ZEITSCHRIFT

DES

ÖSTERREICHISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINES

SCHRIFTLEITER:

ING. FRITZ WILLFORT

GENERALSEKRETÄR DES ÖSTERR. INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINES.

ZEITUNGSAUSSCHUSS:

Obmann:

Ing. *Emil Engel,* Hofrat der Österreichischen Bundesbahnen i. R.

Ing. *Viktor Hölbling,* Prof., Hofrat i. R., Ing. *Franz Kieslinger,* Ministerialrat i. R., Ing. *Otto Kunze,* Sektionschef i. R. (bis 8. Mai 1928), Ing. *Erich Kurzel-Runtscheiner* (ab 8. Mai 1928),

Ing. Dr. *Rudolf Tillmann,* Stadtbauinspektor, Ing. Dr. *Emil Weinberger,* Oberbaurat der Österreichischen Bundesbahnen.

ACHTZIGSTER JAHRGANG

MIT 484 SEITEN TEXT UND XXII TAFELN

WIEN 1928

EIGENTUM DES VEREINES — DRUCK UND VERLAG: ÖSTERR. STAATSDRUCKEREI, WIEN, I., SEILERSTÄTTE 24

Zur Frage der Raumschiffahrt.

Von Stadtbaurat **Ing. Ludw. Hammer.**

In der letzten Zeit wird in der Tagespresse die Frage der Weltraumschiffahrt als nahezu gelöstes Problem behandelt. Zu dieser Stellungnahme der Laienpresse gaben insbesondere die Veröffentlichungen von Valier, Hoefft und Oberth über ihre Erfindungen Anlaß.

Ich habe mich schon vor Jahren im Vereine mit meinem Vater mit dieser Frage befaßt, und wir kamen bereits i. J. 1922 zu dem Ergebnis, daß bestenfalls die Möglichkeit besteht, mit Hilfe von Raketen die äußersten Schichten der Erdatmosphäre zu erforschen. Eine andere Frage ist selbstverständlich die Anwendung des Rückstoßantriebes für die Bewegung von Fahrzeugen, um etwa hinsichtlich der Bewegung von Luftfahrzeugen größere Vorteile gegenüber dem Schraubenantrieb erzielen zu können. Nachstehende Wiedergabe der Berechnung einer Rakete, die den Anziehungsbereich der Erde überwinden soll, möge ein Bild davon geben, welch gewaltiger Energieaufwand nötig wäre, um auch nur ganz geringe Massen aus dem Erdfelde hinauszubringen.

Den größten Energieinhalt in kleinstem Gewicht besitzen wir im Wasserstoff, aus dessen Verbrennung theoretisch ein oberer Heizwert von 34.100 Kal. resultiert. Zu dieser Verbrennung von 1 *kg* H sind aber 8 *kg* O notwendig, so daß als Energie pro Kilogramm nur ein Neuntel des obigen Wertes, d. s. rund 3790 Kal., anzusetzen ist, wenn beide zur Verbrennung nötigen Stoffe mitgenommen werden müssen, wie es ja bei der Raumrakete der Fall ist. Dieser Wärmemenge entspricht eine Arbeitsleistung von 1,618.000 *kgm*. Jedes andere Betriebsmittel gibt, auf die Gewichtseinheit bezogen, eine geringere Energie, u. zw. erhalten wir von Benzin, wenn dessen Verbrennungssauerstoff mitgerechnet wird, 2420 Kal., von Alkohol 2120 und aus dem gewaltigsten Sprengstoff, dem Ammonal, das in sich verbrennt, 2100 Kal.; d. s. 0·64, bzw. 0·56 der im Wasserstoff enthaltenen Verbrennungsenergie. Die günstigsten Ergebnisse im Sinne des angestrebten Zieles wird man somit erhalten, wenn man als Energieträger Wasserstoff und Sauerstoff annimmt. Die zur Verfügung stehende Energie beträgt demnach pro Kilogramm Masse 3790 Kal., gleich $A = 1{,}618.000$ *kgm*. Es soll zunächst einmal angenommen werden, daß diese gesamte Energie mit 100% zum Heben der Masse 1 aufgewendet werden könnte. Diesem Arbeitsvorrat ist die Arbeit gleichzusetzen, die entsteht, wenn die Masse $q_o = 1$ aus der Höhe h herabfällt. Da h eine Größe besitzt, die gegenüber dem Radius der Erde nicht mehr zu vernachlässigen ist, muß die Abnahme der Beschleunigung g, bzw. der Erdschwere, also der auf die Masseneinheit q wirkenden Kraft p, berücksichtigt werden. Um die Höhe h berechnen zu können, setzen wir als Maß des Erdradius r den Radius des das Erdellipsoid vertretenden Kugelraums und erhalten $r_o = 6{,}370.288\ m$ oder rund $6{,}370.000\ m$. Fällt nun die Masse q_o aus der Höhe h eine Strecke x herab, dann beträgt ihre Entfernung vom Erdmittelpunkt $r_o + h - x$, und demgemäß ist die auf sie wirkende Kraft auf p' gestiegen. Nach dem Gravitationsgesetz verhält sich

$$p_o : p' = \frac{1}{r_o^2} : \frac{1}{(r_o + h - x)^2},$$

woraus

$$p' = p_o \cdot \frac{r_o^2}{(r_o + h - x)^2}.$$

Für eine unendlich kleine Änderung von x um dx kann man die Anziehungskraft p' als konstant annehmen, und man erhält für die Arbeit der Erdanziehung für den Weg dx:

$$p'\,dx = p_o\,r_o^2\,\frac{dx}{(r_o + h - x)^2}.$$

Um leichter integrieren zu können, wird $r_o + h - x = y$ gesetzt, so daß $d\,x = -dy$ und

$$p'\,dx = -p_o\,r_o^2\,y^{-2}\,dy,$$

folglich die Arbeitsleistung auf dem Wege x:

$$\int p'\,dx = p_o\,r_o^2\,y^{-1} + C = \frac{p_o\,r_o^2}{r_o + h - x} + C.$$

Nimmt man das Integral zwischen den Grenzen $x = h$ bis $x = o$, so findet sich das bestimmte Integral zu

$$\int_o^h p'\,dx = p_o\,r_o^2 \left(\frac{1}{r_o} - \frac{1}{r_o + h}\right)_o^h = p_o\,h\,\frac{r_o}{r_o + h}$$

als Arbeitsgröße, welche die Masse q_o beim Sturz aus der Höhe h auf die Erdoberfläche in sich aufnimmt. Diese Arbeitsgröße ist der Arbeitsleistung gleichzusetzen, die uns zur Verfügung steht, so daß

$$p_o\,h \cdot \frac{r_o}{r_o + h} = A$$

und daraus

$$h = \frac{A\,r_o}{p_o\,r_o - A}.$$

Für $p_o = 1$ wird

$$h = \frac{r_o\,A}{r_o - A}.$$

Setzt man dafür die Werte ein, so erhält man als maximale Höhe, auf die 1 *kg* Masse von 1 *kg* (H_2 + O) gehoben werden könnte, zu 2169 *km*.

Diese Höhe wird aber nicht erreicht, nicht nur weil von einem Nutzeffekt von 100% keine Rede sein kann, sondern auch deshalb, weil das Betriebsmaterial sich selbst auch emporheben muß. Die Anfangsmenge q_b des Betriebsmaterials wird während des Emporsteigens bis zur Höhe h' aufgezehrt. Man kann aus der gefundenen Gleichung die mittlere Beschleunigung

$$p_m = \frac{A}{h'} = p_o \cdot \frac{r_o}{r_o + h'}$$

setzen, und da q_b nach Maßgabe des jeweiligen Restgewichtes verbraucht wird, kann man setzen:

$$q_x : q_b = x : h', \text{ somit } q_x = q_b \cdot \frac{x}{h'}.$$

Als Arbeitsleistung für die Hebung der sich selbst verzehrenden Masse q ergibt sich somit für den unendlich kleinen Weg dx:

$$d\,A = p_m\,q_x\,d_x = p_m \cdot \frac{q_b}{h'} \cdot x\,d\,x$$

und für die Wegstrecke x:

$$p_m \cdot \frac{q_b}{h'} \int x\,d\,x = p_o \cdot \frac{r_o}{r_o + h'} \cdot \frac{q_b}{h'} \cdot \frac{x^2}{2} + C.$$

Wächst x von 0 bis h', so erhält man das bestimmte Integral $A = p_b \dfrac{r_o}{r_o + h'} \cdot \dfrac{q_b}{2} \cdot h'$ und schließlich: $A = \dfrac{p_o\,q_o}{2} \cdot \dfrac{r_o\,h'}{r_o + h'}$ und daraus die Höhe

$$h' = \frac{2\,A\,r_o}{p_o\,q_o\,r_o - 2\,A}.$$

Setzt man die Werte ein unter der Annahme, daß das Betriebsmaterial (H_2 + O) nur sich selbst zu heben hat, so findet man $h' = 6645$ *km*, also nur etwas mehr als die Länge des Erdradius. Aus diesem Resultat geht zunächst hervor, daß selbst unser spezifisch leichtestes Betriebsmaterial mit der ihm innewohnenden Energie nicht imstande wäre, auch nur den kleinsten Restteil seiner Eigenmasse von der Erdoberfläche weg aus dem Schwerefelde der Erde herauszubringen, noch viel weniger ein Plus an Nutzlast.

Es bleibt somit nur der Ausweg der Anwendung von mehreren Stufen, so daß eine zweite und dritte Rakete ihren Anstieg aus immer schwächeren Schwerefeldern antreten. Rechnet man nach Hoefft auf je 20 *kg* Nutzlast, bestehend für die beiden Hilfsraketen I und II aus je 10% Konstruktionsgewicht und 10% Gewicht der nächstfolgenden Rakete, für die eigentliche Raumrakete III gebildet aus dem Konstruktionsgewicht der Rakete mit 10% und der eigentlichen Nutzlast, den Instrumenten, ebenfalls zu 10%, somit für alle drei Raketen 80% des Gewichtes für Betriebsmaterial ($H_2 + O$), so ergibt sich etwa folgende Aufstellung: Rakete III: 20 *kg* Nutzlast, 80 *kg* ($H_2 + O$), in Summe 100 *kg*, Rakete II: 100 *kg* Rakete III + 100 *kg* Eigenkonstruktion + 800 *kg* ($H_2 + O$), in Summe 1000 *kg* und endlich Rakete I: 1000 *kg* Rakete II + 1000 *kg* Eigenkonstruktion und 8000 *kg* ($H_2 + O$), in Summe 10.000 *kg* = 10 *t*.

Die spezifische Arbeitsleistung für eine solche Rakete wird dann als Summe der Arbeiten für die unveränderliche Nutzlast und die verschwindende Last des Betriebsmaterials aufzufassen sein, und es ergibt sich die gesamte Arbeit

$$A = A_n + A_b \text{ mit } A_p = p_o h_o \frac{r_o}{r_o + h} \text{ und } A_b = p_o \frac{q_b}{2} \cdot \frac{r_o h'}{r_o + h'};$$

$h = h'$, die Summation ergibt

$$A = \frac{h}{r + h} \cdot p_o r_o \left(q_n + \frac{q_b}{2}\right),$$

wenn mit q_n die Nutzlast und mit q_b die Masse des Betriebsstoffes bezeichnet wird. Aus dieser Gleichung ergibt sich

$$h = \frac{A \cdot r_o}{p_o r_o \left(q_n + \frac{q_b}{2}\right) - A}.$$

Es ist, um h zu erhalten, nicht nötig, die wirklichen Gewichte einzusetzen, es genügt, vom Einheitsgewicht auszugehen und nach Annahme von Hoefft $q_n = 0{\cdot}2$ und $q_b = 0{\cdot}8$ zu setzen. Durch ziffermäßige Errechnung findet sich $h_1 =$ $= 4677$ *km* als die von der Rakete I erreichte Höhe. Nimmt man h_1 mit rund 4630 *km* an, was ohne weiteres zulässig ist, da ja ein Nutzeffekt von 100% ohnedies nicht zu erreichen wäre, dann wird

$$r_1 = r_o + h_1 = 11.000 \; km \text{ und } p_1 = p_o \frac{r_o^2}{(r_o + h_1)^2} = 0{\cdot}3353 \, p_o,$$

welche Größen als neue Grundlage für die Berechnung der von der Rakete II erreichbaren Höhe h_2 dienen. Man findet $h_2 = 29.860$ *km*, so daß aus

$$r_2 = r_o + h_2 = 40.860 \; km, \; p_2 = p_o \frac{r_o^2}{r_2^2} = 0{\cdot}0243 \, p_o$$

die Anfangswerte für die von der Rakete III erreichbare Höhe hervorgehen. Für diese wird wegen der geringen Schwerkraft p_2 der Nenner des Bruches kleiner als 0, so daß $h = \infty$ wird, d. h. das angestrebte Ziel kann in der dritten Stufe erreicht werden. Der Ausdruck für h wird aber schon ∞, wenn der Nenner = 0 wird, also

$$A_h = p_2 r_2 \left(q_n + \frac{q_b}{2}\right),$$

d. i. die restliche Hubarbeit, die ziffermäßig sich zu 595.800 *kgm* errechnet. Im Augenblick des Verbrauches dieser Arbeit sollte die Geschwindigkeit theoretisch 0 sein, und man kann von da an die Beschleunigung der Rakete III errechnen. Die Restarbeit $A = 1{,}022.200$ *kgm* wird vollständig in kinetische Arbeit der Masse q der Rakete III umgesetzt, so daß mit

$$m = q_n = 0{\cdot}2 \frac{q_{III}}{q_o}:$$

$$A_r = \frac{m v^2}{2} = 1{,}022.000 \, kgm,$$

und daher:

$$v = \sqrt{\frac{2 A_r}{m}} = 10.014 \text{ oder rund } 10.000 \; m \text{ wird.}$$

Diese Geschwindigkeit als Anfangsgeschwindigkeit für eine Bewegung gegen den Mond angenommen, würde gerade noch ausreichen, um die Rakete in geeignetem Abstand für Filmaufnahmen um die uns abgewendete Mondseite und in elliptischer Bahn auf die Erdoberfläche zurückzuführen. Theoretisch — aber praktisch stimmt das bei weitem nicht, wie das später gezeigt wird.

In den Schriften von Hoefft, Oberth und ihren Anhängern liest man immer wieder, daß die Raketen dank dem dicken Luftpolster der Erde einfach mittels Fallschirms ungefährdet wieder auf die Erde zurückgelangen könnten.

Angenommen, dieselbe Rakete würde nicht ganz das Schwerefeld der Erde verlassen, sondern aus dem Weltraum wieder auf die Erde zurückfallen, dann entspricht die hiebei vom Schwerefeld der Erde geleistete Arbeit wieder der vorher zur Hebung der Rakete verwendeten und d. i. pro Kilogramm Gewicht gleich $p_o \cdot r_o = 6{,}370.000$ *kgm* als Grenzwert der Arbeitsleistung, die notwendig ist, um die Einheitsmasse von der Erdoberfläche ins ∞ zu bewegen. Diese Energie würde der Masse eine Endgeschwindigkeit von 11.180 *m* erteilen, wenn kein Luftpolster vorhanden wäre. Dieser ist aber vorhanden und wirkt, wie die Berechnung ergibt, so energisch, daß gerade infolge der hohen Einschußgeschwindigkeit fast die gesamte Bewegungsenergie vernichtet wird. D. h. aber, daß auf der kurzen Strecke, welche der Höhe des irdischen Luftmeeres entspricht, pro Kilogramm Masse eine Energie von 6,370.000 *kgm* oder 14.918 Kal., u. zw. infolge der Überschallgeschwindigkeit zum größten Teil in Wärme und nur zum kleinsten Teil in Luftbewegung umgewandelt wird. Erwägt man nun, daß die Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 *kg* Stahl von — 200° auf die Schmelzwärme von 1510° zu erwärmen, einschließlich der Wärmemenge zur Überführung in den flüssigen Zustand 360 Kal. beträgt, so ergibt sich, daß diese durch die Abbremsung zu vernichtende Wärmemenge ausreicht, um das 41½fache Gewicht der Stahlmasse zum Schmelzen zu bringen. Wenn auch ein beträchtlicher Teil dieser Wärmemenge in die bremsende Luft abgegeben wird, so ist doch klar, daß eine Fallschirmkonstruktion, die imstande wäre, diese Energie abzufangen, praktisch unmöglich ist.

Im Übereifer über das Ziel hinausschießend, glauben manche Erfinder von Weltraumraketen, auch gleich die Möglichkeit eines interplanetarischen Verkehrs in Aussicht stellen zu dürfen; nur die Fahrpläne fehlen noch. Wie sieht es aber mit der praktischen — ja selbst nur mit der theoretischen — Durchführbarkeit dieser Pläne aus!

Nehmen wir nur einmal eine Landung auf dem Mond als geringste derartige Leistung unter Zugrundelegung der oben errechneten Gewichtsverhältnisse an. Die Landung auf dem Mond allein hätte natürlich keinen Sinn, denn abgesehen davon, daß es viel einfachere und billigere Selbstmordmethoden gibt, wäre ja der Zweck der Übung, nämlich der Gewinn wissenschaftlicher Erkenntnis, verloren. Die Rakete muß also wieder vom Mond abfliegen und auf der Erde landen können. Wir haben unter der Annahme einer hundertprozentigen Ausnutzung der Energiequelle von ($H_2 + O$) berechnet, daß zur Hebung einer Rakete im Gewicht von 20 *kg* eine dreifache Rakete mit einem Anfangsgewicht von 10 *t* nötig ist. Es ist somit das 10.000 : 20, d. i. das 500fache Gewicht der Nutzlast, aufzuwenden, um eine Masse aus dem Schwerefeld der Erde herauszubringen. Das gleiche Verhältnis ist einzusetzen für die Wiederlandung auf der Erde, denn da es mit dem Fallschirm nichts ist, muß eben wieder das Reaktionsprinzip herhalten, um die vom Schwerefeld geleistete Arbeit abzubremsen. Dasselbe gilt für den Mond, nur ist für diesen viel kleineren Himmelskörper die aufzuwendende Energie für die Abbremsung und für den Wiederaufstieg entsprechend seiner Masse und seinem Durchmesser kleiner einzusetzen, u. zw., da die Mondmasse ein Einundachzigstel der Erdmasse, sein Halbmesser aber nur 1724 *km* beträgt, im Verhältnis von $mR^2 : Mr^2$, wenn m und r

die bezüglichen Größen für den Mond, M und R die gleichen Größen für die Erde bedeuten. Es ergibt sich p_m als Mondanziehung auf dem Mond zu 0·168 der Erdanziehung, so daß sich für die Hebung von 20 *kg* Nutzlast für den Mond das Anfangsgewicht der Rakete zu 1·68 *t* errechnet, d. i. das 84fache der Nutzlast. Die Errechnung für die vier Phasen der Bewegung, nämlich Aufstieg von der Erde, Landung auf dem Mond, Abflug vom Mond und Landung auf der Erde, stellt sich nun folgendermaßen dar: Für die Hebung von 20 *kg* Nutzlast der Rakete III ist das 500fache Gewicht als Anfangsgewicht anzusetzen. Um wieder auf der Erde landen zu können, muß das 500fache dieses Gewichtes emporgehoben werden, d. h. für die Hebung und Abbremsung einer Nutzlast ist für die Erde das 500^2fache dieser Last einzusetzen. Die 500fache Last muß aber zum Mond mitgenommen werden, und ist daher dort wieder das 84^2fache dieser Last notwendig, um den nötigen Energiebedarf mitnehmen zu können. Daraus errechnet sich das Gesamtgewicht als $(500^2 \times 84^2)$, d. i. das 1,764.000fache der zu befördernden Nutzlast, in unserem Falle somit 35·2 Millionen Tonnen. Sollte eine solche Reise aber überhaupt eine praktische Bedeutung haben, dann müßten schon aus physischen Gründen mindestens zwei Mann daran teilnehmen, deren Gewicht mit rund 150 *kg* einzusetzen ist. Das Mindestgewicht der Rakete mit ihren Instrumenten, Nahrungsmitteln, dem Atmungssauerstoff und dem unbedingt nötigen Heizmaterial zur Abwehr der Weltraumkälte, wäre auf mindestens 1200 *kg* anzusetzen, wenn die Reise nur ganz kurze Zeit, nämlich mit der günstigsten Geschwindigkeit in $23^h\ 26^m$ in jeder Richtung, andauert. D. i. also das 60fache des eben berechneten Gewichtes, also 2·1 Milliarden Tonnen!

Es erscheint wohl überflüssig, die Utopie unter Hinweis darauf weiterzuspinnen, daß einmal eine hundertprozentige Ausnutzung der Energie nicht einmal unter den wesentlich günstigeren Wärmeverhältnissen auf der Erdoberfläche möglich wäre, noch viel weniger in der Weltraumtemperatur von ungefähr — 273° C und daß zum andernmal die Konstruktion so gewaltiger Raketen mit einem Eigengewicht von bloß 10% des Gesamtgewichtes nicht nur aus Festigkeitsgründen, die übrigens bei den niedrigen Temperaturen des Weltraumes ganz andere sind, sondern auch wegen der Notwendigkeit sorgfältigster Wärmeisolierung ganz unmöglich ist.

Der auf dem Prinzip der Rakete basierende Antrieb wird wahrscheinlich durch eine Übergangszeit zum Emporheben motorloser Segelflugzeuge nützliche Dienste leisten. Raketen überhaupt werden als Registrierraketen die Erforschung der Erdatmosphäre und des angrenzenden Weltraumes ermöglichen und damit wertvolle Vorarbeiten für die Weltraumschiffahrt kommender Zeiten leisten. So wie die Luftschiffahrt erst durch den hochentwickelten Explosionsmotor möglich wurde, so wird an die Weltraumschiffahrt erst zu denken sein, bis es dem Menschen gelungen sein wird, die ungeheuren, in den Atomen aufgespeicherten Elektronenenergien für seine Zwecke zu befreien und, nach seinem Willen gebändigt, zu lenken. Die Entdeckung, welche die Lösung dieses Problems bringt, kann einem glücklichen Physiker schon morgen gelingen, vielleicht aber noch Jahrhunderte auf sich warten lassen. Als wahrscheinlicher darf man vielleicht die Lösung des Problems in der Weise erhoffen, daß die im elektrischen Strom frei beweglichen Elektronen materienähnlich auf kleinstem Raum konzentriert und, nach Belieben auf dem umgekehrten Wege Arbeit leistend, wieder frei gemacht werden können. Dann erst wird die Zeit gekommen sein, über Konstruktionen von Raumschiffen nachzudenken, und dann werden sich dem Geschlechte des Erdenmenschen Aussichten eröffnen, über die man heute kaum sprechen darf, ohne für einen Phantasten gehalten zu werden. Die unfaßbar kleine Elektronenwelt der Atome wird uns einst die endlosen Weiten des Weltraumes eröffnen. Einst — aber nicht jetzt.

Der Einfluß der Korrektion des Rheins zwischen Basel und Mannheim auf die Geschiebebewegung des Rheins.[1])

Von Ing. Dr. **Wittmann**, Regierungsbaurat, Karlsruhe.

Ein großartiges Kulturunternehmen des 19. Jahrhunderts hat in dem Zustand und der Gestalt des Rheins zwischen Basel und Mannheim eine beispiellose Änderung hervorgerufen: die Korrektion. Sie wurde, unterschiedlich in Zeit und am Ort, zu Anfang des vorigen Jahrhunderts begonnen und war um die siebziger Jahre in ihren wesentlichsten Teilen vollendet, so daß sich ihre Wirkungen auf den Flußlauf heute übersehen lassen.

In der Form des Grundrisses des Flusses vor der Korrektion wie auch in der Art der Korrektionsarbeiten lassen sich zwei Abschnitte unterscheiden: In der badisch-bayrischen Strecke durchzog der Strom in weit ausholenden Windungen die Niederung. Durch 18 Durchstiche, die in den Jahren 1818—1845 bis auf drei vollendet wurden, sind zahlreiche Windungen abgeschnitten und die Länge der Flußstrecke von 135 auf 85 *km*, d. i. um 37·1%, gekürzt worden. Die Abmessungen der Querschnitte erfuhren nur geringe Änderungen. In der badisch-französischen Strecke hat die Korrektion den vielfach in einzelne Wasserläufe geteilten und gespaltenen Fluß in einen einheitlichen Stromschlauch zusammengefaßt und dadurch die Querschnitte grundlegend geändert. Die Verkürzung von 14 % spielt hier nur eine untergeordnete Rolle.

Ausgehend vom Pegel Basel, für den die Höhenänderungen der Abflußmengen seit dem Jahre 1800 bekannt sind, konnten für die ganze Strecke zwischen Basel und Mannheim an den 26 rechtsseitigen badischen Pegelstationen mittels Beharrungsständen die Höhenänderungen einer bestimmten Niederwasserabflußmenge und damit die Einwirkungen der Korrektionsarbeiten mit folgendem Ergebnis festgestellt werden (siehe hiezu den Lageplan Abb. 1): Die Zusammenfassung aller Wasserstände in einen einheitlichen Flußschlauch hat auf der Strecke abwärts der Isteiner Schwelle eine bei Rheinweiler i. J. 1860 einsetzende und flußabwärts fortschreitende, bis Sasbach—Weisweil bemerkbare Austiefung der Flußsohle hervorgerufen (Beginn bei Neuenburg um 1870, bei Hartheim um 1890, bei Breisach um 1905). Das größte Maß ist heute bei Neuenburg mit rund 5·0 *m*, d. i. 10 *cm* im Jahr, erreicht und das Ende des Vertiefungsvorganges noch nicht abzusehen. Aus der Strecke Isteiner Schwelle—Sasbach stammen die Geschiebemengen, durch deren Entnahme und Fortbewegung heute die Gestalt des Längsschnittes des Rheines abwärts der Isteiner Schwelle grundlegend beeinflußt wird. Die Geschiebemenge aus den Strecken oberhalb der Schwelle sind hingegen gering. Der flußaufwärts fortschreitenden Auswirkung des Erosionsvorganges bieten die Felsen der Isteiner Barre selbst Einhalt. Der Strecke der Geschiebeentnahme folgen die Strecken der Geschiebeförderung, in denen gegenüber der Erosionsstrecke nur geringere Höhenänderungen sich eingestellt haben. Eine Aufhöhung bei Kappel ist auf örtliche Einflüsse zurückzuführen. In den flußabwärts von Kehl liegenden Strecken haben sich die Einwirkungen der 18 Durchstiche bemerkbar gemacht. Wegen der großen Zahl nahe beieinander liegender und oft gleichzeitig oder nur in kurzen Zeitabständen ausgeführten Durchstiche konnten sich die einzelnen Durchstiche nicht voll auswirken. An ihrem obersten Ende, bei Neuburgweier und Plittersdorf, haben sich aber ganz erhebliche Senkungen eingestellt, die sich, in ihrem Umfang gemindert und in der Zeitdauer gedehnt, stromauf bemerkbar machen. Von einer völligen Auswirkung aller Durchstiche kann bis jetzt noch nicht gesprochen werden, ihre Wirkung wird heute durch die Förderung der aus der Erosionsstrecke kommenden Geschiebemassen aufgehoben. Zur Zeit macht sich von Söllingen bis Leopoldshafen eine Aufhöhung, also Geschiebeablagerung bemerkbar. Abwärts Leopoldshafen besteht Gleichgewicht in der Höhenlage der Sohle, also restloser Durchgang der von stromauf kommenden Geschiebemassen. Bei Mannheim hat sich teilweise als Folge von Korrektionsarbeiten in der unterhalb gelegenen hessischen Rheinstrecke ein weiteres Senkungsgebiet herausgebildet, dessen Auswirkungen sich stromaufwärts fortpflanzen.

[1]) Auszug aus einer in der „Deutschen Wasserwirtschaft", 1927, Heft 10, 11 und 12 erschienenen Abhandlung.