

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 38

Artikel: Verstärkung eines Kirchturms in England durch vorgespannte Drähte
Autor: Abeles, P.W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56801>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Verstärkung eines Kirchturmes in England durch vorgespannte Drähte

DK 729.35(42)

Von Dr. P. W. ABELES, London

Der Verfasser hat im Jahre 1942 ein neues System einer vorgespannten Bauwerkkonstruktion vorgeschlagen, das aus einer Kombination von drei Bestandteilen (Bild 1) besteht, nämlich 1. aus der Hauptkomponente aus Beton oder Ziegelmauerwerk mit äusseren Rillen oder Schlitzen, 2. aus einem wirksam vorgespannten Zugband aus Stahl und 3. aus einer Zementmörtelfüllung. Hierbei ist das aus hochwertigen Stahldrähten bestehende Zugband in den Rillen der Hauptkomponente untergebracht und vollständig im Zementmörtel eingebettet. Die Vorspannung wird vom Zugband auf die Hauptkomponente entweder mit an den Enden angeordneten Verankerungen übertragen, wobei eine zusätzliche Uebertragung von den Drähten des Zugbandes durch Adhäsion an den Zementmörtel und von diesem an die Hauptkomponente stattfindet, oder die ganze Vorspannung wird ausschliesslich durch Adhäsion über den Zementmörtel an die Hauptkomponente weitergeleitet, so dass keine Verankerung besteht.

Bei der zweiten Ausführungsweise (reine Adhäsionsübertragung) ist es auch möglich, die Vorspannung der Drähte ähnlich wie beim Hoyerverfahren in grossen Längen vorzunehmen, wobei mehrere Bauwerkkörper aneinander gereiht werden. Nachdem die Rillen vergossen sind, werden die Drähte an den Enden der einzelnen Körper abgeschnitten oder abgebrannt, sobald der Beton die genügende Festigkeit erreicht hat. Der Verfasser hat die Herstellung vorgespannter Bauteile durch reine Adhäsionsübertragung nach der zweiten Ausführungsweise bereits im Juni 1942 vorgeschlagen, er glaubt in dieser Sache der erste gewesen zu sein. Seither wurden ähnliche Konstruktionen in Italien, Schweden, in der Schweiz und vielleicht auch anderswo vorgeschlagen.

Eine interessante Mauerverstärkung nach der ersten Methode mit Verankerungen ist kürzlich am Turm der Kirche von Stoke-on-Treat, Staffordshire, England, nach den Vorschlägen und unter der Leitung des Verfassers durchgeführt worden, über die nachfolgend berichtet werden soll. Die Kirche befindet sich im Kohlenbergwerkgebiet. Ungleichmässige Senkungen verursachten eine Schiefstellung des Turmes und Risse in den Turmmauern. Das Einziehen von gewalzten Stahlträgern zur Verstärkung wäre äusserst schwierig gewesen und hätte, wie noch gezeigt wird, sehr viel Stahl benötigt. Dies war aber beim damaligen Rohstoffmangel durchaus unerwünscht. Die Sachverständigen des Kirchenrates, Arch. H. Goldstraw und Hütteningenieur H. Mason, entschlossen sich daher vor rd. 2 1/2 Jahren zur Ausführung der Vorschläge des Verfassers.

Bild 1 zeigt das Prinzip der Verstärkung: Auf beiden Seiten der Mauer werden Schlitze a und an den Enden Nischen b ausgespitzt. Dann wird die Mauer durch Zementmörtel-Injektionen in dem schraffierten Gebiet verfestigt, wodurch ein schwach gebogener Träger entsteht, der einerseits als Balken auf zwei Stützen und andererseits auch als Kragkonstruktion an den beiden Enden wirkt. In die Schlitze a legt man Drähte c und in die Nischen Ankerkörper d, die auf Trägern e ruhen

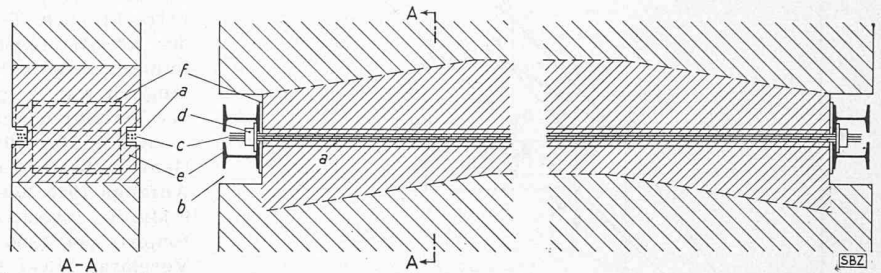


Bild 1. Prinzip der Mauerverstärkung durch Zementmörtel-Injektionen und gespannte Drähte. a Schlitze, b Nischen, c Spanndrähte, d Ankerkörper, e Träger, f Platten

und sich über Platten f gegen die Mauer legen. Nun werden die Drähte mit einer hydraulisch betätigten Vorrichtung auf eine bestimmte Kraft vorgespannt. Schliesslich werden die Schlitze mit Zementmörtel ausgefüllt.

Bild 2 stellt einen Horizontalschnitt durch den Kirchturm dar. Die Schlitze x in den Innenmauern setzen sich als Löcher y durch die Aussenmauern fort; ähnliche Löcher mussten auch durch die Stützmauern ausgespitzt werden. Grössere Nischen z waren zum Einbringen des Spannapparates erforderlich.

Bilder 3 und 4 stellen vertikale Teilquerschnitte Süd-Nord bzw. Ost-West dar. Die verschiedenen Schlitze konnten nicht in gleicher Höhe angeordnet werden, da verschiedene Öffnungen, Fenster, Gesimse und Treppen berücksichtigt werden mussten. Auf der Südseite war die tiefstmögliche Lage der Schlitze durch das Niveau des Sockelgesimses gegeben, das nicht entfernt werden durfte. Daher mussten die Schlitze oberhalb angeordnet werden, wie es Bild 7 zeigt. Um einen entsprechenden Druckgurt in der Mitte der Verstärkungs-

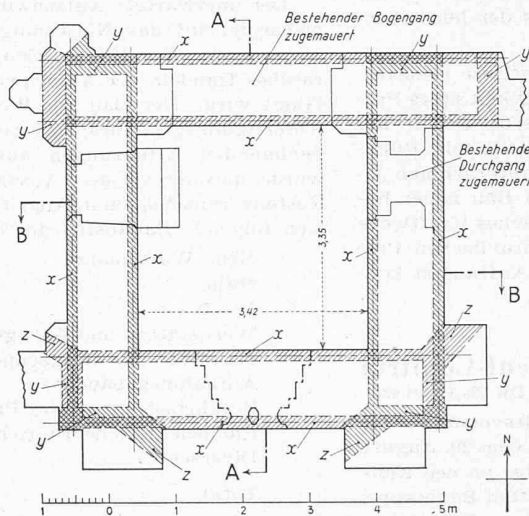


Bild 2. Horizontalschnitt durch den Kirchturm in Stoke-on-Treat. x Schlitze, y Löcher, z Nischen

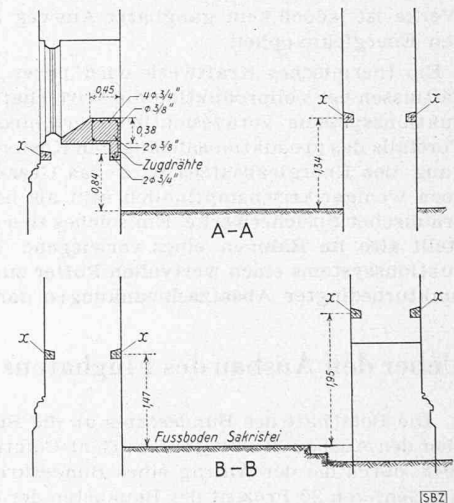


Bild 3 (oben). Schnitt AA mit verstärktem Fenstersims
Bild 4. Schnitt BB

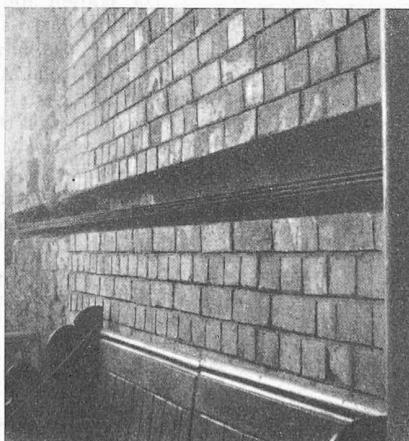


Bild 5. Schlitz mit Spanndrähten im Innern des Turmes in der zugemauerten Nordwand

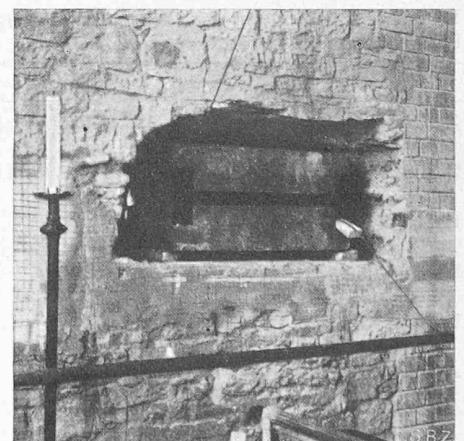


Bild 6. Mauernische mit eingesetztem Ankerkörper, Innenseite der Kirche

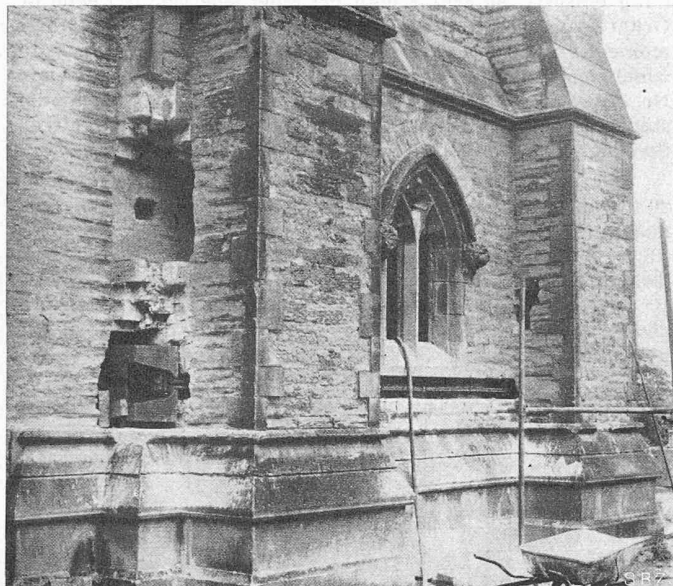


Bild 7. Kirchturnmverstärkung. Schlitz und Nische mit eingesetztem Ankerkörper auf der Südseite (vgl. Bild 3, linke Seite), darüber leere Nischen, zur Aufnahme der Ankerkörper vorbereitet, für die Verstärkung der Westwand bzw. Ostwand

Konstruktion zu erhalten, wurde eine Eisenbetonverstärkung eingezogen, wie dies aus dem Vertikalschnitt (Bild 3) zu sehen ist. Bild 7 zeigt die Südfassade nach Beendigung der Vorspannung. Die Schlitz wurden anschliessend mit den ursprünglichen Steinen verkleidet und erst nachher wurde die östliche und die westliche Turmmauer vorgespannt.

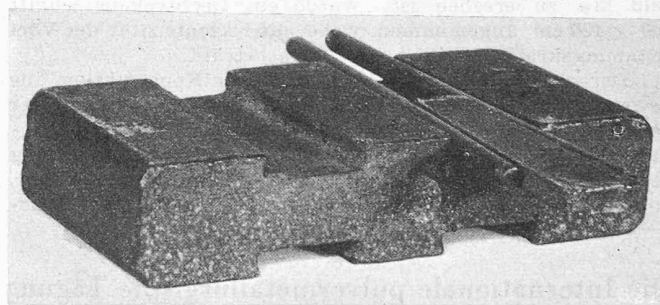
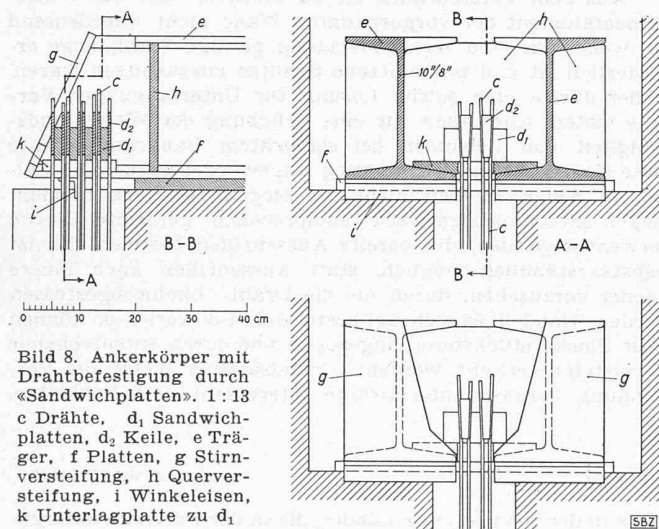


Bild 9. Sandwichplatte für acht Drähte

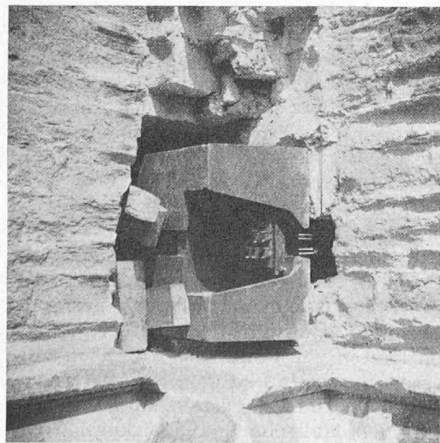


Bild 10. Ankerkörper auf der Südseite (Detail zu Bild 7) mit fester Lagerung der Drähte

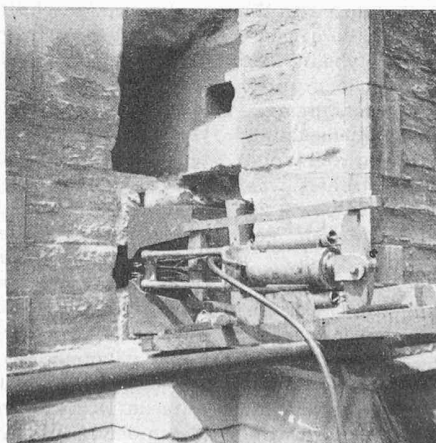


Bild 11. Vorrichtung zum Spannen der Drähte, eingesetzt auf dem zu Bild 10 gegenüberliegenden Ende der Drähte

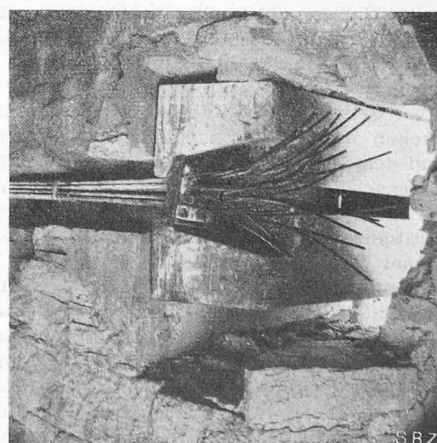


Bild 12. Verankerung nach dem Spannen der Drähte

Analog wie Bilder 10 bis 12 Aussenansichten der Südfront, zeigen Bilder 5 und 6 die Nordseite im Innern der Kirche vor und nach dem Füllen der Schlitz mit Zementmörtel. Diese Nordmauer des Turmes wies eine Oeffnung als direkte Verbindung der Kirche mit der Sakristei auf. Es war selbstverständlich nötig, diese Oeffnung mit Ziegelmauerwerk zu schliessen, um die Vorspannung aufnehmen zu können, wobei eine Rille für die Drähte ausgespart wurde.

Im Folgenden sollen die Details der Ankerkonstruktion und des Vorspannungsprozesses etwas eingehender behandelt werden. Bild 8 zeigt die Gestaltung der Uebertragungskonstruktion von der Stirnseite und in zwei Schnitten. Als Verankerung waren ursprünglich Stahlplatten zwischen den Flanschen der I-Träger vorgesehen, wobei je zwei Drähte durch Löcher hindurchgeführt und mittels einem Keil festgeklemt werden sollten. Da aber die Anschaffung einer geringen Anzahl solcher Stahlplatten mit den erforderlichen konischen Löchern von ovalem Querschnitt ziemlich kostspielig und umständlich gewesen wäre, wählte man die sog. «Sandwichplatte» für acht Drähte (Bild 9), die Prof. G. Magnel aus Gent zusammen mit dem Etabl. Bleton, Brüssel entwickelt hatte. Prof. Magnel hatte bereits im Jahre 1943 bei einer Kirche in Gent eine vorgespannte Konstruktion als vorläufige Unterfangung vorgeschlagen. In diesem Falle war dies nötig, um die schadhaften Pfeiler auszuwechseln. Dabei war vorgesehen, einzelne Teile der Wand auszuspitzen und Stück für Stück Eisenbetonkörper einzubauen, in denen Rohre einbetoniert werden sollten; durch sie wären dann Drähte hindurchgeführt und vorgespannt worden.

Aus dem Längsschnitt Bild 8 ist zu ersehen, dass vier Sandwichplatten zwischen den unteren Flanschen der I-Träger angeordnet sind, wobei 32 Drähte von 5 mm $\varnothing$ auf jeder Seite der Mauer verankert wurden. Es war notwendig, einen Teil der Innenflansche an dem äusseren Ende der I-Träger auszuschneiden, um den Spannapparat bis zu den Verankerungen heranzubringen. Als Querversteifungen wirken entsprechend zugeschnittene Endplatten g und eine Querplatte h, sowie je ein Winkel i bei jedem I-Träger, die alle mit der Ankerkonstruktion verschweisst wurden. Diese Endplatten zusammen mit den ausgeschnittenen Flanschteilen geben den Ankerkörpern das Aussehen von gusseisernen Kästen (z. B. Bilder 10 bis 12).

Die Bilder 10 und 12 zeigen Endverankerungen, und zwar Bild 10 die Verankerung mittels Sandwichplatten und Keilen an je einem Ende der Drähte des äusseren Schlitzes der Süd- wand, an dem die Vorspannung nicht vorgenommen wurde, während Bild 11 den Spannapparat während des Vorspannens am anderen Ende dieses Schlitzes darstellt; der selbe Schlitz wurde bereits im Bild 7 gezeigt. Aus Bild 12 ist die Endver- ankerung des Innenschlitzes der Nordwand zu sehen, nach- dem die Vorspannung bereits vorgenommen wurde. In diesem Falle ist der Schlitz bis zum Ende durchgeführt, während in den Bildern 11 und 12 die Enden durch Löcher gebildet werden.

Der verwendete Stahldraht (hard drawn steel wire) mit glatter Oberfläche von 5 mm Durchmesser hat eine garan- tierte Mindestzugfestigkeit von 15700 kg/cm². Eine theore- tische Spannkraft von 2 t war pro Draht vorgesehen, was einer Stahlspannung von rd. 10000 kg/cm² entspricht. Die gesamte Kraft beträgt daher für die 64 Drähte pro Mauer (32 Drähte pro Schlitz) 128 t. Die theo- retische Kraft wurde um 5 % erhöht, um die Wirk- ung des Kriechens des Stahldrahtes weitgehend auszugleichen. Beim Verkeilen entsteht ein ganz geringer Schlupf der Drähte, das bei grossen Längen ganz ohne Einfluss ist, aber bei der gerin- gen Länge im vorliegenden Fall doch berücksichtigt werden musste. Die erforderliche Vorspannungskraft wurde mittels Manometer abgelesen, nachdem die entsprechende Verlängerung des Drahtes auf Grund des Spannungsdehnungsschaubildes unter Berücksichtigung des geringfügigen Schlupfes ermittelt wurde, was eine entsprechende Kontrolle bot.

Mit der besprochenen Verstärkung des Turmes bezweckte man einen möglichst grossen Widerstand gegenüber weiteren Setzungen, wobei es sich nicht um ganz bestimmte Belastungen handelt, da ja das Ausmass einer solchen weiteren Setzung unbekannt ist. In Bild 13 wird eine ungefähre Spannungsverteilung über den Balkenquerschnitt a bei Vorspannung b gezeigt. Da ein grosser Teil des Kriechens des Stahles bereits eliminiert wurde und kaum ein wesentliches Schwinden und Kriechen des Steinmauerwerkes und der Ziegelfüllung in Frage kommt, kann man annehmen, dass mindestens 90 % der ursprünglichen Vorspannung wirksam bleiben; die entsprechenden Werte sind in Bild 13b in Klammern angegeben. Wie aus Bild 13a zu ersehen ist, wurde ein Rechteckquerschnitt 100 × 120 cm angenommen, wobei die Exzentrizität der Vor- spannungskraft von 128 t nur 25 cm beträgt.

Der nachfolgende Vergleich mit einer Konstruktion aus gewalzten Profilen soll die hohe Widerstandsfähigkeit der beschriebenen Bauart dartun. Wenn man die gesamte Trag- fähigkeit berücksichtigt, wie sie sich bei einer Beanspruchung der Drähte mit ihrer vollen Zugfestigkeit ergeben würde, und den Hebelarm der Innenkräfte mit 80 cm in die Rech-

nung einsetzt, so erhält man bei einer Querschnittsfläche der Drähte von $64 \times 0,196 = 12,5 \text{ cm}^2$ ein maximales Biegun- gsmoment von 156000 mkg. Um das selbe Biegun- gsmoment auf- zunehmen, müssten z. B. zwei breitflanschtige I- Träger Nr. 42 $\frac{1}{2}$ von je 212 cm² Querschnittsfläche und 3270 cm³ Wider- standsmoment eingebaut werden, wobei diese Träger bis zur Streckgrenze von 2400 kg/cm² beansprucht würden.

Nimmt man eine Biegun- gsfestigkeit des Mauerwerkes von 20 kg/cm² (Zug) an, so darf die grösste Biegun- gsspannung nach Bild 13c $20 + 21,4 = 41,4 \text{ kg/cm}^2$ betragen. Dies ergibt für einen Balkenquerschnitt nach Bild 13a ein grösstes zu- lässiges Biegun- gsmoment von $120^2 \cdot 100 \cdot 41,4/6 = \sim 10 \cdot 10^6 \text{ cmkg} = \sim 100000 \text{ mkg}$. Die Superposition der Beanspru- chung durch die Vorspannung (Fall b) mit der reinen Bie- gungsbeanspruchung (c) ergibt das Diagramm b.

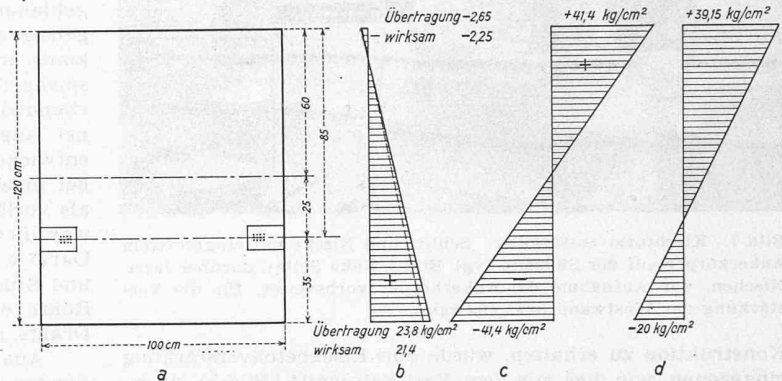


Bild 13. Wirkung der Vorspannung auf einen Betonbalken. a Balkenquer- schnitt, b Spannungen infolge Spannen der Drähte, c reine Biegung ohne Vorspannung, d = b + c Biegung mit Vorspannung

Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, dass die Wider- standsfähigkeit der vorgespannten Wand nicht unbedeutend ist, wobei nur eine verhältnismässig geringe Stahlmenge er- forderlich ist und nur einfache Schlitzte auszuspitzen waren. Daher dürfte eine solche Lösung für Unterfangungen Vor- teile bieten. Aber auch für eine Erhöhung der Widerstands- fähigkeit von Gebäuden bei schlechtem Baugrund könnte diese Konstruktion zweckmässig angewendet werden. In Fäl- len, in denen es sich nicht um Ziegelmauerwerk handelt, mögen zweckmässigerweise entsprechend geformte Blöcke verwendet werden, die bereits Aussenrillen besitzen. Es ist selbstverständlich möglich, statt Aussenrillen auch innere Löcher vorzusehen, durch die die Drähte hindurchgestossen werden. Handelt es sich um bestehende Bauwerke, so können diese Blöcke stückweise eingezogen und durch entsprechende Formsteine verkeilt werden. Grundsätzlich bietet die Ver- wendung vorgespannter Drähte interessante Möglichkeiten.

Die Internationale pulvermetallurgische Tagung in Graz

DK 061.3 : 621.775.7(436)

Vom 12. bis 17. Juli tagten in Graz die Fachmänner der Pulvermetallurgie aus 18 Ländern. Die Pulvermetallurgie als neuzeitliches industrielles Verfahren ist etwa 35 Jahre alt. Es besteht darin, dass in Pulverform gebrachte Metalle (insbe- sondere Eisen, Stahl, Kupfer, Wolfram und Molybdän) zu Körpern gepresst und gesintert, d. h. bei hohen, jedoch unter dem Schmelzpunkt liegenden Temperaturen zusammenge- backen werden. Je nach der chemischen Zusammensetzung und dem Erzeugungsverfahren weisen diese Körper wertvolle Eigenschaften auf, so z. B. sehr hohe Verschleissfestigkeit, was sie zu hochwertigen Werkzeugen und Vorrichtungen, sowie zu Bauteilen, die geringer Abnutzung unterliegen müssen, ge- eignet macht.

Dass die österreichische Stadt Graz als Ort dieser Tagung gewählt wurde, ist kein Zufall; ist sie doch dank der sorgfältigen Berufungspolitik des österreichischen Unterrichtsmini- steriums und dank der Tätigkeit einiger an den beiden Grazer Hochschulen wirkender Professoren zu einem Zentrum der pulvermetallurgischen Grundlagenforschung geworden; ausserdem ist das Metallwerk Plansee bei Reutte in Tirol eine der industriellen Stätten, wo diese neuartige Technik ent- standen ist und durch zielbewusste Forschungsarbeit weiter entwickelt wurde. Auch hat das Oesterreich von heute einen

Platz in der Gruppe jener Länder, die in der Pulvermetallurgie führend sind.

Die wissenschaftlich den höchsten Ansprüchen genügenden zahlreichen Vorträge der Grazer Tagung wurden in zwei paral- lelen Gruppen abgehalten, von denen die eine die Forschungs- arbeiten sowie die Grundlagen und Theorien der Pulvermetall- urgie darlegte, während die andere über die in der Industrie verwendeten Verfahren berichtete. Zur ersten Gruppe gehör- ten die Vorträge über die Herstellung der Pulver, die als Ausgangsmaterialien der Pulvermetallurgie dienen, über Her- stellung, Eigenschaften und Verwendung von Sinterkörpern, sowie über Parallelität der Gesetzmässigkeiten in Pulver- metallurgie und Keramik; in der zweiten Gruppe wurden Vor- träge über die allgemeinen Grundlagen und Grenzgebiete der Pulvermetallurgie, über Untersuchungsmethoden von gesinter- ten und ungesinterten Pulvern, sowie über die Sintervorgänge selbst geboten. Bei den letzten wurde auf die Aufgaben hin- gewiesen, die dem Pressen einerseits und dem Sintern ander- seits im Bereich der Pulvermetallurgie gestellt sind, die Pro- bleme der Mikrohärtigkeit und der Makrohärtigkeit zur Diskus- sion gestellt, darauf hingewiesen, dass durch Erwärmung die Atome im Gerüst der Pulver in einen Zustand erhöhter Aktivität ver- setzt werden, der mit Platzwechsel, Selbstdiffusion und Ab-