthema, das die Einheitskommandanten in den Wiederholungskursen zu behandeln haben, bearbeitet.

Im Berichtsjahr wurden 188 Referenten für Schulen und Kurse vermittelt. Verglichen mit dem Vorjahr ist eine merkliche Zunahme zu verzeichnen (1964: 1940). Eine Vielzahl von Schriften, Tabellen, Filmen und Diapositiven wurde den Truppenkommandanten abgegeben.

3. Die Ausbildung der angehenden Einheitskommandanten für ihre Rolle als Informator der Rekruten in staatsbürgerlichen Fragen ist im letzten Jahr wiederum von Mitarbeitern Heer und Haus gepflegt worden. Dabei handelt es sich um den Versuch, bei den jungen Leuten die grössten Lücken in ihrem staatsbürgerlichen Wissen auszufüllen.

## Elementarteilchen extrem hoher Energie

«In der physikalischen Forschung hat sich seit einigen Jahren ein neuer Ausdruck eingebürgert: Hochenergiephysik. Man meint damit die Untersuchung von subatomaren Partikelchen, von Elementarteilchen, von denen jedes einzelne eine extrem hohe Energie besitzt. Da die Elementarteilchen winzig kleine Gebilde sind, ist die Energie eines einzelnen, auch wenn sie sehr «hoch» ist, im gewöhnlichen Energiemass noch immer recht bescheiden. Solange daher bei Experimenten nur schwache Teilchenstrahlungen — wenige Teilchen pro Sekunde — auftreten, ist die Gesamtenergie niedrig, selbst wenn die einzelnen Teilchen extrem energiereich sind. So liegen die Dinge z. B. bei den Teilchen der kosmischen Ultrastrahlung. Will man allerdings geladene Teilchen mit Hilfe grosser Maschinen künstlich auf sehr hohe Energie beschleunigen, so braucht man auch zum Betrieb dieser Maschinen sehr viel Energie, von der die meiste aber nicht direkt zur Beschleunigung der Teilchen benötigt wird, sondern für unerlässliche Nebeneinrichtungen, z. B. für das starke Magnetfeld, das die Teilchen zwingt, auf einer Kreisbahn umzulaufen», schreibt Prof. Dr. Werner Braunbek in der Zeitschrift Kosmos (Stuttgart), Heft 12, S. 548, 1963. Seiner ausführlichen Studie unter obigem Titel (mit Abbildungen und einer Photographie aus dem Europäischen Kernforschungszentrum «Cern» in Genf) entnehmen wir einzelne Angaben (ohne mathematische Formeln). Das grosse Protonen-Synchrotron

im «Cern» kann es schon fast mit einem kleinen Kraftwerk aufnehmen.

In welcher Form können nun Elementarteilchen — Elektronen, Mesonen, Protonen, Neutronen usw. — Energie tragen? Zunächst enthält jedes materielle Teilchen schon an sich, in Form seiner Ruhmasse, eine gewisse Energie, seine

### Ruhenergie,

die nur dann frei wird, wenn das Teilchen bei einer Reaktion ganz verschwindet, wenn es sich z. B. zusammen mit seinem Antiteilchen vernichtet. Diese Ruhenergie ist der Ruhmasse proportional, sie beträgt z. B. beim Elektron (ebenso auch beim Positron) rund 0,5 MeV (= Millionen Elektronenvolt), beim Myon rund 100 MeV, beim Pi-Meson 140 MeV, beim Proton und beim Neutron je knapp 940 MeV.

Elementarteilchen sind nicht aus weiteren Bestandteilen zusammengesetzt (wie Moleküle, Atome und Atomkerne) und kennen daher keine «Anregung». (Alte Teilchen können sich in neue allerdings umwandeln mit Zuständen höherer Energie.) Es bleibt für ein Elementarteilchen als zusätzliche Energie nur

### Bewegungsenergie

übrig. Ein energiereiches Elementarteilchen ist also ein sehr rasch bewegtes Teilchen, dessen Geschwin-

digkeit schon nahe bei der Lichtgeschwindigkeit liegt und dadurch eine hohe Bewegungsenergie besitzt. Für diese Teilchen gilt natürlich die relativistische Beziehung, die bei Annäherung der Geschwindigkeit an die Lichtgeschwindigkeit die Bewegungsenergie, damit auch die Gesamtenergie des Teilchens (= Ruhenergie plus Bewegungsenergie) und damit schliesslich auch seine Masse immer stärker ansteigen lässt. Man muss daher extrem energiereiche Teilchen durch ihre grundsätzlich beliebig steigbare Energie charakterisieren. Jedes Teilchen (aller Arten) erreicht eine Masse, die gleich der doppelten Ruhmasse ist (eine Energie gleich der doppelten Ruhenergie: die Bewegungsenergie ist dann ebenso gross wie die Ruhenergie), also dann, wenn seine Geschwindigkeit rund 87 % der Lichtgeschwindigkeit beträgt. (Solche Werte erreichen heute Protone des Brookhaven-Synchrotrons und Elektrone.)

Neue sehr teure Beschleuniger werden aber noch gebaut zum

### Studium der Wechselwirkung

extrem energiereicher Elementarteilchen mit anderen, ruhenden oder langsam bewegenden Elementarteilchen. Bei der Begegnung ändern beide die Richtung, ohne dabei selber verändert zu werden. Man nennt dies einen elastischen Stoss. Je nach der Stärke der stossenden Energie fahren dann die Teilchen rechtwinklig oder mit spitzem Winkel auseinander (wie Billardkugeln).

Es können aber auch zwei rasch fliegende Teilchen aufeinander stossen. Dann fliegen sie in entgegengesetzter Richtung auseinander. (Prof. Dr.

Braunbek gibt dazu Figuren). Die überraschenden Ergebnisse über die Struktur des Protons und des Neutrons sind aus der Winkelverteilung sehr energiereicher Elektronen nach einer elastischen Streuung an den genannten Teilchen erschlossen worden.

Noch interessanter als dieser elastische Stoss ist der unelastische Stoss zwischen Elementarteilchen. Dabei dient ein Teil der vorhandenen Energie zur Erzeugung neuer, vorher gar nicht existierender Teilchen. Man benutzt als «Geschosse» Protone, Pi-Mesone oder K-Mesone und als «Zielscheibe» dienen ausschliesslich Protonen und Neutronen der Materie. Beim unelastischen Stoss werden die neuen Teilchen meist in Form von

### Teilchen-Antiteilchen-Paaren

erzeugt. Zur Erzeugung eines Proton-Antiproton-Paares sind im Laborsystem mindestens 4200 MeV erforderlich. Je höher man mit der Energie geht, desto mehr neue Teilchen können bei einem Stoss gebildet werden.

Alle neuen Teilchen und Antiteilchen fliegen in anderer Richtung auseinander (s. Bild im Originalartikel), aber durch ein starkes Magnetfeld kann man die negativen Antiprotonen, die in entgegengesetzter Richtung wie die positiven Protonen abgelenkt werden, voneinander trennen. Leichter als Protonen sind Pi-Mesonen künstlich zu erzeugen, da sie weniger Energie erfordern. Zwei oder drei solche können sich zusammenlagern zu schwereren Teilchen, sog. Resonanzen... Deren Studium ist gegenwärtig im Fluss. Resonanzen fallen bald wieder auseinander zu Pi-Mesonen.

eu

## Diskussion

### Das neue Schleppziel-Flugzeug

Mit Interesse habe ich in Ihrer neuesten Ausgabe den Artikel «Ein neues Schleppziel-Flugzeug für unsere Flab» gelesen.

Gestatten Sie mir als Luftlaien folgende Frage: Wie ist es möglich, mit einem Zielflugzeug, dessen maximale Geschwindigkeit 495 km/h beträgt, auch nur einigermaßen der Wirklichkeit nahekommende Übungsverhältnisse zu simulieren? Denn im Ernstfall ist doch zweifellos mit teilweise wesentlich höheren Geschwindigkeiten von Feindflugzeugen zu rechnen, denen unsere Flab gewachsen sein sollte. Für Aufklärung dankt Ihnen im voraus bestens.

A. Stüssi

### Entscheidend ist Winkelgeschwindigkeit

Auf Ihre Anfrage betr. Schleppziel-Flugzeug muss ich Ihnen mitteilen, dass es nicht möglich ist, auf Schleppflugzeuge zu schießen, die über 500 km Geschwindigkeit besitzen bzw. deren Zieltücher mit dieser Geschwindigkeit hinter den Flugzeugen einhergeschleppt bzw. -gezogen werden, denn das Schleppzieltuch würde zerreißen. Daher wird — um der Wirklichkeit nahezukommen — die sogenannte «Winkelgeschwindigkeit» errechnet, mit der man dann durch elektronische Umrechnung vermittlels der Radarmessgeräte die effektive Geschwindigkeit angreifender Feindflugzeuge bestimmen kann (zum Beispiel 1000 km und darüber). Je niedriger so ein Schleppflugzeug anfliegt, um so schneller muss die Flab reagieren. Mit der Errechnung bzw. Umrechnung der sogenannten Winkelgeschwindigkeit kommt man dann auf die erforderlichen Resultate.

Heinrich Horber