

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 10

Artikel: Die Fernsteuerung von Flüssigkeitsraketen
Autor: Stoelzel, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83718>

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: 23.02.2026

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

Die Fernsteuerung von Flüssigkeitsraketen

Es ist seit mehreren Monaten vieles, zum Teil nur auf Vermutungen Beruhendes, über V 2 geschrieben und gesprochen worden. In der Hauptsache befasste man sich dabei mit den allgemeinen Größenabmessungen des Gerätes und der Flugbahn; bisweilen ist auch die Antriebseite theoretisch erörtert worden. Auf diesem Gebiet hat sich durch die Veröffentlichungen der englischen Zeitungen ein einigermaßen zutreffendes Bild ergeben¹⁾. Fast gar nichts ist jedoch über die Steuerung bekannt geworden. Wie man heute weiß, ist dieser Entwicklungszweig schwieriger gewesen als das Triebwerk. Woran liegt das?

Zunächst muss man sich vergegenwärtigen, dass V 2 eine Fernrakete ist, die alles bisher Dagewesene der Ballistik, Aerodynamik und Statik bei weitem übertraf. Eine Gerippekonstruktion von 14 m Länge, 1,65 m Durchmesser und 12 t Startgewicht (leer 4 t) erreicht mit einer Beschleunigung von zunächst 1 g (= 9,81 m/s²), später 5 g, innerhalb von 70 s eine Höchstgeschwindigkeit von über 1600 m/s. Diese entspricht der v_0 der bisher verwendeten Hochleistungsferngeschütze. Während die Geschützgranaten jedoch drallstabilisiert sind, ist V 2 mit Hilfe der Heckflächen flügelstabilisiert. Namhafte Wissenschaftler haben noch bis zum einwandfreien Fliegen der deutschen Fernrakete die Möglichkeit der Flügelstabilisierung in derartiger Form, besonders in Bezug auf den Schalldurchgang, bestritten. Die Konstrukteure der V 2 konnten sich aber auf die exakten Messungen eines Spezialüberschall-Windkanals verlassen, der eigens für diese Untersuchungen gebaut worden ist. Die theoretischen Untersuchungen an dem Modell haben in der Praxis ihre Richtigkeit bewiesen.

Die Rakete soll ja nun aber auch ihr Ziel möglichst genau erreichen. Wenn verschiedentlich behauptet wurde, dass deutsche Agenten in England die einfliegenden Raketen ins Ziel gesteuert hätten, so entspricht das nicht den Tatsachen. Technisch bestand gar keine Möglichkeit, die Geschosse beim Eintauchen in die Erdatmosphäre erneut zu steuern. Daraus ergibt sich, dass die gesamte Fern-Steuerung nur während der Antriebsperiode, also innerhalb der ersten 70 s wirkte. In dieser Zeit erreicht die Rakete eine Höhe von etwa 29 km, die Geschwindigkeit ist dann am grössten, die Treibstoffe werden abgestellt. Anschliessend fliegt das Gerät wie ein Projektil ohne Steuerung und ohne Antrieb auf einer Flugbahn weiter, die die Form einer klassischen Wurfparabel hat. Da in diesen Höhen von 30 bis 100 km die Luft- und Witterungseinflüsse bedeutungslos sind, treten auf der antriebsfreien Strecke keine Fehler mehr auf.

Drei Werte müssen zum Treffen genau vorliegen: 1. Die Flugrichtung in der Seite, 2. die Geschwindigkeit bei Brennschluss, 3. die genaue Raumlage der Rakete zu diesem Zeitpunkt (also 45° Flugwinkel, Höhe und Kartenentfernung des Brennschlusspunktes). Ausserdem ist eine Einrichtung erforderlich, die die Rakete ständig in der ursprünglichen Längsrichtung hält, also den Drall verhindert, der normalerweise nicht vermeidbar ist, da die Heckflächen wie auch das übrige Gerät nicht vollkommen symmetrisch gefertigt werden können. In Abb. 1 auf Seite 75 letzten Bandes der SBZ sind «innere Steuerklappen» verzeichnet. Diese wurden bei einem Drehen der Rakete um die Längsaxe gegeneinander ausgelenkt und brachten dadurch, dass der Gasstrahl sie nun beaufschlagte, die Rakete in die Normalrichtung zurück. War das geschehen, so liefen auch die Steuerklappen wieder in die Ausgangslage zurück.

Die Seitenrichtung kann man durch Aussenden eines Leitstrahls festlegen. Derartige Einrichtungen haben alle kriegsfüh-

renden Staaten im Luftkrieg verwendet. Einerseits wurden bei schlechter Sicht die Bomberverbände vom Einsatzraum aus so geleitet, und zwar sehr genau, oder die Fliegerabwehr bediente sich dieser Mittel in Gestalt der Flabmessgeräte oder Radio-location, wie sie in England bezeichnet wurden. Ebenso, wie man Flugzeuge automatisch auf einem Leitstrahl fliegen lässt, kann man auch gesteuerte Raketen in diesem fesseln und ihnen die genaue Seitenrichtung geben (Abb. 1).

Zur exakten Ermittlung des richtigen Brennschlusses wurde ein ähnliches Prinzip verwendet. Die genaue Höchstgeschwindigkeit der Fernrakete zum Erreichen eines bestimmten Ziels kann aus der errechneten ballistischen Tafel abgelesen werden. Diese wird an einem elektrisch arbeitenden Bodengerät eingestellt. Nach dem Prinzip der Flugzeugortung und -Messung mit elektrischen Flabmessgeräten wird nun auch kontinuierlich die Raketengeschwindigkeit ermittelt. Stimmen die vorher am Boden errechnete und eingeschaltete Geschwindigkeit und die der fliegenden Rakete überein, so erfolgt verzögerungsfrei durch Funkkommando die Durchgabe des Brennschlusskommandos; Magnetventile werden dadurch betätigt und sperren die Treibstoffzufuhr ab.

Die Raumlage der Rakete wird auf gleiche Weise ermittelt und im elektrischen Rechenvorgang berücksichtigt.

Die Genauigkeit der Steuerung kann ständig verbessert werden. Es ist nur eine Frage des technischen Aufwandes. Besonders ist die Zuverlässigkeit der Einrichtungen von ausschlaggebender Bedeutung, da ein Versagen eines Teiles nicht bemerkt werden kann, wie z. B. bei einem Bodenfahrzeug, und deshalb zum Fehlschuss des ganzen Gerätes führt.

Für den Bau weittragender Raketen ist die Entwicklung einer besonderen elektromagnetischen Welle erforderlich. Die für die Fernsteuerung verwendete, im ultrakurzen Bereich liegende Welle ist eine Raumwelle, die sich geradlinig ausbreitet; sie folgt also nicht der Erdkrümmung (Abb. 2). Die lange Bodenwelle jedoch ist zur Verwendung auf dem Gebiet der Fernsteuerung nicht geeignet. Aus beiden Eigenschaften muss die Wissenschaft und Technik erst noch einen brauchbaren Mittelwert entwickeln. Beim Einsatz der zukünftigen Fernraketen für Verkehrszwecke muss diese Forderung bereits erfüllt sein.

Neben der Fernrakete ist auch wiederholt das Problem der ferngesteuerten Flabrakete erörtert worden. Auch dabei steht die Triebwerkfrage hinter der der Steuerung zurück. Besonders erschwerend kommt die Bewegung im dreidimensionalen Raum hinzu. Hohe Genauigkeit bereitet bald unerwartete Schwierigkeiten. Wenn z. B. gefordert wird, dass jede dritte Flabrakete ihr Ziel in mindestens 20 km Entfernung trifft (ungenauere Werte machen die Rakete von vornherein unrentabel), so werden für die Aerodynamik und Fernsteuerung Bedingungen gestellt, die eine enge theoretische und laboratoriumsmässige Untersuchung verlangen. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, dass gerade im Augenblick des kleinsten Krümmungsradius im Verlauf der sogenannten «Hundekurve», nämlich unmittelbar am Ziel, die grössten Raketengeschwindigkeiten von 600 bis 900 m/s herrschen (Abb. 3).

Beim Verschiessen ferngesteuerter Pulverraketen grösserer Abmessungen gegen Luftziele ist außerdem noch der Abschuss ein schwer lösbares Steuerungsproblem, weil im Gegensatz zu den mit kleiner Anfangsbeschleunigung (etwa 2 g) fliegenden Flüssigkeitsraketen die Pulverraketen eine hohe Abschussbeschleunigung von etwa 30 g haben. Es ergibt sich daraus die Forderung, während des ersten Teiles der Flugbahn nicht zu steuern, sondern erst nach etwa 3 s. Dann ist die Winkelgeschwindigkeit der Leitliniengeräte nicht mehr so gross, da die Rakete bereits genü-

¹⁾ Vgl. F. Roth in SBZ Bd. 125, S. 75* (1945).

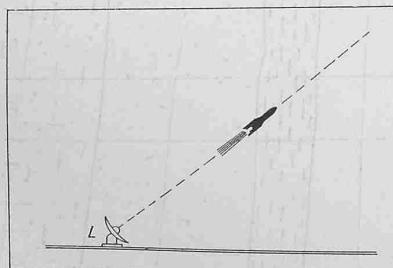


Abb. 1. Leitlinienfesselung einer Fernrakete. L Leitliniensender

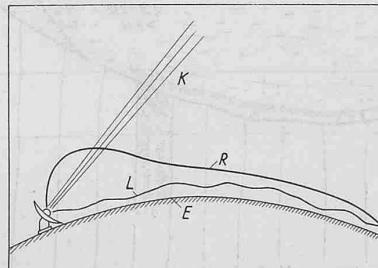


Abb. 2. Fernsteuerung weittragender Grossraketen. E Erdoberfläche, R Raketenflugbahn, K Kurze Raumwelle, L Lange Bodenwelle.

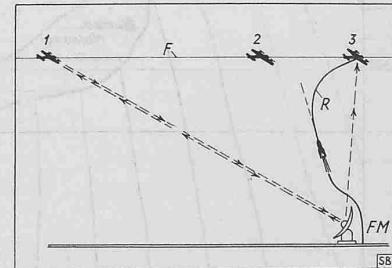


Abb. 3. Steuerung einer Flabrakete. F Flugweg des Ziels, FM Flabmessgerät (elektrisch), R Raketenflugbahn, 1 Ziel im Augenblick der ersten Messung, 2 Ziel während des Aufstieges der gesteuerten Rakete, 3 Treffpunkt Ziel-Rakete.

gend weit entfernt ist; sie kann sicher gesteuert werden, nachdem sie wieder in die Leitlinie eingefangen worden ist.

Die soeben geschilderten technischen Probleme sind erst der Beginn eines überaus interessanten Fragenkomplexes, der gerade bei der Beherrschung grösserer Entfernungen und Geschwindigkeiten noch viele Neuerungen beachtlicher Tragweite bringen wird.

Springer will
H. Stoelzel

Ein Baugrundkataster von Luzern

Im Grossen Stadtrat von Luzern reichte Dr. L. Bendel eine Interpellation ein, es solle das seit 1930 von privater Seite geführte Baugrundarchiv (vgl. Bendel: Die ingenieur-geologischen Untersuchungen im Feld, E. T. H.-Erbaukurs 1933, Bericht 19) von der Stadt übernommen und zu einem Baugrundkataster ausgebaut werden. Baudirektor Ing. L. Schwegler begrüsste die Anregung. Luzern erhält demnach ein Baugrundkataster, in das die geologischen, technischen und biologischen Eigenschaften des Untergrundes systematisch aufgezeichnet werden. Von Zeit zu Zeit soll das Material gesamthaft systematisch verarbeitet werden.

$A = \text{Wirksamer Auftrieb}$ $A = m \cdot F : m = 0,8 \text{ bis } 1,0$

F = Flachfundation, bestehend aus einem Eisenbetonboden

C = Caissons der Seebrücke

G = Sandlinsen mit Grundbruchgefahr

g = Sandinseln mit Grundbrüchen an
s = Tiefste Stellen von Tiefbohrungen

— Hierste Stellen von Hierbohrungen
— — — Mittlerer Grundwasserstand

— Mittlerer Grundwasserstand, artesisch entspannt
 K bedeutet spez. Zusammendrückung in der Setzungsformel 1)

$$s = K \log \left(\frac{\sigma_a + \sigma}{\sigma_a} \right) \dots \dots \dots \quad (1)$$

s = Setzung in mm ; $\sigma_a \approx \gamma_e t$; γ_e = Raumgewicht in kg/dm^3

g in kg/cm^2 ; t = betrachtete Tiefe unterhalb

der Erdoberfläche. Man kann Formel (1) auch schreiben:

$$s = K' + k \log (\sigma_a + \sigma) \quad \dots \quad (2)$$

In Analogie zur Setzungsformel erhält man die Schubkraftformel

$$\tau = k' + k (\sigma_a + \sigma) \quad \dots \quad (3)$$

τ = Schubspannung in kg/cm^2

cm²

k = Tangens des Winkels φ der inneren Reibung (Vergleiche)

Handbuch der Ingenieurge

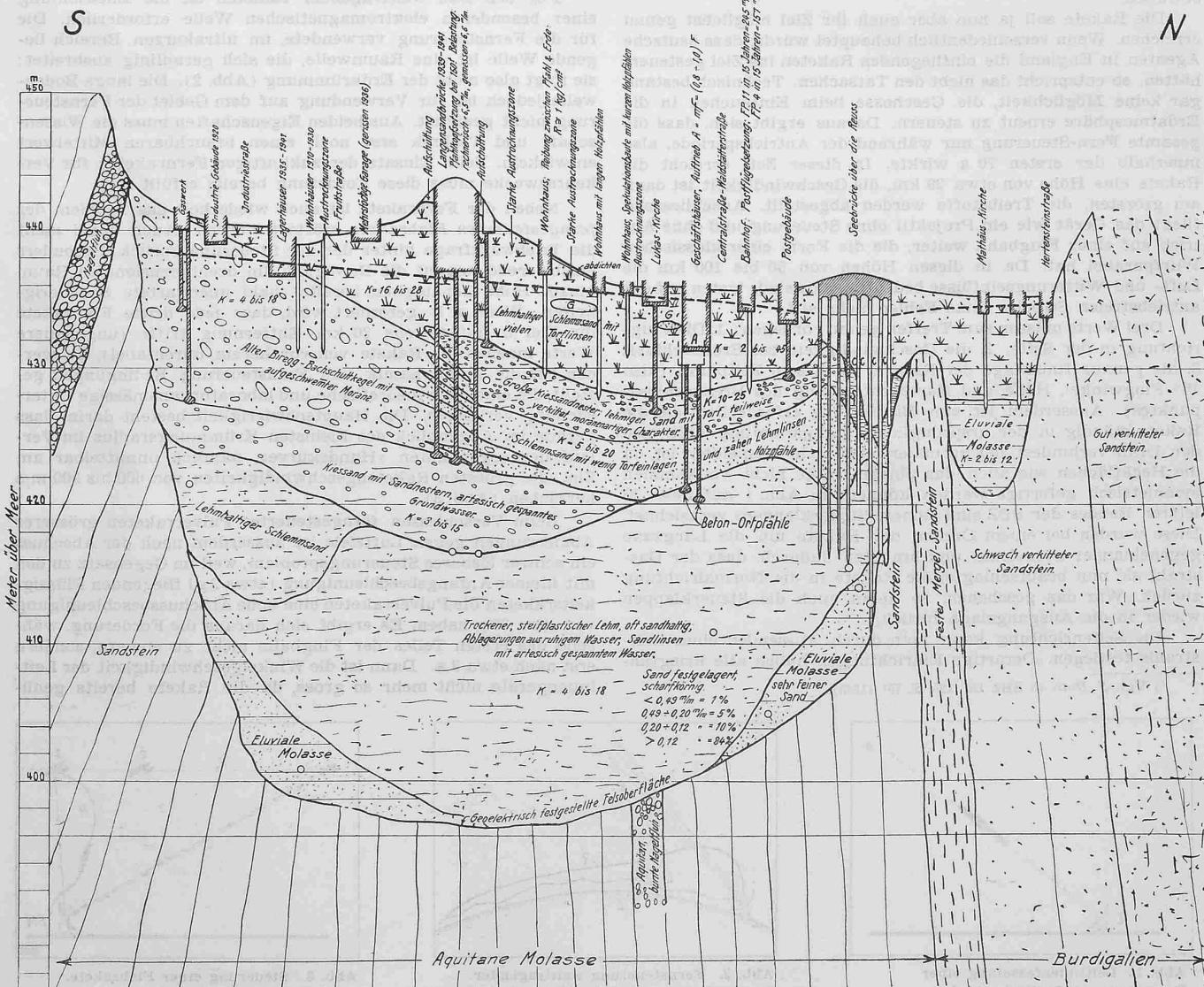
¹¹Handbuch der Ingenieurgeologie, Springer-Verlag 1911, S. 400).

Belastungsversuch an einer freitragenden Zylinderschale aus Holz

Von Dipl. Ing. J. BÄCHTOLD, Bern

Die grossen konstruktiven Möglichkeiten, weite Räume stützenlos und gleichzeitig mit minimalem Materialaufwand zu überspannen, sichern der Schalenbauweise wachsende Verbreitung. Die Anwendung von Schalen ermöglicht zudem die Erzielung eines im Verhältnis zur Fensterfläche grossen Tageslichtquotienten bei günstiger Lichtverteilung. Leider ist die Forderung nach guter Belichtung der Arbeitsstätten noch nicht allgemein als selbstverständliches hygienisches Erfordernis anerkannt, obwohl bei guter Beleuchtung die Ermüdungserschei-

¹⁾ Vgl. Bendel: Das Druckverformungsgesetz in der Erdbaumechanik, SBZ Bd. 124, S. 41* (22. Juli 1944).



Ingenieur-geologischer Querschnitt durch Luzern (Gaswerk-Langensandbrücke-Bahnhof-Seebrücke-Hertensteinstrasse)
nach Aufnahmen von L. Bendel 1930/44. Längen 1:11000, Höhen 1:440