Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 14/15 (1881)
Heft: 14

Artikel: Zur Cycloidentheorie des Herrn Oppikofer (vide Nr. 6 dieses Jahrganges der "Eisenbahn")

Autor: Wey, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-9371

Zur Cycloidentheorie des Herrn Oppikofer

(vide Nr. 6 dieses Jahrganges der „Eisenbahn").

Von *J. Wey*, Ingenieur.

(Mit einer Tafel.)

Die höhere Mathematik lehrt, dass wenn ein mathematischer Körper von einem höher gelegenen Punkte a (Fig. 2) zu einem tiefer gelegenen b hinabrollt, diess in der kürzesten Zeit geschieht wenn die Linie $a\,b$ eine gemeine Cycloide und a der Anfangspunkt derselben ist.

Legt man durch diesen Punkt a ein rechtwinkliges Coordinatensystem, bezeichnet die Axen mit x und y, den Radius des rollenden Kreises mit r und den Rollwinkel mit φ, so erhält man für einen beliebigen Punkt der Cycloide

$$x = r\,(\varphi - \sin\varphi)$$

$$y = r\,(\cos\varphi - 1)$$

durch Einführen des *arcus* aus $\cos\varphi = \frac{r+y}{r}$, woraus $\varphi = arc\cos\frac{r+y}{r}$, in die Formel für x, erhält man für x als Function von y

$$x = r\left[arc\cos\frac{r+y}{r} + \frac{1}{r}\sqrt{y\,(2\,r - y)}\right].$$

Für die Zeit, die ein solcher mathematischer Körper braucht, um von einem höheren Punkte hinabzurollen, gilt die Formel

$$T = \pi\sqrt{\frac{r}{g}}$$

wo g die Acceleration der Schwere bedeutet.

Da hierin die Höhe, von welcher der Körper herabzurollen hat, nicht figurirt, so folgt als zweites Gesetz, dass er dieselbe Zeit braucht, um nach c zu gelangen, gehe er von a, b, b_1 oder jedem beliebigen Punkte zwischen a und c aus.

Diese beiden Sätze gelten aber nur für ideelle oder mathematische Körper, bei denen ausser der Schwere keine einwirkenden variabeln Kräfte thätig, also auch keine Reibung vorhanden ist.

Wir sagen keine andern variabeln Kräfte, denn es handelt sich nur um solche. Wären dieselben constant, so würde dadurch nur die Schwere g alterirt, vermindert oder vermehrt und das Gesetz müsste dann auch noch für einen andern Himmelskörper mit einer andern Gravitation g gelten.

Sollte es möglich sein, eine cycloidenförmige Bahn und einen Körper herzustellen, für welche die Reibung null oder für alle verschiedenen Lagen des rollenden Körpers constant — nicht variabel — wäre, so hätten die obbenannten zwei Gesetze ihre volle Geltung, wie aber die Reibung mit der Lage des Körpers wechselt, muss sie alterirend auf seine Geschwindigkeit einwirken und das Gesetz gilt nicht mehr.

Aus dem zweiten der beiden angeführten Gesetze geht ohne Weiteres hervor, dass dem herabrollenden Körper eine Acceleration innewohnen muss, sonst wäre z. B. nicht möglich, dass er dieselbe Zeit brauchte, um zu c zu gelangen, ob er von a, b, b_1 ausgehe.

Vermöge der Acceleration ist die Geschwindigkeit eines z. B. von a ausgehenden Körpers, wenn er bei b, b_1 passirt, so gross, dass er dieselbe Zeit braucht, um nach c zu kommen, wie wenn er von b, b_1 . . . mit der Anfangsgeschwindigkeit Null ausgegangen wäre.

Wird nun die Acceleration z. B. durch Reibung ganz oder theilweise aufgezehrt, so kann das Gesetz nicht mehr gelten. Ein Körper könnte von b aus nicht in derselben Zeit nach c kommen, wie von b_1 . . . .

Herr Oppikofer wendet nun diese Eigenschaft der Cycloide auf fliessende Wasser, ja geschiebführende Bäche, Flüsse, Ströme an, indem er sagt: „als naturgesetzliche Curve für die Gefällsvertheilung der Flüsse hat die gemeine Cycloide die meiste Berechtigung, weil sie diejenige Linie ist, in welcher ein Körper in der kürzesten Zeit von einem höheren zu einem niedrigeren und zugleich entfernteren Punkte fällt und in welcher ein Körper stets dieselbe Zeit braucht, um den tiefsten Punkt zu erreichen, von welcher Höhe er auch zu fallen angefangen haben möge."

Bei der Prüfung dieser Behauptung handelt es sich lediglich darum, ob das fliessende Wasser sammt Geschiebe und sein Gerinne — Fluss- und Bachbette — solche mathematische Körper resp. Bahnen seien, wie dies bei Ableitung der Eigenschaften der Cycloide angenommen wurde und da muss man sich sofort sagen, dass dies in keiner Weise zutrifft. Bei dem Fliessen des Wassers wirkt nicht nur die Schwere, sondern es tritt als höchst gewichtiger Factor auch die Reibung auf. Dieselbe hängt nicht allein von der Form und Beschaffenheit des Bettes, sondern sogar von der Geschwindigkeit des Wassers ab und ist so gross, dass sie die Acceleration, die bei dem theoretischen Satze über die Cycloide die Hauptrolle spielt, consumirt.

Eine Geschwindigkeitszunahme des Wassers in Folge Herabfliessens von bedeutender Höhe findet also gar nicht statt, sondern die Geschwindigkeit ist eine gleichförmige. So fliesst in einem gleichmässigen Canal, sei er 100 oder 1000 *km* lang, das Wasser überall, zu oberst, in der Mitte, wie zu unterst, mit derselben Geschwindigkeit ab; dieselbe erleidet also keine Zunahme.

Eine Cycloide kann man sich nun in viele kleinere Strecken zerlegt denken. Auf jeder derselben fliesst das Wasser mit einer constanten Geschwindigkeit ab, langt also auf deren unteren ohne Acceleration an. Da die Gefälle von oben nach unten abnehmen, so muss auch die Geschwindigkeit stets eine kleinere statt eine grössere werden.

Es ist daher die Anwendung des für mathematische Körper und Bahnen gültigen Cycloiden-Gesetzes auf fliessende Wasser, geschiebführende Flüsse etc. völlig unrichtig und total haltlos.

Es liesse sich dies ohne alle und jede Theorie einfach an der Hand von Beobachtungen folgern. Bei sehr grossen Gefällen wird die Geschwindigkeit des Wassers stark beeinflusst, indem sich in Folge der Reaction an Sohle und Wänden etc. Sprudel bilden und dadurch Störungen im Laufe entstehen, anderntheils weil es sich in Schaum auflöst und an der Luft starken Widerstand findet.

Man würde daher weit fehlen, wenn man annähme, dass z. B. bei einem cycloidenförmigen Längenprofil das Wasser die oberste, steilste Strecke der Cycloide mit der Geschwindigkeit eines andern herabrollenden physischen, nicht mathematischen Körpers, z. B. einer Kugel, passiren würde. Während diese unten mit einer bedeutenden Acceleration ankäme, wäre dies beim Wasser nicht der Fall. Die Reibung an der Einfassung, Sohle, Wände und an der Luft liesse gar keine Geschwindigkeits-Zunahme zu und weiter abwärts in dem flachen Theil der Cycloide müsste, wie schon gesagt, die Geschwindigkeit mit der Verringerung des Gefälles abnehmen.

Es verfolgt die Natur hier, wie überall, eine treffliche Gesetzmässigkeit. Oder was würde aus unserem aus Alluvium bestehenden Flachland werden, oder besser, wie hätte dasselbe entstehen können, wenn das Wasser mit der rasenden Geschwindigkeit einer Kugel auf einer Cycloide herabstürzen würde!

Herr Oberingenieur Ganguillet hat im X. Band dieser Zeitschrift sich dahin geäussert, dass 10 *m* wohl die grösste vorkommende Geschwindigkeit des Wassers sein werde.

Wollte man Wasser in der kürzesten Zeit von a nach b führen, so müsste dies sicherlich in einem Canale mit constantem Gefälle, also auf einer Geraden geschehen und nicht auf einer Cycloide oder andern krummen Linie.

Es lässt sich dies auch aus der allgemeinen Formel für die Abflussgeschwindigkeit herleiten.

Angenommen, es habe ein Gewässer vom höher gelegenen Punkt a (Fig. 3) zu einem tieferen b zu fliessen, so erhält man für die Geschwindigkeit

$$v = c\sqrt{R\,J}$$

wo J das relative Gefälle in Promillen, R der Profilradius und c ein Coefficient bedeutet, der abhängig ist:

1. vom Querprofil resp. Profilradius,
2. von der Rauhigkeit des Bettes,
3. vom Gefälle J

und zwar wächst c mit dem Profilradius, nimmt ab mit der Rauhigkeit des Bettes — Sohle und Wände — und mit dem Gefälle. Ist letzteres schwach, so hat es auf den Coefficienten c einen verschwindend kleinen Einfluss. Derselbe nimmt aber in vermehrtem Grade zu, wenn das Gefälle stark wird.

Nehmen wir nun an, das Längenprofil des Flusses sei die Gerade $a\,b$ und es sei deren Profilradius sowie der Rauhigkeitsgrad constant, dann haben wir eine diesen Verhältnissen entsprechende und durch die Formel $v = c\sqrt{RJ}$ ausgedrückte Geschwindigkeit.

Brechen wir nun das Längenprofil $a\,b$ in zwei Strecken $a\,c$ und $c\,b$, wodurch $a\,c$ ein stärkeres und $c\,b$ ein schwächeres Gefälle als $a\,b$ erhält. Es frägt sich jetzt, ob die Geschwindigkeit, mit der das Wasser von a nach b fliesst, kleiner oder grösser sei, als unter den vorherigen Verhältnissen.

Nach unserer Formel $v = c\sqrt{RJ}$ wird (c als constant angenommen) in Folge der Gefällsänderung oben, auf $a\,c$, weniger gewonnen, wie unten auf $c\,b$ verloren; das heisst das Wasser käme mit einer geringeren Geschwindigkeit auf $a\,c\,b$ wie auf $a\,b$ von dem Punkte a zu b.

Nun ist aber der Coëfficient c nicht constant, sondern er nimmt ab, wenn J, das Gefälle, zunimmt, aber nicht in derselben, sondern in einer verstärkten Progression. Er wird demnach der Coefficient für die Strecke $a\,c$ mehr verringert, als er für $c\,b$ wächst, somit wird die mittlere Geschwindigkeit v für die Linie $a\,c\,b$ geringer als für $a\,b$.

Auf diese Weise lässt sich folgern, dass das Wasser auf $a\,c$ schneller von a zu c gelangt als über $a\,c'\,c$ und auf $a\,c'$ schneller von a zu c' als über $a\,c''\,c'$ etc. etc.

Setzt man diese Theilung der Gefällsstrecken fort und lässt sie immer kleiner und die gebrochenen Linien endlich zu einer Cycloide werden, so kommt man zu dem Schlusse, dass das Wasser auf der directen Verbindung von a und b schneller abfliesst resp. von a nach b gelangt, als auf einer Cycloide, was übrigens ohne alle und jede theoretische Untersuchung — *a priori* — einleuchten muss.

Nach der Aeusserung des Hrn. Oppikofer hat das Wasser die Tendenz, in der kürzesten Zeit von einem Niveau in ein tieferes zu gelangen. Da dies, wie wir gesehen, nicht auf einer Cycloide, sondern auf einer Geraden der Fall ist, so müsste das Wasser tendiren, auf letzterer seinen Abfluss zu nehmen.

Dass aber das Wasser diese Tendenz, auf dem kürzesten Wege abzufliessen, in der That nicht befolgt, resp. wegen der Hindernisse, Widerstände nicht befolgen kann, geht aus einem Blick auf irgend eine Land- oder hydrographische Karte hervor. Nach den Elementen der Mathematik ist die Gerade die kürzeste Verbindung von zwei Punkten. Wo hat sich aber das Wasser bei der Bildung seines Rinnsals diesen Weg gewählt? In der Wirklichkeit findet man nichts als Serpentinen, Zickzacklinien, etc. etc.

Völlig unklar ist es, wie Herr Oppikofer nun auf einmal dazu kommt zu demonstriren, dass der *Wasserspiegel* eines Flusses eine Cycloide sein müsse.

In seinen früheren Schriften, namentlich seinem „Schlussbericht über die Sohlen-Wasser und Wuhr-Höhen in der I. Section der St. Gallischen Rheincorrection, 1873", hat er behauptet und durch Beispiele beweisen wollen, dass die *Sohle* des Flusses eine Cycloide sei und sein müsse.

Diese Aufstellung hat durch die Herren Oberst Pestalozzi in Zürich und Oberbauinspector v. Salis in Bern eine gründliche Widerlegung erfahren, indem sie nachgewiesen, dass die Sohlenbildung der Flüsse ein Product von der Stosskraft des Wassers und dem Widerstande sei und somit das Gefälle mit der Geschwindigkeit des Wassers, der Masse, Grösse und Schwere der Geschiebe ändere.

Demgemäss muss z. B. in einem Flusse dorten eine Erhöhung entstehen, wo ein Seitenfluss mit verhältnissmässig stärkerer Geschiebfuhr einmündet. Denn, um das Geschiebe weiter zu bringen, bedarf er an dieser Stelle eines stärkeren Gefälles. Dies wird daher so lange zunehmen, bis es und die daher rührende Geschwindigkeit und Schubkraft des Wassers gross genug sind, um das nun nachfolgende Geschiebe weiter zu transportiren. Umgekehrt folgt, dass wenn in einem geschiebeführenden Flusse ein anderer mit weniger oder ohne Geschiebe einmündet, in Folge dessen dorten eine Vertiefung entsteht und das Gefälle für die unterhalb liegende Strecke reducirt wird. Diese Umbildung findet so lange statt, bis Gleichgewicht vorhanden, d. h. bis Schubkraft des Wassers und Widerstand gleich gross sind. Von diesem Momente an ist die Sohle fix.

Da der Widerstand mit der Zerkleinerung und Destruction des Geschiebes abnimmt und letztere durch das beständige Vorwärtsbewegen in der That zertrümmert werden, so folgt weiter, dass der Fluss nach unten ein allmälig kleineres Gefälle braucht. Daher kommt es, dass dasselbe bei den meisten Flüssen etc. schwach eingebogen ist und durch eine gelinde gekrümmte Curve, einen Theil einer Parabel, Cycloide etc. repräsentirt werden kann.

Nachdem durch Einengung eines Flusses dessen Geschwindigkeit vermehrt, durch Erweiterung aber vermindert, somit auch die Schubkraft in gleichem Sinne alterirt wird, so gelangt man weiters zu dem Schlusse, dass durch Verengungen Gefällsabnahmen und durch Erweiterungen Gefällszunahmen bedingt werden.

Alle diese Betrachtungen führen ferner zu der Schlussfolgerung, dass an einem Flusse so viele verschiedene Gefällsstrecken vorkommen müssen, als einerseits den Hauptfluss, dessen Geschwindigkeit und Schubkraft alterirende Seitenbäche oder -Flüsse in denselben münden und anderseits fühlbare Verengungen und Erweiterungen im Querprofile vorkommen.

Hierin und nicht in der Eigenschaft der Cycloide liegt die ganze Theorie über die Sohlenbildung an geschiebführenden Gewässern.

Zur Erhärtung von Allem dem haben die benannten mit der Untersuchung des Oppikofer'schen Schlussberichtes betrauten Herren Experten das Längenprofil des Rheins im Canton Graubünden, der Rhone im Canton Wallis und der Aare im Haslethal aufgeführt. Für die Rheinstrecke im Canton St. Gallen liessen wir mit aller möglichen Exactigkeit ein Längenprofil aufnehmen. Es ging aus demselben das Gegentheil von dem hervor, was Hr. Oppikofer darzuthun bemüht war. Dort, wo er die Sohle als ausgebildete Cycloide fand und damit die Richtigkeit seiner Hypothese beweisen zu können glaubte, stellten sich gerade gewaltige Aenderungen, namentlich Erhöhungen heraus. Dies gilt von der Strecke von der Illmündung abwärts. Für die Partie von derselben aufwärts prophezeite Herr Oppikofer über der schon erhöhten Sohle von 1870 eine weitere Betterhöhung bis auf 10 Fuss $= 3\,m$. Es fand statt dessen eine Vertiefung statt.

Das angeführte gründliche und einlässliche Gutachten der Herren Salis und Pestalozzi hat Hr. Oppikofer, wenigstens öffentlich, nie zu wiederlegen versucht; es muss daher als sehr auffallend bezeichnet werden, dass er mit seiner Hypothese abermals und nur mit der einzigen Aenderung auftritt, dass er nun sagt, der *Wasserspiegel* statt die *Sohle* müsse eine Cycloide sein.

Für diese Behauptung findet Herr Oppikofer es nicht für nöthig, irgend welchen Beweis zu erbringen, er begnügt sich damit, die Eigenschaften der gemeinen Cycloide anzuführen und daraus, wie dargethan, in völlig unrichtiger Weise eine Anwendung auf die Flüsse zu machen.

Nachdem wir nun sowohl theoretisch als durch Abstraction nachgewiesen, dass diese Anwendung falsch ist und das Wasser auf einem cycloidenförmigen Längenprofil nicht in der kürzesten Zeit von Berg zu Thal gelangt, handelt es sich nur noch darum, nachzusehen, ob die von Hrn. Oppikofer, mangels einer andern Beweiskraft, neuerdings gebrachten Beispiele, Rhein und Aare, seine Hypothese bestätigen.

Bevor wir hierauf eingehen, wollen wir die Formel, die Herr Oppikofer in seinem schon erwähnten Schlussberichte gibt und welche die Cycloide sein soll, etwas ansehen.

Darnach ist, wenn man mit x die Totaldistanz eines Punktes am Flusse von seinem Endpunkte (See oder Gefällsende), mit y die Höhe von x über dem Ende, mit J das Gefälle der Flussstrecke bei x und mit z das Endgefälle des Flusses bezeichnet:

$$y = x^2\,z$$
$$J = 2\,x\,z$$

dabei heisst es, das Endgefäll z wachse allerdings auch mit der Entfernung vom Endpunkte, was, da mit z doch ausdrücklich das Endgefälle bezeichnet ist, wohl Niemand, selbst Herr Oppikofer nicht, verstehen wird. Man könnte dies höchstens so auffassen, als sei das Endgefälle grösser für einen Beobachter, der z. B. in Ragaz stehe, als für einen solchen, der sich in Oberriet befinde!

Aus der Formel:

$$J = 2\,x\,z$$

folgt für den Endpunkt, wo

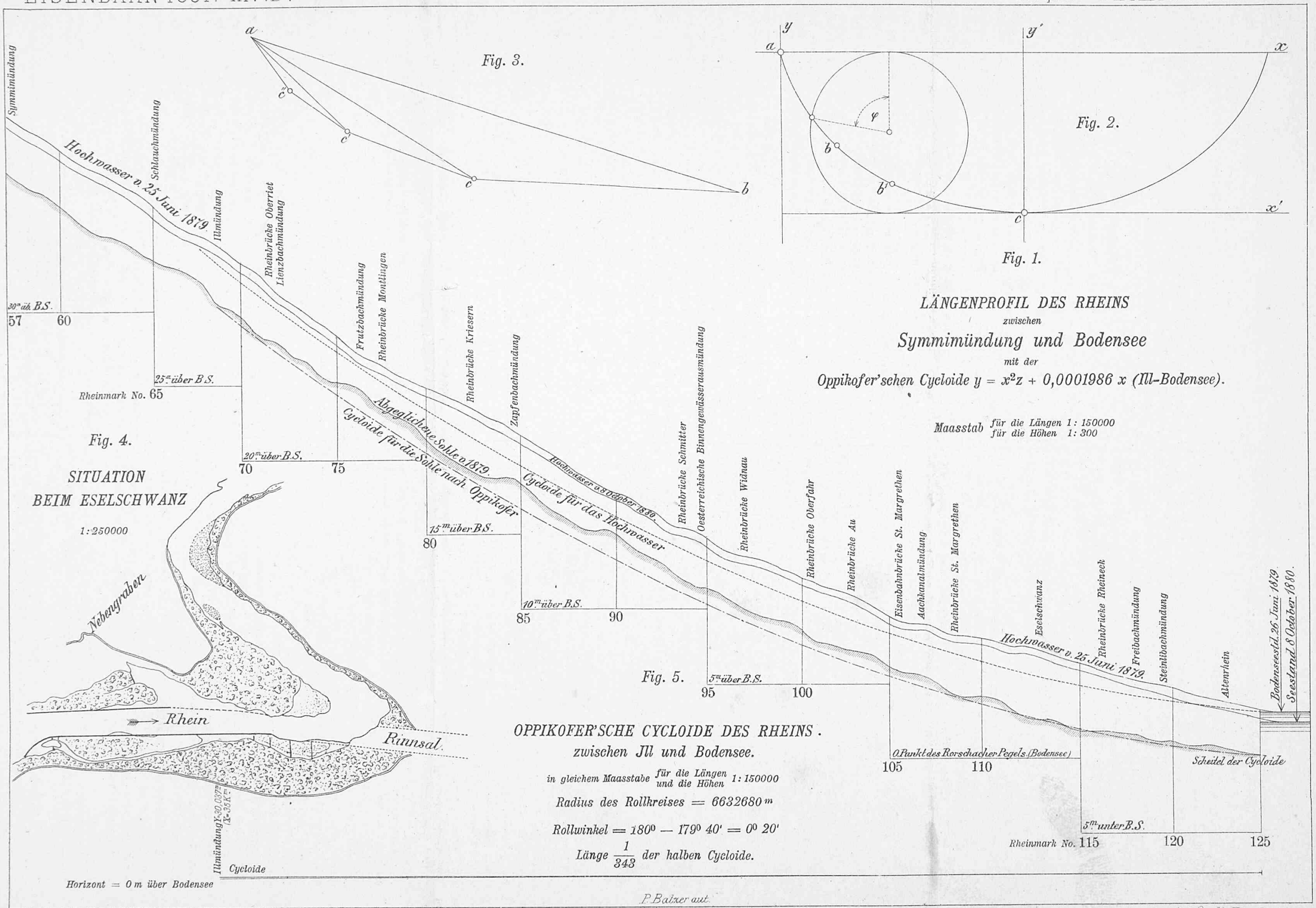
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
LÄNGENPROFIL DES RHEINS
zwischen
Symmimündung und Bodensee
mit der
Oppikofer'schen Cycloide y = x²z + 0,0001986 x (Ill-Bodensee).
Maasstab für die Längen 1 : 150000
für die Höhen 1 : 300
Fig. 4.
SITUATION
BEIM ESELSCHWANZ
1 : 250000
Nebengraben
Rhein
Runsal
Fig. 5.
OPPIKOFER'SCHE CYCLOIDE DES RHEINS.
zwischen Jll und Bodensee.
in gleichem Maasstabe für die Längen und die Höhen 1 : 150000
Radius des Rollkreises = 6632680 m
Rollwinkel = 180° — 179° 40' = 0° 20'
Länge 1/343 der halben Cycloide.
Hochwasser v. 25 Juni 1879.
Hochwasser v. 8 October 1880.
Abgeglichene Sohle v. 1879.
Cycloide für die Sohle nach Oppikofer
Cycloide für das Hochwasser
Symmimündung
Schlauchmündung
Illmündung
Rheinbrücke Oberriet
Lienzbachmündung
Frutzbachmündung
Rheinbrücke Montlingen
Rheinbrücke Kriesern
Zapfenbachmündung
Rheinbrücke Schmitter
Oesterreichische Binnengewässerausmündung
Rheinbrücke Widnau
Rheinbrücke Oberfahr
Rheinbrücke Au
Eisenbahnbrücke St. Margrethen
Aachkanalmündung
Rheinbrücke St. Margrethen
Eselschwanz
Rheinbrücke Rheineck
Freibachmündung
Steinlibachmündung
Altenrhein
Bodenseestd. 26. Juni 1879
Seestand 8 October 1880.
30m üb. B.S.
25m über B.S.
20m über B.S.
15m über B.S.
10m über B.S.
5m über B.S.
5m unter B.S.
0 Punkt des Rorschacher Pegels (Bodensee)
Scheitel der Cycloide
Rheinmark No. 65
Rheinmark No. 115
57
60
70
75
80
85
90
95
100
105
110
120
125
Horizont = 0 m über Bodensee
Cycloide
P. Balzer aut.

Seite / page

80(3)

leer / vide / blank

$$x = 0 \text{ auch}$$
$$J = 0$$

also wäre das Gefälle am Ende 0 und nicht z. Setzt man dies in:

$y = x^2 z$ so erhält man

$y = 0$, also das Längenprofil ist eine horizontale Gerade!

In Wirklichkeit ändert sich das Endgefälle mit dem Wasserstand im Rhein und im See und ist für jedes andere Verhältniss zwischen diesen Wasserständen ein anderes.

Wie nun aber der Wasserstand einige Kilometer oder Stunden weiter oben z. B. in Oberriet, Buchs, Ragaz durch diese Aenderung des Endgefälles des Rheins am See geändert, gehoben oder gesenkt wird, vermögen wir ebenfalls nicht einzusehen. Angenommen der See sinke bei gleichem Rheinstande um 1 m, so wird das Endgefälle z viel grösser und müsste sich das Gefälle J in einem beliebigen Punkte selbst im Bündnerland ebenfalls ändern d. h. entsprechend grösser werden. Dass dies nicht ist und nicht sein kann, sieht man sofort ein. Wir wollen aber, obschon diese Formel zu lauter unhaltbaren Resultaten führt, dieselbe noch etwas weiter verfolgen.

Wie Herr Oppikofer bemerkt, ist die Cycloide für die untere Rheinstrecke so flach, dass sie durch eine Parabel ersetzt werden kann.

Wir haben dies nachgerechnet und gefunden, dass die Parabel

$$y = x^2 z$$

von der Cycloide, deren Scheitelgleichung heisst:

$$x = R\,(\pi + \sin \varphi - \varphi)$$
$$y = R\,(1 + \cos \varphi)$$

bei Annahme eines Rollkreises von 6 632 680 m nur wenig abweicht und die Differenz bei Landquart, also circa 77 km vom Ende, nur einige Centimeter ausmacht.

Bei Einmündung der Seitenflüsse Ill und Landquart in den Rhein, hat dessen Bett, unserer Auseinandersetzung entsprechend, Erhöhungen aufzuweisen. Herr Oppikofer drückt dies so aus, die Ill habe auch ihre Eigenart und diese sei so stark, dass sie damit auf den Rhein und dessen Gefälle einzuwirken vermöge.

Als *naturgesetzliche* Form gibt er für den Rhein zwischen Ill und See:

$$y = x^2 z + x \,.\, 0{,}0001986$$

wo $\log z = 2{,}275221 - 10$ und worin der Nachsatz den Einfluss durch die Ill ausdrücken soll.

Bekanntlich sind für die Rheincorrection behufs Geradlegung und Verkürzung zwei Durchstiche bei Diepoldsau-Schmitter und von Brugg über Fussach in den Bodensee in Aussicht genommen, wodurch eine Abkürzung von 10,300 km stattfände.

Für die Sohlenbildung Ill—See nach Ausführung der Durchstiche gibt Herr Oppikofer als naturgesetzliche Kurve:

$$y = x^2 z + x \,.\, 0{,}0002811$$
$$\log z = 2{,}270000 - 10$$

und sagt dazu, die Einwirkung der Durchstiche, wodurch das Gefälle wesentlich erhöht würde, sei nicht hinreichend, um das Rheinbett bei der Ill zu vertiefen, dasselbe werde dorten vielmehr gleich bleiben, nach aufwärts jedoch bis zur Erreichung der Cycloide $y = x^2 z$, die durch den Ill-Kegel gezogen wird, auffüllen.

Aus der erstern obiger Formeln:

$$y = x^2 z + x \,.\, 0{,}0001986$$

erhält man für die Illmündung oder $x = 35$ km

$$y = 23{,}086 + 6{,}951 = 30{,}031$$

somit hätte die Sohle des Rheins bei der Illmündung die Höhequote von 30,031, was mit der Wirklichkeit nicht übel stimmt.

Sehen wir nun zu, was wir für eine Sohlenhöhe nach den Durchstichen laut der „naturgesetzlichen" Curve des Herrn Oppikofer:

$$y = x^2 z + x \,.\, 0{,}0002811$$

erhalten.

Da der Lauf des Rheins dann um 10,3 km verkürzt wird, so wird für $x = 35 - 10{,}3 = 24{,}7$ km

$y = 14{,}302 + 6{,}943 =$	21,245 m
gegenüber ohne Durchstiche	30,031 m
also eine Vertiefung von	8,786 m

Das sind die Oppikofer'schen „Naturgesetze" für Gefällsvertheilung. Nach seiner Interpretation dieses „Naturgesetzes" vermögen die Durchstiche eine Vertiefung des Rheins bei der Ill wegen deren „Eigenart" nicht zu bewirken, wenn man aber diese durch mathematische (?) Formeln ausgedrückten Naturgesetze analysirt und näher prüft, so sagen sie das Gegentheil, geben dann die unerhörte und rein unmögliche Vertiefung von *8,786 m = 29,286 Fuss.*

Es folgt hieraus, welchen Werth man dem Naturgesetze des Herrn Oppikofer und seinen daherigen Abstractionen beimessen kann, und welche Berücksichtigung sie in der Hydrotechnik verdienen, obschon er auf pag. 32 seines Schlussberichtes versichert, alles wiederholt erwogen und nichts gesagt zu haben, zu dem er nicht jederzeit mit „voller Ueberzeugung" stehen könnte.

Es dürfte von Interesse sein, darzuthun, wie Herr Oppikofer zu seinem Naturgesetze gekommen ist. Derselbe rechnet aus der Formel:

$$y = x^2 z$$

die Höhe y für die Illmündung, wo $x = 35$ km, dann subtrahirt er das y von der wirklichen Höhe des Rheins bei der Ill, dividirt die erhaltene Differenz durch $x = 35\,000$ m und der Quotient gibt dann die Constante des Nachsatzes:

$$0{,}0\,001986\; x$$

des „Naturgesetzes."

Mit welchem Rechte Herr Oppikofer annimmt, der Illkegel sei trotz der in Ausführung begriffenen Einwuhrung und Einschränkung des Rheins, unveränderlich und das Geschiebe festgenagelt, ist leider nicht gesagt.

Wie weiter oben dargethan, führt Herr Oppikofer zur Erhärtung seiner Cycloiden-Theorie zwei Beispiele an, nämlich den Rhein hier und die Aare im Haslethal. Von ersterem ist gesagt, dass die Oberfläche eines Mittelwasserstandes von der Ill bis zum Bodensee trotz der vielen Krümmungen einen fast mathematisch genauen Theil einer Cycloide bilde, dass die Abweichungen von ungleicher Strombreite herrühren und dass ein Hochwasser die mathematische Linie noch weit genauer einhalten würde. Des Weitern bemerkt Herr Oppikofer, die Cycloide sei auf fraglicher Strecke so flach, dass sie nur wenige Centimeter von einer Parabel abweiche und daher ein weiteres merkwürdiges Gesetz seinen Ausdruck finde, wonach das Flussgefälle am Ende des 2. 3. 4. . . km 2 3 4 . . mal grösser ist, als am Ende des ersten Kilometer.

Die mathematische Formel dieses neuen merkwürdigen Naturgesetzes gibt Herr Oppikofer nicht, nach dem Vorausgegangenen kann es keine andere sein als:

$$J = x\, z,$$

während früher, wie wir gesehen:

$$J = 2\, x\, z \text{ galt.}$$

Bei dieser letzten Formel war z das Endgefälle, bei der neuen aber dasjenige am Ende des ersten Kilometers.

Diese neue Formel hat wenigstens das Gute, dass für $x = 0$, also für das Ende des Flusses J auch $= 0$ wird.

Wie es sich mit der Genauigkeit und Uebereinstimmung dieses *naturgesetzlichen Gefälles* mit dem *wirklichen* verhält, sehen wir am besten an Fig. 1, dem Längenprofil für das Hochwasser vom 25/26. Juni 1879. Dasselbe erreichte zwar im Oberland nicht die eigentliche Hochwasserhöhe, dauerte aber bei 12 Stunden und stieg daher auf der ganzen Ausdehnung des Rheins bis in den Bodensee regelmässig an — war nicht nur eine schnell vorübergehende Wasserwelle. Aehnlich, nur etwas niedriger, aber von längerer circa 30 stündiger Dauer, war der Wasserstand vom 7/8. Oktober 1880.

Beide Wasserstände wurden an vielen Stellen markirt, einnivellirt und dieselben stimmten in der Weise, dass sie untereinander so viel wie parallel verliefen.

Um nun die Abweichung von dem Oppikofer'schen Naturgesetze zu constatiren, müsste man das letztere in seiner neuesten und vollkommensten Form haben, Herr Oppikofer hat es jedoch noch nicht veröffentlicht. Da es aber, wie er sagt, eine Cycloide sein muss und $y = x^2 z$ sehr annähernd eine solche ist, so kann auch das neue „verbesserte" Gesetz von dieser Formel oder der, worin die Eigenart der Ill Ausdruck findet:

$$y = x^2 z + x \,.\, 0{,}0001986$$

nicht wesentlich abweichen. Demgemäss haben wir diese Linie construirt und in dem Längenprofil sowohl für die Sohle als den Wasserstand, Fig. 1, eingezeichnet. Wie daraus hervorgeht, sind die Abweichungen sehr gross und ist von einer Gesetzmässigkeit auch keine Spur vorhanden. Die grösste Differenz kömmt in der Gegend von Kriesern, bei Au und beim Eselschwanz vor, von welch' letzterem Herr Oppikofer sagt, er übe auf das Längenprofil nicht den geringsten Einfluss aus. Dort biegt aber der Rhein unter einem Winkel von ca. 30—40^0 (vide Fig. 4) um und ist es ohne Beiziehung von hydrotechnischen Formeln und wissenschaftlicher Untersuchung in die Augen springend, dass dadurch ein Stau entstehen muss. Bei dem ohnehin unregelmässigen Bett ist ein ungehinderter und daher ungestauter Abfluss, wie ihn Herr Oppikofer wissen will, eine baare Unmöglichkeit.

Da sich das Rheinbett im Unterrheinthal, der Cycloidentheorie zum Trotz, in Folge Correction in der obern Strecke erhöhen musste und erhöht hat, ist selbstverständlich auch der Wasserspiegel in die Höhe gegangen und derselbe kam daher am benannten Hochwassertag über die „naturgesetzliche Curve“ und zwar

bei *km*	1	3	5	7	10	13	15	20	25	30	35
um	0,36	0,76	1,14	1,54	1,32	1,72	1,50	1,00	1,92	0,80	0,80 *m.*

Ebenso grosse oder noch grössere Abweichungen zeigt das Gefälle in Folge der ungleichen Bettbreiten, Verengung durch Brücken etc. Es ist, nochmals wiederholt, von einer Gesetzmässigkeit oder einer Uebereinstimmung mit der Oppikofer'schen „naturgesetzlichen Linie“ auch keine Spur vorhanden.

Der Beweis der Richtigkeit der Cycloidentheorie des Herrn Oppikofer ist, wie wir gesehen, durch das auf den Rhein bezogene Beispiel ebensowenig gelungen, wie die theoretische Abstraction der naturgesetzlichen Curve aus der Cycloide. Entspräche der Rhein zwischen Ill und See der Parabelformel

$$y = x^2\, z \text{ oder auch } y = x^2\, z + 0{,}0001986\, x$$

welch erstere der Cycloide nahe kömmt, so wäre damit so viel wie nichts bewiesen, indem diess nur ein kleiner, der $^1/_{343}$ste, und zwar der flachste Theil einer Cycloide ist, der fast durch jede beliebige andere Curve ersetzt werden kann. Wir geben diese Linie auf der Beilage, Fig. 5, im unverzerrten Maassstabe, um hervortreten zu lassen, wie flach dieselbe ist und wie einen kleinen Theil einer ganzen Cycloide sie bildet.

Wie es sich mit der Aare im Haslithal verhält, ist uns nicht genau bekannt. Da dieselbe indess laut dem vor einigen Jahren veröffentlichten Längenprofil zu unterst ein Gefälle von über 2$^0/_{00}$ hat, kann sie dem unten abgeflachten Theil der Cycloide nicht einmal so nahe kommen wie der Rhein.

(Schluss folgt.)

Secundärpersonenzüge.

Die richtigen Ersparnisse im Eisenbahnbetriebe sind solche, durch welche die Ausgaben nicht etwa nur zeitlich verschoben, sondern factisch reducirt werden und welche zugleich nicht nachtheilig, sondern von Vortheil für die Brutto-Einnahmen sind. Trennung des Personen- und Güter-Verkehres ist bekanntlich ein hieher gehöriges Thema. Es dürfte interessant sein, diesfalls nach den Erfolgen zu sehen, welche u. a. die österreichische Südbahngesellschaft nach ihrem Geschäftsberichte pro 1879 auf der von ihr verwalteten Linie Leoben-Vordernberg mit sogenannten Secundär-Personenzügen erzielt hat. Diese Linie ist 15,2 *km* lang, mit Steigungen von 25$^0/_{00}$. Das von ihr durchzogene Gebirgsthal ist ziemlich dicht bewohnt und beherbergt die Haupt-Bergwerkshütten-Industrie Ober-Steyermarks. Die Stationen der Bahn liegen sonach ziemlich dicht beisammen; wenn ich mich recht erinnere, sind es ihrer nebst einer Haltestelle sieben. Die Einnahmen betrugen im Jahre 1879 Fr. 24 187 per Bahn-Kilometer, wovon es auf den Personenverkehr Fr. 2 964, auf den Güterverkehr Fr. 21 223 traf. Die Ausgaben erreichten 49,29$^0/_0$ der Brutto-Einnahmen. Die genannten Secundär-Personenzüge vermitteln ausschliesslich den Personenverkehr und werden von leichten Locomotiven gezogen; die Locomotive ist ohne Vermittelung eines Sicherheitswagens direct an 3—5 Personenwagen angekuppelt und gestattet von der Locomotive bis zum letzten Wagen einen Durchgang, wodurch es möglich wird, dass die Maschine nur von einem Locomotivführer und die Wagen nur von einem Conducteur, der im Stande ist, im Nothfallle den Locomotivführer zu unterstützen, bedient werden. Solche Züge sollen hauptsächlich die bisher üblichen gemischten Züge ersetzen und haben nach den Angaben der Südbahn-Verwaltung gegen diese den Vortheil, dass sie viel billiger sind, die Bahn weniger abnützen, im Interesse der Reisenden rascher und günstiger verkehren und dass sie endlich gestatten, die Frachten mit reinen Lastzügen nach Erforderniss billiger zu transportiren. „Auf der Leoben-Vordernberger Linie haben wir“, — so fährt die Verwaltung fort, — „durch Einführung solcher Züge *sofort den Personen-Verkehr auf das Doppelte gebracht,* und sind dadurch veranlasst, dieses System nun auch auf den eigenen Linien weiter auszubilden. Wir werden im laufenden Jahre (1880) theils zur Hebung des Touristen-Verkehrs im Puster-Thal und Tyrol, theils auf Seiten-Linien, auf welchen die Geringfügigkeit des Verkehrs regelmässig gemischte Züge zu kostspielig erscheinen lässt, derartige Züge einführen. — Zu dem Ende haben wir im Budget pro 1880 die Anschaffung von acht neuen sogenannten Secundär-Maschinen aufgenommen.“ — Man sollte meinen, es gäbe auch bei uns in der Schweiz Verhältnisse, die ähnliche, dem Publikum und den Eisenbahngesellschaften zugleich nützende practische Einführungen angezeigt erscheinen lassen.

— st —

Chemins de fer de la Suisse-Occidentale et du Simplon.

Traité de fusion,

ratifié par le conseil d'administration de la Compagnie:
des Chemins de fer de la Suisse-Occidentale le 17 mars 1881
du Chemin de fer du Simplon „ 25 mars 1881

Art. 1er. Les Compagnies des Chemins de fer de la Suisse-Occidentale et du Simplon, déclarent par le présent traité qu'elles se fusionnent en une seule et même Compagnie, sur la base des conditions suivantes.

La nouvelle compagnie prendra le titre de „Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale et du Simplon.“

Art. 2. La Compagnie du Simplon remet à la Compagnie fusionnée qui l'accepte, tout son actif et tout son passif tels qu'ils se comporteront l'un et l'autre le jour de l'exécution du présent traité, l'intention des parties étant que la Compagnie fusionnée soit subrogée activement et passivement dans tous les biens, actions, charges, dettes et obligations de la Compagnie du Simplon.

Art. 3. En échange de cette cession, la Compagnie de la Suisse-Occidentale et du Simplon créera 32 000 actions nouvelles d'un type et d'une valeur nominale en tout conformes aux actions actuelles de la Suisse-Occidentale dites ordinaires, et les remettra libérées de 500 fr. à la Compagnie du Simplon, pour les échanger contre les 8 000 actions libérées de 500 fr. émises par elle, l'échange devant être fait à raison de quatre actions nouvelles contre une actuelle du Simplon.

Cet échange devra pouvoir être opéré soit en titres définitifs, soit en certificats provisoires négociables, dans les quinze jours dès la ratification du présent traité.

La Compagnie fusionnée, ne voulant pas créer dès à présent des titres nouveaux sous une désignation différente des anciens, se réserve d'y introduire la nouvelle désignation de la Compagnie lorsqu'il deviendra nécessaire de rééditer ses titres d'actions.

Art. 4. Sur les 8 000 actions actuelles du Simplon, les 3 750 en mains de la Suisse-Occidentale seront échangées contre 15 000 actions de la fusion et remises à la Compagnie fusionnée. Celle-ci les conservera à la souche et n'en pourra faire l'émission avant un délai de quatre ans dès la ratification du présent traité, à moins que la construction du grand tunnel ne soit commencée avant l'expiration de ce délai.

Art. 5. La Compagnie du Simplon, soit pour elle, son conseil d'administration ou ses actionnaires réunis en assemblée, désignera des délégués chargés d'opérer l'échange des actions et de donner à la Compagnie fusionnée bonne et valable quittance des actions nouvelles remises et de recevoir quittance des actions actuelles du Simplon.

Art. 6. Les actions actuelles du Simplon échangées et remises à la Compagnie fusionnée seront immédiatement annulées et mention de cette annulation sera faite sur la quittance réciproque.