

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Betonierungs- und Bewegungsfugen in Ingenieurbauten

**Autor:** Baravalle, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-2688>

#### 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:** 22.02.2026

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

## IId 1

# Betonierungs- und Bewegungsfugen in Ingenieurbauten.

Joint de bétonnage et de dilatation  
dans les constructions du Génie civil.

Concreting and Dilatation Joints in Engineering Structures.

Dr. techn. F. Baravalle,  
Ingenieur im Stadtbauamt Wien.

Die neuen Erkenntnisse im Eisenbetonbau, die innerhalb der letzten Jahre durch wissenschaftlich-praktische Forschungen gewonnen wurden, ermöglichen eine stete Steigerung der Betonbeanspruchungen, ohne daß die Sicherheit der Tragwerke beeinträchtigt wurde. Oftmals ist trotz der höheren Betonbeanspruchungen die Sicherheit in Bezug auf die Betonfestigkeiten heute höher als früher.

Dies hat seinen Grund darin, daß:

1. die Güte der Zemente dauernd verbessert wird,
2. die bei den Versuchen gewonnenen wichtigen Erkenntnisse betreffend der Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe immer mehr und mehr im praktischen Bauwesen verwertet werden können,
3. dem Wasserzementwert und dem Luftgehalt des Frischbetons bei den Bauausführungen die entsprechende Sorgfalt gewidmet werden kann,
4. es möglich ist, Bewehrungsstäbe ohne ausgesprochene Streckgrenze zu verwenden,
5. die theoretischen Grundlagen zur Erfassung der tatsächlich wirkenden Spannungen erheblich weiter erforscht wurden und
6. daß die Kenntnis über den Verlauf der inneren Spannungen in den Eisenbetontragwerken durch die umfassenden Versuchsreihen der letzten Jahre bedeutend erweitert werden konnte.

Gleichlaufend mit einer Erhöhung der zulässigen Inanspruchnahmen des Betons ergeben sich aber viele weitere Fragen und Aufgaben für die konstruktive Durchbildung der Tragwerke. *Es entsprechen die für eine bestimmte Last, Beanspruchungsart oder bauliche Gestaltung ermittelten Tragwerksabmessungen nicht in gleicher Weise für schlank oder gedrungene, hohe oder niedrige Querschnitte.* Werden die Querschnittsabmessungen vermindert, so werden die Einflüsse der:

1. Durchbiegungen,
2. Tragwerksschwingungen,
3. Knickung,
4. chemischen, mechanischen und thermischen Angriffe erhöht, während die inneren Spannungen durch Temperatureinwirkungen und durch das Schwinden des Betons oftmals verringert werden.

Die Erforschung der inneren Spannungen, der Bildsamkeit des Betons und der Tragwerksschwingungen für Stoßlasten<sup>1</sup> und für millionenfache Lastwechsel<sup>2</sup> innerhalb der verschiedensten Spannungsgrenzen ist bisher so weit gediehen, daß stets eine, zumindest näherungsweise, rechnungsmäßige Erfassung dieser Einflüsse möglich ist. Ebenso lassen sich die durch Temperaturänderungen und durch das Schwinden des Betons entstehenden inneren Spannungen berechnen, doch sind die Größenverhältnisse der Spannungseinflüsse bei verschiedenen schlanken Bauteilen anders und daher werden sich auch im neuzeitlichen Eisenbetonbau in mancher Hinsicht die bisher gültigen Ausführungsregeln ändern.

Die nachfolgende Gegenüberstellung der Bauausführung von zwei Wasserbehältern der Wiener Hochquellen-Wasserversorgung soll den Einfluß der neueren Erkenntnisse im Eisenbetonbau auf die Ausbildung und Gestaltung der Tragwerke zeigen.

#### *Wasserbehälter Krapfenwaldl.*

Der Wasserbehälter Krapfenwaldl<sup>3</sup> wurde in den Jahren 1923 bis 1926 erbaut, hat eine Grundfläche von  $27,70 \text{ m} \times 39,4 \text{ m}$ , eine mittlere Höhe von  $5,58 \text{ m}$  und einen Fassungsraum von  $4900 \text{ m}^3$ . Eine  $30 \text{ cm}$  starke durchgehende Mittelwand teilt den Behälter in zwei voneinander unabhängige Behälterkammern. Die Anordnung des Tragwerkes (Pilzdecke) im Grundriß und in den Hauptschnitten ist in den Fig. 1 und 2 ersichtlich. Die Grundlage für die Bemessung der Eisenbetonquerschnitte war die „Vorschrift über die Herstellung von Tragwerken aus Eisenbeton oder Beton bei Hochbauten“ 1921. Die höchsten Beanspruchungen treten in der Behälterdecke auf und betragen nach Stadium II (vollständig ausgeschaltet gedachte Betonzugzone) mit  $n = \frac{E_e}{E_b} = 15$  berechnet

$$\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Die entsprechend diesen Beanspruchungen erforderliche Mindestwürffelfestigkeit (Würfel  $20 \times 20 \times 20$ ) war  $W_{b28} = 170 \text{ kg/cm}^2$ . Die größte Beanspruchung in den Behältersäulen beträgt ohne Berücksichtigung von Wärmeänderungen

<sup>1</sup> Versuche mit stoßweise belasteten Eisenbetonbalken von Professor Dr. Ing. R. Saliger, Technische Hochschule Wien. — Versuchsbericht in Ausarbeitung.

<sup>2</sup> Dauerversuche an Eisenbetonbalken mit verschiedenen Stahlbewehrungen von Professor Dr. Ing. R. Saliger, Technische Hochschule Wien. — Mitteilungen über Versuche, ausgeführt vom Österreichischen Eisenbeton-Ausschuß, Heft 15, Wien 1935, Ö.I.A.V.

<sup>3</sup> Der Wasserbehälter Krapfenwaldl der Wiener Hochquellenwasserleitung von Professor Dr. Ing. R. Saliger, Technische Hochschule, Wien. Beton und Eisen 1926, Heft 13, Österreichische Bauzeitung 1926, Heft 17.

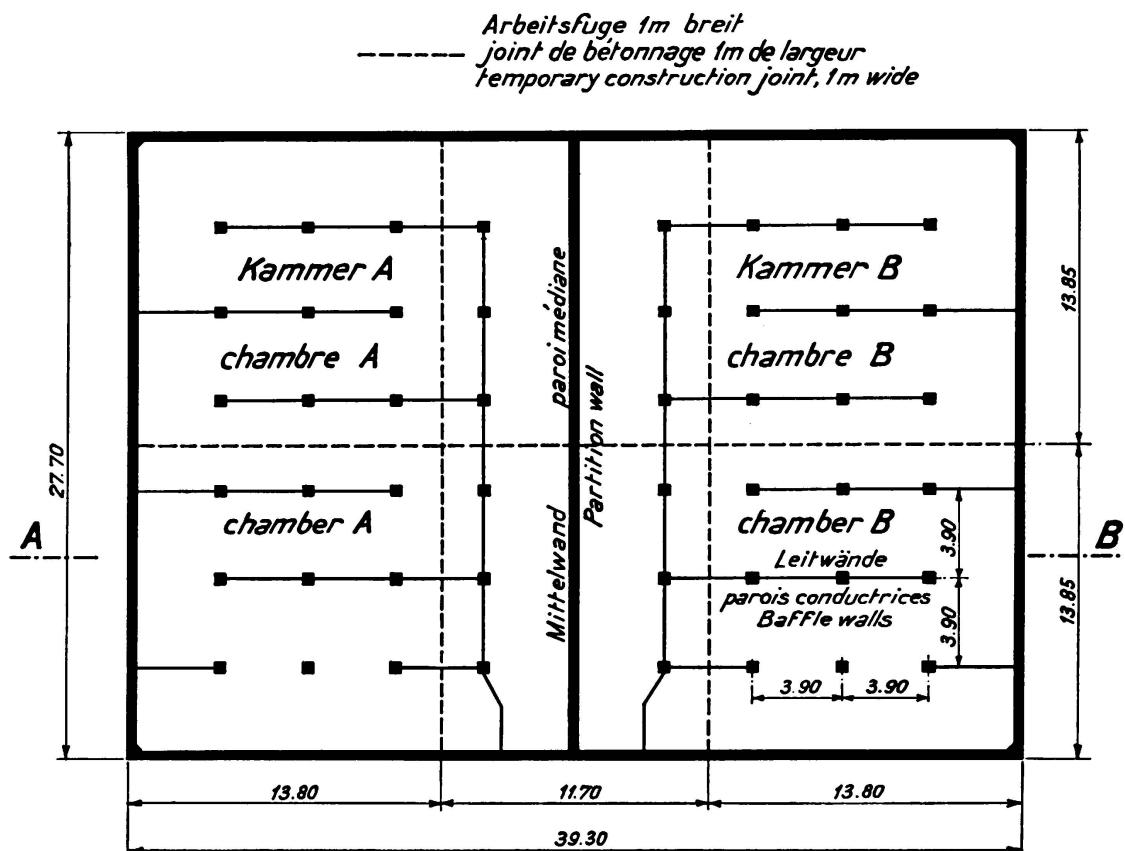


Fig. 1.  
Wasserbehälter Krapfenwaldl. Grundriß.

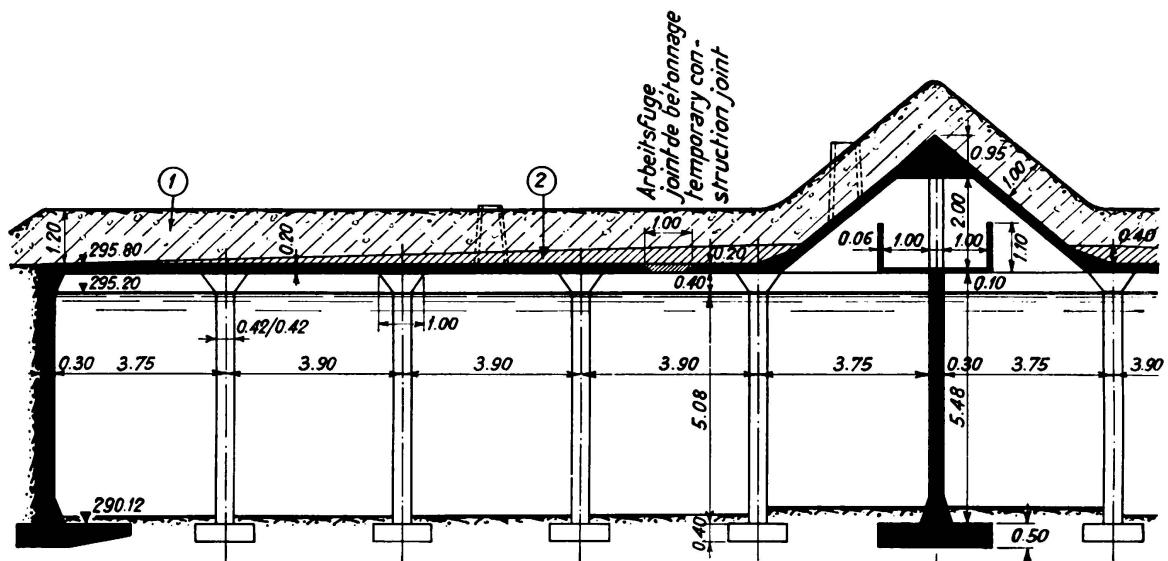


Fig. 2.  
Wasserbehälter Krapfenwaldl. Schnitt A-B.  
1) Erdschüttung  
2) Leichtbeton.

38 kg/cm<sup>2</sup> bei feldweiser Deckenbelastung; für Vollbelastung auf der ganzen Behälterdecke 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Um die Schwindspannungen und die durch ungleichmäßige Setzungen hervorgerufenen Spannungen aus dem Bauwerk tunlichst auszuschalten, wurde von Hofrat Professor Dr. Ing. *R. Saliger* die Anordnung von 1 m breiten Arbeitsfugen (*Baudehnfugen*) empfohlen, die das gesamte Tragwerk des Behälters, Grundkörper ohne Unterbeton, Wände und Decken in sechs Einzelbauteile von je höchstens 13,70 m Längenausdehnung zerlegen (Fig. 1 und 3). Diese Arbeitsfugen zwischen den nunmehr vollständig getrennt hergestellten Einzelbauteilen, in welche die Bewehrungseisen der Decke bzw. die Verteilungseisen in der Wand von beiden Seiten entsprechend weit (mindestens 70 cm) eingreifen, aber *nicht* durchgehen, um ungünstige Vorspannungen im Stahl und Beton zu vermeiden, wurden so lange offen gehalten, als es die Bauausführung gestattete. Die Weite der Fugen ist durch die Länge des erforderlichen Übergriffes der Bewehrungseisen bedingt. Ihre Ausbildung in der Wand und in der Decke ist aus der Fig. 3 ersichtlich. Der für die Ausfüllung der Baudehnfugen verwendete Beton hatte die gleiche Zusammensetzung wie der des anschließenden Tragwerkes.

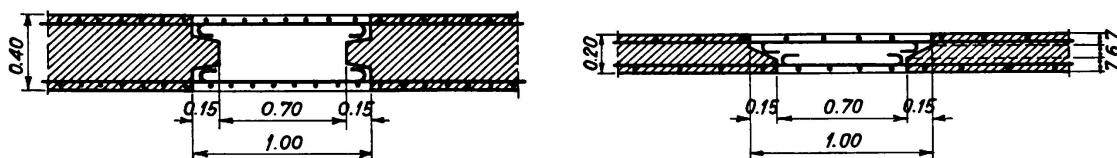


Fig. 3.

Wasserbehälter Krapfenwaldl. Arbeitsfuge in der Wand und in der Decke.

Durch die Einschaltung dieser zielbewußten Baudehnfugen konnten die schädlichen Einflüsse der im jungen Beton am stärksten auftretenden Schwindung vermieden werden und da überdies vor der Ausfüllung dieser Fugen die fertigen Bauteile soweit als möglich eingeschüttet wurden, blieb auch der größte Teil des Einflusses der Tragwerkssetzungen auf die Einzelbauteile beschränkt. Es war durch die Anordnung dieser Baudehnfugen möglich, den Behälter ohne bleibende Dehnfugen (Dauerdehnfugen) auszuführen. Rechnet man nach der Methode des stellvertretenden Rahmens nach dem Festpunktverfahren die Biegemomente und Beanspruchungen, welche in dem Tragwerk bei Wärmeänderungen von  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$  entstehen, so erhält man die in Tafel I angegebenen Werte.

Die Voraussetzungen für die Rahmenberechnung und der Momentenverlauf ist in Fig. 4 dargestellt.

Dieser erhebliche Einfluß der Wärmewirkungen erklärt sich aus der Größe des Tragwerkes und der verhältnismäßig geringen Schlankheit der Vierkantsäulen. Bei einer mittleren Höhe von  $h = 5,58 \text{ m}$  und einer Stärke von  $d = 42 \text{ cm}$  ist das Schlankheitsverhältnis der Säulen  $\frac{h}{d} = \frac{558}{42} = 13,3$ .

Aus der Betrachtung über die Verformung eines Rahmens ohne Berücksichtigung der Verbiegung der Balken lassen sich bei gleicher Säulenschlankheit,

die durch die Verlängerung des Balkens in den unten fest eingespannt gedachten Säulen entstehenden Kräfte und Spannungen entsprechend Fig. 5 berechnen.

$$\frac{H_n \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^3}{3 \cdot E \cdot J_s} = \frac{H_n \cdot h}{2} \frac{\left(\frac{h}{2}\right)^2}{3 \cdot E \cdot J_s} = \frac{\Delta e}{2} = \frac{w \cdot \Delta t \cdot L}{4}$$

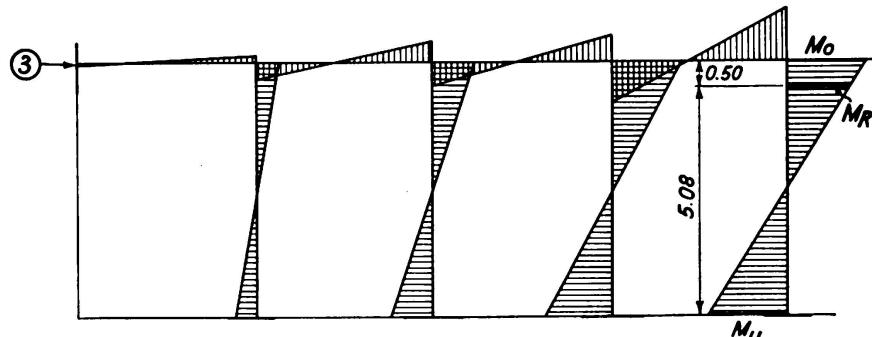
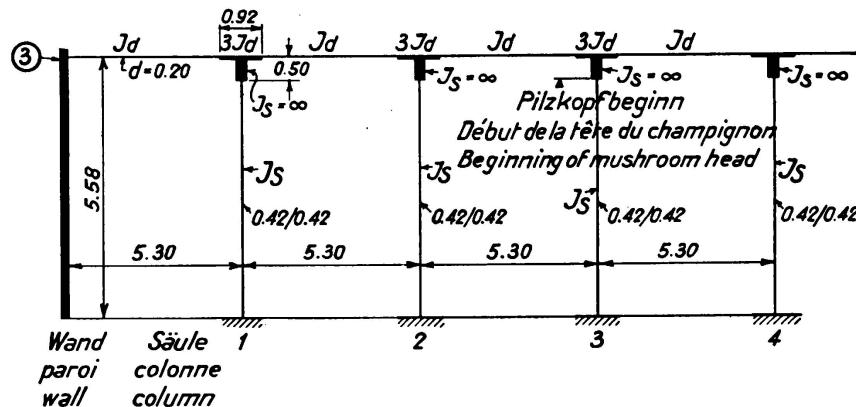


Fig. 4.

Wasserbehälter Krapfenwaldl.

- 3) Festhaltung, Wand  $\infty$  steif angenommen,  $M_o$ ,  $M_R$ ,  $M_u$ .

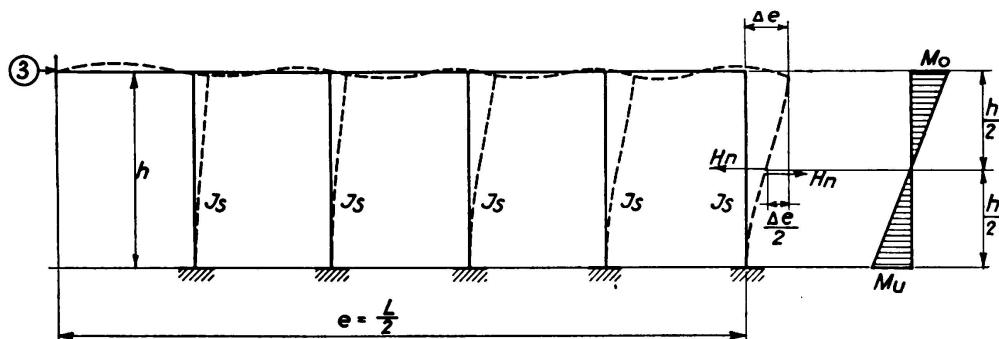


Fig. 5.

Wasserbehälter Krapfenwaldl.

- 3) Festhaltung, Wand  $\infty$  steif angenommen,  $M_o$ ,  $M_R$ ,  $M_u$ .

Mit  $M = \frac{H_n \cdot h}{2}$  ist nach Stadium I,  $E_{bz} = E_{bd} = 210\,000 \text{ kg/cm}^2 = E$  und ohne Berücksichtigung der Eiseneinlagen:

$$M = \frac{H_n \cdot h}{2} = \frac{2 J_s}{d} \cdot \sigma_b \quad \text{und} \quad \frac{2 J_s}{d} \cdot \sigma_b = \frac{w \cdot \Delta t \cdot L}{4} \frac{3 \cdot E \cdot J_s}{\left(\frac{h}{2}\right)^2}$$

woraus  $\sigma_b = \frac{d \cdot w \cdot \Delta t \cdot L \cdot 3 \cdot E \cdot J_s}{4 \cdot 2 \cdot J_s \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2} = \frac{3}{2 \cdot h^2} d \cdot w \cdot \Delta t \cdot E \cdot L.$

Für:  $h = 5,58 \text{ m}$ ,  $d = 0,42 \text{ m}$ ,  $L = 2 \cdot 4 \cdot 3,90 \text{ m} = 31,20 \text{ m}$ ,  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$ ,  $w = 0,00001$ ,  $E = 210\,000 \text{ kg/cm}^2$  wird  $\sigma_b = \frac{3}{2 \cdot 558^2} \cdot 42 \cdot 0,00001 \cdot 10 \cdot 210\,000 \cdot 3120 = 13,2 \text{ kg/cm}^2$  gegenüber  $\sigma_b = 13 \text{ kg/cm}^2$  nach der genauen Rahmenberechnung (Fig. 4, Tafel I). Die Größenordnungen der im Tragwerk entstehenden Beanspruchungen durch die Wärmeänderungen lassen sich sonach durch diesen näherungsweise für solche Tragwerkssysteme geltenden Ansatz erfassen (siehe weiters S. 6).

#### Tafel I.

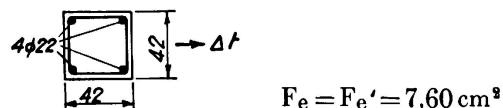
##### Wasserbehälter Krapfenwaldl.

In den Säulen durch eine Wärmeänderung von  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$  entstehenden Biegemomente und Beanspruchungen (gerechnet nach Zustand II: vollständig ausgeschaltet gedachte Betonzugzone

$$\text{und } n = \frac{E_e}{E_b} = 15.$$

Entfernung von der als feststehend angenommenen Außenwand		Säule 1 3,90	2 7,80	3 11,70	4 15,60 m
Biegemoment in der Tragwerksachse	$M_o$	0,480	0,968	1,514	1,703
Biegemoment am Pilzkopfbeginn	$M_R$	0,398	0,800	1,250	1,410

Querschnittsabmessungen und Bewehrung der Säulen am Pilzkopfbeginn



$$F_e = F_{e'} = 7,60 \text{ cm}^3$$

$$d = 42 \text{ cm} \quad h = 39 \text{ cm} \quad x_{II} = 10,62 \text{ cm} \quad J_{II} = 115356 \text{ cm}^4$$

Betondruckspannungen infolge $M_R$	3,7	7,4	11,5	13,0 $\text{kg/cm}^2$
Eisenzugspannungen infolge $M_R$	147	296	462	520 $\text{kg/cm}^2$

### Wasserbehälter Lainz.<sup>4</sup>

Dieser derzeit bei Wien im Lainzer Tiergarten im Bau befindliche Wasserbehälter, welcher nach Wissen des Verfassers der größte geschlossene Trinkwasserbehälter der Welt wird, besitzt eine Grundfläche von 25 000 m<sup>2</sup>, eine mittlere Höhe von 6,85 m und einen Fassungsraum von 144,000 m<sup>3</sup>. Eine 35 cm starke durchgehende Mittelwand teilt den Behälter in 2 voneinander unabhängige Behälterkammern A und B. Die Anordnung des Tragwerkes (Pilzdecke) im Grundriß und im Schnitt ist in den Fig. 6 und 11 ersichtlich. Die Grundlage für die Ausbildung des Behälters bildete die im Entwurf bereits fertiggestellte 4. Ausgabe der Österreichischen Eisenbetonnorm B 2302. Das Bauwerk verdient außer seiner wassertechnischen Bedeutung auch bezüglich seiner baulichen Gestaltung und Durchbildung ganz besondere Beachtung.

Die zulässige Betondruckbeanspruchung nach Stadium II (vollständig ausgeschaltet gedachte Betonzugzone) mit  $n = \frac{E_e}{E_b} = 15$  berechnet, ist:

$$\sigma_{bd\ zul} = \frac{W_b 28}{3}$$

jedoch höchstens

für die Behälterwände ( $d = 35 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$ ) . . . . .	80 kg/cm <sup>2</sup>
„ „ Fußplatten ( $d = 45 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$ ) . . . . .	100 „
„ „ Decke ( $d = 25 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$ )	
beim Belastungsfall I . . . . .	80 „
beim Belastungsfall II, $80 \cdot 1,20 =$ . . . . .	96 „
„ „ Säulen ( $d = 45 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$ )	
beim Belastungsfall I . . . . .	100 „
beim Belastungsfall II, $100 \cdot 1,20 =$ . . . . .	120 „

Die zulässige Stahlspannung nach Stadium II (vollständig ausgeschaltet gedachte Betonzugzone) mit  $n = \frac{E_e}{E_b} = 15$  berechnet ist:

beim Belastungsfall I für Stahl St. 37,11 . . . . .	1200 kg/cm <sup>2</sup>
für Isteigstahl $1500 \cdot 1,10 =$ . . . . .	1800 „
beim Belastungsfall II für Stahl 37,11 : 1200 · 1,25 . .	1500 „
für Isteigstahl $1500 \cdot 1,10 =$ . . . . .	2000 „

Für die Standberechnung der Außenwände wurden folgende Belastungsfälle in Betracht gezogen:

1. Behälter leer, voller Erddruck, Decke feldweise abwechselnd ohne Überschüttung und mit Überschüttung + Verkehrslast belastet.

<sup>4</sup> Der Bau des Wasserbehälters im Lainzer Tiergarten von Oberstadtbaudrat Dr. Ing. R. Tillmann. Zeitschrift d. Ö.I.A.V. 1936, Heft 21/22. Der zur Ausführung gelangende Ausschreibungsentwurf wurde auf Grund des von Hofrat Professor Dr. Ing. R. Saliger verfaßten Entwurfs für den Wasserbehälter Krapfenwaldl erstellt. Die Bauleitung führt in der M.-Abt. 27 (Städtische Wasserwerke) Oberstadtbaudrat Dr. Ing. R. Tillmann und Baurat Ing. Zaubeck. Die Ausführung obliegt der von Professor Dr. Ing. R. Saliger und Dr. Ing. F. Pongratz beratenen Arbeitsgemeinschaft für den Bau des Wasserbehälters im Lainzer Tiergarten, welche aus nachstehenden Bauunternehmungen besteht: Allgemeine Baugesellschaft A. Porr; Universale Redlich & Berger, Bau-A.-G.; Bauunternehmung H. Rella & Co.; Bauunternehmung F. Swittalek's Wwe.; Bauunternehmung G. & W. Gröger.

2. Behälter voll, halber Erddruck, Decke feldweise abwechselnd ohne Überschüttung und mit Überschüttung + Verkehrslast belastet.

Für die Berechnung der *Decken und Säulen* wird

im Lastfall I die ungünstigste Wirkung von

Eigengewicht + volle Überschüttung  
Erddruck  
Wasserdruck  
Verkehrslast (Schneelast)  
 $\Delta t = \pm 10^\circ C$

im Lastfall II die ungünstigste Wirkung von

Eigengewicht + Halbe Überschüttung  
Erddruck  
Wasserdruck  
Verkehrslast (Halbe Überschüttung + Schneelast)  
 $\Delta t = \pm 10^\circ C$

berücksichtigt.

Im Hinblick darauf, daß das zufließende Wasser den Behälter in längstens 17 Stunden durchströmt ist eine 50 cm starke Erdüberschüttung zur Isolierung des Wasserbehälters ausreichend.

Eine Ausführung des Tragwerkes ohne Dehnfugen, jedoch wie beim Wasserbehälter Krapfenwaldl, war hier infolge der großen Ausdehnung des Behälters (rund 25 000 m<sup>2</sup> Grundfläche) nicht möglich.

Die Berechnung der Beanspruchungen in der vorhin erwähnten näherungsweisen Art (Fig. 5) ergibt für

$$\begin{aligned} h &= 6,85 \text{ m} & w &= 0,00001 \\ d &= 0,42 \text{ m} \\ \Delta t &= 10^\circ C & E &= 210\,000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{bei } L = 182,55 \text{ m}, \sigma_b = \frac{3}{2 h^2} \cdot d \cdot w \cdot \Delta t \cdot E \cdot L = \frac{3}{2 \cdot 685^2} \cdot 42 \cdot 0,0001 \cdot 10 \\ \cdot 210000 \cdot 18255 = 52 \text{ kg/cm}^2$$

beziehungsweise bei  $L = 159,65 \text{ m} \dots \sigma_b = 45 \text{ kg/cm}^2$  und zeigt, daß die Anordnung von bleibenden Dehnfugen (Dauerdehnfugen) unerlässlich ist. Die Anzahl der erforderlichen bleibenden Dehnfugen konnte jedoch bei gleichzeitiger Anordnung von Baudehnfugen (ähnlich wie beim Bau des Wasserbehälters Krapfenwaldl) erheblich verringert werden, was eine Verminderung der Baukosten wie auch eine Verminderung der späteren Erhaltungskosten in sich schließt.

Die gewählte Anordnung der Baudehnfugen und der Dauerdehnfugen ist in Fig. 6 ersichtlich. Der größte Abstand der Dauerdehnfugen beträgt rd. 40 m und diesem entspricht nach der Näherungsrechnung (Fig. 6) für  $\Delta t = 10^\circ C$  eine Betonbeanspruchung von

$$\sigma_b = 11 \text{ kg/cm}^2.$$

In den Baudehnfugen sind die einzelnen Bauteile vollständig bis zum Unterbeton getrennt und die Bewehrungseisen der Decke, sowie die Verteilereisen der Wand

greifen von beiden Seiten entsprechend weit ein, laufen jedoch nicht durch, so daß ungünstige Vorspannungen im Stahl und im Beton vermieden werden.

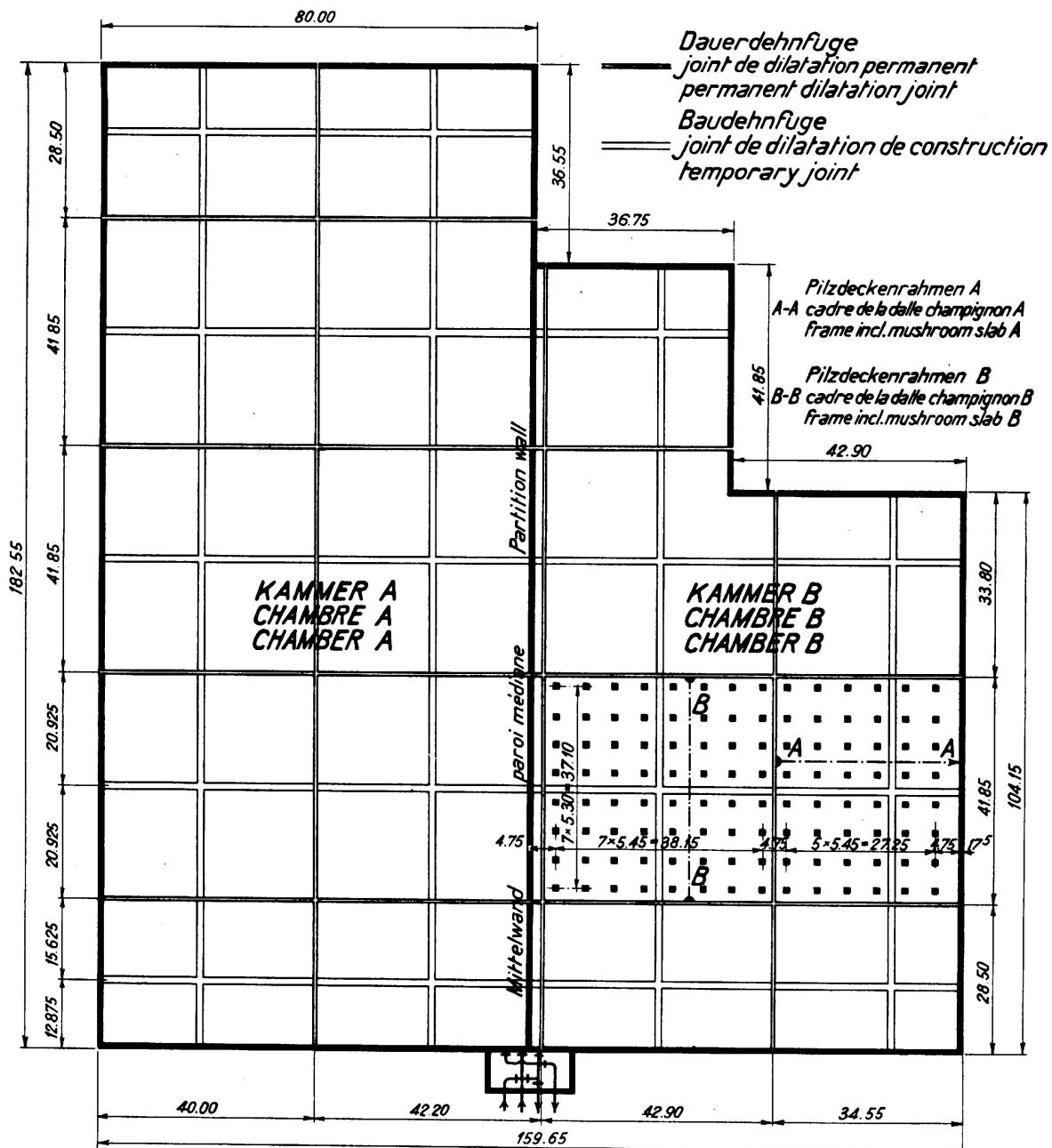


Fig. 6.

Wasserbehälter Lainzer Tiergarten. Grundriß.

Die Ausbildung der Baudehnfugen in der Wand und in der Decke ist in der Fig. 7 ersichtlich.

Ebenso wie beim Wasserbehälter Krapfenwaldl bleiben die Baudehnfugen offen bis die Erdaufschüttung auf die Decke und seitlich an die Wand, bei sorgfältiger Absteifung des Tragwerkes, durchgeführt ist.

Mindestens jedoch sollen die Arbeitsfugen 6 Monate hindurch offen bleiben, damit sich alle verschiedenen schädlichen Einflüsse (Schwindung, ungleiche

Setzung der einzelnen Bauglieder u. s. f.) schon vor ihrer Schließung auswirken können.

Der bei der Betonierung der Baudehnfugen zu verwendende Beton soll die gleiche Zusammensetzung wie der des anschließenden Tragwerkes besitzen.

Bei den Baudehnfugen der Außenwände sind halbkreisförmige Arbeitsschächte (Fig. 7) vorgesehen die in Trockenmauerwerk ausgeführt werden und auch nach der Fertigstellung des Bauwerks zugänglich bleiben, damit stets eine Kontrollmöglichkeit vorhanden ist.

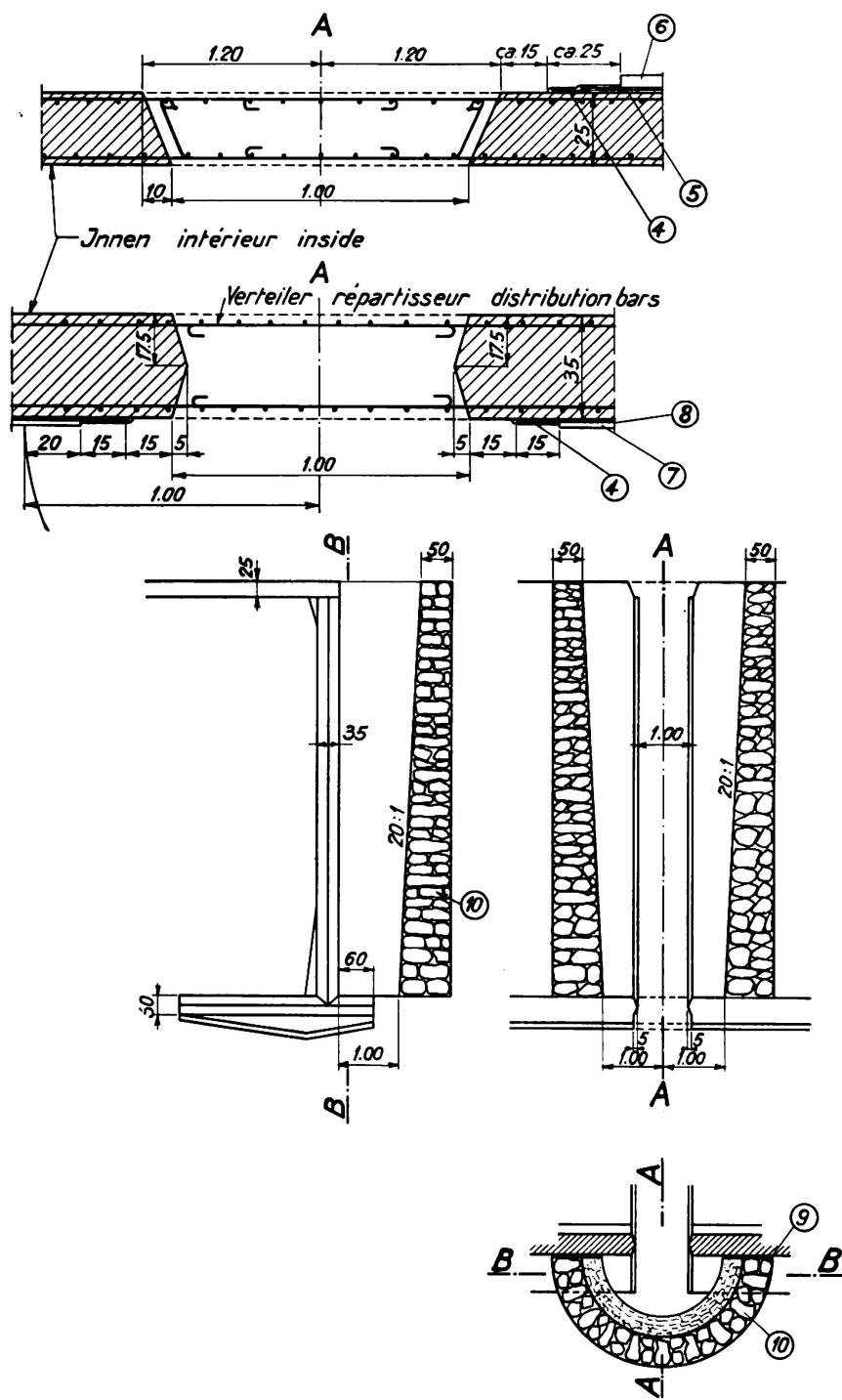


Fig. 7.  
Wasserbehälter  
Lainzer Tiergarten.

- 4) aufgeklebte Dachpappe
- 5) Horiz. Isolierung (2Dachpappenlagen)
- 6) Schutzbeton 4 cm stark
- 7) Verputz
- 8) Vertikale Isolierung
- 9) Doppelte Dachpapplage
- 10) Trockenmauerwerk

Die Ausbildung der Dauerdehnfugen samt der vorgesehenen Isolierung zeigt die Fig. 8.

Bei den Dauerdehnfugen der Außenwände werden rechteckige Kontrollsäume angeordnet und unter den Dauerdehnfugen ist eine ordentliche Drainage vorgesehen (Fig. 8), um eine Durchfeuchtung des Bodens auf jeden Fall zu verhindern. Da der anstehende Blocklehm bei Wasserzutritt quillt und schließlich ganz aufweicht, war bei der Anordnung der Dehnfugen auch die Beschaffenheit des Bodens zu berücksichtigen.

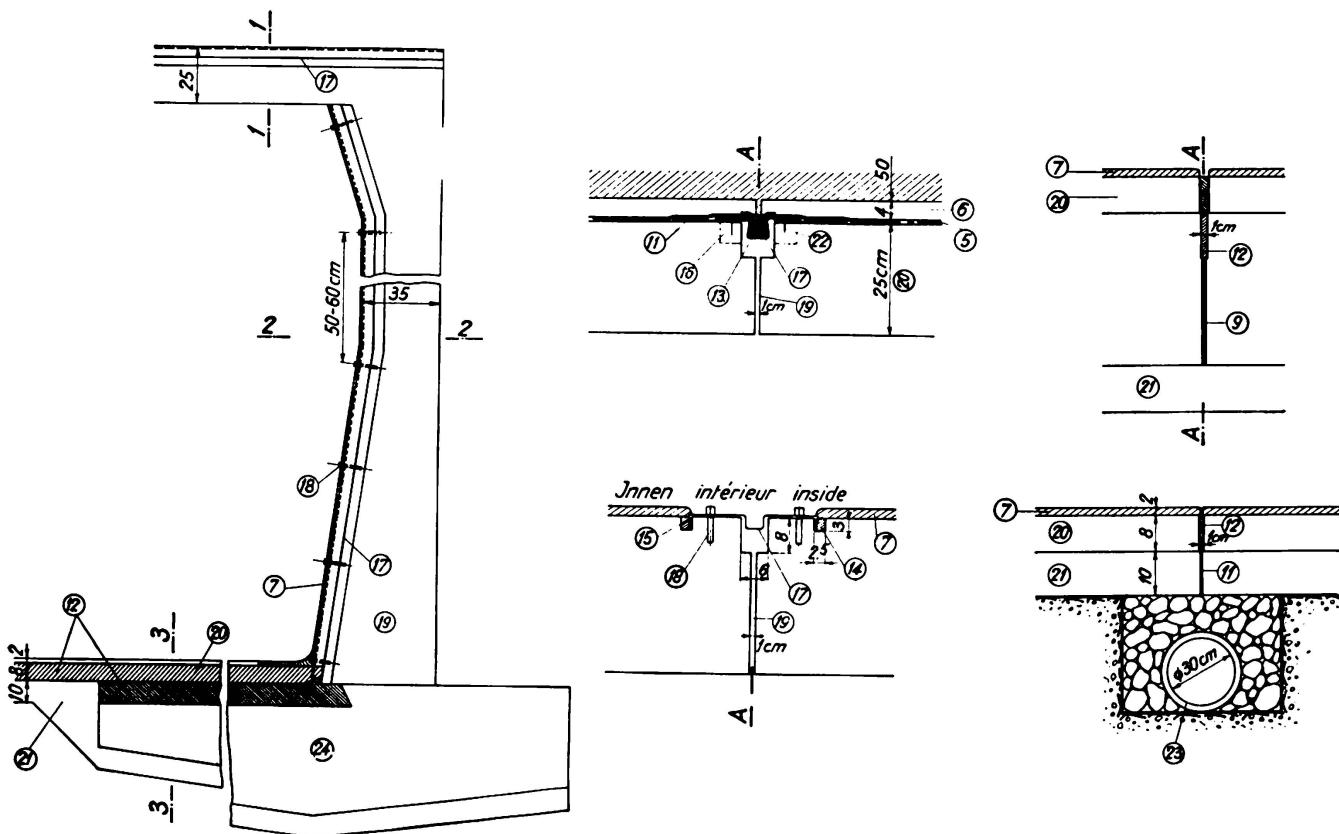


Fig. 8.  
Wasserbehälter Lainzer Tiergarten.

- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 11) Dachpappe                    | 18) Cu-Schrauben                     |
| 12) Asphaltverguß                | 19) Fuge                             |
| 13) Asphaltkitt                  | 20) Eisenbetonplatte                 |
| 14) mit Zementmörtel ausgegossen | 21) Unterbeton                       |
| 15) geteilter Hanfstrick         | 22) Nagel oben verlötet              |
| 16) Holzdübel                    | 23) Drainage-Tonröhre                |
| 17) Cu-Blech                     | 24) Fuge mit Dachpappenzwischenlage. |

Durch die Teilung des Tragwerkes des Behälters mittels der bleibenden Dehnfugen entstehen zwei grundsätzliche Arten von Rahmentragwerken:

Das Rahmentragwerk A, ein 5 bis 7 Feldrahmen mit 5 bis 7 Säulen (42 cm Geviertquerschnitt), einer festen Wand (entweder Außenwand oder Mittelwand) und einer oben durchlaufenden Pilzdecke (Fig. 6).

Das Rahmentragwerk B, ein 7 Feldrahmen mit 8 Säulen (42 cm Geviertquerschnitt) und einer oben durchlaufenden Pilzdecke (Fig. 6).

Jedes dieser Rahmentragwerke wurde mittels des Festpunktverfahrens als Pilzdeckenrahmen mit unten voll eingespannten Stützen berechnet. Als Breite des betrachteten Rahmentragwerkes ist jeweils die Breite eines ganzen Feldes eingeführt.

Die Aufteilung der errechneten Biegemomente auf die Feld- und Gurtstreifen wurde entsprechend den Österreichischen Eisenbetonvorschriften vorgenommen.

Die in den Rahmentragwerken A und B infolge einer Temperaturänderung von  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$  entstehenden Biegemomente und Beanspruchungen sind samt den grundlegenden Berechnungsannahmen in den Tafeln II und III und der Fig. 9 angegeben.

Einen Vergleich für die Empfindlichkeit des Tragwerkes des Wasserbehälters im Lainzer Tiergarten zu jenem des Wasserbehälters Krapfenwaldl geben die durch die Temperaturänderung von  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$  in einer bestimmten Entfernung von der als feststehend betrachteten Wand, hervorgerufenen Spannungen:

Wasserbehälter Krapfenwaldl (Fig. 4):

$$\begin{aligned} \text{für } \frac{L}{2} &= 15,60 \text{ m} && \text{ist nach Tafel I} \\ M_R &= 1,410 \text{ tm} \\ \sigma_b &= 13,0 \text{ kg/cm}^2 \text{ und} \\ \sigma_e &= 520,0 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Wasserbehälter im Lainzer Tiergarten (Fig. 9, Rahmen A):

$$\begin{aligned} \text{für } \frac{L}{2} &= 15,65 \text{ m} && \text{ist nach Tafel II} \\ M_R &= 1,210 \text{ tm} \end{aligned}$$

bei gleichen Säulenabmessungen und Bewehrungen wie beim Wasserbehälter Krapfenwaldl wird

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 11,1 \text{ kg/cm}^2 \text{ und} \\ \sigma_e &= 446,0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

und bei den tatsächlich ausgeführten Bewehrungen bei gleichen Säulenabmessungen

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 8 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_e &= 248 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Die Möglichkeit schlanker zu konstruieren umfaßt sonach gleichlaufend die Möglichkeit, in gewissen Grenzen die Dehnfugenentfernungen vergrößern zu können, doch darf dieser Einfluß nicht ohne genauen theoretischen Nachweis überschätzt werden.

Nachstehend seien nun die Einflüsse der, beginnend in den Punkten 1—6, erwähnten Fortschritte bezüglich der Verbesserung der Betongüte, des Bewehrungsstahles und der genauen theoretischen Kenntnisse auf die Rißgefahr und die Dehnfugenentfernung im Eisenbetonbau besprochen.

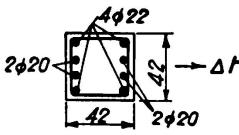
Außer dem einen Vorteil, durch die neuzeitliche und zielbewußte Betonbildung die Beanspruchungen erhöhen zu können, wodurch sich die Querschnittsabmes-

## T a f e l II.

## Wasserbehälter im Lainzer Tiergarten.

In den Säulen des Rahmens A durch eine Wärmeänderung von  $\Delta t = 10^0 \text{ C}$  entstehenden Biegemomente und Beanspruchungen (gerechnet nach Zustand II: vollständig ausgeschaltet gedachte

$$\text{Betonzugzone und } n = \frac{E_e}{E_b} = 15).$$

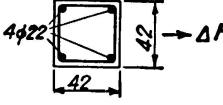
Entfernung von der als feststehend angenommenen Außenwand		Säule 1 4,75	2 10,20	3 15,65	4 21,10	5 26,55	6 32,00 m
Biegemoment in der Tragwerksachse	$M_o$	0,440	0,937	1,450	1,912	2,561	2,518 tm
Biegemoment am Pilzkopfbeginn	$M_R$	0,365	0,776	1,210	1,595	2,130	2,080 tm
Querschnittsabmessungen und Be- wehrung der Säulen am Pilzkopfbeginn							 $F_e = F_{e'} = 13,88 \text{ cm}^2$ $d = 42 \text{ cm} \quad h = 39 \text{ cm} \quad x_{II} = 12,77 \text{ cm} \quad J_{II} = 192784 \text{ cm}^4$
Betondruckspannungen infolge $M_R$		2,4	5,0	8,0	10,5	14,1	13,8 kg/cm <sup>2</sup>
Eisenzugsspannungen infolge $M_R$		75	157	248	326	435	426 kg/cm <sup>2</sup>

## T a f e l III.

## Wasserbehälter im Lainzer Tiergarten.

In den Säulen des Rahmens B durch eine Wärmeänderung von  $\Delta t = 10^0 \text{ C}$  entstehenden Biegemomente und Beanspruchungen (gerechnet nach Zustand II: vollständig ausgeschaltet gedachte

$$\text{Betonzugzone und } n = \frac{E_e}{E_b} = 15).$$

Entfernung von der Tragwerksmitte		Säule 1 2,65	2 7,95	3 13,25	4 18,55 m
Biegemoment in der Tragwerksachse	$M_o$	0,252	0,717	1,296	1,470 tm
Biegemoment am Pilzkopfbeginn	$M_R$	0,210	0,595	1,080	1,215 tm
Querschnittsabmessungen und Be- wehrung der Säulen am Pilzkopfbeginn					 $F_e = F_{e'} = 7,60 \text{ cm}^2$ $d = 42 \text{ cm} \quad h = 39 \text{ cm} \quad x_{II} = 10,62 \text{ cm} \quad J_{II} = 115356 \text{ cm}^4$
Betondruckspannungen infolge $M_R$		1,9	5,5	10,0	11,2 kg/cm <sup>2</sup>
Eisenzugsspannungen infolge $M_R$		77	220	397	446 kg/cm <sup>2</sup>

sungen verringern, birgt diese Art der Betonherstellung noch zwei weitere Vorteile in sich:

- Durch die erhöhte Gleichmäßigkeit des Betons wird die Rißgefahr bedeutend verringert, da schwache Stellen (Nester oder dergleichen) auf ein Mindestmaß gebracht werden oder überhaupt nicht vorkommen.
- Durch die modernen Rüttelverfahren kann der Zementzusatz und die Wasserbeigabe erheblich geringer gehalten werden und außerdem wird der Luftgehalt des Frischbetons hierdurch vermindert.

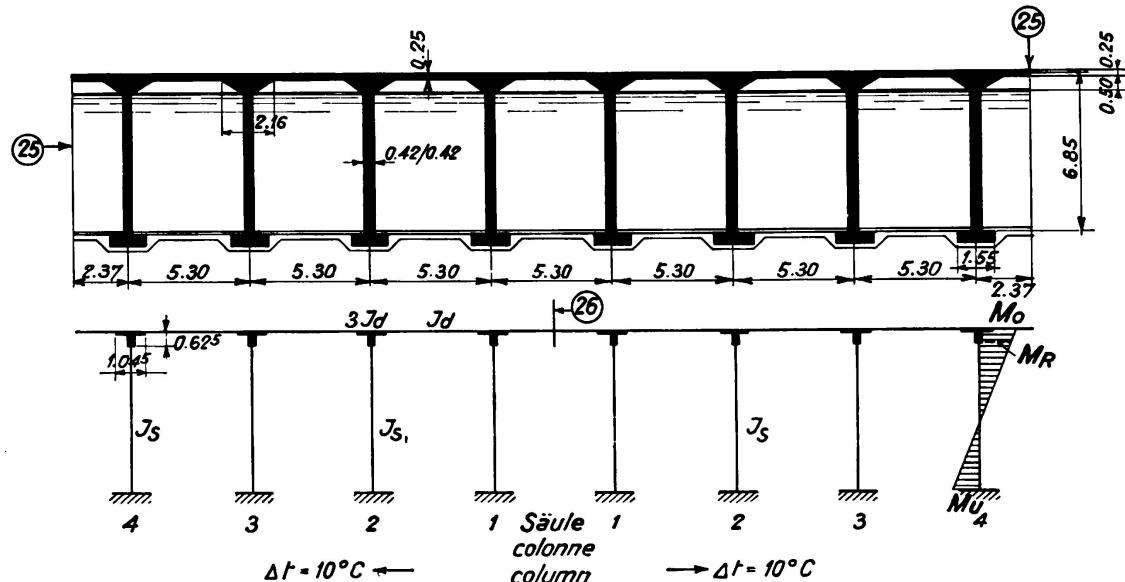
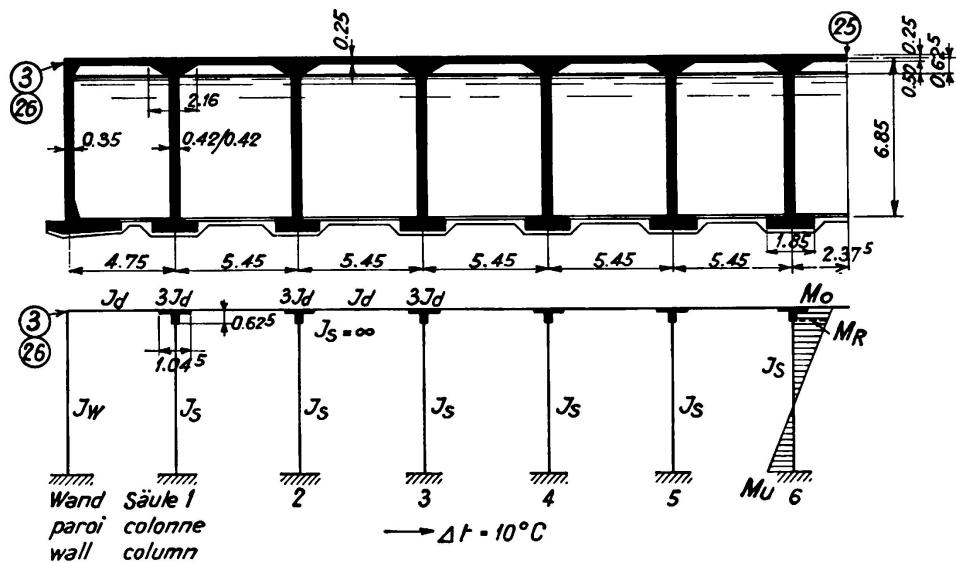


Fig. 9.

Wasserbehälter Lainzer Tiergarten.

25) Dauerdehnfuge

26) Festhaltung für Wärmeänderungen  $M_o$ ,  $M_R$ ,  $M_u$ .

Beim Bau des „Wasserbehälters Krapfenwaldl“ wurde Gußbeton aus gewöhnlichem Grubenschotter und 350 kg Zement je  $1 \text{ m}^3$  Fertigbeton verarbeitet und die Einbringung desselben erfolgte in der bisher bauüblichen Weise.

Bei dem „Wasserbehälter im Lainzer Tiergarten“ erfolgt die Beigabe der Zuschlagstoffe nach Gewicht und in getrennten Körnungen. Die Zementmenge wurde auf Grund eingehender Vorversuche und mit Rücksicht auf die Verarbeitung mit Rüttelgeräten auf 240—270 kg je  $1 \text{ m}^3$  Fertigbeton festgesetzt.

Durch die Herstellung von Betongemengen von hoher Gleichmäßigkeit und geringem Zementgehalt wird der Einfluß der Schwindspannungen stark verringert. Die Dehnfugenentfernung kann daher in derart ausgeführten Tragwerken entsprechend größer gehalten werden, oder bei Einhaltung der bisher üblichen Fugenentfernungen wird die Rißsicherheit erhöht.

Weiters liegt in der Verwendung von Stählen von hoher Streckgrenze, oder von Stählen ohne ausgeprägte Streckgrenze, kurz zusammenfassend hochwertige Stähle genannt, eine weitere Entwicklungsmöglichkeit.

Eine Konzentration von stärkeren Eisendehnungen und damit die vorzeitige Bildung von klaffenden Rissen wird hiedurch vermieden.

Die Bestimmung der Rißtiefen bei einer von Professor Dr. Ing. *R. Saliger* in Wien durchgeführten Versuchsreihe an Balken mit verschiedener Stahlbewehrung<sup>5</sup> wurde von Dr. Ing. *Jonas Kuodis* mittels dünnflüssiger Farblösungen (vierprozentige Nigrosin Farbenlösung in Alkohol absolutus) durchgeführt und die Ergebnisse in seiner Dissertationsarbeit<sup>6</sup> beschrieben.

Den Schlußfolgerungen entsprechend gehen die bei einem ruhigen Belastungsversuch auftretenden Risse nicht durch den ganzen Balkenquerschnitt, sondern verteilen sich entsprechend Fig. 10. Das Ergebnis des Färbungsversuches am

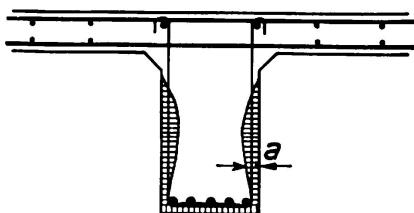


Fig. 10.

Rißtiefen a in Eisenbetonbalken.

Balken 54 a des Professor Dr. Ing. *R. Saliger*'schen Versuchsbalken bei Riß 5 zeigt die Fig. 11. Die Farbe wurde bei dem Versuch bis zum Stillstand der Farbenaufnahmefähigkeit des Risses einwirken gelassen.

Die Berücksichtigung des tatsächlichen Rißverlaufes im Innern der Eisenbetonquerschnitte, der auf Grund der bisher vorliegenden Arbeiten durch eingehende große Versuchsreihen noch genauer zu erforschen ist, gibt sowohl für die Bemessungsweise der Tragwerke wie auch für deren konstruktive Gestaltung neue Richtlinien.

Eine Verringerung der Rißgefahr kann weiters dadurch erreicht werden, daß die Dehnfähigkeit und Zugfestigkeit des Betons gesteigert wird. Jeder Fortschritt in dieser Hinsicht bringt dann zwangsläufig auch einen Fortschritt in der Gestaltungsmöglichkeit mit sich.

<sup>5</sup> Versuche mit stoßweise belasteten Eisenbetonbalken von Professor Dr. Ing. *R. Saliger*. Technische Hochschule Wien. — Versuchsbericht in Ausarbeitung.

<sup>6</sup> Noch nicht veröffentlicht.



Fig. 11.

Praktische Bestimmung der Rißtiefen in Eisenbetonbalken durch einen Färbungsversuch.

Ein Bauwerk, bei welchem sich die Anordnung von plangemäßen Baudehnfugen während der Herstellung besonders bewährt hat, war jenes der neuen *Großmarkthalle in Ploesti* (Fig. 12).<sup>7</sup>

Die Baudehnfugen hatten hiebei außer der Aufgabe der Ausschaltung der Schwindspannungen noch den besonderen Zweck, Zugkräfte von der Decke fernzuhalten, denn ohne besondere Maßnahmen würde die Kuppelplatte mit ihren Kämpferbalken, die ringsumlaufenden Deckenunterzüge, sowie die Decken selbst für die Bogentragwerke der Kuppel als Zugband wirken.

Die Grundbedingung für die voraussetzungsgemäße Wirkung von bleibenden Dehnfugen ist die freie Beweglichkeit derselben. Wenn das Tragwerk durch vollständig durchlaufende Fugen in zwei von einander unabhängige Tragwerksteile getrennt wird, ist die freie Beweglichkeit am besten und sichersten gewährleistet.

Bei Tragwerken mit Einhängträgern ist der Ausbildung der Bewegungslager weitgehendste Sorgfalt zu widmen.

Vor Ausführungen von *Stahl-Gleitlagern* sei hier sowohl im Hochbau als auch im Brückenbau gewarnt. Nicht nur, daß die gleitende Reibung von Stahl auf Stahl schon bei trockenen glatten Flächen 44 % des Auflagerdruckes beträgt,<sup>8</sup> wird dieser Wert durch Anrostungen fast stets erheblich vergrößert und dadurch die Wirkungsweise solcher Lager in Frage gestellt. Risse in den Konsolen oder im Tragwerk selbst sind die Folge.

<sup>7</sup> Die neue Großmarkthalle in Ploesti von Professor Dr. Ing. R. Saliger und Dr. Ing. F. Baravalle. — Der Bauingenieur 1933, Heft 21/22.

<sup>8</sup> Zahlen für Jedermann von Dr. Hermann von Baravalle. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Wo *Bewegungslager erforderlich sind, sollen ordentliche Rollenlager ausgeführt werden* und alles dafür vorgesehen werden, daß die Reinigung und eventuelle Neueinrichtung der Walzen durch eine Hebung des Tragwerkes leicht möglich ist. Die Reibungskraft von 0,2—0,6 % des Auflagerdruckes ist jedoch auch hier unbedingt zu berücksichtigen und für deren Aufnahme in den verschiedenen Tragwerksteilen entsprechend Sorge zu tragen.

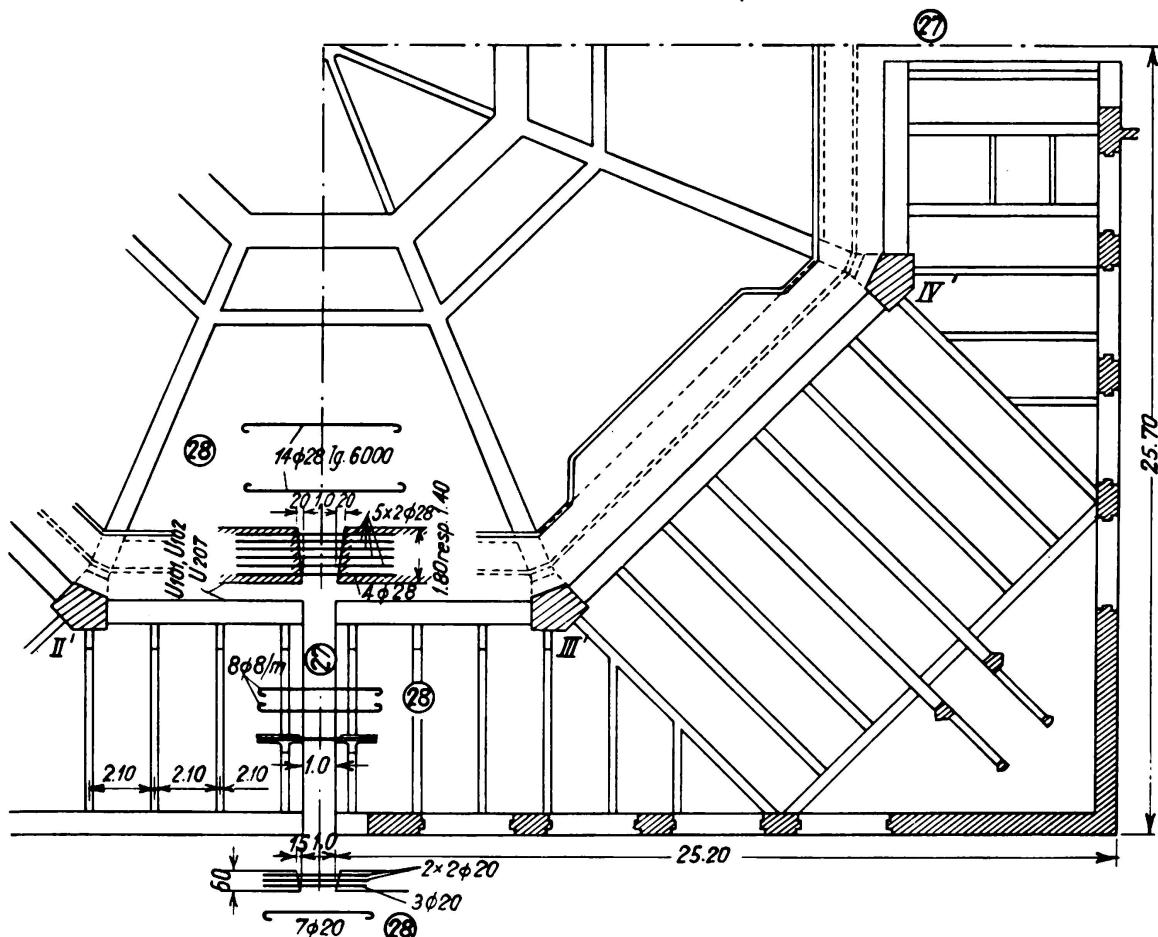


Fig. 12.

Großmarkthalle in Ploesti.

27) 1 m breite Fuge      28) Zulageeisen

Einen großen Einfluß auf die Bewegungsmöglichkeit und daher auch auf die Entfernung der Dehnfugen hat die Bodenreibung und die Bodennachgiebigkeit bei Stütz- und Futtermauern, sowie bei Streifenfundamenten oder Grundplatten. Durch Einschaltung von genügend starken Sandschichten unter und neben den Betonkörpern kann eine größere Entfernung der Dehnfugen möglich werden, doch ist diese Ausführungsart nur bei solchen Bodenarten zulässig, wo ein dauernder Bestand dieser Sandschichte sicher ist. Die Vornahme von Versuchen über die Abhängigkeit der Dehnfugenentfernung von der Bodengattung und die praktische Beeinflussbarkeit derselben wäre eine wichtige Frage, die besonders bei den derzeitigen großen Straßenbauten von Bedeutung ist.

Bei allen theoretischen und praktischen Untersuchungen ist es jedoch un-

erlässlich die Zeitdauer der Schwindvorgänge und der Wärmeschwankungen zu ermitteln.

Von Ingenieur *Karl Fischer* (Stadtbauamt Wien) wurde der Temperaturverlauf in einer 1 m starken Betonwand unmittelbar nach der Betonierung festgestellt (Tafel IV). Ein Kubikmeter Beton enthielt 470 kg frühhochfesten Portlandzement. Daraus geht hervor, daß bei baumäßigen Tragwerksabmessungen schon nach wenigen Stunden der Höhepunkt der Erwärmung des Betons durch den Abbinde- und Erhärtungsvorgang erreicht ist und daß sich dann die Betontemperatur langsam der Außentemperatur angleicht. Ähnlich wie der Einfluß der Zeitdauer des Temperaturverlaufes des Frischbetons ist auch die Zeitdauer der späteren Wärmeänderungen im Tragwerke selbst zu beachten. Die Einflüsse von langsamen Temperaturänderungen und jener von raschen Wärmewechseln und deren Größe sind zusammen mit der Häufigkeit ihres Eintretens für die Wahl der Dehnfugenentfernung mit entscheidend.

Nur durch eine zielbewußte Fugenteilung, seien es Baudehnfugen oder bleibende Dehnfugen und eine Berücksichtigung aller wirkenden Kräfte lassen sich nachträgliche Schäden vermeiden und die Erkenntnisse der zielbewußten Betonforschung in theoretischer und praktischer Hinsicht sollen die neuen Richtlinien für deren Anordnung und Ausführung geben. Zwischen den planmäßigen Baudehnfugen oder den Dauerdehnfugen sollen jedoch die Tragwerke möglichst in einem Zuge ohne Unterbrechung betoniert werden, wenn hiefür auch ein mehrschichtiger Arbeitsbetrieb erforderlich ist.

T a f e l IV.

Temperaturverlauf in einer 1 m dicken Betonwand mit 470 kg frühhochfesten Portlandzement je 1 m<sup>3</sup> Beton.

Ablesezeit		Abbinde- bzw. Erhärtungszeit	Meßstelle 1	Meßstelle 2	Außen-temperatur
Tag	Stunde				
17. Okt. 1936	17 <sup>h</sup>	Ende der Betonierung	—	—	
18. Okt.	9 <sup>h</sup>	1. Tag	+ 21° C	+ 26° C	+ 12° C
	12 <sup>h</sup>		+ 40°	+ 44°	
	15 <sup>h</sup>		+ 45°	+ 47°	
	9 <sup>h</sup>		+ 40°	+ 39°	+ 9°
19. Okt.	13 <sup>h</sup> 30'	2. Tag	+ 37°	+ 38°	
	15 <sup>h</sup>		+ 37°	+ 36°	
	22 <sup>h</sup>		+ 35°	+ 34°	
	14 <sup>h</sup>		+ 28°	+ 28°	
20. Okt.	8 <sup>h</sup>	3. Tag	+ 18°	+ 18°	+ 8°
	14 <sup>h</sup>		+ 20°	+ 20°	
	19 <sup>h</sup>		+ 24°	+ 23°	
22. Okt.	8 <sup>h</sup>	5. Tag	+ 15°	—	+ 4°
23. Okt.	9 <sup>h</sup>	6. Tag	+ 15°	—	+ 5°
24. Okt.	10 <sup>h</sup>	7. Tag	+ 15°	—	+ 5°

### Zusammenfassung.

Aus der Gegenüberstellung des von der Stadt Wien in den Jahren 1923—1926 ausgeführten Wasserbehälters Krapfenwaldl und dem derzeit im Bau befindlichen größten geschlossenen Trinkwasserbehälters der Welt im Lainzer Tiergarten bei Wien wird der Einfluß der neuzeitlichen Betonbildung auf die Tragwerksteilung gezeigt. Durch die zielbewußte Herstellung hochwertigen Betons lassen sich die Querschnittsabmessungen verringern und durch die hieraus bedingte erhöhte Schlankheit der Bauwerksteile kann bei gleicher Sicherheit die Entfernung der bleibenden Dehnfugen vergrößert werden. Weiters verringert die Gleichmäßigkeit des Betons, bezüglich seiner Zusammensetzung und seiner Festigkeit, die Rißgefahr in den Tragwerken. Durch die Anwendung von hochwertigen Stählen mit hoher Streckgrenze, oder von Stählen ohne ausgesprochene Streckgrenze wird ferner die Konzentration von stärkeren Eisendehnungen und damit die vorzeitige Bildung von klaffenden Rissen vermieden.

Von besonderer Bedeutung für die Art der Dehnfugenteilung ist der zeitliche Verlauf der durch den Abbinde- und Erhärtungsvorgang bedingten Erwärmung und jener der späteren äußeren Temperatureinwirkungen.

Die zweckmäßigste Art der Massenteilung im neuzeitlichen Ingenieurbau ist die über den Vorschlag von Hofrat Professor Dr. Ing. R. Saliger beim Bau der vorgenannten Großwasserbehälter und bei vielen anderen Bauten durchgeführte Teilung durch:

1. Baudehnfugen, die nur während der Bauausführung, mindestens aber mehrere Wochen lang offen bleiben und dann zubetoniert, die einheitliche Gesamtwirkung des Tragwerks nicht mehr beeinträchtigen,
2. bleibende Dehnfugen (Dauerdehnfugen), durch welche eine dauernde Trennung der einzelnen Tragwerksteile erfolgt und dem Tragwerk das erforderliche Arbeitsvermögen gegeben wird.

Da die Baudehnfugen das Tragwerk vor den Einflüssen der ersten und stärksten Schwindung, sowie von den ersten, meist größten Setzungen bewahren, kann durch deren planmäßige Vorsorge die Entfernung der Dauerdehnfugen weiter gehalten werden als sonst, was eine Verminderung der Baukosten und der späteren Erhaltungsarbeiten zur Folge hat.

Bei einer Tragwerksteilung, welche die Verschieblichkeit der einzelnen Bauglieder durch Bewegungslager bedingt, sollen infolge der hohen Reibungswerte zwischen den Lagerplatten (44 % des Auflagerdruckes bei *trockenen glatten Stahlflächen*) nur Rollenlager vorgesehen werden. Die wirkende Reibungskraft ist bei der Bemessung der einzelnen Tragwerksteile mit 0,2—0,6 % des Auflagerdruckes zu berücksichtigen.

Eine besondere Frage bildet der Einfluß der Bodenreibung und der Bodennachgiebigkeit auf die Fugenentfernung in Stütz- und Futtermauern, sowie bei Streifenfundamenten oder Grundplatten.

Die Betrachtung der Fugenteilungen verschiedener Bauten, die angestellten Berechnungen und praktischen Überlegungen sollen die abschließend angeführten Anhaltspunkte für die Richtlinien geben, die im neuzeitlichen Eisenbetonbau für die Anordnung und Ausbildung der Dehnfugen gelten.

**Leere Seite**  
**Blank page**  
**Page vide**