

Bericht an die Eisenbahn-Commission des Zürcherischen Ingenieur- und Architecten-Vereins über die Katastrophe auf der Bahn Wädensweil-Einsiedeln vom 30. November 1877 ...

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Die Eisenbahn = Le chemin de fer**

Band (Jahr): **6/7 (1877)**

Heft 13

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bericht

an

die Eisenbahn-Commission des Zürcherischen Ingenieur- und Architekten-Vereines

über

die Katastrophe auf der Bahn Wädensweil-Einsiedeln

vom 30. November 1877

und die gerichtliche Untersuchung derselben,

abgestattet

von der dazu niedergesetzten Special-Commission.



In ihrer Sitzung vom 14. Juni 1877 hat die Eisenbahn-Commission des zürcherischen Ingenieur- und Architekten-Vereines die Unterzeichneten als Special-Commission gewählt und denselben folgende Aufträge ertheilt:

1. Erstattung eines sachlichen Berichtes über die Katastrophe vom 30. November 1876, gestützt auf eine genaue Untersuchung der Maschine, soweit dies noch möglich ist, der Bremsklötze bezüglich Graphitbildung, der Schmiervorrichtungen u. s. w., u. s. w., und auf Einvernahme der bei dem Unglück anwesend gewesenen Personen, soweit dies die Commission für nöthig findet.
2. Antragstellung an die Eisenbahn-Commission über die Frage: „Wie wurde die amtliche Untersuchung geführt?“

Den ersten Theil unserer Aufgabe: „Erstattung eines sachlichen Berichtes über die Katastrophe“ glauben wir nicht in dem Sinne auffassen zu dürfen, dass wir noch einmal eine Geschichte des Verlaufes der unglücklichen Fahrt geben sollen. Eine solche kann als aus anderweitigen Veröffentlichungen genügend bekannt vorausgesetzt werden. Auf wesentliche Punkte derselben werden wir dagegen natürlich hinweisen müssen.

Wir fassen unsere Aufgabe vielmehr so auf, dass wir, so weit dies jetzt noch möglich, die wahrscheinlichen Ursachen des Unglückes ermitteln und gleichzeitig feststellen sollen, ob die in dem Gutachten des gerichtlichen Experten, Hrn. Prof. Sternberg, ausgesprochenen Vermuthungen über die Veranlassungen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben, oder nicht.

Wir sind nun zunächst der Ansicht, dass wir das Wetliche System als solches vollkommen ausser Betracht lassen dürfen und daher auch sollen; ebensowenig halten wir es für nöthig, durch Vorführung einer genaueren Rechnung zu entscheiden, ob die Walze für die Thalfahrt wirklich gehoben werden musste, oder nicht. Wir sind zwar entschieden der Ansicht, dass die vorliegende Walze unbrauchbar ist, nicht nur, wie Herr Prof. Sternberg annimmt, wegen ungenügender Belastung, sondern weil die Zahnform nach Neigung der Berührungsebene und geringer Tiefe des Eingriffes so beschaffen ist, dass ihr gegenüber die Walze wahrscheinlich überhaupt gar nicht genügend zu belasten geht. Aber selbst ohne diesen Umstand mussten die Leiter der Proben nach den Misserfolgen der beiden früheren Probefahrten am 27. October und 2. November 1876 auch für die dritte Reihe von Versuchen auf ein Aufsteigen der Walze gefasst sein, und mussten also Vorkehrungen treffen, dass man auch ohne Benutzung der Walze, also mit Adhäsion allein, wenn auch vielleicht nicht hinaufkommen, so doch mindestens halten und sicher hinunterfahren konnte.

In Wirklichkeit ist das nicht gelungen, und es treten daher bei einer Untersuchung der muthmasslichen Ursachen des Unglückes der Reihe nach folgende Fragen zur Beantwortung heran:

1. Konnten bei gehobener Walze die noch übrig bleibenden, mit Adhäsion allein wirkenden Bremsmittel an und für sich ausreichen?
2. Wenn ja, waren sie in normalem Zustande?
3. Wenn das der Fall war, sind sie richtig gehandhabt worden?
4. Wenn auch das geschehen ist, warum sind sie wirkungslos geworden?

Die erste zu erledigende Frage ist also die: ob die Bremsmittel, ohne Benutzung der Walze, ausgereicht haben, um anzuhalten und thalwärts zu fahren?

In dieser Richtung sind von verschiedenen Seiten Rechnungen angestellt worden, die zu verschiedenen Antworten, bejahenden und verneinenden, geführt haben. Da aber bei solchen Rechnungen einige nur äusserst unsicher bekannte Coefficienten benutzt werden müssen, so sind natürlich auch die so gewonnenen Resultate sehr unzuverlässige. Folgende actenmässig constatirten Facta lassen aber über den Betrag der verfügbaren Bremskraft keinen Zweifel übrig.

Von allen bei der Fahrt anwesend gewesenen Personen, die überhaupt auf diesen Punkt geachtet haben, wird übereinstimmend angegeben, dass im ersten Theile der Bergfahrt, als die Schienen noch etwas bereift waren, die Walze gearbeitet habe. Wo die Sonne die Schienen schon getrocknet hatte, reichte dagegen die Adhäsion allein aus, nur wenn der Zug wieder auf bereifte Stellen kam, kam auch die Walze wieder zum Anliegen. Dieses Anlegen erfolgte aber ganz sanft, es ist wenigstens nirgends von einem Stosse die Rede, im Gegentheil wird von Hrn. Control-Ingenieur Keller (Act. 52) ausdrücklich hervorgehoben, dass der Wiedereingriff ohne jeden Stoss erfolgte. Es muss daraus geschlossen werden, dass auch auf den bereiften Stellen die Adhäsion fast ganz ausgereicht habe, sonst hätte das Anlegen der Walze mit einem kleinen Schleudern und leichten Schläge erfolgen müssen.

In seinem Berichte an die Direction der N.O.B. giebt Herr Ober-Ingenieur Macy an, dass auf der ganzen letzten Strecke von Samstagern bis Schindelegi die Walze gar nicht mehr gearbeitet habe, trotzdem sogar am Anfang, um ein Anlegen derselben zu erzwingen, der Schienenwagen auf eine Strecke von $\frac{1}{2}$ Kilometer gebremst wurde. Es ist das diejenige Strecke, auf welcher bei der nachherigen Thalfahrt die grosse Geschwindigkeit schon erreicht war.

Die Adhäsion hat also auf den trockenen Schienen und namentlich auch zwischen den Stationen Samstagern und Schindelegi ausgereicht, um den Zug ohne Mithilfe der Walze vorwärts zu bewegen. Folglich konnte man annehmen, dass die Adhäsion der Locomotive, noch unterstützt durch die beiden gebremsten Wagenachsen, unter normalen Verhältnissen auch für die Thalfahrt genügende Sicherheit bieten würde, sogar auf

Stellen, die vielleicht noch etwas bereift waren. Es war also keinerlei Gefahr vorauszusehen.

Diese Schlussfolgerung scheint allerdings der Umstand unzulässig machen zu können, dass das Adhäsionsgewicht der Locomotive bei der Bergfahrt grösser war, als bei der Thalfahrt. Nach genauen Wägevorsuchen, die Herr Maschinenmeister Haueter mit der verunglückten Locomotive vorgenommen hatte, und die nur unbedeutend von den in dem Gutachten des Herrn Prof. Sternberg angegebenen abweichen, ist nämlich das Gesamtgewicht der Maschine im Dienst 25,91 Tonnen, wovon bei gehobener Walze 13,82 Tonnen, d. h. 53,30% auf die Hinterachse kommen. Für das Ende der Berg- und den Anfang der Thalfahrt soll aber wegen des Wasser- und Kohlenverbrauches das Gewicht rund zu nur 25 Tonnen angenommen werden. Die Walze wog unbelastet 1,715 Tonnen. Die Belastung durch den Dampf war aber nicht so gross, als sie Herr Prof. Sternberg mit dem Maximal-Kesseldrucke von 12 Atm. findet, da Herr Maschinenmeister Haueter wegen des kleinen Zuges nur 10 Atm. Druck im Kessel hielt. Es stellt sich daher die Gesamtbelastung der gesenkten Walze auf 4,857 Tonnen. Für die beiden anderen Achsen blieb dann bei der Bergfahrt eine Belastung von $25 - 4,857 = 20,143$ Tonnen, wovon auf die Hinterachse $0,533 \cdot 20,143 = 10,736$ Tonnen gekommen sind. Die nicht an den Mittelschienen anliegende Walze wirkte an den seitlichen Laufrädern mit ihrer vollen Belastung auf Adhäsion, so dass das gesammte Adhäsionsgewicht am Ende der Bergfahrt $10,736 + 4,857 = 15,593$ Tonnen betragen hat.

Am Anfang der unglücklichen Thalfahrt war das Adhäsionsgewicht bei gehobener Walze dagegen nur

$$0,533 \cdot 25 = 13,325 \text{ Tonnen,}$$

also 85,50% des vorigen.

Dafür ist aber auch die nöthige Bremskraft bei der Thalfahrt kleiner gewesen, als die Zugkraft bei der Bergfahrt. Rechnet man die Bahnwiderstände in der Horizontalen zu rund 5 kilogr. pro Tonne, so betrug bei 50% Steigung pro Tonne Zuggewicht:

der Widerstand bei der Bergfahrt $50 + 5 = 55$ kilogr.,

die nöthige Bremskraft bei der Thalfahrt $50 - 5 = 45$ kilogr., oder 81,80% der vorigen. Der Widerstand hat also stärker abgenommen, als das Adhäsionsgewicht, und es hätte daher nach den theoretischen Rechnungen die Bremsung der hinteren Locomotivachse allein ausreichen sollen, den ganzen Zug anzuhalten. Beim Hinzukommen der Wagenbremsen wäre also noch vollkommen genügende Sicherheit vorhanden gewesen.

Nachdem in Folge des Aufsteigens der Walze bald unterhalb der Station Schindelegi hatte gehalten werden müssen, wurde bei angezogenen Bremsen die Walze gehoben, ohne dass der Zug in Bewegung gerathen wäre. Als darauf zur Ermöglichung der Untersuchung der zerstörten Mittelschiene eine kurze Strecke hinuntergefahren werden musste, konnte auch, wie nach dem Obigen nicht anders zu erwarten war, bei gehobener Walze mit den Bremsen allein leicht wieder angehalten werden. Die Weiterfahrt erfolgte ein kurzes Stück auch gut und sicher, nur vielleicht etwas schneller, als vorher, wenigstens spricht sich Locomotivführer Steiner (Act. 90) in diesem Sinne aus. Aber auch er sagt, mit Anderen, dass die verhängnisvolle Beschleunigung mit einer gewissen Plötzlichkeit eingetreten sei. Bis zu diesem Augenblicke hatten also die Bremsen wirklich ausgereicht.

Dafür, dass man es ruhig wagen durfte mit Adhäsion allein hinunterzufahren, sprechen auch die beim Bau der Bahn gemachten Erfahrungen, wonach „mit gewöhnlichen Adhäsionsmaschinen kleinen und grossen Kalibers die gleichen Steigungen und Strecken seit vielen Monaten ohne den geringsten Anstand mit Kies- und Materialzügen aller Art befahren worden sind.“ (Bericht des Herrn Ober-Ingenieur Moser an die Direction der N. O. B.) Die Bremsvorrichtungen der Materialtransportwagen sind aber jedenfalls nicht kräftiger, als die des benutzten SS-Wagens.

Ferner ist noch hervorzuheben, dass bei einer der früheren Proben von derselben Maschine, nur mit den beiden gekuppelten Achsen, ein Zug von 80 Tonnen ohne Benutzung der Walze

hinauf und wieder herunter befördert worden ist. Wenn also ein Adhäsionsgewicht von 25 Tonnen für eine Gesamtlast von $80 + 25 = 105$ Tonnen ausreichte, so hätte ein Adhäsionsgewicht von 13,325 Tonnen für eine Gesamtlast von nur $20 + 25 = 45$ Tonnen erst recht ausreichen sollen.

Wir müssen aus allen diesen Gründen unsere erste Frage dahin beantworten, dass die vorhandenen Bremsmittel für die Thalfahrt hätten ausreichen sollen, wenn auch nicht mit dem Grade von Sicherheit, den man für den normalen Betrieb fordern muss. Bei Proben ist man eben öfters gezwungen, näher an die Grenze heranzugehen. Jedenfalls aber ist der den Leitern der Proben gemachte Vorwurf, sie hätten die Fahrt mit ungenügenden Bremsmitteln angetreten, nicht gerechtfertigt.

Die zweite Frage: nach dem Zustande der Bremsen, müssen wir auch kurz dahin beantworten, dass wir überzeugt sind, dieselben seien beim Beginn der Fahrten in vollkommen gutem, normalem Zustande gewesen, da sie kurz vor der Probe einer Revision unterzogen worden waren, und auch, wie eben hervorgehoben wurde, am Anfang der Thalfahrt noch richtig gewirkt hatten.

Wir kommen zur dritten Frage, die wir aber mit der vierten gleichzeitig besprechen müssen: ob der Unfall einer unrichtigen Handhabung der Bremsen zuzuschreiben sei, oder ob die letzteren aus irgend einem anderen Grunde wirkungslos geworden seien, und aus welchem?

Was zunächst die Wagenbremse anbetrifft, so ist dieselbe jedenfalls richtig gehandhabt worden. Sie war von Anfang an angezogen und wurde bei der Zunahme der Geschwindigkeit noch mehr angezogen, so weit es überhaupt möglich war. Sie hat auch gehörig gewirkt. Die Bremsklötze sind jedenfalls sehr heiss geworden, die Kuppelung zwischen Locomotive und Wagen war angezogen, und der Wagen ist in der Curve nach einwärts entgleist; alles Punkte, die für eine richtige Wirkung und also auch Handhabung dieser Bremse sprechen.

Ob auch die Bremsen auf der Locomotive richtig gehandhabt worden sind, konnten wir aus dem vorhandenen Actenmaterial nicht mit Sicherheit entnehmen. Wir haben daher die einzige der damals auf der Locomotive befindlich gewesenen und auch jetzt hier anwesenden Personen, Herrn Maschinenmeister Haueter, in dieser Richtung noch einvernommen. Locomotivführer Steiner ist abwesend.

Herr Haueter gab uns an: der Anfang der verunglückten Fahrt sei mit den Backenbremsen von Wagen und Locomotive allein, ohne die Dampfbremse, bewerkstelligt worden, da er befürchtet habe, die Dampfbremse könne wegen der Auskuppelung der vorderen Triebachse leichter ein Schleudern hervorbringen. Ein kurzes Stück sei dann die Fahrt ganz normal von Statten gegangen. Erst als nachher trotz dieser Bremsen plötzlich eine rasche Zunahme der Geschwindigkeit eingetreten sei, habe er schliessen müssen, es sei an den Klotzbremsen etwas nicht in Ordnung und habe daher Gegendampf gegeben, die Intensität desselben aber auf Grund früherer Erfahrungen dem jeweiligen Gefälle angepasst. Heizer Frei habe auch noch von Zeit zu Zeit die Backenbremsen etwas nachgezogen.

Es stimmt das vollkommen mit den betreffenden Angaben in dem Berichte des Herrn Ober-Ingenieur Maey an die Direction der N. O. B., wonach derselbe nach einer kurzen normalen Fahrt eine grössere Beschleunigung beobachtet und in Folge dessen den Wagen stärker hatte bremsen lassen. Erst nachher sei ihm plötzlich eine Menge Dampf und Rauch entgegengeströmt. Es ist das jedenfalls der Augenblick, in welchem Herr Haueter Gegendampf gegeben hat. Dadurch scheinen die Räder sofort zum Schleudern gebracht worden zu sein. Ein Schleudern ist aber gerade im vorliegenden Falle noch besonders ungünstig gewesen, weil die ganze Masse der Walze, die bei ihrer Drehung nur den eigenen Zapfenreibungswiderstand zu überwinden hatte, als Schwungmasse gewirkt hat, so dass ein einmal begonnenes Schleudern, bei der dadurch noch hervorgerufenen Reduction des Reibungscoefficienten am Triebrad, nur schwerer aufhören konnte.

Gestützt auf die constatirte gleichzeitige Benutzung von Bremsen und Gegendampf und das gleichfalls actenmässig con-

statirte Aufwärts-Schleudern der Triebäder, kommt nun Herr Professor Sternberg in seinem Gutachten zu folgendem Schlusse:

„Nach meiner Ueberzeugung ist die Ursache der un-aufhaltsamen Abwärtsbewegung des Zuges allein in der Verwendung des vollen Gegendampfes zu suchen, während die sonst ganz wirkungslose Locomotivbremse durch die Bildung eines „Schmiermittels“ (an anderer Stelle „Kohlenpulver und Graphit“ genannt) zwischen Schiene und Triebad die an sich schon geringe Reibung auf ein ganz unzulässiges Maass erniedrigte. Ohne den Gegendampf würde durch die Blockbremse allein das Unglück sicherlich vermieden worden sein. Auch hätte der Gegendampf den Zug in der Gewalt des Führers gehalten, wenn nur so wenig Dampf zu den Cylindern zugelassen worden wäre, um mit oder ohne Blockbremse ein Rückwärtsschleudern der Räder zu verhindern.“

Dieser Schlussfolgerung können wir in keiner Weise beistimmen. Der zweite Satz widerspricht zunächst vollkommen den von uns gemachten Erhebungen, wonach der Gegendampf erst in Anwendung gebracht wurde, als sich durch die übermässige Zunahme der Geschwindigkeit gezeigt hatte, dass eben die Blockbremsen allein nicht mehr genügten. Wenn also wirklich dem Zusammenarbeiten von Gegendampf und Blockbremse eine Schuld beigemessen werden müsste, so würde damit höchstens erklärt werden können, warum der schon zu schnell fahrende Zug nicht mehr angehalten werden konnte, aber nicht, warum er in die gefährliche Geschwindigkeit kam. Uns scheint aber der letztere Punkt der wichtigere zu sein, da jedenfalls dieselben Umstände, welche die Blockbremse nicht zur Wirkung kommen liessen, auch die Dampfbremse wirkungslos machten. Nachdem Herr Haueter gesehen hatte, dass die Blockbremsen nicht ausreichten, aus einem Grunde, den er auf dem Führerstande stehend natürlich auch nicht im entferntesten vermuthen konnte, so musste er zu dem einzigen ihm noch verfügbaren Mittel greifen, dem Gegendampf. Dass derselbe so stark wirkte, dass die Räder nach aufwärts schleuderten, ist sicher, ebenso aber auch, dass Herr Haueter daraus in keiner Weise ein Vorwurf gemacht werden darf, da er nach seiner ausdrücklichen Angabe das Schleudern auf der Locomotive selbst nicht spürte, während man dasselbe sonst sofort merkt. Wir müssen diese Angabe vollkommen glaublich finden, da wir unmöglich annehmen können, dass Herr Haueter, den wir übereinstimmend für einen sehr tüchtigen und auch kaltblütigen Führer halten, bei bemerktem Schleudern nicht sofort die Einwirkung des Gegendampfes gemässigt hätte.

Herr Professor Sternberg braucht zwar das Zusammenarbeiten von Dampf- und Blockbremse, um von dem Verkohlen der letzteren das „Schmiermittel“ herzuleiten, welches den Reibungscoefficienten zwischen Rad und Schiene so bedeutend reducirt haben soll. Nun werden aber hölzerne Bremsklötze bekanntlich noch häufig benutzt, und es ist uns kaum verständlich, warum nicht auch sonst ein Verkohlen und die Bildung eines solchen Schmiermittels eintreten und die ganze Bremswirkung illusorisch machen sollte. So ungemein viel schneller, als z. B. bei den Laufrädern der Wagen in Schnellzügen kann doch die Umfangsgeschwindigkeit kaum gewesen sein! Der Haupteinwand gegen diese Behauptung des Herrn Experten ist aber der: dass die Bremsklötze gar nicht verkohlt waren.

Dafür sprechen folgende Beobachtungen und Ueberlegungen:

Herr Ober-Ingenieur Moser, der bei der Katastrophe in Wädensweil war, constatirte auf den Bandagen der beiden gebremsten Räder „einen vollständigen Fett- oder Oelüberzug“, doch keinerlei Verkohlungen.

Am Tage nach der Katastrophe hat der mit unterzeichnete Ingenieur Tobler eine Besichtigung der Locomotive in Wädensweil vorgenommen, und hat dabei die Bremsklötze fettig, nur sehr wenig angegriffen, aber nicht angebrannt gefunden.

Herr Staatsanwalt Dr. Kappeler beobachtete am 12. December 1876 (Act. 34), dass das eine Hinterrad und einer der

hölzernen Bremsklöben „schwärzlich ölig befettet“ waren, der hölzerne Bremsklöben so zwar, dass, wo mit dem Messer die Oberfläche weggeschnitten wurde, das Holz immer noch sich ölig zeigte“, und am 15. December 1876 (Act. 45), dass der andere Bremsklötz „sich bedeutend weniger ölig“ zeigte; „immerhin ist kaum zu verkennen, dass auch dieser mit Oel in Berührung gekommen ist.“ Das zu den anderen theilweise abgesprungenen Klötzen gehörige Rad „zeigte sich fast noch ölig“, als das am 12. gesehene.“ Von einer Verkohlungen erwähnt auch Herr Dr. Kappeler nichts. Wenn aber das andere Rad, von dessen Bremsklötzen die Reibungsflächen fehlten, fast noch ölig war, so ist nicht anzunehmen, dass diese verkohlt gewesen sein sollten, da je stärker die Föftung war, desto schwerer eine Entzündung oder Verkohlungen eintreten konnte.

Wir haben bei unserer jetzt, d. h. nach länger als $\frac{3}{4}$ Jahren, vorgenommenen Besichtigung allerdings kein Oel mehr an den Klötzen constatiren können, ebensowenig wie Herr Professor Sternberg, wenn uns auch das eine noch Spuren davon zu haben schien, noch weniger aber haben wir sie irgend wie verkohlt gefunden.

Auf der anderen Seite ist durch Herrn Maschinenmeister Hölzzenbein, der die ganze Strecke bis gegen Schindellegi wenige Tage nach der Katastrophe begangen hat, gesehen worden, dass auf der ganzen Länge von etwas unter dem letzten Haltpunkte an beide Laufschiene intermittirende Oelspuren zeigten. Ein stellenweises Abgeschliffensein war dagegen nur unmittelbar oberhalb der Station Wädensweil zu bemerken.

Alle diese Beobachtungen lassen die von Herrn Professor Sternberg gemachte Annahme einer Graphit-Schmiere als durchaus unhaltbar erscheinen, vielmehr ist als ziemlich sicher anzunehmen, dass eine intensive Föftung der Reibungsflächen stattgefunden hat. Diese erklärt die Abnahme des Reibungswiderstandes vollkommen, daher auch die bedeutende Geschwindigkeitszunahme und die Unmöglichkeit, den Zug wieder anzuhalten, da natürlich die Wagenbremse allein für Wagen und Locomotive nicht ausreichend war. Ebenso erklärt sich daraus aber auch der Umstand, dass das Schleudern auf der Locomotive nicht spürbar war, und dass die Laufschiene auf dem weitaus grössten Theile der jedenfalls mit häufigem Schleudern durchfahrenen Strecke keinerlei Spuren desselben zeigten.

Mit der Verkohlungen der Bremsklötze fällt aber auch die ganze Schlussfolgerung des Herrn Professor Sternberg, aus welcher er die moralische Verantwortlichkeit für Herrn Haueter herleitet, dahin:

Der letzte der citirten Sätze des Herrn Experten ist zwar im Allgemeinen richtig, setzt aber normalen Zustand von Bandagen und Schienen voraus. Ob im vorliegenden Falle durch nachherige Benutzung des Gegendampfes allein ein Anhalten möglich gewesen wäre, lässt sich jetzt nicht mehr entscheiden, und ist auch wahrscheinlich überhaupt nicht zu ermitteln gewesen. Es würde das jedenfalls davon abhängig gewesen sein, ob die Bremsklötze durch einen einmaligen Oelerguss fettig geworden sind, oder ob ununterbrochen während der ganzen Fahrt Oel auf die Räder gelangt ist. Im letztern Falle, der uns nach den anhaltenden Spuren auf den Schienen der wahrscheinlichere zu sein scheint, würde auch die mit passender Intensität benutzte Dampfbremse allein vielleicht nicht im Stande gewesen sein, den Zug anzuhalten. Immerhin wäre ihre alleinige Benutzung insofern günstiger gewesen, als das Oel zwischen den Bandagen und Schienen bei der durch das Schleudern hervorgebrachten Reibung möglicherweise eher verdunstet wäre, als an den hölzernen Bremsklötzen, wie auch eiserne Bremsklötze in diesem Falle günstiger gewirkt hätten. Uebrigens ist es jetzt, wo man den Zustand der Bremsklötze kennt, leicht, darüber zu discutiren, was wohl das Beste gewesen wäre. Ein auf der schnell abwärts fahrenden Locomotive befindlicher Führer, der den Zustand der Bremsklötze nicht kannte, durfte namentlich unter den damaligen Verhältnissen, d. h. bei der ausgekuppelten Vorderachse, die Regulirung des Zuges jedenfalls nicht der Dampfbremse allein anvertrauen, er musste durch Anziehen oder durch Angezogeneinlassen der Klotzbremse ein Gegenmittel gegen ein

etwaiges durch die Dampfbremse hervorgebrachtes Schleudern in der Hand behalten.

Aus allem über die Benutzung der Bremsen Gesagten kommen wir nun zu dem Schlusse, dass dieselbe eine durchaus richtige war. Namentlich Herr Maschinenmeister Haueter hat seine Pflicht als Locomotivführer vollkommen erfüllt, so dass ihm keinerlei Verantwortung für das Unglück aufgebürdet werden darf. Er hat sogar, als er sah, er könne den Zug nicht mehr retten, um weiteres Unglück am Bahnhof Wädensweil möglichst zu verhüten, mit der Dampfpeife ununterbrochen Nothsignale gegeben — was im Falle der eigenen Gefahr von den Locomotivführern bekanntlich am leichtesten vergessen wird. Der directe Grund für den Unfall ist vielmehr mit grösster Wahrscheinlichkeit der Umstand, dass die hölzernen Bremsklötze und damit die Bandagen der Locomotivtriebräder ölig geworden sind. Woher aber das Oel gekommen ist, lässt sich jetzt nicht mehr bestimmen. Die Maschine war neu, dieselbe musste also, um nicht warm zu laufen, stark geölt werden. Es ist daher möglich, dass das Oel von dorthier stammte, nachdem bei dem Zerschlagen der oberen beiden Dreiecke irgend eine sehr volle Schmiervorrichtung unbemerkt in Unordnung gerathen war. Da das Triebwerk der Maschine schon vollständig demontirt ist, so konnten wir die Schmiervorrichtungen daraufhin nicht mehr untersuchen. Wir würden auch kaum zu einem Resultate gekommen sein, da eine etwaige Beschädigung mit grösserer Wahrscheinlichkeit von dem Sturze der Maschine hätte hergeleitet werden müssen. Ausser der Maschine mussten aber auch, namentlich bei der gewählten Zahnform an der Walze, wegen der Lage des Berührungspunktes oberhalb des Theilkreises, die Mittelschienen gefettet werden, so dass die Walze von diesem Oel bei der Bergfahrt aufgenommen und dasselbe bei der Thalfahrt an die gebremsten Triebäder gespritzt haben kann. Den Zustand der Walze in dieser Richtung haben wir nirgends constatirt gefunden, und jetzt lässt sich natürlich darüber nichts mehr erheben. Da aber beide Räder mit Oel gefettet wurden, so ist immerhin einige Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, dass die Walze wenigstens bedeutend mitgewirkt habe. Ein solches Ereigniss hat natürlich ausserhalb der Berechnung gelegen. Wir sind also nicht im Stande, irgend einer bestimmten Persönlichkeit desswegen eine Schuld beizumessen.

Es könnte gefragt werden, warum nicht auch hinter die hinteren Triebäder Sand gegeben werden konnte. Die Locomotiven sollten aber im normalen Betrieb, für den sie eigentlich bestimmt waren, nur auf ganz wenig geneigten Strecken mit Adhäsion wirken und zwar mit gekuppelten Achsen. Für die starke Steigung war die Mitwirkung der Walze vorgesehen, die bei richtigem Arbeiten natürlich den Sand ganz überflüssig gemacht hätte. Es war also genügend, den Sand vor die vorderste Triebachse zu bringen, wie das auch sonst ganz allgemein geschieht. Für eine Probefahrt konnte eine Umänderung der Sandrohre auch nicht verlangt werden.

Im Uebrigen ist gesandet worden. Das Sanden ist aber nur den Rädern des Wagens zu Gute gekommen und konnte daher nicht genügend wirken.

Wir kommen also über die Katastrophe selbst zu folgenden Schlüssen:

1. Die vorhandenen Bremsvorrichtungen waren genügend, um unter normalen Verhältnissen mit Benutzung der Adhäsion allein den Zug in der Gewalt zu behalten.
2. Die Bremsvorrichtungen waren auch in gutem Zustande und sind vollkommen richtig angewendet worden.
3. Die Bildung einer „Graphit-Schmiere“ durch Verkohlung der Bremsklötze können wir nicht zugeben.
4. Die wahrscheinliche unmittelbare Veranlassung der Katastrophe ist die Fetzung der Reibungsflächen an den Triebädern der Locomotive.
5. Der eigentliche Grund, d. i. der Ursprung dieser Fetzung, lässt sich nicht mehr feststellen.
6. Wir können keiner bestimmten Persönlichkeit irgend eine Verantwortlichkeit aufbürden.

7. Wir müssen vielmehr das Unglück erklären aus dem Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände, die aber kaum vorauszusehen waren.

Der zweite Theil der uns gestellten Aufgabe verlangt eine Kritik der amtlichen Untersuchung und eine darauf gestützte Antragstellung.

In dieser Richtung müssen wir zunächst hervorheben, dass das Gericht hier vorgegangen ist, wie in ähnlichen Fällen die Gerichte unseres Wissens immer vorgehen. Der Thatbestand wird durch Juristen aufgenommen und erst, wenn diese nicht im Stande sind, auf Grund desselben allein eine sichere Entscheidung zu fällen, wird ein sachverständiger Experte zugezogen. Wir können natürlich den Behörden keinerlei Vorwurf daraus machen, dass sie auch in dem vorliegenden Falle den allgemeinen Gebrauch befolgt haben. Wir fassen vielmehr unsere Aufgabe so, dass wir an dem vorliegenden Falle die Uebelstände des üblichen Verfahrens nachweisen sollen, soweit nicht etwa ganz specielle Fehler gemacht worden sind.

Die Folgen dieses gebräuchlichen Verfahrens sind die, dass auf der einen Seite Sachen protocollirt werden, die für die Entscheidung einer Schuld oder Unschuld vollkommen überflüssig sind, also verlorene Mühe; auf der anderen Seite dagegen, und das ist die schlimmere, werden einzelne Umstände nicht constatirt, deren Kenntniss für eine schliessliche Entscheidung unumgänglich nöthig ist, die aber manchmal durch einen später zugezogenen Experten nicht mehr klar gestellt werden können, weil sich ihre Spuren im Laufe der Zeit zu sehr verwischt haben.

Zu den überflüssigen Massregeln im vorliegenden Falle gehört, dass die Mittelschienen, welche durch den entgleisten Wagen zerschlagen worden waren, mit Beschlagnahme belegt wurden, und allgemein die genauen Erhebungen über die Schädigungen an der Bahn. Es genügt dabei vollkommen die Constaturung, dass der Wagen in einer Curve nach einwärts entgleist sei. Ist nämlich einmal eine Entgleisung eingetreten, so ist die Menge und Art der dadurch verursachten Beschädigungen von ganz unbedeutenden, aber vollkommen unberechenbaren Zufälligkeiten abhängig. Irgend welcher Schluss auf die Schuldfrage lässt sich daraus nicht ziehen. Diese Beschlagnahme und diese Erhebungen wären höchstens gerechtfertigt gewesen, wenn es sich um einen Process über die Frage gehandelt hätte, wer die Kosten der Reparaturen zu tragen habe.

Ueberhaupt sind das Fortschleudern von Personen und Schienen von dem Wagen, die Entgleisung des letzteren, die Entgleisung und der Sturz der Locomotive, wenn auch die unmittelbaren Ursachen von Verletzungen und Tödtungen, so doch für eine criminalgerichtliche Schuldfrage von nebensächlicher Bedeutung. Der wesentliche Punkt ist die übermässige Geschwindigkeit, welche der Zug angenommen hatte und welche nicht mehr zu verringern ging. Es hätte also bei der Aufnahme des Thatbestandes namentlich auf Alles das Rücksicht genommen werden sollen, was über diesen Punkt Aufklärung zu geben hätte geeignet sein können. Die Entscheidung, was das alles ist, kann aber natürlich nur von einem speciellen Fachmanne, nicht von einem Juristen, getroffen werden.

Ein schon beim ersten gerichtlichen Einschreiten zugezogener technischer Experte hätte sofort erkannt, dass drei bremsbare Achsen von vieren auf einem Gefälle von 5⁰/₁₀ eigentlich genügende Sicherheit bieten sollten, und hätte sein Augenmerk vor Allem auf den Zustand der Bremsen gerichtet. Ihm wäre die ölige Oberfläche der Bremsklötze und Bandagen der Locomotive nicht entgangen, er hätte sich gefragt, woher das Oel kommt, ob von der Walze, oder sonst woher. Er hätte vielleicht eine sofortige chemische Untersuchung der Bremsklötze veranlasst. Jedenfalls aber hätte er eine baldige Besichtigung der ganzen Linie auf fettigen Zustand der Laufschiene vorgenommen. Alle derartigen Untersuchungen sind vom Gericht erst auf anderweitige Anregungen, theilweise spät, angeordnet und nicht immer in der nöthigen Ausdehnung ausgeführt worden. Es betrifft dies namentlich die Untersuchung der Längsschienen

auf Oelspuren. Dieselbe wurde (Act. 112) am 27. Januar 1877 am Bahnhofe Wädensweil und aufwärts bis zur Weberschen Brauerei vorgenommen, an einer Stelle also, wo sie absolut keine Bedeutung hat. Am 31. Januar 1877 wurde die Besichtigung dann (Act. 115) bis etwas über Hectometerpfahl 13 ausgedehnt, also bis ungefähr an die Stelle, an welcher der Wagen anfang zu entgleisen, an der also der Zug als schon längst verloren angesehen werden musste. Eine Besichtigung bis oben hinauf, nahe an die Station Schindellegi fehlt gänzlich, und es war für uns von grösster Wichtigkeit, dass Herr Maschinenmeister Hölzzenbein hier mit seinen Angaben in die Lücke treten konnte.

Hätte der Experte, Herr Professor Sternberg, namentlich den öligen Zustand der Schienen auf der ganzen Länge und das Fehlen fast aller Spuren des Schleuderns auf denselben gekannt, so würde sein Urtheil wohl anders ausgefallen sein.

Als ein specieller Fehler dieser Untersuchung muss noch besonders hervorgehoben werden, dass der Herr Experte gar nicht persönlich mit dem Führer der Locomotive, Herrn Maschinenmeister Haueter, verhandelt hat. Es war eigentlich unumgänglich nöthig, von diesem selbst genau zu erfahren, in welcher Art er die Bremsen benutzt hatte. Und da schliesslich Herr Haueter als der schuldige Theil bezeichnet wurde, wenn auch nur mit moralischer Verantwortlichkeit, so ist damit eigentlich der fundamentale Rechtsgrundsatz verletzt: „Audiatur et altera pars.“

Es ist auch von einigen Seiten als ein Fehler bezeichnet worden, dass nur ein einziger Experte zugezogen worden sei. Wir können dem aber nicht beistimmen. Ein einziger hervorragender Specialist hat in solchen Fällen eine grössere Bedeutung, als mehrere Andere, wenn sie sich in die specielle Frage erst einarbeiten müssen.

Wir halten dafür, dass, wenn ein technischer Experte vom Anfang einer Untersuchung an, und vielleicht auch bei der Formulirung der sonst üblichen Fragen, mitwirken würde, das ganze Verfahren viel sicherer und daher oft auch kürzer werden müsste. Namentlich wichtig ist aber das rechtzeitige Herbeiziehen eines Sachverständigen bei Vorkommnissen wie Eisenbahn-Unfällen, Dampfkessel-Explosionen, Brücken- oder Häuser-Einstürzen u. dgl., bei denen wegen der Unmöglichkeit einer längeren Störung des Betriebes oder der Communication der Thatbestand oft bald verwischt werden muss.

Wenn wir in der Frage nach der Art der amtlichen Untersuchung der Wädensweiler Katastrophe der Eisenbahn-Commission einen Antrag vorlegen sollen, so kann es nur folgender sein:

Die Commission wolle erklären:

1. Im vorliegenden Falle ist es als ein Fehler zu bezeichnen, dass der schliesslich verantwortlich erklärte Maschinenmeister Haueter nicht noch von dem Experten selbst einvernommen worden ist.
2. Was sonst vom Gerichte versäumt wurde, entspringt dem allgemeinen Gebrauche bei derartigen Untersuchungen und ist daher in dem besondern Falle nicht als belastendes Moment anzusehen.

Ferner wolle die Commission beschliessen:

3. Es sei dahin zu wirken, dass künftig in ähnlichen Fällen von Anfang an fachmännische Experten zugezogen werden.

Zürich, September 1877.

Die Special-Commission:

- A. Fliegner, Prof.
- J. Tobler, Ing.
- A. Schmid, Masch.-Ing.

Abschrift.

Carlsruhe, den 5. April 1877.

An die Staatsanwaltschaft des eidgenössischen Standes
ZÜRICH.

Nachdem ich auf Einladung der eidgenössischen Staatsanwaltschaft vom 27. Januar ds. Js. mich einer Begutachtung des bei der Probefahrt auf der Eisenbahn Wädensweil-Einsiedeln am 30. November 1876 eingetretenen Unglücksfalls zu unterziehen, meine Bereitwilligkeit hiezu ausgesprochen hatte, wurden mir unter dem 7. Februar die bis dahin entstandenen Untersuchungsacten eingesendet. Am 16. Februar habe ich um Ergänzung dieser Acten und Einziehung einiger Zeugenaussagen gebeten, die mir unter dem 11. März übermittelt wurden. Auf einer Reise nach Zürich und zur Eisenbahnstrecke Wädensweil-Einsiedeln während der Tage vom 15. bis 19. vorg. Mts. habe ich Gelegenheit gefunden durch Untersuchungen an Ort und Stelle meine Anschauungen der vorliegenden Verhältnisse festzustellen, so dass ich nunmehr in der Lage zu sein glaube, ein richtiges und sachgemässes Urtheil abgeben zu können.

Die mir von der Staatsanwaltschaft zur Beantwortung vorgelegten Fragen lauten wörtlich:

1. Ist nach Ihrem technischen Ermessen irgend welchen bestimmten Persönlichkeiten die Verursachung fraglichen Unglücksfalls zuzuschreiben?
2. Wenn Ja, welches sind diese Persönlichkeiten und diese Ursachen?
3. Ist dieses ursächliche Thun oder Lassen jener Persönlichkeiten den Umständen nach als Fahrlässigkeit zu bezeichnen?
4. (Bei Verneinung der Hauptfrage 1) Welchen sonstigen Ursachen ist der Unglücksfall zuzuschreiben?

Es wird zunächst nothwendig sein, in Kürze den Thatbestand, wie derselbe sich aus der Voruntersuchung und dem Augenschein ergeben hat, festzustellen.

Wenn man von frühern Versuchen mit unvollkommenen Locomotiven auf einer kurzen Strecke bei Wädensweil absieht, so begannen die eigentlichen Probefahrten auf der nach Wetli's System erstellten Eisenbahn Wädensweil-Einsiedeln mit den endgültigen von der schweizerischen Nordostbahn durch die Maschinenfabrik Esslingen bezogenen Locomotiven am 17. October vorigen Jahres und wurden am 2. November fortgesetzt. Bei beiden Probefahrten ereignete es sich, dass besonders bei der Thalfahrt das Schraubenrad der Maschine auf die Dreieckschienen aufstieg und etliche derselben zerschlug.

Nach Ausbesserung der Bahn wurde am 30. November der Versuch, welcher zu der in Rede stehenden Catastrophe führte, wiederholt.

Der Probezug bestand aus der thalwärts stehenden Locomotive und nur einem mit Schienen belasteten zweiaxigen Wagen. Die Locomotive, eine zweiaxige gekuppelte Tendermaschine, besass eine dritte durch besondere Schubstangen bewegte Axe, welche die mit spiralförmig gebildeten Zähnen versehene Walze (das Schraubenrad oder Felgenrad) trug. Diese war durch Vermittlung eines besondern senkrechten Dampfcylinders nach Willkür in Eingriff mit der Zahnstange (den Dreieckschienen) zu bringen und dann durch den Dampfdruck zu belasten, oder auch emporzuheben, also aus dem Eingriff der Zähne zu bringen und daselbst durch eine selbstwirkende Fangvorrichtung festzuhalten. Die Gewichte der Locomotive waren nach Ausweis der Wägeversuche folgende:

Maschine ganz leer	394 Ctr. bei gehobener Walze
mit Wasser im Kessel (110 ^m / _m Wasser)	447 " " " "
mit Wasser im Tenderkasten aber ohne Kohlen	508 " " " "
desgleichen mit 10 Ctr. Kohlen vollständig betriebsfähig	517 " " " "
Davon fielen auf die hintere Triebaxe	275 "
Das Gewicht der Walze war	34,3 "

Demnach war das Gewicht der Maschine bei gesenkter Walze, aber ohne den belastenden Dampfdruck in betriebsfähigem Zustande:

517 — 34,3 = 482,7 (nach andern Angaben 485 oder 484 Ctr.)

Als Bremsapparat besass die Maschine ausser der Lechatelier'schen Vorrichtung zum Gebrauche des Gegendampfes eine mit der Hand zu bewegend Schraubenbremse, durch welche die beiden Treibräder der Hinteraxe vermittelst vier hölzerner Bremsklötze beiderseits gepresst werden konnten.

Vor Beginn der Fahrt wurden behufs kräftigeren Erprobens des Schraubenrades die beiden Kuppelstangen, welche die vordere Treibaxe mit der Dampfmaschine verbinden, weggenommen, so dass nunmehr allein die hintere Treibaxe sowie das Schraubenrad von den Dampfkolben angetrieben wurden und die vordern Treibräder lediglich als Laufräder arbeiteten.

Der den Zug bildende einzige Schienenwagen „N. O. B. S. S. 8093“ war laut Ausweisung des amtlichen Waagscheines mit 95 Stück Ausschusschienen von 18 Fuss Länge beladen und wog brutto 40 028 Pfund, tara 12 180 Pfund, netto 27 848 Pfund und war mit der Aufschrift: „Tragfähigkeit 15 000 Kilogr.“ versehen. Der Wagen war zweiaxig und hatte eine Schraubenbremse, welche alle vier Räder mit vier gusseisernen einseitig wirkenden Klötzen bremste; er lag auf Federn, hatte elastische Zugstange und Buffer und war mit der Maschine durch eine starke Patentkuppelung verbunden.

Die Bahn von Wädensweil am linken Ufer des Zürchersee's (Station der linksufrigen Zürichseebahn von Zürich nach Glarus), bis Einsiedeln ist etwa 17 Kilometer lang; es gehören jedoch nur die untern 10 Kilometer der mit dem Wetli'schen System ausgerüsteten Bergbahn an, während die letzten 7 Kilometer annähernd in einer etwa 850 ^m/_m über Meer liegenden Horizontalen liegen. Die Bergbahn zählt von unten beginnend die horizontal angelegten Bahnhöfe Wädensweil, Burghalden, Samstagern und Schindellegi; die Steigung beträgt 50 ‰; von Schindellegi bis zur obern Ebene (Kilometer 8,5 bis 9,0 etwa) jedoch nur 43,7 ‰; zwischen Kilometer 4 und 5 liegt noch eine kurze Strecke mit der geringen Steigung von 3,5 ‰. Die Bahn ist den Bergabhängen folgend entwickelt und enthält eine Menge sehr scharfer Curven (bis herunter zu 150 ^m/_m Radius) in welchen die Fahrschienen entsprechend überhöht und erweitert sind.

Am 30. November war schönes Wetter. Die Schienen waren mit Thau und weiter im Gebirge wenigstens theilweise mit Reif bedeckt. Die Fahrt begann etwas vor 9 Uhr Morgens; auf der Maschine standen 4 Personen, ein Maschinenmeister als Locomotivführer, 1 Locomotivführer und 2 Heizer; 10 andere Personen, nämlich die beteiligten Mitglieder der Direction, die Obergeringenieure, Ingenieure und der Stationsvorstand, sowie ein Bremser standen auf dem Schienenwagen.

Die Fahrt bergan ging langsam und im Ganzen ohne Störung vor sich. Man hielt mehrmals an, um zu untersuchen, ob die Schraubenzähne ordentlich an der Zahnstange arbeiteten und fand diess auch meistentheils bestätigt, indem sich die Spuren des Eingriffs an den gefetteten und mit Thau oder Reif bedeckten Dreiecksschienen deutlich erkennen liessen; theilweise jedoch wurde auch constatirt, dass das Schraubenrad an einzelnen Stellen vorgelaufen war, also nicht mehr im Eingriff sich befand. Unzweifelhaft war dies auch an einem mit Bohlen ausgekleideten Wegübergange in der Bahnfläche, nahe bei Schindellegi der Fall, wo die Felgen des Schraubenrades das Holz zum Theil zersplitterten und Eindrücke hinterliessen, die am Tage des Augenscheins (den 17. März) noch deutlich sichtbar waren. Die Geschwindigkeit des Zuges war so gering, dass die begleitenden Personen streckenweise hinter dem Zuge zu Fuss gingen.

Man erreichte die Station Schindellegi, welche 756 ^m/_m über Meer und 347 ^m/_m über dem Bahnhof Wädensweil liegt, etwa um halb 12 Uhr. Nach einem kurzen Aufenthalte von einer Viertelstunde wurde die Rückfahrt angetreten. Der Zug bewegte sich anfangs langsam und das Schraubenrad griff richtig ein; bald jedoch (333 ^m/_m von der Mitte der Station thalwärts) stieg das Schraubenrad auf die Dreiecksschienen, die Maschine schleuderte

und es wurden mehrere Dreiecksschienen zerschlagen. Der Zug hielt unmittelbar darauf an, fuhr dann noch einige Meter weiter abwärts, um den Zustand von Bahn und Locomotive, welche die beschädigte Stelle der Bahn bedeckte, besser untersuchen zu können, und hielt wieder an. Der Zug war also in diesem Augenblicke noch vollkommen in der Gewalt des Führers. Es wurde beschlossen, die Thalfahrt weiter ohne Hülfe des Schraubenrades, welches in die Höhe genommen wurde, fortzusetzen. Nach kurzem Aufenthalte nahmen alle Personen ihre Plätze wieder ein und es begann die Thalfahrt von Neuem. Die Geschwindigkeit wurde jedoch bald bedenklich gross, man bremste den Wagen und die Maschine und gab Gegendampf. Aber jetzt zeigte es sich, dass der Zug nicht mehr die nöthige Widerstandskraft der Schwere gegenüber besass, die Geschwindigkeit wuchs zu einem gefährlichen Grade (nach Angaben zu 60 Kilometer in der Stunde = 16 ²/₃ ^m/_m in der Secunde) die lose liegenden Schienen unter den Füßen der Mitfahrenden, besonders in den engen Bahncurven, schienen lebendig zu werden, einige der auf dem Schienenwagen befindlichen Personen sprangen von dem Zuge ab, andere wurden abgeschleudert, unter letztern Herr Dr. Kälin, welcher nebst einer Schiene durch die Centrifugalkraft über den Rand des Wagens eine hohe Dammböschung hinunter geworfen und augenblicklich getödtet wurde. Unterwegs stieg ein Heizer von der Locomotive auf den Schienenwagen, um an die Stelle des abgeworfenen Bremers zu treten, und die Bremse noch fester anzuziehen, was diesem auch insofern gelang, als er noch die Schraube um ¹/₄ Umdrehung mehr anzuspinnen im Stande war. Beim Durchlaufen der horizontalen Bahnhofstrecken verminderte sich die Geschwindigkeit allerdings etwas, aber auch dort konnte der Zug nicht zum Stehen gebracht werden. Etwa 1 ¹/₂ Kilometer vor der untern Station Wädensweil, in einer Curve von 240 ^m/_m Radius, also nicht in einer der engsten auf der Bahnlinie, entgleisten die thalabwärts stehenden Räder des Schienenwagens derart, dass dieselben sich nach der Richtung des Krümmungsmittelpunktes verschoben, so dass das der convexen äussern Schiene entsprechende Rad in den Raum innerhalb der Bahnschienen, das andere Rad ausserhalb derselben über die Schwellenköpfe sich bewegte.

Durch dieses Ereigniss, wodurch beim ganz unregelmässigen Weiterrollen des Wagens eine Menge (368 Stück) Dreiecke aufgerissen und zerstört und eine entsprechende Anzahl von Bahnschwellen zerspalten und beschädigt wurden, entstand ein sehr grosser Widerstand, der zum endlichen Zerreißen der starken Schraubenkuppelung führte und das Loslösen des Wagens von der Locomotive bewirkte. Nach dem Festrennen des Schienenwagens waren die noch auf demselben angeklammerten Personen so glücklich, unbeschädigt den Erdboden zu gewinnen. Die Locomotive wurde nun frei, aber statt jetzt im Stande zu sein, die durch das Entgleisen des Schienenwagens ermässigte Geschwindigkeit gänzlich zu hemmen, nahm dieselbe eine noch grössere Geschwindigkeit an (sie wird auf 120 Kilometer in der Stunde = 33 ^m/_m in 1 Secunde taxirt) und erreichte nach kurzer Zeit den Eingang des Bahnhofes Wädensweil. Die Wetlische Bahn mündet in die Geleise dieses Bahnhofes, vermittelst des krummen Stranges einer einfachen Weiche I, welche die Locomotive im Sinne der Weichenzungen zu durchlaufen hatte; nach dieser folgt unmittelbar das Herzstück einer Weiche II, deren krummer Strang gleichfalls im Sinne der Zungen zu durchlaufen war; an diese schliesst sich sofort eine Weiche III mit entgegengerichteten Zungen.

Die Locomotive durchlief den krummen Strang der Weiche I, verschob diesen durch die Wirkung der Centrifugalkraft im Ganzen um etwa 20 ‰ und schleuderte den am Weichenhebel stehenden Wärter zurück, ohne indessen eine wesentliche Beschädigung der Schienen, welche jedoch sämmtlich etwas schräge umgedreht wurden, hervorzubringen. Auch ist die Strecke zwischen den Weichen I und II ohne Schädigung geblieben; erst umgefähr eine Schienenlänge vor der Zungenwurzel der Weiche II ist sowohl an Schwellen, als an Schienen eine gewaltsame Einwirkung zu erkennen und von diesem Punkte ab sind die Weichen II und III in Schwellen und Schienen durchaus verschoben, gerissen und gebrochen. Die Locomotive war hier also in der vollsten Entgleisung, sie überstürzte sich, der

Kessel trennte sich vom Untergestell und flog, die Schienen ganz verlassend, ungefähr in der Richtung des schrägen Verbindungsstranges zwischen Weiche I—II fort und blieb endlich, nachdem die einzelnen Theile mehrmals aufschlagend den Boden aufgewühlt hatten, in Trümmern auf den Bahnhofsgleisen liegen. Bei dieser Catastrophe wurde das noch auf der Maschine befindliche Personal (der Maschinenführer und 2 Heizer) weggeschleudert; der eine Heizer blieb todt, die beiden andern Personen wurden mehr oder weniger gefährlich verletzt.

Nach dieser Darstellung der Ereignisse wird es meine Aufgabe sein, zunächst folgende Fragen zu beantworten:

1. Weshalb ist das Schraubenrad auf die Dreieckschienen gestiegen und ausser Eingriff gerathen, und war es nöthig nach dem Aufstieg desselben bei der Station Schindellegi während der Thalfahrt das Rad hoch zu halten?
2. Weshalb gerieth der Zug während der Thalfahrt trotz Bremsen und Gegendampf in die unaufhaltsam schnelle Bewegung?
3. Durch welche Ursachen sind Schienenwagen und Locomotive entgleist?

Zur Beantwortung der ersten Frage habe ich sowohl das Schraubenrad der Locomotive als die Zahnstange der Bahn (die Dreieckschienen) einer genauen Messung unterzogen. Die Angriffsflächen des Schraubenrades sind unter Zuhülfenahme von Blechsablonen mit der Hand bearbeitet worden; sie können daher nicht auf eine mathematische Genauigkeit Anspruch machen, jedoch sind die sich vorfindenden Differenzen in den Maassen sehr klein und betragen höchstens 1 bis 2 $\frac{m}{m}$. Die trigonometrische Tangente des Neigungswinkels der Spiralen gegen die Ebene normal zur Cylinderachse ergab sich zu 0,462 bis 0,466, so dass die beiden Spirallinien gegen einander geneigt in den Winkeln von $49^{\circ} 36'$ bis 50° sind. Das Spiralrad ist dreigängig, d. h. bei jeder Umdrehung desselben kommen 3 Zähne oder Doppelspiralflächen mit den entsprechenden Dreieckszähnen der Bahn in Berührung. Die Ganghöhe richtet sich nach der Tiefe der Einsenkung und diese letztere wird bestimmt durch zwei Cylinderstücke, welche mit dem Schraubenrade fest verbunden sind und bei regelrechtem Eingriffe auf den Fahrchienen der Bahn ruhen. Der Durchmesser dieser Cylinderstücke ist $891 \frac{m}{m}$ und die Profile von Spiralrippe und Dreieckschiene sind so beschaffen, dass die Berührung beider in der Höhe der Schienoberfläche stattfindet. Die Ganghöhe beträgt demnach $\pi \frac{891}{3} = \frac{2799}{3} = 933 \frac{m}{m}$. Dabei reichen

die Spiralzähne $13 \frac{m}{m}$ unter die Schienoberfläche, während die Dreieckschienen noch $15 \frac{m}{m}$ über diese Fläche emporragen. Diese Dreieckschienen, die Zahnstange der Bahn, muss der Abwicklung des Schraubenrades entsprechen. Ich habe die Theilung, d. h. die Entfernung von Dreieck zu Dreieck, an sehr verschiedenen Stellen der Bahn gemessen und dieselbe zu $930 \frac{m}{m}$ bis $933 \frac{m}{m}$ und den Neigungswinkel der Seiten des Dreiecks zu 50° bis $50^{\circ} 10'$ gefunden. Die Schienenzähne sind unter Zuhülfenahme von Eisenschablonen gelegt worden und zeichnen sich durch eine sehr grosse Regelmässigkeit aus. Ich glaube nicht, dass es möglich ist, bei der immerhin rauhen Construction mit Eisenstücken, welche nach dem Walzprocess keine Oberflächenbearbeitung erfahren haben und welche nur mit der Holzschwellenunterlage durch Holzschrauben verbunden sind, ohne mit der eigentlichen Fahrchiene zusammenzuhängen, eine grössere Genauigkeit zu erzielen. Eine mathematische UeberEinstimmung des Schraubenrades mit den Dreieckszähnen ist übrigens an allen gekrümmten Stellen der Bahn an sich unmöglich, und es sind daselbst die allerdings immer nur einzelne Millimeter betragenden Abweichungen in der Lage der Dreieckschienen zu den gekrümmten, erweiterten und überhöhten Fahrchienen durch Ausgleichungen nach allen Richtungen hin vertheilt worden, indem an den vorher gebohrten Löchern für die $18 \frac{m}{m}$ starken Verbindungsbolzen zwischen Dreiecksschienen-spitzen und eisernen Querstücken entsprechend nachgeholfen wurde. Bei richtigem Eingriff des Schraubenrades ist die Geschwindigkeit der Wetlischen Locomotive bei einer Umdrehung desselben allein abhängig von der Länge der Dreieckszähne,

d. h. bei einem Hin- und Hergang der Dampfkolben bewegt sich die Locomotive um 3 Theilungen von je 930 bis $933 \frac{m}{m}$ vorwärts. Die Locomotive besitzt aber die besondere Eigenthümlichkeit, dass sie ausser dem Schraubenrade noch glatte Adhäsionstreibräder besitzt, welche durch dieselben Dampfkolben umgetrieben werden, so dass alle Räder genau dieselbe Anzahl von Umdrehungen vollziehen. Die glatten Treibräder haben aber an den Stellen, wo sie auf den Fahrchienen laufen, einen Durchmesser von $893 \frac{m}{m}$ und eine Peripherie von $\pi \cdot 893 = 2805 \frac{m}{m}$. Einer Zahnlänge der Bahn entspricht demnach $\frac{2805}{3} = 935 \frac{m}{m}$ der Treibradperipherie, während die Cylinderrollen an dem Schraubenrade hiefür $932 \frac{m}{m}$ und die Zahnstangentheilung $930-933 \frac{m}{m}$ zeigen.

Diese Differenzen sind für die Wirkung der Wetlischen Locomotive von hervorragender Bedeutung. Ist nämlich der Widerstand des Zuges geringer, als der Adhäsionskraft der glatten Treibräder entspricht, so wird die Locomotive ausschliesslich durch diese bewegt und würde, wenn gar kein Schleifen der Räder einträte, in jeder Zahntheilung um etwa $2 \frac{m}{m}$ voreilen, das Schraubenrad wird völlig ausser Eingriff gerathen, die Spiralrippen (Felgen) werden in die Zwischenräume zwischen die Dreiecksschienen fallen und endlich an der, der Angriffsfläche entgegengesetzten Seite mit ihnen in Berührung treten. Ist hingegen der Zugwiderstand so gross, dass ein merkliches Schleifen der glatten Treibräder erfolgt, so bleibt das Schraubenrad mit den Dreiecksschienen in Berührung, wird wirksam und nimmt einen Theil des Zugwiderstandes auf. Wie gross dieser Antheil ist, hängt von einem Reibungsphänomen ab, welches unzweifelhaft besteht, aber bisher noch nicht vollständig erforscht ist. Man weiss nämlich, dass bei einer Adhäsionsmaschine die abgewinkelte Peripherielänge der Treibräder grösser ist, als der zurückgelegte Weg und zwar in sehr rasch zunehmender Progression, um so mehr, je näher die Locomotive dem Zustande des Schleuderns kommt, in welchem der zurückgelegte Weg gleich Null ist. Das vorher erwähnte Voreilen der Locomotive um volle $2 \frac{m}{m}$ für jeden Dreieckszahn wird demnach nie eintreten, sondern nur ein mehr oder weniger grosser Theil dieses Masses. Jedenfalls wird auf das Schraubenrad nur höchstens ein Theil des Gesamtzugwiderstandes entfallen.

Beim Abwärtsfahren auf einer stark geneigten Bahn, wenn statt eine mechanische Arbeit zu leisten, eine solche zu zertrümmern ist, gestalten sich die Verhältnisse etwas anders. Denkt man sich einen Zug durch die Wetlische Locomotive aufwärts gefördert und lässt die Locomotive unverändert, sperrt aber den Dampf so weit ab, dass die Bewegung im umgekehrten Sinne d. h. abwärts geht, arbeitet man also mit Gegendampf ohne Bremsen, so drückt der Zug, abgesehen von den Effecten der Reibung, in demselben Maasse gegen die Peripherien sämtlicher Treibräder wie vorher. Da aber die glatten Treibräder jetzt nach rückwärts vorzueilen streben, so liegen die Schraubenräder stets dicht an den Dreiecksschienen und haben nicht nur den Gesamtwiderstand allein zu leisten, sondern auch noch zu bewirken, dass die glatten Treibräder gegen die Bewegungsrichtung nach aufwärts gleiten. Bei der Thalfahrt unter alleiniger Wirkung des Gegendampfes haben die Schraubenräder demnach wesentlich mehr zu leisten, als bei der Bergfahrt.

Treten bei der Thalfahrt Bremswirkungen hinzu, so wird allerdings das Schraubenrad entlastet, aber nie vollständig, da das Rückwärtsschleifen der glatten Treibräder stets übrig bleibt. Wenn demnach eine mit dem schwachen Druck auf das Schraubenrad wachsende Tendenz vorhanden war, die Felgen auf die Dreiecksschienen aufsteigen zu lassen, so müsste sie nach dem Vorhergehenden bei der Thalfahrt eher eintreten als bei der Bergfahrt. Um diese Tendenz zu erkennen, möge folgende Betrachtung dienen:

Ist P der auf das Schraubenrad wirkende Druck, $2\gamma = 50^{\circ}$ der Winkel, welchen 2 Felgen mit einander bilden, so ist die auf Felgen und Dreieckschiene wirkende Normalkraft

$$\frac{N = P}{2 \sin \gamma} = \frac{P}{2 \sin 25^{\circ}} = 1,18 P.$$

Die Berührung zwischen Schraubenrad und Dreieckschiene findet am tiefsten Punkte statt. In der Horizontalprojection nähert sich die Spirallinie dem Körper der Dreiecksschiene nach ihrer Spitze zu, während sie sich nach der Basis des Dreiecks von ihr entfernt. Soll nun eine Berührung von Schraubenrippe und Dreiecksschiene an andern Punkten ausser den tiefsten vermieden werden, so müssen die Profile beider so gestaltet sein, dass sie sich nicht treffen, wenn sie bei einer senkrechten Hebung von $15 \frac{m}{m}$ (der Eingriffstiefe der Dreieckschienen) um $0,56 \frac{m}{m}$ einander genähert werden. Die Rechnung, auf welche diese Zahlen sich gründen, möge hier weggelassen werden. Obige Bedingung wird von den auf der Einsiedlerbahn und der in Frage stehenden Locomotive benützten Constructiontheilen in der That reichlich erfüllt. Trotzdem wird aber die Berührung nicht nur in einer verticalen Linie, sondern wegen der Elasticität des Materials in einer Fläche erfolgen und es ist vor auszusehen, dass hierdurch und durch die nachgewiesenen kleinen Fehler in der Form von Zahn und Felgen die Berührung an einzelnen Stellen sich unregelmässig vor und über den theoretischen Berührungspunkt verlegen kann. Diese Fehler werden unschädlich, sobald das Schraubenrad so stark belastet ist, das beim Fortschreiten ein Gleiten in der Contactfläche vor sich gehen kann; andernfalls wird ein Aufsteigen des Schraubenrades eingeleitet, welches leicht zum vollständigen Entgleisen führen kann, da durch die Abrundung der Zähne fortwährend schräger geneigte Flächen zur Berührung gelangen und der Auftrieb sich vergrössert. Bei normalem Eingriff findet die Berührung in einer gegen die Horizontale um den Winkel $\beta = 78^0$ geneigten Linie statt.

Ist $2D$ die Belastung der Spiralwalze und φ der Coefficient der Reibung in der Berührungslinie, so muss, wenn ein Aufsteigen nicht stattfinden soll, D wenigstens der Gleichung entsprechen:

$$N \cos \beta + \varphi \cdot N \sin \beta = \frac{D}{\sin \beta} \text{ also}$$

$$D = N (\sin \beta \cos \beta + \varphi \sin^2 \beta)$$

oder mit Rücksicht auf den früher gefundenen Werth von

$$ND = 1,18 P (0,978 \cdot 0,208 + \varphi 0,978^2).$$

Um das Aufsteigen zu vermeiden, war in sehr richtiger Weise durch Einfetten sämmtlicher Dreieckschienen φ klein gemacht worden.

Man wird nicht viel fehl greifen, wenn φ hier $= 0,1$ gesetzt wird; dann berechnet sich aus der Formel

$$D = 1,37 P.$$

Die Belastung der Spiralwalze musste also mindestens sein

$$2D = 2,74 P.$$

Zur Bestimmung des Druckes P verwende ich eine Formel des Widerstandes von Locomotive und Zug, wie solche aus den Erfahrungen über die Reibungsgrössen der Bahn, den Luftwiderstand und aus der Steigung der Bahn sich ergibt.

Ist nämlich

L das Gewicht der Locomotive in Tonnen

T das Gewicht des Zuges ohne Locomotive in Tonnen,

η das Gefällsverhältniss der Bahn (d. h. die Tangente des Neigungswinkels),

V die Zuggeschwindigkeit in Meter und Secunde,

so ist der Zugwiderstand W in Kilogramm:

$$W = 0,8 \cdot v^2 + (2 + 0,5 \cdot V + 1000 \eta) L + (1,4 + 0,014 \cdot V^2 + 1000 \eta) T.$$

Im vorliegenden Falle ist $\eta = -0,05$; $L = 25,85$, $T = 20,01$ $\cdot v$ etwa $= 1$, also $W = 0,8 + (2 + 0,5 - 1000 \cdot 0,05) 25,85 + (1,4 + 0,014 - 1000 \cdot 0,05) 20,01 = 0,8 - 47,5 \cdot 25,85 - 48,586 \cdot 20,01 = 0,8 - 1227,8 - 972,2$

$$= -2199,2 \text{ kilogr.}$$

Dieser Widerstand W ist unmittelbar dem Druck gegen das Schraubenrad, welcher vorher mit P bezeichnet war, gleichzusetzen.

Demnach ist die Belastung desselben wenigstens gleich $2D = 2,74 \cdot P = 2,74 \cdot 2199,2 = 6025$ kilogr. zu nehmen. Bei der Locomotive wird dieser Druck ausgeübt einmal durch das Gewicht des Schraubenrades selbst $= 1715$ kilogr. und dann durch den Druck eines Dampfkolbens von $200 \frac{m}{m}$ Durchmesser $= 314,16 \square \frac{m}{m}$ Fläche. Die Dampfspannung ist auf 12 Atmosphären Ueberdruck in Maximo bestimmt gewesen. Unter der Voraussetzung, dass dieser Druck im Beginne der Thalfahrt wirklich vorhanden war, berechnet sich demnach der Druck auf das Schraubenrad zu

$$1715 + 314,16 \cdot 12 = 5485 \text{ kilogr.}$$

Dieses unter den günstigsten Annahmen und ohne Rücksicht auf die denselben verringern den Reibungseffekte ermittelte Druck ist kleiner als der vorher festgestellte Minimaldruck $2D = 6025$ kilogr., bei welchem ein Aufsteigen des Schraubenrades vermieden worden wäre. Das Ereigniss des Aufsteigens ist hiedurch erklärt.

Bei Besichtigung der betreffenden Bahnstelle nahe an der Station Schindellegi am 17. März ds. Js., war an der die Dreieckschienen bedeckenden Oelschicht noch ganz deutlich das allmähliche Aufsteigen des Schraubenrades erkennbar, bis dasselbe auf der Krone der Dreieckschienen fortrollte.

Dass alsdann durch den Gegendampf der Locomotive ein heftiges Schleudern und dann eine gewaltsame Schlagwirkung von Felge gegen die schwächern Dreieckschienen und deren vollständige Zertrümmerung und Verbiegung eintreten musste, übersieht sich nun leicht. Ob der Gegendampf vor oder nach dem Aufsteigen gegeben wurde, ist wohl kaum festzustellen, auch meines Erachtens unwesentlich. Mir scheint es gerechtfertigt, dass man die Weiterfahrt ohne die Wirkung des Schraubenrades fortsetzte, da eine Wiederholung des Aufsteigens, da die Verhältnisse dieselben blieben, vor auszusehen war. Bei der Bergfahrt ist ein Aufsteigen nicht beobachtet worden, was sich daraus erklärt, dass die Locomotive durch die glatten Treibräder, wie eine kleine Rechnung leicht zeigt, je nach dem localen Zustand der Fahrschienen, ganz, oder doch beinahe ganz im Stande war, den Zug aufwärts zu treiben und demnach nur ein sehr kleiner Druck gegen die Dreieckschienen wirkte, während die Belastung des Schraubenrades die volle Grösse behielt.

Man war sogar während der Auffahrt genöthigt, durch Anziehen der Bremse den Widerstand zu vermehren, um überhaupt die Anlage der Felgen gegen die Dreiecke zu erreichen, welche, wie bemerkt werden konnte, an den meisten Stellen ganz regelmässig vor sich gegangen ist.

Die unzureichende Belastung des Schraubenrades und dessen Fähigkeit unter dieser Belastung beliebig nach Oben auszuweichen, ohne dass hiedurch die Belastung sich vergrössert, was eingetreten wäre, wenn man z. B. dieselbe durch Federn bewirkt hätte, ist als ein Fehler zu bezeichnen. Das Aufsteigen des Schraubenrades, welches schon bei einem die Leistungsfähigkeit der Locomotive bei weitem nicht erschöpfenden leichten Zuge eintrat, würde bei einem schweren Zuge um so mehr hervorgetreten sein. Ein Mangel in der Form der hier in Frage tretenden Constructiontheile, ein schlechtes Material der Dreieckschienen oder eine fehlerhafte Befestigung derselben kann jedoch nicht nachgewiesen werden.

Ich gehe nun zur Beantwortung der zweiten Frage über:

Wesshalb gerieth der Zug während der Thalfahrt trotz Bremsen und Gegendampf in die unaufhaltsam schnelle Bewegung?

Der mit Schienen beladene Wagen von einem Bruttogewichte von 40,028 Pfund, war mit 4 gusseisernen Bremsklötzen ausgerüstet, welche alle 4 Räder einseitig angriffen; sie wurden durch eine Schraube in Verbindung mit einfachem Hebelwerk angepresst. Die Bremse hat kräftig gewirkt, die Klötze sind glühend heiss gewesen, die Räder wurden jedoch nicht festgestellt. Als ich den Wagen besichtigte, welcher in einem Schuppen

der Centralwerkstatt in Zürich auf einen andern Wagen geladen stand, offenbar in dem Zustande, wie er von der Unglücksstätte hergeführt worden war, war derselbe in sehr zerstörtem Zustande. Die Theile der Bremsvorrichtung liessen sich jedoch noch vollkommen beurtheilen. Die Bremsschraube war gut geölt, die Bremsklötze glatt abgeschliffen. Die Schraube hat $10 \frac{m}{m}$ Steigung bei $36 \frac{m}{m}$ mittlerem Durchmesser; der Handhebel an der Schraube $180 \frac{m}{m}$ Radius. Nimmt man zwischen Schraube und Mutter einen Reibungscoefficienten $\varphi = 0,08$ an, so folgt aus bekannten Gesetzen, dass das Verhältniss von der Kraft am Handhebel zum Gesamtdruck der Bremsklötze gegen die Räder sich verhalten hat wie 17 : 1000. Bei der Thalfahrt ist jedenfalls die Bremse so fest gezogen worden, als ein Mann im Stande war; ein Zug und Druck in den Armen des Bremers von zusammen 100 kilogr. dürfte jedenfalls nicht zu gross erscheinen. Dann sind die 4 Bremsklötze zusammen mit $\frac{100 \cdot 1000}{17} = 5900$ kilogr. gegen die Wagenräder gepresst

worden, was bei einem Reibungs-Coefficienten von 0,18 einem Peripheriewiderstande von $5900 \cdot 0,18 = 1062$ kilogr. entspricht. Dieser Widerstand war übrigens, wie man sich sofort überzeugt, nicht im Stande die Wagenräder zum Schleifen zu bringen. Nach vorhergehender Berechnung betrug dagegen die thalabwärts wirkende Kraft des Schienenwagens auf der circa $50 \frac{0}{100}$ geneigten Bahn bei der ungünstigsten Geschwindigkeit von nur $1 \frac{m}{s}$ in der Secunde 972,2 kilogr. Es folgt daraus das wichtige Resultat, dass die Bremsvorrichtung des Schienenwagens den Anforderungen reichlich genügt und im Stande war denselben auf der geneigten Bahn zum Stillstand zu bringen, ja sogar noch einen Ueberschuss an Hemmkraft zu erzeugen, welche durch Anspannen der Wagenkuppelung der Locomotive zu Gute kam. Dass sich dieses wirklich so verhalten hat, wird theilweise durch Zeugenaussagen bestätigt, theilweise auch durch den Umstand wahrscheinlich gemacht, dass der Schienenwagen nach seinem Entgleisen in der Bahncurve nach der Seite des Krümmungsmittelpunktes aus dem Schienenstrang und besonders dadurch, dass nach dem Entgleisen die frei gewordene Locomotive eine noch grössere Geschwindigkeit als vorher annahm.

Es ist demnach nöthig anzunehmen, dass die mangelnde Hemmkraft in der Locomotive allein gelegen hat.

Diese besitzt eine vom Führerstande mit der Hand zu bewegende Bremse, welche durch Schraube und Hebelwerk 4 hölzerne Bremsklötze gegen die beiden hintern Treibräder presst. Die Hebelübersetzung ist derart, dass der durch die Schraube ausgeübte Zug sich 3,7 mal vergrößert und so den Gesamtdruck auf die Bremsklötze hervorbringt. Die Schraube hat $36 \frac{m}{m}$ mittlern Durchmesser bei $6,5 \frac{m}{m}$ Steigung. Der doppelarmige Handhebel hat jederseits $210 \frac{m}{m}$ Länge. Hiernach ist das Verhältniss der am Handhebel wirkenden Kraft zur Zugkraft der Schraube bei einer Reibung von 0,08 zwischen Mutter und Schraube wie 12 : 1000, also das Verhältniss der Kraft am Handhebel zum Gesamtdruck der 4 Bremsklötze, wie 12 : 1000. $3,7 = 12 : 3700$.

Nimmt man wieder wie vorher beim Schienenwagen an, dass am Haupthebel 100 kilogr. gewirkt haben, so war der Bremsdruck $100 : \frac{3700}{12} = 30833$ kilogr.

Dieser erzeugte bei einem Reibungs-Coefficienten von etwa 0,18 einen Peripherie-Widerstand von $30833 : 0,18 = 5550$ kilogr. Wie vorher nachgewiesen wurde, beträgt aber die abwärts gerichtete Kraft der Locomotive auf der nun $50 \frac{0}{100}$ geneigten Bahn nur 1227 kilogr., von Locomotive und Schienenwagen zusammen nur 2199 kilogr. Hiernach war also die Locomotive sehr ausreichend im Stande sich und den Zug zu halten, selbst wenn die in vorstehender Rechnung verwendeten, naturgemäss ziemlich ungewissen, Coefficienten sehr unrichtig gegriffen worden wären.

Die mit 275 Centner = 13750 kilogr. belastete Treibaxe hätte unfehlbar durch die Bremse gänzlich zum Feststellen gebracht werden können. Die alleinige Verwendung der Bremsen musste demnach den Zug vollständig in die Gewalt des Führers legen. Diess ist auch wirklich der Fall gewesen, da ganz unzweifelhaft feststeht, dass nach dem Aufsteigen des Schrauber-

raees und der Zertrümmerung der Dreiecksschienen nahe bei Schindellegi der Zug allein mit den Handbremsen angehalten, darauf eine kurze Strecke weiter gefahren und nochmals gehalten wurde (siehe Aussage des Locomotivführers, Maschinenmeister Haueter vom 24 Januar 1877). Es folgt also aus dem Vorhergehenden, dass auch die Handbremse der Locomotive nicht die Ursache des Unglücks gewesen ist.

Bei der unaufhaltsamen Thalfahrt wurde diese Handbremse zugleich unter Verwendung von Gegendampf in Thätigkeit gesetzt, und zwar letzterer in so energischer Weise, dass, wie durch mehrfache Zeugenaussagen auf das Ueberzeugendste festgestellt worden ist, die mit der Dampfmaschine in Verbindung stehenden beiden Treibräder sich bergaufwärts mit grosser Geschwindigkeit drehten, während alle andern Räder bergabwärts rollten. Als besonders wichtig ist hierbei hervorzuheben, dass dieselben Räder, welche durch die Dampfmaschine getrieben wurden, zugleich auch diejenigen waren, auf welche allein die Bremsklötze drückten. Durch diese eigenthümliche Anordnung wurde nun erzielt, dass die Wirkung der Handbremse zur Erzeugung einer Widerstandskraft für die Locomotive als Fahrzeug vollständig verloren gieng und nur als Bremsung der Dampfmaschine der Locomotive thätig war; demnach wurden zwar die Dampfkolben der Maschine stark belastet und grosse Arbeitsleistungen der Dampfmaschine verzehrt, was durch die bedeutende Abnahme der Dampfspannung im Kessel von 10 Atmosphären bis auf etwa 5 Atmosphären sich zu erkennen gab, aber für die Hemmung der Locomotive blieb nichts übrig als die Wirkung der in heftiger Schleuderbewegung thätigen Treibräder. Diese ist aber unter allen Umständen eine ausserordentlich geringe, wie täglich bei dem Eisenbahnbetrieb beobachtet werden kann.

Bei der in Rede stehenden unglücklichen Fahrt trat noch der Umstand nachtheilig hinzu, dass die hölzernen Bremsklötze unter ihrer starken Pressung und der grossen Relativbewegung gegen die Radreifen eine bedeutende Wärmeentwicklung erzeugten, welche das Holz verkohlte und die Triebräder mit Kohlenpulver und Graphit bedeckte, also geradezu schmierte, wodurch die Reibungseffecte offenbar noch bedeutend verkleinert wurden.

Es ist von vielen Seiten die Vermuthung ausgesprochen worden, dass durch die heftigen Erschütterungen der Locomotive beim Zerschlagen der Dreiecke durch das Schraubenrad und bei dem Entgleisen und Abreissen des Schienenwagens Oel auf die Laufflächen der Triebräder gespritzt und die Bremsklötze zu vollständigen Schmierkissen umgewandelt worden seien. Wenn auch die Möglichkeit einer solchen Erscheinung nicht ausgeschlossen werden kann, so ist letztere doch zur Erklärung des Ereignisses nicht erforderlich. Die Oberflächen der Bremsklötze waren verkohlt und eine braune Färbung drang ziemlich tief in den Holzkörper ein. Eine chemische und microscopische Untersuchung von Abschnitzeln der Bremsklötze liess jedoch keine Spur von Oel oder Fett erkennen, was übrigens nicht gegen die Möglichkeit der einstigen Anwesenheit von Oel spricht, da dieses viel eher durch die Wärme zersetzt worden sein müsste, als das Holz. Viel Oel ist keinesfalls auf die Räder gefallen und nach dessen Zersetzung, die nur kurze Zeit in Anspruch nehmen konnte, war das Verhalten der Bremsklötze gerade so, als ob Oel überhaupt nicht vorhanden gewesen sei. Thatsache ist, dass bei meiner Besichtigung im März, also über 3 Monate nach dem Unglücke, die Radreifen der gebremsten und zugleich rückwärts geschleuderten Triebräder, mit einer schwarzen dünnen Graphitkruste, die andern (losgekuppelten) Triebräder mit Rost bedeckt waren. Vielleicht hat zur Bildung einer solchen Kruste die Anwesenheit von Oel mitgewirkt.

Nach meiner Ueberzeugung ist die Ursache der unaufhaltsamen Abwärtsbewegung des Zuges allein in der Verwendung des vollen Gegendampfes zu suchen, während die sonst ganz wirkungslose Locomotivbremse durch die Bildung eines Schmiermittels zwischen Schiene und Treibrad die an sich schon geringe Reibung auf ein ganz unzulängliches Mass erniedrigte. Ohne den Gegendampf würde durch die Blockbremse allein das Unglück sicherlich vermieden worden sein. Auch hätte der Gegendampf den Zug in der Gewalt des Führers gehalten, wenn

nur so wenig Dampf zu dem Cylinder zugelassen worden wäre, um mit oder ohne Blockbremse ein Rückwärtsschleudern der Räder zu verhindern.

Was endlich die Beantwortung der dritten Frage: „Durch welche Ursachen sind Schienenwagen und Locomotive entgleist“ betrifft, so kann ich mich kurz fassen, da mir nicht gelungen ist, eine volle Sicherheit der Anschauung zu gewinnen. Ob am Schienenwagen vor der Entgleisung irgend ein Bruch oder eine Zerstörung eines wesentlichen Bewegungstheiles eingetreten war, konnte bei dem ganz zertrümmerten Zustande desselben nicht erkannt werden. Da die Fahrschienen an der Entgleisungsstelle vollständig unversehrt waren, so ist die Vermuthung nicht ausgeschlossen, dass ein Stück der Locomotivbremsklötze, welche theilweise zertrümmert wurden und welche man trotz vielfachen Nachsuchens nicht mehr in allen Theilen aufgefunden hat, auf die Schienen gefallen und das Entgleisen zunächst verursacht hat.

Die vom Zuge abgetrennte ausserordentlich schnell in den Bahnhof einstürmende Locomotive ist bei dem Durchlaufen des verwickelten Weichensystems entgleist und umgestürzt worden. Die Hauptstörung des regelmässigen Laufes erfolgte durch die Centrifugalkraft in dem krummen Strange der ersten Weiche, in welchem die Schienen seitwärts geschoben und halb umgekantert wurden, das eigentliche tumultuarische Verlassen der Schienen und das verhängnissvolle Umstürzen erfolgte aber erst vor der zweiten und dritten Weiche. Eine unmittelbare Ursache aus einer fehlerhaften Construction lässt sich nicht nachweisen. Hätte man die Möglichkeit des Einlaufens eines so rasend schnellen Zuges in den Bahnhof jemals erwarten können, so wäre gewiss die Anordnung vermieden worden, dass der Zug den Bahnhof nur durch den krummen Strang einer Weiche erreichen konnte.

In kurzem Rückblick auf alles vorher Erwähnte gelange ich nun zum Schluss, dass die Construction der Locomotive und der Bahn fehlerlos war mit Ausnahme der zu geringen Belastung des Schraubenrades, wodurch das Zerschlagen der Dreieckschienen der Wetli'schen Bahn verursacht wurde und sich die Nothwendigkeit ergab, die verhängnissvolle Thalfahrt ohne das Schraubenrad zu machen. Die Anordnung des Zuges, insbesondere die Belastung des Schienenwagens und die Lokuppelung der vordern Treibaxe der Locomotive waren nicht gefährlich und für den Zweck der anzustellenden Versuchsfahrten zulässig, da Wagen und Locomotive hinreichend starke Organe besaßen, um die Auf- und Abfahrt mit Sicherheit bewerkstelligen zu können. Die Thalfahrt verunglückte allein durch die gleichzeitige Benützung von Gegendampf und Locomotivbremse,

vor Allem in der Verwendung von vollem Gegendampf, wodurch ein Rückwärtsschleudern der beiden Treibräder erfolgte.

Da durch das Aufsteigen des Schraubenrades ein eigentliches Unglück nicht geschehen ist, und die Maschine ohne Schraubenrad noch vollkommen im Stande war, den Zug mit Sicherheit zu Thal zu bringen, so muss ich die mir von hoher Staatsanwaltschaft vorgelegten Fragen wie folgt beantworten:

1. Ist nach Ihrem technischen Ermessen irgend welchen bestimmten Persönlichkeiten die Verursachung fraglichen Unglücksfalls zuzuschreiben?

Antwort: Ja.

2. Wenn ja, welches sind diese Persönlichkeiten und diese Ursachen?

Antwort: Der als Locomotivführer während der Probefahrt thätige Maschinenmeister Haueter.

3. Ist dieses ursächliche Thun oder Lassen jener Persönlichkeiten den Umständen nach als Fahrlässigkeit zu bezeichnen?

Antwort: Nein, denn die Ursache, welche die Locomotive der Macht des Führers entzog, liegt so versteckt, dass meines Wissens Niemand der Beteiligten daran gedacht oder doch in den Aussagen davon gesprochen hat. Auch in den technischen Blättern, welche den Unglücksfall wiederholt behandelt, wurde die Ursache selbst nicht erwähnt. Man kann daher unmöglich dem auf seinem Posten mit rühmlichem Muthe bis zur Catastrophe ausharrenden oben genannten Herrn zum Nachtheil anrechnen, wenn er in der grossen Aufregung der unglücklichen kurzen Fahrt das richtige Mittel zur Hülfe nicht erkannte.

Ausserhalb des Bereiches dieses Aufsatzes liegt eine Kritik des Wetli'schen Eisenbahnsystems und Angabe der Mittel, welche geeignet sind, die Mängel in der jetzigen Ausführung zu heben.

(sig.) *H. Sternberg,*
Oberbaurath und Professor.

Für richtige Abschrift:

Zürich, den 6. Juni 1877.

Der II. Staatsanwalt:
Dr. Kappeler.

