

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	43/44 (1904)
Heft:	13
Artikel:	Note sur la participation du houdis à la résistance des nervures dans les constructions en béton armé
Autor:	Lossier, Henri
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-24789

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: 23.02.2026

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

schmücken die beiden Figuren „Fleiss“ und „Sparsamkeit“, den Eingang zu den Krankenkassen das Relief „Jesus heilt den Gichtbrüchigen“ und die beiden grossen Erker die Wappen der an den Ortskrankenkassen beteiligten Gewerbe. An der Nordseite berichtet eine Inschrifttafel Beginn und Vollendung des Gebäudes.

Die Kosten des Baues betragen rund 392 000 Mark (etwa 490 000 Fr.), das ist für 1 m³ umbauten Luftraumes von Kellersohle bis Hauptgesimsoberkante gerechnet rund 26 Mark (ungefähr Fr. 32,5). Die Kosten der innern Einrichtung der Sparkassenräume betragen 49 500 Mark (rund 61 800 Fr.). Die durchgehends mit den besten Materialien in einfach vornehmen Formen und in wohltuender Beschränkung erfolgte Ausführung verleiht, gehoben durch die farbige Behandlung und Vergoldung, dem Neubau der städtischen Sparkasse in München eigenartigen Charakter und Stimmung und erweckt schon im flüchtigen Beschauer den Eindruck wohlbegündeter, bürgerlicher Solidität und Festigkeit. Wohl manchem protzenhaft aufdringlichen Grosstadtbau könnte das hier zum Ausdruck gekommene Prinzip von der Beschränkung der künstlerischen Ausdrucksmitte auf die wichtigsten Bauteile unter Betonung der Gesamtstimmung und der Rücksichtnahme auf die Umgebung zum Beispiel dienen.

Note sur la participation du hourdis à la résistance des nervures dans les constructions en béton armé.

Par Henry Lossier, ingénieur,
Privatdozent au Polytechnikum fédéral.

On admet en général, dans le calcul des constructions en béton armé, que tous les éléments ΔF d'une fibre ff parallèle à l'axe neutre théorique aa (fig. 1) subissent des déplacements identiques. Cette hypothèse, exacte pour les poutres à section rectangulaire chargées uniformément sur toute leur largeur,

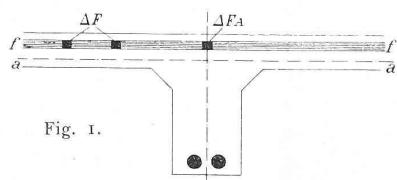


Fig. 1.

cessent de l'être en particulier pour les poutres dites à section nervée; car les éléments successifs ΔF d'une fibre ff s'entraînent en développant entre eux des efforts de cisaillement qui provoquent un glissement relatif d'un élément à un autre; il en résulte, entre l'élément axial ΔF_A et un élément ΔF quelconque, une différence de déplacement qui augmente avec la distance de ces deux éléments.

Les fibres ff parallèles à l'axe neutre aa et primitivement planes, cessent donc de l'être pendant les déformations de la poutre et prennent la forme de courbes tournant leur convexité¹⁾ vers le milieu de la portée.

En outre, grâce à sa solidarité avec la nervure, la dalle doit en suivre les déplacements verticaux. Cette déformation développe, à la partie inférieure du hourdis, des efforts d'extension qui influencent encore les charges locales agissant entre les nervures et qui se retranchent des efforts qu'il subit comme semelle comprimée de la poutre. Or, l'intensité de ces derniers efforts diminue à mesure que l'on s'éloigne de la nervure et varie en général plus rapidement que celle des efforts d'extension précédés. Il en résulte que l'axe neutre doit se rapprocher de la face supérieure du hourdis à mesure que l'on s'éloigne de l'axe longitudinal de la poutre. C'est ce que confirment la plupart des observations dont nous avons eu connaissance.

¹⁾ Nous supposons que la poutre est sollicitée par des moments de flexion positifs.

Dès les premières applications du béton armé, plusieurs savants se préoccupèrent de la participation très complexe du hourdis à la résistance des nervures. Le professeur Dr. W. Ritter, dans l'article remarquable qu'il publia en février 1899 dans la „Schweizerische Bauzeitung“²⁾, traita le cas particulier où les poutres principales sont réunies par des nervures secondaires.

En présence de la diversité des opinions émises entr'autre dans notre pays, nous avons pensé qu'il serait intéressant de publier dans la „Schweizerische Bauzeitung“ les résultats d'observations effectuées par la commission française du béton armé sur cette question que l'expérience seule peut élucider; résultats que Monsieur l'Inspecteur général Considère a bien voulu nous communiquer.

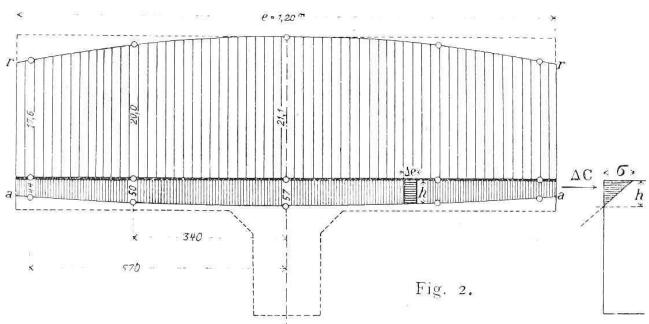


Fig. 2.

Ces épreuves comportent trois séries d'observations. Les deux premières séries ont été effectuées au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées sur deux dalles à section T; la troisième sur un plancher construit par la Maison Potin.

²⁾ Première épreuve. — Dalle nervée de 2,90 m de portée et 1,20 m de largeur chargée uniformément sur toute sa surface.

On constate que la distance de la fibre neutre aa à la face supérieure du hourdis (fig. 2) diminue à mesure que

²⁾ « Die Bauweise Hennebique », Bd. XXXIII, S. 41 u. ff. (bezw. Sonderabzug des Artikels.)

Das Gebäude der städtischen Sparkasse in München.

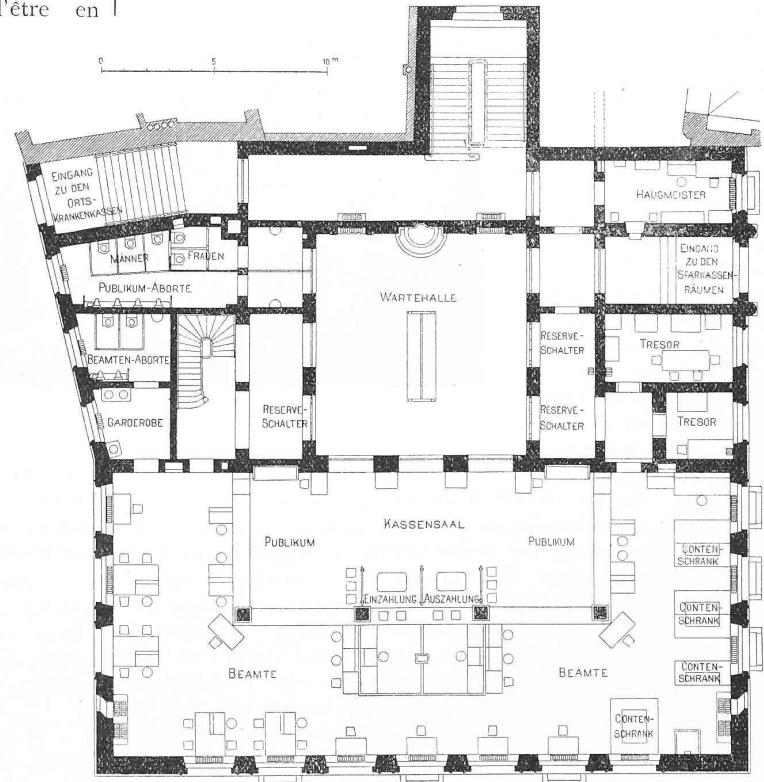


Abb. 2. Grundriss vom Erdgeschoss. — Masstab 1 : 300.

l'on s'éloigne de la nervure; toutefois, l'axe neutre reste assez voisin de la face inférieure de la dalle pour que l'on puisse, sans commettre d'erreur appréciable, négliger les efforts d'extension des fibres situées en dessous de cet axe et n'envisager que les efforts de compression du houdis dans le calcul du moment résistant de flexion.

Or, la résistance à la compression AC que fournit un élément de houdis situé au-dessus de l'axe neutre et de largeur Ae (fig. 2) est donnée par l'expression:

$$AC = Ae \cdot \frac{h}{2} \cdot \sigma = Ae \cdot \frac{h}{2} \cdot \lambda E$$

h = distance de l'axe neutre à la face supérieure du houdis,
 σ = compression spécifique de la fibre supérieure de l'élément,
 λ = raccourcissement spécifique de la fibre supérieure de l'élément,
 E = coefficient d'élasticité du béton à la compression.

En admettant que le coefficient d'élasticité E conserve une valeur quelconque constante, la résistance à la compression AC de l'élément de houdis considéré est proportionnelle au produit que l'on obtient en multipliant l'épaisseur h de dalle située au-dessus de l'axe neutre par le raccourcissement spécifique λ de la fibre supérieure de l'élément.

Les sections dans lesquelles étaient placées les trois séries d'appareils de mesure donnent ainsi les produits suivants:

dans l'axe de la nervure:

$$57 \text{ mm} \times 0,37 \text{ mm} = 21,1,$$

à 0,340 m de l'axe:

$$50 \text{ mm} \times 0,40 \text{ mm} = 20,0,$$

à 0,570 m de l'axe:

$$44 \text{ mm} \times 0,40 \text{ mm} = 17,6.$$

Nous avons porté ces produits en ordonnées à partir de la face supérieure du houdis (fig. 2) et nous

avons relié leurs extrémités par une courbe approchée rr . L'aire hachurée comprise entre cette courbe, l'axe des abscisses et les ordonnées extrêmes représente la somme

Das Gebäude der städtischen Sparkasse in München.

Architekt: Hans Grüssel, städtischer Baurat in München.

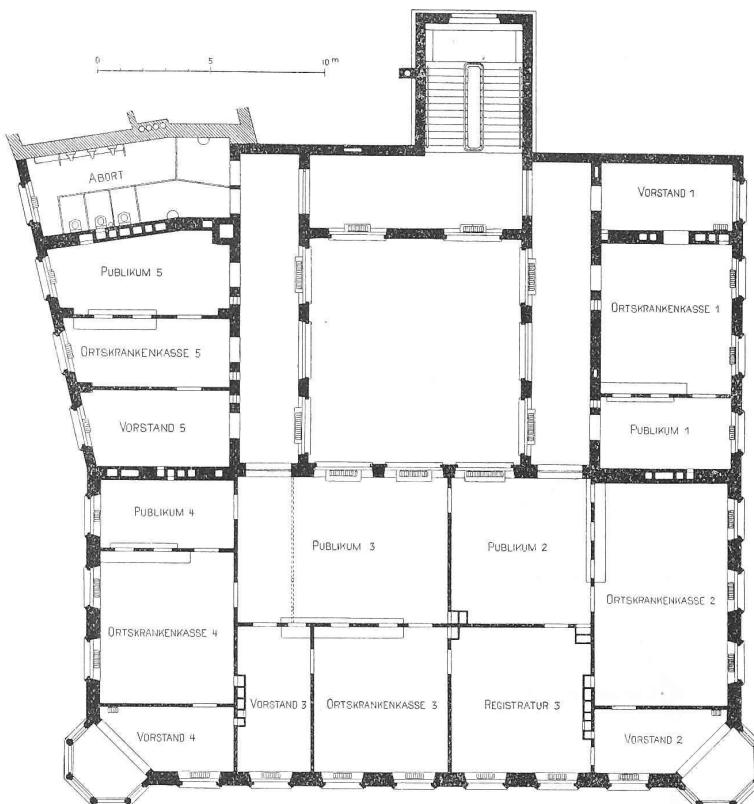


Abb. 4. Grundriss vom III. Obergeschoss. — Maßstab 1 : 300.

$$+ \frac{e}{2} \Sigma AC \text{ et mesure par conséquent la résistance à } - \frac{e}{2}$$

la compression fournie par la partie de houdis située au-dessus de l'axe neutre. Or, cette aire est égale aux $\frac{93}{100}$ de la surface du rectangle ayant la largeur e de la dalle pour base et l'ordonnée médiane (produit 21,1) pour hauteur; l'aire de ce rectangle mesurant la résistance à la compression qu'aurait fourni le houdis s'il avait subi sur toute sa largeur des déformations identiques à celles de l'élément comprimé situé dans l'axe de la nervure, nous pouvons écrire:

Pour la dalle nervée considérée pour laquelle le rapport de la largeur à la portée était égal à $\frac{1,20 \text{ m}}{2,90 \text{ m}} = 0,414$, le houdis a fourni les 0,93 de la résistance à la compression qu'il aurait donnée s'il avait subi sur toute sa largeur les déformations de la nervure.

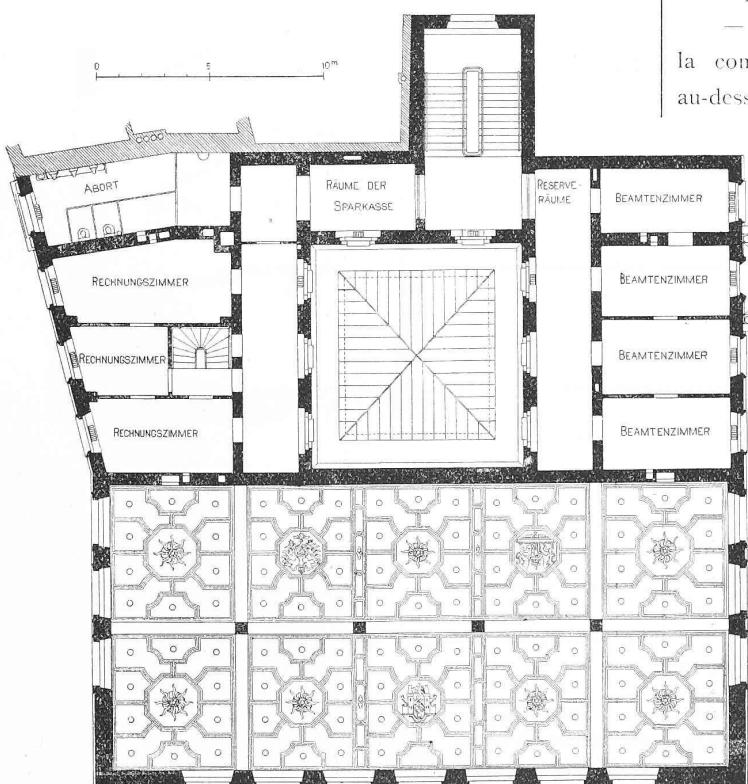


Abb. 3. Grundriss vom II. Obergeschoss mit der Decke des Kassensaales. — 1 : 300.

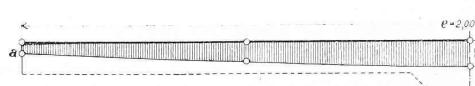


Fig. 3.

Deuxième épreuve. — Dalle nervée de 2,00 m de largeur et 2,90 m de portée chargée au-dessus de la nervure.

L'axe neutre s'élève plus rapidement lorsqu'on s'éloigne de la nervure que dans le cas précédent; au bout de la dalle il est même situé au-dessus

du milieu de l'épaisseur (fig. 3). L'erreur commise en négligeant les efforts d'extension des fibres situées au-dessous de l'axe neutre est donc plus grande que pour la dalle de 1,20 m de largeur. Cette erreur ne peut toutefois présenter qu'une importance très relative, quelque grands que soient les allongements du béton, les tensions corrélatives étant très inférieures aux compressions qui correspondaient à des raccourcissements d'égale amplitude.

En raisonnant comme dans le cas précédent, nous trouvons en résumé :

Pour la dalle nervée envisagée pour laquelle le rapport

nervures voisines et ne supporta en réalité qu'une partie de la charge qui lui était attribuée. D'autre part, la dalle ne put subir des déformations aussi intenses que si les deux poutrelles extrêmes avaient subi la même flèche que la nervure centrale.

Il est donc vraisemblable que les résultats de cette épreuve ont donné une idée insuffisante du concours que le houdis aurait fourni aux nervures si toute la surface du plancher avait été chargée uniformément.

Quoiqu'il en soit, le résultat obtenu peut s'exprimer comme suit :

Das Gebäude der städtischen Sparkasse in München.

Architekt: Hans Grässel, städtischer Baurat in München.



Abb. 5. Querschnitt durch das Gebäude. — Maßstab 1 : 200.

de la largeur à la portée est égal à $\frac{2,00}{2,90} = 0,69$, le houdis a fourni les 0,55 de la résistance à la compression qu'il aurait donnée s'il avait participé d'une manière absolue aux déformations de la nervure.

Troisième épreuve. — Planchers construits par la maison Potin.

Pour des raisons d'économie on dût renoncer à charger une grande surface de plancher et l'on se borna à répartir la charge sur trois poutrelles successives. La nervure centrale dont on mesura les déformations pour les comparer à celles du houdis se trouvait de la sorte soulagée par les

Pour ce plancher pour lequel le rapport de l'écartement axial des poutrelles à la portée est égal à 0,52, le houdis de la nervure centrale a fourni les 0,68 de la résistance à la compression qu'il aurait donnée s'il avait subi sur toute sa largeur les déformations de cette nervure.

Désignons par b la largeur de houdis qui aurait fourni, en subissant d'une manière absolue les déformations de la nervure, une résistance à la compression égale à celle donnée en réalité par la largeur e de dalle intéressant une poutrelle.

Das Gebäude der städtischen Sparkasse in München.

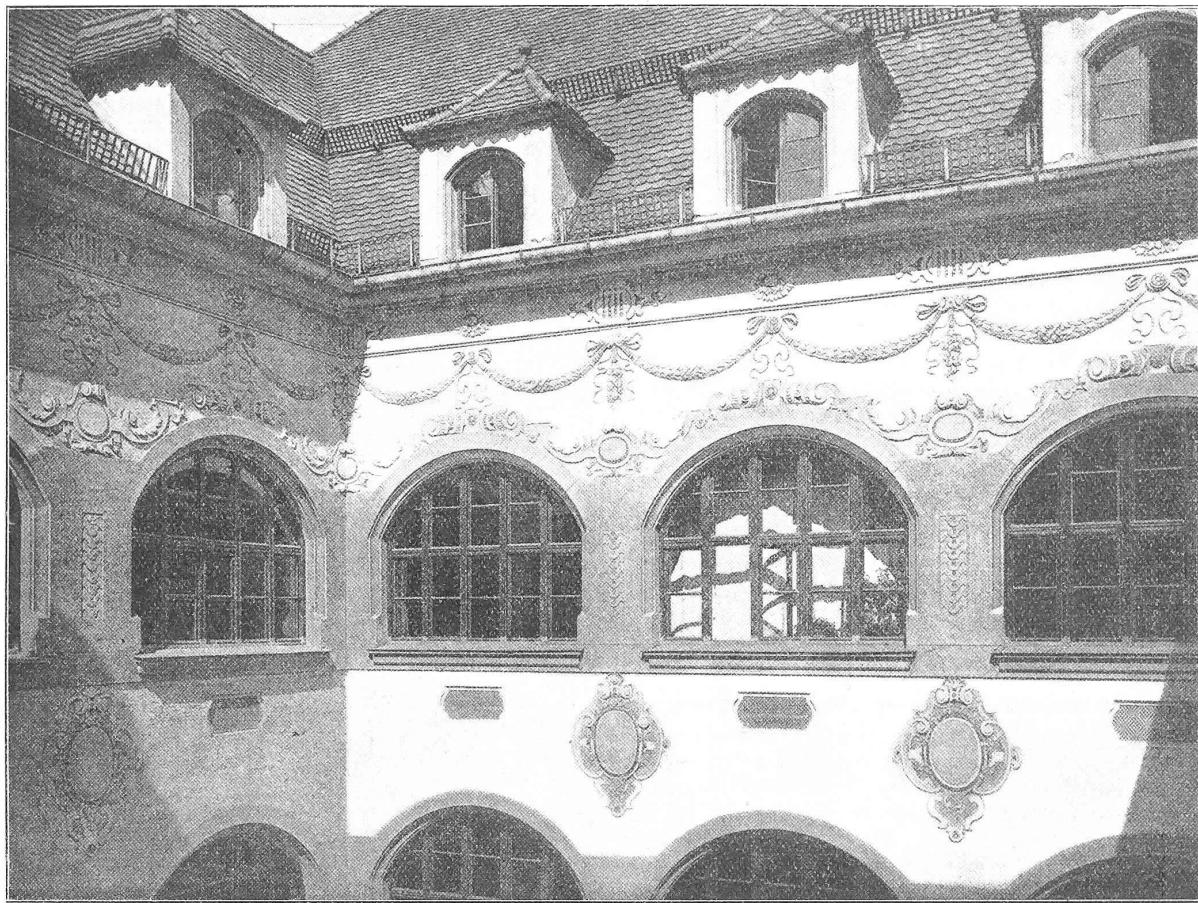


Abb. 6. Blick in den innern Hof.

Nous avons en résumé pour les 3 épreuves considérées :

Rapport $e : l$ de la largeur e à la portée l	$n = b : e$	($b : l$)
Première épreuve	0,414	0,93 (0,385)
Deuxième épreuve	0,69	0,55 (0,380)
Troisième épreuve	0,52	0,68 (0,354)

En multipliant les chiffres situées sur la même ligne, nous obtenons pour chaque cas le rapport $b : l$ que nous avons inscrit en marge. On remarque que ce rapport est très sensiblement le même pour les deux premières épreuves et qu'il est d'environ 8% plus faible pour le troisième essai; cette diminution provient des conditions spéciales dans lesquelles la dernière épreuve a été effectuée; les résultats obtenus ayant donné, comme nous l'avons déjà fait remarquer, une idée insuffisante de la participation du hourdis à la résistance de la nervure.

Il convient de remarquer en outre que les deux premières expériences ont porté sur des tronçons de dalle qui diffèrent des planchers continus en ce qui concerne les

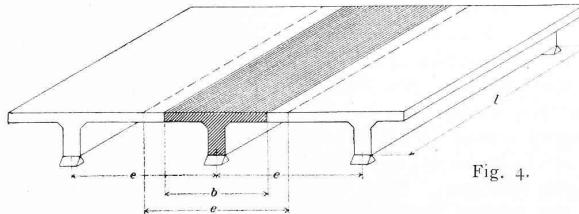


Fig. 4.

flexions perpendiculaires aux nervures. Et bien que l'influence de ces flexions soit vraisemblablement d'ordre secondaire, il serait osé de considérer les résultats obtenus comme certainement applicables aux planchers continus.

Toutefois, le rapprochement des chiffres fournis par ces deux premières épreuves et par l'essai des planchers continus de la Maison Potin nous porte à penser que nous pouvons, sans commettre d'erreur pratiquement importante, proposer la règle de calcul suivante :

La largeur b de hourdis qui participe complètement aux déformations d'une nervure est égale à l'écartement e des poutrelles (fig. 4) lorsque celui-ci est inférieur aux 0,38 de la portée l , et aux 0,38 de la portée lorsque l'écartement e dépasse cette valeur.

En appliquant cette règle et en attribuant à l'écartement axial des nervures des valeurs variant du 1/10 au 11/10 de la portée, nous trouvons pour le rapport n

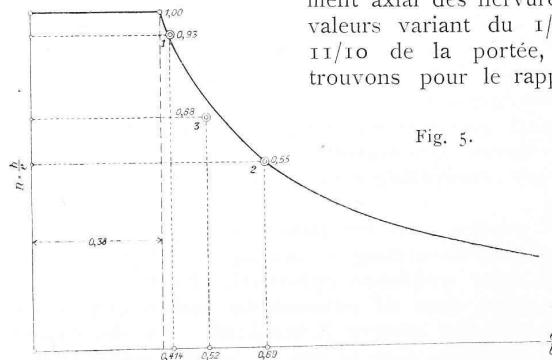


Fig. 5.

de la largeur efficace à la largeur totale du hourdis les chiffres suivants :

$e : l = 0,10$	$n = 1,00$
$e : l = 0,20$	$n = 1,00$
$e : l = 0,30$	$n = 0,95$
$e : l = 0,40$	$n = 0,76$
$e : l = 0,50$	$n = 0,63$
$e : l = 0,60$	$n = 0,54$
$e : l = 0,70$	$n = 0,47$
$e : l = 0,80$	$n = 0,42$
$e : l = 0,90$	$n = 0,38$
$e : l = 1,00$	$n = 0,34$

Nous avons représenté graphiquement ces chiffres dans la (fig. 5) en portant comme abscisses les rapports $e : l$ et comme ordonnées les valeurs correspondantes du coefficient

de réduction n . Les points relatifs aux trois épreuves effectuées sont représentés par un double cercle; celui correspondant à la troisième expérience est naturellement situé au-dessous de la courbe, puisque, comme nous l'avons dit, la valeur de n fournie dans ce cas est inférieure à la réalité.

(Il va sans dire que les chiffres indiqués ne sont pas applicables tels quels aux sommiers principaux reliés par des poutrelles secondaires.)

En énonçant la règle de calcul qui nous semble pouvoir être tirée des épreuves que nous avons relatées, nous n'avons nullement la prétention de lui donner un caractère définitif. Déduite de trois séries d'essais seulement, effectuées dans des circonstances particulières, cette règle doit être vérifiée et corrigée au besoin par de nouvelles expériences avant d'être considérée comme certainement applicable à tous les cas qui peuvent se présenter.

Néanmoins, il nous semble peu probabl qu'elle conduise sous cette forme à d'importantes divergences avec la réalité et nous pensons qu'elle peut être substituée provisoirement avec avantage aux règles plus ou moins arbitraires proposées pour cette question.

Lausanne, le 22 juillet 1904.

Die Erstellung einer neuen Apenninbahn von Genua nach Tortona mit langem Basistunnel.

Von E. Bavier, Ingenieur in Zürich.

(Schluss.)

Einrichtung und Ausrüstung der einzelnen Arbeitsplätze.

Je nach der auf Grund des Arbeitsprogrammes für jede einzelne Angriffsstelle in Aussicht genommenen Leistung kann die für die Durchführung der betreffenden Aufgabe erforderliche Betriebskraft festgestellt werden, sowie die jeweilen nötige Leistungsfähigkeit der Baumaschinen und andern Arbeitsmittel. Bezuglich der Beschaffung der Betriebskraft kommt bei Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse wohl nur eine Kraftzentrale in Frage, von welcher aus die einzelnen Arbeitsplätze mittelst Starkstromleitungen betrieben werden. Nach Vollendung der Bauarbeiten wird diese Zentrale für den Bahnbetrieb oder eine andere Verwendung verfügbar. Die nötige Leistungsfähigkeit der Kraftanlage berechnet sich nach den verschiedenen vorkommenden Arbeitsleistungen wie folgt:

Mechanische Bohrung. Beim Seitenstollen von Riccò und beim Schacht von Burlasca wird eine doppelte Einrichtung für die Bohrung des Richtstollens vorausgesetzt und zwar nach beiden Seiten hin; beim südlichen Tunneleingang und bei den Schächten von Traversa und Busalletta wird nur je eine einfache Bohreinrichtung erforderlich sein, da voraussichtlich in den betreffenden Arbeitsstrecken schon nach kurzer Zeit weiche Tonschieferschichten auftreten und einen Teil der Bohrmaschinen für die übrigbleibenden, der mechanischen Bohrung günstigen Angriffspunkte der betreffenden Strecken verfügbar machen werden. Vom Schacht Costagiutta und vom nördlichen Tunnelende aus ist wegen des in ihrem Arbeitsgebiete voraussichtlich auftretenden, wenig widerstandsfähigen Gesteins nur Handbohrung anzuwenden.

Es werden also im ganzen zwei doppelte und drei einfache Bohreinrichtungen benötigt. Letztere erfordern während ihrer wirklichen Arbeitszeit 180 P.S. und, unter der Annahme, dass sie während der halben Zeit arbeiten, 90 P.S. ständige mittlere Arbeitskraft. Für die doppelten Bohreinrichtungen sind je 360 P.S. Maximalleistung und 180 P.S. mittlere Arbeitskraft in Rechnung zu stellen.

Für die fünf Angriffstellen beziffert sich also der gesamte Kraftbedarf höchstens auf 1260 P.S. und im Mittel auf 630 P.S. Zu der unmittelbar zum Betrieb der Bohrmaschinen erforderlichen Kraft muss zur Berechnung der an der eigentlichen Kraftquelle, dem Dampfmotor der elektrischen Zentrale, nötigen verfügbaren Kraft für Spannungsverluste an den Dynamos und Transformatoren, sowie in

Das Gebäude der städtischen Sparkasse in München.

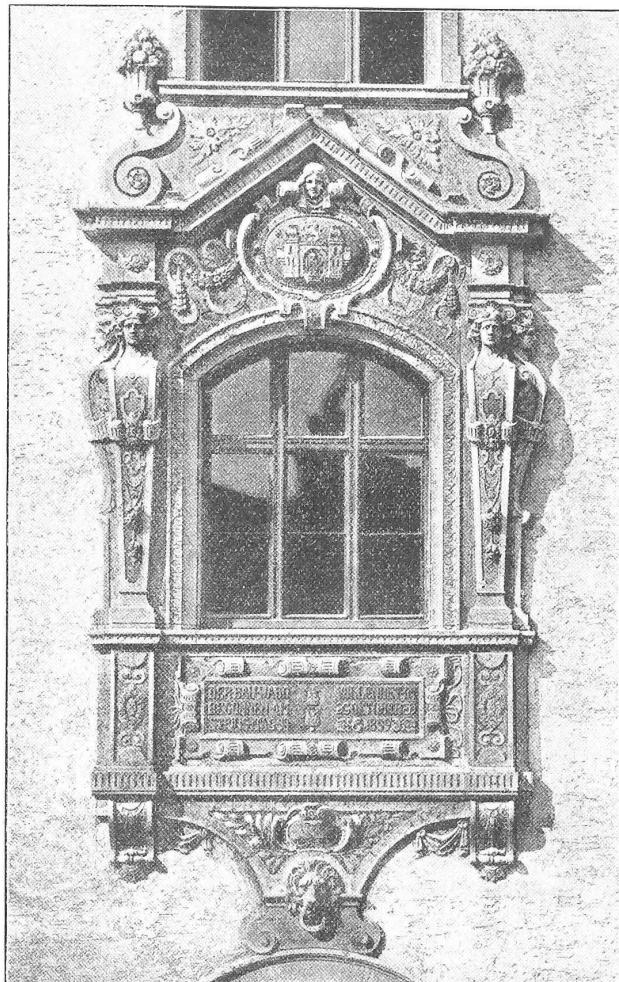


Abb. 7. Fensterpartie in der Lederergasse.

den Stark- und Schwachstromleitungen ein Zuschlag gemacht werden, welcher nach der bei andern Tunnelbauten unter ähnlichen Verhältnissen gemachten Erfahrungen ungefähr 38 % beträgt, und die wirklich erforderliche grösste bewegende Kraft auf 1740 P.S., die mittlere ständige Betriebskraft auf 870 P.S. erhöht.

Lüftung. Bezuglich der Lüftung sind zwei verschiedene Perioden zu berücksichtigen: Die der Herstellung der Richtstollen und diejenige der Abbau- und Einwölbungsarbeiten des Vollprofils. Für die Lüftung in der ersten Periode beträgt auf Grund einschlägiger Berechnungen und Erfahrungen die nötige Luftzufluss für jede Angriffsstelle 1000 l in der Sekunde. Für Betriebslängen bis zu 2000 m wird hiefür ein Gebläse, für grössere Längen werden zwei gekuppelte Gebläse genügen. Im ganzen werden für die Lüftung während der Herstellung des Richtstollens 13 Ventilatoren erforderlich sein. Jeder derselben bedarf für seinen Betrieb 10 P.S., sodass sich die gesamte hiezu nötige Kraft, an der Kraftzentrale gemessen, auf 130 P.S., mit 38 % Zuschlag wie oben also auf 180 P.S. beziffert.

Für die Lüftung in der zweiten Arbeitsperiode, wie sie auch während des Bahnbetriebes durchgeführt werden soll, wird es nötig sein, bei den Haupschächten und Tunneleingängen starke Gebläse aufzustellen, die in der Sekunde je 40 m³ Luft an der betreffenden Öffnung einblasen bzw. ansaugen können. Eine so ausgiebige Lüftung kann nun nicht mit vollem Erfolg bewerkstelligt werden, solange der Luftstrom auf seinem Wege noch verengte Tunnelquerschnitte antrifft; anderseits wäre es zur vollen Wirksamkeit der Lüftung notwendig, stets ein Tunnelportal und alle Schachtöffnungen geschlossen zu halten. Da nun während