

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 94 (1976)  
**Heft:** 45

**Artikel:** Teilchen mit "Charme": zur Verleihung des Nobelpreises für Physik 1976  
**Autor:** Schmüser, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73193>

#### 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:** 30.01.2026

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

# Teilchen mit «Charme»

Zur Verleihung des Nobelpreises für Physik 1976

DK 539.12

Die Schwedische Akademie der Wissenschaften hat den diesjährigen Nobelpreis für Physik Burton Richter und Samuel Ting für die Entdeckung eines äußerst langlebigen schweren Elementarteilchen zuerkannt. Unabhängig voneinander hatten beide dasselbe Teilchen gefunden: Richter mit seiner Gruppe an den Speicherringen des Beschleunigers von Stanford (Kalifornien) und Ting mit seiner Gruppe am Beschleuniger von Brookhaven bei New York. Die im November 1974 bekanntgewordene Entdeckung benannte Richter mit Psi, Ting mit J. Die Masse des neuen Teilchens  $J/\Psi$  beträgt über das Dreifache des Wasserstoffkerns (Proton), außerdem «lebt» diese Partikel tausendmal länger als nach den gängigen Vorstellungen zu erwarten ist. Welcher Art also sind die Naturkräfte, die den Zerfall des  $J/\Psi$ -Teilchens verhindern? Die Entdeckung und die Erklärung des bis anhin unbekannten Naturphänomens brachte Bewegung in die Elementarteilchenphysik, von der man bereits geglaubt hatte, sie stecke in einer Sackgasse.

Burton Richter ist 1931 in New York geboren. Studien am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Harvard. Danach an der Stanford-Universität in Kalifornien, wo er seit 1967 Professor für Physik ist. Richter war massgebend an der Entwicklung der Speicherringe (Spear) in Stanford beteiligt. Sein «sabbatical year» verbrachte er letztes und dieses Jahr in den Laboratorien der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) in Genf.

Samuel Ting, 1936 in New York geboren, verbrachte seine Jugendzeit in China. Erst ab zwölf Jahren regelmäßiger Schulbesuch. Abschluss der Studien an der Universität von Michigan. Später wirkte er an der Columbia-Universität in New York. Seit 1967 ist er Professor für Physik am MIT. Ting, der als sorgfältiger und hartnäckiger Experimentator gilt, verbrachte viele Jahre in Europa, so am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg und am CERN, wo er zurzeit mit der Vorbereitung eines Experiments an den Speicherringen (ISR) beschäftigt ist.

Es sind gerade die Anlagen mit Speicherringen, die zum Teil diesen Durchbruch in der Teilchenphysik bewirkt haben. Die Anlage in Genf ist mit 31 GeV derzeit die stärkste der Erde. Der folgende Artikel ist dem «desy journal» (Nr. 11, August 1976), herausgegeben vom Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg, entnommen. Er vermittelt einen Überblick über die jüngsten Entwicklungen im Bereich der Elementarteilchenphysik mit ihrer teilweise exotisch-phantastischen Namengebung.

-yer

Seit der Entdeckung der neuen schweren Elementarteilchen im November 1974 spielen die Elektron-Positron-Speicherringe, und somit auch DORIS (Doppelring-Speicher), eine zentrale Rolle in der Elementarteilchenforschung. Warum? Nur mit diesen Maschinen ist es möglich, die neuen Teilchen in grosser Zahl zu erzeugen und ihre faszinierenden Eigenschaften eingehend zu studieren. Im Laufe des letzten Jahres wurden dabei einige weitere Teilchen entdeckt; zwei davon,  $P_c$  und  $X$ , am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg.

## Neue physikalische Grundgrösse

Was die neue Teilchenfamilie für die Elementarteilchenphysik und darüber hinaus für die gesamte Naturwissenschaft nun so interessant macht, ist die Tatsache, dass man sie nicht in die Ordnung der bisher bekannten Teilchen einreihen kann. Die neu entdeckten Teilchen besitzen Eigenschaften – zum Beispiel sehr grosse Masse und erstaunlich lange Lebensdauer –, die sich nur durch bisher nicht bekannte Naturgesetze erklären lassen. Die wohl einleuchtendste Erklärung ist, dass es eine neue physikalische Grundgrösse gibt, die man am besten mit der elektrischen Ladung vergleichen kann und die von dem amerikanischen Theoretiker Sheldon Lee Glashow auf den Namen «Charm» getauft wurde.

Nach der von S. L. Glashow und vielen anderen entwickelten Theorie sollte es außer den bisher bekannten Teilchen auch neuartige geben, die eine Charm-Ladung aufweisen. Sie müssten viel schwerer sein und ausserordentlich lange leben, bevor sie in herkömmliche Teilchen zerfallen. Die vor einundehnhalb Jahren gefundenen Teilchen  $J/\Psi$  (3,1 GeV Masse) und  $\Psi'$  (3,7 GeV Masse) passten nun schon sehr gut zu dieser Vorstellung, obwohl sie keine direkt erkennbare Charm-Ladung haben. Etwas Ähnliches ist aber von der elektrischen Ladung her vertraut: nämlich, dass Teilchen mit entgegengesetzter Ladung sich elektrisch neutralisieren. So ist das Wasserstoffatom elektrisch neutral, seine Bestandteile dagegen sind positiv (der Kern) und negativ (das umkreisende Elektron) geladen. Die Teilchen  $J/\Psi$  und  $\Psi'$  haben zwar die Charm-Ladung Null, sie sind aber aus Bestandteilen mit negativer und positiver Charm-Ladung zusammengesetzt.

Eine solche Erklärung der neuen Phänomene in der Elementarteilchenphysik mag nun schon recht befriedigend sein, und doch fehlt ihr die letzte Überzeugungskraft, wenn es nicht gelingt, bei Experimenten Teilchen mit erkennbarer

Diagramm mit  $\rho, \omega$ -Mesonen

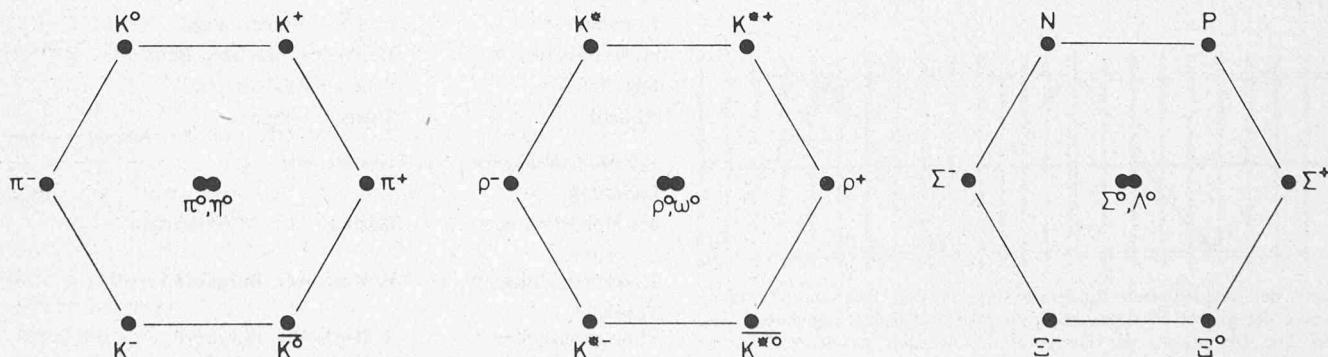


Bild 1. Graphische Darstellung von Elementarteilchen, die aufeinander Kernkräfte ausüben, geordnet nach ihren Eigenschaften

Charm-Ladung (d. h. ungleich Null) nachzuweisen. Denn, um auf das vergleichende Beispiel Wasserstoffatom noch einmal zurückzukommen: Angenommen es gäbe ausschliesslich neutrale Atome auf der Welt und keine einzelnen Elektronen und Protonen; wenn dann jemand behaupten würde, ein neutrales Wasserstoffatom sei in Wahrheit aus Teilchen mit entgegengesetzter elektrischer Ladung aufgebaut, so würde man das wohl nur für eine interessante aber unbewiesene Spekulation halten. Glauben würde man das erst, wenn Elektronen und Protonen auch tatsächlich einzeln gefunden würden.

Das macht verständlich, warum in letzter Zeit grosse Anstrengungen unternommen wurden, um Teilchen mit nachweisbarem Charm zu finden. Die neuesten Ergebnisse des SPEAR-Beschleunigers in Stanford/USA und von den DORIS-Detektoren DASP und PLUTO lassen es sehr glaubwürdig erscheinen, dass dies nun gelungen ist. Doch zunächst müssen wir für das bessere Verständnis einen Schritt zurück tun.

### Geheimnismutterte Quarks

Seit Jahren ist eine grosse Schar von Elementarteilchen bekannt. Viele davon sind den DESY-Mitarbeitern geläufig, denn sie sind in diesem Institut ausführlich untersucht worden und haben sogar einigen Forschungsgruppen ihren Namen gegeben; so hat doch wohl jeder schon einmal von den Pi-, K- und Rho-Mesonen gehört und natürlich auch von den Bestandteilen der Atomkerne, den Protonen und Neutronen. Gemeint ist hier die grosse Klasse der Elementarteilchen, die *Kernkräfte aufeinander ausüben*, auch *Hadronen* genannt. Wenn man all diese Teilchen ihren Eigenschaften entsprechend zusammenfasst und sie in graphischer Form darstellt, erhält man schöne, regelmässige Anordnungen. Drei Sechseckdiagramme sind hier als Beispiel wiedergegeben (Bild 1).

Es gibt noch eine ganze Reihe weiterer ordnender Diagramme, so auch ein grosses Dreieck, das zehn Teilchen erfasst. Wie in einem Puzzle kann man nun die regelmässigen Dreiecks- und Sechsecke der Teilchenfamilien aus zwei einfachen Grundfiguren, nämlich zwei verschiedenen gleichseitigen Dreiecken aufbauen (Bild 2).

Diesen beiden Figuren muss man «Teilchen» zuordnen, die bisher noch niemand gesehen hat, und die wohl auch nie direkt beobachtet werden können, so scheint es jedenfalls nach unserem derzeitigen Wissensstand. Diese Teilchen nun sind die

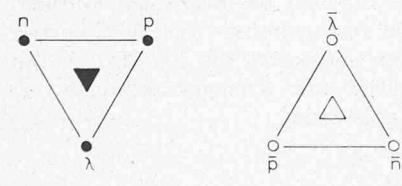


Bild 2. Schematische Anordnung von Quarks

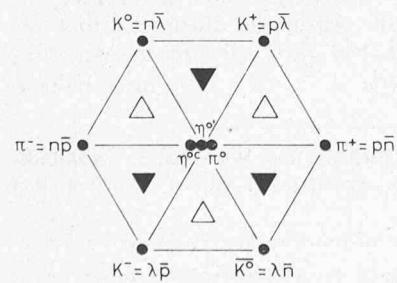


Bild 3. Zusammensetzung von Mesonen aus Quarks

so geheimnismutterten «Quarks». Ihren Namen verdanken sie dem amerikanischen Physiker und Nobelpreisträger *Murray Gell-Mann*.

Die Quarks werden oft mit den Buchstaben p, n und  $\lambda$ , die für Proton, Neutron und Lambda-Teilchen stehen, bezeichnet – obwohl sie eigentlich nicht direkt etwas mit diesen Elementarteilchen zu tun haben.  $\bar{p}$ ,  $\bar{n}$  und  $\bar{\lambda}$  sind die zugehörigen «Antiquarks». (Ein Antiteilchen unterscheidet sich von dem entsprechenden Teilchen nur durch entgegengesetzte Ladung. Auch *Antiteilchen* sind bei DESY nichts Neues: So wird im Speicherring DORIS mit Elektronen und ihren Antiteilchen Positronen ständig experimentiert.)

Wie sind nun die Teilchen aus den Quarks zusammengesetzt? Als Beispiel wählen wir die Familie der *Mesonen*, acht Stück an der Zahl. Alle acht erhält man einfach dadurch, dass man irgendeines der Quarks mit einem der Antiquarks kombiniert. Man geht von den beiden Quark-Dreiecken aus und legt sie zu einem Sechseck zusammen (Bild 3).

Man sieht, dass zum Beispiel das  $\pi^+$ -Meson aus einem p-Quark und einem  $\bar{n}$ -Antiquark besteht. (Das  $\eta^0$ , in der Mitte des Sechsecks gehört nicht zu den acht Mesonen, es bildet eine Familie für sich allein.)

Quarks haben übrigens die sehr merkwürdige Eigenschaft, dass ihre *Ladung entweder ein oder zwei Drittel der Elementarladung e* ( $e$  ist die Ladung des Elektrons) beträgt:

Quark	Ladung	Antiquark	Ladung
p	$+ \frac{2}{3} e$	$\bar{p}$	$- \frac{2}{3} e$
n	$- \frac{1}{3} e$	$\bar{n}$	$+ \frac{1}{3} e$
$\lambda$	$- \frac{1}{3} e$	$\bar{\lambda}$	$+ \frac{1}{3} e$

Das  $\pi^+$ -Meson, bestehend aus p und  $\bar{n}$  hat damit die Ladung  $\frac{2}{3} e + \frac{1}{3} e = 1 e$ , ganz wie erwartet. Das elektrisch neutrale  $K^0$ -Meson besteht aus einem n-Quark und einem Antilambda-Quark, deren Ladungen ( $- \frac{1}{3} e$  und  $+ \frac{1}{3} e$ ) sich gerade aufheben. Die Bedeutung dieser theoretisch gut begründeten Darstellung besteht darin, dass man sämtliche bis vor zwei Jahren bekannten Teilchen – und das sind einige hundert – aus den drei Quarks und den drei Antiquarks aufbauen und somit eine sehr schöne, einfache, einleuchtende Systematik hat. Man kann das etwa vergleichen mit dem Aufbau der fast 100 verschiedenen Atome der Natur aus den drei Teilchen Proton, Neutron und Elektron. (Man beachte übrigens, dass die Teilchen, die keine Kernkräfte ausüben können, nämlich die Leptonen Elektron, Neutrino, Myon und Gamma-Quant, nicht aus Quarks aufgebaut sind!)

### Die neuen Teilchen mit Charm

Die Teilchen J und Psi' vom November 1974 passen nun überhaupt nicht in die Familien der vorher bekannten Teilchen. In vielen ihrer Eigenschaften stimmen sie zwar mit den auch bei DESY untersuchten Rho- und Omega-Mesonen überein. Ihre Masse ist aber vier- bis fünfmal so gross. Will man auch diese neuen Teilchen aus Quarks zusammenbauen, so muss man zwangsläufig annehmen, dass es noch ein vierter Quark mit wesentlich grösserer Masse gibt. Dieses ist nun das «*Charm-Quark*» c. Es hat ebenso wie das p-Quark die elektrische Ladung  $+ \frac{2}{3} e$ . Darüber hinaus trägt es aber noch die Charm-Ladung +1, die für die grosse Masse und lange Lebensdauer der neuen Teilchen verantwortlich ist.

Das Antiquark c gibt es natürlich auch, es hat die elektrische Ladung  $- \frac{2}{3} e$  und eine Charm-Ladung von -1. Die neuen Teilchen J/Psi, Psi', Pc, X und Chi bestehen offensichtlich aus jeweils einem Charm-Quark und einem Anticharm-Quark und haben darum die Charm-Ladung Null; hier konnte also Charm sozusagen nur indirekt festgestellt werden.

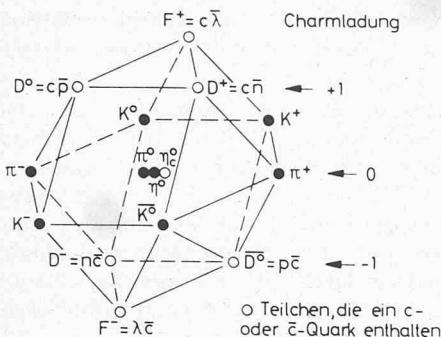


Bild 4. Schematische räumliche Anordnung neuer, noch nicht entdeckter Teilchen

Nehmen wir also das Charm-Quark als viertes zu den drei anderen Quarks hinzu, so ergibt sich zwangsläufig eine grosse Zahl neuer, noch nicht entdeckter Teilchen, die aus einem Charm-Quark und einem der drei «herkömmlichen» Quarks aufgebaut sind. Das in Bild 4 wiedergegebene Gebilde verdeutlicht das (und auch von diesen Gebilden gibt es nun wieder mehrere!). Es entsteht durch Erweiterung der Sechseckfigur, in dem aus den Grunddreiecken zwei gleichseitige Tetraeder (Pyramiden) mit den Spitzen c und  $\bar{c}$  werden.

Die Quark-Paarung wird erreicht durch Aufsetzen zweier weiterer Tetraeder in der Mittelachse. In der Mittelebene befinden sich die uns schon bekannten Teilchen. Sie verfügen nur über die drei «alten» Quarks und haben keinen Charm, weder ein c-Quark noch ein  $\bar{c}$ -Quark. Die Teilchen des oberen Dreiecks aber haben die Charm-Ladung +1, die im unteren -1. Zu den Teilchen  $\pi^0$  und  $\eta^0$  in der Mitte des Sechsecks kommt noch das Teilchen  $\eta^0 c$  dazu. Es verfügt über ein Charm- und ein Anticharm-Quark und hat darum die Charm-Ladung Null. Sein besonderes Kennzeichen ist seine grosse Masse (2,85 GeV!), wahrscheinlich ist es das im August 1975 bei DESY entdeckte X-Teilchen. Auch das erste der «neuen Teilchen», das J/Psi, liegt in der Mitte eines ähnlichen Sechsecks; es ist ebenfalls im Besitz von Charm und Anticharm und zeigt darum nach aussen hin auch die Charm-Ladung Null.

Das Auffinden von Teilchen der Ebenen oberhalb und unterhalb des Sechsecks – also von Teilchen mit direkt erkennbarem positivem oder negativem Charm – war nun entscheidend für eine letzte, endgültige Bestätigung des Charm-Modells.

So erwartete man unter anderem ein Teilchen mit Namen  $D^0$ , aufgebaut aus einem Charm- und einem  $\bar{p}$ -Quark, seine Masse sollte ungefähr bei 1,85 GeV liegen. Bedingt durch ein Naturgesetz kann dieses Teilchen nur über die schwache Wechselwirkung zerfallen, was zur Folge hat, dass bei seinem Zerfall neben Pi- und K-Mesonen häufig auch Elektronen und Neutrinos auftreten müssen. Gewisse Hinweise für die Existenz von Teilchen mit einem Charm-Quark wie das  $D^0$  gab es schon aus den Neutrino-Experimenten bei CERN/Genf und dem Fermi-Laboratorium/USA. Die Elektron-Positron-Speicherringe SPEAR in Stanford/USA und DORIS haben jetzt aber wohl eindeutig den Beweis für die Existenz der Charm-Teilchen erbracht.

In Stanford wurden Teilchen gefunden, die wie gefordert in K- und Pi-Mesonen zerfallen und die vorhergesagte Masse von etwa 1,85 GeV besitzen. Was dort nicht gezeigt werden konnte, war, dass diese Teilchen durch die schwache Wechselwirkung zerfallen, wie es die Charm-Hypothese zwingend verlangt. Zwei Experimente bei DESY haben nun offensichtlich diesen noch notwendigen Beweis geliefert. Bei Elektron-Positron-Zusammenstößen mit Gesamtenergien von mehr als vier GeV wurden Reaktionen beobachtet, in denen gleichzeitig Elektronen und K-Mesonen auftreten. Das ist nur möglich, wenn neue Teilchen erzeugt wurden, die ausschliesslich

durch schwache Wechselwirkung zerfallen. Bei einer Gesamtenergie von 3,6 bis 3,7 GeV wurden solche Ereignisse nicht beobachtet. Da «gecharmte» Teilchen paarweise erzeugt werden müssen (z. B.  $e^+ e^- \rightarrow D^+ D^-$ ), kann man ihre Masse annähernd bestimmen; sie muss zwischen 1,85 und 2,0 GeV liegen.

Die beiden Detektoren des Doppelringspeichers DORIS ergänzten sich hier gut: Im Doppelarmspektrometer DASP wurden gleichzeitig Elektronen und geladene K-Mesonen nachgewiesen, im supraleitenden PLUTO Elektronen und neutrale K-Mesonen.

#### Vier Grundbausteine der Materie

Die Entdeckung des Charm-Quarks erhöht die Zahl der Grundbausteine der Materie von drei auf vier. Dies ist sehr wichtig für das theoretische Verständnis der Kräfte in der Natur. In den letzten Jahren sind Versuche gemacht worden, die elektromagnetischen Kräfte und die viel geringeren Kräfte der schwachen Wechselwirkung auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen, was aber meist nur mit Hilfe von Charm möglich war.

Man kann also hoffen, dass wir mit der Entdeckung von Charm auch dem Gesamtverständnis der unterschiedlichen Kräfte zwischen den Elementarteilchen näher gekommen sind. Ob das nur ein erkenntnistheoretischer Fortschritt ist oder aber auch eines Tages bei der Entwicklung neuer Technologien eine grosse Rolle spielen könnte, wissen wir heute nicht. Derzeit sind wir jedenfalls ganz mit der Grundlagenforschung beschäftigt und da die meisten der theoretischen Arbeiten schon seit längerem die Existenz von Charm-Quarks fordern, ist die fieberhafte Suche nach Charm verständlich und auch die grosse Aufregung und Freude bei DESY mitten im heissen Sommer, als man hier den letzten Beweis in Händen hatte. *P. Schmüser*

#### Umschau

##### 10 000 m tiefe Bohrung

Die übertiefe Bohrung sowjetischer Geophysiker auf der Halbinsel Kola, die im vergangenen Jahr eine Tiefe von 7263 m erreichte, soll in einer zweiten Etappe auf über 10 000 m weitergetrieben werden. Nach einer Meldung der sowjetischen Regierungszeitung «Iswestija» ist als Endziel, nach einer dritten Stufe, eine Rekordtiefe von 15 000 m vorgesehen. Herausragendes Ergebnis des bisherigen Versuchs waren überraschend hohe Temperaturen von 120 °C in etwa 7000 m Tiefe. Ausserdem entdeckten die Forscher in den Gesteinen Helium, Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffe und Anzeichen für lebende Organismen.

DK 550.822

#### Forschung in der Schweiz

In der Schweiz sind im vergangenen Jahr rund 3,6 Mrd Fr. oder 562 Fr. je Kopf der Bevölkerung für die Forschung ausgegeben worden. Davon trug der Staat 22 Prozent, die Privatwirtschaft den Rest. Allein die chemische und die Maschinenbauindustrie haben rund 70 Prozent der Forschungsaufgaben finanziert.

DK 001.891(494)

Die Rubriken «Aus Technik und Wirtschaft», «Ankündigungen» und «Öffentliche Vorträge» befinden sich auf den grünen Seiten.

Herausgegeben von der Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
Redaktion: K. Meyer, M. Künzler, B. Odermatt; Zürich-Giesshübel, Staffelstr. 12,  
Telefon 01 / 36 55 36, Postcheck 80-6110  
Briefpostadresse: Schweizerische Bauzeitung, Postfach 630, 8021 Zürich