Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 32

Artikel: Uebergangskurven mit einfachem Krümmungsgesetz
Autor: Peter, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-60599

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: 29.12.2025

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

71. Jahrgang

Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet
Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich

Nummer 32

Uebergangskurven mit einfachem Krümmungsgesetz

Von H. PETER, Dipl. Ing. ETH, Bern

DK 625.113

Die Linienführung eines Verkehrsweges besteht im Grundriss aus Geraden und Kreisbogen, die man Grundtangenten und Grundkreise nennen kann. Die Berührungspunkte B haben vom Scheitel des Grundtangenten-Winkels ω den Abstand

$$R \operatorname{tg} \frac{\pi - \omega}{2} = R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$$

Die Radien R der Grundkreise und die Tangentenwinkel ω (bzw. deren Supplemente, die Centriwinkel γ) sind durch das Projekt festgelegt (Bild 1).

Beim Uebergang der Linienführung von der Geraden zum Kreis vom Radius R beträgt der Krümmungsunterschied $1/R - 1/\infty = 1/R$, beim Uebergang vom Kreis R zum Kreis r entsprechend $1/r - 1/R = \frac{R - r}{r R}$. Dieser Krümmungsunterschied muss besonders aus fahrtechnischen Rücksichten *allmählich* überwunden werden, was durch Einschaltung von Uebergangskurven erzielt wird. Als solche scheinen sich im allgemeinen Wendepunkt-Kurven mit einfachem, sicher überblickbarem Krümmungsgesetz zu eignen, das die mathematische Grundlage der Uebergangskurven bildet[1]). Diese werden auf ein Koordinatensystem bezogen, dessen Ursprung A im Wendepunkt liegt und dessen Abszissenaxe mit der Grundtangente zusammenfällt. Die minimale Länge der Uebergangskurven muss von den zuständigen Behörden vorgeschrieben oder von verantwortungsfähigen Fachleuten festgelegt werden; es kann sich dabei je nach der Art der Uebergangskurve um die Abszissenlänge x_E oder die Leitstrahllänge r_E oder um die Bogenlänge s_E handeln, so dass $l_{\min} \geq x_E \geq r_E \geq s_E$ wird.

Von ausschlaggebender Wichtigkeit ist die richtige Orientierung der Uebergangskurve in bezug auf den jeweiligen Grundkreis R der Linienführung; die endgültige Fahrkreisaxe muss mit dem Krümmungskreis ϱ_E der Uebergangskurve im Endpunkt E vollständig übereinstimmen. Zu diesem Zwecke müssen die Koordinaten x_M und y_M des Krümmungskreis-Mittelpunktes für den Endpunkt E berechnet werden. Die Uebergangskurve ist in allen Fällen so zu orientieren, dass der ursprüngliche Berührungspunkt B den Abstand $x_B = x_M + (y_M - R) \operatorname{tg} \gamma/2$ vom Ursprung A der Uebergangskurve hat (Bilder 1 und 2).

Der mathematische Ausdruck für die Krümmung lautet allgemein:

in rechtwinkligen Koordinaten

$$\text{(1a)} \quad \frac{1}{\varrho} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = y'' \cos^3 \alpha$$

in Polarkoordinaten

$$\text{(1b)} \quad \frac{1}{\varrho} = \frac{r^2 + 2 r'^2 - r r''}{(r^2 + r'^2)^{3/2}}$$

Nachstehend werden drei einfache, leicht überblickbare Krümmungsgesetze untersucht, nämlich

I. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa x$ *Superponierte Wendepunkt-Parabel*

II. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa \sqrt{x^2 + y^2} = \varkappa r$ *Lemniskate von Bernoulli*

III. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa s$ *Klothoide*

I. Die Krümmung ist proportional zur Abszisse (Bild 2)

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = y'' \cos^3 \alpha = \varkappa x$$

Der Endpunkt E der Uebergangskurve hat die Abszisse $x_E = l$, der Krümmungsradius daselbst ist $\varrho = \varrho_E$; beide werden entsprechend dem Wesen der Uebergangskurve als bekannt vorausgesetzt. Ausserdem soll der Anfangspunkt A ein Wendepunkt sein.

Für $x = x_E = l$ **muss** $\frac{1}{\varrho} = \frac{1}{\varrho_E} = \varkappa x_E$ **sein, also**

$$\text{(2)} \quad \varkappa = \frac{1}{\varrho_E x_E} = \frac{1}{\varrho_E l}$$

$1/\varrho_E$ ist der zu überwindende Krümmungsunterschied, l die Bezugslänge und $\varkappa = \frac{1}{\varrho_E l}$ die *spezifische Krümmungsänderung*. Die Differentialgleichung $y'' \cos^3 \alpha = \varkappa x$ muss integriert werden, damit die Gleichung der Uebergangskurve, die dem Krümmungsgesetz I entspricht, erhalten wird.

Der allgemeine Ausdruck $d\alpha = y''\, dx \cos^2 \alpha$ für den Winkel zweier unendlich benachbarten Tangenten (Kontingenzwinkel) ermöglicht die Trennung der Variabeln wie folgt:

$$\text{(3)} \quad \cos \alpha \, d\alpha = \varkappa x \, dx$$

$$\text{(4)} \quad \textbf{durch Integration} \quad \sin \alpha = \frac{\varkappa x^2}{2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)^{1/2}}$$

Die Integrationskonstanten werden 0 weil für $x = 0$ alle Uebergangskurven $y = y' = y'' = 0$ haben müssen.

Quadriert man die grundlegende Gleichung (4), so wird

$$\frac{\varkappa^2 x^4}{4} + \frac{\varkappa^2 x^4}{4} \operatorname{tg}^2 \alpha = \operatorname{tg}^2 \alpha$$

und daraus folgt:

$$\text{(5)} \quad y' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\varkappa x^2}{2\sqrt{1 - \frac{\varkappa^2 x^4}{4}}} = \frac{\varkappa x^2}{2} \left(1 - \frac{\varkappa^2 x^4}{4}\right)^{-1/2}$$

$$= \frac{\varkappa x^2}{2} + \frac{\varkappa^3 x^6}{16} + \frac{3 \varkappa^5 x^{10}}{256} + \frac{3 \varkappa^7 x^{14}}{2048} + \cdots$$

und durch Integration

[1]) Vgl. H. Peter, Die Gestaltung der Schienenfahrbahn, SBZ 1949, Nr. 18, S. 245*, und 1950, Nr. 32, S. 434*.

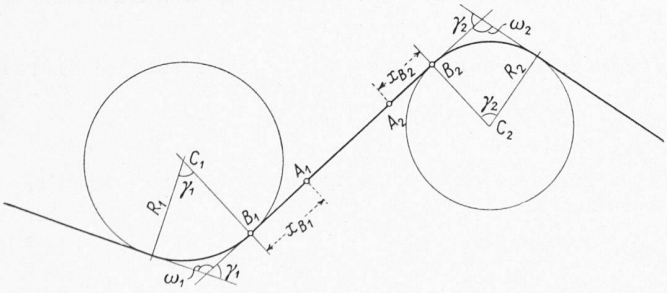

Bild 1. Grundtangenten und Grundkreise der Linienführung, Orientierung

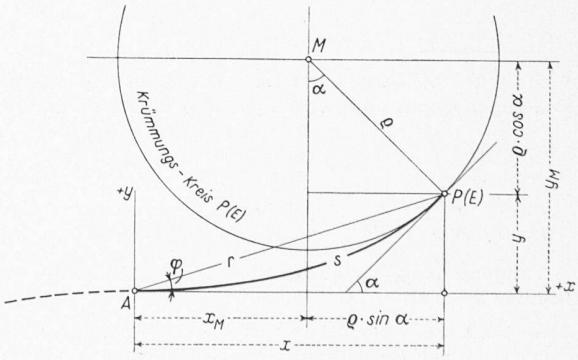

Bild 2. Uebergangskurve, Bezeichnungen

$$(6)\qquad y = \int_0^x \frac{\varkappa x^2}{2}\, dx \left(1 - \frac{\varkappa^2 x^4}{4}\right)^{-1/2} = \frac{\varkappa x^3}{6} + \frac{\varkappa^3 x^7}{112} + \frac{3\varkappa^5 x^{11}}{2816} + \frac{\varkappa^7 x^{15}}{10248} + \dots$$

Diese Kurve stellt eine Ueberlagerung von Wendepunkt-Parabeln dar, deren Exponenten $2n + 3$ sind, wenn $n = 0, 2, 4, 6 \dots$ gesetzt wird. Ihre Reichweite als Uebergangskurve ist *unbegrenzt*.

Die Gl. (4) liefert den Tangentenwinkel α, im besonderen α_E für $x = x_E = l$.

Nun können die Koordinaten x_M und y_M des Krümmungskreis-Mittelpunktes M für den Endpunkt E berechnet werden:

$$(7)\qquad x_M = x_E - \varrho_E \sin \alpha_E = x_E - \varrho_E \frac{x^2_E}{2\varrho_E x_E} = \frac{x_E}{2}\ ^{2)}$$

$$(8)\qquad y_M = y_E + \varrho_E \cos \alpha_E$$

Ferner wird das Orientierungsmass AB:

$$(9)\qquad x_B = x_M + (y_E - R)\, \mathrm{tg}\, \frac{\gamma}{2}$$

Mit Hilfe der Gleichungen (2), (4) und (6) bis (9) kann die Uebergangskurve vollständig berechnet und orientiert werden.

II. Die Krümmung ist proportional zur Länge des Leitstrahls

In Polarkoordinaten

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{r^2 + 2r'^2 - rr''}{(r^2 + r'^2)^{3/2}} = \varkappa \sqrt{x^2 + y^2} = \varkappa r$$

Für den Endpunkt E ist $\varrho = \varrho_E$ und $r = r_E = l$, also die spezifische Krümmungsänderung

$$(10)\qquad \varkappa = \frac{1}{\varrho_E r_E}$$

Die *Lemniskate* von Bernoulli ist eine Kurve, deren Krümmung proportional zum Radiusvektor ist, was aus ihrer üblichen Definition zwar nicht ohne weiteres ersichtlich ist. Ihre Gleichung in bezug auf die rechtwinklig zueinander stehenden Wendepunkt-Tangenten lautet:

in rechtwinkligen Koordinaten

$$(11)\qquad (x^2 + y^2)^2 = 2a^2 xy$$

in Polarkoordinaten

$$(12)\qquad r^2 = a^2 \sin 2\varphi$$

Ihre Krümmung an irgend einer Stelle r, φ beträgt

$\frac{1}{\varrho} = \frac{3r}{a^2}$, also $\varrho = \frac{a^2}{3r}$ und somit die spezifische Krümmungsänderung

$$(13)\qquad \varkappa = \frac{3}{a^2}$$

wo a den grössten Radiusvektor (Leitstrahl, Fahrstrahl) bedeutet. Man setzt $l = r_E$ und berechnet

$$(14)\qquad a = \sqrt{3 r_E \varrho_E}$$

worauf für jedes beliebige r oder r/a der Winkel φ aus (12) folgt. Die zugehörigen rechtwinkligen Koordinaten sind dann:

$$(15)\qquad x = r \cos \varphi$$

und

$$(16)\qquad y = r \sin \varphi$$

Die Tangentenneigung in irgendeinem Punkte könnte man mit Hilfe der Formel

$$(17)\qquad \mathrm{tg}\, \alpha = \frac{\frac{a^2}{r} \cos 2\varphi \sin \varphi + r \cos \varphi}{\frac{a^2}{r} \cos 2\varphi \cos \varphi - r \sin \varphi} = \frac{\mathrm{cotg}\, 2\varphi \sin \varphi + \cos \varphi}{\mathrm{cotg}\, 2\varphi \cos \varphi - \sin \varphi}$$

berechnen.

Bei näherem Zusehen zeigt sich aber folgender Zusammenhang zwischen den Winkeln des Dreiecks Polaraxe-Leitstrahl-Tangente:

$$(18)\qquad \mathrm{tg}\,(\alpha - \varphi) = \frac{r\, d\varphi}{dr} = \frac{r}{r'} = \frac{r^2}{a^2 \cos 2\varphi} = \frac{a^2 \sin 2\varphi}{a^2 \cos 2\varphi} = \mathrm{tg}\, 2\varphi$$

woraus folgt

$$(18\text{a})\qquad \alpha - \varphi = 2\varphi$$

und

$$(18\text{b})\qquad \alpha = 3\varphi$$

Der Winkel $\alpha - \varphi$ zwischen Leitstrahl und Tangente ist doppelt so gross wie der Polarwinkel φ, der Winkel α zwischen Tangente und Polaraxe ist 3φ. Für $\varphi = \pi/4$ wird $\alpha - \varphi = \pi/2$ und $\alpha = 3\pi/4$; aus Gleichung (12) folgt für diesen Scheitelpunkt der Lemniskate $r = a =$ Maximum und damit $1/\varrho = 3r/a^2 = 3/a =$ Maximum, sowie $\varrho = a/3 =$ Minimum. Die Reichweite der Lemniskate als Uebergangskurve geht also bis $\alpha = 3\pi/4$ und ist somit praktisch unbeschränkt, weil schon $\alpha = \pi/4$ kaum je überschritten wird.

Der Krümmungskreis-Mittelpunkt M für den Endpunkt E hat die Koordinaten:

$$(19)\qquad x_M = \frac{a^2}{3r} (\sin \varphi + \cos \varphi \sin 2\varphi) = x_E - \varrho_E \sin 3\varphi_E$$

$$(20)\qquad y_M = \frac{a^2}{3r} (\cos \varphi + \sin \varphi \sin 2\varphi) = y_E + \varrho_E \cos 3\varphi_E$$

Ferner wird das Orientierungsmass AB

$$(21)\qquad x_B = x_M + (y_M - R)\, \mathrm{tg}\, \frac{\gamma}{2}$$

Bei der Lemniskate ist es, ähnlich wie bei der kubischen Parabel (Wendepunkt-Parabel 3. Grades) oder einer andern Kurve in geschlossener Gleichungsform, möglich, zum vornherein $y_M = R$ zu machen, wodurch die Orientierung $x_B = x_M$ konzentrisch wird, so dass die Fahrkreisaxe ϱ_E in einfachster Weise vom Grundkreis R aus abgesteckt werden kann.

Mit Hilfe der Gleichungen $\varrho = \frac{a^2}{3r}$, (12) und (20) lassen sich folgende Beziehungen ableiten:

$$(22)\qquad \sin \varphi_E = \frac{3R}{2r_E} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2r^2_E}{9R^2}}\right)$$

$$(23)\qquad \varrho_E = \frac{r_E}{3 \sin 2\varphi_E}$$

$$(24)\qquad y_M = \varrho_E (\cos \varphi_E + \sin \varphi_E \sin 2\varphi_E) = R$$

Das Orientierungsmass AB beträgt in diesem Fall $x_B = x_M$ und ϱ_E wird etwas kleiner als R; 1 bis 2 % Abweichung sind aber sehr wohl vereinbar mit einem angemessenen Toleranzensystem.

III. Die Krümmung ist proportional zur Bogenlänge s (Bild 2)

$$(25)\qquad \frac{1}{\varrho} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = y'' \cos^3 \alpha = \varkappa s$$

Für $s_E = l$ wird $1/\varrho = 1/\varrho_E$ und die spezifische Krümmungsänderung

$$(26)\qquad \varkappa = \frac{1}{\varrho_E s_E} = \frac{1}{a^2}, \text{ d. h. } \varrho s = a^2$$

Die Kurve mit diesem Krümmungsgesetz ist *Klothoide* genannt worden. Wir nehmen an, eine Klothoide $\varrho s = \varrho_E s_E = a^2$ liege gegeben vor. Allgemein gilt $d\alpha = ds/\varrho$, speziell für die Klothoide gilt $\varrho = a^2/s$; damit wird

2) Diese bemerkenswerte Eigenschaft der superponierten Wendepunkt-Parabel ist unbedachterweise ohne Einschränkung auch der kubischen Parabel zugeschrieben worden, was sich bei den Uebergangskurven der Schmalspur-Bahnen recht schädlich ausgewirkt hat.

(27) $d\alpha = \frac{s\,ds}{a^2}$ und $\alpha = \frac{1}{a^2}\int s\,ds = \frac{s^2}{2a^2} = \frac{s}{2\varrho}$

Mit Hilfe dieser grundliegenden Beziehung (27) gelingt eine Parameter-Darstellung der Klothoide wie folgt:

(28) $dy = ds \sin\alpha$

(29) $dx = ds \cos\alpha$

Aus $\alpha = s/2\varrho$ (27) kann ds berechnet werden, nämlich:

$$\varrho = \frac{s}{2\alpha} \text{ oder } \frac{a^2}{s}, \text{ d.h. } s = a\sqrt{2\alpha} \text{ und also}$$

(30) $ds = a\,\frac{1}{2}\,(2\alpha)^{-1/2}\,2\,d\alpha = \frac{a\,d\alpha}{\sqrt{2\alpha}}$

Damit werden:

(31) $y = \frac{a}{\sqrt{2}}\int_0^\alpha \frac{\sin\alpha\,d\alpha}{\sqrt{\alpha}}$ (32) $x = \frac{a}{\sqrt{2}}\int_0^\alpha \frac{\cos\alpha\,d\alpha}{\sqrt{\alpha}}$

Die Integration muss durch Reihenentwicklung erfolgen

(33) $y = \frac{a}{\sqrt{2}}\int_0^\alpha \frac{\sin\alpha\,d\alpha}{\sqrt{\alpha}} =$

$$= a\sqrt{2}\left[\frac{\alpha^{3/2}}{3} - \frac{\alpha^{7/2}}{42} + \frac{\alpha^{11/2}}{1320} - \frac{\alpha^{15/2}}{75\,600} + \frac{\alpha^{19/2}}{6\,894\,720} - \cdots\right]$$

(34) $x = \frac{a}{\sqrt{2}}\int_0^\alpha \frac{\cos\alpha\,d\alpha}{\sqrt{\alpha}} =$

$$= a\sqrt{2}\left[\alpha^{1/2} - \frac{\alpha^{5/2}}{10} + \frac{\alpha^{9/2}}{216} - \frac{\alpha^{13/2}}{9360} + \frac{\alpha^{17/2}}{685\,440} - \cdots\right]$$

Die sin- und cos-Reihen für $\alpha = s/2\varrho$, durch $\alpha^{1/2}$ geteilt, integriert und mit $\frac{a}{\sqrt{2}}$ multipliziert, liefern also die rechtwinkligen Koordinaten eines Klothoiden-Punktes, der vom Wendepunkt den Bogenabstand s hat und dessen Tangente den Winkel α mit der Abszissenaxe bildet, wobei ϱ der Krümmungsradius der Klothoide in diesem Punkte und $a = \sqrt{\varrho_E s_E}$ ist.

Für die praktische Rechnung empfiehlt es sich, jedes Glied sofort mit $a\sqrt{2}$ zu multiplizieren und die Rechnung abzubrechen, wenn die 4. Dezimale (Zehntel-Millimeter) nicht mehr beeinflusst wird, was etwa beim 4. Glied der Reihe zutreffen wird.

Die Reichweite der Klothoide als Uebergangskurve ist unbeschränkt.

Der Winkel $\alpha_E = \frac{s_E}{2\varrho_E}$ wird in bekannter Weise in Gradmass verwandelt durch Multiplikation mit $180^0/\pi$ bzw. $200_g/\pi$.

Die Koordinaten des Krümmungs-Mittelpunktes M werden:

(35) $x_M = x_E - \varrho_E \sin\alpha_E$

(36) $y_M = y_E + \varrho_E \cos\alpha_E$

Ferner wird das Orientierungsmass AB

(37) $x_B = x_M + (y_M - R)\,\mathrm{tg}\,\frac{\gamma}{2}$

Die Berechnung eines Beispiels mit $\varrho_E = 100$ m und $l = x_E = r_E = s_E = 50$ m ergibt folgende Zusammenstellung:

Krümmungsgesetz	ϱ_E	x_E	y_E	x_M	y_M	$\mathrm{tg}\,\alpha_E$
I. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa x;\ \varkappa = \frac{1}{\varrho_E x_E}$	100	50,000	4,224	25,000	101,049	0,258
II. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa r;\ \varkappa = \frac{1}{\varrho_E r_E}$	100	49,825	4,181	24,971	101,044	0,552
III. $\frac{1}{\varrho} = \varkappa s;\ \varkappa = \frac{1}{\varrho_E s_E}$	100	49,689	4,148	24,944	101,039	0,257

Ueberbrückung grosser Spannweiten

DK 624.21

Projekte zur Ueberbrückung grosser Spannweiten sind heute keine Seltenheit mehr, wo ja auch fertige Ausführungen schon mehrfach vorliegen. Aber während früher diese grossen Ueberspannungen ein unbestrittenes Privileg der Hängebrücken waren, so können wir heute — jedenfalls auf dem Papier — Bogen- und sogar Balkenkonstruktionen sehen, die den mittleren Hängebrücken leicht den Rang ablaufen dürften. Beim Wettbewerb Oesterleden[1]) der Stadt Stockholm galt es, zwei Quartiere der inselreichen Hauptstadt durch eine neue Verkehrsader zu verbinden, die eine Breite von 30 m erhalten soll. Da die Hauptspannweite bei rd. 500 m liegt, waren zwei Drittel der eingereichten Brückenprojekte Hängebrücken mit einem, zwei oder vier Kabeln (wir sehen von den Untertunnelungsprojekten ab, welche alle ungefähr 50 % teurer waren). Das kühnste Bogenprojekt war ein Eisenträger von 525 m Spannweite mit halbhoher Fahrbahn. Andere Bogen übertrafen diesen zwar an Länge, sahen aber als Hauptträger eiserne Fachwerkbogen vor. Ein Eisenbetonbogen von 400 m Spannweite und eine vorgespannte Balkenbrücke von 420 m (!) mittlerer Oeffnung verdienen wohl auch noch Interesse. Es wurden aber nur zwei Hängebrücken preisgekrönt (siehe «Bautechnik», Febr./März 1951, und «Génie Civil» 1951, Nr. 19).

Wohl eines der kühnsten Projekte ist aber zweifellos die Ueberbrückung der Strasse von Messina, worüber «Der Stahlbau» vom März 1951 und «Le Génie Civil» vom 15. Okt. 1951 Auskunft erteilen. Da diese 30 m breite Brücke vorwiegend dem Eisenbahnverkehr dienen soll und nur im «oberen Stock» noch eine 7 m breite Strasse vorsieht, und da starke Winde (bis 160 km/h) und Erdbeben als ausserordentliche Belastung erwartet werden, ist als Versteifungsträger ein Fachwerkbalken von variabler Höhe geplant. Er soll in der 1524 m langen Mittelöffnung eine Maximalhöhe von 55 m erreichen. Die Kabel selber laufen in der mittleren Partie der Hauptöffnung und an den Enden der halb so langen Seitenöffnungen in die Versteifungsträger hinein, mit deren Obergurt sie starr verbunden sind. Dadurch dürften wohl die Schwingungen herabgemindert werden. Die Pilonen haben eine Totalhöhe von 320 m, wovon 120 m unter dem Wasserspiegel liegen. Diese Unterwasserteile sowie die Fundationen müssen vor allem auch der starken Meeresströmung standhalten. Die Kosten dürften sich auf rd. 20 000 Dollar pro Meter belaufen, was für das 3 km lange Bauwerk eine Totalsumme von 60 Mio Dollar ausmacht. Wenn das auch Zukunftsträume sind, so entnehmen wir doch dem «Ingegnere» und der «Politica dei Trasporti» vom März 1952, sowie dem «Génie Civil» vom 15. Juli 1952, dass eine allerdings bescheidenere Ueberbrückung der Strasse von Messina heute bereits im Bau ist. Es ist dies eine Starkstromleitung von 220 kV, welche in einer Spannweite von 3,6 km den elektrischen Energieaustausch zwischen Italien und Sizilien ermöglicht. Die vier Drahtseile, deren Dicke rd. 3 cm beträgt, besitzen einen Durchhang von 180 m; an ihrer tiefsten Stelle liegen sie noch 70 m über dem Meeresspiegel. Die Pylonen sind rd. 200 m hoch; derjenige auf der kalabresischen Küste ist auf Kote 116 fundiert, so dass seine Spitze 362 m hoch über dem Meeresspiegel liegt. Ueber Einzelheiten der Verankerung und besonders über Versuche an der dazu gehörigen Kabeltrommel berichtet «L'Energia Elettrica» vom Dezember 1952.

Wettbewerb für ein Primarschulhaus im Untermoos in Zürich-Altstetten

DK 727.1 (494.34)

Aus dem Raumprogramm

I. Schulhausbau: 12 Primarschulklassenzimmer für je 42 Schüler, 66,3 m². 10,2 × 6,5 × 3,0 m. (Die Längen- und Breitenmasse wurden aber freigegeben, sofern die Grundfläche von 66,3 m² nicht überschritten wurde und wenigstens 42 Schüler Platz hatten.) 2 Mädchenhandarbeitszimmer, Singsaal, Lehrer- und Sammlungszimmer, Hausvorstands- und Materialzimmer.

II. Turnhallenbau. Turnhalle, Turngeräteraum, 2 Umkleideräume für je 40 Schüler, Duschenraum zwischen den Umkleideräumen, Turnlehrerzimmer, Nebenräume.

[1]) Siehe SBZ 1948, S. 141; 1949, S. 320 und 1950, S. 484.