



Wetli's
Locomotiv-System

für
Gebirgsbahnen.

Gutachten

der
im Auftrag des schweizerischen Bundesrathes
niedergesetzten Commission
des
Eidgenössischen Polytechnikums.

Herausgegeben vom Eidg. Departement des Innern.

Bern.
Verlag der Dalp'schen Buchhandlung (C. Schmid).
1869.

Wetli's
Locomotivsystem für Gebirgsbahnen.

Gutachten

der

im Auftrag des schweizerischen Bundesrathes
niedergesetzten Commission

des

Eidgenössischen Polytechnikums.

Herausgegeben vom Eidg. Departement des Innern.

B e r n .

Verlag der Dalp'schen Buchhandlung (C. Schmid).

1869.

Wetli's Locomotiv-System,

begutachtet vom mechanischen Standpunkte aus.

Auf Anordnung des hohen schweizerischen Bundesrathes wurde vom Tit. schweizerischen Schulrathe aus Professoren der Ingenieur- und mechanisch-technischen Abtheilung des eidgenössischen Polytechnikums eine Commission gebildet, die ein Gutachten über « Wetli's neues Locomotivsystem » abgeben sollte.

Die Commission wählte nach einigen Berathungen zwei Mitglieder, die beauftragt wurden, einen ersten Entwurf des abzugebenden Gutachtens anzufertigen; dieser Entwurf sollte dann einer Schlussberathung unterworfen und im Fall der Zustimmung aller Mitglieder der Commission an die hohe Behörde als Meinungsäusserung Aller abgegeben werden.

Der zuletzt angedeutete Plan zeigte sich aber als unausführbar, da gerade in den wichtigsten Fragen, die hier in Betracht fallen, die Meinungen getheilt waren; da nun, wenigstens im grossen Ganzen, die differirenden Ansichten sich auf Fragen beziehen, die entweder nur den Ingenieur oder nur den Mechaniker berühren, so haben die beiden unterzeichneten Professoren, als Vertreter der mechanischen Richtung am Polytechnikum, vorgezogen, ihr Urtheil gesondert auszusprechen und die ihnen fern liegenden Fragen, ganz besonders diejenigen über die Betriebsrechnungen für eine Bahn nach Wetli's System, den Vertretern der Ingenieurwissenschaften allein zu überlassen. Streng lässt sich freilich die Trennung in der bezeichneten Weise nicht durchführen, so dass Wiederholungen, z. B. betreffs der Frage der Wirkung der Maschine auf die Schienen, der Abnutzung derselben u. s. w., vorkommen werden. Nichtsdestoweniger haben wir gefunden, dass es zu einer rascheren Erledigung der Sache

ganz wesentlich beigetragen hätte, wenn wir von Anfang an die Trennung vorgenommen hätten, zu welcher wir uns schliesslich, um endlich den uns ertheilten Auftrag zum Abschluss zu bringen, genöthigt sahen.

Allgemeine Bemerkungen über Wetli's Erfindung.

Die Idee Wetli's, die gewöhnliche Locomotive zur Verstärkung ihrer Zugkraft auf starken Steigungen, überhaupt zur Ermöglichung der Ueberwindung grosser Steigungen noch mit einem Schraubenrade zu versehen, welches in besondere zwischen den gewöhnlichen Schienen liegende Leitschienen eingreift, ist in allen Theilen neu, im höchsten Grade sinnreich, und wie wir im Voraus erklären, der nähern Prüfung und Untersuchung durch im Grossen anzustellende Versuche im vollsten Masse werth. Wenn von diesem tüchtigen und längst auch in Kreisen der Vertreter der reinen technischen Wissenschaften bekannten Ingenieur schon von vorn herein nicht ein Vorschlag zu erwarten war, der mit solchen Vorschlägen in eine Kategorie zu bringen wäre, wie wir sie von Erfindern von Profession und den leider zahlreichen Erfinderlingen oft genug entgegennehmen müssen, so hätte schon allein ein aufmerksames Studium der Wetli'schen Schrift überzeugen müssen, dass Wetli seinen Vorschlag ernst und gründlich verarbeitet hat, bevor er damit vor die Oeffentlichkeit trat. Jedenfalls ist der Gedanke Wetli's sowohl, als seine Darlegung und Auseinandersetzung desselben in der genannten Schrift von der Art, dass es übel angebracht ist, die Sache ohne Weiteres vornehm zu verurtheilen. Bei keiner Erfindung, die uns aus neuerer Zeit bekannt wurde, ist freilich der triviale Satz « Probiren geht über Studiren » besser anzuwenden, wie hier, und wir betrachten es als unsere wichtigste Aufgabe, Andern die Ueberzeugung beizubringen, dass es die Wetli'sche Erfindung im hohen Grade verdient, probirt zu werden. Es ist nämlich wahr, eine genaue Ueberlegung und Betrachtung und selbst die theoretische Untersuchung des Wetli'schen Vorschlages lassen eine Reihe von Schwierigkeiten erscheinen, die zu überwinden sein werden und bei denen man allerdings nicht im Voraus sagen kann, ob sie ohne Weiteres und **sogleich** überwunden werden können; gewiss finden

sich aber unter diesen Schwierigkeiten auch solche, die jetzt noch nur als solche erscheinen, während anderseits wieder solche auftreten werden, an die man vorher nicht dachte. Bei welcher wichtigen technischen Erfindung wäre das bis jetzt nicht so gewesen! Gerade die Erfindung der Eisenbahnen und Locomotiven geben hier das beste Beispiel. Seit beinahe 200 Jahren kennen wir Eisenbahnen (beim Bergbau) und die erste Locomotive wurde von Evans 1803 erbaut; sie lief aber auf gewöhnlicher Strasse; nun dachte man aber gewiss schon damals daran, die Locomotive auf Schienen fortlaufen zu lassen, statt auf holprigem Wege, versuchte es aber gar nicht, weil man gleich von vornherein annahm, die Triebräder müssten auf den glatten Schienen gleiten; ja selbst noch im Jahr 1813 erfand Brunton eine Locomotive, die auf ganz künstliche Weise auf den Schienen fortgeschoben wurde, bis endlich im gleichen Jahre der Engländer Blackett den einzig vernünftigen Gedanken hatte, die Sache zu probiren und siehe da, die Sache ging, die Triebräder rollten auf den Schienen fort ohne zu gleiten und so hat man sich 10 Jahre lang den Kopf zerbrochen, wie ein Hinderniss beseitigt werden könnte, das gar nicht vorhanden war. Heut zu Tage wissen wir freilich, wie die Sache zusammenhängt. Diese Geschichte und der scheinbar bequeme Vorschlag, Neues, also hier das Wetli'sche System, auch zu probiren spricht wohl nicht zu Gunsten der Theorie, aber die Sache ist doch anders, als sie scheint.

Die Frage, die uns als Mechaniker vorliegt, kann doch in erster Linie nur die sein: Ist Wetli's Gedanke im Prinzip richtig? Diese Frage werden wir unbedingt bejahen; ist die Sache neu? auch das ist unbedingt der Fall; ist die Sache ausführbar? auch das unterliegt keinem Zweifel. Aber nun die weitere Frage, welche Schwierigkeiten werden sich bei der Ausführung zeigen, wie steht es mit der Abnutzung der Räder und Schienen, also mit dem entsprechenden Theile der Betriebskosten, wie steht es mit der Frage, ob nicht wegen der Genauigkeit und grossen Solidität, mit welcher die Leitschienen gelegt werden müssen, die Anlagekosten verhältnissmässig sehr beträchtlich werden; so ist das nun eben die Frage, bei der das Probiren alle in entscheiden kann. Mit der Wetli'schen Erfindung verhält es sich, wie es so oft bei neuen und bahnbrechenden Erfindungen vorkommt, dass nämlich ganz neue, bisher unbeachtet gebliebene Probleme zur Lösung sich darbieten, theils dass man auf Fragen zurückgehen muss, die bisher als genügend erledigt betrachtet wurden und die nun plötzlich in einer Form auftreten, die eine Wie-

deraufnahme neuer und erweiterter Behandlungsweise nöthig machen. Wir werden auf das hier Angedeutete zurückkommen.

Schon aus allen diesen kurzen vorläufigen Bemerkungen geht hervor, dass wir das Wetli'sche Locomotivsystem als höchst originell und zunächst wenigstens in theoretischer Beziehung auch als ein höchst vollkommenes ansehen; an diese Bemerkung könnte sich aber doch unmittelbar die Frage knüpfen, wie es kommt, dass der Gedanke Wetli's nicht sofort unter den Ingenieuren gezündet und schon zu wissenschaftlichen und technischen Diskussionen geführt hat? Hierauf antworten wir aber, dass solche Diskussionen gewiss zu erwarten stehen und dass es immer längerer Zeit, ja oft noch eines besondern Anstosses bedarf, bevor das allgemeine Interesse selbst unter den Fachmännern erweckt erscheint. So ist es bis jetzt bei fast allen wichtigen technischen Erfindungen gewesen. Unsere Zeitungen haben sich allerdings sogleich nach dem Erscheinen von Wetli's Schrift der Sache bemächtigt und zum Theil die Erfindung absprechend beurtheilt; man konnte aber leicht erkennen, dass die Betreffenden den Wetli'schen Vorschlag, wenigstens das mechanische Prinzip desselben gar nicht verstanden hatten. Hier wurde behauptet, Wetli wolle seine Schraube in einer Zahnstange fortbewegen, wie eine Schraube durch Drehung in ihrer Mutter fortbewegt wird und das sei nicht neu. Freilich ist das nicht neu und wenn Wetli diesen Vorschlag wirklich gemacht hätte, so wäre es gar nicht der Mühe werth gewesen, weiter über die Sache zu sprechen, denn etwas Unvollkommeneres könnte man sich nicht denken. Es ist längst in der Mechanik als Grundsatz anerkannt, die Schraube mit ihrer Mutter nur als Bewegungsmechanismus, nicht aber — oder nur ganz ausnahmsweise — als Kraftübertrager anzuwenden. Bei einer belasteten Schraube, die rotirend und parallel ihrer Axe sich in einer Mutter fortbewegt, ist die durch Reibung aufgezehrte Arbeit enorm gross; das weiss jeder Mechaniker.

Andere wieder verglichen Wetli's Mechanismus mit einem Zahnrade, das in einer Zahnstange fortrollt; dieser Vergleich ist schon besser, aber doch nur ein Vergleich, denn man denkt dann an ein Zahnrad mit Zähnen, die der Axe parallel stehen und eine solche Anordnung wäre auch nicht neu, höchstens ist es das bei Anwendung zur Fortbewegung von Lasten, wie wir sie bei Eisenbahnzügen haben; für diesen Fall aber müssten wir dem Zahnrade unförmliche Dimensionen geben, die fortschreitende Bewegung dürfte verhältnissmässig nur langsam stattfinden und überdiess ist auch hier der Arbeitsverlust in Folge der Zahnreibung noch sehr bedeutend. An solchen

Missverständnissen trägt übrigens auch die Wetli'sche Schrift zum Theil die Schuld, theils weil dort eine deutliche Figur fehlt, theils weil Wetli den Haupttheil seiner Anordnung eigentlich unrichtig mit dem Namen Spiralrad belegt, während doch eine Spirale in Wirklichkeit gar nicht vorliegt. Weiterhin mag auch zum Theil die mathematische Behandlung, die Wetli der ganzen Frage angedeihen lässt, nicht Jedermanns Sache gewesen sein; gerade aber diese Behandlungsart zeugt von tiefen Studien und gründlichen Ueberlegungen; wir haben diese Rechnungen verfolgt und finden sie nicht bloß richtig, sondern originell und höchst geschickt angelegt; wir sagen das hier schon, weil wir im Folgenden auf eine analytische Behandlung der Sache, so leicht uns eine solche wäre, Verzicht leisten wollen.

Ueber Wetli's Schraubenrad.

Der Haupttheil der Wetli'schen Erfindung ist eine Schraube oder ein Schraubenrad, von der Mitte aus mit entgegengesetzt gewundenen Schraubengängen versehen, wie die beiliegende Tafel ohne Weiteres deutlich macht.

Originell und unbedingt neu ist nun aber der Gedanke, die Schraube rollend **senkrecht** zu ihrer Axenrichtung fortzubewegen. Denkt man sich auf dem Umfange eines Cylinders A (Fig. 1)

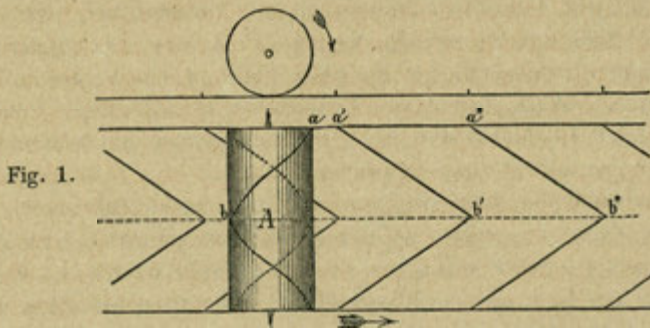


Fig. 1.

eine Schraubenlinie a b aufgezeichnet und den Cylinder in der Pfeilrichtung auf einer Ebene fortrollend, so würden, wenn man sich vorstellt, die Schraubenlinie färbe sich ab, auf der Ebene die geraden a' b', a'' b'' sichtbar werden; wir hätten hier nur rollende, keine gleitende Reibung.

Zeichnet man ebenso auf dem Cylinderumfange (Fig. 2) gerade

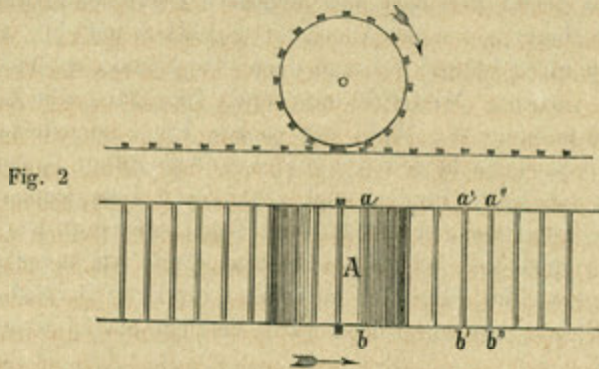


Fig. 2

Linien parallel der Axe und rolle diesen Cylinder, so drücken sich die parallelen Linien $a' b'$, $a'' b''$ auf der Ebene ab; auch hier hat man nur rollende Reibung.

Figur 1 stellt das Grundprinzip der Wetli'schen Erfindung dar; Figur 2 das eines Zahnrades mit Zahnstange.

Ein Unterschied springt jetzt sofort in die Augen, das ist der Umstand, dass in Fig. 1 die Theilung, d. h. die Entfernung $a' a''$ zweier Parallelen $a' b'$ und $a'' b''$ viel grösser ausfallen kann, als in Figur 2. Denkt man sich daher diese Linien durch Schienen ersetzt und den Schraubengang erhaben oder in Figur 2 auf dem Cylinderumfange Zähne, statt der Linien $a b$, so sind bei Wetli's System auf der Zahnstange, wenn wir die Gesamtheit der schief liegenden Schienen so nennen wollen, viel weniger Schienen oder Zähne erforderlich, als im Falle Figur 2 einer gewöhnlichen Zahnstange. Wetli macht die Entfernung $a' a''$ zweier Schienen von einander 1,6 Meter und hat streng genommen auf seinem Rade nur vier schraubenförmig gewundene Zähne.

Daneben denke man sich nun in Figur 2 eine Zahnstange, wo Zahn an Zahn sich reiht, wo der Zwischenraum zwischen zwei Zähnen so gross sein muss, wie die Zahndicke; darüber rollt ein Rad, das verhältnissmässig sehr gross ausfallen muss, weil die Zähne-Zahl viel grösser als vier sein muss und die Zähne (wir denken an den Eisenbahnbetrieb) sehr stark gemacht werden müssen und nun fragen wir jeden Mechaniker, der ohne Vorurtheil und zunächst abgesehen von andern mechanischen Fragen die Dinge vergleicht, ob von beiden Systemen bei der Frage des Eisenbahnbetriebes, wenn eines davon angewandt werden soll, noch

ein Zweifel herrschen kann? Eine Locomotive mit einem grossen Zahnrade, welches an einer gewöhnlichen Zahnstange hinaufklettert, ist, mechanisch genommen, eine «Ungeheuerlichkeit». Wenn das die Amerikaner ausführen, so ist das noch kein Beweis der Vortrefflichkeit; dass man mit einem Zahnrade durch Eingriff in eine Zahnstange senkrecht an einer Wand hinauffahren kann, wussten wir in Europa auch schon. Hätte aber ein Amerikaner mit Wetli zugleich denselben Gedanken gehabt, so wäre wohl der Versuch schon gemacht und eine Bahn schon ausgeführt. Wir machen es freilich anders, je origineller und feiner ein neuer Vorschlag ist, um so länger wird daran vorher herumgetüftelt; man findet eine wahre Genugthuung darin, alle Schwierigkeiten, die sich erheben könnten, an den Fingern herzuzählen und ist glücklich, eine neue Schwierigkeit zu entdecken, an die der Andere nicht gedacht hat. Die Hauptfrage ist aber doch offenbar jederzeit, ob ein neuer Vorschlag *prinzipiell richtig* ist; ist das der Fall, dann verlohnt sich auch die Ausführung und die Probe. Die Engländer und Amerikaner gehen in diesem Grundsatzte viel weiter, sie versuchen auch *unsinnige* Vorschläge und das hat auch sein Gutes gehabt. Die grossartigen Fortschritte in England in mechanischer Richtung entspringen zum grossen Theil aus dem Umstande, dass man dort rasch zugreift und ausführt, was man als ausführbar erkannt hat oder *erkannt zu haben glaubt*.

Der Wetli'sche Vorschlag ist im Prinzip ganz richtig und ausgezeichnet, und gegenüber der Anwendung eines Zahnrades mit Zahnstange weit vollkommener; wer das nicht zugibt, mit dem ist über mechanische Fragen überhaupt nicht zu streiten und zu reden. Es fragt sich nun aber, ob Wetli's System gegenüber der Zahnstange weitere Vortheile bietet. Das ist der Fall.

Es lässt sich nachweisen, dass die Zahnreibung bei Wetli's Rad, also auch die durch Reibung verlorene Arbeit kleiner ist, als beim gewöhnlichen Zahnrade. Jeder Mechaniker weiss, dass wir einen Zahnradmechanismus besitzen, der nahe mit Wetli's Rad verwandt ist. Es sind das die sogenannten White'schen Räder, Zahnräder mit *schief gestellten Zähnen* (Fig. 3). Bei diesen Rädern



sind streng genommen die Zähne kurze Schraubengänge, und daher könnte man sagen, Wetli schlägt ein White'sches Rad mit Zahnstange vor, nur dass er auf einen Umstand noch hingewiesen hat, an den man früher nicht dachte (Möglichkeit grosser Theilung). Die White'schen Räder laufen sehr sanft und zeigen, wie gesagt, geringere Zahnreibung; beide Vortheile gehören also auch dem Wetli'schen Schraubenrade an.

Freilich zeigten die White'schen Räder auch einen Uebelstand; wegen der geringen Berührungsfläche der in einander greifenden Zähne ist der Druck auf verhältnissmässig geringere Fläche concentrirt, als beim gewöhnlichen Zahnrade, und daher ist auch eine verhältnissmässig stärkere Abnutzung zu erwarten. Das ist nun aber auch der erste Punkt, über den uns keine Erfahrungen vorliegen, wenigstens keine solchen, wie sie zur Beurtheilung von Wetli's Schraubenrad erforderlich sind; diese Frage wäre es, worüber die Versuche aber bald entscheiden müssten; jedenfalls lässt sich hierüber auf dem Wege der Rechnung (wie leider überhaupt in der Frage der Abnutzung der Maschinentheile) nichts bestimmen. Allerdings spielt dieser Punkt eine Rolle bei der Betriebsrechnung, so dass es in dieser Beziehung begreiflich erscheint, wenn Einzelne den entsprechenden Rechnungen Wetli's nicht in allen Theilen beistimmen; es muss aber doch hinzugefügt werden, dass auch beim gewöhnlichen Eisenbahnbetrieb die Rechnungen über Abnutzung der Locomotiven-Triebräder und der Schienen auf sehr schwachen Füssen stehen und in dieser Beziehung unser Wissen und unsere Erfahrung noch keineswegs von der Art sind, dass man nun sogleich berechtigt wäre, die Beobachtungen des bisherigen Eisenbahnbetriebes zur Be- und Verurtheilung des Wetli'schen Systems zu verwenden.

Die Locomotiven mit Wetli's Schraubenrad.

Die Anbringung des Wetli'schen Rades an Locomotiven, selbst mit der Modification, dass das Rad gehoben und gesenkt werden kann, ist unbedingt möglich und unterliegt gewiss keinen grossen Schwierigkeiten; diese Locomotiven sind dann im Uebrigen mit den bisher gebrauchten identisch, und laufen, wie diese, auch auf gewöhnlichen Bahnen; denkt man sich die Leitschienen beseitigt,

so ist das Schraubenrad wirkungslos und es arbeiten dann die gewöhnlichen Triebräder allein. Dass die Wagen der gewöhnlichen Eisenbahnen unverändert auf das neue Bahnsystem übergehen können, ist selbstverständlich.

Dass ferner die Zugkraft der Locomotiven mit Schraubenrad bedeutend vergrössert werden kann, ist auch richtig. Bei den gewöhnlichen Locomotiven ist die Zugkraft von zweierlei abhängig:

- 1) von der Grösse des Dampfkessels und daher von dessen Verdampfungsfähigkeit, sowie von den Dimensionen der Dampfmaschine;
- 2) von der Grösse des Druckes sämtlicher Triebräder gegen die Schienen, von der sogenannten Adhäsion.

Nun stösst man beim gewöhnlichen Locomotivsystem hinsichtlich des zweiten Punktes auf eine gewisse Grenze der Zugkraft; wir können nur eine bestimmte Zahl von Rädern kuppeln, und mit der Belastung der einzelnen Räder dürfen wir gewisse Grenzen nicht überschreiten. Ist die Last zu gross oder die Steigung zu stark, so gleiten die Triebräder, trotz des enormen Gewichtes, das wir heute schon unsern Berglocomotiven geben. Unsere Locomotiven verlassen uns also, aber nur wegen der mangelhaften Adhäsion; hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Locomotivkessel und der Maschinen sind wir durchaus noch nicht an den Grenzen angelangt; bei fast allen bestehenden Locomotiven ist Kessel und Maschine und die möglicherweise zu erzielende Dampfarbeit grösser, als gerade nothwendig wäre. Wir können im Allgemeinen die ganze mögliche Dampfarbeit nicht ausnutzen, weil die Adhäsion der Triebräder von einer gewissen Grenze an nicht mehr den Zweck der Uebertragung der Arbeit erfüllt. Wir müssen und können also daran denken, zur Ueberwindung starker Steigungen die Uebertragung anders zu bewerkstelligen, sei es nun durch Fell's System, nach Wetli's System, oder allenfalls durch Zahnrad und Zahnstange.

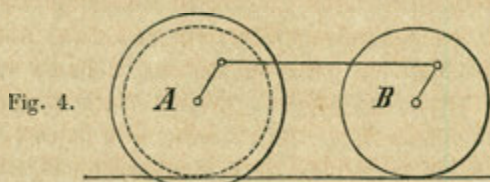
Hierbei ist es aber wünschbar, die Adhäsion der Triebräder wie bisher zu benutzen und den besondern Mechanismus nur als Ergänzung beizufügen, in der Art, dass er den Rest der Dampfmaschinenarbeit, den die Triebräder nicht mehr zu übertragen vermögen, auf sich nimmt. Wetli glaubt das dadurch zu erreichen, dass er sein Schraubenrad mit den Triebrädern kuppelt. Hier kommen wir nun zu der oben schon angedeuteten Streitfrage.

Uebernimmt wirklich das Wetli'sche Rad nur den Theil der Arbeit, den die Triebräder nicht weiter zu übertragen vermögen, oder — muss das Schraubenrad die ganze Uebertragung übernehmen und laufen die Triebräder dann leer um, oder erfordern sie vielleicht gar noch besondere Arbeit, um sie in Umdrehung zu erhalten?

Das ist eine wissenschaftliche Streitfrage, die zunächst einmal durch Versuche näherer Prüfung zu unterwerfen ist, eine Frage aber, wir sagen es schon hier, die mit der Frage, ob das Wetli'sche System zu empfehlen sei oder nicht, gar nichts zu thun.

Wir sind der Ansicht, dass die Wahrheit in der Mitte liegt, dass also die gewöhnlichen Triebräder, wenn auch nicht den ganzen, so doch den grössern Theil der der Reibung entsprechenden Zugarbeit wirklich übertragen.

Es sei Fig. 4 A das Schraubenrad, B das gekuppelte Triebrad;



der Halbmesser des Berührungskreises des Schraubenrades aber etwas grösser, als der Halbmesser des Triebrades B. Rollen nun beide Räder fort, so wickelt sich bei einer Umdrehung der Umfang des Berührungskreises des Schraubenrades ab, das andere Rad macht den gleichen Weg des Fortschrittes, hat einen kleinern Umfang, macht aber auch nur eine Umdrehung, und daraus folgt, dass dieses Rad schleifen muss.

Wird nun durch dieses Gleiten das gewöhnliche Triebrad wirkungslos? Wir sagen ganz gewiss nicht und glauben, dass unter gewissen Umständen, dieses mit der Schraube gekuppelte Rad wirklich, wie Wetli meint, die ganze seiner Adhäsion entsprechende Zugkraft vermittelt, wenigstens dann soviel davon wie ein Triebrad einer gewöhnlichen Locomotive.

Die Triebräder aller gewöhnlichen Locomotiven schleifen oder gleiten und zwar um so stärker, je grösser die zu vermittelnde Zugkraft und die Steigung ist; wie dieses Gleiten der Triebräder mit der Zugkraft zusammenhängt, wissen wir nicht, das ist eben die Frage, auf die wir gerade durch Wetli's Vorschlag hingelenkt worden sind; wir erkennen jetzt, dass unsere gewöhnliche Art der Berechnung

der Zugkraft der Locomotiven aus der Belastung der Triebräder und dem Reibungscoefficienten nichts als eine rohe Annäherung ist und dass man diese Frage weiter studiren, überhaupt von Neuem aufnehmen sollte. Trotz dieses Mangels in unserm Wissen, wissen wir aber doch soviel, dass unsere gewöhnlichen Locomotivtriebräder gleiten und — **doch** ziehen; wir sehen's ja, und daher werden auch die Triebräder bei Wetli's Locomotive ihre Schuldigkeit thun!

Aber selbst den Grenzfall angenommen, die Triebräder wären in Folge des Kuppelns mit der Schraube wirkungslos, so gibt es ja ein ganz einfaches Mittel, die Sache in Ordnung zu bringen, < man kuppelt eben nicht > und dreht das Schraubenrad durch eine besondere Maschine.

Das Gleiten der Triebräder bei gewöhnlichen Locomotiven, (das ohne Zweifel kein Fehler, sondern eine in der Natur der Sache begründete Nothwendigkeit ist), trägt einen namhaften Theil der Schuld an der Abnutzung des Betriebsmaterials und diese Abnutzung wird auch bei Wetli's Maschine nicht ausbleiben. Nehmen wir aber selbst an, diese Abnutzung sei grösser, als sie Wetli annimmt, so kann das in unsern Augen kein Grund sein, den ganzen Vorschlag zu verwerfen. Wenn man Wetli's System beurtheilen soll, muss man nicht aus den Augen lassen, dass es dann in Anwendung kommen soll, wenn uns das gewöhnliche Locomotivsystem bei grossen Zuglasten und starken Steigungen gänzlich verlässt oder wenn dasselbe zu unvortheilhaft im Betriebe wird. Es ist von vornherein eine Ungerechtigkeit bei der Beurtheilung der Sache, wenn man das Wetli'sche Bahnsystem mit einer Bahn vergleicht, die auch in gewöhnlicher Weise noch ganz gut mit Vortheil befahren wird und wenn man ohne Weiteres die hier gemachten Erfahrungen anwendet, um ein Urtheil zu fällen über die Verhältnisse, wie sie sich dort herausstellen werden.

Aber auch die Wetli'sche Locomotive ist nicht so ohne Weiteres mit den Berglocomotiven zu vergleichen. Das Gesamtgewicht der Wetli'schen Maschine ist nur bedingt durch die Verdampfungsfähigkeit des Kessels und durch die Stärke der Maschine, nicht durch die Belastung der Triebaxen, denn was die Triebräder nicht leisten, übernimmt hier das Schraubenrad. Bei den gewöhnlichen Berglocomotiven ist aber beim Locomotivengewicht die Adhäsion der Triebräder das Massgebende.

Der etwaige Einwurf, dass bei Entwicklung grosser Zugkraft auch die Wetli'sche Locomotive ein grosses Gewicht erhält, dass man also auch hier ein grosses todes Gewicht bei starken Steigungen

hinauf heben muss, ist richtig, das gilt aber allen Systemen, die für starke Steigungen in Vorschlag gekommen sind. Die mechanische Arbeit, die wir allein zum Heben der todten Last der Locomotiven bei Bergersteigungen verbrauchen, dürfen wir doch in der That nicht als Arbeitsverlust in Rechnung bringen, mit dem gleichen Rechte müsste man es beim Personen- und Gütertransport als einen Uebelstand und eine mechanische Unvollkommenheit beklagen, dass wir mit den Gütern und Personen zugleich die Eisenbahnwagen als todte Lasten mitzuheben haben!

Mit dem gleichen Rechte müsste man denn schon jetzt bedauern, dass unsere Nachkommen das Fliegen in der Luft wohl kaum anders, als mit Maschinen bewerkstelligen werden; auch da würde es todte Last zu heben geben, denn mit dem blossen Anschlallen von zwei Flügeln macht sich eben die Sache nicht. Mit dem, was wir in der Mechanik und im Maschinenwesen Arbeitsverluste nennen, muss man vorsichtig umgehen; es gibt zahlreiche Fälle, wo wir von Arbeitsverlusten sprechen, die streng genommen keine Verluste sind, sondern wo wir's mit Arbeitsverbrauch zu thun haben, der in der Natur der Sache begründet ist. Wir könnten eine Reihe von Beispielen aus unserm Fache aufführen, um zu zeigen, welche Unklarheiten in dieser Beziehung noch herrschen.

Was speziell den Eisenbahntransport auf Bergen, also starken Neigungen, betrifft, so haben wir allerdings Vorschläge, die todte Last, die sonst von den Locomotiven herkommt, ganz oder fast ganz zu beseitigen; wir meinen das Heben durch Seiltrieb oder durch Druck von Wasser oder comprimierter Luft in Röhren; das sind aber Vorschläge, die im Kleinen hie und da ihre Berechtigung haben, bei solchem Massentransport, wie wir ihn auf Bergbahnen erzielen müssen hört aber deren Anwendbarkeit auf; wir gehen daher auch gar nicht weiter auf diese Frage ein. Wir haben es hier nur mit dem Locomotiventransport auf Eisenbahnen zu thun und hier würde die Ausführung des Wetli'schen Systemes einen Fortschritt bilden, das ist unsere Ueberzeugung. Warum wollen wir also diesen Schritt, der unbedingt ein Vorwärtsschritt ist, nicht thun; warum ihn nicht einmal versuchen?

Das Wetli'sche Bahnsystem.

Eine solide Befestigung der Leitschienen für das Schraubenrad wird Schwierigkeiten bieten, das ist nicht zu leugnen; der Oberbau muss mit grösserer Genauigkeit, als das bei den gewöhnlichen jetzigen Gleisen nöthig ist, montirt werden, da hier gewiss Verschiebungen und gegenseitige Lagenänderungen üble Folgen haben könnten. Es ist ein ungünstiger Umstand, dass diese Leitschienen nicht wie die gewöhnlichen Schienen eine Vertical-Belastung (mit Ausnahme in Bahnkrümmungen), auszuhalten haben, sondern dass hier der Gesamtdruck des Schraubenradzahnes in schräger, nahe horizontaler Richtung gegen die Leitschienen stattfindet; es ist daher möglich, dass man auf besondere Art der Befestigung und Verbindung der einzelnen Theile wird denken müssen und vielleicht verfällt man nicht gleich von Anfang an auf die zweckmässigste Form und Construction dieser Theile des Bahnsystemes. Auf den ersten Moment glaubt man, es sei wegen eines richtigen Eingriffes der Schraube in die Leitschiene eine mathematisch genaue Lagerung der Letztern nothwendig, es wird sich aber hier wie bei unsern gewöhnlichen Zahnradmechanismen verhalten, die auch ganz wohl einen gehörigen Spielraum gestatten und die noch zur Zufriedenheit laufen, wenn selbst oft die zulässigen Grenzen der Abweichungen erreicht erscheinen. Gerade daraufhin haben wir das ältere und neue Modell des Herrn Wetli untersucht und die Ansicht gewonnen, dass man mit den Bedenken in dieser Beziehung leicht übertreiben kann; ebenso zeigt auch das Modell, wie man es schon bei den White'schen Rädern kennt, einen sanften Gang; die Schraube wird sich auch im Grossen ruhig und ohne schädliche Stösse in den Leitschienen fortwälzen, die letzteren müssten denn sehr ungenau gelegt sein. Der Eingriff der Schraube ist doch gewiss zu unterscheiden von dem Eingriffe eines Zahnrades, da bei ersterer gewissermassen Punkt nach Punkt sich an die Schienen legt, während bei letzterem bei jedem Zahnwechsel ganze Flächenstreifen sich neu berühren. Man hat bei der Schraube gewissermassen einen continuirlichen, beim gewöhnlichen Zahnrade mehr einen discontinuirlichen Eingriff. Ueber die hier behandelte Frage, sowie darüber, welchen störenden Einfluss etwaige Ungenauigkeiten in der Schienenlage

habe, können aber erst im grössern Masstabe angestellte Versuche volle Gewissheit verschaffen.

Die Legung und Construction der Leitschienen wird nun allerdings einen wesentlichen Factor bei der Frage der Baukosten bilden und beim Vergleiche der Wetli'schen Bahn mit der gewöhnlichen Bahn hinsichtlich der Rentabilität und der Betriebskosten; doch das ist eine Frage, die in's Gebiet des Ingenieurwesens gehört und über die wir uns eines Urtheiles enthalten; nur möchten wir hier noch hinzufügen, dass, bevor man mit einem festen Urtheile in dieser Hinsicht hervortritt, doch wohl über die Art der Ausführung des ganzen Systems der Leitschienen etwas schon festgestellt sein müsste.

Die Sicherheit des Betriebes

einer Bahn nach Wetli's System scheint uns ausser Zweifel; gewisse Vorsichtsmassregeln werden natürlich auch hier getroffen werden müssen und zwar auch solche, die beim gewöhnlichen Eisenbahnbetrieb nicht vorkommen. Das Einfahren der Locomotive aus der freien Bahn in die Leitschienenbahn (die doch nur bei starken Steigungen liegt) muss sehr langsam und vorsichtig geschehen; man wird daher im Anfange und am Ende nur einfach Haltestellen anzulegen haben, an denen die Einfahrt erfolgt. Ist das Rad zum Heben und Senken eingerichtet, so darf es nicht in Zwischenlagen eingestellt werden können, d. h. es muss entweder ganz gehoben oder ganz gesenkt sein. Bei halber Hebung könnten die Schraubengänge über die Leitschienen weglafen und dadurch ein Entgleisen der Maschine hervorbringen.

Ferner darf während der Fahrt die Schraube sich nicht von den Schienen ablösen, was nämlich möglich ist, wenn der Zug in Folge seiner trägen Masse beim Uebergang von grössern auf kleinere Steigungen vorwärts schießt. Kommt dann wieder eine stärkere Steigung, so kann das Schraubenrad (wegen des grossen Spielraumes zwischen den Leitschienen) zurückschnellen und die Schraubengänge würden mit Heftigkeit gegen die Leitschienen schlagen. Uebrigens wäre diese Erscheinung im Wesentlichen nur zu befürchten, wenn das Schraubenrad nicht mit den Triebrädern gekuppelt ist. Das sind aber alles Dinge, vor denen man sich schützen kann und die

durchaus keine Veranlassung geben können, das ganze System zu verwerfen.

Für die Schnee- und Eisregionen unserer Alpen ist dagegen das Wetli'sche System nicht besser als die andern; die Bahn ist vom Schnee schwieriger rein zu halten, als eine gewöhnliche Eisenbahn, ein Uebelstand, den aber dieses System mit allen andern theilt.

Ueber Ausführung von Versuchen.

Schon in der Einleitung haben wir hervorgehoben und weiterhin wird das aus unserer ganzen Darlegung hervorgetreten sein, dass wir eine nähere Prüfung des Wetli'schen Projektes durch Versuche im grossen Massstab dringend und angelegentlich befürworten; wir würden uns freuen, wenn der hohe schweizerische Bundesrath zum Zweck der Prüfung des neuen Locomotivsystems Herrn Ingenieur Wetli seine Unterstützung angedeihen lassen könnte und wollte.

Wir hoffen umsomehr, dass die höchst achtungswerthen Bestrebungen des Herrn Wetli Unterstützung finden werden und dass man dessen geniale Erfindung wenigstens weiterer Prüfung für werth halten wird, als die erforderlichen Versuche mit verhältnissmässig geringen Opfern verbunden wären. Man lege auf starker Steigung eine Versuchsbahn an und lasse eine Versuchslocomotive construiren, die, um sie billig zu erhalten, ohne Dampfkessel herzustellen wäre. Die Locomotive braucht nur aus einem Rahmen zu bestehen, an welchem die Dampfcylinder befestigt sind und der auf dem Schraubenrade und zwei oder vier damit gekuppelten Rädern liegt; dieser Wagen könnte dann als Last hinter sich eine gewöhnliche Locomotive fortziehen, die nur dazu dient, aus ihrem Dampfkessel die Cylinder auf der Versuchslocomotive mit Dampf zu speisen. Doch das, wie die Sache zu machen wäre, nur nebenbei; ein tüchtiger Constructeur weiss schon selbst, was zu thun wäre.

Die Hauptsache für uns war, das Interesse für die Wetli'sche Erfindung, fast müssen wir es mit Bedauern sagen, von Neuem wach zu rufen. Sollte der Standpunkt, den wir in der Frage einnehmen, Beachtung finden in solcher Art, dass einflussreiche Männer der Schweiz die Sache in bezeichneter Art zu fördern suchen, so würde uns das zur Freude und Genugthuung gereichen. Die Versuche

werden Resultate ergeben, die für die künftige Ausdehnung des Eisenbahnnetzes von höchster Bedeutung werden können. Der Gedanke an künftige wirkliche Ausführung einer Bahn nach Wetli's System braucht nicht immer unmittelbar mit einem der Alpenübergänge in Verbindung gebracht zu werden.

Zürich, im Mai 1869.

Gustav Zeuner.

Georg Veith.

Gutachten

betreffend

Wetli's Lokomotiv-System.

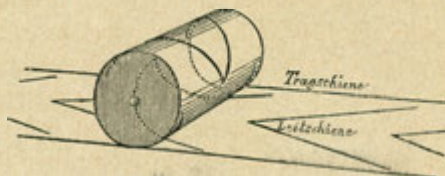
Auf Anordnung des hohen eidgenössischen Bundesrathes hat der Tit. eidgenössische Schulrath eine Commission von Docenten der mechanisch-technischen Abtheilung und der Ingenieurschule des eidgenössischen Polytechnikums ernannt und dieselbe beauftragt, ein Gutachten über das von Herrn Wetli vorgeschlagene Locomotivsystem für Gebirgsbahnen abzugeben. Nach vorhergegangener allgemeiner Berathung, hat diese Commission beschlossen, den Bericht in zwei Abtheilungen vorzubereiten. In der einen sollte dasjenige enthalten sein, was mehr Bezug auf die Maschine, in der andern dasjenige, was mehr Bezug auf den Bau der Bahn hat. Den Entwurf über den letztgenannten Theil hatte Herr Professor Culmann die Güte zu besorgen. Leider zeigte sich aber nach dessen Ausfertigung, dass seine Ansichten von denjenigen der übrigen Mitglieder so sehr abweichen, dass von gemeinsamer Berichterstattung keine Rede sein kann. Die Herren Professoren Zeuner und Veith entschlossen sich desshalb, einen getrennten Bericht für den mechanischen Theil abzugeben. Der Unterzeichnete hat von demselben Einsicht genommen und erklärt sich damit in allen Stücken einverstanden, kann aber für denjenigen Theil, welcher den Bau und Betrieb einer Eisenbahn nach Vorschlag des Herrn Wetli bespricht, mit Herrn Culmann nicht einig gehen. Bei aller Anerkennung der Schwierigkeiten, welche sich bei dem Versuch, das neue System practisch einzuführen, zeigen können, glaube ich, es verdiene dasselbe eine günstigere Beurtheilung, als diejenige,

welche Herr Culmann mit seinen Ansichten verträglich findet. So sehe ich mich genöthigt, indem ich mich mit Bezug auf den mechanischen Theil an den Bericht der Herren Zeuner und Veith anschliesse, für die Abtheilung Bauten und Betrieb ein eigenes Gutachten abzugeben.

Es ist Sache derjenigen Mitglieder der Kommission, welche der mechanisch-technischen Abtheilung angehören, darüber zu entscheiden, ob die Ausführung von Locomotiven nach den Ideen des Herrn Wetli auf practische Schwierigkeiten stossen werde oder nicht. Gestützt auf das Gutachten der Herren Mechaniker setze ich die Ausführbarkeit voraus und habe als Ingenieur lediglich die Einwirkung auf die Bahn zu untersuchen.

1. Das Felgenrad und die Zahnschienen (Leitschienen).

Herr Wetli bringt für die Triebräder eine neue Form in Vorschlag und nennt sie Felgenrad. Auf einer Walze soll ein schraubenförmiger Ansatz angebracht werden, welcher vor eine schief gestellte



Schiene innerhalb dem Bahngeleise passt. Die Schraube entspricht in ihrer Abwicklung einer geraden Linie und es muss demnach auch die Schiene gerade sein. In der Mitte der Walze beginnt ein umgekehrt gewundener Schraubengang, so dass daselbst beide in einer Spitze sich begegnen. Zu diesem umgekehrten Schraubengange passt eine zweite Schiene mit der ersten in der Mitte des Bahngeleises ebenfalls eine Spitze bildend. Man darf die Walze mit einem Zahnrad, die Schienenspitzen mit einer Zahnstange, beide mit schief gestellten Zähnen vergleichen. Nun ist es bekannt, dass man z. B. bei Präcisionsinstrumenten, bei welchen die Bewegungen sicher und sanft durch Zahnräder übertragen werden müssen, die Zähne schief

stellt (White'sche Räder) und dass der Zweck vollständig erreicht wird. Wenn man voraussetzen dürfte, dass die Bahn und die Schienenspitzen, welche ich Leitschienen nennen will, genau die richtige Lage einhalten, so wäre nicht daran zu zweifeln, dass Stösse vermieden würden. Versuche an Modellen bestätigen diese Annahme. Inwiefern es aber möglich ist, bei der Anwendung im Grossen diesen sanften Gang einzuhalten, kann nicht ohne weiters bestimmt werden. Die Erfahrung muss zeigen, wie viel Spielraum nothwendig ist, welche Unregelmässigkeiten unvermeidlich sind, und inwiefern mit anderweitigen Hilfsmitteln die schädliche Einwirkung dieser Ungleichheiten sich beseitigen lassen.

2. Verbindung eines Felgenrades mit gewöhnlichen Triebrädern.

Herr Wetli scheint diese Schwierigkeit als nicht vorhanden zu betrachten, sobald man das Felgenrad mit gewöhnlichen Triebrädern verbindet. In der That bringt er diese Combination in Vorschlag und denkt sich die gewöhnlichen Triebräder allein wirksam, so lange deren Adhäsion ausreicht, und das Felgenrad soll erst dann wirken, wenn das Gleiten hiezu bedeutend genug wird. Dann aber, nimmt er an, werden beide gleichzeitig arbeiten. Letzteres scheint richtig zu sein, sobald man das Verhältniss der Durchmesser so wählt, dass die gewöhnlichen Triebräder am Umfang eine grössere Geschwindigkeit erhalten, als der Fall wäre, wenn dieselben frei rollen müssten. Ob nun aber zweierlei so verschiedenartig construirte Räder auf einer und derselben Achse angebracht oder gekuppelt oder auch getrennt in Bewegung gesetzt, wirklich gleichzeitig arbeiten werden, ob nicht im Gegentheile Schwankungen und Stösse entstehen, weil abwechselnd das Felgenrad und dann das wieder erleichterte Triebrad allein die Arbeit verrichtet? kann nur durch Versuche ausgemittelt werden, welche wohl auch über die Frage entscheiden könnten, ob es zweckmässiger sei, Felgenrad und gewöhnliche Triebräder zu kuppeln oder unabhängig von einander in Bewegung zu setzen, um die Regulirung der gleichzeitigen Wirkung der Einsicht der Maschinisten zu überlassen.

3. Bewegungshindernisse.

Zu den Bewegungshindernissen, welche bei den bisher in Anwendung gekommenen Eisenbahnsystemen sich zeigen und die auch hier in Betracht zu ziehen sind, kommen diejenigen des Felgenrades. Ihre Ursache werden Reibung und Stösse sein. Erstere muss durch zweckmässige Form der Schraubenfelgen und Leitschienen möglichst vermindert werden. Diese zweckmässige Gestalt wird sich am allerleichtesten und sichersten auf dem Erfahrungswege ausmitteln lassen. Es werden sich wohl kaum in dieser Beziehung erhebliche Schwierigkeiten zeigen.

Dass die schiefe Stellung der Leitschienen wohl geeignet ist, die Stärke der Stösse zu vermindern, wurde schon angedeutet; die Wirksamkeit der gewöhnlichen Triebräder kann ebenfalls zu deren Milderung beitragen. Wenn die Lage der Leitschienen beim Gebrauch sich erheblich verändert, so werden die Anschläge um so bedeutender. Nur durch Versuche kann ausgemittelt werden, in welchem Masse diese verschiedenartigen Wirkungen einander aufheben, und der Erfolg wird wesentlich von der Festigkeit des Oberbaues der Bahn abhängig sein.

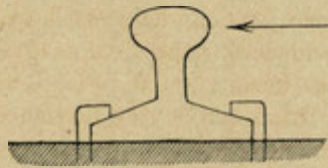
4. Gefahr des Entgleisens.

Durch den Druck des Felgenrades an die schief gestellten Seitenflächen der Leitschienen, könnte dasselbe herausgehoben werden; allein um dieses zu verhindern, genügt ein ganz geringer senkrechter Druck, welcher weitaus kleiner ist als das Gewicht der Maschine. Herr Wetli hat diesen Druck durch eine Rechnung bestimmt, welche bei genauerer Feststellung der Form der Schraubenfelgen und der Leitschienen keine erheblichen Modificationen erleiden wird. In dieser Richtung droht keine Gefahr. Bei den Steigungen, die Herr Wetli zu überwinden vorschlägt, wird, sofern die Bahn richtig liegt, das Eingreifen der Felgen ohne gefährlichen Stoss stattfinden, denn es muss infolge langsamen Gleitens der gewöhnlichen Triebräder auf den Tragschienen geschehen. Der Stoss hiebei kann ein Bewegungshinderniss sein, wird aber schwerlich je so bedeutend, dass eine Entgleisung zu befürchten ist. Gefahrbringende Veränderungen des Oberbaues sollten wohl zu vermeiden sein, doch ist auch das eine Frage

deren Lösung allein der Erfahrung anheimzustellen ist. Ebenso muss man das Maximum der zulässigen Fahrgeschwindigkeit durch Versuche ausmitteln. Bei denjenigen Geschwindigkeiten, die Herr Wetli vorschlägt, sind schwerlich Entgleisungen zu befürchten; sie scheinen klein genug, um gefahrbringende Schwankungen und Stösse zu vermeiden.

5. Oberbau der Bahn.

Bekanntlich können bei starken Steigungen schon die gewöhnlichen Tragschienen leichter aus ihrer Lage kommen als in der Ebene und es wird deshalb nothwendig, die Unterhaltung des Oberbaues mit besonderer Sorgfalt zu besorgen. Das Gleiche gilt für die starken Steigungen, welche Herr Wetli anwenden wird, in vermehrtem Masse schon für die gewöhnlichen Tragschienen. Dazu kommt aber noch die Schwierigkeit des Einbringens der Leitschienen und die Nothwendigkeit, dieselben gegenüber den Tragschienen und die einzelnen Spitzen unter sich in gleicher Lage zu erhalten. Schon früher wurde nachgewiesen, dass der Erfolg des vorgeschlagenen Systems von der Frage abhängt, ob es möglich sei, erhebliche Veränderungen dieser Art zu vermeiden. Mit besondern Schwierigkeiten wird die Befestigung der Leitschienen verbunden sein. Dieselben sind einem horizontalen Druck ausgesetzt, welcher das Bestreben hätte, sie umzuwerfen oder die Nägel abzuschneiden, wollte man einfach Schienen



in bisher üblicher Form auf den Schwellen befestigen. Das Material könnte nicht widerstehen und es müssen demnach andere Befestigungsmittel und eine andere Schienenform angewendet werden. Hierüber bestimmte Vorschläge zu machen, kann nicht unsere Aufgabe sein, wohl aber ist es am Platze, über die Bedingungen, denen zu entsprechen zweckmässig ist, einige Worte zu sagen. Der Gedanke liegt wohl nahe, den ganzen Oberbau auf festen Eisen- oder Stahl-

platten anzubringen; allein diese Form würde eine förmliche Untermauerung oder einen sehr widerstandsfähigen hölzernen Unterbau nothwendig machen; denn zu gehöriger Befestigung und Unterhaltung einer Kiesunterlage wäre das Ganze zu breit. Abgesehen von den sehr bedeutenden Kosten würde eine derartige Anlage schon wegen den Schwierigkeiten beim Auswechseln kaum zu empfehlen sein. Folgenden Bedingungen sollte entsprochen werden:

- a. Möglichkeit, den Oberbau in eine Kieslage zu setzen.
- b. Solide Verbindung der Leit- und Tragschienen vermittelt eiserner Rahmen.
- c. Anordnung der unter b genannten Rahmen, welche das Unterkrampen ermöglicht.
- d. Möglichkeit, die beschädigten Stücke in Unterabtheilungen auszuwechseln.

Bei den kleinen Fahrgeschwindigkeiten, welche die starken Steigungen nothwendig machen, fallen die Bedenken, welche man gegen den Ausschluss des Holzes beim Oberbau hat, dahin.

Die Leitschienen muss man möglichst niedrig und möglichst breit machen und die Querschwellen der Unterlagrahmen so formen, dass sie von den Leit- und Tragschienen je die vier entsprechenden Punkte gegen den senkrechten Druck unterstützen und die Leitschienen ausserdem in der regelmässigen Entfernung auseinander spannen.

Es muss zugegeben werden, dass hiemit viel auf einmal verlangt wird, umgekehrt aber auch, dass von der Erfüllung dieser Bedingungen der Erfolg des vorgeschlagenen Systems wesentlich abhängig ist. Wenn auch schwierig, so sollte es doch nicht unmöglich sein, den Oberbau so zu construiren, dass er die nöthige Widerstandsfähigkeit in allen Richtungen besitzt.

6. Baukosten.

Herr Wetli hat zur Vergleichung der Baukosten, nach gleichen Grundlagen wie es bei den bisherigen Projekten geschehen ist, für eine 2spurige Gotthardbahn nach seinem System einen Entwurf ausgearbeitet. Seine detaillirte Rechnung, die nicht vorliegt, ergibt im

Ganzen ohne Kapitalzinsen für die Bauzeit . . . Fr. 75,660,580
 Hiebei sind > 10,000,000

für einen 4,8 Kilometer langen Gotthardtunnel inbegriffen. Es bleiben demnach für 84 Kilometer offene Bahn Fr. 65,660,580
 oder in runder Zahl Fr. 782,000 per Kilometer der offenen Bahn.

Hiemit vergleicht er die Baukosten für eine Bahn mit 25^{0/00} Maximalsteigung und einem Alpentunnel von 14,9 Kilometer Länge.

Die Länge der offenen Bahn (kleinere Tunnel inbegriffen) beträgt 75,4 Kilometer.

Die Gesamtbaukosten ohne Kapitalzinsen während der Bauzeit betragen Fr. 125,890,767
 Davon fallen auf den Alpentunnel > 68,028,000
 Bleiben für die offene Bahn Fr. 57,862,767
 oder in runder Zahl Fr. 767,000 per Kilometer.

Er nimmt demnach, abgesehen von den grossen Tunnelbauten für sein Projekt Fr. 15,000 per Kilometer mehr in Anspruch, als für eine Bahn nach bisherigem System nothwendig wäre.

Ohne detaillirte Projekte ist es geradezu unmöglich, zu bestimmen, ob diese Summe ausreicht oder nicht, dagegen darf man wohl die Vermuthung aussprechen, dass Herr Wetli im richtigen Verhältniss gerechnet habe, wenn man folgendes bedenkt:

- a. es müssen nicht auf der ganzen offenen Strecke Leitschienen gelegt werden, circa 22 Kilometer bedürfen derselben nicht, weil sie, als Fortsetzungen der Thalbahnen, mit geringern Gefällen zu bauen sind.
- b. Wollte man mit schwachen Gefällen den Gotthard überschreiten, so müsste die Entwicklung der Bahn an verschiedenen Stellen unter ganz schwierigen Verhältnissen gesucht werden. Die Hindernisse können nur mit kostspieligen Bauten überwunden werden, welche zu umgehen sind, wenn man mit stärkern Steigungen den Berg hinauf gelangt.

Dass in letztgenannter Beziehung ganz erhebliche Ersparnisse erzielt werden, liegt ausser Zweifel; aber nur an der Hand von sorgfältig ausgearbeiteten Plänen ist es möglich, deren Mass zu bestimmen.

Zu Ungunsten von Herrn Wetli's System spricht dagegen der Umstand, dass der Schnee demselben mehr Hinderniss bietet als bei Anwendung von Lokomotiven nach bisheriger Construction. Man wird fleissiger reinigen und auf grössere Strecken die Bahn eindecken müssen. Wenn nun auch Letzteres einen Theil der Ersparnisse wegnimmt, so darf immer noch eine genügende Kostendifferenz in Aussicht genommen werden, welche die Vermuthung rechtfertigt, dass es möglich sei, mit Hülfe derselben und mit den Fr. 15,000 per Kilometer der offenen Bahn, die Kosten für die Leitschienen und deren Unterbau zu decken.

7. Unterhaltungskosten.

Wenn man schon bei der Ausmittlung der Baukosten bei der Vermuthung stehen bleiben muss, weil nur durch Versuche das Nähere über ein Oberbausystem nach Wetli'schen Ideen festgesetzt werden kann, und diese Proben einstweilen noch mangeln, so wird es noch viel schwieriger sein, über die Unterhaltungskosten der Bahn Bestimmtes mitzuthemen.

Gegenüber den bisherigen Systemen fallen nachbenannte Aenderungen in Betracht.

- a. Schwierigkeiten, bei der Consolidirung der Kiesunterlage,
- b. verschiedenartige Inanspruchnahme der Schienen.

Wie bei der Erstellung der Bahn so wird auch bei der Unterhaltung die Befestigung des Oberbaues grössere Schwierigkeiten bereiten, weil die Leitschienen und ihre Befestigungsmittel das Unterkrampen erschweren, und gleichzeitig wird grössere Festigkeit nothwendig. Ich habe früher angedeutet, dass es möglich sein sollte, Mittel zu finden, um diese Schwierigkeiten zu überwinden; allein mit grössern Kosten wird dieser Theil der Bahnunterhaltung unbedingt verbunden sein. Herr Wetli setzt hiefür mit 800 Fr. per Kilometer per Jahr das Doppelte wie für eine Bahn in der Ebene an. Mir scheint, es sollte damit ausreichen.

Schwieriger ist es, die Verschiedenheiten bei der Inanspruchnahme der Schienen auszumitteln. Herr Wetli geht hiebei von der ganz richtigen Ansicht aus, dass die Tragschienen mehr durch das Gleiten

der Triebräder als durch das Rollen der andern Räder des Zuges leiden. Durch das Felgenrad glaubt er dieses Gleiten fast ganz vermeiden zu können und diese Voraussetzung bringt ihn zu sehr günstigen Resultaten. Er rechnet für die Erneuerungskosten der Schienen per Kilometer per Jahr

a.	für die Thalbahn	Fr.	800
b.	> > Gebirgsbahn mit $25^0/00$ Steigung	>	3200
c.	> > > > $40^0/00$ >	>	500
d.	> > > > $70^0/00$ >	>	600

Es wird, wie ich schon früher bemerkte, nur durch Versuche im Grossen möglich sein, zu bestimmen, in wie weit das Felgenrad im Stande sei, das Gleiten zu verhindern; denn nur bei ganz übereinstimmender Wirkung kann dieser günstige Fall eintreten. Fehlt aber diese Uebereinstimmung, sei es in Folge unregelmässigen Ganges der Maschine, wenn es möglich ist, dass abwechselnd das Eelgenrad und die Triebräder die ganze Last ziehen, oder wenn nicht zu vermeidende Aenderungen in der Lage der Schienen eingetreten sind, dann ist das Gleiten nicht zu vermeiden; selbst Stösse können sich unter Umständen bemerklich machen. Dazu kommt, dass die Leitschienen gegenüber dem nahezu horizontalen Druck dem sie ausgesetzt sind, geringern Widerstand leisten werden als die Tragschienen, welche dem verticalen Druck gegenüber durch ihr festes Auflager vollständig gesichert sind und auch dem Zug der Locomotive in ihrer Längenrichtung leicht widerstehen. Es folgt daraus, dass einerseits die Tragschienen, obwohl durch das Felgenrad erleichtert, doch nicht ganz gegen das Gleiten gesichert werden, und dass andererseits die Leitschienen Erschütterungen ausgesetzt sind, welche deren Abnutzung befördern. Hierüber Berechnungen anzustellen, ist unmöglich, weil die Grundlagen gänzlich fehlen und nur durch direkte Versuche festzustellen sind.

Es ist wohl willkürlich, wenn ich annehme, es werden die Erneuerungskosten für den eisernen Oberbau bei 40 und $70^0/00$ Steigung durchschnittlich doppelt so gross sein wie an der Thalbahn und es seien in den betreffenden Tabellen statt Fr. 500 und Fr. 600 je Fr. 1600 anzusetzen, doch glaube ich hiemit der Wahrheit näher zu kommen, als Herr Wetli.

Ganz unzulässig ist die Vergleichung der Leitschienen nach Herrn Wetli's System mit Kreuzungen in Bahnhöfen. Letztere leiden hauptsächlich durch die vielen darüber rollenden Räder und die Stösse,

welche sie dabei erhalten. Während dem hier die sämtlichen Räder einer Seite des darüber fahrenden Zuges zur Abnutzung beitragen, kommt unter gleichen Verhältnissen das Felgenreid nur einmal mit der Wetli'schen Leitschiene in Berührung. Diese einfache Inanspruchnahme gegenüber den Tragschienen, welche nebst dem Gleiten der Triebräder noch dem Rollen aller übrigen Räder des Zuges ausgesetzt sind, rechtfertigt wohl meine Voraussetzung, dass die Leitschienen nicht stärker abgenutzt werden als die Tragschienen.

8. Der Bahnbetrieb.

Ob es möglich sein wird, den Betrieb so zu organisiren, wie von Herrn Wetli vorgeschlagen wird, muss den Versuchen anheimgestellt werden. Namentlich wird es sich fragen, ob der Bahnbau solid genug hergestellt werden kann, um Züge von der angenommenen Grösse mit der angegebenen Fahrgeschwindigkeit mit Sicherheit zu bewegen. Ich glaube an die Möglichkeit, und habe, diese vorausgesetzt, gegen die Rechnung des Herrn Wetli Nichts einzuwenden, immerhin mit der Bemerkung, die ich auch hier wiederhole, dass in mancher Beziehung die Vermuthung aushelfen muss, da wo die Grundlage nur durch Versuche, die noch fehlen, zu gewinnen ist.

Obwohl die Rechnungsergebnisse noch unsicher bleiben, so sind sie doch der Art, dass sie zu weiteren Untersuchungen ermuthigen, denn es finden sich, nach meiner Ansicht, in den Grundlagen keine Annahmen, welche man von vorneherein als unwahrscheinlich erklären dürfte. Kleinere Modifikationen, wie die oben besprochene, muthmasslich nothwendig werdende Erhöhung des Ansatzes für die Unterhaltung des Oberbaues, üben auf die Resultate im grossen Ganzen keinen Einfluss aus. Wenn es möglich wäre, als Grundlage für die Berechnung der Betriebskosten Erfahrungsergebnisse zu gewinnen und es würden dabei die Ansätze des Herrn Wetli auch nur annähernd bestätigt, so steht ausser Zweifel, dass unter vielfachen Verhältnissen sein System mit Vortheil angewendet werden könnte. Seine Konkurrenzfähigkeit mit den bisher in Ausführung gekommenen Eisenbahnsystemen müsste in jedem einzelnen Falle, an der Hand sorgfältig ausgearbeiteter Projekte mit vergleichender Vorausberechnung der muthmasslichen Betriebsergebnisse untersucht werden. Bei diesem

Vorgehen würde sich z. B. bei Betrachtung von Alpenübergängen leicht entscheiden lassen, ob es vortheilhafter wäre, eine Bahn nach bisherigem System mit langem Tunnel, oder eine Bahn nach Wetli's System mit höher gelegenem Bergübergang zu bauen, oder endlich, ob es nicht zweckmässig sein könnte, mit dem tiefer gelegenen Uebergang, welcher einen langen Tunnel erfordert, das System des Herrn Wetli zu verbinden. Dass bei diesen Berechnungen die Capitalzinse, allfällige zinsfreie Unterstützungen, die je nach Umständen dem einen oder andern Projekte zukommen können, mit in Berechnung fallen, und sogar den Ausschlag geben können, versteht sich von selbst. Derartige Combinationen fallen aber hier ausser Betracht, und es ist daher überflüssig, jetzt schon den Gotthardübergang in dieser Beziehung näher zu besprechen.

Schlussfolgerungen.

1. Bei einfacher Betrachtung des Projektes des Herrn Wetli überzeugt man sich, dass er in sinnreicher Weise die Schwierigkeiten des Lokomotivbetriebes an starken Steigungen zu überwinden sucht. Ich habe die Ueberzeugung, und die Versuche an Modellen bestätigen diese Ansicht, dass das System ausführbar ist, wenn man annehmen darf, es lasse sich eine hierzu geeignete Maschine construiren und es sei möglich, der Bahn genügende Festigkeit zu geben, um beim Gebrauch der Schienenlage die genügende Genauigkeit zu sichern.
2. Die Ausführbarkeit der Maschine wird von den Herren Experten der mechanisch-technischen Abtheilung zugegeben.
3. Ich halte es für möglich, die Bahn genügend zu befestigen. Dagegen ist es unmöglich, sich über diesen Punkt mit Gewissheit auszusprechen. Nur durch Versuche im Grossen lässt sich die Frage definitiv erledigen.
4. Dieselben Versuche müssen auch über die zweckmässigste Form der Schienen und der Befestigungsmittel entscheiden.
5. Ebenso kann die Stärke der Abnutzung der Schienen und der Befestigungsmittel nur durch direkte Beobachtung bestimmt werden. Dabei ist es nothwendig, die grössten Lasten auszumitteln, welche mit Vorthail, das heisst, mit genügender

Sicherheit für den Verkehr und ohne die Widerstandsfähigkeit der Bahn unverhältnissmässig in Anspruch zu nehmen, der Locomotive angehängt werden dürfen.

6. Die hiemit gewonnenen Resultate können dann als Grundlage dienen, um die Betriebskosten festzustellen, indem sie die Mittel an die Hand geben, um die muthmasslichen Baukosten, die jährlichen Reparaturen, die Eintheilung der Züge u. s. f. zu bestimmen.
7. Bis jetzt fehlt zur Vergleichung mit dem bisher mit stärkern Steigungen (in der Regel 25 bis 26^o/₁₀₀) in Anwendung gekommenen Eisenbahnsystem eine sichere Grundlage und es kann eine solche ebenfalls nur durch direkte Versuche gewonnen werden.

Aus Allem geht hervor, dass wir hier mit einer Sache zu thun haben, deren Werth unmöglich durch theoretische Betrachtungen endgültig festzustellen ist; dass aber die Gedanken des Herrn Wetli aller Beachtung werth sind, steht ausser Zweifel. Ich bin überzeugt, dass sich für die erforderlichen Versuche im Grossen, wären dieselben Ideen in England oder Amerika zu Tage getreten, leicht Mittel finden würden. Wenn auch diese Proben misslingen können und günstige Resultate keineswegs mit Sicherheit versprochen werden dürfen, so wäre dagegen im Fall des Gelingens, gerade für unser Land, die Sache von so hoher Bedeutung, dass auch nur die entfernteste Möglichkeit des Erfolges dazu einladen sollte, Opfer zu bringen, um die geistreichen Vorschläge des Herrn Wetli einer weitem Prüfung durch ausgedehnte Versuche zu unterwerfen.

Zürich, den 1. Juni 1869.

Karl Pestalozzi.

Gutachten

über

Wetli's Lokomotivsystem für Gebirgsbahnen,

von

Prof. Culmann.

1. Das Princip des Wetli'schen Systems.

Aus der Schrift des Herrn Wetli: «Grundzüge eines neuen Lokomotivsystems für Gebirgsbahnen, mit Bezugnahme auf die schweizerische Alpenbahnfrage», die uns zur Begutachtung übersendet worden ist, geht hervor, dass Herr Wetli durch Anwendung einer Verzahnung, in welche das Triebrad seiner Lokomotive eingreifen soll, sich von der Adhäsion der gewöhnlichen Triebräder an die Schienen unabhängig machen will, wie es schon öfters durch Anlage einer gezahnten Stange zwischen den Schienen versucht worden ist.

Statt einer gezahnten Stange aber wendet Herr Wetli zwei Schienen an, welche in der Mitte einen spitzen Winkel mit einander bilden und dann nahezu die ganze Breite zwischen den beiden Schienenstangen einnehmen. Eben so breit ist auch die Walze, welche das Triebrad bildet; auf ihrem Mantel befinden sich Erhöhungen, die Herr Wetli Felgen nennt, welche beim Aufrollen genau an die Zahnschienen passen und durch welche daher die Verzahnung

bewirkt wird, wie die folgende Skizze des Oberbaues mit dem Trieb-
rad oder dem Felgenrede es zeigt.

Felgenrede.



Vor einer gewöhnlichen Verzahnung hat es die Vortheile der schiefen Zähne voraus; auch in der Mechanik werden schiefe Zähne angewendet, wo besondere Genauigkeit erforderlich ist, z. B. bei Präzisionsapparaten, bei Maschinen, die einen besonders sanften Gang haben sollen, und bei solchen, bei denen es von Wichtigkeit ist, die Reibung auf ein Minimum zu reduzieren. Diese Vortheile entspringen dem Umstand, dass immer an einer Stelle der schiefen Zahnschiene die eingreifende Felge mit voller Brust ansteht, d. h. in der mechanisch vortheilhaftesten Lage sich befindet, in welcher die Kraft am vollständigsten und mit dem Minimum von Reibung übertragen wird.

Gewöhnlich begnügt man sich in der Mechanik damit, die Zähne so schief zu stellen, dass die eine Seite um einen oder zwei Gänge der andern voraus steht. Herr Wetli hat seine Zahnschiene noch viel schiefer gestellt und dadurch den Vortheil erreicht, einen viel grössern Gang zu erhalten. Der Gang oder die Entfernung der Zahnschienen beträgt bei Herrn Wetli 1,60 Meter, während bei frühern Zahnanlagen derselbe 0,15 bis 0,30 Meter betrug.

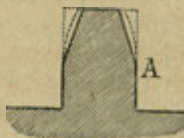
Bei Wetli's System wird demnach jener Stoss, der bei dem Uebergang von einer Schiene zur andern noch stattfindet, trotzdem dass er an Intensität dadurch verloren hat, dass das Felgenrede die vorausgehenden Zahnschienen noch nicht verlassen hat, wenn es die nächste angreift, 5 bis 6 mal weniger oft erfolgen, als wie bei gewöhnlichen Verzahnungen.

Endlich wird durch die Spitze der Zahnschienen, oder vielmehr dadurch, dass die Felgen jederzeit zwei gegen einander geneigte Schienen berühren müssen, das Felgenrede genau in der Mitte der Bahn gehalten, und auch so noch mehr zum ruhigen, stätigen Gang der Lokomotive beigetragen.

Wir glauben daher hier behaupten zu können, die Wetli'sche Verzahnung stehe auf der Stufe der vollkommensten, die bis jetzt ersonnen und ausgeführt

worden sind. Die Modifikationen betreffend den langen Gang und die Spitze der Zahnschienen in der Mitte sind äusserst sinnreich und machen das System noch geeigneter für Eisenbahnzwecke.

Mit dem Querschnitt der Zahnschiene und der Felge sind wir nicht ganz einverstanden. Man wird bei der Brust A der Zähne



keine Kante anbringen können, die sich auch ohnedies in der Praxis nicht erhalten könnte, weil diese Kante den ganzen Druck der Triebräder zu übermitteln hätte und sich daher bald abstumpfen müsste. Wie allen Zähnen in der Praxis, müsste man auch diesen die Form irgend einer Evolvende oder Cycloide geben, wie es durch die punktirte Linie angedeutet ist.

Geschieht aber dies, so modifiziren sich die Rechnungen von Seite 5 bis 20, die zum Theil auf der Conicität der Felgen und Zahnschienen beruhen. Manche der dort berechneten Resultate werden sich vielleicht noch günstiger gestalten, z. B. das Gewicht, das nothwendig ist, um das Triebrad auf die Schienen niederzudrücken, wird theoretisch (nicht aber in der Praxis) = 0 sein. Die Rechnungen, welche sich auf die unrichtige Lage der Schienen, auf den Spielraum zwischen denselben beziehen, werden sich nicht ungünstiger gestalten.

Dagegen sind wir mit den Rechnungen nicht einverstanden, welche sich auf die Combination der beiden Arten von Triebrädern, des Felgenrades mit dem gewöhnlichen Triebrade, beziehen. Herr Wetli glaubt, dass die Wirkung der Felgenräder in Verbindung mit gewöhnlichen Triebrädern nur eine regulirende in dem Sinn zu sein brauche, dass jene Kraft auszuüben haben, welche von den gewöhnlichen Triebrädern wegen Mangels an Adhäsion nicht ausgeübt werden kann. Um hierauf Rechnungen gründen zu können, müssten die Gesetze des Schleifens gekuppelter Triebräder, deren Durchmesser nicht genau gleich gross sind, genauer bekannt sein, als sie es sind.

Denken wir uns, alle Räder eines Zuges, die Triebräder mit inbegriffen, haben gleiche Durchmesser, dann werden erfahrungsgemäss, ohne dass ein Schleudern der Triebräder zu bemerken wäre, diese

auf gleicher Strecke mehr Umdrehungen machen, als die übrigen Räder. Sie legen also einen grössern Weg zurück, als den Weg, den die andern Räder des Zuges zurücklegen; sie sind durch die angehängte Last rückwärts geschleift worden. Dieses Rückwärtschleifen ist nun offenbar eine (uns noch unbekannt) Funktion der Zugkraft und der Belastung der Triebräder; mithin ist auch umgekehrt die von Triebrädern ausgeübte Zugkraft eine Funktion jenes Rückwärtsschleifens und der Belastung.

Folgen dieses Satzes sind:

- 1) Haben die Durchmesser zweier Paare gekuppelter Triebräder genau gleiche Durchmesser und sind sie gleich belastet, so werden sie an der Spitze eines Zuges gleich viel ziehen.
- 2) Sind die Durchmesser nicht gleich gross, so wird, wenn die Umgangsdifferenz kleiner als das Rückwärtschleifen beträgt, das grössere Rad mehr Zugkraft ausüben als das kleinere.
- 3) Ist die Umgangsdifferenz gleich dem Rückwärtsschleifen, so wird das grössere Rad alle Zugkraft allein ausüben und das kleinere leer mitrollen.
- 4) Ist jene Differenz noch grösser, so wird das kleinere Rad einen grössern Weg zurücklegen müssen, als es leer mitrollend zurücklegen würde; es wird also vom grössern Rad ein Stück vorwärts geschleift werden, wenn die Adhäsion dieses letztern hiezu genügt.
- 5) Genügt aber die Adhäsion hiezu nicht, so wird das grössere Rad beständig an den Schienen gleiten, und die kleinern Triebräder werden ohne zu gleiten, sondern nur schleifend so vorwärts schreiten, als ob die Zugkraft um die das Gleiten der grossen Räder bewirkende Kraft vermindert wäre.

Auf Grund obiger Auseinandersetzungen glauben wir nicht, dass die Triebräder nur als Ergänzung der gewöhnlichen Räder betrachtet werden dürfen, sondern dass sie jederzeit, sobald sie in Funktion treten, die volle ganze Zugkraft zu übertragen haben.

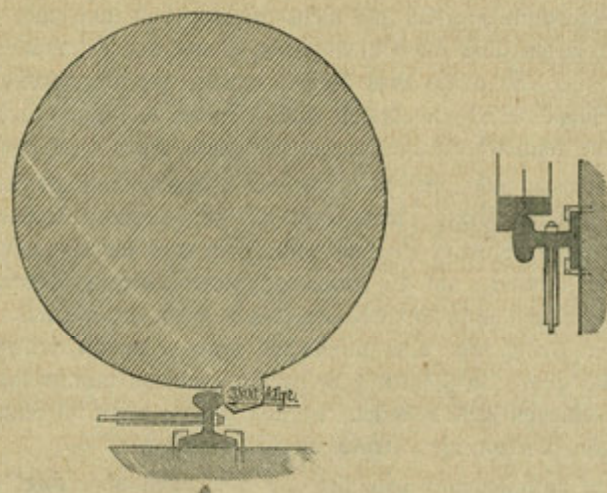
In der Formel (3) Seite 3 und in allen Folgenden wird daher W auf w zu beschränken sein. Das Minimum des Zuges, den Herr Wetli durch die Felgenräder übertragen will, nimmt er zu 3800 Kilogramm an. Er entspricht bei der Conicität der Felgen einem Normaldruck von 5000 Kilogramm, wird aber bei zweckmässiger geschweifter Form der Felgen etwas geringer werden.

Wir finden diesen Druck, in Berücksichtigung, dass er die Schienen horizontal angreift und sie nicht senkrecht belastet, worauf wir später noch einmal bei Besprechung des Unterbaues zurückkommen werden, enorm gross. Allein, die Möglichkeit zugegeben, wird das Maximum von W zu 7600 Kilogramm anzunehmen sein, für zwei Lokomotiven.

Mit den Rechnungen der Widerstände auf Seite 31 sind wir einverstanden, es ist aber dann auf Seite 32 (Nr. 127) das W auf die Geschwindigkeiten über 15 Kilometer zu beschränken und in der Tafel (131) S. 34 stellt dann das Mittel der Zuggewichte bei den Geschwindigkeiten von 14 und 16 Tonnen das Maximum der Lasten dar, die fortbewegt werden können.

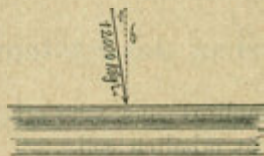
Der Oberbau des Systems Wetli.

Dieser ist sehr kompliziert und schwierig auszuführen, wenn er die nothwendige Solidität erhalten soll.



Jetzt sind die Schienen, welche durch die darüber wegrollenden Triebräder nur nahezu senkrecht belastet sind, schon mit ihrer vollen Widerstandsfähigkeit in Anspruch genommen, und es ist jedem Tech-

niker klar, dass sie nicht mehr im Stande wären, den darüber weggehenden Lasten zu widerstehen, wenn man sie flach auf die Schwellen legen würde, und noch viel ungünstiger würde ihre Lage sein, wenn sie mit Nägeln an eine Wand vorstehend befestigt wären, und nun Züge darauf laufen sollten. Genau in derselben Lage befinden sich die Schienen, in welche die Felgenreäder greifen sollen, wie obige Skizzen zeigen. Die Lage, in welcher die gewöhnlichen Schienen den Kraftäusserungen der Triebräder zu widerstehen haben, ist ebenfalls eine ganz andere, denn die horizontale Kraftäusserung der Triebräder setzt sich mit dem 6 bis 7 mal grössern verticalen Druck derselben zusammen und kann daher in der Längenrichtung der Schienen höchstens um $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{7}$ von der Verticalen in der Längenrichtung der Schienen abweichen. Diese Kraft nimmt daher, weil die Reibung der Schienen auf den Schwellen nahezu ebenso gross



ist, die Befestigungsmittel gar nicht in Anspruch und nur so lässt es sich erklären, dass die Schienen dem Zuzug der Triebräder widerstehen können, denn die zwei Nägel, welche bei den Stossschwellen in der Schienenwand eingelassen sind, könnten es nimmermehr. Wir denken uns demnach die Befestigung der Zahnschienen sehr schwierig.

Sie müssen möglichst niedrig gemacht werden, damit der Hebelarm, an dem die Kraft wirkt, nicht zu lang werde. Sie müssen auf starken Platten befestigt werden, welche an und für sich hinlänglich stark sein müssen, um die Kraft auf die Schwellen übertragen zu können. Endlich müssen diese Platten sehr lang gemacht werden, um diesen Druck auf eine möglichst grosse Anzahl Schwellen zu vertheilen, denn die 3 oder 4 Schwellen, welche unmittelbar unter den Zahnschienen sich befinden, werden gewiss nicht im Stande sein, dem grossen horizontalen Druck zu widerstehen.

Jedem merklichen Nachgeben der Schwellen aber folgt ein heftiger Stoss bei der nur etwas zu entfernten nächsten Zahnschiene. Folge dieser Stösse werden häufige Beschädigungen der Zahnschienen, häufige Auswechslungen und mithin bedeutende Reparaturkosten sein.

Bei dem System Wetli wird die Bahn besser in Ordnung gehalten werden müssen als bei dem gewöhnlichen System, denn die Genauigkeit des Eingreifens des Triebapparates hängt einzig von der richtigen gegenseitigen Lage des Oberbaues ab. Auf gewöhnlichen Bahnen finden sich mitunter Abweichungen der Schienen von 2 Centimeter von ihrer natürlichen Lage; so bedeutende Abweichungen dürfen bei dem System Wetli nicht stattfinden; es muss daher bei diesem System weit häufiger justirt werden als bei den gewöhnlichen. Dieses Justiren ist aber viel schwieriger wegen der Bedeckung des Zahnschienenraumes der Schienen mit den Zahnschienen. Das Unterkrampen wird nur ausserhalb des Geleises möglich sein, wenn man die Zahnschiene nicht abheben will. Es wird aber Fälle geben, wo dieses Abheben geschehen muss, dann wird man Mühe haben, diese Arbeit innerhalb der Zwischenzeit zweier Züge zu vollenden.

Herr Wetli glaubt, die Zahnschienen würden, weil sie nur der rollenden Bewegung ausgesetzt sind, so lange halten, als eine gewöhnliche Schiene, d. h. 15 bis 16 Jahre. — Damit die Züge so glatt als in dem Model über die Schienen laufen, müssten diese starr mit einem Fundament verbunden sein, wie alle Maschinenunterlagen; da aber dieses Fundiren nicht möglich ist, weil es die Anlagekosten ausserordentlich erhöhen würde, so muss man sich auf einen Gang der Wagen gefasst machen, wie er auf jeder Eisenbahn beobachtet werden kann. Bei einem solchen unregelmässigen Gang werden aber die Zahnschienen mehr als alle andern Schienen zu leiden haben, weil bei einer ungleichen Entfernung derselben die Felgen des Tribrades mit einer Kraft von 3800 Kilogramm daran stossen. Sie befinden sich in einer ebenso ausgesetzten Lage, als wie die Kreuzungen auf einem Bahnhofe. Diese dauern an den befahrenern Stellen der grossen Bahnhofe nicht länger als 2 Jahre, trotzdem dass man die Herzstücke von Stahl anfertigt; das Auswechseln derselben ist aber immer eine schwierige, missliche Sache.

Und jetzt hat man hier eine ganze fortlaufende Reihe solcher Konstruktionstheile, bei dem Gotthardprojekt deren nicht weniger als ca. 43,000 Stücke. Wenn diese jetzt auch 6 Jahre, d. h. etwa 2190 Tage statt 2 Jahre, wie hier auf dem Bahnhof Zürich, lang halten, wird man jeden Tag deren 20 auszuwechseln haben; wird diese Auswechslung jederzeit ohne Störung des Betriebes vollbracht werden können?

Die Unterhaltungskosten.

Die Unterhaltungskosten eines so complizirten und auf so ungünstige Weise in Anspruch genommenen Systems denken wir uns ungemein gross. Dagegen glaubt Herr Wetli sie ganz vernachlässigen zu dürfen und setzt Hunderte von Franken für die jährlichen Unterhaltungskosten eines Kilometers bei 40 und 70 ‰ Steigung ein, während er Tausende bei 25 ‰ einsetzt. Wenn wir auch zugeben, es werde infolge dessen, dass die Uebertragung der Kraft nicht mehr durch die gewöhnlichen Schienen, sondern durch die Zahnschienen bewirkt werden, die Abnutzung jener nicht mehr als 500 und 600 Franken pro Jahr und Kilometer betragen, so muss doch hiezu noch die Abnutzung der Zahnschienen selbst addirt werden. Auf Seite 54 und 55 ist Herr Wetli von dem Prinzip ausgegangen, die Abnutzung sei der von der Locomotive übertragenen Arbeit proportional, und wir wollen jetzt nur mit wenig Zahlen zeigen, wie sich die Unterhaltungskosten gestalten, wenn diese Proportionalität der Abnutzung auf die der Zahnschienen übertragen wird.

Die Annahme einer geringeren Abnutzung wäre vielleicht gerechtfertigt, wenn das Felgenreid beständig ohne Unterbrechung auf denselben zwei Zahnschienen fortrollen könnte; da aber alle 1,60 m. ein Uebergang stattfindet, da es nicht möglich ist, die Entfernung der Zahnschienen wegen der ungleichen Nachgiebigkeit der Schwellen gleich gross zu erhalten, so wird bei jedem Uebergang ein Stoss stattfinden, in Folge dessen sie sich abnutzen wie die Kreuzungen, wo die Räder von einem Schienenstrang auf den andern übergehen. Die Abnutzung der Kreuzungen ist grösser als die der Schienen, die mit andern zusammenhängen, mithin ist es möglich, dass die Zahnschienen der übertragenen Arbeit proportional sich abnutzen.

Herr Wetli nimmt diese Kosten bei 5 ‰ Steigung zu Fr. 800, bei 25 ‰ zu Fr. 3200; dies entspricht einer Constanten von Fr. 200 mehr Fr. 120 pro Mille Steigung, denn wenn man annimmt, die Mehrabnutzung sei der mehrübertragenen Arbeit proportional, so darf man, ohne zu viel zu fehlen und viel weniger rechnend, die Mehrarbeit der Mehrsteigung proportional setzen. Dem entsprechend müssten eingesetzt werden,

$$\text{bei } 40\text{‰}: 200 + 120 \cdot 40 = 5000$$

$$\text{bei } 70\text{‰}: 200 + 120 \cdot 70 = 8600$$

statt 500 und 600 Franken.

Das auf Seite 56 mit gesperrter Schrift Gedruckte mag für die Schienen des Hauptgeleises richtig sein, wenn sie der Action der Triebäder ganz entrückt werden, allein diese Minderabnutzung wird mehr als voll auf die Zahnschienen übertragen, die auf eine solche Weise in Anspruch genommen sind, dass man Mühe haben wird, ihnen die nothwendige Widerstandsfähigkeit zu geben.

Baukosten.

Wir sind natürlich nicht im Stande, die Baukostensumme zu revidiren, doch glauben wir hier aussprechen zu müssen, dass uns die Baukosten des neuen Systems gar gering veranschlagt erscheinen. Die folgenden Vergleichen werden dies Gefühl erklären.

Der neue Alpenbahntunnel ist

Seite 67 veranschlagt zu $\frac{10 \text{ Mill.}}{4,8 \text{ Klm.}} = 2,080 \text{ Mill. Fr. pro Kilometer}$

der untern zu $\frac{68 \text{ Mill.}}{14,9 \text{ Klm.}} = 4,560 > > >$

So gross wird doch die Differenz, trotz der Möglichkeit des Schachtens, gewiss nicht sein, und wir würden 15 Millionen annehmen, um die Gleichartigkeit der Rechnung nur einigermaßen herzustellen.

43,000 Rahmstücke mit Stahlschienen, 1,80 Meter lang, 1,30 Meter breit, hinlänglich stark, um eine an einem ziemlich langen Hebelsarm horizontal wirkenden Kraft von 4000 Kilogramm widerstehen und diese übertragen zu können, kostet incl. Befestigungsmittel wohl nicht viel weniger als 10 Millionen. Die Eindeckung muss bei diesem System vollständig durchgeführt werden, denn eine Schneelage von 0,25 Meter Höhe kann schon das Eingreifen der Felgenreäder verhindern.

Bei dem gewöhnlichen System kann diese Schneedecke durch den Pflug und durch Schaufeln beseitigt werden, und es müssen nur die den Lawinen ausgesetzten Stellen eingedeckt werden. 5 Millionen hiefür dürften gewiss nicht zu viel gerechnet sein.

Ziehen wir nun die obigen $15 + 10 + 5 = 30$ Millionen von den Kosten ab und dividiren wir den Rest durch die Bahnlänge nach Abzug des Tunnels, so erhalten wir die übrigen Kosten

$$\text{pro Kilometer.} = \frac{75,6 - 30 \text{ Mill.}}{89,2 - 4,5 \text{ Klm.}} = \frac{45,6}{84,7} = \text{Fr. 540,000.}$$

Dem gegenüber erscheinen die Kosten des bisherigen Projektes nach Abzug des Tunnels von 14,9 Kilm. Länge mit 68 Mill. Fr.

$$\text{pro Kilometer} = \frac{125,9 - 68}{90,3 - 14,9} = \frac{57,9 \text{ Mill.}}{75,4 \text{ Klm.}} = \text{Fr. 770,000.}$$

Und doch sollte man glauben, es müsste die Bahn in ihrer höhern Lage, wo sie noch durch die Felsenschlucht bei Göschenen durchgeführt werden muss, mehr pro Kilometer kosten als die tiefere, welche vor Göschenen aufhört.

Wir glauben demnach, es sei leicht möglich, die Bahn des Herrn Wetli werde 20 Mill. mehr kosten, als er im Gegensatz zur tiefen Bahn angenommen hat.

Der Betrieb und dessen Kosten.

Gegen die Organisation des Betriebs im Allgemeinen, auf Seite 47 u. ff., haben wir nichts einzuwenden und begnügen uns mit der Bemerkung, dass uns die Belastung gross vorkomme. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die vorausgesetzten Kraftäusserungen ausgeübt werden können, indem (freilich nicht mit dem Gewicht von 36 Tonnen) schon Lokomotiven gebaut worden sind, die die nothwendige Kraft ausgeübt haben, allein ob es noch vortheilhaft sei, auf so grossen Steigungen die Chancen eines Unglücks durch Ueberlastung noch zu vergrössern, wollen wir hier nicht näher untersuchen, sondern nur darauf aufmerksam machen, dass durch diese Annahmen die Kosten des Betriebs vermindert werden, und dass sie wohl höher stehen werden, wenn man es im Interesse der Sicherheit finden sollte, keine so ungeheuren Züge über die grossen Steigungen hinaufzuschleppen. Im Speziellen aber finden wir, dass auf Seite 48 und 49 die Bergbahn von 25⁰/₁₀₀ den Bahnen mit 40 und 70⁰/₁₀₀ gegenüber sehr ungünstig behandelt ist.

Eine Güterzugmaschine ist belastet:

Auf der Thalbahn mit	175 Centnern.
Bergbahn 25 ⁰ / ₁₀₀ 1/2 . 156	78 >
> 40 »	140 >
> 70 » 1/2 . 140	70 >

Diesen Belastungen entsprechen die folgenden auf Seite 60 und 61 berechneten Widerstände:

Auf der Thalbahn	3,804 Kilogramm.
Bergbahn mit 25 ‰	5,690 >
> > 40 >	11,153 >
> > 70 >	11,197 >

In diesen Widerständen ist der Gegendruck der Atmosphäre in den Cylindern mit inbegriffen, und zwar mit 1900 Kilogramm ebenfalls auf Bahnlänge reduziert.

Wenn nun auf Steigungen von 25 ‰ die Adhäsion hinlänglich gross ist, um Züge von 110 bis 150 Tonnen bergauf zu schleppen, d. h. Maschinen zu verwenden, die eine Zugkraft von 4000 bis 9000 Kilogramm ausüben, welch' letztere der Leistung der von Hrn. Wetli angenommenen Lokomotiven ziemlich gleich kommt, wenn man 1900 Kilogramm für Gegendruck und 14 ‰ Maschinenreibung addirt: so ist die Annahme einer halb so starken Maschine gewiss sehr ungünstig für die Steigung von 25 ‰, indem so die Zahl der Lokomotivkilometer und damit auch die von der Arbeit unabhängigen Kosten bedeutend vergrössert werden. Es scheint uns, man sollte doch mindestens das Durchschnittsgewicht der den Sömmering befahrenden Züge, d. h. 110 Tonnen zur Bestimmung der Lokomotivkilometer annehmen. Die Zahl dieser Züge ist dann (Seite 48):

$$\frac{768,000 - 199,680}{110} = 5167$$

statt 7300. - Auch bei Annahme der Belastungen von 175, 110, 140 und 70 erscheint die Bergbahn von 40 ‰ mit 140 Tonnen immer noch ganz besonders begünstigt.

Die dem Lokomotivkilometer proportionalen Kosten sind Seite 59

Besoldung des Zugpersonals mit $0,2 \cdot \frac{30}{20} = 0,3$ und Seite 61 für

von der Reparatur unabhängige Arbeiten mit 0,08, im Ganzen also mit 0,38 in Rechnung gebracht. Die Kosten der Bergbahnen zu 25 ‰ Steigung sind also um

$$(7300 - 5167) 0,38 = 796 \text{ Fr. zu vermindern.}$$

Bereits bei der Behandlung des Oberbaues haben wir hervor gehoben, dass wir nicht zugeben können, das viel complizirtere System erheische geringere Reparaturkosten, als wie die einer ein-

fachen Bahn, und haben diese der verwendeten Arbeit proportional angenommen, infolge dessen müssen den Kosten für Bahnunterhaltung 4500 bei 4^o/_o Steigung und 8000 bei 7^o/_o Steigung beigelegt werden. Wörtlich dieselben Bemerkungen gelten auch hinsichtlich der Abnutzung der Räder; das beständig von einer Zahnschiene auf die andere übergehende Felgenrad wird in Folge der bei jedem Uebergang stattfindenden Stösse sich aussen und in der Mitte ganz ausserordentlich stark abnutzen, und auch hier nehmen wir die Reparaturkosten der Arbeit proportional an und fügen demnach Fr. 50 pro Kilometer und mille Steigung bei; diess macht Fr. 2000 bei 40^o/_o und Fr. 3500 bei 70^o/_o. Indem wir diese Aenderungen an den Betriebskosten des Herrn Wetli

bei den Steigungen von	25 ^o / _o	40 ^o / _o	70 ^o / _o
und Kilometer Kosten von	27,510	24,090	34,370
treffen mit	— 796	+ 4,500	8,000
und mit		+ 2,000	3,500
werden die Betriebskosten	26,714 Fr.	30,590 Fr.	45,870 Fr.

Mit diesen kilometrischen Betriebskosten der einzelnen Steigungen stellen sich nun die totalen wie folgt:

Seite 65.

I. Projekt nach bisherigem System.

Thalbahn	5,6 . 16560	Fr.	92,736
Bergbahn	84,7 . 26714	>	2,262,676
		Im Ganzen	Fr. 2,355,412

II. Projekt nach neuem System.

Thalbahn	21,49 . 16560	Fr.	355,874
Bergbahn 4 ^o / _o	34,7 . 30590	>	1,061,473
	32,6 . 45870	>	1,495,362
		Im Ganzen	Fr. 2,912,709

Per Kilom. macht dieses bei dem Projekt I > 26,007
 und nach > > II > 32,638 und im
 Ganzen eine Differenz von Fr. 557,297. Diese Differenz ist schwerlich zu gross angenommen, denn man kann z. B. auch auf folgende Weise rechnen:

Die Strecken nach beiden Projekten sind ziemlich gleich lang, dagegen müssen die 1,186,356 Tonnen Bruttogewicht (Seite 49) nach dem II. Projekt um (siehe Seite 45) $1,849 - 1,137 = 0,712$ Kilometer höher gehoben werden, das entspricht einer reinen netten Arbeit von $0,712 \cdot 1,186,356 = 844,885$ Kilometer-tonnen.

Nehmen wir jetzt an, diese Arbeit werde verrichtet durch den vorhandenen erprobten Motor der Sömmeringlokomotive, die einen reinen effektiven Zug von 3,660 Tonnen ausübt, und dabei 4,3 Zugkraftkosten pro Kilometer erheischt, so kommt die Kilometer-tonne auf Fr. 1. 18 und die 844,885 Metertonnen müssen mindestens kosten Fr. 896,964.

Diese 900,000 Fr. scheinen uns ein theoretisches Minimum zu sein, denn in denselben sind die erhöhten Unterhaltungskosten der Bahn bei 4 und 7% Steigung nicht inbegriffen, sondern sie enthalten nur die reine theoretische Mehrarbeit des höhern Emporhebens verrichtet mit dem bekannten vorhandenen Motor.

Die Rentabilität der Bahn.

Nehmen wir an, die Bahn koste nach dem Wetli'schen System 48,000,000 Fr. weniger als mit Alpentunnel, so entspricht das einer Minderausgabe an Zinsen von 2,400,000 Fr. und wenn man hievon die Mehrkosten des Betriebes mit 600,000 bis 900,000 Fr. abzieht, so bleiben etwa 1,750,000 Fr. Minderkosten, welche einem Capital von 35,000,000 Fr. entsprechen.

Wenn also die Zinsen des Capitals mitgerechnet werden, so wird der Betrieb nach dem Wetli'schen System immer erheblich billiger als der mit Alpentunnel sein, die Möglichkeit eines ungestörten Betriebs vorausgesetzt. Anders gestaltet sich dagegen das Verhältniss, wenn man das Capital nicht mitrechnen darf. Denken wir uns z. B. zwei concurrirende Alpenpässe statt eines und in ziemlich naher Lage; der eine sei mit 48,000,000 Fr. weniger ausgeführt worden als der andere, und es beginne nun der Betrieb. Wir dürfen wohl voraussetzen, das unter so schwierigen Betriebsverhältnissen, als wie die einer Alpenbahn sind, der Reinertrag ein sehr geringer sein wird, die anerkannte Nothwendigkeit der Subsidien be-

weist es schon. Es ist vielleicht möglich, dass Einnahmen und Ausgaben sich gerade decken. Es war so während der ersten Betriebsjahre des Jura Industriel. Nehmen wir nun an, es beginne die Concurrrenz und die Verwaltung der tiefer gelegenen Bahn strenge sich an, um den Weltverkehr an sich zu ziehen, sie zahle weder Zinsen noch Dividenden, was ja auch schon vorgekommen ist, und ermässige die Preise des durchgehenden Güterverkehrs so weit sie kann, d. h. so dass Einnahmen und Ausgaben sich decken.

Welches wird dann die Lage der höher gelegenen und jährlich 6—900,000 Fr. Betriebscapital erheischenden Bahn sein.

Sie hat 48,000,000 Fr. weniger als die andere gekostet und sollte nun $2\frac{1}{2}$ Millionen jährlich mehr zusetzen können, um mit der andern zu concurriren; allein wir zweifeln an der Möglichkeit, nachträglich durch Anleihen oder Nachtragszahlungen der Aktionäre einige 100,000 Fr. Betriebszuschuss erlangen zu können. Sie wird mit ihren Preisen nicht so weit, als die höher gelegene, herunter gehen können, der grosse Verkehr wird sich von ihr abwenden, die Einnahmen werden nicht wachsen, und sie wird Mühe haben, mit Hilfe verschiedener finanzieller Operationen und einigen jährlichen Staatszuschüssen als Localbahn ihr Leben zu fristen, während die Einnahmen der tiefer gelegenen Bahn mit zunehmendem Verkehr ebenfalls zunehmen und nach und nach im Stande sein wird, Dividenden vom Reinertrag zu vertheilen. In Vorstehendem glaubten wir hauptsächlich das, was Herr Wetli zu viel versprochen hatte, nämlich mit einem complizirteren System, mit gleichem Motor und gleichen Kosten, ohngefähr eine Million Tonnen doppelt so hoch heben zu können als mittelst des gewöhnlichen Systems, auf das richtige Mass zurückführen zu müssen. Es ist das eine theoretische Unmöglichkeit. Bei den von Herrn Wetli angenommenen Verhältnissen ist die Arbeit zur Ueberwindung der Schwere bei $0,5\text{‰}$ Steigung 0,6; bei 25‰ 3mal; bei 40‰ 4mal; bei 70‰ 9mal so gross als die zur Ueberwindung der Reibungswiderstände nothwendige Arbeit. Wenn es daher gelänge, mittelst eines vorzüglichen Systems die Reibungswiderstände auf Null zu reduzieren, so wird es aber nur möglich sein, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{9}$ an den Betriebskosten der Bergbahnen mittelst Systemverbesserung zu ersparen; so lange es nicht gelingt, entweder die beim Bergabfahren verlorene Arbeit zum Hinauffahren zu verwerthen, oder billigere Motoren (durch Verwendung von Naturkräften z. B.) zu beschaffen.

Ganz anders dagegen gestalten sich diese Verhältnisse, wenn es sich darum handelt, eine und dieselbe Höhe vermittelt verschiedener Systeme zu erreichen. Da ist theoretisch dasjenige System am vortheilhaftesten, welches die grössten Steigungen gestattet, insofern dadurch Entwicklungslänge erspart wird, und wenn das von Herrn Wetli vorgeschlagene System überhaupt so ausführbar ist, dass die Bahn ohne Störung betrieben und hinlänglich angehängt werden kann, um einen bedeutenden Verkehr aufzunehmen, so würden wir das System für concurrenzfähig mit allen andern bestehenden Systemen, durch welche das Ersteigen grosser Höhen bezweckt wird, halten.

Bevor wir jedoch auf diesen Gegenstand näher eintreten, wollen wir einen Blick auf die übrigen Systeme werfen.

Vergleich mit andern Systemen.

Alles was über die Betriebskosten mit Wetli'schem System gesagt worden ist, gilt auch von allen andern Systemen. Die Verbesserungen können sich nur auf Verminderung von Reibungswiderständen beziehen, welche bei starken Steigungen nur einen Theil der gesammten Widerstände bilden.

In theoretischer Beziehung steht nun das Wetli'sche System höher als die einfache gewöhnliche Zahnstange, die z. B. jetzt Herr Rigggenbach anwenden will, indem die Wetli'sche Verzahnung die theoretisch richtigste ist, die bis jetzt ersonnen worden ist. Es steht auch höher als das Fell'sche System, indem bei diesem die zum Fortschaffen der Züge nothwendige Adhäsion durch Pressungen im Innern der Maschine erreicht wird, die bedeutende Reibungen in den Axen der horizontalen Triebräder, und auf der Mittellinie ein Schleifen erzeugt, das kaum schädlicher als das gewöhnlicher Triebräder auf Schienen mit starken Steigungen sein kann.

Ob es aber auch definitiv in praktischer Beziehung sich besser oder weniger gut bewähren wird, kann nur durch die Praxis selbst erprobt werden, durch Versuche die im Grossen anzustellen wären.

Wenn man nachrechnet, so findet man, dass der Betrieb einer sehr lang entwickelten Strecke immer viel theurer ist, als wie der einer kurzen Strecke mit grosser Steigung. Bei dem Gotthard z. B.

würde die möglichst geradlinige Verbindung von Amsteg mit Wasen die geringsten Betriebskosten verursachen, auch wenn der Betrieb den grösseren Steigungen nach viel mehr pro Kilometer kosten würde, als wir oben vorausgesetzt hatten, denn man hat ja viel weniger Kilometer zu betreiben. Im Grossen sind bis jetzt schiefe Ebenen nur mittelst stehender Maschinen und Seil betrieben worden. Dieser Betrieb aber hat nicht befriedigt und man fährt überall, wo die Steigung nicht zu gross ist, d. h. wo es überhaupt möglich ist, direkt mittelst Locomotiven die schiefen Ebenen hinauf.

Verbesserungen sind von Agudio vorgeschlagen worden. So viel wir gehört haben, wurde auch die Zahnstange probirt, allein nicht mit besonderm Erfolg; es wird sich am Rigi zeigen, ob die von Herrn Maschinenmeister Riggenbach vorgeschlagenen Verbesserungen sich besser bewähren.

Mittelst des Systems Fell wird der Mont Cenis befahren, allein die Leistungsfähigkeit desselben scheint sehr gering zu sein.

Es fragt sich jetzt, werden die theoretischen Vorzüge des Wetli'schen Systems, die praktischen Vortheile der andern Systeme überwiegen?

Es ist das eine Frage, die, wie wir schon bemerkt haben, nur durch Versuche gelöst werden kann. Es ist aber eine Frage von ungemein grosser Bedeutung für den Bau der Gebirgsbahnen.

Wenn es mittelst irgend eines der Systeme möglich wäre, alle jene Serpentinien abzuschneiden, mittelst deren man die Höhen ersteigt, es würden dadurch die Kosten der Bahnen bedeutend vermindert werden.

Auch der Eisenbahnbau in der Schweiz würde sehr erleichtert werden, wenn es möglich wäre, grosse Höhen ohne lange Entwickelungen zu ersteigen.

Und gerade jetzt, wo man ernster an den Bau der Gebirgsbahnen denkt, wäre es gewiss am Platz, wenn vergleichende Versuche mit den verschiedenen Systemen ermöglicht würden. Bei der Unklarheit, die jetzt über den Werth der verschiedenen Systeme herrscht, ist gar nicht daran zu zweifeln, dass solche Versuche sehr werthvolle Resultate zu Tage fördern würden.

Zürich, den 31. Mai 1869.

Culmann.

