

# Verstärkung eines Kirchturms in England durch vorgespannte Drähte

Autor(en): **Abeles, P.W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **66 (1948)**

Heft 38

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56801>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# 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 Bauwerkstruktur 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

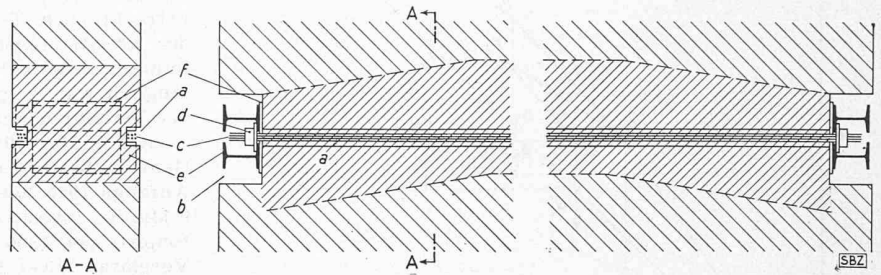


Bild 1. Prinzip der Mauerverstärkung durch Zementmörtel-Injektionen und gespannte Drähte. a Schlitze, b Nischen, c Spanndrähte, d Ankerkörper, e Träger, f Platten

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 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-

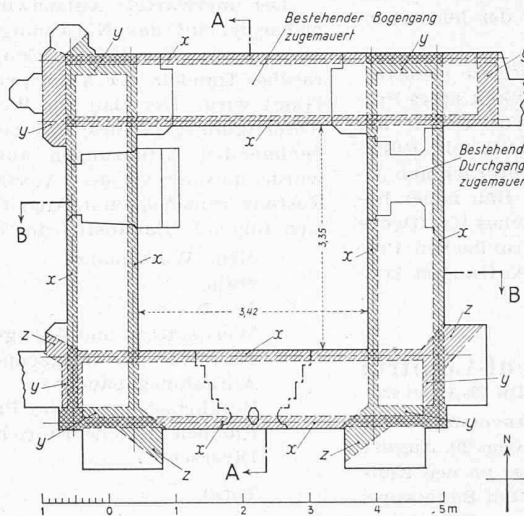


Bild 2. Horizontalschnitt durch den Kirchturm in Stoke-on-Treat. x Schlitze, y Löcher, z Nischen

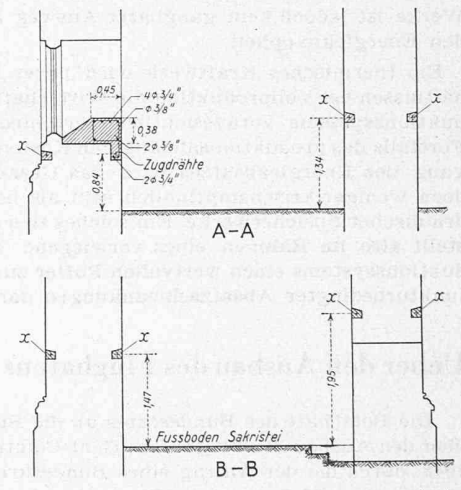


Bild 3 (oben). Schnitt AA mit verstärktem Fenstersims  
Bild 4. Schnitt BB

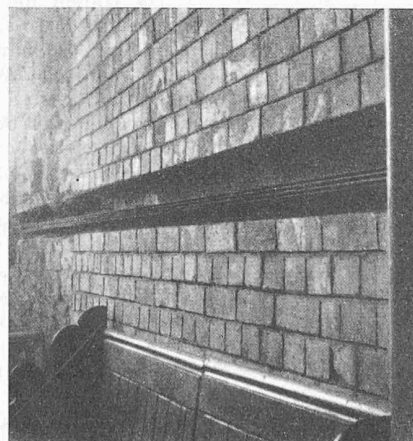


Bild 5. Schlitz mit Spanndrähten im Innern des Turmes in der zugemauerten Nordwand

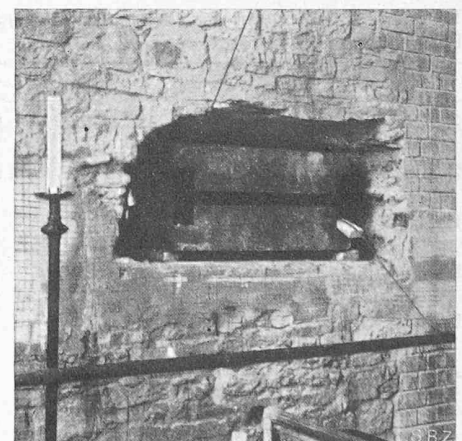


Bild 6. Mauernische mit eingesetztem Ankerkörper, Innenseite der Kirche



Bild 7. Kirchturmverstärkung. 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 ersehen 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.

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 festgeklemmt 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 schadhafte 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 Ø 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 Querverstärkungen 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).

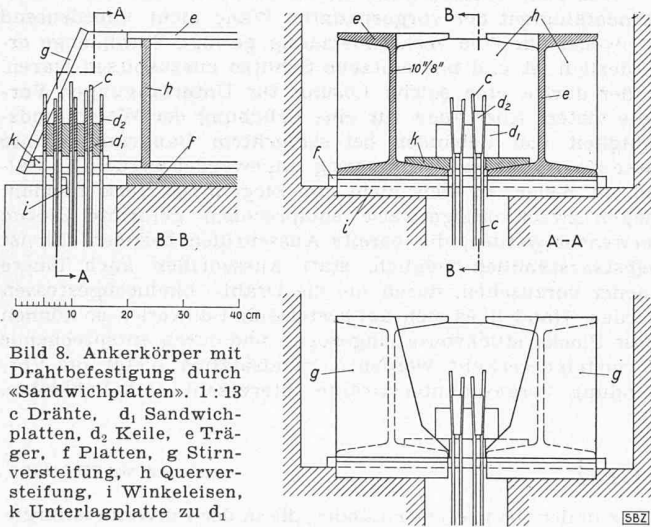


Bild 8. Ankerkörper mit Drahtbefestigung durch «Sandwichplatten». 1 : 13  
c Drähte, d<sub>1</sub> Sandwichplatten, d<sub>2</sub> Keile, e Träger, f Platten, g Stirnversteifung, h Querversteifung, i Winkeleisen, k Unterlagplatte zu d<sub>1</sub>

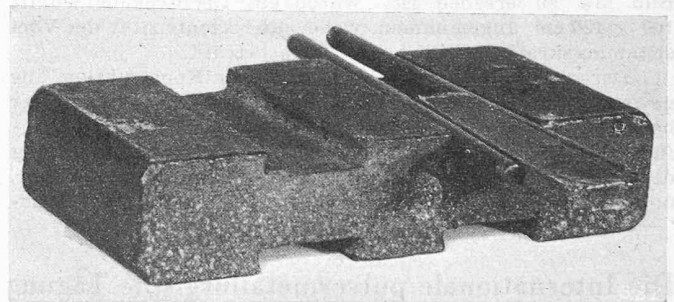


Bild 9. Sandwichplatte für acht Drähte

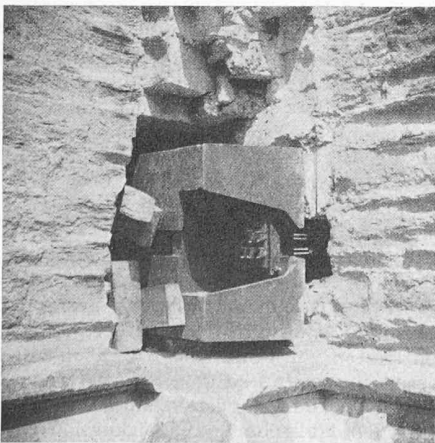


Bild 10. Ankerkörper auf der Südseite (Detail zu Bild 7) mit fester Lagerung der Drähte

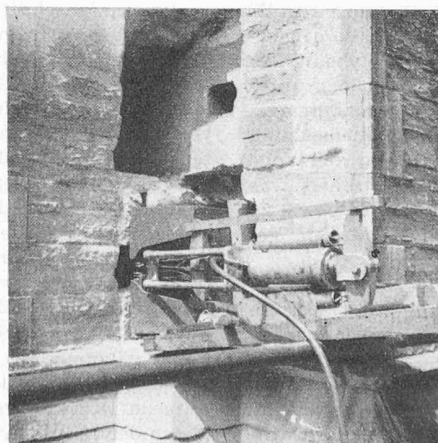


Bild 11. Vorrichtung zum Spannen der Drähte, eingesetzt auf dem zu Bild 10 gegenüberliegenden Ende der Drähte

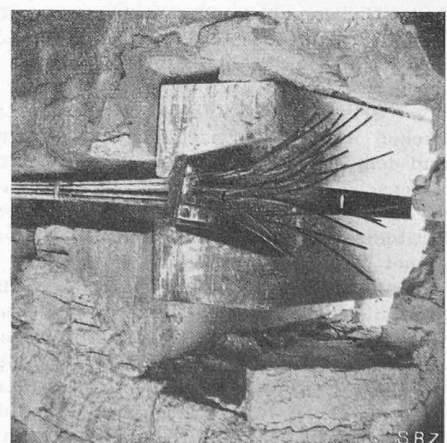


Bild 12. Verankerung nach dem Spannen der Drähte

Die Bilder 10 und 12 zeigen Endverankerungen, und zwar Bild 10 die Verankerung mittels Sandwischplatten 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 in Bild 7 gezeigt. Aus Bild 12 ist die Endverankerung des Innenschlitzes der Nordwand zu sehen, nachdem 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 garantierte Mindestzugfestigkeit von 15700 kg/cm<sup>2</sup>. Eine theoretische Spannkraft von 2 t war pro Draht vorgesehen, was einer Stahlspannung von rd. 10000 kg/cm<sup>2</sup> entspricht. Die gesamte Kraft beträgt daher für die 64 Drähte pro Mauer (32 Drähte pro Schlitz) 128 t. Die theoretische Kraft wurde um 5 % erhöht, um die Wirkung des Kriechens des Stahldrahtes weitgehend auszugleichen. Beim Verkeilen entsteht ein ganz geringfügiges Schlüpfen der Drähte, das bei grossen Längen ganz ohne Einfluss ist, aber bei der geringen 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 Vorspannungskraft 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 Tragfähigkeit 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 Querschnittfläche der Drähte von  $64 \times 0,196 = 12,5 \text{ cm}^2$  ein maximales Biegemoment von 156 000 mkg. Um das selbe Biegemoment aufzunehmen, müssten z. B. zwei breitflanschtige I-Träger Nr. 42  $\frac{1}{2}$  von je 212 cm<sup>2</sup> Querschnittfläche und 3270 cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment eingebaut werden, wobei diese Träger bis zur Streckgrenze von 2400 kg/cm<sup>2</sup> beansprucht würden.

Nimmt man eine Biegezugfestigkeit des Mauerwerkes von 20 kg/cm<sup>2</sup> (Zug) an, so darf die grösste Biegezugspannung nach Bild 13c  $20 + 21,4 = 41,4 \text{ kg/cm}^2$  betragen. Dies ergibt für einen Balkenquerschnitt nach Bild 13a ein grösstes zulässiges Biegemoment von  $120^2 \cdot 100 \cdot 41,4/6 = \sim 10 \cdot 10^6 \text{ cmkg} = \sim 100 000 \text{ mkg}$ . Die Superposition der Beanspruchung durch die Vorspannung (Fall b) mit der reinen Biegebeanspruchung (c) ergibt das Diagramm b.

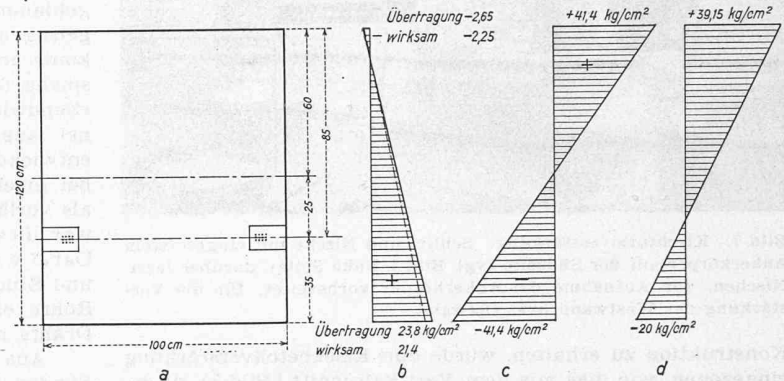


Bild 13. Wirkung der Vorspannung auf einen Betonbalken. a Balkenquerschnitt, b Spannungen infolge Spannen der Drähte, c reine Biegung ohne Vorspannung, d = b + c Biegung mit Vorspannung

Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, dass die Widerstandsfähigkeit der vorgespannten Wand nicht unbedeutend ist, wobei nur eine verhältnismässig geringe Stahlmenge erforderlich ist und nur einfache Schlitzlöcher auszuspitzen waren. Daher dürfte eine solche Lösung für Unterfangungen Vorteile bieten. Aber auch für eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Gebäuden bei schlechtem Baugrund könnte diese Konstruktion zweckmässig angewendet werden. In Fällen, 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 Verwendung 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 (insbesondere Eisen, Stahl, Kupfer, Wolfram und Molybdän) zu Körpern gepresst und gesintert, d. h. bei hohen, jedoch unter dem Schmelzpunkt liegenden Temperaturen zusammengebacken 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, geeignet macht.

Dass die österreichische Stadt Graz als Ort dieser Tagung gewählt wurde, ist kein Zufall; ist sie doch dank der sorgfältigen Berufungspolitik des österreichischen Unterrichtsministeriums 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 entstanden ist und durch zielbewusste Forschungsarbeit weiterentwickelt 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 parallelen Gruppen abgehalten, von denen die eine die Forschungsarbeiten sowie die Grundlagen und Theorien der Pulvermetallurgie darlegte, während die andere über die in der Industrie verwendeten Verfahren berichtete. Zur ersten Gruppe gehörten die Vorträge über die Herstellung der Pulver, die als Ausgangsmaterialien der Pulvermetallurgie dienen, über Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Sinterkörpern, sowie über Parallelität der Gesetzmässigkeiten in Pulvermetallurgie und Keramik; in der zweiten Gruppe wurden Vorträge über die allgemeinen Grundlagen und Grenzgebiete der Pulvermetallurgie, über Untersuchungsmethoden von gesinterten und ungesinterten Pulvern, sowie über die Sintervorgänge selbst gehalten. Bei den letzten wurde auf die Aufgaben hingewiesen, die dem Pressen einerseits und dem Sintern andererseits im Bereich der Pulvermetallurgie gestellt sind, die Probleme der Mikrohärtigkeit und der Makrohärtigkeit zur Diskussion gestellt, darauf hingewiesen, dass durch Erwärmung die Atome im Gerüst der Pulver in einen Zustand erhöhter Aktivität versetzt werden, der mit Platzwechsel, Selbstdiffusion und Ab-