

# EMPA-RICHTLINIEN

Zulässige Spannungen und Bemessung

von

bewehrten Betondecken  
mit Strahlungsheizung

System Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft,  
Winterthur

---

ZÜRICH, MAI 1949

# EMPA-RICHTLINIEN

## Zulässige Spannungen und Bemessung

von

### bewehrten Betondecken mit Strahlungsheizung

System Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft,  
Winterthur

---

Auf Grund der an zahlreichen Bauten mit Strahlungsheizung in längerem, bis zu 12 Jahren andauerndem Betrieb bisher gemachten sehr günstigen Erfahrungen,

als auch gestützt auf die günstigen Untersuchungsergebnisse der durch die Bombardierung beschädigten Decke mit Strahlungsheizung im Museum «Allerheiligen» in Schaffhausen (1936/37–1944) und sodann des bei den ausgedehnten Messungen am Neubau des Bürgerspitals Basel (1940–1943) festgestellten günstigen Verhaltens,

kann in Zukunft eine Heraufsetzung der zulässigen Spannungen für Stahl und Beton, bei voller Beachtung

der bereits im Jahre 1941 niedergelegten Grundsätze verantwortet werden, indem sowohl die Wirksamkeit der Heizrohre als mittragende Bewehrung höher eingeschätzt und auch die Streckgrenze der zusätzlichen Bewehrungs-Rundeisen entsprechend den wirklichen Werten für 25 mm nicht übersteigende Durchmesser höher eingesetzt wird.

Im Nachfolgenden werden die zulässigen Spannungen und die Bemessung von bewehrten Strahlungsheizungsdecken System Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, Winterthur, entsprechend den letzten EMPA-Richtlinien 1949 behandelt.

## Zulässige Spannungen und Bemessung von bewehrten Strahlungsheizungsdecken

EMPA-Richtlinien 1949

1. Die Sonderheizrohre von vorschriftsgemässer Stahlqualität können als Bewehrungseisen mitverwendet werden, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

Die gleichzeitig anzuordnende zusätzliche Rundeisenarmierung muss für sich allein die gesamte Belastung aufzunehmen vermögen, ohne dass die mit Ausschluss der Rohrarmierung berechnete Beanspruchung aus Eigengewicht und Nutzlast die Fließgrenze der Rundeisen überschreitet.

2. Befragt der Querschnitt der Rundeisenarmierung  $\frac{1}{n}$  des gesamten Querschnittes der Rundeisen- und Rohrarmierung zusammen, so ist als zulässige mittlere Spannung der Gesamfarmierung  $\sigma_{zul}$  – Rohre und Rundeisen zusammen – anzunehmen

für normalen Bewehrungsstahl

$$\sigma_{zul} = \left(1 + \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{n}\right) \cdot 1000 \text{ kg/cm}^2$$

für Decken bis 12 cm Stärke,

$$\sigma_{zul} = \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{n}\right) \cdot 1200 \text{ kg/cm}^2$$

für Decken über 12 cm, jedoch mindestens 16 cm Stärke,

für hochwertigen Bewehrungsstahl

$$\sigma_{zul} = \left(1 + \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{n}\right) \cdot 1000 \text{ kg/cm}^2$$

für Decken bis 12 cm Stärke,

$$\sigma_{zul} = \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{n}\right) \cdot 1200 \text{ kg/cm}^2$$

für Decken über 12 cm, jedoch mindestens 16 cm Stärke.

Die Graphikons der Abb. 38 und 39 geben über die jeweiligen zulässigen Spannungen der Gesamfarmierung – Rohre und Rundeisen – als auch der Zusatzarmierung – nur Rundeisen ohne Rohre – Aufschluss, in Abhängigkeit von der Verhältniszahl

$$n = \frac{\text{Querschnitt der Heizrohre} + \text{Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt der Zusatzarmierung}}$$

3. Für die zulässigen Spannungen des normalen und des hochwertigen Betons gelten die nachfolgenden Werte in  $\text{kg/cm}^2$ :

	Deckenstärke d	Hauptbelastungen ohne Temperatur und Schwinden		Haupt- und Zusatzbelastungen mit Temperatur und Schwinden	
		< 12 cm	> 12 cm min. 16 cm	< 12 cm	> 12 cm min. 16 cm
Normaler Beton Würfel-Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen $w\beta_d \cong 220 \text{ kg/cm}^2$	zentrisch	40	55	52	72
	am Rand	55	75	72	98
Hochwertiger Beton Würfel-Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen $w\beta_d \cong 300 \text{ kg/cm}^2$	zentrisch	55	75	72	98
	am Rand	75	105	98	136

– Abb. 44 –

Die schräge Zugspannung – Schubspannung – ist zu begrenzen

für normalen Beton mit  $\tau \leq 4 \text{ kg/cm}^2$ ,  
für hochwertigen Beton mit  $\tau \leq 5 \text{ kg/cm}^2$ .

Die zulässige rechnerische Haftspannung  $\tau_{h,zul}$  – Rohre und Rundeisen – ist für normalen und hochwertigen Beton einheitlich

auf  $\tau_{h,zul} \leq 4 \text{ kg/cm}^2$

zu begrenzen. Bei an den Enden, nach einem inneren Durchmesser von 6 Rohrdicken, umgebogenen Heizrohren – Regelfall – kann ein besonderer Haftfestigkeitsnachweis unterbleiben.

Für die Bewehrung der Strahlungsheizungs-

decken mit Heizrohren und Zusatzseisen sind die von der Temperatur herrührenden Kräfte als Hauptbelastungen zu behandeln, für die übrigen nur mit Rundeisen bewehrten Bauteile als Zusatzbelastungen zu werten.

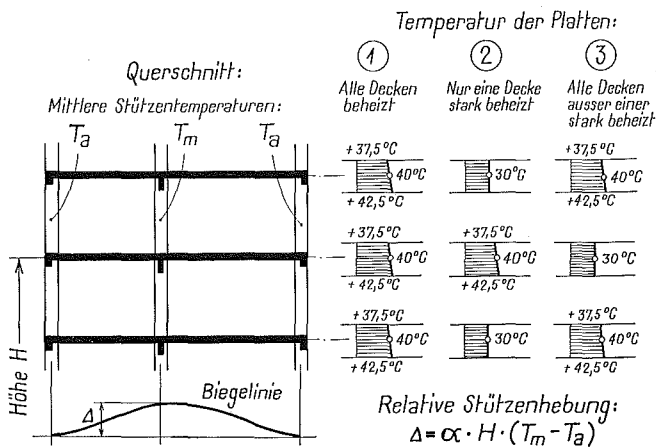
4. Die Einflüsse der Beheizung auf das Tragssystem sind unter folgenden Annahmen über die grössten Temperaturunterschiede rechnerisch zu verfolgen:

Höchste mittlere Temperatur einer beheizten Decke  $+ 40^{\circ}\text{C}$ .

Grösster Unterschied der mittleren Temperatur einer Decke gegenüber einer darunter oder darüber liegenden:

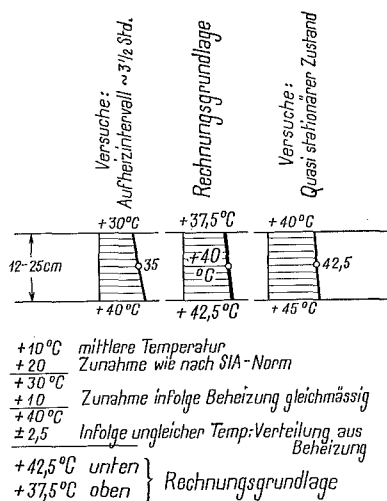
$$\Delta T = \pm 10^{\circ}\text{C}.$$

Die im Falle eines Stockwerkrahmens zu berücksichtigende Temperaturverteilung ist in der nachfolgenden Skizze dargestellt.



Grösster Temperaturunterschied innerhalb einer Decke:

$$\Delta T = + 5^{\circ}\text{C} - \text{unten wärmer.}$$



Die Temperaturspannungen sind unter der Annahme eines Wärmeausdehnungs-Koeffizienten von

$$\alpha = 0,00001 \text{ pro } 1^{\circ}\text{C}$$

und E-Moduli

$$\text{für Beton } E_b \cong 200\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{für Stahl } E_e = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$$

und für die homogen und elastisch angenommene Konstruktion zu berechnen, somit

$$n = \frac{E_e}{E_b} = 10.$$

5. Die grössten lotrechten Durchbiegungen aus Nutzlast und einseitiger sowie gleichmässiger Wärmewirkung dürfen  $\sim 1/600$  der Spannweite nicht überschreiten.

6. Die Schweissungen der Rohre sind an die Stellen geringerer Beanspruchung, normalerweise in die Nähe der Rohrabbiegungen, jedoch noch in den geraden Teil, zu verlegen.

7. Diese Vorschriften beruhen auf der Annahme, dass im normalen Betrieb Temperaturschwankungen des Heizwassers von  $30$  bis  $35^{\circ}\text{C}$  nicht überschritten werden und dass die Höchstemperatur des Heizwassers  $+ 50$  bis  $55^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt. Die Erwärmung der Decken hat langsam zu erfolgen, insbesondere bei der ersten Beheizung: Temperatursteigerung pro Stunde nicht über  $\sim 2^{\circ}\text{C}$ . Bei späteren Beheizungen darf die Geschwindigkeit der Steigerung der Vorlauftemperatur bis  $\sim 5^{\circ}\text{C}$  pro Stunde erreichen.

In der Praxis des Heizbetriebes hat es sich gezeigt, dass eine Vorlauftemperatur von  $\sim 40^{\circ}\text{C}$  im allgemeinen selbst bei niedrigsten Aussentemperaturen genügt.

8. Die Ausführung muss mit besonderer Sorgfalt erfolgen. Im übrigen müssen die Decken nach den Grundsätzen der schweizerischen Vorschriften für die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton vom 14. Mai 1935 konstruiert und bemessen werden.

9. Die Stähle der Heizrohre und der zusätzlichen Rundeisen müssen nachfolgenden Bedingungen genügen – Art. 83 der Eidg. Verordnung –:

		Sonder- Heizrohre	Hochwertiger Bewehrungsstahl	Normaler Bewehrungsstahl
Fließgrenze in $\text{kg/cm}^2$	$\sigma_f$	$\geq 2500$	$\geq 3500$	$\geq 2400$
Zugfestigkeit in $\text{kg/cm}^2$	$\beta_z$	3600–4500	5200–6200	3600–4500
Bruchdehnung in $\% \lambda_{10}$ bzw. $11,3 \sqrt{F}$ , min.		20	20	20
Faltbiegezahl $K = 50 \cdot \frac{s}{r}$ min.				
für Anriss in der Zugzone		80	80	80
für Anriss in der Druckzone		80	40	40

Rohre im Anlieferungszustand kalt um einen mittleren Radius von 50 mm gebogen –  $K \cong 20$  – müssen einem Wasserinnendruck von 60 atm –  $\sigma_r \cong 19 \text{ kg/mm}^2$  – ohne Schaden und Rissbildung widerstehen.

10. Die festigkeitstechnische Güte des Betons hat nachfolgende Bedingungen zu erfüllen – Art. 87 der Eidg. Verordnung –:

	Zement- dosierung in $\text{kg/m}^3$	Würfeldruckfestigkeit in $\text{kg/cm}^2$	
		Mittelwert	Mindestwert
Normaler Beton	300	220	165
Hochwertiger Beton	300	300	240

\*

Die Abb. 40 bis 43 enthalten, bei Verwendung des normalen als auch hochwertigen Bewehrungsstahles,

die Querschnitte der Gesamtarmierung – Heizrohre und Zusatzarmierung –, die Anteile der zusätzlichen Rundeisenarmierung sowie der Heizrohre selbst als Funktion von  $f_e =$  erforderlicher Querschnitt der Rundeisenarmierung, entspre-

chend dem massgebenden Biegemoment  $M$  und der zulässigen Eisenspannung  $\sigma_{ezul}$  für verschiedene Verhältniszahlen

$$n = \frac{\text{Querschnitt der Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt der Rohre} + \text{Zusatzarmierung}}$$

Für das zulässige Biegemoment, statische Bruchmoment und dynamische Ermüdungs-Bruchmoment gelten die in den Abb. 45, 46, 47 angegebenen Beziehungen.

Das Verhältnis von

$$\frac{\text{Bruch-Biegemoment}}{\text{zulässiges Biegemoment}}$$

gibt den rechnerischen Sicherheitsgrad  $n$ .

Im übrigen gelten hinsichtlich der äusseren Kräfte, der zulässigen Spannung – Anstrengung und Knickstabilität – sowie der Sicherheitsgrade die Bestimmungen der Eidg. Verordnung für Bauten aus Eisenbeton vom 14. Mai 1935, bzw. der Normen des SIA für die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Eisenbeton vom 26. Januar 1935, ergänzt 1942.

Zürich, Mai 1949.

M. Roš.

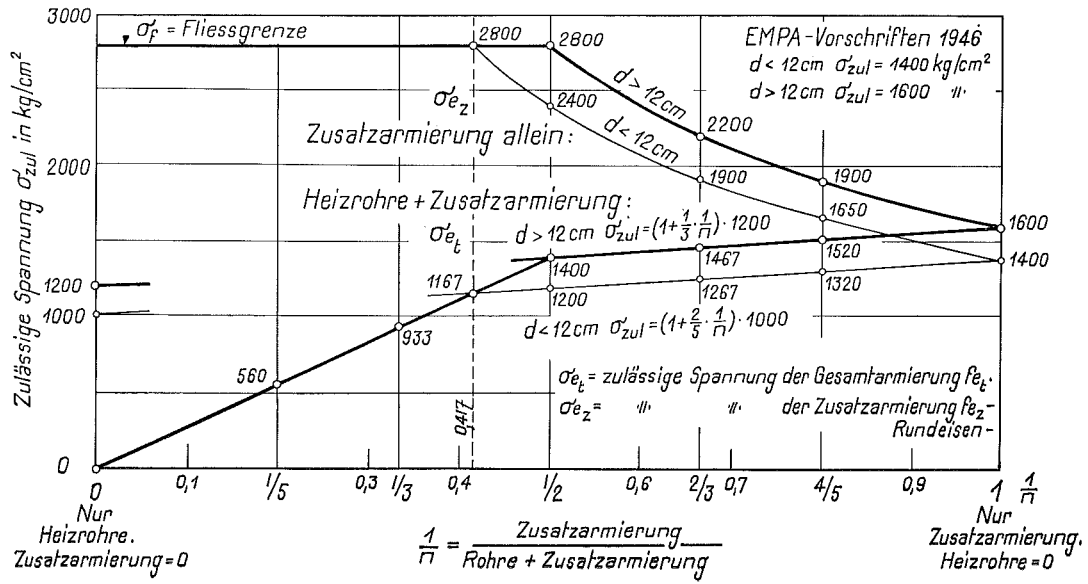


Abb. 38. Strahlungsheizungsdecken

Zulässige Spannungen der Gesamtarmierung – Rohre und Rundeisen – sowie der Zusatzarmierung allein – nur Rundeisen – Normaler Bewehrungsstahl

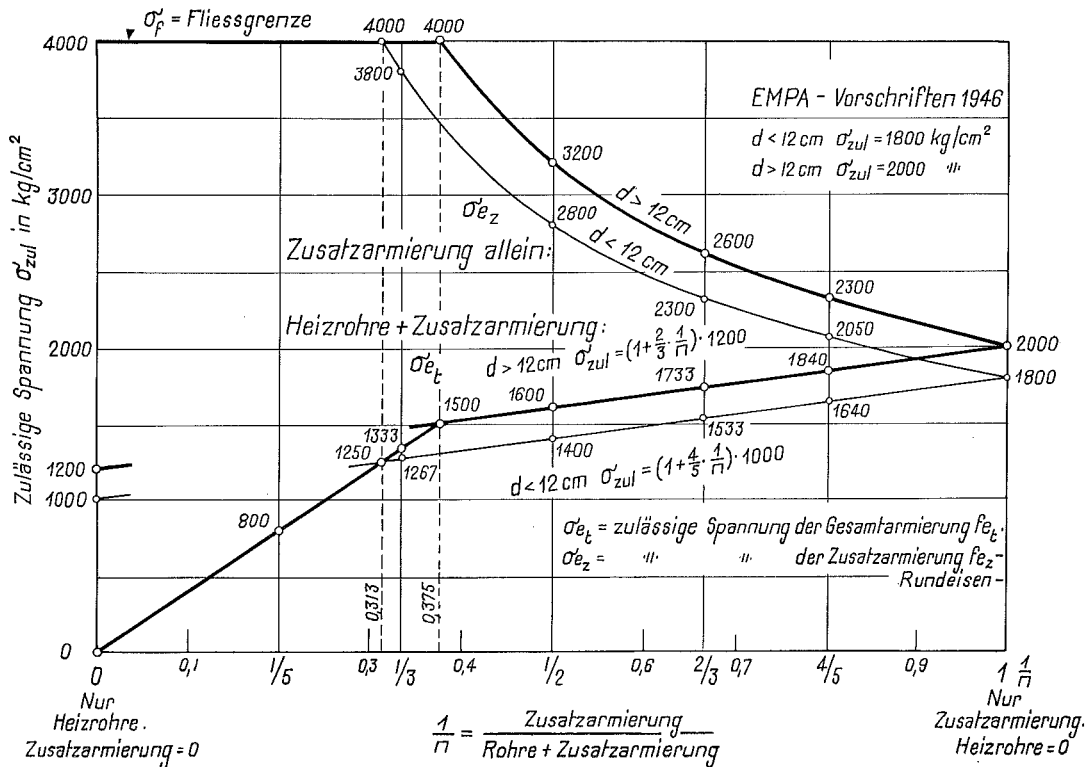


Abb. 39. Strahlungsheizungsdecken

Zulässige Spannungen der Gesamtarmierung – Rohre und Rundeisen – sowie der Zusatzarmierung allein – nur Rundeisen – Hochwertiger Bewehrungsstahl

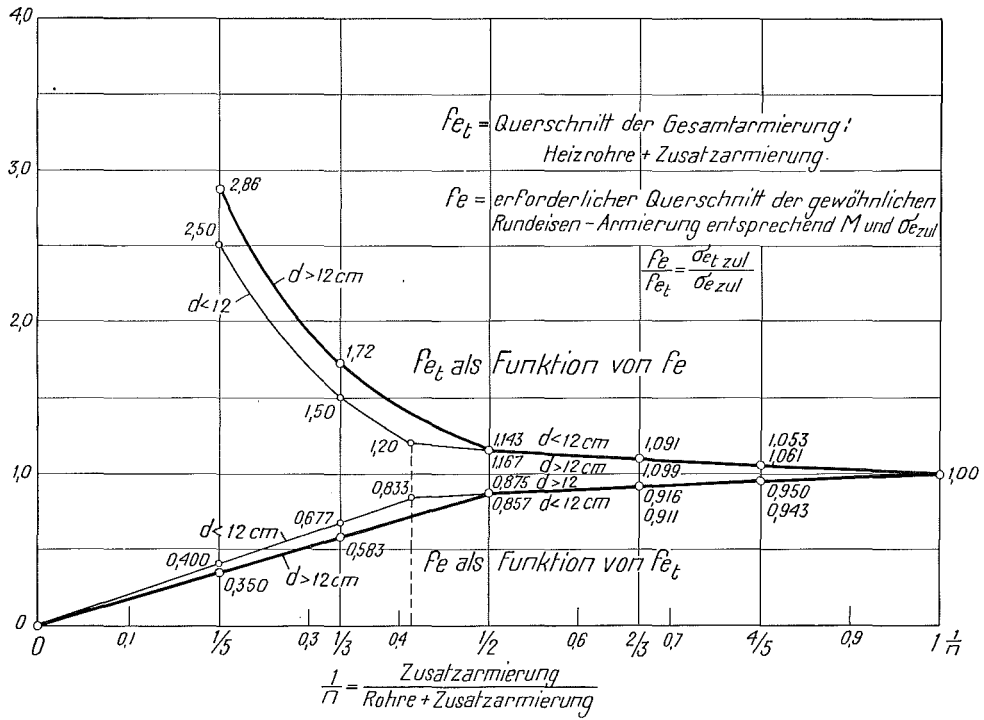


Abb. 40

Querschnitt der Gesamtarmierung als Funktion von  $f_e$  = erforderlicher Querschnitt der Rundeisenarmierung entsprechend dem massgebenden Biegemoment  $M$  und der zulässigen Eisenspannung  $\sigma_{e_{zul}}$  für verschiedene Verhältniszahlen

$$\frac{1}{n} = \frac{\text{Querschnitt Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt Rohre + Zusatzarmierung}}$$

Normaler Bewehrungsstahl

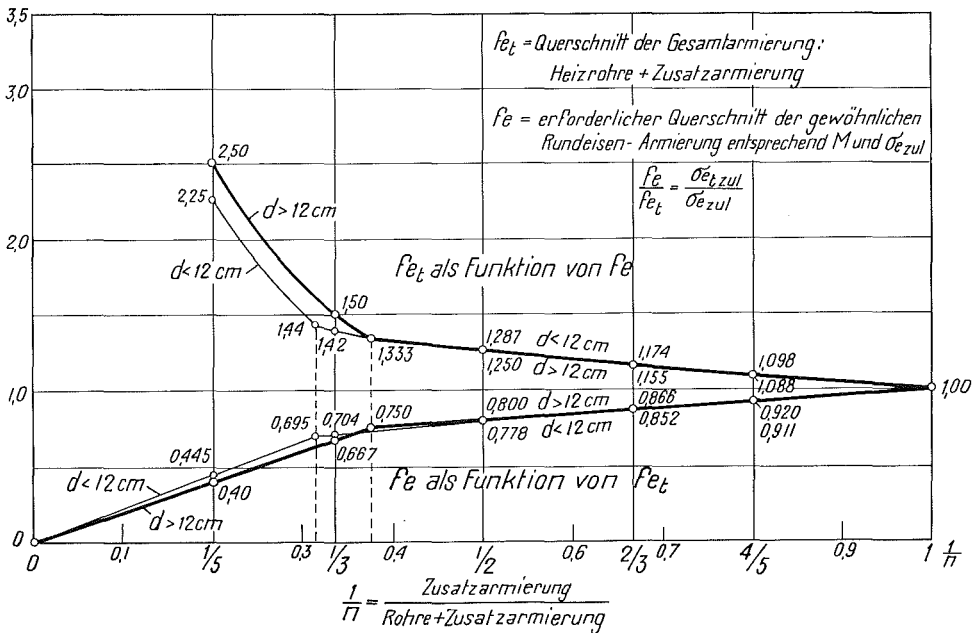


Abb. 41

Querschnitt der Gesamtarmierung als Funktion von  $f_e$  = erforderlicher Querschnitt der Rundeisenarmierung entsprechend dem massgebenden Biegemoment  $M$  und der zulässigen Eisenspannung  $\sigma_{e_{zul}}$  für verschiedene Verhältniszahlen

$$\frac{1}{n} = \frac{\text{Querschnitt Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt Rohre + Zusatzarmierung}}$$

Hochwertiger Bewehrungsstahl

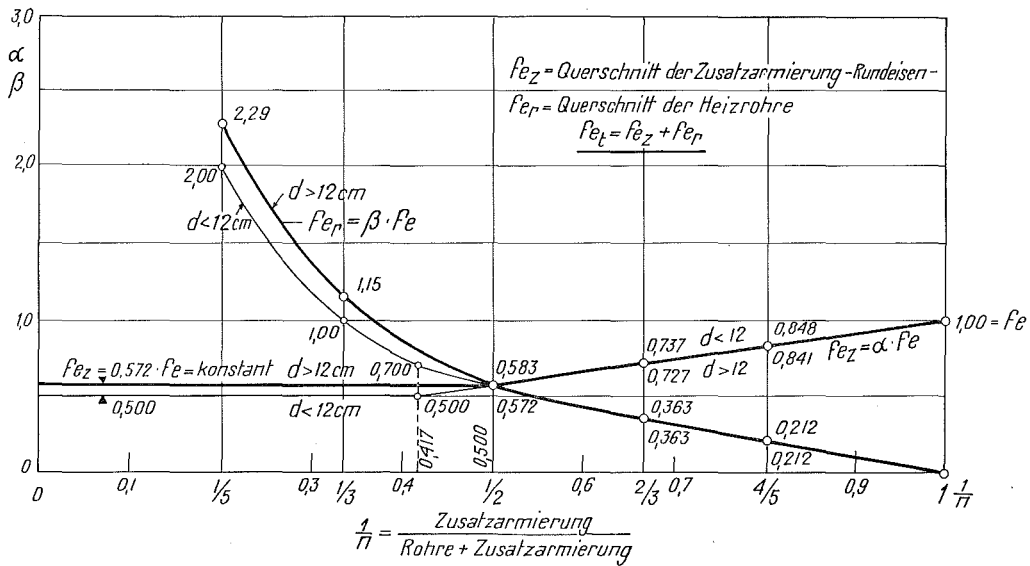


Abb. 42

Querschnittsverhältnis  $\alpha$  und  $\beta$  der Zusatzarmierung  $f_{e_z}$  und der Heizrohre  $f_{e_r}$  zu  $f_e$  = erforderlicher Querschnitt der Rundeseisenarmierung entsprechend dem massgebenden Biegemoment  $M$  und der zulässigen Eisenspannung  $\sigma_{e_{zul}}$  für verschiedene Verhältniszahlen

$$\frac{1}{n} = \frac{\text{Querschnitt Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt Rohre + Zusatzarmierung}}$$

Normaler Bewehrungsstahl

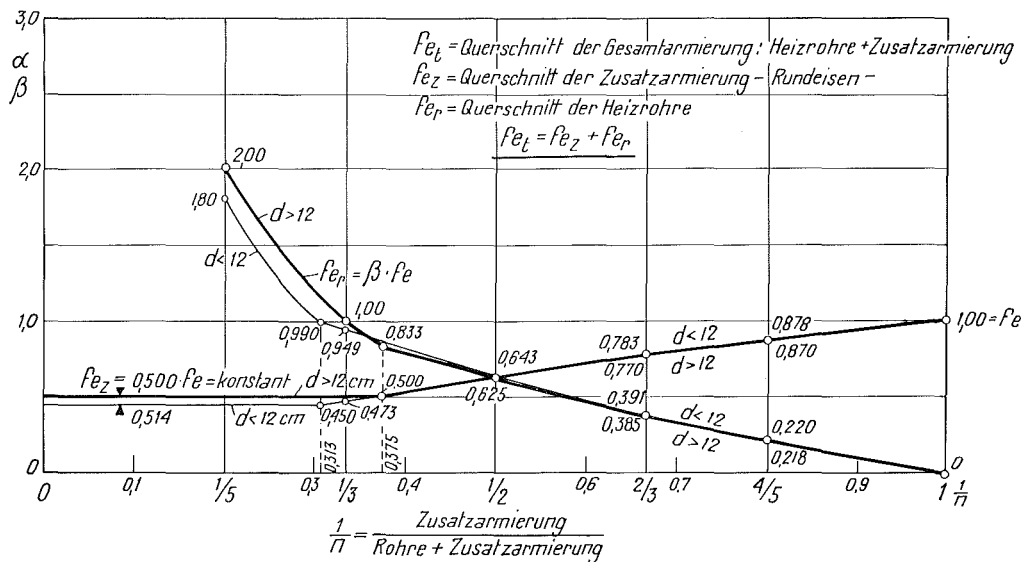


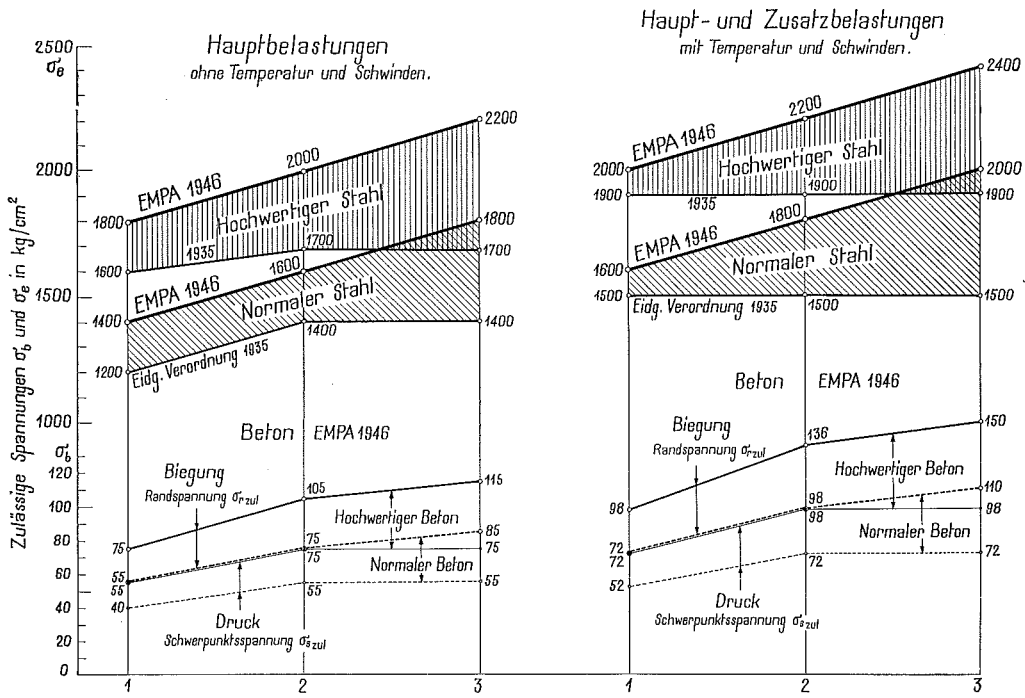
Abb. 43

Querschnittsverhältnis  $\alpha$  und  $\beta$  der Zusatzarmierung  $f_{e_z}$  und der Heizrohre  $f_{e_r}$  zu  $f_e$  = erforderlicher Querschnitt der Rundeseisenarmierung entsprechend dem massgebenden Biegemoment  $M$  und der zulässigen Eisenspannung  $\sigma_{e_{zul}}$  für verschiedene Verhältniszahlen

$$\frac{1}{n} = \frac{\text{Querschnitt Zusatzarmierung}}{\text{Querschnitt Rohre + Zusatzarmierung}}$$

Hochwertiger Bewehrungsstahl



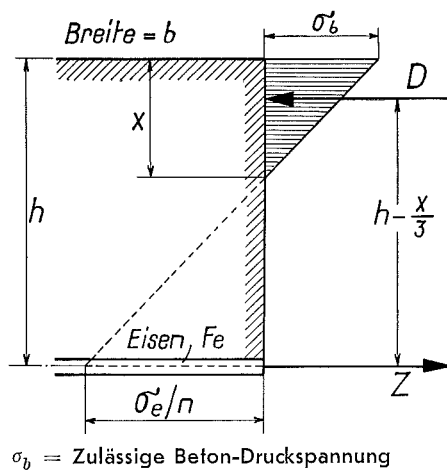


Zuschlag für Kantenpressung bei überarmierten Biegebalken entsprechend der Beziehung  $0,05(\sigma_b - \sigma_e^*)$  bis höchstens  $20 \text{ kg/cm}^2$  — gemäss Eidg. Verordnung vom 14. Mai 1935

1. Platten, Plattenbalken, Rippen- und Hohlkörperdecken unter 12cm Stärke.
2. Rechteckquerschnitte - Balken und Platten - von über 12, mindestens 16cm Stärke.
3. Allseitig gelagerte Platten, Pflzdecken und ähnliche hochgradig statisch unbestimmte Systeme von über 12cm Stärke.

Abb. 44

Zulässige Spannungen des Eisenbetons — EMPA 1946



$$n = \frac{E_e}{E_b} = 10$$

$$\mu = \frac{F_e}{b \cdot h} - \text{Bewehrungsgehalt-}$$

$$x = n \cdot \mu \cdot h \left( \sqrt{1 + \frac{2}{n \cdot \mu}} - 1 \right)$$

Eisen-Zugspannung massgebend:

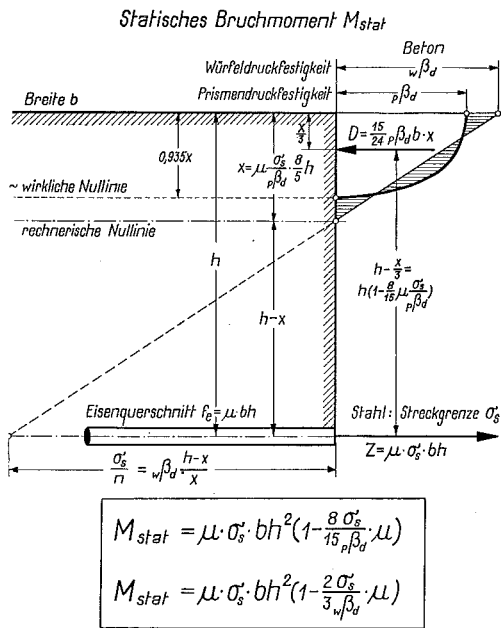
$$M_{zul}^e = \mu \cdot b \cdot h \left( h - \frac{x}{3} \right) \cdot \sigma_e^*$$

Beton-Druckspannung massgebend:

$$M_{zul}^b = \frac{b \cdot x}{2} \cdot \left( h - \frac{x}{3} \right) \cdot \sigma_b^*$$

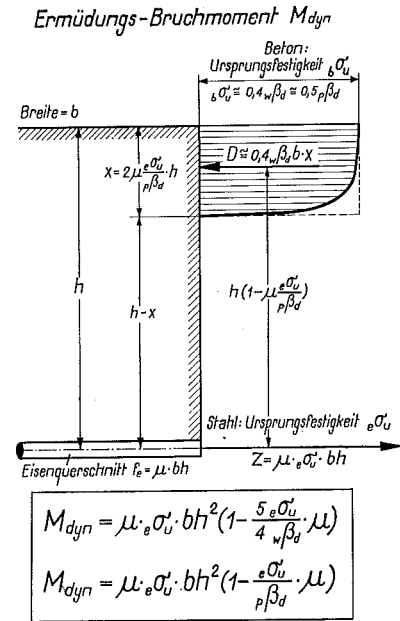
Abb. 45

Zulässiges rechnerisches Biegemoment



**Abb. 46**

Rechnerisches Bruchmoment bei Erschöpfung der statischen Tragfähigkeit von auf Biegung beanspruchten, bewehrten Balken.  
EMPA-Formel



**Abb. 47**

Rechnerisches Bruchmoment bei Erschöpfung durch Ermüdung von auf Biegung beanspruchten, bewehrten Balken. EMPA-Formel