

Fels oder Nicht-Fels?

Eine Frage aus der Praxis.

Von

C. Scheidtenberger,

Professor an der k. k. technischen Hochschule zu Graz.

Unter diesem Titel enthalten die „Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt“ (Jahrgang 1876, Nr. 5) eine kurze Mittheilung, welche jedoch angesichts der hervorragenden Stellung, die der Verfasser derselben, K. F. Peters, auf dem wissenschaftlichen Gebiete einnimmt, an Bedeutung gewinnt, und deshalb von den Bau-Ingenieuren, für welche dieselbe von besonderem Interesse ist, in eingehendster Weise gewürdigt und besprochen zu werden verdient.

K. F. Peters sagt in dieser Mittheilung:

„Dem Geologen fällt es einigermassen schwer sich vorzustellen, wie obige Frage der Brennpunct einer weit umfassenden Gerichtsverhandlung sein könne, einer Verhandlung, die ihn als Sachverständigen vor die Schranken des Gerichtes bringt und deren Beantwortung über Hunderttausende von Gulden entscheidet. Erst vor wenigen Jahren ereignete sich der Fall während des Baues der ungarischen Westbahn, in der Strecke zwischen Graz und Gleisdorf, dass die Entscheidung dieser Frage nach dem Sprachgebrauche des Technikers gegenüber dem des Geologen schwer in's Gewicht fiel.

Dabei zeigte es sich, dass die Terrainkunde des ersteren keineswegs eine deutliche mechanisch definirbare Bestimmung des Begriffes Fels enthalte, und dass die richterliche Entscheidung in der Divergenz der Aussagen beider Experten auf ausserordentliche Schwierigkeiten stosse. Es sei mir deshalb vergönnt, jene Frage am speciellen Falle zu erläutern und damit vielleicht einen Anstoss zur schärferen Formulirung jenes Begriffes zu geben, oder doch wenigstens davor zu warnen, dass Worte von so unsicherer Bedeutung in Vertragsbestimmungen über Terrain-Arbeiten gebraucht werden.

Jene Eisenbahnstrecke durchfährt bekanntlich das Hügelland südöstlich von Graz, und überwindet die Wasserscheide zwischen der Mur und der Raab in einem 572·5^m langen Tunnel, dessen höchste Sohle 464·3^m über dem Spiegel des adriatischen Meeres liegt. Abgesehen von nicht beträchtlichen, auch in vorliegendem Falle nicht wesentlichen Diluvial-Terrassen dies- und jenseits, durchschneidet die Bahn unsere oberste Tertiärstufe in deren beiden Hauptschichten, dem unterhalb liegenden Thon und dem ihm aufgelagerten Schotter. Die Sohle des Tunnels befindet sich nahe unter der Grenze beider Bänke, und hart an derselben ist der Schotter durch das ziemlich häufige Vorkommen von Resten der grossen Dickhäuter *Dinotherium gigantum* und *Tetralophodon longirostris* charakterisirt. Der tiefe Einschnitt, in dem die Eisenbahn zwischen der östlichen Mündung jenes Tunnels, an den Ortschaften Ober- und Unter-Lassnitz vorüber, gegen Gleisdorf läuft, entblösste einen unvermuthet reichen Wechsel von sandigen und thonigen Schichten, unter ersteren ansehnliche Bänke von Conglomerat aus taubenei- bis wallnussgrossen Geschieben, unter letzteren beträchtliche Massen von theilweise geschichtetem, theilweise dagegen, innerhalb 1^m bis 3^m mächtiger Vertical-Abstände, völlig schichtungslosem, lettenartigem Thon.

Das Conglomerat-Gestein, dessen Bindemittel bald mehr kalkig, bald mehr sandig-thonig ist, erwies sich im frischen Zustande als eine sehr widerstandsfähige Felsart, die man allent-

halben mit Anwendung von Sprengmitteln hätte durcharbeiten müssen, wenn sich nicht die, zumeist deutlich gesonderten Bänke mittelst Brechstangen hätten heben und stürzen lassen. Im lufttrockenen Zustande zerfällt dieses Conglomerat jedoch im Allgemeinen ziemlich leicht, und Stösse von mässiger Intensität genügen, um decimetergrosse Partien desselben in lockeres Gerölle zu verwandeln. Gerade das Gegentheil gilt von jenen Thonmassen mit glänzender Schnittfläche. Schneidbar im Kleinen, setzen sie im Ganzen durch ihre Zähigkeit der Haue ausserordentliche Schwierigkeiten entgegen und verwandeln sich nach kurzem Verweilen an trockener Luft in eine steinharte, unter dem Hammer klingende Masse“; sodann weiters:

„Als der Bau dieser Eisenbahnstrecke von der General-Unternehmung an Sub-Unternehmer vergeben wurde, hatte man die Beschaffenheit des Terrains allerdings durch einige Versuchsschächte erkundet. Doch waren diese Herren, trotz ihrer reichlichen Erfahrung im Eisenbahnbau, leichtsinnig genug, auf einen Vertrag einzugehen, in dem ihnen für „Felsarbeit“ ein genügend hoher Betrag, für „Erdearbeit“ dagegen nur so viel zugesprochen wurde, dass sie Durchschnitte in leicht beweglichem Terrain, wie Dammerde, Gruss, Schotter u. dgl. mit einigem Vortheile ausführen konnten. Eine genauere Taxation der Bodengattungen enthielt der Vertrag nicht. Es stellte sich somit bald heraus, dass die Sub-Unternehmer namhafte Verluste erleiden mussten, als die Arbeit in die tieferen Thonschichten eindrang.

Nicht nur ich, sondern auch Hofrath v. Hochstetter, die wir beide im Vorhinein privatim consultirt wurden, erkannten sofort die Unbilligkeit der Einbeziehung jener mächtigen Thonlager in die Kategorie der „Erdearbeiten“, und bemühten uns, in ausführlichen Gutachten und auf die in anderen Gegenden geführten Eisenbahnbauten hinweisend, den Sachverhalt darzulegen und einen billigen Ausgleich zwischen den vertragschliessenden Parteien vorzubereiten. Ein solcher kam nicht zu Stande, vielmehr suchten die Sub-Unternehmer ihr Heil in der richterlichen Entscheidung, wobei sie voraussetzten, dass sie zu den geologischen auch einen technischen Experten gewinnen würden, dessen Ausspruch ihrer Sache günstig wäre. Bevor es jedoch zum eigentlichen Rechtsstreite kam, wurde eine Gerichtsverhandlung „zum ewigen Gedächtniss“ eingeleitet, und, was zur Behaglichkeit des Ganzen nicht beitrug, in zwei Gerichtssprengeln durchgeführt.

Ich hatte dabei Gelegenheit, die Schwierigkeit der Sache in allen Einzelheiten durchzukosten. Die Begriffe „Gebirgsart“ „Felsart“, unter Umständen „Fels“ wurden von meiner Seite auf das ausführlichste ventilirt, doch gelang es mir schlechterdings nicht, meinen technischen Collegen zu dem Ausspruche zu bestimmen, dass im gegebenen Falle die Terrain-Bewegung in jenen Thonlagern nicht als „Erdearbeit“ aufzufassen sei. Die unparteiischen Experten wurden wider ihren Willen zu Parteivertretern, und da es in der ganzen Verhandlung von Seite der Rechtsfreunde nicht an juristischer Schärfe fehlte, schollen die Acten zu ansehnlichen Fascikeln. Den Gerichtsbehörden blieb übrigens der eigentliche Process erspart, denn bald nach jener Verhandlung führte der Bankerott des die General-Unternehmung vertretenden Hauses zu einem für die Sub-Unternehmer unliebsamen Ende.“

„Wenn der technische Experte geltend zu machen versuchte, dass eine Qualificirung von Bodengattungen im Eisenbahnbau nicht Sache des Geologen oder Lithologen sein könne, hinwieder ich behauptete, der Techniker müsse erst eine mechanisch-correcte

Formel dafür aufstellen, was er unter „Fels“ verstehe, so wurde die Sache weder im einzelnen Falle, noch im Allgemeinen dadurch gefördert, wohl aber scheint es mir aller Beachtung werth, dass von Seite der Praktiker und wissenschaftlichen Techniker in Terrain-Angelegenheiten eine Terminologie geübt werde, die gegen die Grundsätze der Geologie und deren Sprache nicht geradezu verstösst.“

In weiterer Ausführung des den Gegenstand dieser Mittheilung bildenden Sachverhaltes kann noch Folgendes bemerkt werden.

Als die General-Unternehmung (G.-U.) die Bauarbeiten der Theilstrecke von Graz bis Studenzen, mit Ausschluss des Tunnels an der Wasserscheide und der beiden angrenzenden Voreinschnitte, an die Sub-Unternehmung (S.-U.) übertrug, war in der, zwischen den beiden Unternehmungen hinsichtlich der Arbeitsausführung abgeschlossenen „vorläufigen Vereinbarung“ unter Anderem die den sogenannten „Erdbau“ betreffende Bestimmung enthalten, dass die Vergütung der Leistung auf Nachmaass basirt, und zwar „für sämtliche auf der Strecke vorkommende Bodengattungen mit 26 kr. per Cub.-Mtr., für vorkommenden Fels mit 1 fl. 20 kr. per Cub.-Mtr.“ Für die Vor- und Nacharbeiten war ein besonderer Preis eingestellt und für den Transport die Vergütung nach der Transport-Tabelle des Bedingnisshäftes der k. ungarischen Bau-Direction in Aussicht gestellt.

Die aus Anlass der Anwendung dieser Vertragsbestimmung entstandene Meinungs-Differenz zwischen den beiden Unternehmungen (nach der Ansicht der G.-U. sollte ein in einzelnen Einschnitten und Materialplätzen gewonnenes Materiale mit 26 kr. per Cub.-Mtr., nach der Ansicht der S.-U. jedoch mit 1 fl. 20 kr. per Cub.-Mtr. vergütet werden) verursachte zunächst seitens der S.-U. die Consultirung von Geologen, und in Folge des Scheiterns eines Ausgleiches auf gütlichem Wege die Anrufung der richterlichen Entscheidung.

Zur Intervention bei dem „Augenschein“ und den diesbezüglichen Verhandlungen wurden, über Vorschlag der streitenden Parteien, von Seite der Gerichte als Sachverständige der o. ö. Professor der Geologie an der k. k. Franzens-Universität zu Graz, K. F. Peters, und ein Bau-Ingenieur in der Person des Verfassers dieser Zeilen berufen, und zunächst zur Beantwortung folgender Fragen aufgefordert: „Sind die betreffenden auf der Baustrecke vorkommenden Gebirgsarten zu den Felsen und die diesbezüglichen Arbeiten unter die Felsenarbeiten zu rechnen oder nicht?“

Beide Experten haben diese Fragen und damit unter Einem die durch sie veranlasste Kernfrage, was Fels und was Nicht-Fels sei, in umfassenden Gutachten beantwortet; während jedoch K. F. Peters das fragliche Materiale als Fels bezeichnete, hat der technische Experte dasselbe zum grösseren Theile den sogenannten Erd-Kategorien, zum geringeren Theile den Fels-Kategorien angehörend bezeichnet.

Die „Mittheilungen“ K. F. Peters und insbesondere dessen Aeusserungen über die Mitwirkung der Geologen bei Eisenbahnbauten; dessen Mahnruf, in Terrain-Angelegenheiten eine Terminologie zu üben, die gegen die Grundsätze der Geologie nicht geradezu verstösst; eine schärfere Formulirung des Begriffes Fels zu geben u. s. w. schliessen in sich manche principielle

Fragen von nicht zu unterschätzender Bedeutung, die unter allen Umständen einer Regelung für die Zukunft bedürfen.

Aus den vielen Processen, welche die Bau-Praxis im Allgemeinen, welche ganz besonders die, für die Ingenieure von so nachhaltig üblen Folgen begleiteten Perioden der Ueber-Speculation aufzuweisen haben, liesse sich überhaupt so manches werthvolle Materiale entnehmen, das nicht nur zur Nutzenanwendung hinsichtlich neuer Bau-Ausführungen dienen, das auch für die Projectirungen und für die weitere wissenschaftliche Verwerthung erfolgreich verwendet werden könnte.

Mit der vorliegenden Arbeit will ich nun zunächst den Reigen der Besprechung hinsichtlich des Materiales „Fels oder Nicht-Fels“ eröffnen, womit ich die Hoffnung verbinde, dass, wenn auch durch diese Arbeit keine der betreffenden Fragen eine erschöpfende Beantwortung findet, dieselbe doch nicht zu den sogenannten undankbaren Arbeiten zählen, dass sie mindestens als ein kleiner Beitrag zu deren Lösung dienen werde.

Meine Absicht ist anzuregen und Anlass zu diesbezüglichen, die Sache fördernden weiteren Ausführungen und Discussionen in Fachkreisen und zur Veröffentlichung ähnlicher Streit- und Process-Angelegenheiten zu bieten, eventuell das betreffende Materiale von den geehrten Fachgenossen zu dem Zwecke zu erbitten, es der weiteren Verwerthung zuführen zu können.

Mit Rücksicht darauf, dass sowohl aus der aufgeführten „Mittheilung“, wie aus der weiteren generell geschilderten Darstellung des Sachverhaltes eine Divergenz der Anschauungen der beiden Experten zu entnehmen ist, halte ich es jedoch für nöthig von vorneherein zu erklären, dass es mir sehr ferne liegt, hier die specielle, von den Gerichtsbehörden aufgestellte eigentliche Streitfrage weiter ausführen, und den Gegenstand anders als ausschliesslich in fachlichem Sinne behandeln zu wollen, und dass ich mir, hinsichtlich der Besprechung einzelner Fragen in theilweise geologischer Richtung, jener Rücksicht vollständig bewusst bin, welche dem Ingenieur das Betreten eines ihm, wenn auch nicht fremden, so doch nicht eigenthümlichen Gebietes auferlegt.

Wenn weiters durch die Behandlung der einzelnen Fragen vieles Bekannte und manches dem Hauptgegenstande etwas ferner liegende Materiale aufgeführt wird, so findet dies in dem bereits ausgesprochenen Bestreben seine Begründung und dieserwegen auch gewiss Entschuldigung.

Was vor Allem die Mitwirkung der Geologen bei Bau-Ausführungen im Allgemeinen anbelangt, so müsste es nicht wenig befremden, wenn derzeit ein Bau-Ingenieur, welcher Strassen-, Eisenbahn- oder Wasserbauten zu projectiren oder auszuführen, welcher sich mit Erd- und Tunnelbauten zu befassen hat, wenn dieser die grosse Wichtigkeit der Geologie und insbesondere deren eminent praktische Seite hinsichtlich ihres Einflusses auf das Ingenieur-Bauwesen nicht entsprechend würdigen würde. Es müsste dies umsomehr überraschen, als der Geologie schon im technischen Bildungsgange ein hervorragender Platz angewiesen und gewiss an keiner technischen Hochschule ein Project für eine Strassen- oder Eisenbahnanlage verfasst werden wird, dem nicht geologische Durchschnitte, seien sie der Wirklichkeit entnommen oder idealisirt, zu Grunde gelegt, und als die mit den betreffenden Hörern unternommenen bauwissenschaftlichen Excursionen stets von den Professoren des Eisenbahnbauens und der Geologie gemeinsam geleitet

werden. Die innige Verwandtschaft zwischen den Ingenieur-Bauwissenschaften und der Geologie wurzelt zunächst in der Hauptanforderung, die an jedes Bauwerk gestellt wird, dass dasselbe entsprechend gegründet und dass es mit Rücksicht auf die unvermeidlichen atmosphärischen Angriffe ausgeführt werden soll. Dies bedingt einerseits ein mehr oder weniger tiefes Eindringen in die oberste Erdkruste, andererseits die richtige Wahl der Baumaterialien, somit in allen Fällen eine Frage an die Geologie.

So sehr es nun wünschenswerth wäre, dass der Bau-Ingenieur alle diesfälligen, alle mit der Anlage von Eisenbahnen verbundenen geologischen Fragen selbst beantworten könne, so wird dies doch nicht in der Regel, es wird mehr ausnahmsweise vorkommen. Das Gebiet des Ingenieur-Bauwesens ist ein so umfangreiches und der Fortschritt auf demselben ein so rapider, dass es schon jetzt geradezu unmöglich ist, in allen Specialitäten desselben sich jene höhere Ausbildung und Erfahrung zu erwerben, die erforderlich ist, um in jeder einzelnen derselben mit einem maassgebenden Urtheile eintreten zu können. Ist dies schon in dieser Richtung der Fall, so wird es um so erklärlicher, dass der Bau-Ingenieur, trotz seiner Kenntnisse und Erfahrungen auf dem geologischen Gebiete, doch nicht alle demselben angehörenden Fragen in derartiger Weise wird beantworten können, wie dies von Jenen vorausgesetzt werden muss, die sich ausschliesslich der geologischen Wissenschaft und ihrer praktischen Verwerthung widmen.

Im Allgemeinen und ganz besonders im Gebirgslande ist es daher unstreitig von Wichtigkeit, bei der Anlage von Eisenbahnen sowohl bezüglich der Wahl der Trace, insoweit dieselbe überhaupt ausschliesslich dem Ingenieur überlassen ist, wie auch bezüglich der in vielen Fällen schwierigen Lösung der Aufgabe, dem Betriebe das nöthige Wasser zu beschaffen, den Rath von Geologen einzuholen.

Diese Einflussnahme würde jedoch von um so grösserer Bedeutung und für den Ingenieur von um so grösserer Entlastung sein, wenn sie rechtzeitig erfolgt. Und diesbezüglich ist es wünschenswerth, dass der Geologe schon gelegentlich der Recognoscirungen und der Tracirung, und namentlich vor der Festlegung der Trace zu Rathe gezogen werde. Ist die Trace ermittelt und der Bau begonnen, so können die durch denselben sich ergebenden Terrain-Aufschliessungen allerdings noch manche zweckmässige Aenderungen hinsichtlich der Richtungs- und Neigungsverhältnisse derselben zur Folge haben; die dadurch in bau- und betriebstechnischer Richtung erreichten Vortheile werden jedoch in der Regel weit hinter jenen zurückbleiben, welche die Intervention von Geologen in ersterem Sinne gewähren würde.

Die meisten Tracirungen von Bahnen sind bisher beinahe ausschliesslich nur auf Grundlage geologischer Karten vorgenommen worden, und erst dann, wenn die Trace festgelegt war, konnten durch die Eröffnung von Probegruben und Schächten die nöthigen, für die Projectirung und stellenweise Veränderung an der Trace maassgebenden geologischen Details genauer erforscht werden.

Dass diese Karten, bei welchen von der obersten Humusdecke und von den ganz dünn gelagerten Erzeugnissen der Verwitterung oder selbst jüngsten Anschwemmungs-Producten abgesehen, und bloss das eigentliche, wie man sagt anstehende Gebirgsgestein berücksichtigt wird *), nicht immer mit den nachträglichen Auf-

schliessungen des Terrains ganz übereinstimmend sein können und namentlich im Beginne des Eisenbahnbaues nicht sehr verlässlich wären, ist in der Natur der Sache, es ist in ihrer Entstehung begründet. Die geologischen Forschungen sind noch jüngeren Datums *) und es ist mit Rücksicht auf die Aufschliessungsarbeit, welche sehr bedeutende Kosten bedingt, nicht leicht thunlich, diese ausschliesslich im Interesse der geologischen Detail-Erforschung eines ganzen Landes vorzunehmen.

Würden allorts geologische Detail-Karten bereits vorliegen und allgemein von den tracirenden Ingenieuren als verlässliche Behelfe benützt werden können, so wäre dies allerdings von sehr grossem Werthe im Allgemeinen, wie insbesondere hinsichtlich der Anlage von Eisenbahnen. Die rasche Ausbildung der geologischen Wissenschaft und das energische Vorgehen ihrer Vertreter berechtigt zu der Annahme, dass dieselben je eher zu Tage gefördert werden könnten, je ausgiebiger diesfalls die Unterstützung seitens der Behörden bezüglich der Flüssigmachung der nöthigen Geldmittel, wie bezüglich der Ermöglichung einer eingehenden Forschung an allen wichtigeren Schürfgruben, mitwirken würde **).

Insolange keine derartigen Behelfe vorliegen, wird es unter allen Umständen räthlich sein, dass die Geologen und Bau-Ingenieure gemeinsam wirken und sich bei der Ausführung ihrer grossen Aufgaben gegenseitig unterstützen; ein solches Vorgehen würde den Geologen das Forschen und Beobachten wesentlich erleichtern und der Wissenschaft auf die rationellste Weise neues Materiale zuführen.

Professor v. Hochstetter sagt diesbezüglich in seiner Rectorsrede, „dass es dringend nothwendig und überaus wünschenswerth erscheint, dass die Ingenieure selbst auf das Studium der Geologie mehr Gewicht legen, und dass es nicht dem Zufall überlassen bleibe, ob bei diesem oder jenem Unternehmen ein Geologe zu Rathe gezogen wird oder nicht, sondern, dass eine vollständige Organisation für den geologischen Dienst bei Eisenbahnen stattfindet. Am besten werden sich für einen solchen Dienst Ingenieure selbst eignen, welche sich die genügenden geologischen Kenntnisse erworben haben, und nur bei besonders schwierigen Fällen wäre dann noch der Rath der erfahrensten Fach-Geologen ein-

*) Zollikofer sagt in Ilubek's „Ein treues Bild des Herzogthumes Steyermark“, Graz 1860, Folgendes: „Noch vor wenigen Jahren war es wohl Niemandem eingefallen, der Beschreibung eines Landes eine geognostische Skizze desselben voranzusenden. Der Grund davon liegt einfach in dem Umstande, dass damals die Geologie kaum zur Wissenschaft gediehen, sich noch nicht auf das Feld der Anwendung hinauswagen konnte, und dass die Theorie erst auf fester Basis aufgebaut werden musste, ehe man daran denken konnte, ihr die praktische Seite abzugewinnen, ohne welche heutzutage keine Wissenschaft diesen Namen verdient.“

**) Inaugurations-Rede des Rectors der k. k. technischen Hochschule in Wien, Dr. F. v. Hochstetter. Dieselbe enthält Seite 44 Folgendes: „Prof. D. H. Credner weist in seiner Broschüre über die neue geologische Landesuntersuchung des Königreiches Sachsen darauf hin, dass die geologische Aufnahme und Profilirung der im Bau begriffenen Eisenbahnen ein, die geologische Special-Untersuchung des gesammten Königreiches vorbereitendes und mit ihr Hand in Hand gehendes Unternehmen sei, das die Aufgabe hat, die Erdarbeiten der Eisenbahnbauten (die grossartigsten Schürfgruben, welche geologischen Untersuchungen zur Disposition stehen können) für die Zwecke der späteren Landesuntersuchung auszunützen, und auf diese Weise ein Netz von unverrückbaren geologischen Aufschlusspuncten zu construiren, welches zur Controle und möglichst fehlerlosen Grundlage, sowie zur späteren Correctur der eigentlichen geologischen Aufnahme dienen soll.“

*) F. R. v. Hauer: „Die Geologie“, Wien 1875, S. 166.

zuholen. Die Aufgabe dieser Ingenieur-Geologen müsste aber nicht allein darin bestehen, bei den ersten Entwürfen und Projecten einer neuen Bahnlinie Einfluss zu nehmen, ihre Wirksamkeit müsste vielmehr auch während des Baues fort dauern. Mit genauester Sorgfalt sollten beim Baue selbst alle geologischen Vorkommnisse beobachtet und aufgezeichnet werden, um nach diesen Beobachtungen und Aufzeichnungen das geologische Profil der vollendeten Bahnlinie anzufertigen; denn häufig wird erst beim Baue dem Geologen wie dem Techniker das rechte Licht aufgehen über die bestehenden Verhältnisse. Es werden Fälle genug eintreten können, die nicht vorauszusehen waren, wo durch die geologischen Kenntnisse der Ingenieure noch während des Baues Fehler vermieden und Vortheile erreicht werden können *).

So sehr aber der Intervention der Geologen bei dem Eindringen in die Erdrinde im Allgemeinen und insbesondere bei den Eisenbahnanlagen das Wort geredet werden muss, eben so sehr muss es befremden, wenn in einem Falle, wie in dem vorliegenden (in den Mittheilungen besprochenen), die nachträgliche Anrufung eines Geologen zu dem Zwecke erfolgt, um hinsichtlich der in dem Vertrage über die Vergebung der Erdarbeiten aufgenommenen Theilung derselben in Erd- oder Bodengattungen und in Fels, zu entscheiden, in welchem Sinne diese zu verstehen und was überhaupt mit den Bezeichnungen Erde und Fels gemeint sei.

Würde es sich ganz allgemein um die Beantwortung dieser Frage ohne jede Rücksicht auf Zweck und Nebenumstände handeln, oder würde die Ermittlung der Preise für die Gewinnung der einzelnen Erd- und Felsarten auf geologischer Basis erfolgen und

*) Ich glaube auf keinen Widerspruch in Fachkreisen zu stossen, wenn ich der Meinung Ausdruck gebe, dass gewiss alle Bau-Ingenieure mit einer solchen Organisation des geologischen Dienstes und überhaupt mit einer im Vorstehenden charakterisirten Einflussnahme der Geologen bei der Anlage von Eisenbahnen einverstanden sein, und sie mit Freude begrüßten würden. Es wäre dies nicht nur im Interesse der Sache, sondern auch sehr vorwiegend im Interesse der Ingenieure selbst gelegen.

Durch eine solche Mitwirkung der Geologen würde den Ingenieuren die betreffende Verantwortung theilweise, in vielen Fällen ganz abgenommen, und die abfälligen Urtheile über ihr Wissen und ihre Erfahrungen aus Anlass unvorhergesehener Terrain-Bewegungen und Bauschwierigkeiten würden nach und nach verstummen. Diese Entlastung wäre für die Ingenieure allerdings eine mehr einseitige, insofern jedes aus ähnlichen Anlässen dennoch auftretende Missgeschick dieselben nicht theilnahmslos lassen würde. Mit dem Bauwerke, das der Ingenieur ausführt, ist dessen Name und Ehre nur zu innig verflochten, von dessen Gelingen nicht selten seine Zukunft abhängig. Einerseits im Kampfe gegen Vorurtheile, Misstrauen und Sonder-Interessen, andererseits gegen die Naturkräfte, hat der Ingenieur Arbeitsleistungen zu vollführen, die seine geistigen und auch physischen Kräfte gewöhnlich nur zu sehr in Anspruch nehmen; er hat ein Werk zu schaffen, das nach seiner Vollendung der Kritik Aller preisgegeben und zuweilen ohne jede Rücksicht auf das der Ausführung zu Grunde gelegte Programm verurtheilt wird. Besondere Interessen, die bei der Anlage von Bahnen berücksichtigt werden müssen, können den Ingenieur in der Wahl der Trace sehr beeinflussen. Sie können Ursache sein, dass die technische und mit ihr die geologische Frage erst in zweiter Linie zur Geltung kommen; dass Gebirgslehnen, die bei freier Wahl der Trace unberührt bleiben würden, benützt werden müssen; sie können auf die Steigungs- und Richtungsverhältnisse, und allgemein auf die Bau- und Betriebskosten so bedeutenden Einfluss nehmen, dass dadurch Millionen von Gulden an Mehrauslagen verursacht werden. So sehr nun diesfalls die Trace ganz oder theilweise mit Recht bemängelt werden kann, so wenig ist es gerechtfertigt deswegen, ohne jede weitere Rücksicht den Ingenieur, der sie ermittelt, zu verurtheilen.

dies in dem betreffenden Vertrage bemerkt oder so allgemein üblich sein, dass es selbstverständlich, so wäre auch nicht im mindesten zu bezweifeln, dass dieselbe ausschliesslich dem Gebiete des Geologen zufallen müsste. Die Intervention im vorliegenden Falle ist aber gleichbedeutend mit der Einflussnahme auf die Preisbestimmung für die Gewinnung der einzelnen Materialgattungen, und in diesem Sinne wird eine Qualificirung von Bodengattungen im Eisenbahnbaue allerdings nicht in erster Linie Sache des Geologen oder Lithologen sein können. Dermalen, wo derartige Verträge vorwiegend ohne der Mitwirkung von Geologen aufgestellt werden, wo die geologisch-wissenschaftlichen Beziehungen bei der Ermittlung der Preise für die Gewinnung nicht maassgebend sind, ist die Beurtheilung dessen, was in den von Ingenieuren aufgestellten Projecten und Verträgen mit Erde und Fels gemeint sei, in erster Linie von Ingenieuren, auf Grund der im Ingenieur-Bauwesen in Betreff der Preisermittlung gebräuchlichen Normen, vorzunehmen.

Die Basis, auf welcher bisher die Preisermittlungen für die Erdbauten erfolgten, würde sehr alterirt werden, wenn man auch weichen Thon und lockeren Sand *), von anderen auf Cohäsion einflussnehmenden Nebenumständen abgesehen, zu den Felsarten rechnen und überhaupt den geologischen Begriff von Fels anwenden, wenn man diesen etwa rückwirkend auf alle bisher ausgeführten Eisenbahnbauten anwenden wollte und könnte; die sich ergebenden Differenzen würden sich dann nicht mehr auf Hunderttausende von Gulden sondern auf Tausende von Millionen Gulden beziffern. Wenn wir ferner berücksichtigen, dass in der deutschen Geologie der Begriff von Fels völlig unbestimmt, ja das Wort eigentlich ganz unzulässig ist, indem die Wissenschaft nur Gestein oder Felsart kennt und nur den Terminus Gebirgsart zulässt, und wenn die Worte „Fels“, „rock“, „roche“ in der geologischen Wissenschaftsgruppe der drei maassgebenden Nationen keinen bestimmten Sinn haben, und als Gattungsbegriff gar nicht definirbar sind **), so involvirt dies schon von vornherein eine Divergenz der Anschauungen der Ingenieure und Geologen in Bezug auf die Preis-Analysen für Erdbauten und die darauf basirten Projecte und Verträge, und andererseits die principielle Frage, wie in Zukunft vorzugehen sei, damit in derartigen Terrain-Angelegenheiten keine Terminologie geübt werde, die ähnlichen Divergenzen Vorschub leistet und damit nicht etwa in ähnlicher Weise, wie der Mergel des Landwirthes ein Anderes ist als der Mergel des Geologen, auch der Fels oder die Felsart des Ingenieurs ein Anderes sei, als die Felsart des Geologen ***).

*) Die Geologie von R. v. Hauer, Wien 1875, enthält S. 21: „Unter dem Namen „Gebirgsart“ oder „Felsart“ versteht man in der Wissenschaft durchaus nicht allein feste steinige Massen, sondern was immer in grösseren Mengen selbständig in der Erdrinde auftritt. Ein lockerer Sand, ein weicher Thon sind ebensowohl Gebirgsarten, wie der feste Kalkstein oder der noch härtere Granit.“ — C. Lyell sagt in seinem „Elemente der Geologie“: dass Einige unter Felsarten selbst den Torf begriffen haben.

**) K. F. Peters „Experten-Gutachten.“ — C. Lyell, „Elemente der Geologie“: „Nach älteren Schriftstellern besteht unsere Erdrinde aus Fels und aus Bodenarten. Oft findet aber ein so unmerklicher Uebergang von einem weichen und unzusammenhängenden zu einem steinigen Zustande statt, dass die Geologen aller Länder das Bedürfnis eines beide umfassenden wissenschaftlichen Ausdruckes unvermeidlich fanden, und in diesem Sinne wendeten die Engländer rock, die Franzosen roche und die Italiener rocca an.“

***) Dr. Senft: „Der Steinschutt und Erdboden“, Berlin 1867, S. 4.

Diese Frage zu beantworten und noch weiters nachzuweisen, dass in einem Falle, wie in dem vorliegenden, das Votum des Bau-Ingenieurs entscheidend ist, will ich in Folgendem versuchen.

Es ist bekannt, dass die Bestimmung der wirklichen Grösse des Erddruckes eine Aufgabe ist, welche sich im Allgemeinen der Rechnung entzieht. Die Schwierigkeit, die sich der wissenschaftlichen Lösung entgegenstellt, wurzelt zumeist darin, dass die Erdkörper keine homogenen Körper sind, dass die Cohäsion und Reibung je nach der Erdgattung, und dass sie, namentlich bei einer und derselben Erdgattung mehr oder weniger verschieden sind, je nach der wechselnden Einwirkung im Innern und von Aussen. Behufs Ermittlung des Erddruckes sind viele umfassende Versuche mit einer und derselben Erdgattung (trocken, feucht und mit Wasser geschwängert) vorgenommen und zur weiteren theoretischen Behandlung benützt worden *). Wenn es nun auch bisher nicht geglückt ist, eine allgemeine genaue Theorie des Erddruckes **) aufzustellen, so könnte daraus nicht etwa gefolgert werden, dass diese Frage, bei der es sich um die Bestimmung der Böschungsanlagen u. s. w. verschiedener Erdgattungen handelt, mehr dem Gebiete der Geologie als jenem der angewandten Mathematik angehöre.

In ähnlichem Sinne gilt dies hinsichtlich der Gewinnung, d. i. Trennung der Theilchen eines Erdkörpers durch eine gewisse Kraft unter Anwendung einfacher oder zusammengesetzter Maschinen. Auch diesbezüglich ist keine allgemeine genaue Bestimmung aufgestellt; es fehlen die nöthigen Anhaltspunkte, um von vornherein, ohne Vermittlung von Probegruben und Stollen, das relative Arbeitserforderniss für die Gewinnung beurtheilen zu können.

Bei Zugrundelegung dieser Vermittlung und bei der Gewinnung selbst hat sich jedoch für diese schon längst eine Norm herausgebildet, die zum Gemeingute geworden und allorts Anwendung gefunden hat und noch findet. Durch diese werden gewisse Grenzen festgestellt, von welchen mit Beruhigung angenommen werden kann, dass zwischen ihnen das genaue Resultat liegt. Man wird nun auch hier, gleichwie in dem früher aufgeführten Falle, dem jedesmaligen Zustande, in welchem sich das Materiale befindet, sowohl bei den einzelnen Erdarten, wie auch bei den Felsarten Rechnung tragen und immer nur den speciellen Fall berücksichtigen, und wird dieserwegen die Frage der Gewinnung in erster Linie der angewandten Mechanik und nicht der Geologie zur Beantwortung vorlegen müssen.

Diese Norm findet ihren Ausdruck in der Classification der verschiedenen Erd- und Felsarten behufs der Gewinnung und der Kostenbestimmung für dieselbe. Nicht für jede der vielen verschiedenen Erd- und Felsarten und für jede derselben unter den verschiedenen mechanischen und chemischen Einwirkungen hat man den Kraft- und Zeitaufwand und die anzuwendenden Maschinen zur Gewinnung einer bestimmten Cubik-Einheit zu ermitteln versucht (es würde dies viel zu weit führen und ohne praktischen Werth sein); man hat vielmehr auf Grundlage vielseitiger Erfahrungen bei der Gewinnung, und zwar mit Rücksicht auf die der Lostrennung entgegen wirkenden, mehr oder weniger grossen Widerstände mehrere, gewöhnlich sechs, ausnahmsweise sieben Gruppen von Combinationen verschiedener Arbeitskräfte mit den zu benützenden Maschinen u. s. w. zu dem Zwecke

aufgestellt, um sämtliche zu bewegendende Erd- und Felsarten in dieselben entsprechend einzureihen.

Im Erdbau zu Tag reiht man in die I. Gruppe (Kategorie) die am leichtesten zu gewinnenden, in die II. Gruppe die etwas schwieriger zu gewinnenden u. s. f., in die VI., eventuell VII. Gruppe die am schwierigsten zu gewinnenden Materialgattungen, und pflegt gewöhnlich die Gruppen I, II, III als sogenannte Erd-Kategorien, die übrigen als Fels-Kategorien, und zwar dadurch zu charakterisiren, dass zur Lösung bei ersteren, in der Regel als Werkzeug (einf. Maschine) die Schaufel, die Breit- und Spitzhaue, als Arbeitskraft der Handlanger; bei letzteren in der Regel Keile, Brechstange, Sprengwerkzeuge und Sprengmittel, beziehungsweise neben dem Handlanger, Steinbrecher und Mineurs verwendet werden. Diese Classification ist den Projecten von Eisenbahn- und Strassenbauten für die betreffenden Preisermittlungen zu Grunde gelegt worden und es kann namentlich auf die in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“ (Jahrgang XIII) enthaltene Preis-Analyse hingewiesen werden, welche in Betreff der Classification der Erd- und Felsarten gewissermassen als Norm auch seitens der österreichischen Regierungsorgane, sowohl bei den Projectirungen von Eisenbahnbauten wie auch bei allen militärischen Bauten, bis in die jüngste Zeit benützt wurde und noch benützt wird.

Heyne *) theilt die sämtlichen Bodengattungen in sechs Classen, wobei die vierte Classe den Uebergang von den Erdclassen zu den Felsclassen bildet.

Plessner bezeichnet in seinem „Veranschlagen von Eisenbahnen“ (Berlin 1866, S. 140) die Classen V und VI als eigentliche Felsclassen.

In der Instruction für die Bodenuntersuchungen behufs Projectirung der Gotthardbahn ist, nach einer entsprechenden Einleitung, welche die Bodenuntersuchungen als eine der Haupt-Operationen der Projects-Arbeiten charakterisirt Folgendes aufgeführt: „Es müssen vorerst alle einschlägigen Verhältnisse durch alle zu Gebote stehenden Mittel, als: Beobachtung und Studium des geognostischen Baues des Terrains an der Oberfläche des blossliegenden Gebirges und an den vorhandenen natürlichen und künstlichen Aufschlüssen, und wo dies nicht ausreicht, durch Sondirungen mittelst Bohrlöchern, Versuchsschächten und Stollen etc. constatirt werden.“ Es folgt sodann eine eingehende Instruction hinsichtlich der Erhebungen bezüglich

1. des Einfallens der Schichten und Klüfte,
2. der Terrain-Bewegungen, die möglicherweise durch den Bahnbau verursacht werden könnten,
3. der Wasserläufe und ihrer Wirkungen,
4. der speciellen Eigenschaften des Gesteins und ihrer wissenschaftlichen Classification und Bezeichnung, und endlich
5. bezüglich der allfälligen Verwendbarkeit der vorfindlichen Gesteinsarten als Baumaterialie und deren mehr oder minder leichte Gewinnbarkeit.

Nach dieser grossen und berechtigten Werthschätzung des geologischen Einflusses auf die Projectirung schliesst diese Instruction mit der Classification der Bodengattungen**), die ebenfalls in dem bisher vertretenen Sinne aufgestellt ist.

*) W. Heyne: „Der Erdbau“, Wien 1874, S. 70 bis 71.

**) Classification der Bodengattungen:
I. Classe. Schon einmal gewonnenes Materiale der II. und III. Classe, sowie Flug- und Triebsand, Torf, Humus.

*) Rebhann, „Theorie des Erddruckes“, 1871, §. 21.

**) Dr. E. Winkler, „Neue Theorie des Erddruckes“, 1872, S. 1.

Im bergmännischen Erdbau hatte man im Beginne der deutschen Eisenbahnbauten behufs der Aufstellung von Tunnelbau-Kostenvoranschlägen bloß zweierlei Gestein unterschieden; schob jedoch später eine dritte Gruppe ein und unterschied:

1. Gebirgsmassen, die sich schaufeln, abstechen, loshacken, wegschneiden oder wegbrechen lassen;
2. Gebirgsmassen, die theilweise gebrochen, theilweise schon mit Pulver gesprengt werden müssen, und es wurde dieses Gestein sehr vorwiegend mit dem Ausdrucke „fauler Felsen“ bezeichnet;
3. fester Felsen, der nur mit Pulverkraft, also nur durch Sprengarbeit gewonnen wird.

Werner hat eine Classification mit fünf Gruppen vorgenommen, und Ržiha proponirt eine solche mit sieben Gruppen.

Während Werner das Gestein als rollig, mild, gebräch, fest und höchst fest bezeichnet, stellt Ržiha folgende Eintheilung auf:

1. sehr schwer schiessbar,
2. schwer schiessbar,
3. leicht schiessbar,
4. gebräch,
5. mild,
6. rollig,
7. schwimmend;

mit der Charakteristik von 1, 2, 3 als Schussgestein (Sprengarbeit), 4 Brechgestein (Hereintreib-, theilweise Sprengarbeit), 5 und 6 Haugestein, Hackboden (Keilhauenarbeit und beziehungsweise Keilhauen- und Wegfüllarbeit), 7 Stichelgestein, Stichelboden (Wegfüllarbeit)*).

Dies die Norm, die dem jetzigen Stande des Erdbaues, die übliche Art der Gewinnung unter Anwendung einfacher Maschinen vorausgesetzt, entspricht.

- II. Classe. Solche Bodengattungen, deren Zusammenhang noch geringer ist als die Schwerkraft (rollige Bodengattungen).
- III. Classe. Die hieher gehörigen Bodengattungen besitzen zwar Zusammenhalt, leisten aber doch dem Eindringen scharfer Werkzeuge nur geringen Widerstand, sind im Allgemeinen mit der Spitzhacke gewinnbar und lassen während der Arbeit verticale Wände zu. Hieher gehören z. B. festgelagerter Sand und Schotter, Thon und Lehm, verwitterter Gneis und Granit und andere faule und mürbe Gesteinsarten, festgelagertes Gerölle und Bergschutt, mit und ohne Lehm, aber aus solchen Steinen, welche nicht verkleinert werden müssen.
- IV. Classe. Das Gestein gestattet noch das Eindringen scharfer Werkzeuge, d. h. es ist im Allgemeinen noch mit solchen aus dem Zusammenhange zu bringen, ohne Zuhilfenahme von Sprengmitteln, z. B. verwitterter Gneis, Granit, Porphy, Glimmerschiefer und Kalkstein, Bergschutt mit grossen Steinen, welche besonders, wenn auch mit Sprengmitteln, verkleinert werden müssen.
- V. Classe. Festes Gestein in Schichten gelagert und durch Klüfte getheilt, welches vorwiegend mit Zuhilfenahme von Sprengmitteln gelöst werden muss, z. B. Granit, Gneis, Porphy, Glimmerschiefer, Grauwacke etc. Bei der Gewinnung lassen sich im Allgemeinen die Schichtungen und Theilungen des Gebirges noch benützen.
- VI. Classe. Höchst festes Gestein, nebst anderen sehr harten Gesteinsarten, welche schon wegen ihrer Schichtung sehr schwer und nicht ohne Sprengmittel lösbar sind: quarzreicher Granit, Hornstein, Syenit, Basalt etc.

*) Ržiha, „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“, Berlin 1867, I. Band, S. 2.

Die Einreihung der zu gewinnenden Erd- und Felsarten in die einzelnen Classen für die Gewinnung, sowohl zu Tag wie im Gebirgs-Innern erfolgt nach der Art der Gewinnung, wobei es keinem Zweifel unterliegt, dass in manchen Fällen der streng wissenschaftliche Name des zu gewinnenden Materiales als Charakteristik für seine Einreihung vollständig ausreichen kann, und in diesem Sinne auch benützt wird. Speciell rücksichtlich der Einreihung in die einzelnen Classen des bergmännischen Erdbaues sagt Ržiha in seinem Lehrbuche weiters: „Es wird nach Aufzählung der Eigenschaften des Gesteines und schon aus der einfachen Betrachtung eines Gesteines einleuchten, dass die Gewinnbarkeit ihren Maassstab weder in den mineralogischen Härtegraden der Gesteine, noch in deren Classification durch Geognosie und Mineralogie finden kann. Die Verschiedenheit des Baues zweier Gesteine einer und derselben Classe kann einen ganz verschiedenen Aufwand von Gewinnungsarbeit erfordern. Es gibt, um thatsächliche Beispiele anzuführen, Kalk- und Sandsteine, die von Mineralogen mit einem und demselben Härtegrade belegt und von ihm in eine und dieselbe Classe gereiht werden, welche aber der Gewinnungsarbeit so verschiedenartigen Aufwand abringen, dass jene Fälle nicht selten sind, wo die Gewinnungskosten in einem Falle noch einmal soviel als in dem anderen betragen. Wir müssen daher zur Taxation des Gewinnaufwandes bei den verschiedenen Gesteinen die wissenschaftliche Eintheilung der Mineralogie und Geognosie verlassen, und einen Weg betreten, der alle Gesteine, welcher Familie sie auch angehören, solchergestalt classificirt, dass die Art der Gewinnung als Maassstab erscheint.“

In diesem Sinne ist auch gelegentlich der Projects-Verfassung für die Arlbergbahn hinsichtlich der Ermittlung der Festigkeit der durch die Tunnelausführung voraussichtlich zu durchfahrenden Gesteine vorgegangen worden. Die verschiedenen, vorerst der Oberfläche entnommenen Gesteinsprobestücke wurden auf einer Drehbank durchbohrt und nach der gemessenen Länge des Bohrloches und der für dessen Herstellung aufgewendeten Zeit die relative Bohrlänge per Minute bestimmt*). Die erzielte Bohrlänge per Minute, die verrichtete mechanische Arbeit, kann als Maass für die Härte des Gesteines gelten.

Diese für die General-Arbeit maassgebenden geologischen Erhebungen und Bestimmungen sind jedoch keineswegs ausreichend, um auf Grund derselben die Vergebung der Ausführung dieses Alpentunnels an eine Privatunternehmung sofort vornehmen zu können, das damit verbundene Risiko liess sich in vorhinein schwer ermitteln. Erst wenn durch die Anlage von Stollen und Schächten die nöthigen geologischen Details und übrigen Daten für die Feststellung der Einheitspreise nach den einzelnen Arbeits-

*) „Technischer Bericht über das Project der Arlbergbahn“, von der Bau-Abtheilung der k. k. General-Inspection der österr. Eisenbahnen. Wien 1872.

Es heisst in diesem noch weiter: „Eine der wichtigsten Voruntersuchungen bei Tunnelbauten bildet nebst der Bestimmung der vorkommenden Gesteinsgattungen jene der Verbreitung der einzelnen Gesteine und die Härte eines jeden derselben. Die mineralogische Härte-Scala lässt sich bei solchen Untersuchungen nicht als Basis annehmen, da die Gesteine meist Gemenge verschiedener Mineralien und diese für sich nicht leicht vom Gesteine trennbar sind, um sie einzeln zu bestimmen und hieraus eine Durchschnittshärte zu berechnen. Auch würde eine solche Härtebestimmung noch keinen Anhaltspunct für das Zeitmaass geben, in welchem ein Gestein von bestimmter Dicke zu durchbohren wäre.“

gattungen in der erforderlichen Verlässlichkeit und Vollständigkeit vorliegen werden, was nach den Aussprüchen der Fachmänner *) einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren in Anspruch nehmen dürfte, wird es thunlich sein, die Durchbohrungsarbeit an einen Unternehmer im General-Accord übergeben zu können.

Was die factische Einreihung des zu gewinnenden Materiales in die einzelnen Classen anbelangt, so kann es nun vorkommen, dass im „Erdbau zu Tag“ Granit einmal in die Classe VI, ein andermal in die Classen V oder IV, oder, wenn der Verwitterungsgrad noch weiter vorgeschritten, in die Classe III; dass Porphyr einmal in die Classe VI, ein andermal in die Classe III; dass der sogenannte „Opok“, von dem noch später die Rede sein wird, sowie das in den „Mittheilungen“ geschilderte Conglomerat-Gestein, je nach Umständen in die Classen V, IV, III oder II eingereiht werden muss u. s. w.

Zur richtigen Einreihung ist demnach die wissenschaftliche Bezeichnung allein nicht immer ausreichend; es wird vielmehr der Zustand, in welchem sich das Materiale befindet (trocken, feucht, durchnässt) und die mehr oder weniger vorgeschrittene Zersetzung und Auflockerung, es werden mit anderen Worten jene Härte- und Festigkeits-Verhältnisse maassgebenden Einfluss üben, welche den einen wesentlichen Factor für die zu verrichtende mechanische Arbeit der Gewinnung bilden. Die mineralogischen und geologischen Bezeichnungen werden dann vollkommen genügen, wenn es sich um eine allgemeine Charakteristik handelt, oder wenn durch sie gleichzeitig das relative Arbeitserforderniss für die Gewinnung charakterisirt ist; wenn somit die Fälle so einfach vorliegen, wie sie die mineralogische und geologische Bestimmung voraussetzt, was nicht in der Regel, sondern mehr in Ausnahmefällen eintreten wird. Wird demnach die behufs der Classification bewirkte Terrain-Aufschliessung durch Probegruben und Schächte mit den wissenschaftlichen Namen bezeichnet, so wird diese Bezeichnungsweise immer nur in dem eben angedeuteten Sinne zu verstehen sein. Ist daher beispielsweise Lehm aufgeführt, so wird bei dem Umstande, als Lehm in der Regel mit der Breit- oder Lettenhaue zu gewinnen ist und nur in besonderen Fällen, zur Massengewinnung, theilweise durch Sprengmittel gelockert wird, auch gleichzeitig die Classe gekennzeichnet, in welche dieses Materiale einzustellen sein wird. Lockerer Sand, der seitens der Geologen ebenso zu den Gebirgs- oder Felsarten zählt wie der feste Kalkstein, wird, wenn keine andere als diese Bezeichnung vorliegt, von dem Bau-Ingenieur nicht in die sogenannten Fels-Kategorien, sondern in die Erd-Kategorien, und zwar in der Regel in die I. Kategorie eingereiht.

Um jedoch diese Bezeichnung und respective Einreihung entsprechend vornehmen zu können, ist es erforderlich, dass der Ingenieur schon während der Aufschliessungsarbeit jene Beobachtungen und Erhebungen pflegt, die zur Bemessung der Gewinnungs-Schwierigkeiten maassgebend sind, und es ist selbstverständlich, dass hiebei die grössere Schwierigkeit der Gewinnung in kleineren Ausbrüchen (Probegruben und Schächten) berücksichtigt und eine Reduction derselben dann vorgenommen werden muss, wenn es sich um die Ermittlung der Kosten für die Gewinnung in Massen (Abschnitten, Einschnitten u. s. w.) handelt **).

*) Technischer Bericht über das Project der Arlbergbahn. „Protocolle der fachmännischen Enquête vom 22. und 26. Feb. 1872.“

***) Bei der Ausführung der Brennerbahn standen die Kosten für die Gewinnung, je nach dem Gewinnungsorte, in „Abschnitten“,

Je nach dem Wortlaute des Vertrages, oder bei Regie-Bauten, wird dann bei der Ausführung des Baues noch mannigfachen Vorkommnissen Rechnung zu tragen sein. Es kann z. B. der Fall eintreten, dass der Zustand des, in der Regel der I. Classe angehörenden Materiales: lockerer Sand, Dammerde u. dgl., durch die Einwirkung des Frostes derart verändert wird, dass dessen Einreihung in eine höhere Erd- oder in eine Fels-Classe nöthig wird. Es kann vorkommen, dass ein und dasselbe Material einmal im sogenannten gewachsenen Zustande, ein andermal in der Absetzung, in jüngeren Schuttkegeln und bei Demolirungen von Dämmen anlässlich von Bahnnumlegungen; dass ein in Einschnitten und Fundament-Gruben einmal gewonnenes Materiale z. B. III. Classe seitlich abgelagert und nach Monaten in der Ablagerung neuerdings gewonnen werden muss; die Materialgewinnung des gleichnamigen Materiales wird dann das eine Mal in die III. Classe das andere Mal vielleicht in die I. Classe eingestellt werden müssen.

Es wäre hier der Einwand möglich, dass doch nur von solchem Materiale die Rede sein könne, das durch Menschenhand noch nicht bewegt wurde, das ein Bestandtheil der festen Erdrinde ist. Diesfalls jedoch kann es wohl gleichgiltig sein, ob die Auflockerung und Ablagerung durch Menschenkraft oder ob sie in Folge Zersetzung und Verwitterung, oder durch die Störung des Gleichgewichtes (Rutschungen) oder durch eine natürliche Neubildung u. s. w. bewirkt wurde. Bei derlei durch Menschenhand bewirkten Ablagerungen tritt nicht selten eine Cohäsion ein, welche jener des ungelockerten Materiales nahezu gleichkommt.

Wenn nun auch vorausgesetzt werden muss, dass der Geologe die Berechtigung der Einflussnahme aller der verschiedenen Factoren auf die Gewinnung anerkennt, so lässt sich andererseits nicht leicht vorstellen, wie er derselben durch gangbare mineralogische oder geologische Ausdrücke entsprechen, wie er die Art der Gewinnung ausschliesslich durch eine geologische Formel bestimmen könnte.

In Betreff der Einreihung des Materiales in die einzelnen Kategorien kann noch weiters bemerkt werden, dass dort, wo verschiedenes Materiale im Gemenge vorkommt, dem Bautechniker hinsichtlich einer strengen Trennung nach Gruppen in ähnlicher Weise Schwierigkeiten entgegneten wie dem Mineralogen bei der Einreihung seines Minerals in die Härte-Scala, wie dem Geologen, wenn es sich um die Trennung der Bestandmassen von den aus ihnen gebildeten Bodengattungen handelt. Im praktischen Bauwesen wird jedoch von einer derartigen scharfen Trennung stets Umgang genommen, und es ist allgemein üblich und auch vollständig ausreichend, in solchen Fällen schätzungsweise vorzugehen, oder eine Mittel-Kategorie, respective einen Mittelpreis zu bestimmen; es gilt dies im Kleinen für einzelne Einschnitte, wie im Grossen für viele Kilometer lange Eisenbahnstrecken, wobei stets von Fall zu Fall der Grad der Genauigkeit für die Vorgangsweise besonders festgestellt werden muss. Es werden diesfalls und behufs richtiger Projectirung des Baues längs der ganzen Bahntrasse in Abträgen und Materialgewinnungs-Plätzen Probegruben eröffnet und Probeschächte abgetäuft, und die hiedurch erlangten

„Einschnitten“ und „kleinen Ausbrüchen“, z. B. des Materiales III. Kategorie in dem Verhältnis wie 70 : 77 : 100, des Materiales VI. Kategorie, wie 300 : 347 : 600.

Nach F. Plessner: „Anleitung zum Veranschlagen von Eisenbahnen“, Berlin 1866, rechnet man auf den preussischen Baustrecken zu den Preisen für die Massengewinnung einen 25%igen Zuschlag für die Gewinnung an beschränkten Baustellen.

Resultate der Terrain-Untersuchungen nach den Kategorien getrennt in den massgebenden Plänen eingetragen, sodann für jede einzelne Kategorie die Massen und mit Berücksichtigung des ermittelten Grundpreises die Gesamtkosten, und im Verhältnisse der Masse jeder einzelnen Kategorie zur Gesamtmasse die Mittelpreise bestimmt. Behufs der Vergebung der Ausführungsarbeiten können Bewerber um die Uebernahme derselben vor Abgabe ihres Angebotes an Ort und Stelle die Besichtigungen der Aufschliessungen und damit im Zusammenhange eine Prüfung des ermittelten Preises vornehmen.

Stellt sich nach der vollständigen Aufschliessung des Terrains im ganzen Arbeitsbereiche, d. i. nach der Vollendung des Baues das Verhältniss der Einzelmassen (nach Kategorien) zu einander und zur Gesamtmasse anders heraus als ursprünglich berechnet wurde, was bei gemengtem Materiale gewöhnlich vorkommen wird, so kann sich dann allerdings eine mehr oder weniger grosse Kosten-Differenz ergeben, durch welche die Bauübernehmer entweder einen unvorhergesehenen grösseren Gewinn erzielen oder auch Verluste erleiden. Die Anhaltspunkte zur Ausgleichung solcher Differenzen, die immer nur in letzterem Falle zu besonderer Geltung gelangen, liegen dann, bei correct aufgestelltem, jede Streitfrage ausschliessendem Vertrage, ausserhalb desselben und finden in der Regel in Billigkeitsrücksichten ihren Ausdruck.

Was die vorbemerkte schätzungsweise Trennung nach Kategorien betrifft, so wird derselben in der Art Rechnung getragen, dass man gewöhnlich eine Untertheilung der betreffenden Masse in 10 Theile zu Grunde legt, so zwar, dass man in dem Falle, wenn bei einer und derselben Erd- oder Felsart, oder bei gemengtem Materiale, theils die Leistung der einen, theils der anderen Kategorie vorkommt, die Gesamtleistung z. B. durch 0·1 I., 0·9 II., oder 0·3 III., 0·5 IV., 0·2 V. Kategorie ausdrückt, eine weitere Theilung in etwa Hunderttheile wird nicht berücksichtigt. In ähnlichem Sinne gilt dies für die Ausführung. Wenn daher in dem speciellen Falle bei 0·1, leichtem Boden (I. Kategorie), neben der Schaufel ausnahmsweise die Breit-Haue benützt werden sollte und sich diese Leistungen auch wirklich etwa durch 0·092 I. und 0·008 II. Kategorie bestimmen liessen, so pflegt man dennoch mit Rücksicht auf das Nutzlose und Unpraktische derartiger Erhebungen, wie auch mit Rücksicht auf den Wortlaut des betreffenden Vertrages in eine solche Theilung nicht einzugehen und an der ursprünglich projectirten I. Kategorie festzuhalten. Aehnlich verhält sich dies z. B. bei Lehm Boden II. Kategorie, der in der Regel mit der Breit-haue gewonnen und etwa ausnahmsweise durch eine Sprengung (im allfälligen Percentsatze wie früher die Breithauen-Anwendung) gelockert wird.

Gedenken wir endlich noch insbesondere der Aufstellung der mineralogischen Härte-Skala und Einreihung der einzelnen Mineralien in dieselbe, so ist bekannt, dass zur Bestimmung der bei den verschiedenen Mineralien, ja selbst bei einem und demselben Minerale mehr oder weniger verschiedenen Härte, eine Härte-Skala mit 10 Härtegraden und, mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Einreihung der einzelnen Mineralien in dieselbe, eine weitere Theilung in je 10 Abstufungen aufgestellt wurde, und dass man sich für gewöhnliche Zwecke mit der Bestimmung einer mittleren Härte begnügt. Nachdem wir es auch hier mit einer mechanischen Leistung, mit der Bestimmung des Widerstandes zu thun haben, welchen der feste Körper der Trennung der einzelnen Theilchen desselben, bei dem Experimente

des Eindringens einer Stahlspitze oder eines scharfkantigen Fragmentes eines Mineralen entgegengesetzt, so läge es nahe, die Härte-Skala der Mineralogie zu der Kategorie-Aufstellung im Erdbau in Beziehungen bringen und folgern zu wollen, dass, sowie die Härtebestimmung der Mineralien Sache des Mineralogen, die Härtebestimmung der Gemengtheile der Mineralien unter den bereits mehrmals charakterisirten Umständen ebenfalls Sache des Mineralogen oder Geologen sei. Ein wesentlich Anderes ist es aber, wenn eine solche Bestimmung an Fragmenten eines Mineralen, und wenn sie an der Erdrinde selbst, behufs einer Massenablösung und Verkleinerung von Erd- und Felsarten im „Erdbau“ vorgenommen werden soll.

Wenn in den bisherigen Ausführungen an dem Gedanken festgehalten wurde, dass der Bau-Ingenieur sich sein Urtheil hinsichtlich der Einreihung des Materiales in die einzelnen Gruppen und die Bestimmung des Gewinnungspreises ausschliesslich auf Grund der Gewinnungsweise bildet, so darf nicht unerwähnt gelassen werden, dass in Bedarfsfällen zur Bildung eines diesbetreffenden allgemeinen Urtheiles während der Bauausführung, und namentlich nach derselben, auch einige andere Factoren, allerdings mehr secundärer Natur, einflussnehmend herangezogen werden können; es sind dies insbesondere die Rutschungs-Erscheinungen und Setzungsverhältnisse bei den Aufträgen, die Böschungsanlagen in den Einschnitten und Anschnitten, die Wahl der Materialgewinnungs-Plätze u. dgl. So gilt es z. B. bei Strassen- und Eisenbahnbauten als selbstverständlich, dass man Materialgewinnungs-Plätze in Fällen, wo nicht besondere, zumeist bauökonomische Gründe es anders bedingen, nie oder nur ausnahmsweise in Felsmateriale verlegt. Bei Dämmen, welche Deformationen zeigen, kann unter sonst gleichen Umständen, und namentlich unnachgiebigen Untergrund vorausgesetzt, geschlossen werden, dass dieselben nicht aus Felsmateriale gebildet wurden (womit nicht die Folgerung verbunden, dass nur Felsmateriale eine Gewähr für die Solidität eines Dammes in sich schliesst). Ingenieur Hellwag *) sagt speciell bezüglich des Mihuczeny-Dammes, dass derselbe im Project ungefähr mit 80.000^{kbm} eingestellt, und dass dieses „Erdmateriale“ aus einem danoben befindlichen Einschnitte auf eine mittlere Entfernung von 400^m zu transportiren gewesen sein mag. Nach diesen zwei Factoren und unter der Annahme, dass dieser Einschnitt kein besonders schweres oder felsiges Materiale enthalten hat, da sonst, wenn Stein zur Herstellung des Dammes, wenn felsiges Materiale vorhanden gewesen wäre, dasselbe wahrscheinlich mehr Solidität gezeigt haben würde, schliesst Hellwag, dass die Post, welche für diesen Damm veranschlagt worden war, fl. 50.000 bis 60.000 betragen haben kann. Hellwag unterscheidet hier Erd- und Felsmateriale (der Hauptsache nach im Sinne der früheren Ausführungen) und bringt die Solidität des Dammes in ein gewisses Abhängigkeits-Verhältniss zu der Verwendung von felsigem Materiale.

Was die Setzungs-Verhältnisse, die Setzung oder Sackung des aufgelockerten Materiales anbelangt, so ist bekannt, dass diese abhängig ist von dem Verhältnisse der Cubik-Einheit des gewachsenen zu der grösseren Cubatur des aufgelockerten Materiales.

Durch die Art der Dammerstellung und der während derselben einwirkenden Factoren, sowie später durch die Einwirkung

*) Process Ofenheim. Vernehmung des Sachverständigen W. Hellwag.

der Feuchte, der Schwere u. s. w. verringert sich nach und nach das Volumen des Damms; es nähert sich die anfänglich lockere Masse einem festen Körper, es tritt Cohäsion ein, die sich in manchen Fällen derart vergrössert, dass z. B. Lehm oder thonhaltige Erde bis auf 3^m und 4^m verticalem Abstich noch im Stande sein soll sich im Gleichgewichte zu erhalten *). „Wenn sich nun die Nothwendigkeit ergibt, geförderte Erd- und Felsmassen in Dämmen, falls solche aus Einschnitts-Materiale hergestellt wurden, anstatt im Einschnitte zu messen, so findet eine Reduction der im Damme sich ergebenden Massen derart statt, dass Felsen im angeschütteten Damm blos mit 70%, im schichtenweise aufgeführten Damm mit 80% der aus der Damm-Messung sich ergebenden Quantität, jedoch dann mit Beibehaltung des Grundpreises, welcher für die im Einschnitte erzeugten Massen angesetzt ist, berechnet werden **).

Ueberblickt man die bei der Bau-Ausführung der Venlo-Hamburger Bahn geltend gewesene Preistabelle für die Gewinnung der Erd- und Felsmassen, so sind dort im Vergleiche zu dem früher besprochenen Vorgange allerdings nicht 6 oder 7, sondern 28 verschiedene „Bodenarten“ berücksichtigt. Wir finden sie, mit Ausnahme der unter Nr. 14, 18, 19, 20 aufgeführten vier Arten von „Felsen“, ausschliesslich mit geologischen Bezeichnungen eingestellt ***).

Wenn nun eine solche Theilung vorkommt und sich bewährt, so ist bei dem Umstande, als auch hier durch die Aufführung

*) D. A. Ritter, „Lehrbuch der Ingenieur-Mechanik“, Hannover 1876, S. 294.

***) Bedingnisshefte für die Vergebung von Bauarbeiten bei den k. k. und k. ung. Staats-Eisenbahnen. „Erd- und Felsarbeiten.“

*** Ržiha, „Eisenbahn-Unter- und Oberbau“, I. Bd., S. 290.

Kosten der Erdarbeiten.

Preistabelle für die Gewinnung (Lösen) der Erd- und Felsmassen.
Venlo-Hamburger Bahn.

Post Nr.	Bodenart	pr. Kubik-Meter Silbergr.
1	Looser Sand	1.5
2	Ackererde	1.6
3	Fester nasser Sand	1.8
4	Leichter Lehm Boden	1.9
5	Sandiger Kies	2.0
6	Lehm Boden mit Grand	2.4
7	Schwerer steiniger Lehm Boden	2.9
8	Leichter Thon Boden	2.4
9	Schwerer Thon Boden	3.2
10	Grober Sand mit Thon	3.9
11	Fester und trockener zäher Thon	6.2
12	Trockenes Torfmoor	1.9
13	Nasses Torfmoor	2.4
14	Steingerölle und kleinbrüchiger Felsen	3.4
15	Kreide, Kreidekalk und Kreidemergel	4.7
16	Lose Keuperformation (mergelig)	4.7
17	Feste Keuperformation (Keupersandstein)	7.1
18	Felsen mit Brechstange und Spitzhacke lösbar	5.0
19	Felsen theilweise mit Pulver zu sprengen	6.8
20	Felsen nur mit Pulver etc. zu sprengen	9.0
21	Leichtbrechender Muschelkalk	4.7
22	Schwerbrechender Muschelkalk	7.1
23	Dichter Muschelkalk in kleinen Bänken	9.5
24	Dichter Muschelkalk in Flötzen	12.6
25	Leichter bunter Sandstein	5.0
26	Fester bunter Sandstein	7.2
27	Körniger bunter Sandstein in kleinen Bänken	9.5
28	Körniger bunter Sandstein in grossen Bänken	11.3

Die eingestellten Preise enthalten den Betrag für das Lösen, Einladen, Planiren und einmaliges Werfen, und es waren die Preise im Ganzen vollkommen ausreichend.

der vier Felsenarten das mechanische Moment charakterisiert ist, anzunehmen, dass die geologische Bezeichnung hinsichtlich der Gewinnung erprobt und als ebenso ausreichend befunden worden sein muss, wie jene bei Aufschliessung des Terrains durch Probegruben und Probeschächte, und dass in Fällen, wo noch die durch verschiedene mechanische Einwirkungen auftretenden mannigfachen Variationen zu berücksichtigen sein würden, jedenfalls eine weitere Untertheilung Platz greifen müsste.

Analog der Einflussnahme der Geologie auf die Gewinnung der Erd- und Felsarten, könnte sich dieselbe auch auf die Bearbeitung der Gesteinsstücke zu Werkstücken und auf den Transport der gewonnenen Erd- und Felsarten geltend machen. Wenn man jedoch erwägt, dass in den Steinbrüchen bei einer und derselben Gesteinsgattung in Bezug auf die Schwierigkeit der Bearbeitung sehr häufig verschiedenes Materiale vorkommt, und dass es zudem nicht gleichgiltig ist, ob der betreffende Steinblock unmittelbar nach seiner Lostrennung von der Bestandmasse, also im Zustande der ihm innewohnenden Gebirgsfeuchtigkeit (Bruchfeuchtigkeit), oder erst dann, wenn ihm diese zum grössten Theile entzogen ist, bearbeitet wird, so ist es einleuchtend, dass die Kosten für die Bearbeitung ähnlich wie die Kosten der Gewinnung von der mechanischen Leistung, die unter sonst gleichen Umständen bei einer und derselben Gesteinsart eine verschiedene sein kann, abhängig sind. Und in gleicher Weise sind auch die Kosten für den Transport der gewonnenen Erd- und Felsarten von der Leistung des Motors abhängig, und werden bei einer und derselben Erd- oder Felsart, je nach der ihr innewohnenden Feuchtigkeit verschiedenen Ausdruck finden.

Was die Warnung anbelangt, in Vertragsbestimmungen über Terrain-Angelegenheiten nicht Worte von unsicherer Bedeutung zu gebrauchen, so kann hierüber im Allgemeinen, wie insbesondere mit Rücksicht auf den vorliegenden Fall Folgendes angedeutet werden:

Verträge über die Vergebung der Ausführung von Eisenbahn-Bauarten sollen hinsichtlich ihres Hauptinhaltes von den Projectanten des Baues, d. i. von den Bau-Ingenieuren entworfen und gemeinsam mit Rechtskundigen aufgestellt werden. Sie sollen auf einem bis in die letzten Einzelheiten genau durchdachten Projecte oder doch auf derartigen Vorstudien und Behelfen basiren, dass die Vergebung, respective Uebernahme der betreffenden Arbeiten nicht vorwiegend den Charakter des Risicos der Contrahenten in sich schliesst. Ist man auch darüber vollständig im Klaren, dass die Bahnen als Mittel zum Zweck anzusehen, dass sie zumeist volkwirtschaftlichen und handelspolitischen Interessen zu dienen bestimmt sind, so darf doch andererseits nicht ausser Acht gelassen werden, dass das Bauwerk als solches eine Schöpfung des Ingenieurs sein soll. Dem entsprechend soll ein Project auf wissenschaftlicher Basis und innerhalb gewisser Grenzen mit besonderer Gründlichkeit hinsichtlich der Ermittlung der Einheitspreise, der Aufstellung von Kostenvoranschlägen und Bedingnissen über die Art der Ausführung von erfahrenen Ingenieuren ausgearbeitet sein. Die Grenzen für diese Gründlichkeit sind von einzelnen Factoren abhängig, die sich aus einer Combination der Vorerhebungs-Resultate und der Erfahrungen ergeben, und die strenge genommen gewöhnlich erst nach Vollendung des betreffenden Baues genau ermittelt werden können. Jeder Ingenieur wird diese Grenzen annähernd richtig bestimmen können, jener unstreitig richtiger,

welcher nicht nur mit Bau-Ausführungen allein, sondern auch mit den Austragungen der Schlussarbeiten, mit der Prüfung der gelegentlich derselben auftretenden Mehransprüche seitens des Arbeitsübernehmers zu thun und allfällig auch einige Prozesse durchzukämpfen hatte, der somit Gelegenheit hatte, aus eigener Erfahrung die Wechselwirkung zwischen dem Projecte und der Baurechnung bis in die letzten Einzelheiten kennen zu lernen.

Zur möglichsten Vermeidung der Beilegung eines anderen Sinnes als jenen, welcher aus der klaren Absicht der Contrahenten hervorleuchtet, sollen Projecte und Verträge keine Worte von unsicherer Bedeutung enthalten.

Eine solche unsichere Bedeutung ist allerdings in dem vorliegenden Falle mit dem Worte Fels insoferne verbunden, als durch dessen Anwendung den Grundsätzen der Geologie nicht entsprochen wurde und strenge genommen der Ingenieur-Wissenschaft keine andere Definition desselben zur Verfügung steht als jene, welche sich durch die bei Erdbauten hinsichtlich der Gewinnung allgemein in Anwendung befindliche Classification und deren Charakterisirung herausgebildet hat. Die Divergenz in den Anschauungen der beiden Experten würde aber diesfalls auch dann nicht vermieden worden sein, wenn die geologische Terminologie zu Grunde gelegt und dies in der „Vereinbarung“ nicht ausdrücklich bemerkt worden wäre.

Dass in Verträgen jede einzelne Bestimmung mit eingehendster Ausführlichkeit zu behandeln und neben der wissenschaftlich correcten Sprache auch den Erfahrungen sowie Klugheits- und Vorsichtsmaassregeln Rechnung getragen werden muss, geht schon zum grossen Theile aus den Anforderungen hervor, die an ein richtig ausgearbeitetes Project gestellt werden, und es wird die geringste Undeutlichkeit oder Unvollständigkeit ausreichend sein, um den Contrahenten eine Handhabe zur Erringung von Vortheilen zu bieten.

Soll nun zur möglichsten Hintanhaltung von Streitfragen und Processen eine wissenschaftlich correcte Sprache in Verträgen geübt werden, so ist es vor Allem absolut nöthig, dass einerseits diese Sprache jederzeit und für alle Fälle ausreicht und richtig geübt wird, und dass andererseits alle sprachgebräuchlichen Ausdrücke, die sich anfänglich aus Mangel an den entsprechenden wissenschaftlichen Ausdrücken oder aus anderen Gründen in einzelne Wissenschaften und deren praktische Anwendung eingebürgert haben, aus derselben entfernt werden.

Das Wort Fels ist beispielsweise ein solcher Ausdruck, der, wie aus diesen Ausführungen und Citaten ersichtlich, im Ingenieur-Bauwesen allgemein gebräuchlich ist. Seine Entstehung und Anwendung entstammt einer ziemlich alten Zeit, und es ist dieserwegen einleuchtend, dass es mit dem damit verbundenen Begriffe auch im Bauwesen, dessen Entstehen ebenfalls ziemlich weit zurückdatirt, Eingang gefunden und sich dort bis in die Gegenwart in Gebrauch erhalten hat. Die technischen Behörden und die ausserhalb derselben wirkenden Bau-Ingenieure gebrauchen dasselbe, sowohl in den betreffenden Schriften, wie auch auf dem praktischen Gebiete, und es wird noch einiger Zeit bedürfen, bis es durch die moderne geologische Wissenschaft, die das Wort Fels nicht anerkennt*), ausser Anwendung kommen wird.

*) Ausser einem diesbezüglich schon früher aufgeführten Citate aus K. F. Peters' Experten-Gutachten enthält dasselbe an anderer Stelle Folgendes: „Keinerlei angewandte Bodenkunde ist für sich berechtigt, von den wissenschaftlichen Begriffsbestimmungen abzuweichen und

In dieser Uebergangs-Periode werden jedoch noch viele Verträge über die Vergebung von Erdbauten aufgestellt, und in ähnlichem Sinne, wie in dem vorliegenden Falle, auch Geologen als Experten zu Rathe gezogen werden, und dies ist es, das eine Klarstellung hinsichtlich der Anwendung des Wortes Fels geradezu bedingt.

Aehnliches gilt auch bezüglich anderer im Erdbau vorkommenden, zum Theile auch dem geologischen Gebiete entnommenen Bezeichnungen, wie z. B. „Bodengattungen“, „Opok“ u. s. w., von welchen einige nicht immer im geologisch-wissenschaftlichen Sinne, andere hingegen, in Ermanglung eines besseren Ersatzes, allgemein gebräuchlich sind. Von diesen soll nur der auch von Geologen angewendeten vulgären Bezeichnung Opok gedacht und mit einigen Erörterungen über dieselbe gleichzeitig auch solche über das damit gemeinte Materiale verbunden werden.

Zollikofer gebraucht den Namen Opok in seiner Schilderung der geologischen Verhältnisse Steiermarks*). Er sagt, nach Aufzählung der Felsarten, dass auf dem Hügellande drei Haupt-Bodenarten unterschieden werden können:

1. Der lose Sandboden,
2. der Mergelboden mit noch unverwitterten Fragmenten und Steinen, im Unterlande „Opok“ genannt, und
3. der Thonboden u. s. w.

Prof. v. Hochstetter führt in der Gliederung der böhmischen und sächsischen Kreide-Ablagerungen an:

- A) Unterquader,
- B) Mittelquader,
- C) Oberquader, und

ad B a) „Die Weissenberger Schichten“.

„Das charakteristische Gestein dieser Stufe ist der „Opuka“ genannte Baustein; ein lichtgelber, sandig-thoniger Kalkmergel oder thonig-kalkiger Sandstein (Plänersandstein). Hieher gehören die Steinbrüche bei Königswald, sowie die Schichten, welche an der Elbe und ihren Nebenthälern zwischen Herrnskretsch und Pirna durch zahlreiche Steinbrüche aufgeschlossen sind und den berühmten sächsischen Bildhauersandstein liefern.“

In seiner „Mittheilung“ sagt K. F. Peters, dass die Bahn unsere oberste Tertiärstufe durchschneidet, und führt in seinem Experten-Gutachten die Gebirgsarten an, die als Bestandmassen dieser Formation durchschnitten werden:

- a) lose, in ihren Theilen leicht trennbare Gebirgsarten:
 - a) Sand und Schotter, streckenweise durch eine feine Spur von Bindemittel einigermassen gebunden,
 - b) gelblichbrauner, geschichteter Thon, plastisch, auf den der Name Lehm anwendbar ist.

B) Dichte Gebirgsarten und solche, deren Theile durch Bindemittel verkittet sind:

- a) dichte, geschichtete oder ungeschichtete Thonmassen, stellenweise mit winzigen Kalktheilchen organischen Ursprunges gebunden; erstere fühlen sich fett an, sind durchfeuchtet plastisch, und zeigen mittelst eines Messers geschnitten glänzende Schnittflächen; Thonmergel ist auf die geschichteten Partien anwendbar; die nicht geschichteten Partien

Terminologien aufzustellen, die nicht im Sprachgebrauche der allgemeinen Wissenschaft begründet und mit den Begriffsbestimmungen in Uebereinstimmung gebracht sind.“

*) F. Hlubeck, „Ein treues Bild von Steiermark“, Graz 1860.

sind ein Thongestein von eigenthümlicher Art, auf das keiner der petrographisch üblichen Namen ganz zutreffend anwendbar ist. Im Volksmunde werden beiderlei Massen unter dem Namen „Opok“ zusammengefasst;

- b) in diesen Thonmassen ad a) nimmt der Sandgehalt stellenweise derart überhand, dass sie in die sub c) folgende Gebirgsart übergehen. Da aber auf diese weder der Name Sandstein, noch jener: sandiger Thon, anwendbar, so möge zur Bezeichnung dieser Gebirgsart der Localname „sandiger Opok“ dienen;
- c) Sandstein und Conglomerat, zumeist in besonderen Bänken, zum Theile wohl auch in sandigen Thon übergehend;
- d) Sand mit geringem nur in feuchtem Zustande haltbarem Bindemittel.“

Mit der Bezeichnung „Opok“, die speciell den bei österreichischen Bahnbauten betheiligten Ingenieuren geläufig ist, verbindet man einerseits den Begriff eines türkischen Materiales und damit eine Mahnung zur Achtsamkeit und Vorsicht sowohl hinsichtlich der Tracirung, wie auch bezüglich der Gewinnung und Verwendung dieses Materiales, und andererseits in der Regel eine mehr oder weniger schwierige Gewinnung desselben, die sich entweder als Breithauen-, Spitzhauen- oder Schussarbeit charakterisirt. Diese Charakteristik ist zum Theile auch in der vorstehenden, dem Experten-Gutachten entnommenen Anführung der Gebirgsarten enthalten. Das mit dem Namen Opok belegte Materiale wird demnach, hinsichtlich der Gewinnung, einmal in die sogenannten Erd-Kategorien, ein andermal in die Fels-Kategorien eingereiht werden müssen.

Die einfache Bezeichnung Opok ist daher rücksichtlich der Gewinnung nicht ausreichend, und es wäre unzulässig, alles unter derselben begriffene Materiale als den Fels-Kategorien angehörend zu bezeichnen.

Was die landesübliche Bezeichnung „Opok“ als solche anbelangt, so darf es mit Rücksicht darauf, dass kein geologisch wissenschaftlicher Name auf das damit gemeinte Materiale ganz zutreffend anwendbar ist, ebenfalls nicht befremden, wenn dieselbe im Ingenieur-Bauwesen Anwendung findet, und es wird auch seinerzeit nicht befremden dürfen, wenn sie, trotz des eifrigsten Strebens, allen wissenschaftlichen Errungenschaften so schnell als möglich Eingang und Verbreitung zu verschaffen, einem besseren Ersatz nicht sogleich aus Schrift und Wort weichen wird.

Die in dieser Skizze angeregten und besprochenen Fragen könnten noch in mancher Richtung weit eingehender erörtert werden, allein mit Rücksicht auf die mir gestellte Aufgabe, deren Grenzen ich nicht überschreiten möchte, will ich dieselben mit einem Rückblicke auf das Angeführte und mit kurz zusammengefassten Folgerungen schliessen.

Wie schon eingangs angedeutet wurde, ist der ganzen Abhandlung im Wesentlichen der gegenwärtige Stand des Erdbaus zu Grunde gelegt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Versuch, den Erdbau als eine Specialität der Ingenieur-Wissenschaften zu behandeln, nicht mehr lange vereinzelt auftreten, dass es vielmehr durch gemeinsames Wirken gelingen werde, eine Verallgemeinerung möglich zu machen und der Forschung auch auf diesem Gebiete den mathematisch und geologisch wissenschaftlichen Erfolg zu sichern.

Dieses Ziel könnte verhältnissmässig früher erreicht werden, wenn die betreffenden Forschungen und Erhebungen bei den Bau-Ausführungen neben den dem Ermessen jedes einzelnen Ingenieurs überlassenen Erhebungen allgemein und systematisch vorgenommen würden. Dass die Einholung derartiger verlässlicher Daten mit einigen Schwierigkeiten verbunden wäre, kann nicht in Abrede gestellt werden; es zeigen dies auch die Ergebnisse der Techniker-Versammlungen der deutschen Eisenbahn-Verwaltungen hinsichtlich der Beantwortung vieler wichtiger, den Oberbau und das Betriebswesen betreffenden Fragen.

Was insbesondere die Gewinnung des Materiales und die Kostenermittlung für dieselbe anbelangt, so ist in der vorstehenden Abhandlung von jeder aussergewöhnlichen Vorgangsweise, wie z. B. der Trennung und Aufrichtung des Bodens durch die in manchen Fällen gewiss vortheilhafte Anwendung des Pfluges *) statt des Pickels, es ist von der Anwendung complicirter Maschinen (Excavateurs, Baggermaschinen u. dgl.) ganz abgesehen worden.

Die rapiden Fortschritte in den maschinellen Einrichtungen sowie in der Spreng-Technik lassen jedoch für die nächste Zukunft mit Zuversicht voraussehen, dass im Erdbau, neben der Gewinnung mit einfachen Maschinen auch die Gewinnung unter Anwendung zusammengesetzter Maschinen, dass die maschinelle Grab- und Bohrarbeit zu grösserer Geltung gelangen wird. Die Sprengmittel werden dann, in ihrer Verwendung zur Gewinnung nicht mehr die sogenannten Fels-Kategorien charakterisiren, sie werden sich auch zur rationellen Gewinnung des den unteren Kategorien angehörenden Materiales eignen. Dynamit, Rhexit u. dgl. neuere Sprengmittel werden bereits zur Massengewinnung und Lockerung von Erdarten vielseitig versucht **).

Was immer für Aenderungen in der Art der Gewinnung sich ergeben mögen, die Bestimmung der einzelnen Materialgattungen und ihre Einreihung in die einzelnen Classen hinsichtlich der Gewinnung werden immer der angewandten Mechanik zufallen.

Von diesem Standpunkte aus kann es dann im Allgemeinen ganz gleichgiltig sein, ob das betreffende Materiale diesen oder jenen Namen führt; es kann gleichgiltig sein, ob es den Boden- oder Felsarten angehört, und es erscheint, mit Rücksicht darauf, dass auch lockerer Sand zu den Felsarten zählt, geradezu unzulässig, eine Theilung nach Erd- und Felsarten-Kategorien vorzunehmen.

Bei Aufstellung von Preis-Analysen und Preislisten im Erdbau würde es sich demnach als am einfachsten und zweckmässigsten empfehlen:

- A) Bei der Classification der Boden- und Felsarten die geologisch wissenschaftlichen Bezeichnungen principiell in zweiter Linie einzustellen,

*) W. Heyne, „Der Erdbau“, Wien 1874, S. 36.

***) W. Heyne („Der Erdbau“) und F. Lauer („Weisses Dynamit und Rhexit“, Wien 1875, S. 41) führen an, dass die Gewinnung von Erdgattungen, die gewöhnlich mittelst Schaufel, Breithaue, Spitzhaue oder Kreuzpickel erfolgt, mitunter auch mittelst Sprengmittel mit gutem Erfolge versucht wurde.

J. Trauzl („Explosive Nitril-Verbindungen“, Wien 1869, S. 102) erwähnt einer mit besonderem Erfolg in sehr fettem und zähem Letten ausgeführten Sprengung.

Neuester Zeit hat auch der k. k. Ministerial-Rath D. v. Hamm („Deutsche landwirthschaftliche Presse“, 1875, S. 403, 416) eine Bodenlockerung mittelst Dynamit-Sprengung versucht.

- B) von einer Untertheilung nach Boden- und Felsarten-Classen ganz abzusehen, und
 C) für alle zu lösenden Erd- und Felsarten nur Eine Bezeichnung zu gebrauchen, und hiefür etwa das Wort „Materiale“ zu wählen*).

Diese Eintheilung und Bezeichnungsweise müsste dann auch den Projecten und Verträgen zu Grunde gelegt werden, und es würde sich mit ihrer Anwendung auch die Aufstellung von Mittelpreisen ganz gut verbinden lassen.

Die Beurtheilung dessen, ob bei rationeller Gewinnung, diese oder jene Combination von Arbeitskräften und den betreffenden Maschinen anzuwenden sein würde, bliebe ähnlich, wie bisher, dem Ermessen der Contrahenten oder jener fachmännischen Commission vorbehalten, welche auf Grund der betreffenden Vertragsbestimmung hierüber zu entscheiden haben würde.

Durch diese Vorgangsweise könnte, meiner Ansicht nach, eine Regelung hinsichtlich der hier angeregten Fragen angebahnt und damit gleichzeitig das unleidliche Wort Fels, und mit ihm jede mit dessen Anwendung im Bauwesen verbundene Streitfrage gänzlich eliminirt werden.

Versuch einer vergleichenden Berechnung

zwischen

Futtermauer- und den durch ihre Verwendung ersparten
Einschnittsmassen.

Von

Emil Teischinger,
Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 23 und 24.)

Bei manchem Techniker dürfte sich schon der Wunsch geregt haben, bei Project-Verfassungen directe Anhaltspuncte für eine in finanzieller Beziehung richtige Verwendung von Futtermauern in Einschnitten zu besitzen, um ohne grösseren Zeitverlust, d. h. ohne erst durch vorläufige Annahmen und deren überschlägiger Berechnung direct die richtige Anordnung in oben erwähnter Beziehung treffen zu können.

Der Zweck dieser kleinen Abhandlung soll sein, zu zeigen, wie dies auf einfach mathematischem Wege mit für die Praxis genügender Genauigkeit erreicht werden kann.

Es ist klar, dass bei den meist grossen Preisunterschieden zwischen der Masseneinheit des Einschnittsmateriales (inclusive Transport und allfälliger Deponie) und der des Mauerwerkes es nicht gleichgiltig ist, bis zu welchen Höhen man Futtermauern in Verwendung bringt, um bei Ueberschuss an Einschnittsmaterial denselben möglichst zu verkleinern und grossen Deponien auszuweichen.

Der Vortheil, welcher durch diese Absicht angestrebt wird,

*) Demgemäss müsste es dann beispielsweise heissen:

Classification des Materiales (Erd- und Felsarten):

I. Classe: Materiale, welches durch die Verwendung der Schaufel allein, gewonnen werden kann.

Hierher gehören z. B.:

Die Erdarten *a*, *b*, *c* u. s. w.

Die Felsarten *m*, *n* u. s. w.

II. Classe: Materiale, u. s. w.

wird aber häufig durch die unvortheilhaft angewandten Mauer-Dimensionen nicht nur nicht erreicht, sondern sogar in finanzieller Beziehung in Nachtheil umgewandelt. Wenn es sich darum handelt, zu grosse Einschnittsmassen durch Anlage von Futtermauern derart zu reduciren, dass hiedurch die Kosten in keiner Weise erhöht werden, so fragt es sich in erster Linie um die den jeweiligen Preisverhältnissen entsprechenden Mauerhöhen, durch welche diese Absicht in oben angedeuteter Weise erreicht werden kann.

Eine mit Rücksicht auf die herrschenden Preisverhältnisse zu hoch angelegte Mauer wird einen grösseren Kostenaufwand verursachen, als wenn die überschüssige Einschnittsmasse gewonnen und deponirt werden würde.

Im anderen Falle würde durch Anlage einer kleineren als der Preisgleichheit entsprechenden Mauerhöhe wohl eine verhältnissmässig günstige Reduction des Einschnittsmateriales bezweckt, wenn es sich aber um möglichst grosse Reduction des Einschnitt-Materiales handelt, der Zweck nur unvollkommen erreicht werden.

Eine nachträglich durchgeführte vergleichende Berechnung wird einestheils wohl solche unrichtige Dispositionen constatiren, andernteils liegt es aber gewiss im Interesse eines auf wissenschaftlicher Basis arbeitenden Technikers, solche mit Zeitverlust verbundene, nachträglich oft unangenehme Beweise von vornherein überflüssig zu machen; denn solche Versuche bleiben immer nur Versuche, welche der von jedem denkenden Techniker anzustrebenden wissenschaftlichen Begründung entbehren.

Es können wohl andere durch Oertlichkeiten bedingte Umstände eine solche Disposition als nicht zulässig erscheinen lassen, derlei Factoren entziehen sich aber ganz und gar der Möglichkeit einer allgemein giltigen Berechnung und müssen für jeden einzelnen Fall ihre Berücksichtigung finden.

Hiedurch wird aber doch der Werth einer derartigen vergleichenden Berechnung nicht gemindert, da solche Fälle selbst in gebirgigen Gegenden verhältnissmässig selten vorkommen und demnach auf allgemeine Anordnungen keinen Einfluss üben können.

Sobald ein ohne andere grössere Nachtheile nicht zu vermeidender Ueberschuss an Einschnittsmaterial durch eine approximative Massen-Berechnung constatirt ist, so handelt es sich vorerst um einen passenden Deponirungsplatz, dessen Flächenmaass sich mit Rücksicht auf die Terrain-Verhältnisse aus der zu deponirenden Masse ergibt. Weiters ist auch die Transport-Distanz und der Gewinnungspreis bekannt.

Aus dem Gewinnungspreise der Transport-Distanz und dem Einheitspreise der zu beschüttenden Fläche ergibt sich der totale Einheitspreis für die zu deponirende Masse. Der Einheitspreis des Mauerwerkes ist ebenfalls als bekannt vorauszusetzen.

Es stellt sich nun die Aufgabe, für bestimmte Einschnittstiefen in jedem Profile diejenige Mauerfläche zu finden, welche, der jeweiligen Böschungshöhe entsprechend, zu der ersparten Einschnittsfläche im umgekehrten Verhältnisse ihrer Masseneinheitspreise steht; denn bezeichnet

f die Mauerfläche,

F die durch Aufführung der Mauer ersparte Einschnittsfläche,

M und *E* ihre beziehungsweise Einheitspreise, so muss für den Fall der Kostengleichheit:

$$Mf = EF$$

oder

$$f : F = E : M,$$

Bezeichnet man ferner mit H die totale Einschnittshöhe,

- h_1 die Böschungshöhe,
- h Mauerhöhe,
- b Kronenbreite der Mauer.
- b_1 Stärke des Mauerfusses,
- h_2 Fundamenttiefe,
- $m : 1$ Maueranzug,

$x : y$ Einschnittsböschung, so ergibt sich die Mauerfläche

$$f = (b + b_1) \frac{h_1}{2} + h_2 b_1,$$

da nun

$$h_1 = \sqrt{h^2 + \frac{h^2}{m^2}} = \frac{h}{m} \sqrt{m^2 + 1},$$

$$b_1 = b + \frac{h_1}{m} = b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1},$$

so ist:

$$f = \left(2b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}\right) \left(\frac{h}{2m} \sqrt{m^2 + 1}\right) + h_2 \left(b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}\right),$$

oder:

$$f = \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m^2} \left(\frac{\sqrt{m^2 + 1}}{2m} h^2 + (mb + h_2) h\right) + b \cdot h_2 \dots I.$$

Die durch Ausführung der Mauer ersparte Einschnittsfläche berechnet sich folgendermassen:

$$F = ABCD - ABG - BGHJ - BFEJ,$$

$$ABCD = AB \cdot H = \left(\frac{y}{x} - \frac{1}{m}\right) Hh \dots 1.$$

$$ABG = AB \cdot \frac{h}{2} = \frac{h^2}{2} \left(\frac{y}{x} - \frac{1}{m}\right) \dots 2.$$

$$BGHJ = h_1 b_1 = \sqrt{h^2 \left(1 + \frac{1}{m^2}\right)} \cdot b_1^2 = \left. \begin{aligned} &= \frac{h}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1} \left(b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}\right) \end{aligned} \right\} \dots 3.$$

$$BFEJ = \left(r + \frac{b_1}{m}\right) \frac{b_1}{2} + b_1 h_2.$$

Die Grösse r ergibt sich auf folgende Weise (Fig. 1):

$$P : q = y : x,$$

$$b_2 = \frac{b_1}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1},$$

folglich:

$$s = \frac{q}{p} \cdot \frac{b_1}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1} = \frac{x}{y} \cdot \frac{b_1}{m} \sqrt{m^2 + 1},$$

weilers ist:

$$mp = m \cdot q \cdot \frac{y}{x}$$

und

$$mp = s + q = \frac{x}{y} \cdot \frac{b_1}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1} + q,$$

demnach:

$$mq \cdot \frac{y}{x} = \frac{x}{y} \cdot \frac{b_1}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1} + q,$$

$$q = \frac{x}{ym} \cdot \sqrt{m^2 + 1} \cdot b_1 \left(\frac{x}{my - x}\right);$$

da aber:

$$p = \frac{y}{x} q,$$

so ist:

$$p = \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \cdot b_1 \left(\frac{x}{my - x}\right),$$

und daraus, indem:

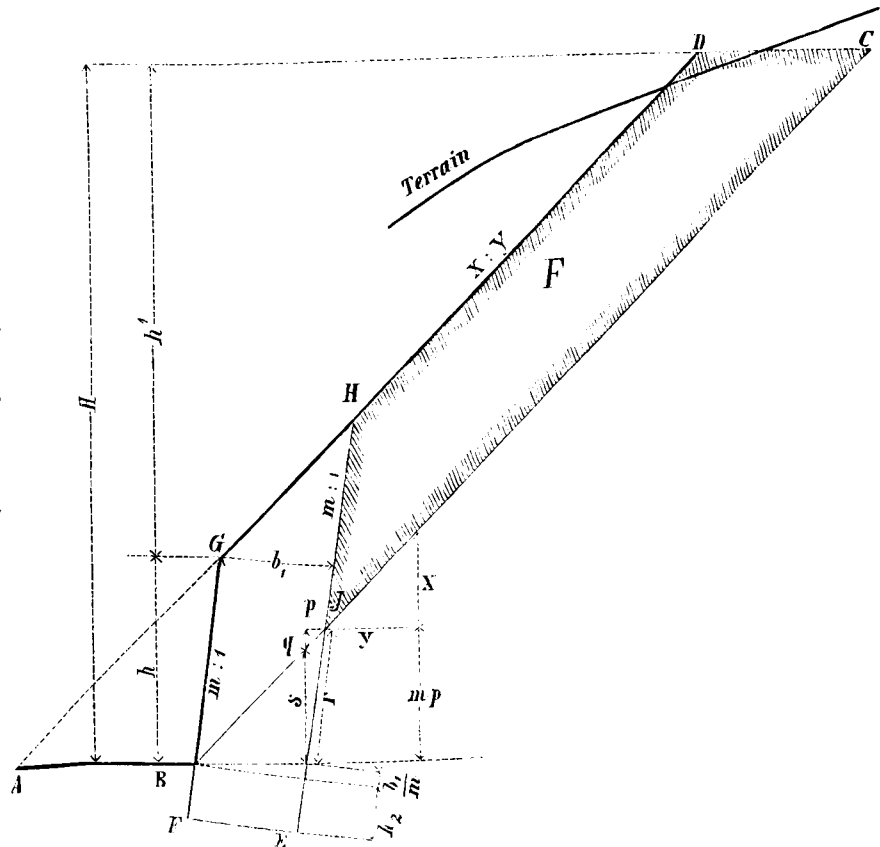
$$r^2 = (s + q)^2 + p^2,$$

$$r^2 = \frac{m^2 + 1}{m^2} \cdot b_1^2 \left(\frac{x}{my - x}\right)^2 + \frac{x^2}{y^2 m^2} (m^2 + 1) b_1^2 \left(\frac{x}{my - x} + 1\right)^2,$$

$$r^2 = x^2 \cdot \frac{m^2 + 1}{m^2} \left[\frac{1}{(my - x)^2} + \frac{1}{y^2} \left(\frac{x}{my - x} + 1\right)^2\right] b_1^2,$$

setzt man den Ausdruck innerhalb der Klammer gleich Z^2 , also

$$r^2 = Z^2 b_1^2, \quad r = Z \cdot b_1,$$



so ist, da

$$BFEJ = \left(r + \frac{b_1}{m}\right) \frac{b_1}{2} + b_1 h_2,$$

$$BFEJ = \left(Z + \frac{1}{m}\right) \frac{b_1^2}{2} + b_1 h_2,$$

$$BFEJ = \left\{ \sqrt{\frac{m^2 + 1}{m^2} \cdot x^2 \left[\frac{1}{(my - x)^2} + \frac{1}{y^2} \left(\frac{x}{my - x} + 1\right)^2\right]} + \frac{1}{m} \right\} \frac{b_1^2}{2} + b_1 h_2,$$

und da $b_1 = b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}$:

$$BFEJ = \left\{ \sqrt{\frac{m^2 + 1}{m^2} \cdot x^2 \left[\frac{1}{(my - x)^2} + \frac{1}{y^2} \left(\frac{x}{my - x} + 1\right)^2\right]} + \frac{1}{m} \right\} \frac{\left(b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}\right)^2}{2} + \left(b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1}\right) h_2 \dots 4.$$

Durch Summirung der Gleichungen 1, 2, 3, 4 ergibt sich die totale ersparte Einschnittsfläche:

$$F = \left(H + \frac{h}{2} \right) \left(\frac{y}{x} - \frac{1}{m} \right) h - \left(b + \frac{h}{m^2} \sqrt{m^2 + 1} \right) \left[\frac{h}{m} \cdot \sqrt{m^2 + 1} + \left(b + \frac{h}{m^2} \cdot \sqrt{m^2 + 1} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\sqrt{\frac{m^2 + 1}{m^2}} \cdot x^2 \left\{ \frac{1}{(my - x)^2} + \frac{1}{y^2} \left(\frac{x}{my - x} + 1 \right)^2 \right\} + \frac{1}{m} \right) + h_2 \right] \dots \text{II.}$$

Setzt man nun diese durch die Gleichungen I und II ausgedrückten Flächen f und F in das verkehrte Verhältniss ihrer Werthe M und E , so ergibt sich allgemein die Mauerhöhe $h =$ Function $(H, x, y, b, m, h_2, M, E)$.

Mit Berücksichtigung der auf Blatt 23 graphisch dargestellten Kronenbreiten für Futtermauern gestalten sich die Gleichungen I und II folgendermassen: $m = 5$

$$f = 0.204 [0.509 h^2 + (5b + h_2)h] + bh_2 \dots \text{III.}$$

$$F = \left(\frac{y}{x} - 0.20 \right) \cdot h \left(H + \frac{h}{2} \right) - (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) \left(\sqrt{1.04 x^2 \left\{ \frac{1}{(5y - x)^2} + \frac{1}{y^2} \left(\frac{x}{5y - x} + 1 \right)^2 \right\}} + 0.20 \right) + h_2 \right] \dots \text{IV.}$$

Führt man nun für die Einschnittböschung $\frac{x}{y}$ specielle Werthe ein, so ergibt sich:

für $\frac{x}{y} = \frac{1}{1}$, $f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + h_2)h] + b \cdot h_2 \dots \text{V.}$

$$F = 0.8 Hh - 0.4 h^2 - (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.5 + h_2 \right] \dots \text{VI.}$$

für $\frac{x}{y} = \frac{1}{1.25}$, $f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + h_2)h] + b \cdot h_2 \dots \text{VII.}$

$$F = 1.05 Hh - 0.525 h^2 - (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.19 + h_2 \right] \dots \text{VIII.}$$

In diesen Gleichungen erscheint b als eine Function von drei Variablen (h', h, h_2) .

Drückt man nun b nach gehöriger Berücksichtigung von h' und h_2 (siehe Blatt 23) durch eine Gleichung aus, in welcher die Mauerhöhe h als einzige Variable erscheint, so ist jede der oben angeführten Gleichungen V, VI, VII, VIII auf eine Form gebracht, aus welcher für verschiedene Böschungshöhen h' die rentablen Mauerhöhen h direct bestimmt werden können.

Zu diesem Behufe entwickle man sich aus den jeweilig zur Hand liegenden Normen für Futtermauern diejenigen Gleichungen, aus welchen die Mauerstärken bestimmt werden können.

Diese Gleichungen lassen sich für den angestrebten Zweck genügend genau als Gleichungen von Geraden darstellen, in welchen die Mauerhöhen h und die entsprechenden Kronenbreiten b als Coordinaten erscheinen, also von der Form:

$$b = \alpha h + \beta.$$

Gestützt hierauf wurden nun unter Benützung der auf Blatt 23 dargestellten Normen nachstehende Formeln entwickelt, um durch deren Einführung in die Gleichungen V, VI, resp. VII, VIII zu den angestrebten speciellen Schlusswerthen zu gelangen.

Diese Formeln ergeben sich für verschiedene Böschungshöhen h' , Einschnittsböschungen $\frac{x}{y}$ und Fundamenttiefen h_2 wie folgt:

Tabelle I.

Für Fundamenttiefen h_2 von 0—0.5^m.

Böschungshöhe h' in Metern	Kronenbreiten b von Futtermauern für Einschnittsböschungen in Metern	
	$x : y = 1 : 1$	$x : y = 1 : 1.25$
5	$b = 0.1226 h + 0.264$	$b = 0.1626 h + 0.349$
10	$b = 0.1428 h + 0.250$	$b = 0.1926 h + 0.300$
15	$b = 0.1539 h + 0.222$	$b = 0.2058 h + 0.291$
20	$b = 0.1620 h + 0.202$	$b = 0.2157 h + 0.270$
25	$b = 0.1660 h + 0.195$	$b = 0.2212 h + 0.260$
30	$b = 0.1690 h + 0.185$	$b = 0.2267 h + 0.250$

Tabelle II.

Für Fundamenttiefen $h_2 = 1.0^m$.

Böschungshöhe h' in Metern	Kronenbreiten b von Futtermauern für Einschnittsböschungen in Metern	
	$x : y = 1 : 1$	$x : y = 1 : 1.25$
10	$b = 0.1514 h + 0.274$	$b = 0.2048 h + 0.340$
15	$b = 0.1627 h + 0.255$	$b = 0.2173 h + 0.344$
20	$b = 0.1713 h + 0.251$	$b = 0.2267 h + 0.330$
25	$b = 0.1745 h + 0.235$	$b = 0.2339 h + 0.314$
30	$b = 0.1809 h + 0.233$	$b = 0.2360 h + 0.316$
35	$b = 0.1816 h + 0.235$	$b = 0.2397 h + 0.313$

Tabelle III.

Für Fundamenttiefen $h_2 = 3.0^m$.

Böschungshöhe h' in Metern	Kronenbreiten b von Futtermauern für Einschnittsböschungen in Metern	
	$x : y = 1 : 1$	$x : y = 1 : 1.25$
10	$b = 0.1766 h + 0.185$	$b = 0.2263 h + 0.313$
15	$b = 0.1840 h + 0.207$	$b = 0.2450 h + 0.283$
20	$b = 0.1939 h + 0.184$	$b = 0.2585 h + 0.242$
25	$b = 0.1985 h + 0.174$	$b = 0.2651 h + 0.229$
30	$b = 0.2060 h + 0.145$	$b = 0.2750 h + 0.200$
35	$b = 0.2110 h + 0.133$	$b = 0.2765 h + 0.208$

Es soll nun in Folgendem unter Berücksichtigung verschiedener Preisverhältnisse M/E die Verwendung der in den Tabellen I, II, III angeführten Formeln gezeigt werden.

A. Einschnittsböschung 1:1.

1. Fundamenttiefe = 0.5^m.

Mit Bezug auf die allgemeinen Formeln (V, VI) ist: Mauerfläche $f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + 0.5)h] + 0.50 b$, Einschnittsfläche $F = 0.8 h'h + 0.4 h^2 - (b + 0.204 h) \times [1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.5 + 0.50]$.

Führt man nun in diese Gleichung für h' und demselben entsprechend den Werth b aus Tabelle I ein, so erhält man:

für $h' = 10^m$

$$f = 0.25 h^2 + 0.428 h + 0.125,$$

$$F = 7.44 h - 0.03 h^2 - 0.17.$$

Es soll nun für das Preisverhältniss $M/E = 17$

$$17 \cdot f = F$$

sein, woraus sich für h eine complexe Grösse ergibt, d. h. es rentirt für diese Böschungshöhe und dies Preisverhältniss noch keine Futtermauer.

Dasselbe gilt für $M/E = 13$, $M/E = 10$, $M/E = 8$.

$$8f = F \text{ oder } 8f - F = 0.$$

$$2.03 h^2 - 4.02 h + 1.17 = 0.$$

$$h = 1.63^m.$$

Für $h' = 15^m$ wird

$$f = 0.261 h^2 + 0.405 h + 0.111,$$

$$F = 11.48 h - 0.06 h^2 - 0.147,$$

und für das Verhältniss:

$M/E = 17$ wird h eine complexe Grösse,

$M/E = 13 \dots h = 1.49^m$,

$M/E = 10 \dots h = 2.59^m$,

$M/E = 8 \dots h = 3.69^m$.

Bei $h' = 20^m$ ergibt sich für:

$$f = 0.27 h^2 + 0.39 h + 0.101, \text{ und}$$

$$F = 15.50 h - 0.07 h^2 - 0.13,$$

$M/E = 17 \dots h = 1.66^m$,

$M/E = 13 \dots h = 2.76^m$,

$M/E = 10 \dots h = 4.07^m$,

$M/E = 8 \dots h = 5.48^m$.

Für $h' = 25^m$ ist:

$$f = 0.273 h^2 + 0.384 h + 0.098,$$

$$F = 19.55 h - 0.08 h^2 - 0.10.$$

$M/E = 17 \dots h = 2.62^m$,

$M/E = 13 \dots h = 3.92^m$,

$M/E = 10 \dots h = 5.51^m$,

$M/E = 8 \dots h = 7.23^m$,

$h' = 30^m$. Es ist für diesen Fall:

$$f = 0.276 h^2 + 0.375 h + 0.092,$$

$$F = 23.56 h - 0.085 h^2 - 0.11,$$

wonach für:

$M/E = 17 \dots h = 3.49^m$,

$M/E = 13 \dots h = 5.02^m$,

$M/E = 10 \dots h = 6.92^m$,

$M/E = 8 \dots h = 8.94^m$.

Endlich für $h' = 35^m$:

$$f = 0.278 h^2 + 0.370 h + 0.09,$$

$$F = 27.57 h - 0.09 h^2 - 0.11,$$

für $M/E = 17$ wird $h = 4.21^m$.

2. Fundamenttiefe = 1.0^m .

Unter Rücksichtnahme auf Formel V und VI ergeben sich für diesen Fall:

$$f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + 1)h] + b,$$

$$F = 0.8 h' h + 0.4 h^2 -$$

$$- (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.5 + 1 \right].$$

Für $h' = 15^m$ wird:

$$f = 0.27 h^2 + 0.627 h + 0.255,$$

$$F = 11.24 h - 0.075 h^2 - 0.302,$$

demnach soll für das Verhältniss $M/E = 17$:

$$17f - F = d$$

werden, woraus h als eine complexe Grösse hervorgeht.

Desgleichen für $M/E = 13$ und $M/E = 10$.

Die Erklärung hiefür ist bereits unter 1. gegeben worden.

$M/E = 8$ wird $h = 2.33^m$.

$h' = 20^m$

$$f = 0.279 h^2 + 0.631 h + 0.251,$$

$$F = 15.24 h - 0.087 h^2 - 0.298.$$

Für $M/E = 17$ und $M/E = 13$ h (complex),

$M/E = 10 \dots h = 2.75^m$,

$M/E = 8 \dots h = 4.16^m$.

Für $h' = 25^m$:

$$f = 0.282 h^2 + 0.617 h + 0.235,$$

$$F = 19.25 h - 0.09 h^2 - 0.276.$$

$M/E = 17$ h (complex),

$M/E = 13 \dots h = 2.65^m$,

$M/E = 10 \dots h = 4.28^m$,

$M/E = 8 \dots h = 5.94^m$.

$h' = 30^m$

$$f = 0.288 h^2 + 0.622 h + 0.233,$$

$$F = 23.24 h - 0.10 h^2 - 0.27.$$

Für $M/E = 17$ wird $h = 2.15^m$,

" $M/E = 13$ " $h = 3.71^m$,

" $M/E = 10$ " $h = 5.54^m$,

" $M/E = 8$ " $h = 7.46^m$.

$h' = 35^m$

$$f = 0.289 h^2 + 0.626 h + 0.235,$$

$$F = 27.235 h - 0.106 h^2 - 0.277.$$

Für $M/E = 17$ wird $h = 3.02^m$,

" $M/E = 13$ " $h = 4.76^m$,

" $M/E = 10$ " $h = 6.86^m$,

" $M/E = 8$ " $h = 9.08^m$.

3. Fundamenttiefe = 3.0^m .

Nach den allgemeinen Formeln V und VI ergeben sich für diesen Fall:

$$f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + 3)h] + 3b,$$

$$F = 0.8 h' h + 0.4 h^2 -$$

$$- (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.5 + 3 \right].$$

Für Böschungshöhen von $h' = 25^m$ wird:

$$f = 0.306 h^2 + 1.365 h + 0.324,$$

$$F = 18.51 h - 0.126 h^2 - 0.547,$$

woraus für:

$M/E = 13$ und $M/E = 10$ h als complexe Grösse sich ergibt,

$M/E = 8 \dots h = 2.04^m$.

$h' = 30^m$

$$f = 0.313 h^2 + 1.376 h + 0.425,$$

$$F = 22.53 h - 0.145 h^2 - 0.451.$$

$M/E = 13$ h (complex),

$M/E = 10 \dots h = 1.92^m$,

$M/E = 8 \dots h = 4.00^m$.

Für $h' = 35^m$ wird:

$$f = 0.318 h^2 + 1.378 h + 0.399,$$

$$F = 26.58 h - 0.15 h^2 - 0.40.$$

Für $M/E = 13$ wird h (complex),

" $M/E = 10$ " $h = 3.45^m$,

" $M/E = 8$ " $h = 5.54^m$.

Tabelle IV.

Böschungshöhe h' in Metern	Rentable Mauerhöhe h in Metern													
	für Einschnittsböschungen 1:1													
	Fundamenttiefe 0·5 ^m				h' in Metern	Fundamenttiefe 1·0 ^m				h' in Metern	Fundamenttiefe 3·0 ^m			
	M/E = 17	13	10	8		M/E = 17	13	10	8		M/E = 17	13	10	8
9	—	—	—	1·08	13	—	—	—	1·04	24	—	—	—	1·30
10	—	—	—	1·63	15	—	—	—	2·33	25	—	—	—	2·04
11	—	—	1·04	2·10	17	—	—	—	3·20	29	—	—	—	3·58
14	—	1·02	2·27	3·36	20	—	—	1·50	3·20	30	—	—	1·20	3·58
15	—	1·49	2·59	3·69	21	—	—	2·75	4·16	35	—	—	1·92	4·00
17	0·95	2·00	3·19	4·43	25	—	1·35	3·05	4·52	36	—	—	3·45	5·54
20	1·66	2·76	4·07	5·48	26	—	2·65	4·28	5·94	37	—	1·20	—	—
25	2·62	3·92	5·51	7·23	30	1·17	2·90	4·57	6·25	—	—	1·50	—	—
30	3·49	5·02	6·92	8·94	35	2·15	3·71	5·54	7·46	—	—	—	—	—
35	4·21	—	—	—	—	3·02	4·76	6·86	9·08	—	—	—	—	—
			u. s. w.											
							u. s. w.							
													u. s. w.	

In Tabelle IV sind nun für die Einschnittsböschung 1:1 die bisher erhaltenen Resultate, mit Einschluss der unteren der Kostengleichheit entsprechenden Grenzwerte, für die rentablen Mauerhöhen zusammengestellt.

Auf Blatt 24, Fig. 1, 2, 3, sind die in voriger Tabelle zusammengestellten Werthe von h behufs grösserer Uebersichtlichkeit und leichter Interpolation graphisch dargestellt.

Hiebei sind die Werthe $h' + h = H$ als Abscissen und ihnen entsprechenden Werthe für die rentablen Mauerhöhen als Ordinaten aufgetragen.

Man hat bei in dieser Art angelegten graphischen Darstellungen nur mit den je nach den Terrain-Neigungsverhältnissen etwas reducirten Einschnitts-Ueberhöhungen H in die Tabelle zu gehen, um daraus, unter Berücksichtigung des Preisverhältnisses, zwischen dem Mauerwerk und dem Einschnittsmaterial direct die denselben entsprechenden rentablen Mauerhöhen entnehmen zu können.

Es soll nun im Folgenden die Rentabilitäts-Frage erörtert werden mit Rücksicht auf:

B. Einschnittsböschung 1:1/4.

1. Fundamenttiefe = 0·5^m.

Aus den allgemeinen Formeln VII und VIII ergeben sich für diesen Fall:

$$f = 0·204 [0·51 h^2 + (5 b + 0·5) h] + 0·5 b,$$

$$F = 1·05 h' h + 0·525 h^2 -$$

$$- (b + 0·204 h) \left[1·02 h + \left(\frac{b}{2} + 0·102 h \right) 1·19 + 0·5 \right].$$

Für $h' = 10^m$ wird:

$$f = 0·296 h^2 + 0·504 h + 0·15,$$

$$F = 9·94 h + 0·019 h^2 - 0·146,$$

für das Verhältniss $M/E = 17$ und $M/E = 13$ ergibt sich h als eine complexe Grösse, was anzeigt, dass für diese Böschungshöhe und obige Preisverhältnisse noch keine Mauer rentirt.

Für $M/E = 10$ soll:

$$2·94 h^2 - 4·90 h + 1·64 = 0,$$

woraus

$$h = 1·20^m,$$

$$M/E = 8$$

$$2·39 h^2 - 5·91 h + 1·35 = 0,$$

$$h = 2·22^m.$$

$$h' = 15^m$$

$$f = 0·312 h^2 + 0·502 h + 0·14,$$

$$F = 15·13 h + 0·008 h^2 - 0·20.$$

Es wird für:

$$M/E = 17 \dots h \text{ (complex),}$$

$$M/E = 13 \dots h = 1·85^m,$$

$$M/E = 10 \dots h = 3·06^m,$$

$$M/E = 8 \dots h = 4·31^m.$$

$$h' = 20^m$$

$$f = 0·324 h^2 + 0·485 h + 0·135,$$

$$F = 20·38 h - 0·005 h^2 - 0·15.$$

$$M/E = 17 \text{ wird } h = 1·98^m,$$

$$M/E = 13 \text{ „ } h = 3·18^m,$$

$$M/E = 10 \text{ „ } h = 4·68^m,$$

$$M/E = 8 \text{ „ } h = 6·29^m.$$

$$h' = 25^m$$

$$f = 0·330 h^2 + 0·478 h + 0·130,$$

$$F = 25·64 h - 0·015 h^2 - 0·17.$$

$$\text{Für } M/E = 17 \text{ wird } h = 2·96^m,$$

$$\text{„ } M/E = 13 \text{ „ } h = 4·40^m,$$

$$\text{„ } M/E = 10 \text{ „ } h = 6·18^m,$$

$$\text{„ } M/E = 8 \text{ „ } h = 8·14^m.$$

$$h' = 30^m$$

$$f = 0·334 h^2 + 0·47 h + 0·125,$$

$$F = 30·90 h - 0·025 h^2 - 0·162.$$

$$\text{Für } M/E = 17 \text{ wird } h = 3·90^m,$$

$$\text{„ } M/E = 13 \text{ „ } h = 5·61^m,$$

$$\text{„ } M/E = 10 \text{ „ } h = 7·71^m,$$

$$\text{„ } M/E = 8 \text{ „ } h = 10·00^m.$$

$$h' = 35^m$$

$$f = 0·337 h^2 + 0·463 h + 0·12,$$

$$F = 36·16 h - 0·035 h^2 - 0·16.$$

$$M/E = 17 \text{ wird } h = 4·83^m \text{ u. s. w.}$$

2. Fundamenttiefe = 1·0^m.

Mit Berücksichtigung der Formeln VII und VIII erhält man:

$$f = 0·204 [0·51 h^2 + (5 b + 1) h] + b.$$

$$F = 1·05 h' h + 0·525 h^2 -$$

$$- [b + 0·204 h] \left[1·02 h + \left(\frac{b}{2} + 0·102 h \right) 1·19 + 1 \right].$$

Für $h' = 15^m$ wird:

$$f = 0.325 h^2 + 0.772 h + 0.344,$$

$$F = 14.81 h - 0.01 h^2 - 0.414.$$

Für $M/E = 17$ und $M/E = 13$ wird h eine complexe Grösse. Die Bedeutung hievon ist unter 1 gegeben worden.

Für $M/E = 10$ wird $h = 1.09^m$,

„ $M/E = 8$ „ $h = 2.88^m$.

$h' = 20^m$

$$f = 0.335 h^2 + 0.768 h + 0.33,$$

$$F = 20.07 h - 0.017 h^2 - 0.39.$$

Für $M/E = 17$ wird h eine complexe Grösse,

„ $M/E = 13$ „ $h = 1.66^m$,

„ $M/E = 10$ „ $h = 3.35^m$,

„ $M/E = 8$ „ $h = 4.93^m$.

$h' = 25^m$

$$f = 0.342 h^2 + 0.757 h + 0.314,$$

$$F = 25.33 h - 0.035 h^2 - 0.37.$$

Für $M/E = 17$ wird $h = 1.44^m$,

„ $M/E = 13$ „ $h = 3.14^m$,

„ $M/E = 10$ „ $h = 4.93^m$,

„ $M/E = 8$ „ $h = 6.81^m$.

$h' = 30^m$

$$f = 0.344 h^2 + 0.762 h + 0.316,$$

$$F = 30.57 h - 0.038 h^2 - 0.38.$$

$M/E = 17 \dots h = 2.63^m$,

$M/E = 13 \dots h = 4.35^m$,

$M/E = 10 \dots h = 6.44^m$,

$M/E = 8 \dots h = 8.65^m$.

$h' = 35^m$

$$f = 0.355 h^2 + 0.763 h + 0.313,$$

$$F = 35.82 h - 0.035 h^2 - 0.371.$$

Für $M/E = 17$ wird $h = 3.50^m$,

„ $M/E = 13$ „ $h = 5.38^m$,

„ $M/E = 10$ „ $h = 7.75^m$,

„ $M/E = 8$ „ $h = 10.47^m$ u. s. w.

3. Fundamenttiefe = 3.0^m .

Nach den allgemeinen Formeln VII und VIII ist für diesen

Fall:

$$f = 0.204 [0.51 h^2 + (5b + 3)h] + 3b,$$

$$F = 1.05 h' h + 0.525 h^2 -$$

$$- (b + 0.204 h) \left[1.02 h + \left(\frac{b}{2} + 0.102 h \right) 1.19 + 3 \right]$$

Wonach für $h' = 25^m$:

$$f = 0.378 h^2 + 1.644 h + 0.678,$$

$$F = 24.49 h - 0.085 h^2 - 0.72,$$

für $M/E = 13$ und $M/E = 10$ wird h eine complexe Grösse.

$M/E = 8$ wird $h = 2.98^m$

$h' = 30^m$

$$f = 0.385 h^2 + 1.641 h + 0.60,$$

$$F = 29.75 h - 0.098 h^2 - 0.62.$$

$M/E = 10$ wird $h = 2.75^m$,

$M/E = 8$ „ $h = 4.87^m$.

$h' = 35^m$

$$f = 0.386 h^2 + 1.65 h + 0.625,$$

$$F = 34.98 h - 0.105 h^2 - 0.65.$$

Für $M/E = 13 \dots h = 1.58^m$,

„ $M/E = 10 \dots h = 4.25^m$,

„ $M/E = 8 \dots h = 6.88^m$.

Tabelle V enthält die Resultate der vergleichenden Berechnung für $\frac{1}{5}$ Fuss. Einschnittsböschung und Fundamenttiefen von 0.5^m , 1.0^m und 3.0^m .

Tabelle V.

Böschungshöhe h , in Metern	Rentable Mauerhöhen h in Metern													
	für Einschnittsböschungen 1:1.25													
	Fundamenttiefe $h_2 = 0.5^m$				h' in Metern	Fundamenttiefe $h_2 = 1.0^m$				h' in Metern	Fundamenttiefe $h_2 = 3.0^m$			
	$M/E=17$	13	10	8		$M/E=17$	13	10	8		$M/E=17$	13	10	8
8	—	—	—	1.08	11	—	—	—	1.10	23	—	—	—	1.80
10	—	—	1.20	2.20	15	—	—	1.09	2.88	25	—	—	—	2.98
13	—	1.20	2.35	3.48	18	—	1.00	2.48	4.10	27	—	—	1.57	3.72
15	—	1.85	3.06	4.31	20	—	1.66	3.35	4.93	30	—	—	2.75	4.87
16	0.92	2.13	3.38	4.66	24	1.00	2.85	4.68	6.43	34	—	1.25	3.93	6.38
20	1.98	3.18	4.68	6.29	25	1.44	3.14	4.93	6.81	35	—	1.58	4.25	6.88
25	2.96	4.40	6.18	8.14	30	2.63	4.35	6.44	8.65	37	1.00	3.08	4.85	7.68
30	3.82	5.61	7.71	10.00	35	3.50	5.38	7.75	10.47					
35	4.83			u. s. w.										

In den Fig. 4, 5, 6 auf Blatt 24 sind diese Höhen graphisch dargestellt, und zwar:

Die Höhen $H = h + h'$ als Abscissen und denselben entsprechenden Mauerhöhen als Ordinaten aufgetragen. Der Gebrauch dieses Blattes ist bereits unter A angegeben worden.

Sobald aus Blatt 24 die Mauerhöhen bestimmt sind, so braucht man nur mit denselben unter Berücksichtigung der vorhandenen Böschungshöhe h' in das Blatt 23 zu gehen, und erhält

hieraus direct die der Mauerhöhe und Böschungshöhe entsprechende Kronenstärke der Futtermauer.

Mit Hilfe der bis jetzt erlangten Werthe lassen sich diejenigen Maximalhöhen der Mauern finden, für welche mit Bezug auf die, durch ihre Ausführung ersparten Einschnittsflächen (resp. Massen) noch Preisgleichheit stattfindet.

Es treten aber häufig Fälle ein, wo die zu ersparende Einschnittsmasse noch nicht die Anwendung dieser Maximalhöhen

der Mauer bedingt, also schon kleinere als diese Maximalthöhen genügen, um die gewünschte Massenreduction zu bewirken.

Da es aber mit Umständlichkeiten verbunden ist, diejenigen Mauerhöhen zu finden, mittelst welchen man diese Massenreduction zu erzielen im Stande ist, so stellt sich behufs Vereinfachung dieser Arbeit bei grösseren Projectirungen die Aufgabe, durch eine vorhergehende Berechnung in jedem Profil diejenige Mauerfläche zu bestimmen, welche unter Berücksichtigung der herrschenden Preisverhältnisse der in jedem Profile zu ersparenden Einschnittsfläche gleichwerthig zu setzen ist.

Wenn z. B. in einem Einschnitte die Gesamt-Kubikmasse $= K$, die überschüssige Masse k beträgt, so hat man in jedem Einschnittsprofil eine Fläche F zu ersparen, welche zur totalen Einschnittsfläche F_1 im Verhältniss $k : K$ steht.

$$\text{Also } F : F_1 = k : K \text{ oder } F = F_1 \cdot \frac{k}{K}$$

Es stellt sich nun weiter die Aufgabe, diejenige Mauerhöhe zu finden, welche eine Mauerfläche f bedingt, die mit Rücksicht auf die in den einzelnen Profilen vorkommenden Böschungshöhen h' , resp. Einschnittsüberhöhungen H , der zu ersparenden Einschnittsfläche das Gleichgewicht hält.

Es muss dann, wenn $\frac{M}{E}$ das Preisverhältniss zwischen dem Mauerwerk und dem Einschnittsmaterial ist,

$$f_1 \cdot \frac{M}{E} = F,$$

also:

$$f = \frac{E}{M} \cdot \frac{k}{K} \cdot F_1,$$

$$f = \alpha \cdot F_1 \text{ sein.}$$

Tabelle VI.

Flächen der Futtermauern in □Meter. Für Einschnittsböschungen 1:1.																	
Mauerhöhen h Meter	Für Fundamenttiefe = 0.5m								Mauerhöhen h Meter	Für Fundamenttiefe = 1.0m							
	Für Einschnittsüberhöhungen H									Für Einschnittsüberhöhungen H							
	10	15	20	25	30	35	40	45		14	15	20	25	30	35	40	45
1.0	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	1.0	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	
1.5	—	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.5	—	1.89	1.89	1.89	1.90	1.90	1.90	
2.0	—	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	2.0	—	—	2.63	2.63	2.63	2.64	2.64	
2.5	—	2.81	2.82	2.83	2.83	2.84	2.84	2.84	2.5	—	—	3.59	3.60	3.60	3.61	3.62	
3.0	—	—	3.69	3.70	3.71	3.72	3.73	3.73	3.0	—	—	4.56	4.57	4.58	4.59	4.60	
3.5	—	—	4.81	4.83	4.85	4.86	4.87	4.87	3.5	—	—	—	5.91	5.93	5.96	5.98	
4.0	—	—	5.91	5.98	5.99	6.00	6.01	6.01	4.0	—	—	—	7.24	7.29	7.33	7.36	
4.5	—	—	—	7.39	7.41	7.43	7.45	7.47	4.5	—	—	—	8.81	8.87	8.93	8.99	
5.0	—	—	—	8.80	8.84	8.87	8.90	8.93	5.0	—	—	—	—	10.46	10.54	10.59	
5.5	—	—	—	10.50	10.53	10.56	10.59	10.62	5.5	—	—	—	—	12.33	12.43	12.50	
6.0	—	—	—	—	12.22	12.26	12.29	12.31	6.0	—	—	—	—	14.20	14.33	14.40	
6.5	—	—	—	—	14.18	14.23	14.32	14.42	6.5	—	—	—	—	—	16.51	16.59	
7.0	—	—	—	—	—	16.18	16.36	16.54	7.0	—	—	—	—	—	18.70	18.78	
7.5	—	—	—	—	—	18.42	18.63	18.82	7.5	—	—	—	—	—	—	21.21	
8.0	—	—	—	—	—	20.67	20.90	21.10	8.0	—	—	—	—	—	—	23.64	
8.5	—	—	—	—	—	—	23.36	23.55	8.5	—	—	—	—	—	—	—	
9.0	—	—	—	—	—	—	25.82	26.00	9.0	—	—	—	—	—	—	26.49	
9.5	—	—	—	—	—	—	27.65	28.83	9.5	—	—	—	—	—	—	29.29	
10.0	—	—	—	—	—	—	—	31.67	—	—	—	—	—	—	—	32.34	
10.5	—	—	—	—	—	—	—	33.00	—	—	—	—	—	—	—	—	

Tabelle VII.

In den Tabellen VI, VII, VIII, IX sind auf Grundlage der in Blatt 23 graphisch dargestellten Normen für Futtermauern, für verschiedene Einschnittsböschungen (1:1 und 1:1¼) und Ueberhöhungen H die den Mauerhöhen entsprechenden Mauerflächen f zusammengestellt.

Man braucht demnach den Werth αF_1 (unter Berücksichtigung der Einschnittsböschung, Fundamenttiefe h_2 und Ueberhöhung H) in einer der Tabellen VI, VII, VIII oder IX aufzusuchen und kann daraus sogleich die entsprechende Mauerhöhe h entnehmen.

Um das Gesagte durch ein einfaches Beispiel zu erläutern, sei:

$$M/E = 16.6,$$

$$K = 60000^{k^{bm}},$$

$$k = 5000^{k^{bm}},$$

Einschnittsböschung 1:1¼,

Fundamenttiefe 0.5m

und sollen weiters drei Einschnittsflächen in Betracht gezogen werden:

$$F_1 = 250 \square^m \text{ wobei } H = 25^m \text{ sei,}$$

$$F_2 = 320 \square^m \quad \text{„} \quad H = 30^m \quad \text{„}$$

$$F_3 = 290 \square^m \quad \text{„} \quad H = 25^m \quad \text{„ u. s. w.,}$$

so ist:

$$\alpha = \frac{E}{M} \cdot \frac{k}{K} = \frac{3}{600} = 0.005,$$

und daher die zur Ersparung der verlangten Masse nöthigen Mauerflächen im Profil:

$$F_1 \dots f_1 = 0.005 \cdot F_1 = 1.25 \square^m,$$

$$F_2 \dots f_2 = 0.005 \cdot F_2 = 1.60 \square^m,$$

$$F_3 \dots f_3 = 0.005 \cdot F_3 = 1.45 \square^m \text{ u. s. w.;}$$

Tabelle VIII.

Tabelle IX.

Flächen der Futtermauern in □ Meter. Für Einschnittsböschungen 1:1.25 und																		
Mauerhöhen h Meter	Fundamenttiefe = 0.5 ^m									Mauerhöhen h Meter	Fundamenttiefe = 1.0 ^m							
	Einschnittsüberhöhungen H =										Einschnittsüberhöhungen H =							
	9	10	15	20	25	30	35	40	45		12	15	20	25	30	35	40	45
1.0	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	1.0	1.44	1.44	1.45	1.46	1.46	1.47	1.48	1.48
1.5	—	1.58	1.61	1.64	1.66	1.67	1.68	1.69	1.69	1.5	—	2.31	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.36
2.0	—	—	2.33	2.37	2.40	2.41	2.43	2.44	2.45	2.0	—	3.19	3.20	3.21	3.23	3.25	3.26	3.26
2.5	—	—	4.34	3.40	3.46	3.47	3.50	3.52	3.53	2.5	—	—	4.41	4.43	4.44	4.47	4.50	4.52
3.0	—	—	4.36	4.44	4.52	4.54	4.57	4.60	4.62	3.0	—	—	5.62	5.66	5.68	5.72	5.76	5.78
3.5	—	—	—	5.79	5.90	5.94	5.96	5.98	5.99	3.5	—	—	7.16	7.21	7.24	7.30	7.34	7.38
4.0	—	—	—	7.14	7.23	7.34	7.36	7.36	7.37	4.0	—	—	—	8.76	8.80	8.88	8.93	8.98
4.5	—	—	—	8.79	8.97	9.05	9.09	9.12	9.15	4.5	—	—	—	10.65	10.77	10.86	10.96	11.04
5.0	—	—	—	—	10.66	10.77	10.83	10.89	10.93	5.0	—	—	—	12.54	12.75	12.85	13.00	13.10
5.5	—	—	—	—	12.68	12.82	12.88	12.98	13.01	5.5	—	—	—	—	14.92	15.04	15.32	15.45
6.0	—	—	—	—	14.71	14.88	14.93	15.07	15.10	6.0	—	—	—	—	17.09	17.24	17.64	17.80
6.5	—	—	—	—	—	17.22	17.32	17.50	17.55	6.5	—	—	—	—	19.69	19.84	20.21	20.32
7.0	—	—	—	—	—	19.56	19.72	19.93	20.00	7.0	—	—	—	—	—	22.45	22.78	22.85
7.5	—	—	—	—	—	22.26	22.45	22.66	22.75	7.5	—	—	—	—	—	25.45	25.78	25.87
8.0	—	—	—	—	—	—	25.18	25.39	25.50	8.0	—	—	—	—	—	—	28.79	28.90
8.5	—	—	—	—	—	—	28.20	28.40	28.57	8.5	—	—	—	—	—	—	31.91	32.00
9.0	—	—	—	—	—	—	31.22	31.41	31.65	9.0	—	—	—	—	—	—	35.04	35.10
9.5	—	—	—	—	—	—	—	34.83	35.08	9.5	—	—	—	—	—	—	—	39.25
10.0	—	—	—	—	—	—	—	38.23	38.52	10.0	—	—	—	—	—	—	—	43.40
10.5	—	—	—	—	—	—	—	—	42.24	10.5	—	—	—	—	—	—	—	47.50
11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	45.97									
11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	50.06									

geht man mit diesen Werthen in Tabelle VIII, so erhält man durch Interpolation die diesen Anforderungen entsprechenden Mauerhöhen im Profil:

$$\begin{aligned}
 F_1 \dots h_1 &= 1.25^m, \\
 F_2 \dots h_2 &= 1.45^m, \\
 F_3 \dots h_3 &= 1.36^m \text{ u. s. w.}
 \end{aligned}$$

Die in den Tabellen VI, VII, VIII und IX durch die Rubriken geführten gebrochenen Linien geben die Grenzen, bis zu welchen man bei Aufsuchung der Werthe von h gehen kann, um noch für jeden Fall die Preisgleichheit zwischen der ersparten Einschnitts- und der Mauerwerkmasse zu erzielen, und zwar:

- Grenze für das Preisverhältniss $M/E = 8$,
- " " " " " " = 10,
- " " " " " " = 13,
- " " " " " " = 17.

Man ersieht hieraus, dass man mit Hilfe einer solchen Zusammenstellung die Mittel zu schaffen im Stande ist, sich bei Project-Verfassungen jederzeit Rechenschaft über die ökonomisch richtige Verwerthung von Futtermauern geben zu können, ohne erst zeitraubende Versuche machen zu müssen.

Wenn auch eine derartige Berechnung mit einigem Zeitaufwand verbunden ist und für den ersten Augenblick complicirt erscheinen mag, so ist dies bei grösseren Project-Ausarbeitungen in keinen Vergleich zu ziehen mit den Umständlichkeiten und dem Zeitverluste, welche durch Versuche in dieser Beziehung bedingt sind.

Eine auf Grund angenommener Normen einmal durchgeführte vergleichende Berechnung wird für die ganze Dauer der Project-Verfassung dem Projectirenden eine rasche und sichere Arbeit ermöglichen. Wird hingegen, besonders bei definitiven Detailprojecten, solchen Kostenvergleichen nicht gebührende Aufmerksamkeit geschenkt, so können dadurch erhebliche und ganz unnöthige Geldopfer verursacht werden.

Zum Schlusse sei nur noch bemerkt, dass die kleinen Vernachlässigungen, welche der aufmerksame Leser dieser Abhandlung angetroffen haben wird, von ganz untergeordnetem Einfluss sind daher die für den praktischen Gebrauch angeführten Werthe nicht beirren können.

Die Ausmittlung eines Stahlschienen-Profiles mit Berücksichtigung der ökonomischen Ausnützung des Materials.

Von

Moritz Pollitzer,

Ober-Ingenieur der österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 25.)

Die mannigfachen Variationen in den Querschnittsformen der Eisenbahnschienen zeigen nur zu deutlich, wie sehr man immer nur bei der Ausmittlung derselben auf die Tragfähigkeit

Bedacht zu nehmen bestrebt war, ohne das gleich wichtige Moment der Abnutzungsfähigkeit mit in Rechnung zu ziehen; so dass viele der Verwendung ausgesetzte Schienen schon die Grenze der Ausnützung erreichen, wo die Tragfähigkeit noch sehr wenig von ihrem Werthe eingebüsst hat.

Soll jedoch die Fahrschiene sowohl den Anforderungen eines gut construirten Trägers als auch den ökonomischen Principien bezüglich der möglichst besten Ausnützung des Materials gerecht werden, so müssen nachstehende zwei Cardinalpuncte bei der Ausmittlung des Schienen-Querschnittes unverrückt im Auge behalten werden, und zwar:

- a) die Tragfähigkeit und
- b) die Ausnützungsfähigkeit.

Die Anordnung des Materials zur Querschnittsform muss sonach eine derartige sein, dass diese beiden Eigenschaften in einem innigen Connex erhalten bleiben, so nämlich: dass mit dem Erreichen des Grenzwertes der Ausnützung auch jenem der Tragfähigkeit entsprechend nahe gerückt wird, und umgekehrt muss mit dem erzielten Grenzwert der Tragfähigkeit die grösstmögliche und vortheilhafteste Ausnützung des Schienen-Materials erreicht sein.

Wie diesem Principe, welches für den ökonomischen Betrieb einer Bahn von hervorragender Bedeutung ist, nach Möglichkeit nachgekommen werden kann, soll die Construction der auf Blatt 25, Fig. 1 dargestellten Profile einer symmetrischen und unsymmetrischen Stahlschiene darthun.

Die auf graphischem Wege ermittelten statischen Momente dieser beiden Schienen-Profile ergeben die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Werthe:

Benennung	Entsprechend den Zeichen in d. graphischen Darstellung	Formel	Werth für das		Bemerkung
			symmetrische	asymmetrische	
			Profil		
Höhe der Schienen...	H		12.5	13.0	Das symmetrische Profil ist das bei der priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft in Verwendung stehende Profil für Stahlschienen.
Höhe der einzelnen Lamellen.....	h		0.5	0.5	
Summe der mittleren Breiten	$\Sigma(b)$	$4 \Sigma\left(\frac{b}{4}\right)$	84.6	84.6	
Flächeninhalt des Profils	F	$h \Sigma(b)$	42.3	42.3	
Poldistanz des Kräfte-Polygons	p		10.0	10.0	
Abstände des Schwerpunctes vom Kopfe..	h_2		6.35	6.70	
Abstände des Schwerpunctes vom Fusse..	h_1		6.15	6.30	
Resultirende des Seilpolygons	A		4.44	4.61	
Statisches Moment....	S	$4 h p A$	88.80	92.20	
Vom Seilpolygon umschlossene Fläche...	f		21.54	23.12	
Trägheits-Moment....	T	$2 f p 4 h$	862	925	
Radbelastung, grösste.	G		6500	6500	
Auspruchnahme pr. \square^{cm}	k	$0.489 \frac{G l h_2}{T}$	905	843	
" " "	k_1	$0.489 \frac{G l_1 h_2}{T}$	860	800	
Gewicht pro l. Mtr. der Schiene in Kilogr...	g		33.0	33.0	

Sollen nun die beiden Profile bis zu einem ihrer Tragfähigkeit entsprechenden Stadium (wofür im vorgezeichneten Falle eine Inanspruchnahme k von 10^{kg} per \square^{mm} angenommen wird), ausgenützt werden, so werden sich die statischen Werthe der bei einem solchen Grenzwert angelangten Profile wie nachstehend ergeben:

Benennung	Entsprechend den Zeichen in d. graphischen Darstellung	Formel	Werthe für das		Bemerkung
			symmetrische	asymmetrische	
			Profil		
Höhe der abgenützten Schiene	H		11.75	12.1	
Summe der mittleren Breiten der Lamellen	$\Sigma(b)$		77.6	76.0	
Flächeninhalt des abgenützten Profils	F	$h \Sigma(b)$	38.80	38.00	
Abstand der Schwerpunctachse v. Kopfe	h_2		6.15	6.50	
Abstand der Schwerpunctachse v. Fusse	h_1		5.60	5.60	
Resultirende des Seilpolygons	A		3.90	3.90	
Die vom Seilpolygon umschlossene Fläche	f		18.00	19.00	
Statisches Moment....	S		78.00	78.00	
Trägheits-Moment....	F	$2 f p 4 h$	719	759	
Radbelastung in Klgr.	G		6500	6500	
Entfernung d. Schwellen von Mitte zu Mitte	l		95 ^{cm}	95 ^{cm}	
Inanspruchnahme.....	k	$0.489 \frac{G l h_2}{T}$	1000	1000	pro \square^{cm} .

Werden nun die in vorstehenden Tabellen zusammengefassten statischen Werthe im Auge behalten, so wird man in Bezug des constructiven Werthes der beiden Profile, in wie ferne derselbe mehr oder weniger den obcitirten Grundsätzen entspricht, sich leicht für das unsymmetrische Profil entscheiden; indem bei Anwendung der gleichen Massen, und zwar bei 33.00^{kg} pro Meter, das symmetrische Profil mit 905^{kg} bis 860^{kg} , das unsymmetrische hingegen mit 843^{kg} bis 800^{kg} pro \square^{cm} (bei sonst gleicher Stützweite und Belastung) beansprucht wird.

Viel marcanter noch treten die Vortheile, des unsymmetrischen gegenüber dem symmetrischen Profile, im Zustande der Abnutzung auf; denn, soll die Abnutzung der beiden Profile bis zur Erreichung einer gleichen Inanspruchnahme von 1000^{kg} pro \square^{cm} getrieben werden, so wird das symmetrische Profil um $350 \square^{mm}$, das unsymmetrische hingegen um $430 \square^{mm}$ verkleinert, beziehungsweise der Abnutzung ausgesetzt werden müssen. Oder mit anderen Worten: das unsymmetrische Profil wird mit $80 \square^{mm}$ Fläche bei gleicher Inanspruchnahme mehr ausgenützt werden können, als das symmetrische; demnach wird bei der gleichen Abnutzungsgrenze, die Ausnutzungsdauer eines derart construirten unsymmetrischen Profils um 23% grösser sein als die des symmetrischen Profils, somit wird bei Anwendung von gleich grossen Massen die percentage Ausnützung dieser Profile sich verhalten wie 8.5 : 10.2.

Benützt man zur Berechnung des Nutzeffectes dieser beiden Schienenprofile, die werthvollen statistischen Daten der französischen Nordbahn *), so erleiden die Stahlschienen Einen Millimeter Ab-

*) Unsere inländische Schienenstatistik ist leider bis heute zu keinem concreten Resultate gediehen.

nützung von der Höhe, bei einer Beanspruchung von 20 Millionen Tonnen. Mit Berücksichtigung der oberwähnten Abnützungsgrenze bis zur Beanspruchung von 1000^{kg} per □^{cm} wird mit dem symmetrischen Schienenprofile eine Leistungsfähigkeit von 140 Millionen Tonnen erzielt werden können, was somit pro □^{mm} Abnützungsfläche $\frac{140}{350} = 0.4$ Millionen Tonnen repräsentirt.

Es entspricht somit für das unsymmetrische Profil, welches eine um 80□^{mm} grössere Abnützung (bei gleicher Beanspruchung bis auf 1000^{kg}) zulässt, ein grösserer Nutzeffect von $0.4 \times 80 = 32$ Millionen Tonnen als für das symmetrische Profil.

Bei der Annahme eines durchschnittlich täglichen Verkehrs von 12 Zügen à 500 Tonnen nach einer, und 12 Zügen à 500 Tonnen nach entgegengesetzter Richtung wird, mit Zugrundelegung der oben citirten statistischen Daten, die Dauer der Schiene mit symmetrischem Querschnitte auf 32 Jahre, und jener mit unsymmetrischem Querschnitte auf 39.3 Jahre sich erstrecken, bis das Material auf einer Beanspruchung von 1000^{kg} per □^{cm} angelangt sein wird *).

In Anbetracht des bedeutenden Einflusses, den die Form der Lauffläche auf die gegenseitige Abnützung zwischen Schiene und Tyres ausübt, wird die dem unsymmetrischen Profile hier gegebene, der Conicität des Rades anpassende Lauffläche viel zur Schonung der Tyres sowohl als der Schienen beitragen; denn es ist durch die bisher gemachten Erfahrungen zur Genüge constatirt, dass ausser den Niveau- und Richtungsverhältnissen, den Spurweiten und Ueberhöhungen etc., die gekrümmten Laufflächen der Schienen nicht unwesentlich zur Deformirung der Bandagen-Flächen beitragen. Insbesondere manifestirt sich dieser letztere Umstand bei Stahlschienen mit stark gekrümmten Laufflächen durch ein Auskehlen der Radkränze.

Durch die auf Blatt 25 in Fig. 2 zur Anschauung gebrachte unsymmetrische Querschnittsform wird auch ein Mittel geboten, um die bisher wohl auf mannigfache Weise angestrebte **), aber noch nicht ihrem vollen Werthe nach erzielte, gleichmässige Beanspruchung des Schienenstranges, ohne Beeinflussung der Stellen am Zusammenstosse, durch eine wie in der Fig. 2 ersichtlich gemachte Verlaschung in eminentester Art zu Stande zu bringen, und sonach die bisher sich fühlbar gemachte ungünstige Beanspruchung der Schienenenden und die hiedurch hervorgerufene ungünstige Abnützung (Breitdrückung) derselben total zu beseitigen.

Dieser Zweck wird durch die in Fig. 2 dargestellte Entlastungslasche *abc*, die an der Aussenseite des Schienenstosses angebracht werden kann, vollkommen erreicht. Denn hiedurch wird der Raddruck in dem Momente, wo er den Stützpunkt trifft, auf die Lasche übertragen, und in dem Momente, wo die Einsenkung der belasteten Schienenenden eintreten würde, die Belastung von einer hinreichend tragfähigen Lasche übernommen.

Die nebenstehende Tabelle enthält die statischen Werthe dieser Entlastungslasche:

Benennung	Werthe in Kilgr. und Centimeter der			Bemerkung
	Schiene	äusseren	inneren	
Höhe des Profils	130	16.5	8.4	
Flächeninhalt des Profils ...	42.3	28.64	15.7	
Abstand des Schwerpunktes vom Kopfe	6.7	6.7	4.2	
Abstand des Schwerpunktes vom Fusse	6.3	5.8	4.2	
Trägheits-Moment	925	385	75	
Widerstands-Moment	138	57.4	18	$W = \frac{T}{h}$
Gewicht	33.0	12.7	6.5	{ bei Schienen pro Mtr. { bei Laschen pro Stück.

Nach den in obiger Tabelle angeführten Werthen berechnet sich das Biegungs-Moment *M* am Stosse mit

$$M = 0.25 G l = \frac{K T}{h_2}$$

für

$$G = 6500^{kg}, l = 36^{cm},$$

wobei die Schwellenentfernung mit 52^{cm} angenommen wird, ist

$$M = 58500 = 57.4^{kg},$$

woraus sich eine Inanspruchnahme

$$k = 1020^{kg} \text{ pro } 1 \text{ } \square^{cm}$$

ergibt.

Da die Lauffläche der Schiene mit jener der Entlastungslasche gleichmässig aufsteigt, und zwar entsprechend der Conicität des Radkranzes, so wird auch unter allen Umständen eine gleichmässige Abnützung beider Laufflächen stattfinden; umso mehr, wenn bei Anwendung von Stahlköpfen das Material der Entlastungslaschen aus gutem sehnigen Eisen besteht. Ein Anstossen der Räder beim Ueberfahren solcher Stösse an den Laschenenden kann somit nicht eintreten, und ist die Erzeugung solcher Laschen aus einem Walzstücke, wie bei den gewöhnlichen Winkellaschen, durch einfaches Zuschneiden auf die gehörige Länge von 0.6^m ermöglicht, da ein beiderseitiges Abschrägen der Laschenenden nicht erforderlich ist.

Was die Fabrication der Schienen mit unsymmetrischem Profil betrifft, so muss bemerkt werden, dass dieselbe in Betreff der Calibrirung und des Walzens nicht die geringste Schwierigkeit bietet, und in ganz gleichem Maasse als jene mit symmetrischem Profile durchgeführt werden kann.

Auch der Umstand entfällt, dass bei den symmetrischen Schienen bei etwaigen Walzmängeln an der einen Seite der Lauffläche die entgegengesetzte fehlerfreie in Benützung genommen werden kann, da man von einem tadellosen Fabricate die fehlerfreie Profilirung der Schiene ihrer ganzen Länge nach beansprucht.

Das Resumé des bisher Gesagten gipfelt in dem Axiom dass ein Schienenprofil dann den gestellten Anforderungen entspricht, wenn bei einer normirten Radbelastung *G*, einer Stützweite *l* und bei dem kleinsten Materialbedarf *g* die grösstmögliche Ausnutzungsfläche *f* geboten wird, bis der Grenzwert der zulässigen Inanspruchnahme des Materials = *k* erreicht wird.

*) Selbstverständlich wird hier die Verwendung in einer und derselben Strecke vorausgesetzt.

**) Heusinger von Waldegg bringt ähnliche Construction im Handbuch der speciellen Eisenbahntechnik, I. Band, pag. 187, und zwar eine Laschenconstruction von Währer und von der Lübeck-Büchener Bahn.

Im grossen Interesse der Eisenindustrie als auch der Bahnverwaltungen wäre es erwünscht, wenn die Werthe G , l und k unverrückbare, von der gesetzlichen Autorität normirte Grössen repräsentiren würden. Nur so wäre es möglich, die weittragende Idee eines ökonomischen Betriebes ihrem ganzen Umfange nach zu wahren und zu verwirklichen und zur Bildung eines Normal-Profils den kräftigsten Impuls zu geben.

Graphische Bestimmung der Stützmauerstärke bei gegebenem Erddruck.

Von
J. Rychter,
Professor.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 27.)

Für die Bestimmung des Erddruckes ist wohl heutzutage allgemein das graphische Verfahren als das kürzeste angenommen, während die Stützmauerstärke unseres Wissens von allen Autoren aus einer Formel berechnet wird.

Die von Culmann und Holzhey gegebenen Constructionen beruhen auf analytischen Ableitungen, welche man bei der Anwendung im Gedächtniss haben muss; demnach dürfte folgende graphische, von der Gestalt des Mauerquerschnittes ziemlich unabhängige Methode eher zur praktischen Verwendung geeignet sein.

Durch parallele Verschiebung der vorderen Wand $C'D'$ (Fig. 1) wird das Moment des Mauergewichtes $A B C D'$ bezüglich D' stetig vergrössert, und das Moment des Erddruckes bezüglich desselben Punctes stetig vermindert. Werden die Veränderungsgesetze beider Momente in entsprechender Weise auf demselben Coordinaten-System durch zwei Curven dargestellt, so wird durch den Schnittpunct beider diejenige Lage D von D' bestimmt, bei welcher die Gleichheit beider Momente stattfindet.

Die fraglichen Gesetze sind nun äusserst einfach:

Ziehen wir $B A'$ parallel mit $C' D'$, so können wir das Gewicht G_2 des Mauerkörpers $A' B C' D'$, als eine auf der Strecke $K K'$ gleichmässig vertheilte Last betrachten; demnach ist die entsprechende Momentencurve eine Parabel. Die Vergrösserung dieser Momente dadurch, dass sie nicht auf die Verticalen der Böschungsmitten (K), sondern auf die der Fusspuncte derselben (D) bezogen werden, ist für alle Lagen der vorderen Wand constant; die Momente des Dreiecks $A B A'$ und des Erddruckes werden durch gerade Linien dargestellt.

A. Durchführung mit Hilfe der Seilpolygons.

Wir nehmen provisorisch die obere Mauerstärke $B C'$ so gross an, dass sie vermuthlich zu gross sei, bestimmen die Schwerpunkte sowie die Gewichte G_1 und G_2 beider Mauertheile, schliesslich verdoppeln wir der Sicherheit wegen den Erddruck E , und verbinden die drei Kräfte $2 E$, G_1 und G_2 mit einem Seilpolygon indem wir die Richtung E als erste Seilpolygonseite, und den Schnittpunct O von E und G als Kräftepol wählen.

Die zweite und dritte Seilpolygonseite sind Tangenten an die oben erwähnte Parabel, ihre Berührungspuncte liegen auf den Verticalen von K und K' . Auf einer beliebigen Verticalen

K' ist das zwischen der Richtung E und der Parabel gemessene Segment y_1 , dem Momente der bis K' eingeführten Mauermaße $A B C' D'$, bezüglich dieser Verticalen proportional.

Wir brauchen aber Momente darzustellen, welche auf Verticalen bezogen sind, die um die halbe vordere Mauerböschung d von K' rechts liegen. Ein solches Moment von $A B C' D'$ erhalten wir auf der Verticalen D' , wenn wir bis zu derselben die Tangente, die auf der Verticalen K' die Parabel berührt, verlängern und das verticale Segment y_2 zwischen dieser und der Richtung von E messen.

Nun ist nach der auf der Figur angegebenen Bezeichnung

$$y_2 = G_1 (a_1 + d) + G_2 (a_2 + d),$$

$$y_1 = G_1 a_1 + G_2 a_2,$$

$$y_2 - y_1 = G_1 d + G_2 d.$$

$G_1 d$ ist eine Constante und $G_2 d$ ist dem G_2 proportional; demnach werden die Differenzen $y_2 - y_1$, für verschiedene Lagen der vorderen Wand, durch Ordinaten einer Geraden dargestellt. Wird nun für zwei verschiedene Lagen von K' das Segment y_1 auf der Verticalen y_1 von der Parabel aufwärts aufgetragen, so erhalten wir zwei Puncte dieser Geraden $F N'$, welche auf der Verticalen von O , über der Richtung E , offenbar das Moment $G_1 d$ abschneidet.

Die verticalen Entfernungen dieser Geraden von der Parabel sind gleich den Momenten der verschiedenen Mauergerichte bezüglich der vorderen Mauerante, bei paralleler Verschiebung der vorderen Wand. Von dieser Geraden also sind die entsprechenden Momente des Erddruckes nach abwärts aufzutragen.

Das Moment von $2 E$ bezüglich eines um d von O rechts gelegenen Punctes O' ist der doppelten Fläche des Dreiecks $O' L O$ gleich. Dasselbe ist offenbar auf die Höhe H zu verwandeln, was dadurch geschieht, dass wir $O' M$ parallel zu $O L$ ziehen. Alsdann ist

$$\Delta O' O L = \Delta M O L,$$

und $O M$ ist gleich dem Momente des doppelten Erddruckes bezüglich O' dividirt durch H .

Tragen wir nun $O M$ von F abwärts nach M_1 auf, so ist M_1 ein Punct der gesuchten Geraden, welche die Veränderung der Momente des Erddruckes darstellt. In ähnlicher Weise kann noch ein zweiter Punct dieser Geraden bestimmt werden; fällt aber der Punct N noch innerhalb der Zeichnung, so ist es am einfachsten, denselben um d nach links zu verschieben, nach N' zu projectiren und M' mit N' zu verbinden. Die Gerade $M' N'$ schneidet die Parabel auf der Verticalen des Punctes K'' ; wird durch diesen die vordere Wand $C D$ gezogen, so bietet die Mauer $A B C D$ die doppelte Sicherheit in Bezug auf die Drehung um D .

Das wiederholte Verschieben um d nach links lässt sich vermeiden, wenn man sich anstatt $k k'$ die Strecke $D D'$ gleichmässig belastet denkt. Die Parabel beginnt alsdann auf der Verticalen A' , endigt auf der von G' , und indem nun das Dreieck $O' L N$ in diesem Falle die Momentenfläche des Erddruckes darstellt, so schneidet diese Parabel die Mauerbasis in D , d. h. sie bestimmt direct die untere Mauerstärke. Allein diese einfachere Construction führt uns nicht, wie die obige, zur Resultirenden sämtlicher auf $A D$ wirkenden Kräfte. Diese Resultirende bei doppeltem Erddruck gibt uns in Fig. 1 diejenige Parabeltangente, welche auf der Verticalen von k'' die Parabel berührt, und für den einfachen Erddruck lässt sie sich mit Hilfe von zwei Strichen construiren, was der Leser leicht finden wird.

B. In Fig. 2 ist dieselbe Aufgabe ohne Seilpolygon gelöst. Das Moment von $A' B C D'$ bezüglich D' ist allgemein, wenn γ das spezifische Gewicht des Mauerwerkes bezeichnet:

$$y = \gamma h x \left(\frac{1}{2} x + \frac{1}{2} h t g \varepsilon \right),$$

also die Ordinate einer Parabel, die nach der auf der Figur angegebenen Bezeichnung durch A' geht und deren Achse zur Y -Achse parallel ist.

Für die Tangente in A' ist

$$x = 0 \text{ und } \frac{dy}{dx} = \frac{1}{2} \gamma h^2 t g \varepsilon =$$

Gewicht des Dreiecks $A' B O$, welches als Moment mit dem Hebelsarm 1 zu betrachten, und im Maassstabe der Parabel-Ordinaten aufzutragen ist. Die Berechnung eines Punctes und die Construction dieser Tangente führt am schnellsten zur Construction der Parabel. Nun wird das Moment von $A B A'$ bezüglich D' als $D' F'$ aufgetragen. Dieses Moment bezüglich der Verticalen von G_1 ist gleich Null; folglich schneidet die Gerade, welche die Momente von $A B A'$ darstellt, die Abscissenachse in O_2 auf der Verticalen von G_1 , und die Bestimmung des Punctes F' genügt zur Verzeichnung derselben.

Endlich werden die Momente des doppelten Erddruckes bezüglich zweier beliebiger Puncte auf den Verticalen derselben von der Geraden $O_2 F'$ aufwärts aufgetragen, oder wenn der Punct N noch auf der Zeichnung liegt, so genügt nur eines dieser Momente, z. B. $F M = E e$ aufzutragen, um die Gerade $M N$ zu ziehen. Das Weitere ist mit der ersten Methode identisch.

In beiden Constructionsweisen braucht man nur ein kleines Stück der Parabel in der Nähe des Schnittpunctes mit $M N$ auszuziehen. Die erst beschriebene Construction ist wohl die einfachere, und beide können bei geschickter Anwendung auch bei Stützmauern mit Strebepfeilern benützt werden.

In Fig. 3 ist beispielsweise die zweite Construction auf eine krumme Mauer angewandt, worüber uns jede weitere Erklärung überflüssig erscheint.

Noch einige Bemerkungen über das Massen-Nivellement.

Von

J. Rychter,

Professor in Lemberg.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 26.)

Alle über das Massen-Nivellement veröffentlichten Abhandlungen gehen mit Stillschweigen darüber hinweg, dass die bis jetzt übliche Construction nur eine angenäherte ist, soll es nun dazu kommen, dass wir unsere Kostenvoranschläge bei Erdarbeiten für Strassen und Eisenbahnen nach dieser Methode, die unstreitig allein dazu geeignet ist, ausarbeiten, so wird es oft nützlich sein, eine genauere Construction zu kennen. Aus diesem Anlass seien folgende Bemerkungen gestattet.

Es sei in Fig. 1 ein Massenprofil gegeben; seine Ordinaten sind den Flächen der Querprofile proportional, Auftragsflächen wurden nach unten, Abtragsflächen nach oben aufgetragen, und vorausgesetzt, dass bei gleichzeitig erscheinendem Auf- und Abtrag nur die Differenzen beider Flächen aufgetragen worden sind. — Die Massenberechnung ist daselbst graphisch durch Verwandlung durchgeführt worden, was uns für den speciellen Zweck dieser Zeichnung genügend erschien.

Dieses Massenprofil besteht aus geraden Linien, somit ist das zwischen zwei Querprofilen A und B eingeschlossene Volumen durch

die Trapezfläche $A A_1 B_1 B$ dargestellt. Wir sind zu einer solchen Darstellung vollkommen berechtigt, indem wir dieses Volumen durch Multiplication der mittleren Fläche mit der Entfernung der beiden Querprofile zu berechnen pflegen.

Aus dieser Berechnung ist der Höhenunterschied zwischen A_2 und B_2 des Massen-Nivellements bestimmt (Fig. 2); betrachten wir aber dieses letzte als eine Gerade $A_2 B_2$, so ist damit noch die weitere Annahme gemacht, dass auf der Strecke AB der Querschnitt constant, und zwar dem zur Berechnung benützten mittleren Querschnitt gleich ist, was mit der Wirklichkeit und mit der Zeichnung des Massenprofils nicht übereinstimmt.

Wollen wir nun im Massen-Nivellement das Gesetz der Volumenänderung richtig darstellen, so müssen wir dasselbe als Integrallinie des Massenprofils auffassen. Für eine beliebige Gestalt des Massenprofils könnten wir mit Hilfe einer bekannten Näherungsmethode die Integrallinie dazu construiren; in diesem speciellen Fall aber bedürfen wir derselben nicht. Wenn A als Coordinaten-Ursprung im Massenprofil und A_2 als der im Massen-Nivellement angenommen wird, und bezeichnen wir ferner mit f die Ordinaten des Massenprofils, mit y die des Massen-Nivellements, so ist:

$$f_x = a x + f \text{ und } y = \int_0^x f_x \cdot dx = \frac{1}{2} a x^2 + f x.$$

Die letzte Gleichung stellt uns offenbar eine Parabel vor, deren Achse der y -Achse parallel ist, und nebenbei sei nur bemerkt, dass für den Scheitel dieser Parabel

$$\frac{dy}{dx} = a x + f = 0 \text{ oder } x = -\frac{f}{a} = A O, \text{ und } y = -\frac{f^2}{2a} = \triangle A A_1 O$$

Diese Bemerkung war so leicht zu machen, dass wir fast annehmen müssen, sie sei von den Autoren, die über diesen Gegenstand geschrieben haben, mit vollem Bewusstsein übergangen worden. Dennoch glauben wir, dass die Praxis derselben dringend bedarf.

Aus dem Obigen folgt die längst allgemein bekannte Eigenschaft, dass die trigonometrische Tangente des Winkels, welchen der Zug des Massen-Nivellements mit der Horizontalen bildet, der Fläche des Querprofils proportional ist.

Zwischen je zwei Querprofilen haben wir eine andere Parabel, insofern sich $A_1 B_1$ ändert; sind aber die Puncte $A_2, B_2 \dots$ auf gewöhnliche Weise bestimmt, so können wir jede Parabel leicht zeichnen, indem uns noch ihre Endtangente bekannt sind. Wir tragen also von A_2 aus horizontal die Längeneinheit und vertical die Fläche auf, welche hier als Volumen pro Längeneinheit aufgefasst wird, und erhalten so einen Punct der Tangente in A_2 .

Indem nun der Maassstab des Massen-Nivellements immer zu klein sein wird, um beide Längen in ihrer wirklichen Grösse aufzutragen, so müssen wir sie in gleichem Verhältniss vergrössern. Aus den unserer Zeichnung beigezeichneten Maassstäben ist leicht ersichtlich, dass, wenn wir horizontal 20^m auftragen, so wird die vertikale Länge gleich der halben Ordinate des Massenprofils in A . Auf dieselbe Weise wird die Tangente in B_2 gezeichnet, und wenn die Massenberechnung richtig war, so schneiden sich die beiden Tangenten in der Mitte der Strecke $A B$.

Demnach gestattet ein solches Massen-Nivellement von Punct zu Punct eine Controle der Massenberechnung, was bei dem gewöhnlichen aus geraden Stücken zusammengesetzten nicht der Fall war. Verzichtet man aber auf diese Controle, so kann die Construction der Tangenten noch bedeutend vereinfacht werden. Beginnen wir nämlich an einem Nullpunct des Massenprofils, z. B. in c_2 , so ist dort die Tangente im Voraus gegeben, sie ist horizontal; ihre Länge zwischen c und der Verticalen des erwähnten Querprofils halbiren wir, und erhalten so den Punct m_1 der Tangente in m ; die Länge dieser zwischen m und der folgenden Verticalen halbiren wir wieder und erhalten den Punct n_1 der Tangente in n u. s. w. Hat man auf diese Weise den halben Weg bis zum Nullpunct d zurückgelegt, so kann man wieder bei d_2 beginnen und rückwärts operiren, um in der Mitte eine Controle zu bekommen.

Sind nun sämtliche Tangenten gezogen, so bestimmt man leicht für jede Parabel noch einen Punct, und zwar auf der Verticalen des Schnittpunctes beider Tangenten. Dieser wird in allen Fällen der Praxis genügen, um die Parabeln entsprechend genau einzuzeichnen.

Diese Parabeln differiren von den Geraden am meisten bei den Nullpuncten, dort gibt das gebrochene Massen-Nivellement eine zu kleine Transportarbeit. Dazwischen werden sie sehr flach, wenn sich die Ordinaten des Massenprofils langsam ändern; ist das letzte aber wellenartig, so bildet auch das Massen-Nivellement stark ausgeprägte Wellen, welche durch Einführung der Sehnen statt der Parabeln bedeutend geschwächt werden. (Siehe Prof. 13/14 und 16/17 unserer Zeichnung.)

Uebrigens lehrt uns die Praxis, dass öfters an den Nullpuncten die Querprofile am weitesten auseinander stehen, weil das Terrain im Längenprofil dort keine Brechpuncte aufweist; der Ingenieur also keine Veranlassung findet, dort Querprofile aufzunehmen; umso mehr, als die Lage der Nullpuncte im Längenprofil oft bis zum letzten Augenblick durch Veränderungen in der Nivellete verschoben wird. Wir glauben demnach, dass bei den Nullpuncten und bei allen plötzlichen Aenderungen der Grösse der Querprofilfläche das Einzeichnen der Parabeln unbedingt zu empfehlen ist. Wir würden es aber für den ganzen Zug des Massen-Nivellements selbst dann anwenden, wenn die Querprofile sehr nahe aneinander stehen. Erscheint alsdann die Construction der Zwischenpuncte überflüssig und mühsam, so erhält man doch immer durch das Einzeichnen der Tangenten allein, ein klares Bild von dem Verlauf des continüirlichen, krummlinigen Massen-Nivellements, welches viel genauer als das gebrochene sein wird.

Will man den bei der gewöhnlichen Massenberechnung begangenen Fehler im Massen-Nivellement berücksichtigen, so ist die Curve keine Parabel mehr. Streng genommen ist schon das Massenprofil aus Parabeln zusammengesetzt, indem die Terrainfläche als hyperbolisches Paraboloid aufgefasst wird. Das Massen-Nivellement besteht also aus Curven dritten Grades. Die Tangente des Punctes, bei welchem der Fehler berücksichtigt wird, bleibt aber der Parabeltangente parallel.

Der Fehler besteht aus zwei Pyramiden, deren Grundflächen entweder in demselben Querprofil liegen, oder liegt jede in einem anderen. Im ersten Fall darf man annehmen, dass der Fehler mit dem Quadrate der Entfernung x zunimmt, im zweiten, dass er auf der Länge zwischen zwei Querprofilen nahezu gleichmässig vertheilt ist. Demnach wird der Punct der Parabel, welcher in der Mitte zwischen den Querprofilen liegt, entweder um $\frac{1}{4}$ oder um $\frac{1}{2}$ des ganzen Fehlers vertical verschoben.

Es wird aber für die Praxis genügen, den Fehler nachträglich, nach der Bestimmung der Massengleiche, als Correction der Höhe eines Rechteckes (siehe weiter unten) einzuführen.

Die Bestimmung der Massengleiche ist bis jetzt überall so ausführlich behandelt, dass wir nichts beizufügen haben.

Nach dieser ist die Transportarbeit zu berechnen.

Jedes Segment des Transportprofils hat die zu verführende Masse M zur Höhe. Verwandeln wir dasselbe graphisch in ein Dreieck respective in ein Trapez von derselben Höhe, so ist die halbe Basis des Dreiecks oder die mittlere Breite des Trapezes gleich der mittleren Verführungs-Distanz der betreffenden Section. In unserer Zeichnung haben wir vorausgesetzt, dass bei 80^m Distanz die Transportart geändert wird; deswegen wurde überall die 80^m lange Gleiche eingezeichnet und die Fläche über und unter derselben besonders behandelt. Für sämtliche Flächen sind die equivalenten Rechtecke eingezeichnet, an welche sich die oben erwähnte Correction bezieht. Das Aufsuchen der Schwerpuncte im Massenprofil wird auf diese Weise umgangen. Nehmen wir 100^{kgm} auf 100^m Distanz als Einheit der Transportarbeit an, so stellt das in unserem Massen-Nivellement ein Rechteck von $2.5 \times 50 = 125 \square^{\text{mm}}$ vor. Setzen wir dieses Rechteck gleich x^2 , so ist $x = 11.18$ unsere Maasseinheit; verwandeln wir obige Flächen nicht auf die Höhe M aber auf $2 \pi x$, und construiren ferner nach diesem x besondere Geldmaassstäbe für den Transport mit Schubkarren, Handkarren u. s. w. so können die aus der Verwandlung erhaltenen Längen direct als Geldbeträge abgegriffen werden, wobei für etwaige Steigung ein Percent-

satz in Zuschlag kommt. Dieses Verfahren wird bei Kostenvoranschlägen immer genügen.

Section II ist in unserer Zeichnung als Materialgraben angenommen, für welchen die Transportarbeit nicht bestimmt wurde. Es geschieht meistens, dass aus dem Materialgraben nur der untere Theil des Damms, und aus den benachbarten Einschnitten der obere Theil hergestellt wird. Für eine solche Anordnung stellt unsere Zeichnung die Transportarbeit für die Verführung des Einschnittmaterials dar.

Ist die Massengleiche bestimmt, so wissen wir auch, wie viel Material die beiden Einschnitte für den Damm liefern sollen. In diesem Fall sind das 3050^{kgm}. Wir wollen annehmen, dass aus diesem Material eine der Nivellete parallele Gleiche hergestellt werden soll, und bestimmen durch Probiren im Massenprofil diejenige Horizontale DE , welche neben der Abscissenachse die Fläche von 3050^{kgm} abschneidet. Auf der so gefundenen Strecke DE wird die aus den Einschnitten herzustellende Schüttung einen constanten Querschnitt haben; demnach wird das entsprechende Massen-Nivellement zwei gerade Linien bilden, welche in D' und E' die Parabeln tangiren und ausserdem auf der nämlichen Verticalen P die beiden Massengleichen schneiden. Indem endlich bei constantem Querschnitt die Längen obiger Anschüttungen den Massen M_1 und M_2 direct proportional sein werden, so ist die Verticale P leicht zu bestimmen. Die hierauf bezügliche Construction ist in Fig. 2 angedeutet.

Berichtigung.

In dem Artikel: „Die innere Pressung“, Seite 98, habe ich mir erlaubt, die Hirn'sche Zustandsgleichung der Dämpfe in der Form zu schreiben:

$$(v = \sigma) (p + \epsilon) = B T$$

worin σ nach der Bezeichnung Zeuner's das Volumen der Gewichtseinheit der Flüssigkeit bezeichnet, aus welcher der Dampf vom Volumen v entstanden ist, während in der Hirn'schen Gleichung an Stelle des σ die Grösse Ψ steht, welche das Moleculvolumen (volume atomique) der Gewichtseinheit bezeichnen soll.

Herr G. A. Hirn sagt diesbezüglich in einem an mich gerichteten freundlichen Schreiben:

„In der numerischen Anwendung, und wenn es sich um wenig dichten Dampf, wie z. B. Wasserdampf handelt, veranlasst die Substitution von σ statt Ψ keinen bemerklichen Fehler, weil in diesem Falle v sehr beträchtlich grösser ist als Ψ , daher $(v - \sigma)$ von $(v - \Psi)$ sich nur wenig unterscheidet. Aber eine andere Sache ist es, wenn es sich um sehr dichten Dampf handelt, oder wenn man, wie ich es gethan habe, das Gesetz auch auf die Flüssigkeiten selbst ausdehnt. In diesen Fällen führt die Substitution von σ statt Ψ zu colossalen Irrthümern.“

Ich halte mich verpflichtet, diese Gegenäusserung bekannt zu geben, da es nach derselben wohl den Anschein hat, als betrachte Hirn seine Grösse Ψ als relativ sehr klein gegen σ , in welchem Falle dann für Dämpfe nicht

$$(v - \sigma) (p + \epsilon) = B T$$

zu schreiben wäre, sondern wie es sich aus der Hypothese $c = \text{Const.}$ ergibt, geradezu:

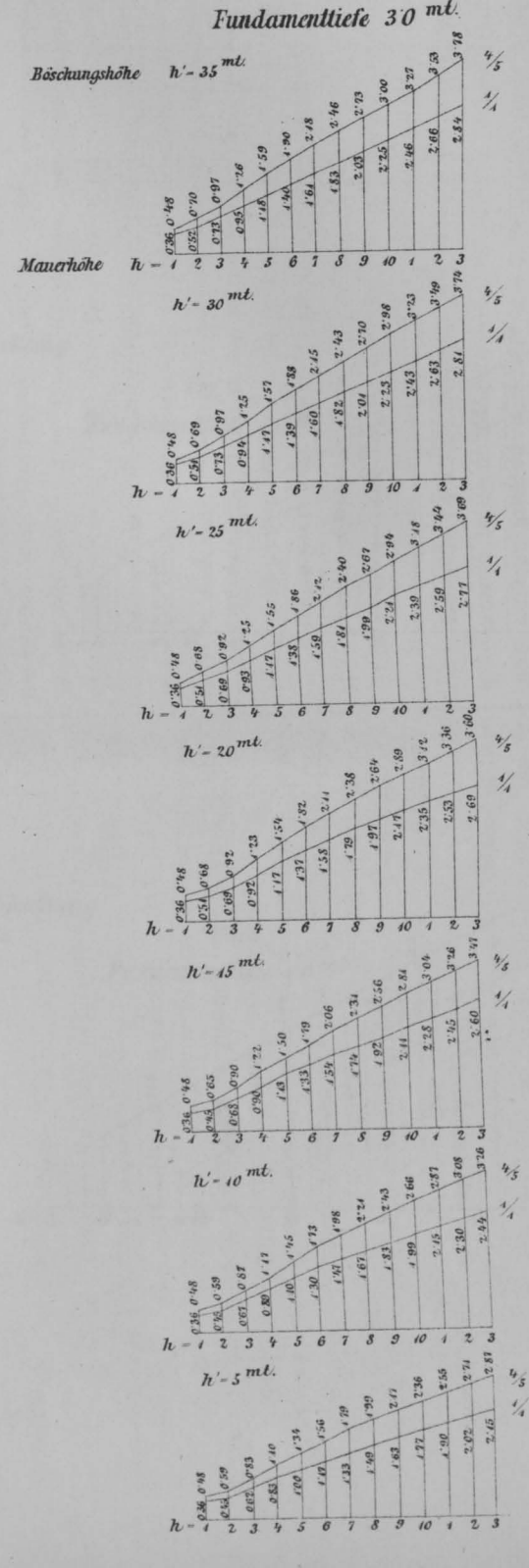
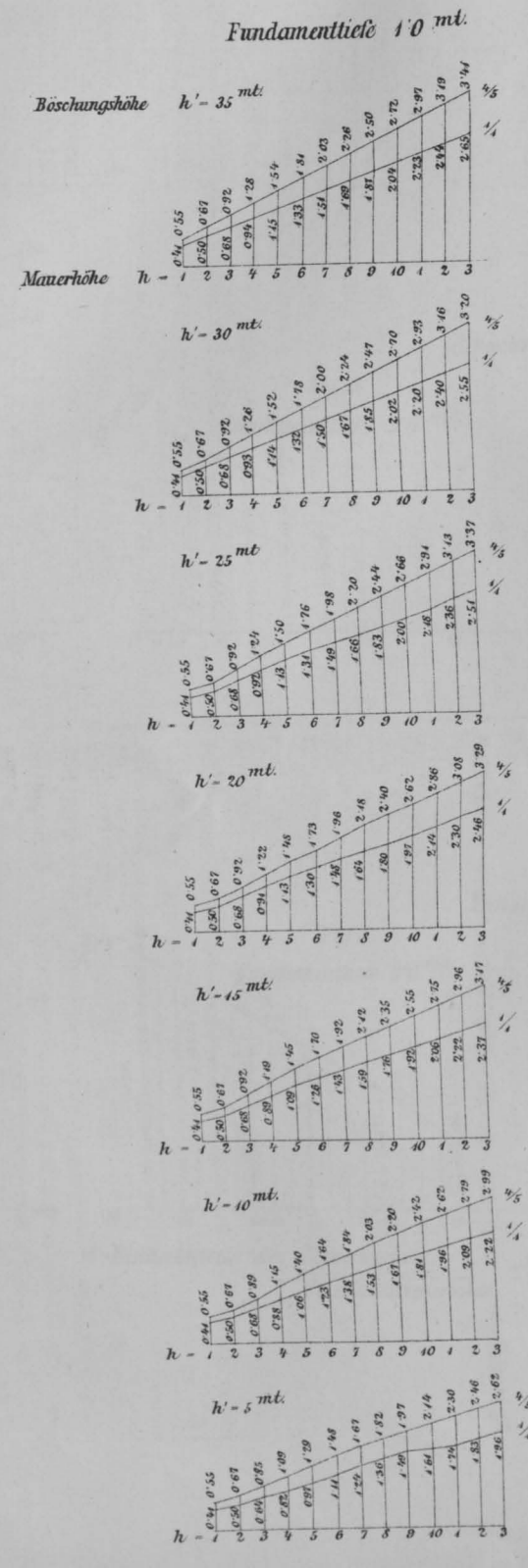
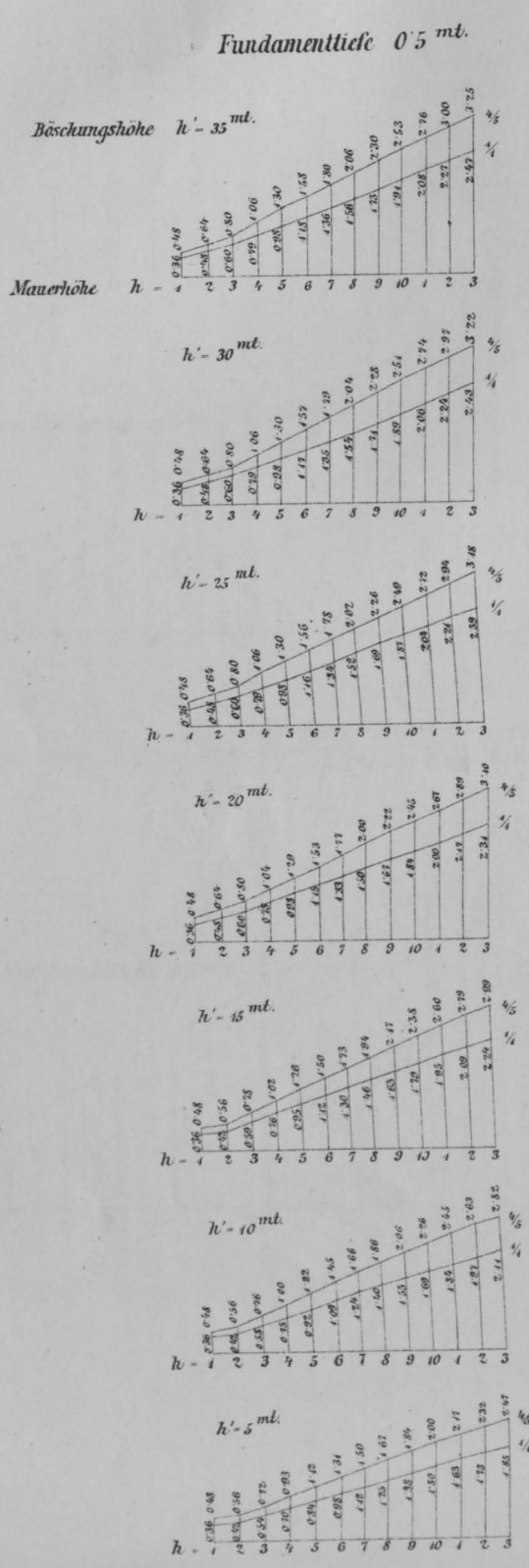
$$v (p + \epsilon) = B T.$$

Uebrigens würde die Frage, ob vom Standpuncte der Erfahrung aus der Factor v oder $(v - \sigma)$ besser passt, die eifrigsten Studien verdienen. Dieselben sind aber sehr zeitraubend und schwierig, weil die Versuchsdaten für diesen Zweck nicht hinreichend verlässlich sind.

Prag, im Juni 1877.

Gustav Schmidt.

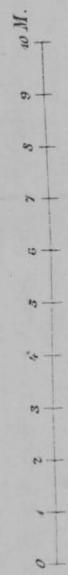
GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER KRONENSTÄRKEN VON FUTTERMAUERN.



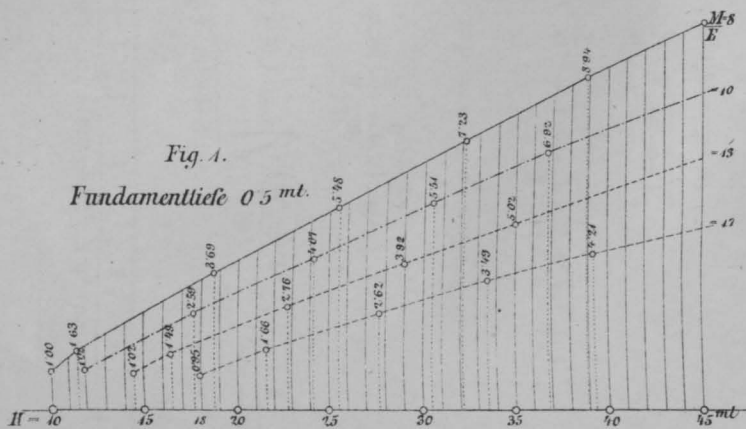
K r o n e n s t ä r k e n i n M e t e r

K r o n e n s t ä r k e n i n M e t e r

K r o n e n s t ä r k e n i n M e t e r



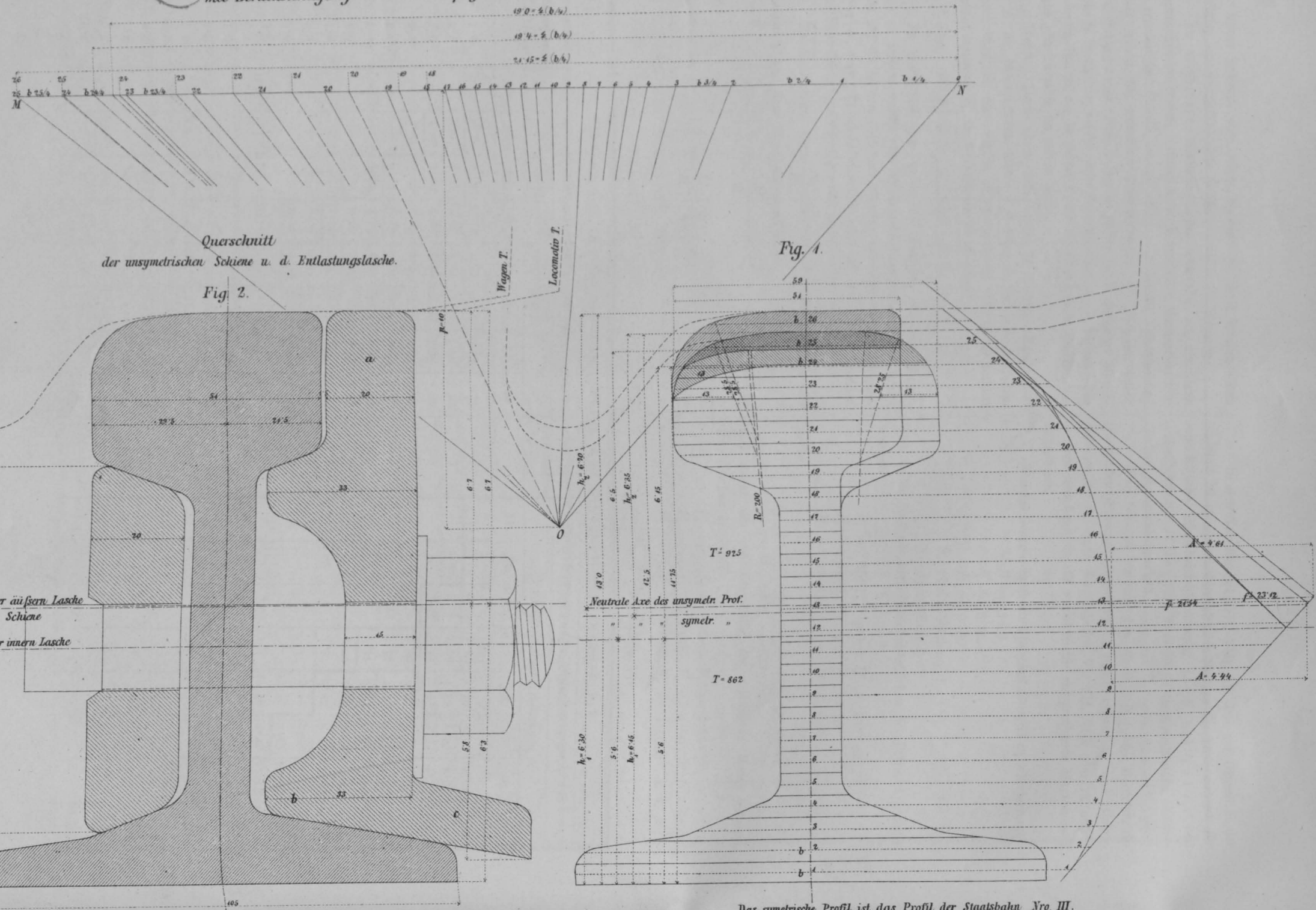
GRAPHISCHE DARSTELLUNG D. RESULTATE E. VERGLEICHENDEN BERECHNUNG zwischen Futtermauer- u. d. durch ihre Aufführung ersparten Einschnittmassen.



AUSMITTELUNG EINES SCHIENEN-PROFILS behufs ökonomischer Ausnützung des Materials.



*Grafische Darstellung
der statischen Momente eines symmetrischen und eines unsymmetrischen Stahlschienenprofils
mit Berücksichtigung der zweckmäßigsten Ausnützung des Materials bei gleichem Gewichte pro laufenden Meter.*



Das symmetrische Profil ist das Profil der Staatsbahn Nro. III.

MASSENNIVELLEMENT

Maasstab der Längen $\frac{1}{2000}$
 der Flächen 1 centim. = 10. □ Met.
 $h=2$.

Fig. 1.

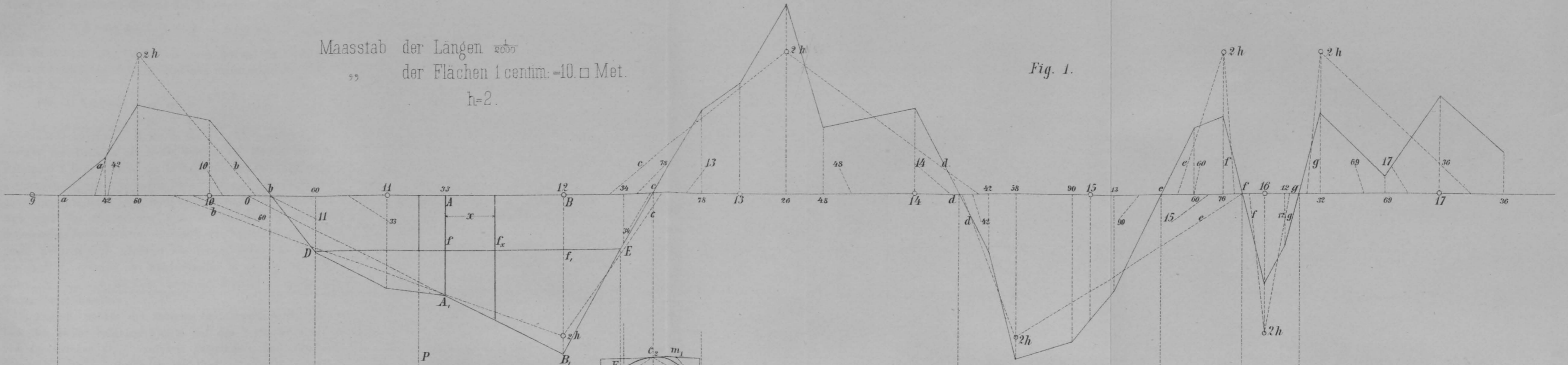


Fig. 2.

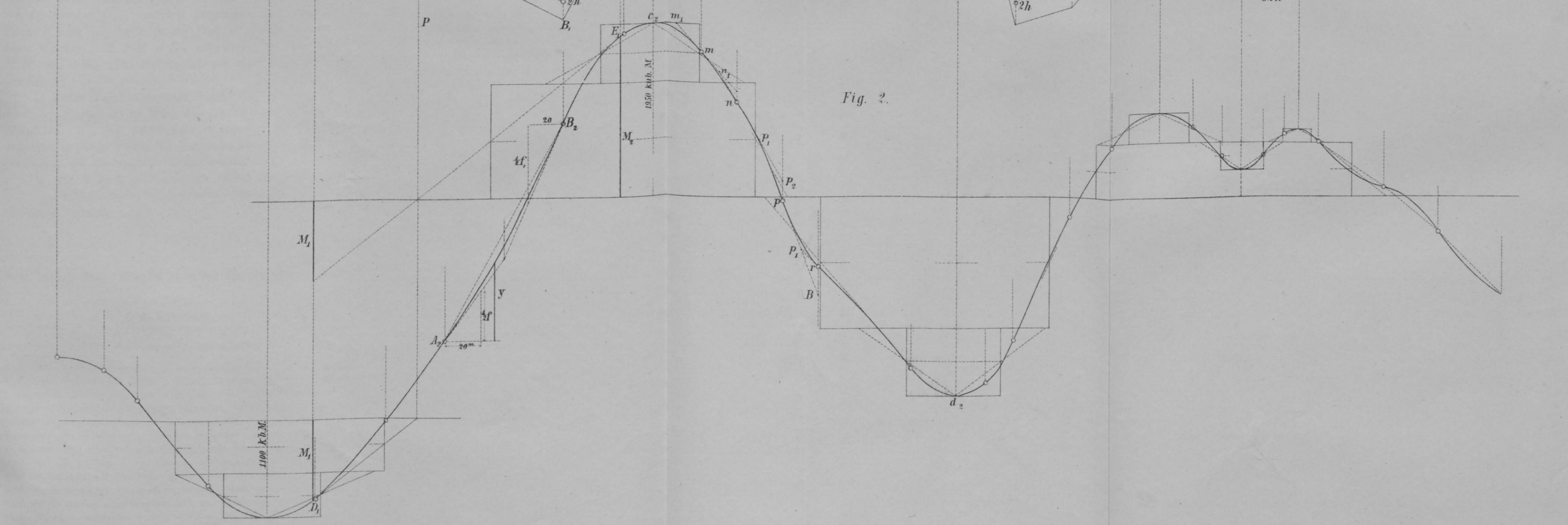
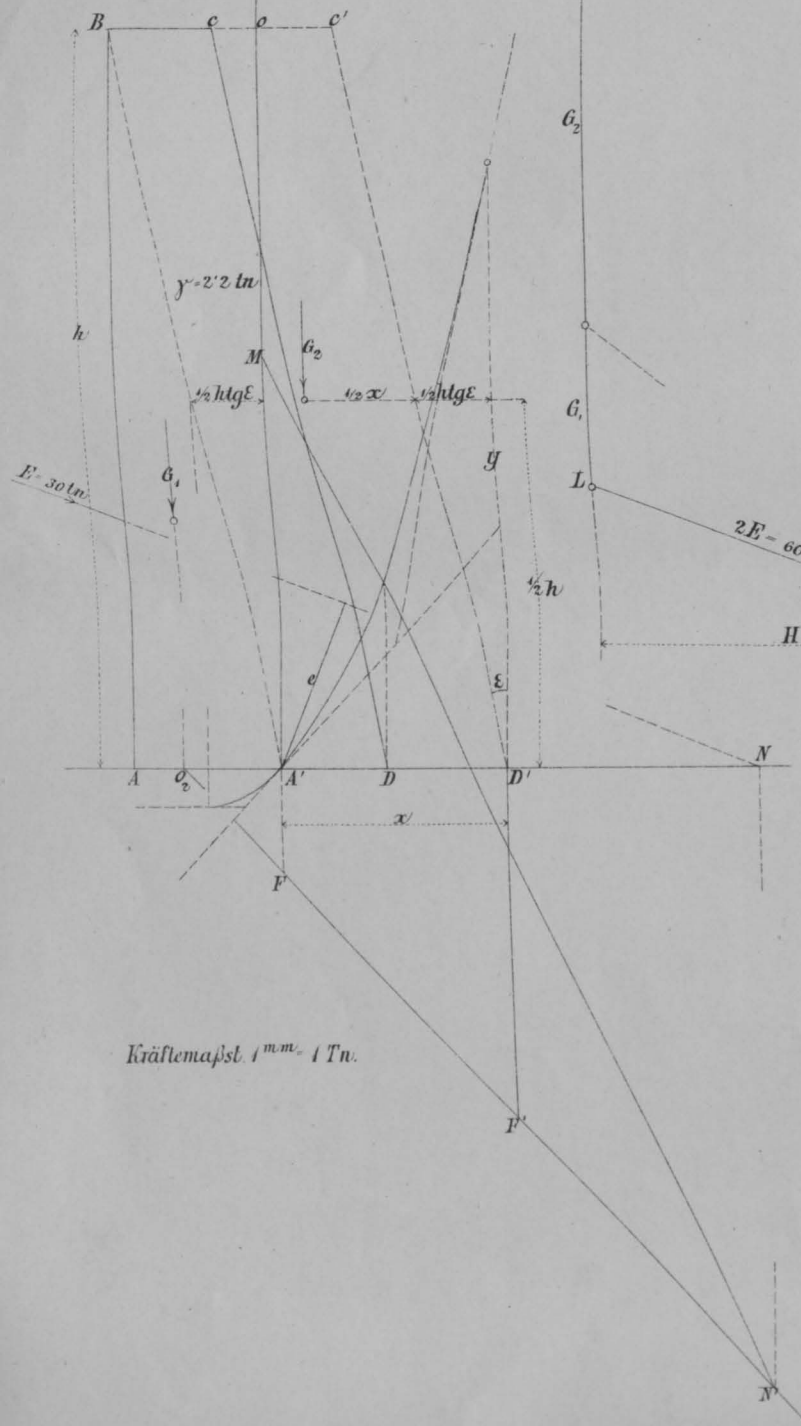
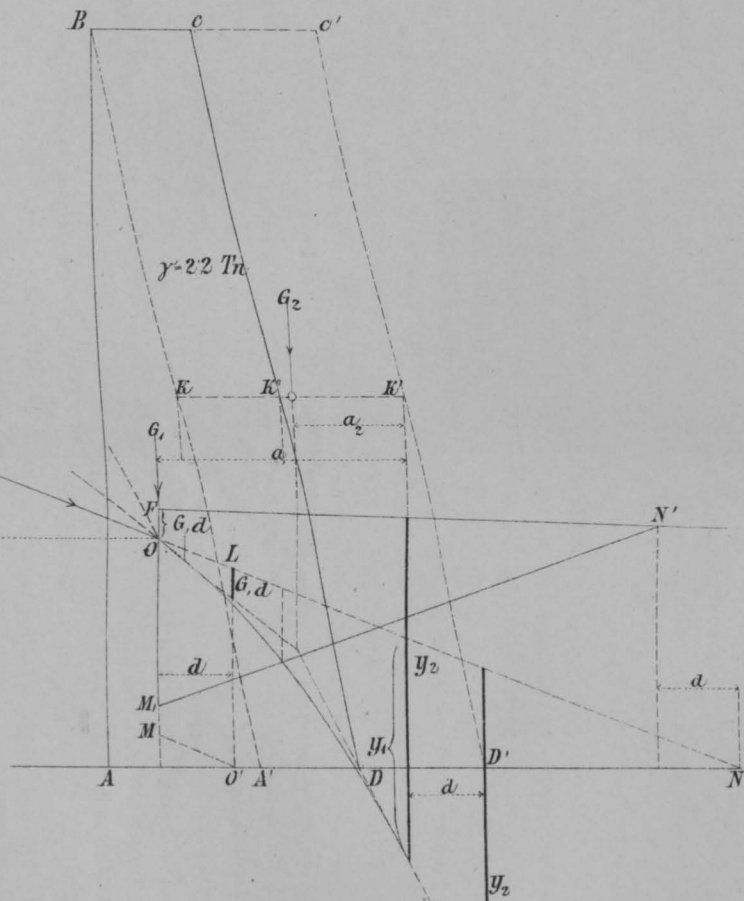


Fig. 2.



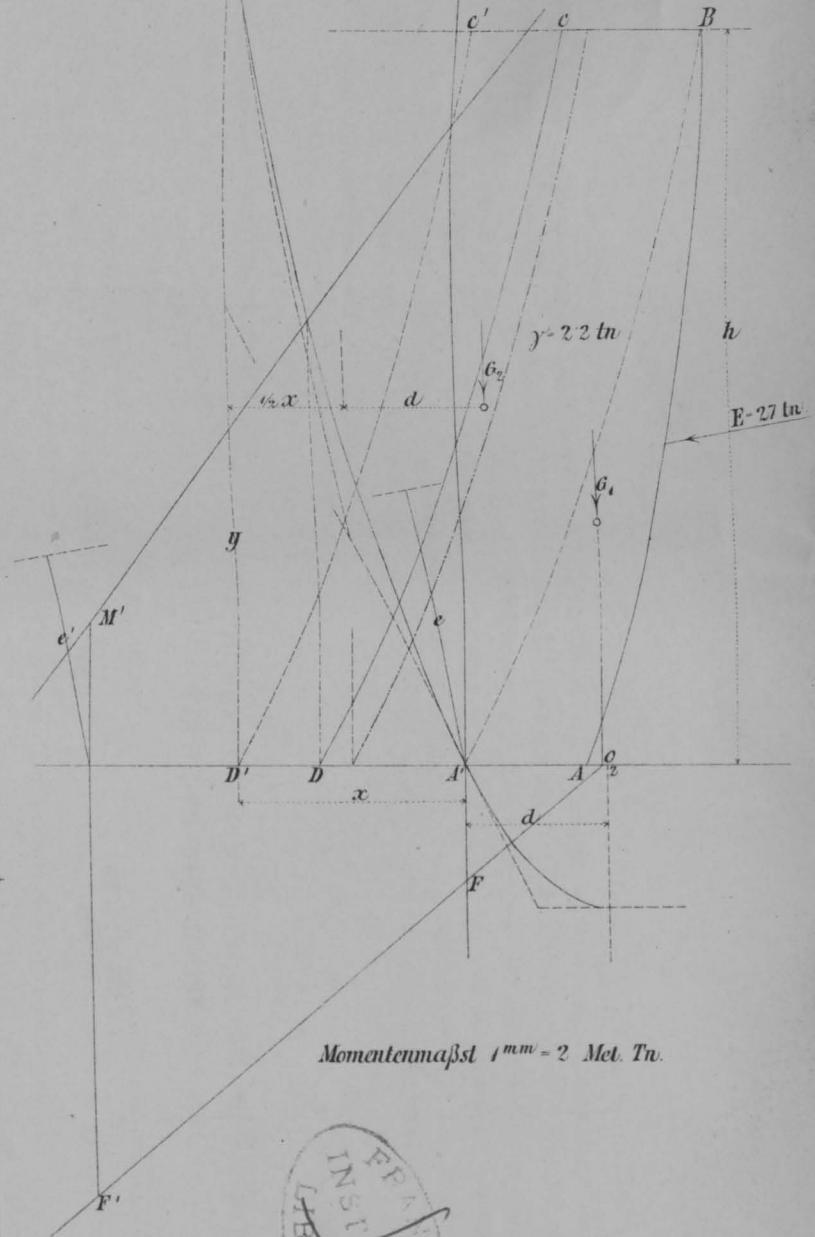
Kräftemaßst. $1^{mm} = 1 \text{ Tn.}$

Fig. 1.



Längenmaßst. $\frac{1}{100} \text{ n. Gr.}$

Fig. 3.



Momentenmaßst. $1^{mm} = 2 \text{ Met. Tn.}$

