

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 25/26 (1895)
Heft: 4

Artikel: Ueber Knickfragen
Autor: Engesser, Fr.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-19288>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

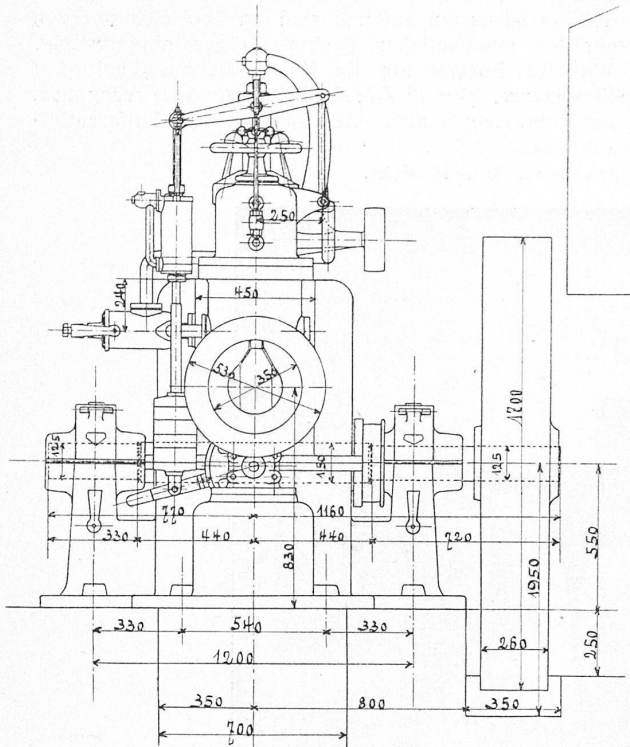
Terms of use

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

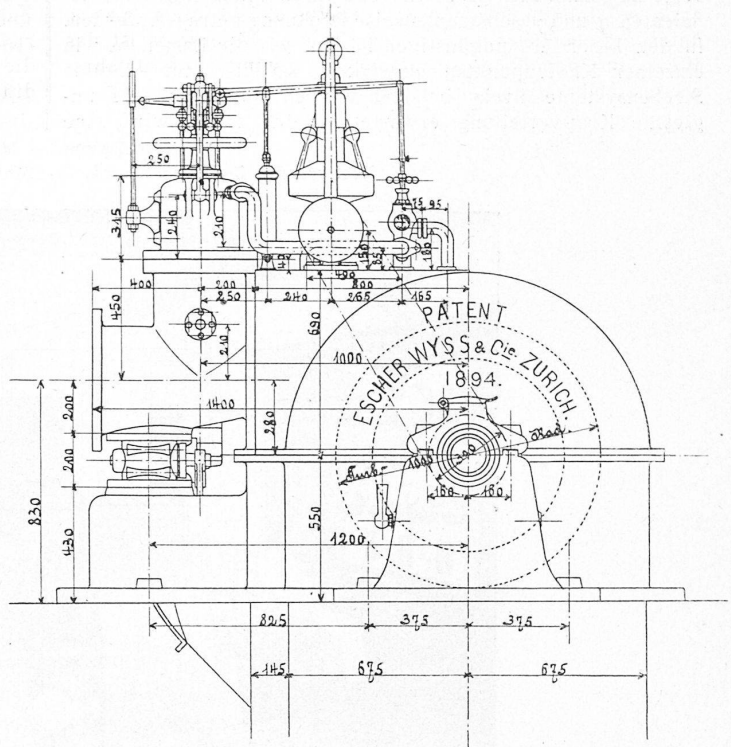
Download PDF: 20.02.2026

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

Elektrische Centrale Davos. — Turbine von 200 P. S. effektiv mit Regulierung.



Masstab 1 : 25.



Masstab 1 : 25.

der Centrale bis zum Hauptverteilungspunkt in Davos, in welchem die Spannung konstant erhalten wird, einen Spannungsverlust von 12% auf. Von den 16 in Betrieb befindlichen Transformatoren leisten sieben Stück 20 Kilowatt; vier Stück 15 Kilowatt; drei Stück 8 Kilowatt; zwei Stück 6 Kilowatt. Diese Transformatoren, an welche das Sekundärleitungsnetz für die Glühlichtbeleuchtung und die Privatbogenlampen angeschlossen ist, arbeiten mit 110 Volts Normalspannung, mit Ausnahme der drei zu 8 Kilowatt, die zur Bogenlichtbeleuchtung dienen. Die Transformatoren sind sämtlich in eigens konstruierten Kästen im Freien untergebracht; jeder Kasten enthält neben dem Transformator noch die Tafel mit den Verteilungsleitungen und deren Sicherungen, so dass jeder Kasten alle Apparate besitzt, um den Transformator sowohl primär als sekundär ausschalten zu können.

Die Privat-Bogenlampen sind in Gruppen zu zwei mit den Glühlampen parallel geschaltet; die öffentliche Beleuchtung erfolgt mittelst 30 Bogenlampen zu 15 Amp., die je 10 in drei Serien angeordnet sind und durch je einen besondern Transformator per Serie von 8 Kilowatt, gespeist werden. Da die Lampen mit etwa 35 Volts Spannung arbeiten, mussten die Transformatoren für eine Spannung von 400 Volts gewickelt werden.

Die Zahl der installierten Glühlampen, die sich von Tag zu Tag vergrößert, beträgt etwa 4800 Lampen zu 16 N. K. Der Abonnementspreis per 16-kerzige Glühlampe, der für den Monat Dezember des ersten Betriebsjahres auf 1,35 Fr. festgesetzt war, ist 15 Fr. per Jahr.

Nach Fertigstellung der Centrale wurde die bereits seit dem Jahre 1886 bestehende öffentliche Bogenlichtbeleuchtung, die 12 Gleichstrombogenlampen in Serienschaltung umfasste, abmontiert. Bei der Uebergabe der neuen Anlage an das Elektrizitätswerk Davos gingen die vorgeschriebenen Dauer- und Belastungsproben glatt von statten; nachdem die Maschinen mit erhöhter Tourenzahl 10% gelaufen waren, erfolgte eine mehrstündige Ueberlastung bis auf 15%. Auch wurden die Spannungsschwankungen, bei momentanem Wechsel der Belastung, bis 10% beobachtet und ausserdem noch jede Maschine einem 24 stündigen Normalbetrieb unterworfen.

Ueber Knickfragen.

Auf die Ausführungen des Herrn Prof. Jasinski, in Bd. XXV Nr. 25 d. Z. gestatte ich mir Folgendes zu erwidern:

Um eine Brücke vollkommen betriebssicher herzustellen, legt man der Rechnung einen mehrfachen (*n*-fachen) Sicherheitsgrad zu Grunde, d. h. man bestimmt die Dimensionen derart, dass rechnermässig erst bei den gegenüber der Wirklichkeit *n*-fach verstärkten Lasten ein Zusammenbruch erfolgen könnte. Hierbei sind jeweils die ungünstigsten Laststellungen und Lastverteilungen in Betracht zu ziehen, die in ganz gleicher Weise für die wirkliche Belastung wie für die Bruchbelastung Geltung haben. Ein Grund für Abweichungen liegt nicht vor. Das in Fig 1 Bd. XXV Seite 173 angegebene Verhältnis der Knotenlastungen ist bei der wirklichen Verkehrsbelastung ebenso gut möglich wie bei der Bruchbelastung; ja es ist nicht einmal das ungünstigste, da unter Umständen die einen Knoten von der Verkehrslast völlig frei, die andern dagegen doppelt so hoch wie durchschnittlich belastet sein können, so dass die vom Verkehr abhängigen Knotenlasten in Wirklichkeit $2pa$ und o , beim Bruch $n2pa$ und o statt npa und pa zu setzen wären*).

Das Verhältnis der Druckkräfte *D* zu den Zugkräften *Z* ist bei Betriebsbelastung und bei Bruchbelastung, entsprechend der in beiden Fällen gleichartigen Lastverteilung, in summa genau gleich gross; nur die Verteilungsweise auf die einzelnen Stäbe eines Schnitts wird nach Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze etwas geändert und zwar in günstigem Sinne, da hierbei eine bessere Kräfteausgleichung eintritt. Es erscheint hiernach vollkommen angemessen, das den ungünstigsten Betriebseinflüssen entsprechende Verhältnis von *D* und *Z* der Rechnung zu Grunde zu legen.

Wenn lastausgleichende Vertikalen vorhanden sind, so sind die Werte von *D* und *Z* nicht wesentlich von einander verschieden; es genügt i. d. R. weitaus, die Streben auf doppelte Maschenlänge knicksicher herzustellen. Der beim Fehlen

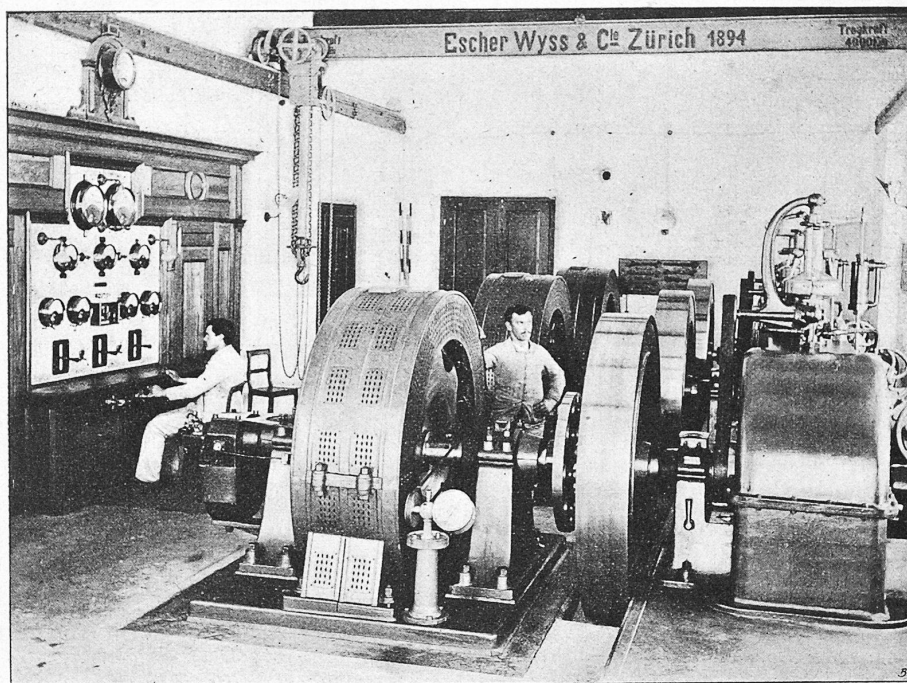
*) Derartige Systeme sind nebenbei gesagt nicht nach den Näherungsformeln für Gitterträger, sondern in genauerer Weise als Fachwerkträger mit ungleichen Knotenlasten zu berechnen.

lastausgleichender Vertikalen eintretenden ungleichen Kraftverteilung kann nach Gl. 16. Seite 90 durch Einführung der Koeffizienten q und γ schätzungsweise Rechnung getragen werden. In den besonders ungünstigen Fällen, wo die Lasten nur in einzelnen Knotenpunkten einwirken, wo also nur einzelne Strebensysteme direkt belastet werden und eine sehr ungleiche Kraftverteilung erwartet werden muss, wird eine

die n -fache wirkliche Stabkraft; die hiernach bestimmten Querschnitte weisen somit keine n -fache Sicherheit gegenüber den Betriebslasten auf und sind im Vergleich mit den Querschnitten gewöhnlicher Fachwerkträger minderwertig.

Was die Formel für die Knickkraft ausserhalb der Elastizitätsgrenze, $P = \pi^2 T I : l^2$ anbelangt, so ist zuzugeben, dass der Koeffizient T nicht identisch mit dem Differential-

Elektrische Centrale Davos. — Maschinenhaus. Innenansicht.



genauere Berechnung der Stabkräfte mit den wirklichen Knotenlasten erforderlich, bzw. ist das Einziehen lastausgleichender Vertikalen angezeigt. Der Einfluss von Vibrationen*) auf die Knickfestigkeit erscheint nach den früheren Ausführungen nicht bedeutend und dürfte ausreichend durch den dynamischen Koeffizienten der Verkehrslast (1,5 bis 2) berücksichtigt sein.

Herr Jasinski ermittelt bei seinem Verfahren zunächst die Stabkräfte auf Grund einer ideellen gleichförmigen Belastung und trägt sodann den Ungenauigkeiten dieser Annahme dadurch Rechnung, dass er bei Bestimmung der Knickfestigkeit nur den n -ten Teil der ideellen Zugkräfte einführt. Dieses Verfahren ist etwas summarisch und nimmt auf die Besonderheiten von Konstruktionsweise und Belastungsart wenig Rücksicht. In zahlreichen Fällen (namentlich bei lastverteilenden Vertikalen und bezüglich des Eigengewichts) liefert es übermässige Querschnitte; in besonders ungünstigen Fällen dagegen (wenn z. B. wie bei Fig. 1, Seite 173 nur die Knotenpunkte eines einzigen Systems direkt belastet sind) kann die Sicherheit unter der normalen bleiben, ganz abgesehen von dem etwaigen Einfluss der Vibrationen. Unter diesen Umständen kann das vereinfachte Verfahren, bei welchem auch noch das letzte n -tel der ideellen Zugkraft ausser Rechnung bleibt, keineswegs als besondere Uebertreibung bezeichnet werden und zwar um so weniger, als die Ergebnisse beider Rechnungsweisen in den meisten Fällen nur unmerklich von einander abweichen.

Ferner liefert das Verfahren von Jasinski auch dort zu geringe Dimensionen, wo die Absolutwerte der Kräfte und nicht deren Verhältnisse in Betracht kommen, also bei den Zugstreben und bei den Befestigungsnieten. Die n -fache ideelle Stabkraft ist bei ungleicher Lastverteilung kleiner als

quotienten $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ ist, sondern grösser. Die Formel

$$P = \pi^2 \frac{d\sigma}{d\varepsilon} I : l^2$$

liefert daher ausserhalb der Elastizitätsgrenze überschüssige Sicherheit. Die Möglichkeit, die Werte von P und T theoretisch zu bestimmen, ist jedoch keineswegs ausgeschlossen. Unter der Voraussetzung, dass die Biegungsspannungen proportional dem Abstand von der Biegungsachse zunehmen und zwar auf der konkaven Seite proportional $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$, auf der konvexen proportional E , ergibt sich

$$P = \frac{\pi^2}{l^2} \left\{ E I' + \frac{d\sigma}{d\varepsilon} I'' \right\} \text{ und } T = E \frac{I'}{I} + \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \frac{I''}{I}$$

Hierin bezeichnen I' und I'' die Trägheitsmomente der zu beiden Seiten der Biegungsachse liegenden Querschnittsteile bezüglich der Biegungsachse, I das Trägheitsmoment des Gesamtquerschnitts bezüglich der Schwerpunktsachse. Die Lage der Biegungsachse folgt aus der Bedingung, dass sich die statischen Momente der beiden Querschnittsteile bezüglich der Biegungsachse umgekehrt wie

$$E \text{ zu } \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \text{ verhalten, d. h. } S I' : S I'' = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} : E.$$

Nach vorstehenden Gleichungen erscheint P streng genommen nicht von I , sondern von einer verwickelteren Querschnittsfunktion abhängig; Querschnitte gleichen Trägheitsmomentes aber verschiedenartiger Form ergeben daher ausserhalb der Elastizitätsgrenze nicht genau die gleiche Knickfestigkeit, wie dies in ähnlicher Weise auch bezüglich der Biegungsfestigkeit der Fall ist. Als empirischer Mittelwert des Koeffizienten T wurde in N 13a mit Hülfe der Tetmajer'schen Formel der Ausdruck

$$T = \frac{\sigma (3 - \sigma)^2 \cdot 100000}{169} \text{ t/qcm}$$

abgeleitet. In den gewöhnlichen Fällen der Anwendung wird man selbstverständlich die Knickfestigkeit direkt auf

*) Bezüglich der Grösse der Vibrationen sei zur Behebung von Missverständnissen bemerkt, dass sich die angegebene maximale Spannungsdifferenz von 50% ausgesprochenemassen nur auf das Ende des Stabs bezieht; für den Gesamtstab ist die Differenz wesentlich geringer.

Grund der empirischen Formeln und nicht auf dem Umweg über T bestimmen. Dagegen ist der theoretische Ausdruck $P = \pi^2 T I : l^2$ dort von Vorteil, wo es sich um zusammengesetzte Aufgaben handelt. Hierher gehört beispielsweise das vorliegende Problem der Knickfestigkeit von Gitterwänden. Die bezügliche Formel

$$P = \frac{\pi^2 T_1 I_1}{l^2} + \frac{\pi^2 T_2 I_2}{l^2} + Z$$

hat ausserhalb der Elasticitätsgrenze die gleiche Berechtigung wie die Formel

$$P = \pi^2 \frac{E(I_1 + I_2)}{l^2} + Z$$

innerhalb dieser Grenze, und vermeidet die mit Einführung des aus letzterer Gleichung abgeleiteten Abminderungskoeffizienten μ verbundene Ungenauigkeit. Dass die letztgenannte Nahrungsformel erstmals von Herrn Jasinski veröffentlicht worden ist, stelle ich nicht im mindesten in Abrede. Dagegen bemerke ich hier nochmals, dass das hiermit identische Verfahren, bei Bestimmung der Knickfestigkeit einer symmetrischen Gitterwand das Trägheitsmoment der Zugstäbe mitzurechnen und die Zugkräfte von den Druckkräften in Abzug zu bringen, schon lange vorher angewendet worden ist. Bereits in einer Denkschrift vom Jahr 1883 über den Umbau der Offenburger Kinzigbrücke wurde angeführt, dass die Zugkräfte dem Knickbestreben der Druckkräfte direkt entgegenwirken, und dass daher für $D \leq Z$ ein Ausknicken der Wand nicht stattfinden kann. Es erscheint somit die von Herrn Jasinski angedeutete Möglichkeit, dass seine in den Mitteilungen des Verbands der Wegbauingenieure zu St. Petersburg erschienene Abhandlung vom Jahr 1892 hierauf von Einfluss gewesen sein könne, vollständig ausgeschlossen.

Karlsruhe, den 8. Juli 1895.

Fr. Engesser.

Die Freihaltung des Polytechnikums und der Zürcher Hochschule.

Der letzte Bericht*) brachte die erfreuliche Nachricht „die Sache liege in guten Händen“; leider war dieses eine Täuschung! Der Stadtrat hat nach fünfwochentlicher Prüfung auf Grund eines vom Bauvorstande ausgearbeiteten Berichtes dem grossen Stadtrate beantragt, von der Umlegung der oberen Künstlergasse d. h. von der Freihaltung der Hochschule und des Polytechnikums Umgang zu nehmen, da neben vielen anderen entgegenstehenden Gründen sich durch Ausführung dieses, vom grossen Stadtrate gewünschten Projektes ein *Ausfall zu Ungunsten der Stadt von Fr. 185 000* ergeben werde. Der grosse Stadtrat aber ist auf diesen Antrag nicht eingetreten, sondern hat die Sache durch Ueberweisung an eine Kommission von sieben Mitgliedern selbst in die Hand genommen, und es ist somit Hoffnung vorhanden, dieselbe trotz der ablehnenden Haltung des kleinen Stadtrates doch durchgeführt zu sehen.

Es ist ein psychologisches Rätsel, wie ein Magistrat, dessen Mitglieder persönlich einer Sache geneigt sind, der von der ihm vorgesetzten Behörde den Auftrag besitzt, das Nötige zur Durchführung dieser Angelegenheit vorzukehren, dazu kommen kann, dieselbe mit Mitteln zu bekämpfen, über deren Natur der Leser aus den unten folgenden Zahlenbeispielen sich selbst ein Urteil bilden mag!

Der Wortlaut der stadträtlichen „Weisung“ zur Begründung des Ablehnungsantrages sei mit seinen zahlreichen poetischen Licenzen der Aufmerksamkeit unserer Politiker bestens empfohlen; das Studium desselben wird sich als sehr lehrreich und, wenn man aus dem daraus Gelernten auch Nutzanwendungen zu ziehen gesonnen ist, für das städtische Gemeinwesen in hohem Masse fruchtbar erweisen. Für diesen Bericht möge es genügen die *Rechnungsweise* zu beleuchten, mit welcher der Bauvorstand zu den Fr. 185 000 Ausfall gelangt, eine Rechnungsweise, die um so unerklärlicher ist, als dem Bauvorstande, der sich ja auf eigene technische

Kenntnisse nicht stützen kann, ein Stab von tüchtigen Technikern zur Verfügung steht, und als ohne Zweifel die vielen angesehenen und erfahrungsreichen Baubeflissenen in Zürich ihm mit ihren Kenntnissen auch in diesem Falle zur Seite gestanden wären, wenn er sie darum ersucht hätte, wie er es sonst zu thun pflegt, wo es ihm nützlich erscheint.

Die bereits am 24. Juni den angrenzenden Grundbesitzern vorgelegte Rechnung des Bauvorstandes zeigt als Ursache des Ausfalles von Fr. 185 000 die drei Hauptausgabeposten von:

1. Fr. 240 000, für Ankauf des Landes von Gebrüder Maag;
2. Fr. 60 000, für Verschärfung der bereits auf dem Stockar'schen Gute zu Gunsten des Grundstückes von Gebrüder Maag lastenden Bauservitut, in der Weise, dass nicht nur die Terrasse vor Hochschule und Taubstummenanstalt, wie es durch die bestehende Servitut schon der Fall wäre, freigehalten, sondern dass auch die Aussicht von der Künstlergasse selbst nach der Stadt für immer gesichert wäre;
3. Fr. 75 000, für Baukosten, welche der Stadt erwachsen würden.

Die Prüfung dieser Zahlen ergibt folgendes Resultat:

ad 1. Das ganze Projekt stützt sich auf die Verlegung der Künstlergasse, wozu die ganze Liegenschaft der Gebrüder Maag in Anspruch genommen wird. Bei Erwerbung derselben kommt somit nach Baugesetz erforderlichenfalls die Expropriation zur Anwendung. Dieses ist in der Weisung des Stadtrates zugegeben und der Regierungsrat weist in seinem Protokoll vom 8. Juni 1895 geradezu darauf hin, indem er zugleich den dabei an Gebrüder Maag zu zahlenden Preis auf Fr. 150 000 schätzt. Die gleiche Zahl findet sich, wenn man von den angeblich von Gebrüder Maag aufgewendeten Kosten ausgeht, oder wenn man den realen Wert eines Landes berücksichtigt, das Gebrüder Maag im Tausche anzunehmen bereit wären. Um aber statt solcher nicht scharf begründeter Schätzungen positive Wertangaben zu erlangen, sind die Herren *Fritz Locher*, *Baumeister* und *H. Ernst*, *Architekt*, um eine Wertberechnung der Maag'schen Besitzung angegangen worden. Das Gutachten dieser beiden Fachmänner kommt nach detaillierter Berechnung, auf Grund möglichst niedriger Baukosten und möglichst hohen Zinsertragnisses, zu dem Schlusse, dass bei der projektierten Ueberbauung sich für den Besitzer das Land mit Fr. 67 000 Kapitalwert verzinse, und dass eine wesentlich höhere Rendite nicht herauszuschlagen sei. Das Endurteil des Gutachtens lautet: „Einen höheren Wert als Fr. 80 000 oder Fr. 40 per Quadratmeter vermögen wir dem Grundstück unter keinen Umständen, auch bei anderer Ueberbauung beizumessen“. Dieses Rechnungsergebnis ist bei der äusserst ungünstigen Gestalt des Grundstückes leicht erklärlich. Der Expropriationswert berechnet sich nach diesem „Verkehrswert“, mit einem Zuschlag von höchstens 20%, somit hier mit *höchstens* Fr. 96 000 an Stelle der vom Bauvorstande in Rechnung gebrachten Fr. 240 000! Erhöht man erstere Zahl zur grösseren Sicherheit um volle 50%, so finden sich wieder Fr. 150 000 mit einer *Ersparnis* von Fr. 90 000 gegen die Annahme des Bauvorstandes.

ad 2 Diese Verschärfung der Bauservitut, welche der Bauvorstand mit Fr. 60 000 zu bezahlen gedenkt, geht zwar über das vom grossen Stadtrate in's Auge gefasste nächste Ziel der Korrektur der oberen Künstlergasse und der Freihaltung der Terrasse vor Hochschule und Taubstummenanstalt hinaus; wenn aber die Mittel zu dieser Vervollständigung des Programmes vorhanden sind, wird dieselbe sehr willkommen geheissen werden. Im schlimmsten Falle würde die nach dem Baugesetze und der jetzt bestehenden Bauservitut mögliche Ueberbauung des Stockar'schen Gutes zwar einen Teil der Aussicht von der Künstlergasse aus beschränken, die letztere aber wäre immerhin ganz offen, von jenen sie um 3 m überragenden Bauten durch einen Abstand von 20 m und eine zwischenliegende Anlage

*) Bd. XXV, Nr. 24, vom 15. Juni 1895.