Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 69/70 (1917)

Heft: 25

Artikel: Bestimmung des Wirkungsgrades einer Wasserkraftwerk-Entsandungsanlage

Autor: Büchi, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-33894

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: 09.08.2025

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

INHALT: Bestimmung des Wirkungsgrades einer Wasserkraft-Entsandungsanlage. — Betrachtungen über die störenden Nebenbewegungen der Eisenbahn-Fahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Radreifen-Konizität. — Erweiterungsbau zum Töchterpensionat Theresianum des Klosters Ingenbohl. — Schweiz. Verein von Dampfkessel-Besitzern. — Der Saugtransformator in der Stromverteilung für elektrische Bahnen. — Zur Erstellung von Militärbauten in Wimmis. — Miscellanea: Schöllenenbahn. Eidgen. Technische Hochschule. Société Internationale des Electricien, Paris. Betrieb ven Dieselmotoren mit Teer anstelle von Teeröl. Zum Gedächtnis an Max Maria von Weber. Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure. Silber als Ersatzmittel im Maschinenbau. Technische Hochschule Wien. Ausnutzung der Wasserkräfte der Dordogne. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidgen. Technischen Hochschule: Stellenvermittlung.

Tafeln 38 und 39: Erweiterungsbau zum Töchterpensionat Theresianum des Klosters Ingenbohl.

Band 69. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 25.**

Bestimmung des Wirkungsgrades einer Wasserkraftwerk-Entsandungsanlage.

Von Ing. *J. Büchi*, Zürich.

Es liegen in der Literatur wenig zahlenmässige Ermittlungen über die Wirksamkeit von Entsandungsanlagen vor. Die nachstehende Beschreibung von Messungen an der Entsandungsanlage der Aluminium-Industrie A. G. Neuhausen an ihrem Kraftwerk an der Borgne bei Sitten dürfte daher von etwelchem Interesse sein.

Beschreibung der Anlage. Die Gewässer der Borgne und der Dixence werden im Sauterot bei Vex (Wallis) zusammengeführt und in einer Kläranlage gereinigt, deren allgemeine Anordnung aus Abbildung 1 ersichtlich ist. Beim Einlauf ist lediglich eine Vorrichtung zum Ausscheiden des Kieses vorhanden. Das Wasser tritt aus dem Zuleitungskanal in zehn Kammern von je 10,5 *m* Länge, etwa 2 *m* Breite und 3 bis 5 *m* Tiefe ein und gelangt an deren unterm Ende über einen Ueberfall in den Reinwasserkanal. Abbildung 2 zeigt den Längsschnitt durch eine solche Kammer. Der abgesetzte Sand kann nach Entleerung der Kammer durch eine Sandschütze in das Wildbett abgeschwemmt werden. Die Versuche wurden für eine Kammer-Leistungsfähigkeit von 800 bis 1000 *l/sek* ausgeführt.

Die mit den Kammern ohne irgend welche Einbauten ausgeführten Versuche ergaben vorerst eine geringe Absetzung von Sand. Dies ist erklärlich, wenn man die Geschwindigkeit-Diagramme in den verschiedenen Querschnitten in Abbildung 3 betrachtet; es treten erhebliche Rückströmungen ein. Der eingezeichnete Strömungsverlauf wurde annäherungsweise erhalten, indem man die Geschwindigkeit-Diagramme in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile einteilte (z. B. 8) und die Schwerpunkte dieser Flächenteile miteinander verband, also entsprechend dem Vorgang, der sich bei im Prinzip paralleler Strömung einstellen würde. Man sieht, dass der Querschnitt infolge der Rückströmung schlecht ausgenützt ist und dass infolge der auf die untern Schichten konzentrierten starken Strömung der Sand zum grössten Teil über den Ueberfall in den Reinwasserkanal mitgerissen wird, was die Versuche bestätigten.

Strömungsversuche. Um eine über den ganzen Kammerquerschnitt möglichst gleichmässig verteilte, ruhige Strömung zu erzielen, wurde zunächst der Einbau einer *Verteilvorrichtung* (Beruhigungsvorrichtung) unmittelbar hinter dem Einlauf angeordnet. Nach verschiedenen Versuchen wurde als die zweckmässigste Form die Anordnung von drei Reihen vertikalgestellter Gasröhren erkannt, wobei die Röhren an Stellen von starker Strömung (Mitte) enger, an Stellen schwacher Strömung (Ränder) weiter von einander abstehen. Dadurch wurde tatsächlich eine praktisch gleichmässige Strömung auf der ganzen Kammerbreite und damit die geringstmögliche Geschwindigkeit bei dem gegebenen Kammerquerschnitt erzielt. Wenn man annimmt, dass sich der Sand mit einer bestimmten Geschwindigkeit vertikal abwärts

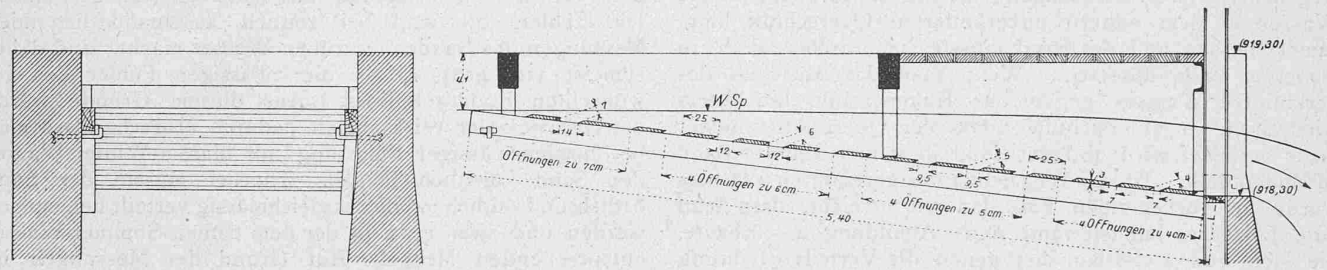

Abb. 5. Einzelheiten der im Sauterot fest eingebauten Abzug-Vorrichtung nach Patent J. Büchi. — Masstab 1 : 50.

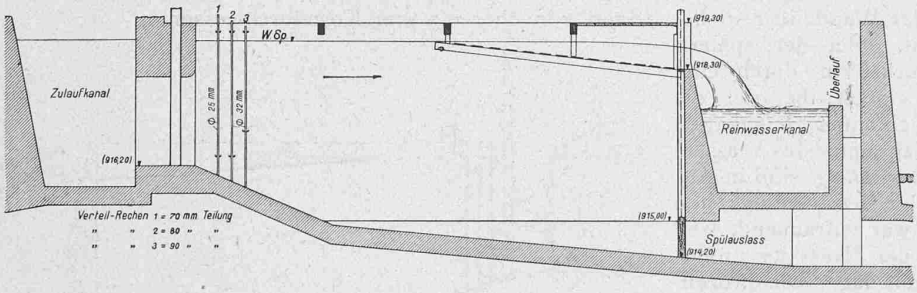

Abb. 2. Längsschnitt einer Kammer mit Beruhigungs- und Abzug-Vorrichtung. — 1 : 150.

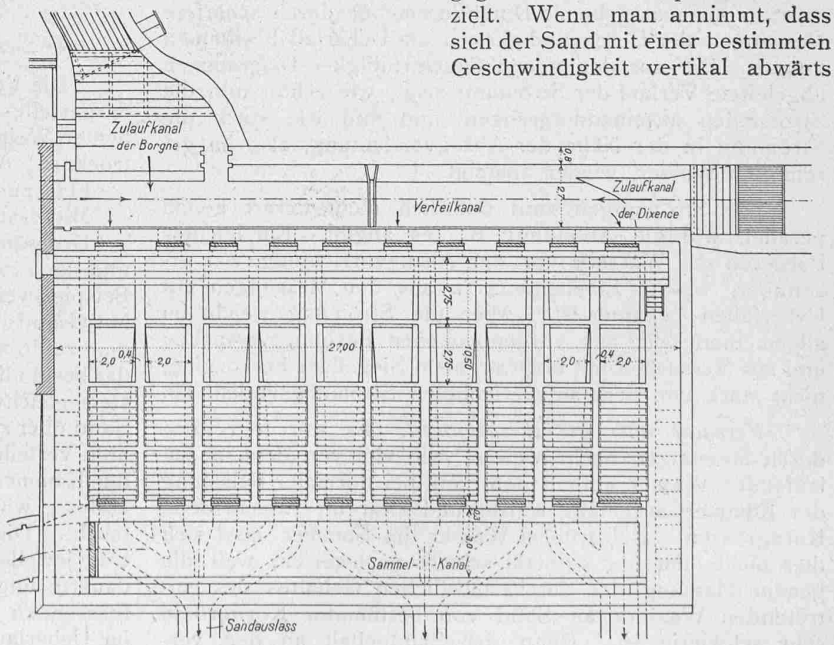

Abb. 1. Entsandungsanlage der A. J. A. G. im Sauterot, Wallis. — Grundriss 1 : 300.

bewegt, muss er sich auf einem um so kürzeren Weg zu Boden setzen, je langsamer die Strömung ist. Versuche durch Sandbeigabe bei klarem Wasser zeigten dies augenfällig; schon wenige Meter hinter der Verteilvorrichtung waren die obersten Wasserschichten praktisch sandfrei.

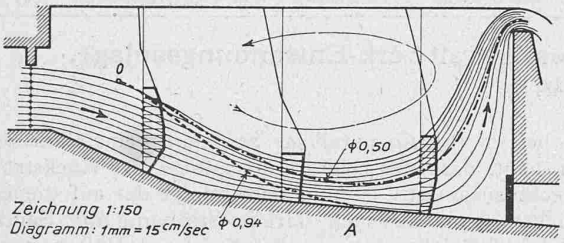

Abb. 3. Geschwindigkeit-Diagramm und Sandkorn-Wege in einer Klärkammer ohne Einbauten, bei 850 *l/sek.*

Diese Beobachtung wurde benützt, um die Wirkung der Einrichtung zu steigern. Denn, wenn es möglich wäre, diese gereinigte oberste Wasserschicht aus dem Querschnitt wegzuziehen (z. B. abzusaugen), müsste das zurückbleibende Wasser in dem nahezu unveränderten Querschnitt langsamer fliessen und der Sand müsste sich rascher, d. h. in steilerem Falle absetzen. Wenn man das Abziehen des gereinigten Wassers gegen das Kammerende hin öfters wiederholt, so ist ersichtlich, dass der Querschnitt immer mehr entlastet wird und der Sand in immer steilerer Bahn zu Boden fällt. Dieses Wegziehen des gereinigten Wassers wurde im vorliegenden Fall dadurch erreicht, dass man eine hölzerne Jalousiewand nach Abbildung 4 einbaute, die sich vom Ueberlauf her gegen die Verteilvorrichtung hin erstreckt. Durch entsprechende Wahl der Spaltöffnungen der Jalousiewand wird leicht erreicht, dass das Wasser gleichmässig auf die ganze Länge der Wand oder in beliebig anderer Verteilung durchfliesst. Bei der spätern Ausführung wurde dann diese Versuchsform durch eine einfache feste, schräge Bretterwand ersetzt, bei der die Bretter in geeignetem Abstand von einander aufgenagelt sind (Abb. 5). Die Geschwindigkeit-Diagramme des Wassers nach Einbau der Verteil- und *Abzugvorrichtung* sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Messung der Geschwindigkeiten erfolgte mit einem Amslerflügel. Sie war zeitraubend, weil die Geschwindigkeit des Wassers in der Nähe der untern Grenze der Empfindlichkeit des Flügels lag. Die prozentualen Fehler dieser Messungen sind daher etwas gross; doch ändert dies an den erhaltenen Mittelwerten wenig, da man die massgebende Durchflussmenge durch schärfere Messungen der Geschwindigkeiten am Ueberfall bestimmen konnte. Der aus den neuen Geschwindigkeit-Diagrammen abgeleitete Verlauf der Strömung zeigt, wie schön nun die Stromfäden auseinandergezogen sind und wie stark die Strömung in der Nähe der Abzugvorrichtung, also im gereinigten Wasser, wieder ansteigt.

Die Strömungen sind natürlich nicht derart genau parallel, wie die Abbildung 6 dies angibt. Ein leichtes Pulsieren des Wassers vor der Abzugvorrichtung war erkennbar, welche Erscheinung ja aus den Messungen mit Ueberfällen bekannt ist. Aber die Strömung weicht im allgemeinen, wie aus vorgenommenen Färbungsversuchen und aus Versuchen mit eingestreutem Siegellack hervorging, nicht stark von dem aufgezeichneten Strömungsverlauf ab.

Versuche über die Wirksamkeit. Es war nun noch durch Messungen nachzuweisen, wie viel von dem im zulaufenden Wasser enthaltenen Sand bei normaler Belastung der Kammer ausgefällt wurde und zwar für verschiedene Korngrössen. Bei trübem Wasser im Sommer lässt sich dies nicht oder nur äusserst schwer nachweisen, weil die genaue Messung des durchschnittlichen Gehaltes des eintretenden Wassers an Sand von bestimmter Korngrösse sehr schwierig ist. Denn der Sandgehalt an den verschiedenen Stellen eines bestimmten Querschnitts ist verschieden. Man müsste, ähnlich wie bei Wassermessungen mit dem Flügel, den Sandgehalt an einer Reihe von Punkten eines Querprofils messen und mit den zugehörigen Durchflussmengen bezw. Geschwindigkeiten multiplizieren, um die gesamte Menge des einfliessenden Sandes zu bestimmen.

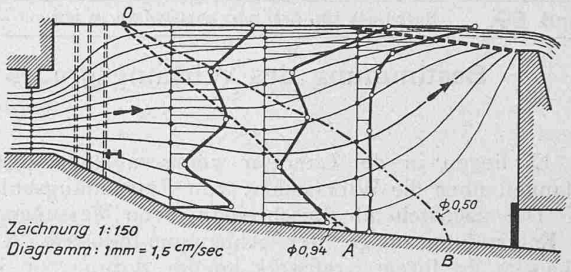

Abb. 6. Geschwindigkeit-Diagramme und Sandkorn-Wege mit Verteilvorrichtung und Abzug-Vorrichtung, bei 800 *l/sek.*

Ausserdem schwankt die Sandführung bekanntlich im Laufe eines Tages ziemlich stark, oft sogar um mehrere hundert Prozent. Man müsste den Sandgehalt also gleichzeitig an den verschiedenen Stellen des Querschnitts bestimmen. Die Fehler, die man bei zeitlich auseinanderliegenden Messungen des Sandes im trüben Wasser macht, sind daher zumeist viel grösser, als die zulässigen Fehler des gewünschten Endergebnisses. Aus diesem Grunde wurde der Nachweis der Wirksamkeit dadurch erbracht, dass man bei betriebsmässiger Belastung mit klarem Winter-Wasser den Sand künstlich beigab. Hierbei musste der Sand örtlich und zeitlich möglichst gleichmässig verteilt beigegeben werden und zwar etwa in der dem trüben Sommer-Wasser entsprechenden Menge. Auf Grund der Messungen im Sommer 1915 schwankt dieser Sandgehalt im Bach in der Regel zwischen 0,4 und 1,0 Gramm im Liter und zwar für Sand von über 0,3 *mm* Korndurchmesser.

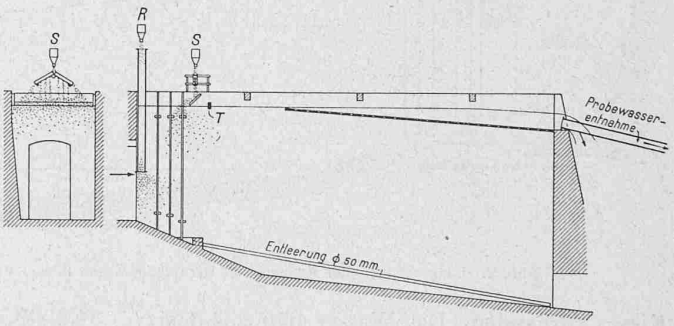

Abb. 7. Schema der Versuch-Einrichtung zur Wirksamkeit-Bestimmung.

Die Versuchvorrichtung ist in Abbildung 7 schematisch dargestellt. Der zwischen Sieben von 1,5 und 0,3 *mm* lichter Weite ausgesiebte Sand wurde über dem Feuer getrocknet. Von diesem Sand wurden Proben ausgesiebt als

Feinsand mit einer Korngrösse von 0,3 bis 0,6 *mm*
Mittelsand „ „ „ „ 0,6 „ 0,8 „
Grobsand „ „ „ „ 0,8 „ 1,5 „

und der Prozentsatz an jeder dieser drei Sorten bestimmt. Beispielsweise waren in 100 *kg* Sand 20 *kg* Feinsand, 29 *kg* Mittelsand und 51 *kg* Grobsand enthalten. Dieser Sand wurde dem zufliessenden Wasser von einem Gefäss aus beigegeben, das beständig gefüllt gehalten wurde, sodass in der Sekunde stets gleichviel zufloss. Aus dem Sandgefäss *S* rieselte der Sand über zwei schräge Bleche mit einer Reihe von Löchern und verteilte sich so gleichmässig über die ganze Breite der Kammer. Damit er nicht etwa trocken auf dem Wasser abfloss, wurde ein Brett (*T* in Abbildung 7) leicht eingetaucht. Die für einen Versuch verwendete Sandmenge betrug jeweils zwischen 44 und 61 *kg*; der einzelne Versuch dauerte ungefähr 30 Minuten. Die Bestimmung der durchfliessenden Wassermengen erfolgte durch Flügelmessungen im Ueberlauf und nachherige Ablesung der Ueberfallhöhe in Abständen von einigen Minuten. Nach Verlauf eines

Versuchs wurde die Kammer abgestellt, sorgfältig entleert und der auf der Sohle abgesetzte Sand zusammengewischt, getrocknet, gewogen und wiederum auf Grund von einzelnen Mustern nach Korngrössen sortiert. Der Vergleich dieser abgesetzten Sandmengen mit den zugegebenen Sandmengen ergab dann direkt die Prozentsätze des abgesetzten Sandes nach Grobsand, Mittelsand und Feinsand unterschieden. Zur Kontrolle wurden dem überfliessenden Wasser Proben entnommen und deren Sandgehalte bestimmt. Diese Proben bestätigten die Ergebnisse der direkten Messungen des abgesetzten Sandes. Als Mittelwert aus sechs verschiedenen Versuchen, bei denen die durchfliessende Wassermenge zwischen 860 und 1040 *l/sek* schwankte, und bei denen der Sand auf die Oberfläche unmittelbar hinter der Verteilvorrichtung zugegeben wurde, ergaben sich

97 % bei Grobsand
86 % bei Mittelsand
51 % bei Feinsand.

Aus den Fliessdiagrammen in Abbildung 6 ist ersichtlich, dass jene Sandkörner, die an der Oberfläche unmittelbar hinter der Verteilvorrichtung beigegeben werden, den längsten Weg zurückzulegen haben, bis sie zu Boden fallen und dass diese am meisten Gefahr laufen, von der Strömung durch die Abzugvorrichtung mitgerissen zu werden; Sandkörner, die in grösserer Tiefe eintreten, sinken rascher zu Boden. Es sind denn auch Versuche angestellt worden, bei denen der Sand durch ein vertikales Rohr in halber Tiefe sowie 15 *cm* über der Sohle beigegeben wurde. Bei der Sandzugabe in halber Tiefe zeigte sich eine erhebliche Vermehrung des Prozentsatzes des abgesetzten Sandes und zwar um 15 % für Mittelsand und um 42 % für Feinsand. Bei der natürlichen Trübung wird der Sand in allen Höhenlagen des Querschnittes eintreten und er wird in der Regel in der Tiefe dichter sein, als in der Höhe. Der Durchschnittswert des ausgefällten Sandes ist also günstiger, als wie er sich bei dem Versuche mit

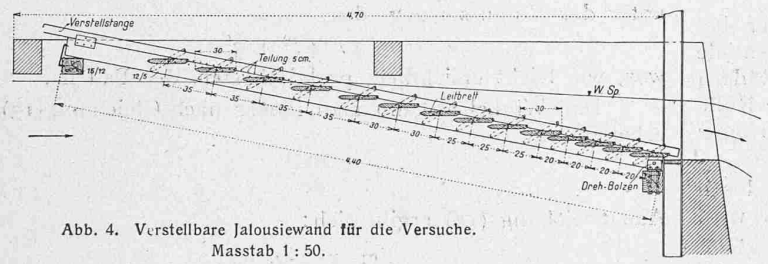

Abb. 4. Verstellbare Jalousiewand für die Versuche. Masstab 1 : 50.

nur oberflächlicher Sandzugabe ergibt. Er beträgt, wenn man nur die Hälfte der eben ermittelten Vermehrungen für die Beigabe in halber Tiefe in Ansatz bringt, schätzungsweise

99 % für Grobsand von 1,4 bis 0,8 *mm* Korngrösse
92 % für Mittelsand von 0,8 bis 0,6 *mm* Korngrösse
62 % für Feinsand von 0,6 bis 0,3 *mm* Korngrösse.

Diese Zahlen wurden als die für den praktischen Betrieb massgebenden betrachtet. Zur Ergänzung sei bemerkt, dass ein Grobsandkorn im Mittel 0,75 Milligramm, ein Mittelsandkorn 0,34 *mg* und ein Feinsandkorn 0,13 *mg* wog und dass der Sand hauptsächlich aus Verwitterungsprodukten von Granit, Casannaschiefern und Quarziten besteht.

Aus den Sandversuchen, die bei Belastung zwischen 860 und 1040 *l/sek* vorgenommen wurden, ergab sich ferner, dass unter sonst unveränderten Verhältnissen die abgesetzte Sandmenge annähernd umgekehrt proportional war der sekundlichen Wassermenge. Daraus lässt sich schliessen, dass unter den vorliegenden Verhältnissen der Sand im fliessenden Wasser sich mit annähernd gleichmässiger Geschwindigkeit vertikal setzt.

Der auf der Sohle abgesetzte Sand ist nicht überall gleich fein. Am Anfang der Kammer, in der Nähe der Verteilvorrichtung, ist er gröber und er wird umso feiner, je weiter man sich dem untern Ende der Kammer nähert. Das stimmt mit der Annahme, dass sich der feine Sand im bewegten Wasser langsamer absenkt, als der grobe Sand. Es ist versucht worden, durch Analyse des Sandes an verschiedenen Stellen der Sohle die wirklichen mittlern Wege für Sandkörner von verschiedener Grösse zu bestimmen. Diese Versuche müssen indessen noch schärfer vorgenommen werden.

Auf Grund der vorstehend beschriebenen Versuche war es möglich, für die betreffende Anlage einen zahlenmässigen Aufschluss über die wirkliche Sandabsetzung zu machen und sich ein Urteil über deren Leistungsfähigkeit zu bilden. Der Betrieb im Sommer 1916 hat die Wirksamkeit indirekt bestätigt.

Die Versuche und Messungen sind im Auftrag der Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft Neuhausen vorgenommen worden, deren Generaldirektor, Dr. M. Schindler, sich seit Jahren um die sorgfältige Entsandung der verschiedenen Werke der Gesellschaft verdient gemacht hat. Die Entsandungseinrichtungen selbst sind dem Verfasser durch Patent geschützt.

Betrachtungen über die störenden Nebenbewegungen der Eisenbahn-Fahrzeuge mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Radreifen-Konizität.

Von Dr. sc. techn. *U. R. Ruegger*,
Assistent für Maschinenlehre an der Eidg. Technischen Hochschule.

(Schluss von Seite 276.)

Wie die Untersuchungen ergeben, treten sowohl beim zweiachsigen starren Eisenbahnfahrzeug, als auch bei dem Fahrzeug mit axial beweglichen Achsen Schlingerbewegungen auf, die auf der Radreifen-Konizität beruhen. Diese Quer- und Drehbewegungen liessen sich vermeiden, wenn man die Radreifen zylindrisch gestalten würde. Dann würde aber, da die Fahrt praktisch nie genau längs der Geleisemitte erfolgen würde, das Fahrzeug infolge von zeitweisem Anlaufen der Spurkränze an den Schienen in einer langgestreckten Zickzackfahrt laufen. Bei genügend grossen anfänglichen Abweichungen aus der Mittellage im Geleise würde auch bei Fahrzeugen mit konisch ausgebildeten Radreifen ein Anlaufen der Spurkränze an den Schienen erfolgen. Um dies auf alle Fälle zu vermeiden, kann man darnach trachten, durch besondere konstruktive Durchbildung des Fahrzeuges in die harmonische Veränderlichkeit von y und φ ein logarithmisches Dekrement zu bringen. Wie in der folgenden Untersuchung gezeigt wird, ist dies, von unserem kinematischen Standpunkt aus betrachtet, dadurch zu erreichen, dass man die hintere Achse eines zweiachsigen starren Eisenbahnfahrzeuges mit von einander unabhängigen Rädern versieht; dies kann beispielsweise durch Anwendung eines Differentialgetriebes oder durch Verwendung von losen, auf einer festen Achse gelagerten Rädern geschehen.

Der Untersuchung eines derartigen Fahrzeuges ist nun eine Betrachtung über das Gleiten zwischen Radreifen und Schiene vorauszuschicken.

Bewegt sich das Fahrzeug genau längs der Geleiseaxe, indem es seine Mittellage im Geleise beibehält, so wird kein Gleiten zwischen Radreifen und Schiene eintreten, da die Axialverschiebungen unterbleiben und (infolge der Gleichheit der Laufkreise bei der normal ausgebildeten Achse) keine Tangentialverschiebungen entstehen. Bei einer jeden anderen geradlinigen Bewegung des Fahrzeuges in der Richtung seiner Längsaxe werden die Laufkreise der normal ausgebildeten Achse verschiedene Durchmesser annehmen, wodurch ein tangentiales Gleiten zwischen Radreifen und Schiene bedingt wird. Das dadurch entstehende Drehmoment von der Grösse $Q \mu a$ wird eine horizontale Verdrehung und damit ein axiales Gleiten der Achsen verursachen. Dieses wird aber bei gleicher Belastung der Räder nur an der normal ausgebildeten Achse auftreten, da diese infolge des tangentialen Gleitens der Achsenverschiebung einen geringeren Widerstand entgegensetzt als