

# Die Fernsteuerung von Flüssigkeitsraketen

Autor(en): **Stoelzel, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **125/126 (1945)**

Heft 10

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83718>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## 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 Antriebsseite theoretisch erörtert worden. Auf diesem Gebiet hat sich durch die Veröffentlichungen der englischen Zeitungen ein einigermaßen zutreffendes Bild ergeben<sup>1)</sup>. 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 ( $= 9,81 \text{ m/s}^2$ ), 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 ließen 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 Zieles 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 Erdboden 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-

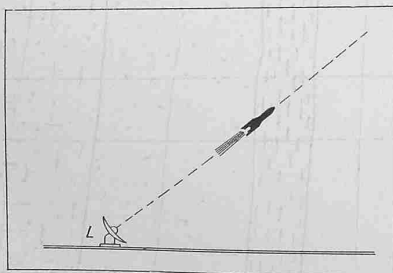


Abb. 1. Leitlinienfesselung einer Fernrakete. L Leitliniensender

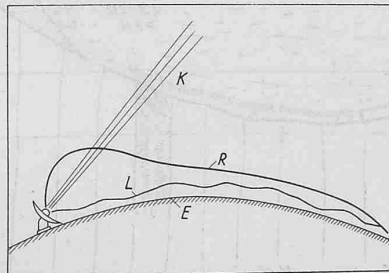


Abb. 2. Fernsteuerung weittragender Grossraketen. E Erdoberfläche, R Raketenflugbahn, K Kurze Raumwelle, L Lange Bodenwelle.

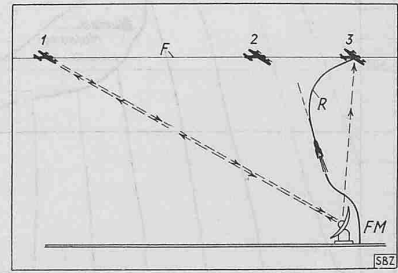


Abb. 3. Steuerung einer Flabrakete. F Flugweg des Zieles, FM Flabmessgerät (elektrisch), R Raketenflugbahn

(Hundekurve), 1 Ziel im Augenblick der ersten Messung, 2 Ziel während des Aufstieges der gesteuerten Rakete, 3 Treffpunkt Ziel-Rakete

<sup>1)</sup> Vgl. F. Roth in SBZ Bd. 125, S. 75\* (1945).

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.

H. Stoelzel

### Ein Baugrunderkater von Luzern

Im Grossen Stadtrat von Luzern reichte Dr. L. Bendel eine Interpellation ein, es solle das seit 1930 von privater Seite geführte Baugrunderkater (vgl. Bendel: Die ingenieur-geologischen Untersuchungen im Feld, E.T.H.-Erdbaukurs 1938, Bericht 19) von der Stadt übernommen und zu einem Baugrunderkater ausgebaut werden. Baudirektor Ing. L. Schwegler begrüsst die Anregung. Luzern erhält demnach ein Baugrunderkater, in das die geologischen, technischen und biologischen Eigenschaften des Untergrundes systematisch aufgezeichnet werden. Von Zeit zu Zeit soll das Material gesamthaft systematisch verarbeitet werden.

Der Untergrund von Luzern, soweit er bis jetzt erforscht ist, geht aus untenstehender Abbildung hervor. Darin bedeuten:

- S = Spundwand
- A = Wirksamer Auftrieb,  $A = mF_1$ ;  $m = 0,8$  bis  $1,0$
- F = Flachfundation, bestehend aus einem Eisenbetonboden
- C = Caissons der Seebücke
- G = Sandlinsen mit Grundbruchgefahr
- o = Tiefste Stellen von Tiefbohrungen
- — — Mittlerer Grundwasserstand, artesisch entspannt
- K bedeutet spez. Zusammendrückung in der Setzungsformel<sup>1)</sup>

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

s = Setzung in %;  $\sigma_a \cong \gamma_e t$ ;  $\gamma_e$  = Raumgewicht in kg/dm<sup>3</sup>  
 $\sigma$  = Bodenbelastung in kg/cm<sup>2</sup>; t = betrachtete Tiefe unterhalb der Erdoberfläche. Man kann Formel (1) auch schreiben:

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

In Analogie zur Setzungsformel erhält man die Schubkraftformel

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

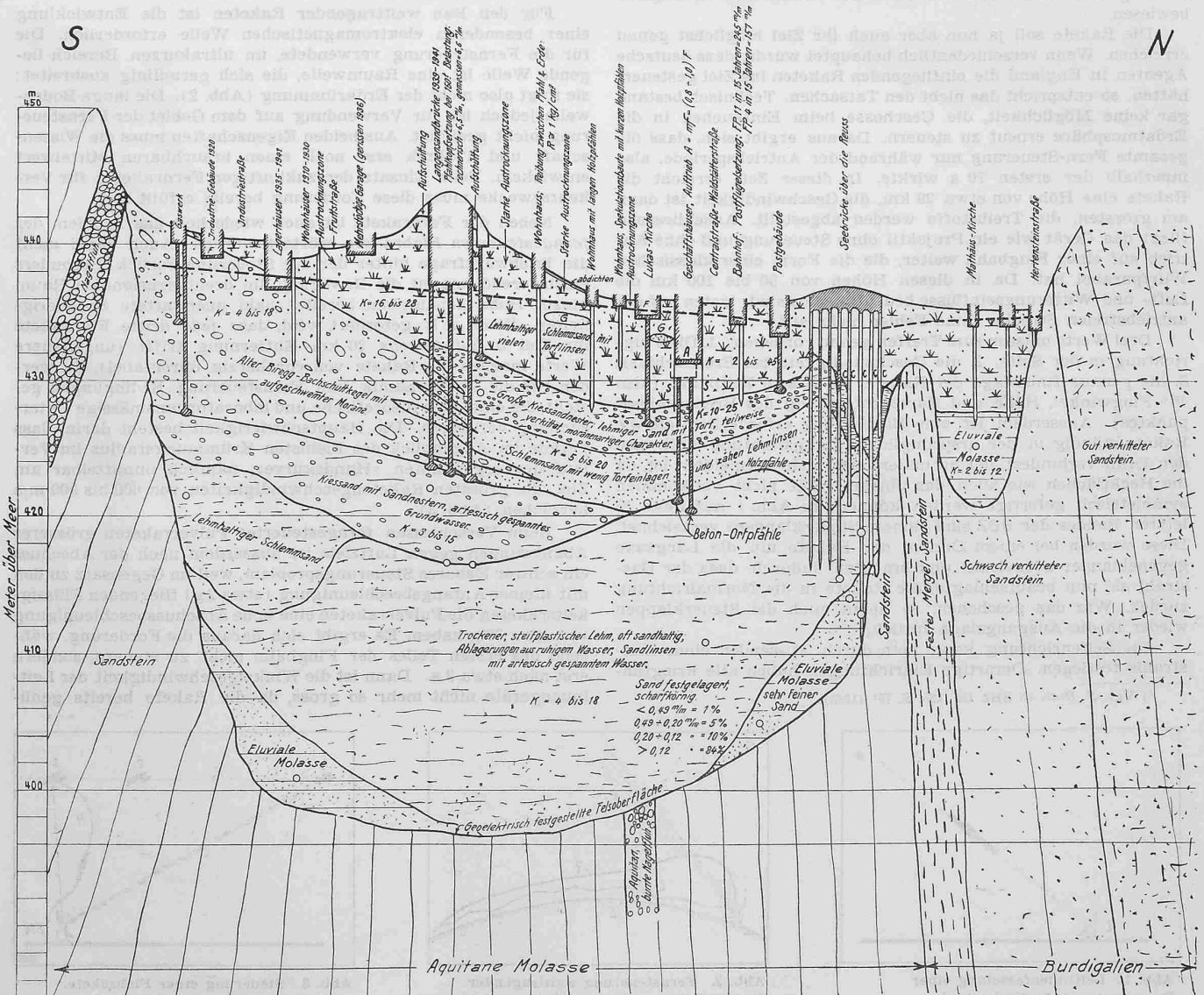
- $\tau$  = Schubspannung in kg/cm<sup>2</sup>
- $k'$  = Kohäsion in kg/cm<sup>2</sup>
- $k$  = Tangens des Winkels  $\varphi$  der inneren Reibung (Vergleiche Handbuch der Ingenieurgeologie, Springer-Verlag 1944, S. 400).

### 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 günstigster Lichtverteilung. Leider ist die Forderung nach guter Belichtung der Arbeitsstätten noch nicht allgemein als selbstverständliches hygienisches Erfordernis anerkannt, obwohl bei guter Beleuchtung die Ermüdungserscheinungen...

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



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