Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 130 (2004)
Heft: Dossier (47/04): Jubiläumsausgabe 130 Jahre

Artikel: Zahnrad - versus Adhäsionsbahn
Autor: Engler, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108481

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

Zahnrad- versus Adhäsionsbahn

Zu Bd. 8, Nr. 7 (S. 56–58), 1878, «Über die Mittel zur Überwindung grosser Höhenunterschiede bei Eisenbahnen»

(de) **Die Anhörung von zwei «äusserst gehaltreichen» Referaten, gehalten von Roman Abt (Erfinder des nach ihm benannten Zahnstangensystems) und Carl Culmann (Professor ETH) anlässlich der SIA-Jahresversammlung vom 1. Oktober 1877, dauerte gut zwei Stunden. Die eigentlich anschliessend geplante Diskussion wurde darum kurzerhand ins Heft, das damals noch *Die Eisenbahn* hiess, verschoben. Die Vorträge wie auch die Repliken zeigen, am Anfang der grossen Infrastrukturausbauten für das Schweizer Bahnnetz, einen grundsätzlichen Expertenstreit: Zahnrad- vs. Adhäsionsbahn. Ebenso begleiten häufige Unfallmeldungen von Entgleisungen, Brückeneinstürzen und weiteren Kalamitäten die Pionierphase der neuen Technik und werden im Heft auch ausführlich abgehandelt und kritisch kommentiert.**

Während Culmann die Kosten von Bau und Betrieb von Bahnstrecken in Relation zur Steigung errechnet hatte und daraus die, je nach Art des Betriebssystems (Zahnrad oder Adhäsion), optimale Steigung errechnete, vergleicht Abt die beiden Systeme miteinander auf technischer und finanzieller Ebene. Die drei hier abgedruckten Diskussionsbei-

Schluss des Protokolls
der
XXVII. Jahres-Versammlung in Zürich
des
Schweizerischen Ingenieur- und Architecten-Vereins.
Montag den 1. October 1877.

Fachversammlung der Ingenieure und Maschinen-Ingenieure.

Ueber die Mittel zur Ueberwindung grosser Höhenunterschiede bei Eisenbahnen.

Referate
der
Herren R. Abt, Maschineningenieur und Professor Culmann.

Da nach Anhörung dieser beiden äusserst gehaltreichen Referate die Zeit zu sehr vorgerückt war, um auf eine gründliche Discussion derselben einzutreten, wurden solche durch das Präsidium, Namens der Versammlung den Verfassern bestens verdankt und die Anwesenden eingeladen, ihre Bemerkungen dem Central-Comité schriftlich einzureichen. Dieselben sollen sodann als Gegenstand der Verhandlung in's Protocoll aufgenommen und mit solchen veröffentlicht werden.

In Folge dieser Einladung sind nachstehende Voten eingegangen:

Herr Professor Fliegner.

Der Aufforderung, allfällige Bemerkungen über das Referat des Hrn. Abt schriftlich einzureichen, komme ich um so eher nach, als ich auch eine neulich von mir ausgesprochene Behauptung darin angegriffen finde, die ich bei diesem Anlasse gleich mit etwas begründen möchte.

Hr. Abt hat in seinem Referat über „die Mittel zur Ueberwindung grosser Höhenunterschiede bei Eisenbahnen und den Einfluss starker Steigungen auf den Betrieb“ namentlich den Beweis versucht, dass auf Rampen von 5 bis 6% das Zahnradsystem allen anderen Systemen voranstehe, auch dem Adhäsionssystem, und dass dasselbe auch als Theilstrecke in grösseren durchgehenden Bahnen geeignet sei. Er begründet seine Behauptung mit der grösseren Leistungsfähigkeit und unerreichten Sicherheit des Zahnradsystems und mit den geringeren Herstellungskosten einer Bahn mit Steilrampen.

Mit dem letzteren Punkte kann ich mich zwar einverstanden erklären, über die Leistungsfähigkeit und Sicherheit möchte ich mir aber einige Bemerkungen erlauben.

Unter Leistungsfähigkeit versteht Herr Abt theils das Verhältniss der Zugkraft zum Locomotivgewicht, theils was man sonst unter diesem Worte versteht, die Arbeit, die verrichtet werden kann. Bei Untersuchung zunächst der Zugkraft benutzt er zur Bestimmung des Zugwiderstandes eine theilweise neue Formel. Den Widerstand auf der Geraden und Horizontalen stellt er zwar auch unter der für die geringeren Geschwindigkeiten sonst benutzten Gestalt $a + bv$ dar, und führt die Steigung, x, additiv ein. Die Curven berücksichtigt er aber, indem er den Ausdruck $a + bv$ mit einem Coefficienten k multiplicirt. Nun sind bekanntlich in $a+bv$ die Widerstände der Zapfenreibung, der rollenden Reibung der Räder auf den Schienen und der Schienenstösse zusammengefasst. Setzt man zunächst voraus, ein Wagen könne absolut vollkommen durch eine Curve fahren, so würden sich dabei diese Widerstände dadurch etwas vergrössern, dass die Belastung der Achsen und Räder um ein Geringes zunimmt; sie ist nämlich gleich der Resultirenden aus Gewicht und Centrifugalkraft. Diese Vergrösserung ist aber so unbedeutend, dass sie unbedenklich vernachlässigt werden kann. Der Hauptwiderstand der Curven rührt bekanntlich daher, dass sich die Fahrzeuge in denselben nicht genau einstellen und gar nicht genau einstellen können. Dadurch entstehen ausser den sonstigen Widerständen noch Reibungen zwischen Radumfängen, Spurkränzen und Schienen. Es ist daher dem Wesen der Sache angemessener und auch allgemein gebräuchlich, die Curvenwiderstände additiv einzuführen. Natürlich kann man auch einen Factor anwenden, wenn man ihn richtig bestimmt; hat man aber die Wahl zwischen zwei Formeln, von denen die eine sich sachlich begründen lässt, die andere nicht, und ist noch dazu die erstere jedenfalls nicht unbequemer, so wird es richtiger sein, diese zu benutzen.

Bei Angabe der Constanten in der Formel stützt sich Hr. Abt auf die bekannten Versuche von Vuillemin, Guebhard Dieudonné, benutzt dieselben aber nicht ganz richtig. $a = 0{,}0017$ kann zwar als Mittelwerth der dortigen Werthe von $0{,}00165$ für Güterzüge mit Oelschmierung und $0{,}0018$ für schnellere Personen- und gemischte Züge gelten, aber $b = 0{,}00008$ ist dort ausdrücklich nur für die letzte Art von Zügen mit Geschwindigkeiten von 32—65 Kilometern angegeben. Für Güterzüge mit $v = 12$ bis 32 Kilometer gilt $b = 0{,}00005$. Vollkommen unverständlich ist mir aber, wie Hr. Abt aus diesen Versuchen k für einen Curvenradius bis zu 200 M. abwärts berechnet. Die Curven sind nämlich von jenen Experimentatoren leider nur sehr summarisch untersucht worden. Der kleinste von ihnen angeführte Curvenradius beträgt aber 800 M.

Abgesehen von der Art der Berechnung des Zugwiderstandes kann ich mich aber auch mit der Benutzung der Zugkraft als Vergleichungspunkt zwischen dem Zahnrad- und Adhäsions-System nicht befreunden. Bei dem letzteren ist nämlich die Zugkraft an eine unübersteigliche, durch die Grösse des Reibungscoefficienten bedingte Grenze gebunden. Beim Zahnradsystem könnte man dagegen durch genügend starke Construction der Zähne und durch allfällige Aenderung der Uebersetzung zwischen Vorgelegewelle und Zahnradachse eigentlich jede beliebige Zugkraft erreichen, allerdings auf Kosten der Geschwindigkeit. Eine Grösse nun, die bei dem einen System durch unabänderliche Naturgesetze begrenzt ist, während sie beim anderen ziemlich vollständig in der Willkür des Constructeurs liegt, darf doch wohl nicht als Vergleichungspunkt zwischen denselben benutzt werden!

Eine Vergleichung darf jedenfalls nur mit Rücksicht auf die geleistete Arbeit vorgenommen werden. In dieser Hinsicht ist nun Hr. Abt der Ansicht, dass eine Zahnradlocomotive für dieselbe Arbeitsleistung erheblich leichter ausfallen müsse, als eine Adhäsionslocomotive, weil wegen der Uebersetzung die eigentliche Maschine leichter wird und bei dem intensiven Zuge eine kleinere Heizfläche genüge. Dabei vergisst er aber, dass dem kleineren Maschinengewicht das Mehrgewicht der Vorgelegewelle und der Uebersetzungsräder gegenübersteht, sowie, dass eine zu kleine Heizfläche mit zu intensivem Zuge eine schlechtere Ausnutzung des Brennmaterials zur Folge hat. Man rechnet bekanntlich für jede geleistete Pferdestärke etwa 0,10 bis 0,11, nach Abt sogar nur 0,100 bis 0,091 Tonnen Locomotivgewicht. Um wie viel die Zahnradlocomotiven günstiger stehen, zeigt folgende Zusammenstellung, bei der ich mich auf die eigenen Angaben des Hrn. Abt (die drei Rigibahnen und das Zahnradsystem, Seite 33) stütze.

Namen der Bahn	Gewicht (Tonnen) dienstfähig	Maximal-leistung in Pferden	Gewicht pro Pferd
Ostermundigen alt	21,0	125	0,168
„ neu	19,0	185	0,103
Vitznau-Rigi	12,5	105	0,119
Kahlenberg, Schwabenberg und Rorschach-Heiden	16,0	185	0,087
Arth-Rigi	17,0	185	0,092
Wasseralfingen	11,0	95	0,116

Dem gegenüber möge noch erwähnt werden, dass die neuen Maschinen der Wädensweil-Einsiedeln-Bahn bei früheren Versuchen auf der Nordostbahn eine mit dem Dynamometer gemessene Leistung bis über 300 Pferdestärken entwickelt haben, da das Gewicht im dienstfähigen Zustande mit der Wetli'schen Walze 25,91, ohne dieselbe $25{,}91 - 1{,}715 = 24{,}195$ Tonnen beträgt, so wiegen also diese Maschinen pro Pferdestärke

mit Walze 0,0864
ohne „ 0,0806

Diesen Zahlen brauche ich nichts hinzuzufügen. Die Beförderung des dreifachen Locomotivgewichtes auf 5% ist aber

1878

auch das Maximum, welches Herr Abt dem Zahnradsystem zumuthet.

Eine Adhäsionslocomotive dürfte man allerdings für den normalen Betrieb nicht so stark belasten, da das einen Reibungscoefficienten von 0,22 voraussetzen würde. Ein solcher kommt allerdings unter günstigen Umständen vor, im Mittel darf man aber nur auf etwa 1/6 rechnen, dann muss aber die Locomotive schwerer gemacht werden, und ihre Leistungsfähigkeit wird nicht ganz ausgenutzt. In solchen Fällen bestimmt eben die Adhäsion das Locomotivgewicht. Die schwerere Locomotive hat allerdings einen Mehraufwand an Arbeit zur Folge. Mit dem Reibungscoefficienten 1/6 findet sich der zur Beförderung eines bestimmten Zuges nöthige Mehrverbrauch von Gesammt-Arbeit (d. h. zur Ueberwindung von Zug- und Locomotivwiderstand) zu etwa 12%. Um so viel würde sich der Betrieb einer Zahnradbahn günstiger stellen. Ob diese Ersparniss im Stande ist, die grösseren Anlagekosten aufzuwiegen, muss ich dahingestellt sein lassen, bezweifele es aber, namentlich noch mit Rücksicht auf die Unbequemlichkeiten, die mit dem Wechsel eines Systems verbunden sind, deren Einfluss sich aber nicht in Zahlen ausdrücken lässt. Ich werde mir daher erlauben, einstweilen noch an meiner Ansicht festzuhalten, dass bei Steigungen von 5% und wohl auch noch etwas höher, Anlage- und Betriebskosten ineinandergerechnet, die Adhäsionsbahnen günstiger sind, als die Zahnradbahnen. So viel ich mich erinnere, bestätigen das auch die Resultate, welche Hr. Prof. Culmann bei der Versammlung mitgetheilt hat.

Als zweiten Hauptvortheil des Zahnradsystems führt Hr. Abt die grosse Sicherheit desselben an und polemisirt dabei gegen die geringe Sicherheit, mit der man sich beim Adhäsionssystem begnüge, während man „für Brücken und Bauten jeder Art, für Maschinentheile eine 5, 10, ja 20-fache Sicherheit verlangt und mit Reglementen und Pflichtenheft erpresst." Als Maschinen-Constructeur wird Herr Abt aber wohl wissen, was es mit dieser sogenannten Sicherheit für eine Bewandtniss hat, und dass dieselbe in bestimmten Fällen gefordert werden muss, weil erfahrungsmässig eine stärkere Beanspruchung des Materials Brüche herbeiführen kann, also keine Sicherheit mehr bietet. Da nun die Erfahrung lehrt, dass die mit einem Reibungscoefficienten von 1/6 berechneten Locomotiven ausreichen, — in Ausnahmefällen kann man mit Sanden oder Reinigen der Schienen durch einen Wasserstrahl nachhelfen — so muss man den Betrieb mit Adhäsionslocomotiven als genügend sicher erklären. Ein grosser Ueberschuss wäre vollständig zwecklos. Wenn man für eine Fabrik, die eine Kraft von 100 Pferden braucht, eine Turbine anschaffen will, so construirt man dieselbe auch nicht auf 500, 1000 oder gar 2000 Pferdestärken, sondern nur auf 100. Höchstens macht man mit Rücksicht auf die Unsicherheit einiger Coefficienten einen kleinen Zuschlag.

Die Sicherheit des Zahnradsystems in diesem Sinne würde ich setzen gleich dem benutzten Zahndrucke, dividirt durch denjenigen, auf welchen die Verzahnung mit den dabei üblichen sogenannten Sicherheitscoefficienten berechnet worden ist. Würde man die Zähne stets stärker belasten, als dieser Rechnung zu Grunde gelegt wurde, so müssten nach den Versuchen von Wöhler und Spangenberg schliesslich einmal Brüche eintreten. Dabei setze ich allerdings angenähert voraus, die übliche Beanspruchung habe diejenige Grösse, welche nach diesen Versuchen unendlich oft wiederholt werden kann, ohne das Material zu zerstören. Ist diese Annahme nicht richtig, so wird die Sicherheit vielleicht grösser, vielleicht aber auch kleiner sein.

Unter Sicherheit des Betriebes versteht man aber wol seltener den Ueberschuss der Zugkraft über den Zugwiderstand bei der Bergfahrt, sondern gewöhnlich die Bürgschaft, die dafür verhanden ist, dass man bei der Thalfahrt und in Ausnahmefällen den Zug in der Hand behält. Dabei verlässt man sich nun niemals auf diejenige Kraft allein, welche den Zug bergwärts zu befördern im Stande war, vielmehr bestehen meines Wissens so ziemlich bei allen Bahnen mit nur einigermassen beträchtlicheren Steigungen bestimmte Vorschriften über die Anzahl von Bremsen in einem Zuge. Bei aussergewöhnlichen Steigungen sind dann specielle Wagen mit besonders kräftigen Bremsvorrichtungen in Gebrauch, Schlittenbremsen, doppelte Klotzbremsen. Auch die bis jetzt gebauten Zahnradbahnen überlassen diese Sicherheit des Zuges nicht dem einzigen Triebzahnrade, sondern haben an den Wagen, oder auch noch an der Locomotive weitere mit kräftigen Bandbremsen versehene Zahnradachsen. Nur die Bahn in Ostermundigen macht eine Ausnahme; wie es in dieser Richtung in Wasseralfingen steht, ist mir nicht bekannt. So lange nun eine derartige Bahn Localbahn ist, die fast immer nur mit ihrem eigenen speciellen Betriebsmaterial fährt, während Wagen fremder Bahnen nur seltener zu befördern sind, wird man stets ohne Weiteres eine genügende Bremskraft zur Verfügung haben.

Die Verhältnisse sind dagegen ganz andere, wenn eine solche Steilrampe, sei sie nun mit Adhäsion, oder Zahnstange oder sonst wie betrieben, Theilstrecke einer grossen Bahn mit durchgehendem Verkehr ist. Die fremden Wagen, die dann befördert werden müssen, haben manchmal gar keine Bremsen, die vorhandenen Bremsen sind aber mit höchstens ganz vereinzelten Ausnahmen einseitige, die also für grösseres Gefälle kaum ausreichend sein dürften. Will man dann doch eine genügende Sicherheit haben, so muss man eigene Wagen in entsprechender Zahl einschalten. Ist der Localverkehr der Bahn gross, so wird sich das lediglich mit einiger Rangirarbeit stets bewerkstelligen lassen. Ist er dagegen klein, und gerade das dürfte bei neu zu bauenden Bergbahnen stets der Fall sein, so müssen diese Bremswagen als todter Ballast mitgeschleppt werden. Das ist aber auf die Ausnutzung der Arbeit und die Betriebskosten von demselben Einflusse, wie die Benutzung einer um so viel schwereren Locomotive. Durch diesen Uebelstand, sowie durch die Unbequemlichkeiten und Kosten des vermehrten Rangirdienstes wird ein grosser Theil der Verringerung der Anlagekosten wieder aufgewogen.

Aus diesen Gründen bin ich zu der Ueberzeugung geführt worden, dass Steilrampen, mögen dieselben nun mit Adhäsion oder Zahnrad oder sonst wie betrieben werden, sich nicht als Theilstrecken für durchgehende Hauptbahnen eignen. Es soll mich trotzdem für die Vertreter des Zahnradsystems freuen, wenn fortan recht viele bedeutendere Bahnen in bergigen Gegenden mit Zahnstangen-Steilrampen gebaut werden. Wenn ein mehrjähriger Betrieb die Vorzüglichkeit dieser Anordnung vor einer längeren Entwickelung unwiderleglich bewiesen haben wird, so werde ich mich auch sehr gern durch die Erfahrung eines Besseren belehren lassen. Bis dahin muss ich aber bei meiner schon neulich an anderer Stelle ausgesprochenen Ansicht bleiben, dass bei Bahnen für den grossen durchgehenden Verkehr nur das Adhäsionssystem geeignet ist, und zwar auch ohne aussergewöhnliche Steigungen.

Ausser den im Vorstehenden berührten Punkten hätte ich noch auf den einen oder anderen hindeuten können, ich hoffe aber, dass das von competenterer Seite geschehen wird.

—

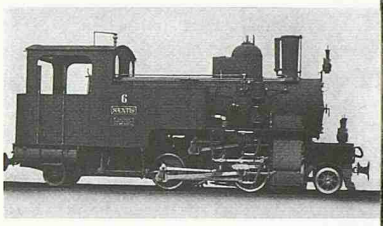
Herr Oberingenieur Moser,

sieht sich durch das Referat des Herrn Abt zu folgenden Bemerkungen veranlasst:

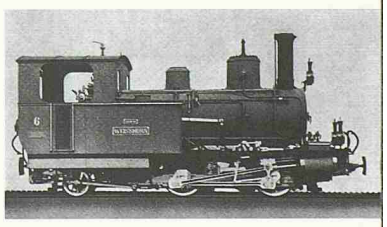
„Der Oberbau des Wetli-Systems, wie er auf eine Länge von circa 10 Kilometer an der Linie Wädensweil-Einsiedeln zur Ausführung gekommen ist, kostet per Meter Fr. 67, wovon circa Fr. 30 auf den gewöhnlichen Oberbau und Fr. 37 auf die Dreiecke, respective das System entfallen.

Der Oberbau mit Zahnstange kostet nach Herrn Abt selbst per Meter Fr. 80 und ist für die Gotthardbahn auf Fr. 90 veranschlagt worden. Es kostet mithin der Oberbau für das System Wetli erheblich weniger und keineswegs, wie Herr Abt angeführt hat, doppelt so viel als derjenige des Zahnradsystems.

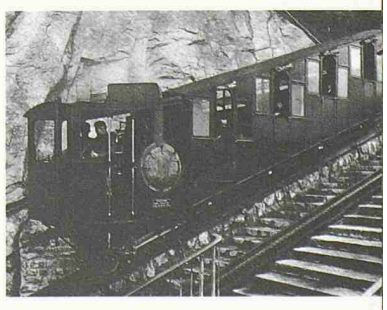
Was die Unterhaltung des Wetli'schen Oberbaues anbelangt, so liegen hierüber Erfahrungen freilich noch nicht vor, jedoch können die von Herrn Abt gemachten Voraussetzungen wohl auch als übertrieben ungünstig bezeichnet werden".



Lokomotive Nr. 6, «Säntis», der St. Gallen-Gais-Appenzell-Bahn mit getrennten Triebwerken für Adhäsions- und Zahnstangenantrieb System «Winterthur», ca. 1905. (Bilder aus: Eidg. Amt für Verkehr [Hrsg.]): «Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847–1947», Bd. 5, Bern 1964)



Lokomotive «Weisshorn» der Visp-Zermatt-Bahn mit getrennten Triebwerken für Adhäsions- und Zahnstangenantrieb System Abt, 1890



Dampftriebwagen der 1889 eröffneten Pilatusbahn mit horizontal gelagerter Doppelzahnstange System Locher

träge von Professor Fliegner, Oberingenieur Moser und Ingenieur Tobler kommentieren die für den Systemvergleich getroffenen Annahmen jedoch mit teilweise harschen Worten: «Vollkommen unverständlich ist mir aber, wie Hr. Abt aus diesen Versuchen k (Koffizient der Widerstandserhöhung in einer Kurve, Red.) für einen Kurvenradius bis zu 200 m abwärts berechnet», so Professor Fliegner, seinerseits bereits früher als Autor verschiedener Beiträge in der *Eisenbahn* in Erscheinung getreten. Oder: «Als zweiten Hauptvorteil des Zahnradsystems führt Hr. Abt die grosse Sicherheit desselben an und polemisirt dabei über die geringe Sicherheit, mit der man sich beim Adhäsionsprinzip begnüge, während man für Brücken und Bauten jeder Art und Maschinentheile eine 5, 10, ja 20-fache Sicherheit verlange und mit Reglementen und Pflichtenheft erpresse.» Die drei Einsprecher kommen alle zum selben Schluss: dass sich die Zahnradtechnik für grosse Hauptbahnen aus verschiedenen Gründen nicht eigne, – und sie sollten zum grossen Teil Recht behalten.

Herr Ingenieur Tobler.

Herr Abt sucht in seinem Vortrage nachzuweisen, dass das Adhäsionssystem für grössere Steigungen, als von 25 ‰ nicht zweckmässig sei und empfiehlt für Hauptbahnen die Anwendung des Zahnradsystems mit Steigungen bis auf 60 ‰, insofern durch Annahme solcher Steigungen wirklich Ersparnisse beim Baue möglich werden.

Da die Widerstände mit den Steigungen rasch zunehmen, so sind wohl bei allen Bahnen mit starkem Verkehr, welches System der Locomotion auch gewählt werden möge, stärkere Steigungen thunlichst zu vermeiden. Die Annahme, dass die kürzeste Linie die geringsten Widerstände ergebe, mag theoretisch noch so sehr begründet sein, vom Standpunkt des praktischen Betriebes aus wird die flachere Steigung stets den Vorrang behaupten. Es sollen daher in erster Linie alle verfügbaren Mittel zur Verringerung der Maximalsteigung verwendet werden. Sind aber gleichwohl stärkere Steigungen als solche von 25 ‰ nicht zu umgehen, so darf desshalb das Princip der einfachen Adhäsion, durch welches allein die Eisenbahnen eine so ausgedehnte Anwendung gefunden haben, noch lange nicht verlassen werden.

Bekanntlich standen der Anwendung einfacher Adhäsion von jeher grosse Vorurtheile entgegen. Lange Zeit hindurch betrachtete man eine Steigung von 10 ‰, sogar von 5 ‰ als die Maximalsteigung, welche bei Bahnen mit starkem Verkehr nicht überschritten werden sollte. Bei der weiteren Entwicklung des Eisenbahnwesens ging man allmälig auf Steigungen von 25 ‰ und sogar auf 35 ‰ über. Die bisherigen Erfahrungen im Betriebe solcher Bahnen haben gezeigt, dass richtig construirte und den jeweiligen Bahn- und Betriebsverhältnissen angepasste Adhäsionsmaschinen mit Vortheil verwendet werden können. Nach den in neuerer Zeit bei der Uetlibergbahn und bei der Bahn Wädensweil-Einsiedeln gemachten Erfahrungen mit Steigungen von 70 ‰ beziehungsweise 50 ‰ kann wohl kein Zweifel obwalten, dass auch bei grössern Linien Adhäsionsmaschinen auf stärkeren Steigungen einen regelmässigen und sichern Betrieb ermöglichen.

Gegenüber der einseitigen theoretischen Berechnung der Widerstände, durch welche nachgewiesen werden will, dass der Adhäsionsbetrieb theurer sei, als derjenige mit Zahnrad, genügt wohl die Hinweisung, dass solches nur bei kleineren Geschwindigkeiten von 10—12 Kilometern der Fall ist. Nach den heutigen Verkehrsanforderungen wird aber selbst bei Localbahnen von nur einiger Bedeutung eine Fahrgeschwindigkeit von 15—20 Kilometer als ein Minimum betrachtet, das dem reisenden Publikum geboten werden darf.

So lange Last und Geschwindigkeit in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass die Verdampfungsfähigkeit der Adhäsionsmaschine noch voll ausgenützt wird, kann es nicht vortheilhaft sein künstliche Kraftübertragungen in Anwendung zu bringen.

Die Vergleichung der Rorschach-Heiden- mit der Uetlibergbahn dürfte wohl zu Gunsten des Adhäsionssystems ausfallen, wenn alle Factoren, auch die Fahrzeit, und die Zinsen des Anlagecapitals in Berücksichtigung gezogen werden.

Die von Herrn Abt aufgestellte Berechnung des Widerstandes für eine Tonne Last beruht auf einer willkürlichen Annahme sehr grosser Curvenwiderstände für die Curven von weniger als 800 ^{m}/ Halbmesser. Die im Organ für Eisenbahnwesen veröffentlichten Versuche der österreichischen Südbahn, der Thüringischen und Cöln-Mindenerbahn ergeben bei weitem nicht so grosse Werthe. Auch nach den angeführten Versuchen von Vuillemin, Guebhard und Dieudonné kann der mittlere Widerstand auf der Uetlibergbahn unmöglich zu 84,8 kilogr. berechnet werden.

Bei der Vergleichung der Fahrzeiten müssen zur Gleichstellung beider Bahnen auch die Ausgangspunkte in der Ebene berücksichtiget werden, und es ergibt sich sodann für die Uetlibergbahn eine Fahrzeit von 30 Minuten, für die Bahn Rorschach-Heiden eine solche von 45 Minuten. Was die Anlagekosten anbetrifft, so stellen sich dieselben bei der 9,1 Kilometer langen Uetlibergbahn auf rund Fr. 1,700,000 und für die 5,5 Kilometer von Rorschach-Heiden auf Fr. 2,225,000, was gerade nicht zu Gunsten des Zahnradsystems beziehungsweise des Princips der kürzesten Linie spricht.

Als weiteren Beweis für die geringere Leistungsfähigkeit der Adhäsionsmaschine führt Herr Abt an, dass auf den Steigungen von 45 ‰ der Bahn Poti-Tiflis zwei Locomotiven mit einem Adhäsionsgewichte von etwa 100 Tonnen eine Last von 150 Tonnen, d. h. nur etwa das $1^1/_2$fache ihres Eigengewichtes mit Sicherheit zu fördern vermögen. Nach den ausführlichen Mittheilungen über den Betrieb dieser Bahn im Organ für Eisenbahnwesen muss aber diese geringe Leistung der unzweckmässigen Construction der Locomotiven zugeschrieben werden. Auf der Wädensweil-Einsiedlerbahn werden auf den Steigungen von 45 und 50 ‰ in regelmässigem Dienste Züge von doppeltem Gewichte der angewendeten Locomotiven mit einer Geschwindigkeit von 15—18 Kilometer per Stunde befördert; bei den Probefahrten ging man sogar auf das dreifache Gewicht, allerdings bei verminderter Geschwindigkeit.

Was die Sicherheit anbetrifft, so genügt bei der Bergfahrt ein verhältnissmässig geringer Ueberschuss von Adhäsion über die Zugswiderstände, bei der Thalfahrt ergibt sich durch Zuhülfenahme der Wagenbremsen von selbst eine mehrfache Sicherheit. Anstatt auf eine weitläufige Erörterung über die Grösse des Adhäsionscoefficienten einzutreten, will ich nur auf die Bremsversuche auf der Uetlibergbahn hinweisen, welche mit Wagen angestellt wurden, die allein ohne Mitwirkung einer Maschine den Berg heruntergelassen wurden und wobei selbst auf dem Gefälle von 70 ‰ nur die Hälfte der Wagen gebremst werden musste, um die Geschwindigkeit des Zuges zu reguliren und denselben zum Stehen zu bringen. Bei Gefällen von 50 ‰ darf sogar blos je der dritte Wagen gebremst werden. Man hat also den Zug vollkommen in der Hand, wenn nur der grössere Theil der Wagen mit Bremsen versehen ist.

Auf der Wädensweil-Einsiedlerbahn werden täglich einzelne fremde Güterwagen ohne Bremsen in die Züge eingestellt und es wurden auch schon wiederholt Züge von 30—36 Achsen mit einer Belastung von 500—750 Personeu ohne den mindesten Anstand zu Thal geführt.

Aus den angeführten Thatsachen und Erfahrungen geht hervor, dass die Adhäsionsmaschine auch auf weit grösseren Steigungen als 25 ‰ sicher und regelmässig arbeiten und dabei Geschwindigkeiten einhalten können, welche auf Zahnradbahnen nicht zulässig sind. Mögen sie auch wegen ihres etwas grössern Gewichtes unter Umständen weniger vortheilhaft arbeiten, so sind dieselben für einen durchgehenden Verkehr dennoch vorzuziehen. Die Zahnradmaschine in ihrer jetzigen Gestalt ist nicht im Stande sich den stets wechselnden Bedürfnissen des Eisenbahnverkehrs so anzupassen, wie die gewöhnliche Adhäsionsmaschine. Wie bei andern Specialsystemen, werden auch bei Anwendung der Zahnradmaschine die in Aussicht gestellten und theoretisch recht schön nachgewiesenen Vortheile bei einigermassen complicirtem Betrieb kaum in Erfüllung gehen. Jedenfalls werden bei Steigungen von 50 ‰ und sogar von 60 ‰ die Leistungen einer Bahn nach dem Adhäsionsprincip nicht geringer sein, als nach dem Zahnschienensystem.

Bei Bahnen mit schwachem Verkehr, ist das Adhäsionssystem auch auf Steigungen von 70—80 ‰ noch sehr wohl verwendbar, ganz besonders aber werden Strassenbahnen, deren Verkehr viele aber nur kleine Züge bedingt, erst durch Verwendung von zweckmässig construirten Adhäsionsmaschinen in Aufnahme kommen.

In der Sitzung war ein Bericht der Eisenbahncommission der Section Zürich betreffend die Katastrophe auf der Linie Wädensweil-Einsiedeln vom 30. November 1876 vertheilt worden. Dieser Bericht wurde mit einigen ganz unbedeutenden Modificationen vom zürcherischen Verein in seiner Sitzung vom 14. November angehört und dessen Schlussfolgerungen einstimmig angenommen.

Mit Hinweisung auf die Zulassung nachträglicher schriftlicher Voten zum vorliegenden Verhandlungsgegenstand wünscht der Vorstand der Section Zürich, dass von diesem Berichte im Protocoll der Generalversammlung Kenntniss genommen werde und derselbe eine Beilage des Protocolls bilden möchte.