

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79/80 (1922)
Heft: 20

Artikel: Ueber Drehung und Biegung
Autor: Maillart, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38092>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

Zur Kühlung des Motors ist unmittelbar daneben, durch kurzen Anschlusstutzen mit ihm verbunden, ein Ventilator angeordnet, gebaut für 120 m³ Luft pro Minute bei 100 mm WS und 1700 Uml./min., angetrieben von einem 5,5 PS-Einphasenseriemotor.

Der komplette Traktionsmotor ohne Zahnräder und ohne Ventilator wiegt 5750 kg. Er besitzt 500 PS Dauerleistung und 600 PS Stundenleistung bei je 615 Uml./min., entsprechend einer Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h. Die charakteristischen Kurven des Motors sind in Abbildung 22 auf Seite 14 dargestellt.

Im Anschluss an die Beschreibung des Motors sei zunächst noch etwas über die *elektrische Bremsanordnung* der Lokomotive gesagt. Bei den relativ grossen Steigungen der Rhät. Bahn wäre der Einbau einer Rekuperationseinrichtung jedenfalls vorteilhaft gewesen. Eine Untersuchung hat dann aber ergeben, dass diese Ausrüstung wesentlich schwerer gewesen wäre als die Apparatur für eine Widerstandsbremse; es hätte, um den zulässigen Achsdruck nicht zu überschreiten, die Lokomotivleistung herabgesetzt werden müssen, was einen neuen Motortyp bedingt hätte und auch sonst nicht erwünscht war. Andererseits konnten doch die Hauptvorteile des elektrischen Bremsens, nämlich die Schonung von Bandagen, die Ersparnis an Bremsklötzen und die Verminderung des schädlichen Bremsstaubes auch bei Widerstandsbremse erreicht werden und es wurde deshalb diese gewählt.

Hierzu werden die Felder der beiden Traktionsmotoren in Serie geschaltet und durch eine besondere Erregermaschine erregt, die mit dem Antriebmotor des Transformatorventilators gekuppelt ist. Die Erregermaschine selbst wird von der Beleuchtungsbatterie (18 Volt) aus erregt. Durch einen auf dem Führerstand angebrachten Nebenschluss-Regulator wird die Spannung dieser Erreger-

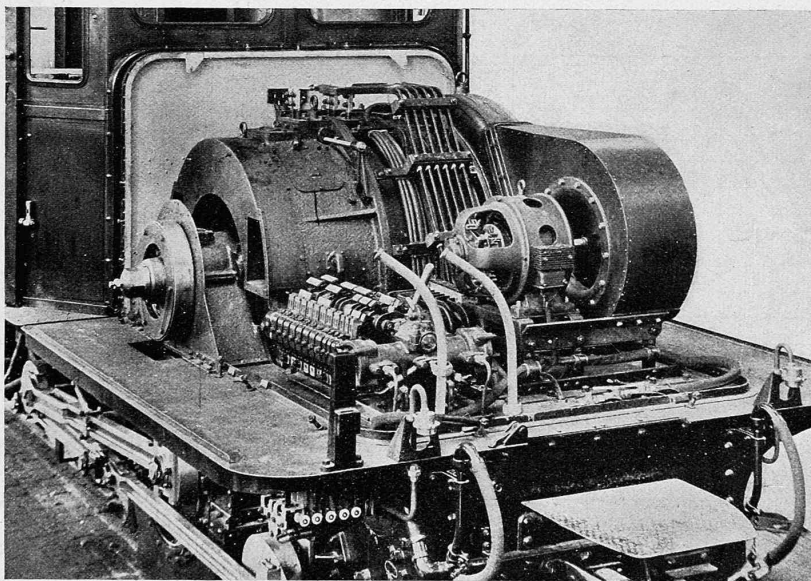


Abb. 21. 500 PS Lokomotiv-Triebmotor, Bauart Brown, Boveri & Cie., mit Zubehör.

maschine und damit die Erregung der als Gleichstrom-Nebenschlussgeneratoren auf zwei Bremswiderstände arbeitenden Traktionsmotoren verändert. Diese äusserst feinstufige Regulierung ermöglicht ein sehr stossfreies Bremsen. Das Umschalten der Motoren auf Bremsung geschieht mit den Wendeschaltern, die eine Bremsstellung besitzen, durch entsprechendes Umstellen des Druckluftventils auf dem Kontrollertisch.

Die Bremswiderstände sind aus Chromnickeldraht-Spiralen aufgebaut und seitlich neben dem Transformator in einem besondern Raum untergebracht. Sie werden mittels des Transformator-Ventilators gekühlt, der die durch den Transformator angesaugte Luft nachher durch sie drückt.

Diese Widerstandsbremse erlaubt auf elektrischem Wege bei der Talfahrt 50% der auf Seite 11 festgelegten Zugsgewichte abzubremse; die Abbremsung des restlichen Gewichtes geschieht mit der Vakuumbremse. Es hat sich dies im Betriebe sehr gut bewährt, da auf diese Weise der Führer sich von der Betriebsbereitschaft beider Bremsen stets überzeugen muss. Auch wäre es nicht ganz unbedenklich gewesen, in den Kurven von 100 m Minimalradius bei der zentral angeordneten Stossvorrichtung das ganze Zugsgewicht auf die Lokomotive abzustützen.

Die *Zugsheizung* geschieht z. Zt. noch mit 300 Volt, welche Spannung der siebenten Stufe des Haupttransformators entnommen wird. Die Leistung ist durch die zulässige Maximalstromstärke (von rd. 600 A.) der an den Wagen vorhandenen Heizkupplungen beschränkt. Für eine spätere Zeit, wo die Führung sehr langer Personenzüge grössere Heizleistungen erfordern sollte, ist am Transformator die Heizungsanzapfung von 1200 Volt vorgesehen, bei welcher 240 kW zum Anheizen während zwei Stunden bei Temperaturen unter 0° C, und 125 kW zum dauernden Heizen bei Temperaturen unter +10° C entnommen werden können. Das Aus- und Einschalten des Heizstromes in der Lokomotive geschieht durch einen mit automatischer Maximalauslösung versehenen Oelschalter, der von beiden Führerständen aus pneumatisch betätigt wird.

Die *Nebenbetriebe* liegen alle an der Spannungstufe von 220 Volt. Es sind dies die Antriebsmotoren des Transformator-Ventilators und der Ventilatoren der Traktionsmotoren, der Kompressor-Motor, der Vakuumpumpen-Motor, sowie der Motor der Beleuchtungs-Umformergruppe. Alle Ventilatormotoren werden zusammen mit einem Schalter in den Führerständen ein- und ausgeschaltet; Signallampen zeigen an, ob die beiden Ventilatormotoren der Traktionsmotoren eingeschaltet sind.

Für die *Lokomotivbeleuchtung* ist eine Einphasen-Gleichstrom Umformergruppe für eine Gleichstromleistung von 0,75 kW bei 18 bis 25 Volt Spannung mit einem automatischen Anlass- und Parallelschaltapparat vorhanden, die parallel mit einer Akkumulatorenbatterie mit 9 Elementen zu 60 Ampèrestunden Kapazität geschaltet ist.

Die *Heizeinrichtung der Lokomotive* selbst liegt ebenfalls am 220-Volt-Stromkreis, und zwar besitzt jeder Führerstand zwei Fusswärmeplatten zu 150 Watt und zwei Heizkörper zu 600 Watt. Zudem wird noch eine Oelwärmeplatte eingebaut.

Die Anlieferung der ersten dieser Lokomotiven erfolgte am 30. Juni 1921. Nach dem Zusammenbau der Drehgestelle mit dem Kastenaufbau konnte bereits am folgenden Tage die erste Probefahrt stattfinden, und nach stattgehabter Kollaudation war am 7. Juli die Inbetriebnahme möglich. In rascher Folge konnten in den Monaten Juli bis September auch die weiteren fünf Lokomotiven dieses Typs dem Betrieb übergeben werden. (Forts. folgt.)

Ueber Drehung und Biegung.

Im letzten Jahre habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ nachgewiesen, dass die Einschränkungen, die Bach der bisher allgemein anerkannten Biegungstheorie zu unterwerfen sich veranlasst sah, keine Berechtigung haben. Trotzdem es sich um ein Problem von grosser praktischer Bedeutung handelt, — gestützt auf die Autorität Bachs dürfen unsymmetrische Profile vielerorts nicht mehr voll ausgenützt werden, — scheint man sich doch nirgends dazu entschliessen zu können, die Kontroverse durch den *Versuch* zur Entscheidung zu bringen. Das ist zu bedauern.

¹⁾ Bd. 77, S. 195 (30. April 1921) und Bd. 78, S. 18 (9. Juli 1921).

Im „Bauingenieur“¹⁾ findet sich nun eine Abhandlung „Neues über Biegung und Drehung“ von Ing. A. Eggenschwyler, aus der als wichtigstes neues Resultat die Folgerung genannt sei, dass die bis jetzt anerkannte Theorie der Drehung nicht zutrefte, indem bei Drehung im allgemeinen noch Längsspannungen auftreten. Und zwar hätten diese den Charakter von Biegungsbeanspruchungen, und wären von solcher Bedeutung, dass der Einfluss der Deformationen gemäss der „alten Anschauung“ als ganz nebensächlich behandelt werden könnten. Aber ähnlich wie Bach, irrt sich auch Eggenschwyler deshalb, weil er mit einer Belastungsweise operiert, für die die Voraussetzungen der angefochtenen Theorie nicht erfüllt sind.

Die Theorie setzt voraus, dass auf die beiden Enden eines geraden Stabes von konstantem Querschnitt gleiche und entgegengesetzt gerichtete Drehmomente wirken.

Die ursprünglich geraden Fasern des Stabes gehen dabei mit Ausnahme der Schwerpunkt-Axe in Schraubenlinien über. Diese Fasern werden sich nun allerdings relativ zur Schwerpunkt-Axe verlängern und zwar beträgt diese Verlängerung für die Längeneinheit des Stabes

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\delta^2 \varrho^2}{2}$$

wo δ der Drehungswinkel pro Längeneinheit und ϱ den Abstand der Faser von der Schwerpunkt-Axe bezeichnet.

Es werden also die äusseren Fasern des Stabes auf Zug und die inneren auf Druck beansprucht sein müssen, um diese Längendifferenz auszugleichen. Nur an den Stabenden werden diese Spannungen verschwinden, wobei hier eine Wölbung der Querschnitte nach aussen eintritt, welche lokal einen Ausgleich der Längendifferenzen im Rahmen der Schubelastizität ermöglicht.

Ist δ gross, wie z. B. bei Kautschuk, so werden diese Erscheinungen und speziell die Wölbung der Endquerschnitte nach aussen leicht konstatiert werden können. Bei unseren Baumaterialien dagegen ist δ ein sehr kleiner Wert, und da es hier im Quadrat erscheint, so erhellt, dass dann diese Längsspannungen kleine Grössen zweiter Ordnung sind und weder theoretisch noch praktisch ins Gewicht fallen, sodass man sie ignorieren kann.

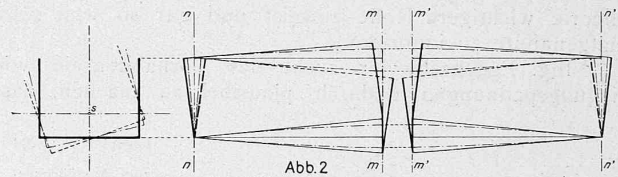
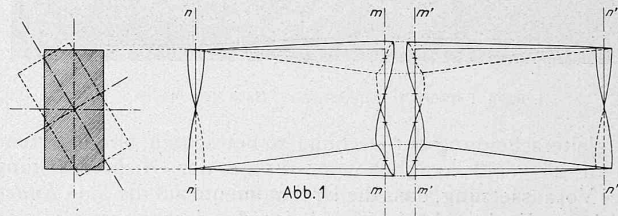
Es sind denn auch nicht Spannungen dieser Art und Grössenordnung, die Ing. Eggenschwyler im Auge hat, sondern Biegungsspannungen von wesentlicher Grösse.

Nun ist es aber gar nicht denkbar, dass Derartiges bei Einhaltung der der Theorie zu Grunde liegenden Voraussetzungen eintritt. Der — nach Voraussetzung konstante — Querschnitt des an beiden Enden beanspruchten Stabes wird im allgemeinen in komplizierter Weise sich wölben. So beachtet man in Rechteck-Querschnitten vier konvexe und vier konkave Querschnittsektoren. Aber wie diese Deformation auch sein möge, ist es undenkbar, dass sie für verschiedene Querschnitte des Stabes verschieden sein könnte. Denn die Beanspruchung ist über die ganze Stablänge die gleiche und es kann sich deshalb kein Schnitt in seinem Verhalten von einem andern auszeichnen. Auch eine Krümmung der Schwerpunkt-Axe ist undenkbar. Es werden also die Fasern zwischen zwei beliebigen, nach obigem kongruenten, Querschnitten nirgends eine Verlängerung oder Verkürzung erfahren können, somit spannungslos bleiben.

Wenn die Erfahrung und sogar der Laboratoriums-Versuch dies oft nicht zu bestätigen scheint, so liegt das darin, dass die Voraussetzungen für das Auftreten reiner Drehung zwar leicht auszusprechen sind, hingegen oft irrtümlich ignoriert werden und auch dann noch schwer zu erfüllen sind, wenn man sich ihrer klar bewusst ist.

In Wirklichkeit ist es nämlich kaum möglich, ein Drehmoment strikte an einem Stabende wirken zu lassen, sondern man wird gezwungen sein, ein gewisses Stück der Stablänge hierfür in Anspruch zu nehmen. Die Querschnitte ganz nahe dem Ende sind dann nicht mehr gleich beansprucht und deformiert wie die andern, sodass schon

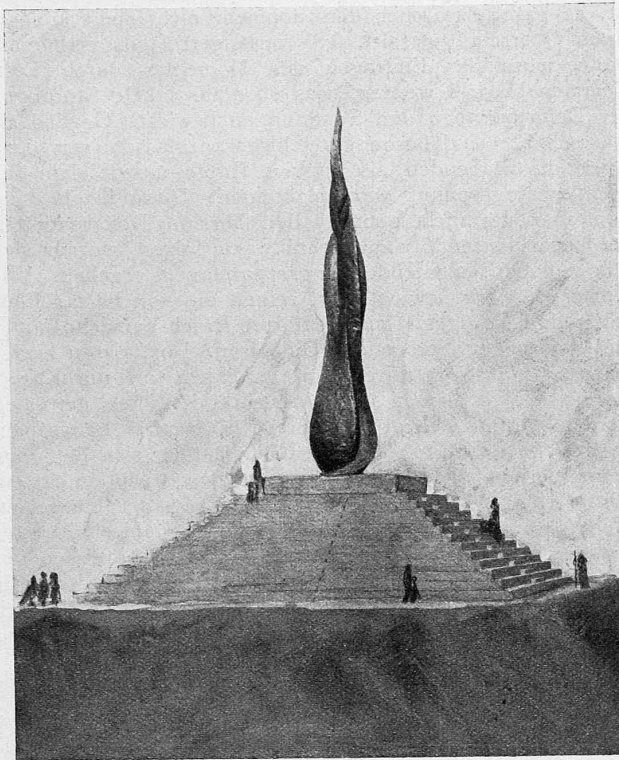
aus diesem Grunde Längsspannungen auftreten müssen, da die Fasern zwischen den nunmehr nicht mehr kongruenten Querschnitten sich teils verlängern, teils verkürzen. Dann muss das Eintragen des Momentes durch Festklemmen bewirkt werden, was ebenfalls lokale Störungen der Deformationen und Spannungen bewirkt. Gegliederte Querschnitte sind besonders schwer anzufassen, was dazu führt, die Stabenden als massive Köpfe auszubilden, die leichter eingespannt werden können. Diese Köpfe sind nun aber gar nicht geneigt, den Torsions-Deformationen der benachbarten Stabquerschnitte zu folgen, woraus sich schon ganz bedeutende Längsspannungen ergeben. Wie schwer dies ins Gewicht fällt, zeigen die von Bach („Elastizität und Festigkeit“) ausgeführten Bruch-Versuche mit \square und Γ -förmigen Stäben aus Gusseisen. Dort rissen zuerst einzelne Flanschen direkt am Anschluss an die Köpfe, worauf die Belastung noch bedeutend weiter getrieben werden könnte, bevor der Stab brach. Die Längsspannungen an den Einspannungsstellen hatten also hier eine präponderante Bedeutung, indem sie den Bruch einleiteten. Erst nach Ueberwindung der Zugfestigkeit der Flanschenränder kam der Drehwiderstand des Querschnittrestes zur vorherrschenden Geltung. Aus diesem Anreissen der Flanschen dürfen also keine Folgerungen betreffend die Theorie der Drehung gezogen werden, da diese Erscheinungen auf das Nichteinhalten der Voraussetzungen dieser Theorie beruhen.



Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse sind (Abbildung 1) ein Rechteckstab und (Abbildung 2) ein dünnwandiger Γ -Stab, durch Drehung deformiert, in starker Verzerrung gezeichnet. Wenn wir nun den Rechteckstab in kräftigen Köpfen endigen lassen, so hindern diese die Ausbildung der gezeichneten Deformationen der Endquerschnitte und es werden einzelne Fasern auf Druck und andere auf Zug beansprucht werden. Noch deutlicher kommt dies beim Γ -Stab zum Ausdruck. Andererseits vermindern sich diese Einflüsse beim quadratischen Querschnitt, da hier bei der Drehung nicht nur die Hauptachsen, sondern auch die Diagonalen bei Drehung die ursprüngliche Ebene nicht verlassen. Beim Kreisquerschnitt verschwindet die Störung gänzlich, da hier die Querschnitte eben bleiben.

Aehnliches findet nun aber auch statt wenn — entgegen der Voraussetzung — Drehmomente nicht nur an den Stab-Enden, sondern auch in einem Zwischenpunkte angreifen, beispielsweise in der Mitte. Auf jede Stabhälfte wirkt dann das halbe Drehmoment. Wäre der Stab in der Angriffsebene $m-m$ zerschnitten, so würden sich dort die Querschnitte wie gezeichnet verbiegen und würden keineswegs mehr aufeinander passen. Bilden jedoch die beiden, in der Figur zur Verdeutlichung auseinanderggezogenen Stabhälften ein einziges Stück, so müssen sich die Fasern relativ verlängern und verkürzen, damit die Querschnitte m und m' aufeinander passen. Es treten also biegungsähnliche Spannungserscheinungen auf. Diese als normale

¹⁾ 1922, Heft 1 und 2.



I. Rang, Entwurf Nr. 62 „Opfer“. — Nach dem Modell 1 : 20.

Begleiterscheinung der Drehung zu betrachten, ist ein Irrtum, denn sie sind lediglich eine Folge der Nichteinhaltung der Voraussetzung, dass die Drehmomente auf die *Stab-Enden* wirken. Noch schärfer erscheint der Irrtum, wenn man ihnen eine gegenüber den Torsionserscheinungen der Theorie wichtigere Rolle zuweist und gar so weit geht, letztgenannte zu ignorieren.

Ing. Eggenschwyler sucht das Vorhandensein von Biegungsspannungen dadurch plausibel zu machen, dass

er einen \square -förmigen Brückenquerschnitt betrachtet, das Drehmoment in zwei in die Hauptträger fallende, gleich und entgegengesetzt wirkende Kräfte zerlegt und dann sagt, diese beanspruchen die Träger auf Biegung. Der klassische Torsionsfall liegt aber nur dann vor, wenn die gleichen und entgegengesetzt gerichteten Drehmomente an den beiden Endauflagern wirken. In diesem Falle tritt aber keine Biegung ein. Offenbar denkt sich aber Ing. Eggenschwyler die beiden Auflagern als festgehalten und das Drehmoment irgendwo dazwischen wirkend. Dann treten die von ihm betrachteten Erscheinungen allerdings auf. Sie sind aber eben nur eine Folge des Verlassens der für die Drehungstheorie angenommenen Voraussetzungen. Die Folgerungen, die Ing. Eggenschwyler aus dieser Betrachtung zieht, beruhen also, soweit sie die Gültigkeit der Drehungstheorie betreffen, auf einem Trugschluss. Es ist unrichtig, dass Torsionsbeanspruchung im allgemeinen von Längsspannungen begleitet wird.

Wenn also Ing. Eggenschwyler im weiteren dazu übergeht, unter Ignorierung des nach gebräuchlicher Theorie bestehenden Drehwiderstandes die Längsspannungen zu berechnen, die sich bei Bachs Biegungsversuchen an \square -Eisen NP 30 ergaben, so kann es nicht verwundern, wenn er zu unbefriedigenden Resultaten gelangt. In der Tat findet er die Abweichungen von den normalen Biegungsspannungen:

bei stegrechter Belastung	120 %	und	223 %
bei Schwerpunkt-Belastung	200 %	und	374 %

Nach dem Versuch ergab sich:

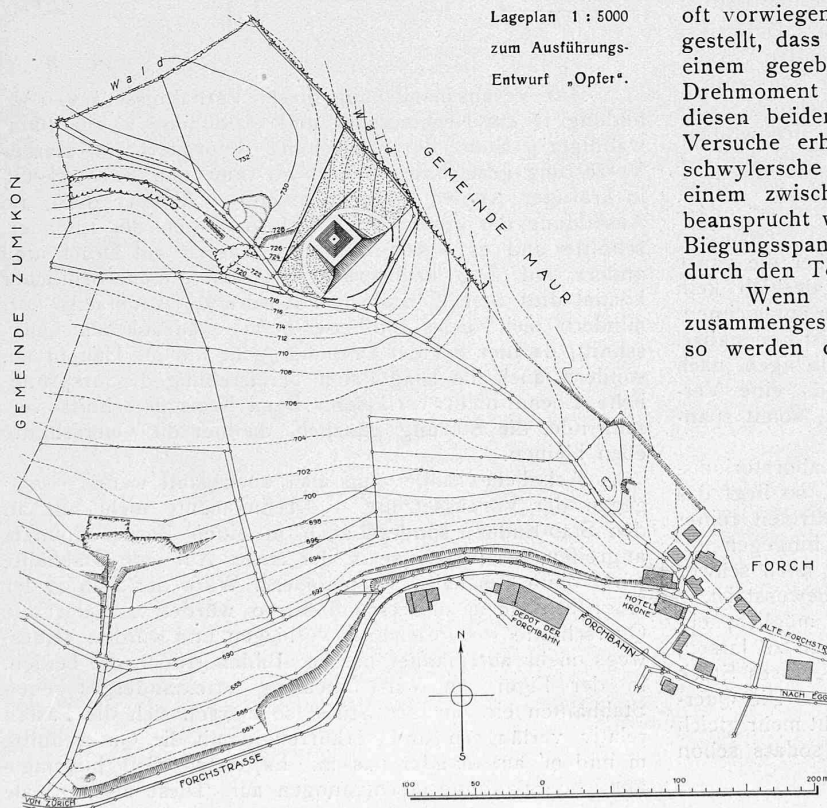
bei stegrechter Belastung	36 bis 53 %	und	59 bis 84 %
bei Schwerpunkt-Belastung	67 bis 90 %	und	106 bis 138 %

Somit sind die von Ing. Eggenschwyler berechneten Spannungen rund drei mal grösser als die von Bach beobachteten. Beiläufig sei bemerkt, dass Ing. Eggenschwyler für eine Einzellast in der Mitte rechnet, während Bach in den beiden Drittelpunkten belastet, was aber eine wesentliche Differenz der Resultate nicht erklären kann. Ing. Eggenschwyler vermutet als Grund der so völligen Abweichung seines Resultates vom Versuch in erster Linie Ungenauigkeiten bei dessen Vornahme, und nur in letzter Linie zieht er die Möglichkeit in Betracht, dass auch der Drehwiderstand gemäss der „bisherigen Theorie“ eine gewisse Rolle spielen könnte.

Diese Rolle ist indes nicht nebensächlich, sondern oft vorwiegend. Es ist durch einwandfreie Versuche festgestellt, dass auch bei Eliminierung aller Längsspannungen einem gegebenen Drehungswinkel ein ganz bestimmtes Drehmoment zugehört und für die Beziehung zwischen diesen beiden Werten gelten gewisse durch Theorie und Versuche erhärtete Beziehungen. Wenn also der Eggenschwylersche Brückenquerschnitt durch Beanspruchung mit einem zwischen den Auflagern wirkenden Drehmoment beansprucht wird, so wird dieses nicht gänzlich durch die Biegungsspannungen der Wände, sondern zum Teil auch durch den Torsionswiderstand aufgenommen.

Wenn wir uns die beiden \square -Stäbe Abbildung 2 zusammengeschohen und zu einem Stück vereinigt denken, so werden die Kanten eine strichpunktiert gezeichnete, gekrümmte Form annehmen. Es findet Ausbiegung statt und zwar bei beiden Flanschen in entgegengesetzter Richtung. Die Verdrehung wird geringer, bleibt aber bis zu einem hohen Grade bestehen. Ausbiegungswiderstand und Drehwiderstand des Stabes teilen sich also in die Aufnahme des in der Mitte angreifenden Drehmomentes.

In meinem ersten Artikel habe ich den Versuch gemacht, diese Widerstände zu berechnen und daraus den Anteil der Längsspannungen zu ermitteln, indem ich die Bachsche Versuchsanordnung als Beispiel wählte. Mein Resultat stimmt mit dem Versuch gut überein. Es ergab sich zunächst, dass sich der Widerstand gegen



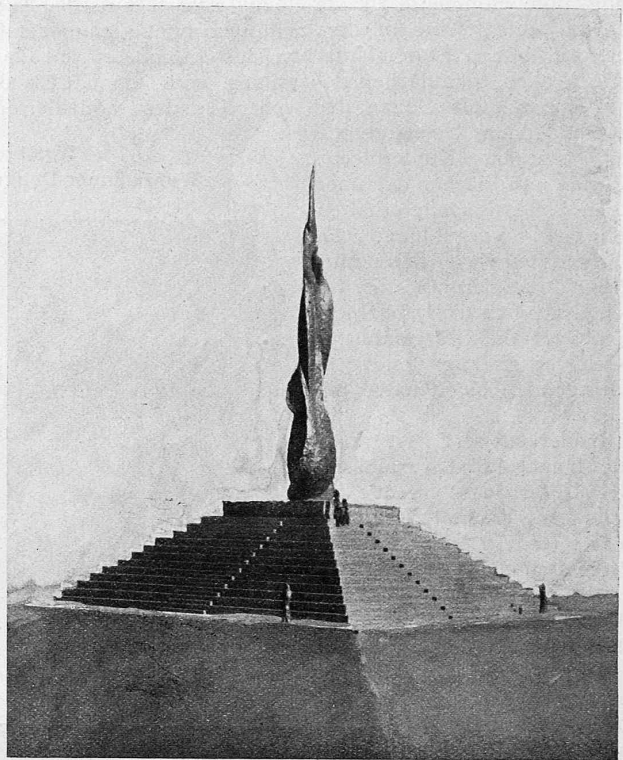
Verdrehung zum Widerstand gegen Ausbiegung wie 0,01065 zu 0,00535, also angenähert wie 2 : 1 verhält. Somit macht der Widerstand gegen Ausbiegung nur den dritten Teil des Gesamtwiderstandes (0,00356 : 0,01065) aus und wenn ich ihn allein in Betracht ziehe, so erhalte ich eben etwa dreimal zu grosse Werte, ganz wie Ingenieur Eggenschwyler.

Dieses Verhältnis von 2 : 1 ist aber nicht etwa ein für jede Querschnittsform konstantes. Es hängt hauptsächlich ab von der Länge l, die in den Formeln für f einmal in der dritten, das andere mal in der ersten Potenz auftritt. Je länger also der Stab im Verhältnis zu den Querschnittsabmessungen ist, desto mehr tritt der Ausbiegungswiderstand zurück vor dem Drehwiderstand und desto unrichtiger müssen die Resultate werden, wenn man „nach Eggenschwyler“ rechnet, d. h. den Drehwiderstand gemäss der gebräuchlichen Theorie ignoriert. R. Maillart.

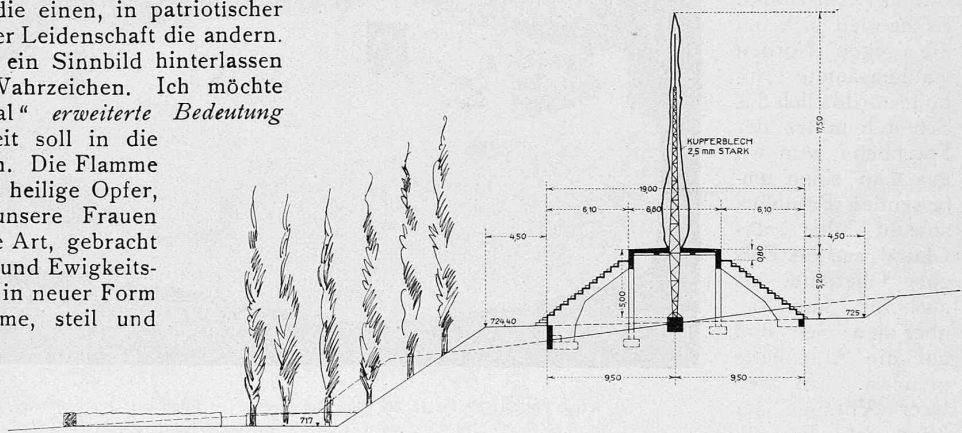
Wettbewerb für ein Wehrmännerdenkmal des Kantons Zürich.¹⁾

„Wehrmännerdenkmal, Soldatendenkmal — tönende Worte, rasch geprägt und weitergegeben — Ideen, anklingend an Heldengrab und Kriegerdenkmal. Auf solche Weise ist das Volksempfinden nicht geformt, so ist es nicht Volksidee, sondern Parteiidee. Das Volk sucht nach einem *einzigen* Ausdruck für *gemeinsame* Leiden und Entbehrungen, für gemeinsame Sorgen und gemeinsamen Kummer der letzten Kriegsjahre. Es will ein sichtbares Zeichen für die gewaltigen Opfer an Hab und Gut, an Gesundheit, Leben und Existenz, die man zur Rettung des Vaterlandes und zur gegenseitigen Hilfeleistung, hingab in Angst und im Zwange der Not die einen, in patriotischer Begeisterung und in der Extase der Leidenschaft die andern. Dafür soll spätern Generationen ein Sinnbild hinterlassen werden, ein Mahnzeichen, ein Wahrzeichen. Ich möchte also dem „Wehrmänner-Denkmal“ *erweiterte Bedeutung* geben, Volksbedeutung; jene Zeit soll in die *Idee des Opfers* gebunden werden. Die Flamme ist das Symbol für das harte und heilige Opfer, das wir Männer, aber auch unsere Frauen und unsere Kinder, jedes auf seine Art, gebracht haben. Erdenalt ist dies Symbol und Ewigkeitsdauer wird es haben — lasst es in neuer Form erstehen: eine ungeheure Flamme, steil und spitz aufschliessend auf einem Riesenaltar, aufgebaut am Rand der Höhe, weithin sichtbar, bis in die Berge hinein.“

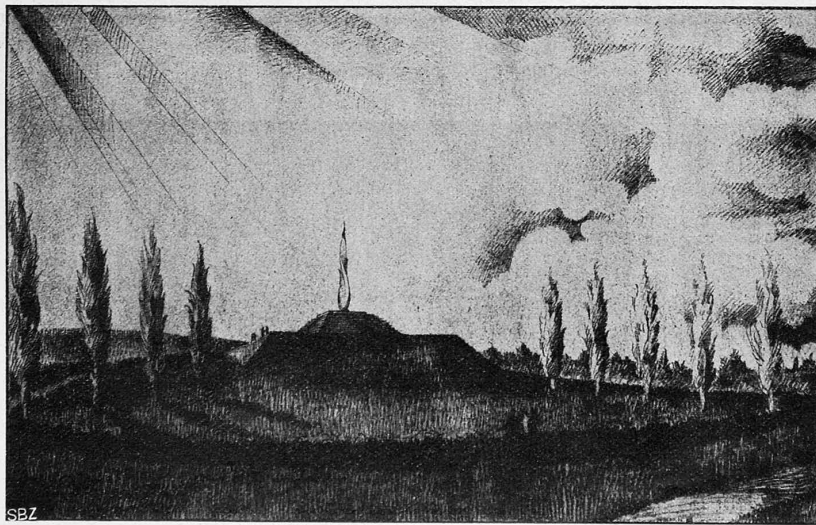
¹⁾ Bd. LXXVIII, S. 269 (26. Nov. 1921).



I. Rang, Entwurf Nr. 62 „Opfer“. — Nach dem Modell 1 : 20.



Längsschnitt SO-NW des Ausführungs-Entwurfs von Arch. Otto Zollinger, Zürich. — Masstab 1 : 500.



I. Rang, Entwurf Nr. 62, Motto „Opfer“. — Arch. Otto Zollinger, Zürich. — Ansicht von Süden.

In diese Worte fasst Architekt Otto Zollinger in Zürich, der Sieger im vorliegenden Wettbewerb, die seinem Entwurf „Opfer“ zu Grunde liegende Idee. Es ist erinnerlich, dass der Entscheid des Preisgerichts besonders in der Öffentlichkeit lebhaft, wenn auch nicht nur in sachlicher und uninteressierter Weise, angefochten wurde, im Gegensatz zu den Architektenkreisen, die von Anfang an für die geniale, alle andern überragende Auffassung Zollingers Verständnis zeigten. Glücklicherweise hat sich nunmehr dieses Verständnis so sehr verbreitet, dass der Antrag des Preisgerichts und damit die Opferflamme verwirklicht werden können.

Zollinger hat inzwischen weitere Modellstudien in grössern Masstäben (1 : 20, 1 : 10 und 1 : 3) gemacht, die beweisen, dass es in der Tat gelingt, der Flamme bei aller Bewegung doch die unerlässliche monumentale Ruhe und nach jeder Rich-