

# Vorgespannte Aramidstäbe und Vernadelungen in denkmalgeschützten Gebäuden

BREIT, KLAUS; SIMADER, JOSEF; KARDEL, JENS

*Dipl.-Ing. Klaus Breit; Grund-, Pfahl- und Sonderbau GmbH, Geschäftsführung, Industriestraße 27A, A-2325 Himberg bei Wien*

*Dipl.-Ing. Josef Simader; Grund-, Pfahl- und Sonderbau GmbH, Bereich Mauerwerkssanierung, Industriestraße 27A, A-2325 Himberg bei Wien*

*Dr.-Ing. Jens Kardel; ZNL-Leitung; STUMP Spezialtiefbau GmbH, ZNL Chemnitz, Blankenauer Str. 99, D-09113 Chemnitz*

Der folgende Artikel berichtet über den Einsatz von vorgespannten Aramidstäben und Vernadelungen an denkmalgeschützten Objekten in Österreich.

## 1 Einleitung

Jedes Gebäude ist einer natürlichen Alterung und Abnutzung ausgesetzt. Je nach Intensität der Nutzung bzw. Veränderungen durch den Alterungsprozess verringern sich bei den eingebauten Materialien der jeweiligen Konstruktionsteile (z.B. Dach, Decken, Wände, Fundamente) die Festigkeiten.

Bei denkmalgeschützten Objekten sind technische Eingriffe in Hinblick auf eine Verbesserung der Tragfähigkeit von bestimmten Konstruktionselementen oder eine Stabilisierung des derzeitigen Zustandes nur sehr bedingt möglich, weil das weitere Zusammenwirken zwischen „ALT“ und „NEU“ im Bauwerk von vielen Faktoren beeinflusst wird. Wie und ob diese nachträglichen Veränderungen vorgenommen werden dürfen, wird vom Denkmalschutz vorgegeben.

## 2 Aufgabenstellung

Ziel der Sanierung denkmalgeschützter Objekte ist es, Festigkeiten an Konstruktionen zu erhalten oder sogar zu optimieren. Insbesondere muss jedoch darauf geachtet werden, dass sichtbare, äußere Veränderungen möglichst gering gehalten werden.

Einen wesentlichen Punkt stellt daher die Auswahl von geeigneten Materialien dar, welche entsprechend der Eigenschaften der Einbauumgebung gewählt werden.

Die Anwendung von Zement als Korrosionsschutz in Kombination mit Stahlzuggliedern in historischen, denkmalgeschützten Bauten soll grundsätzlich vermieden werden, ist jedoch zumindest in Deutschland der Regelfall. In Österreich werden häufig auch alternative Verfahren zugelassen und verwendet, die u.U. den Eigenschaften von Mauerwerk besser entsprechen.

Im Folgenden werden die einzelnen Methoden und ihre Besonderheiten dargestellt.

## 3 Mauerwerksvernadelungen

Die Vernadelung von Mauerwerk erfolgt, wenn

- die Schubkräfte nicht mehr aufgenommen werden können, erkennbar durch deutliche Rissbildungen,

- die Querkräfte bei z.B. zweischaligem Mauerwerk zu groß werden und sichtbare Ausbauchungen sich bilden.

Bei Vernadelungen in zweischaligem Mauerwerk verbinden die eingebauten Nadeln die beiden Schalen miteinander. Zusätzlich bewirkt das eingebrachte Injektionsmaterial im Inneren der Schale eine Stabilisierung des anstehenden Materials.

## 4 Mauerwerksspannglieder

Bei umfangreicheren Schäden im Mauerwerk reicht eine Vernadelung nicht mehr aus und es müssen längere und vorgespannte Spannglieder eingebaut werden.

Diese werden meist horizontal in das Bauwerk eingebracht, um bei vorhandenen vertikalen Rissen wieder einen Verbund zwischen beiden Risseiten zu erreichen. Dadurch bleibt die vertikale Tragfähigkeit des Mauerwerkes erhalten, es können zusätzlich sogar höhere Schubkräfte aufgenommen werden. Dies resultiert aus einer besseren Verzahnung im Mauerwerk.

Die Ausnutzung der Tragfähigkeit der Spannglieder ist im Allgemeinen gering, um bei Lastumlagerungen noch genügend Reserven zu haben.

## 5 Materialien für Vernadelungen und Spannglieder

### 5.1 Stahl

Früher wurden hauptsächlich Vernadelungen aus Stahlspanngliedern eingesetzt. In kritischen Bereichen wurden sogar Nirostastähle verwendet, um Korrosion gänzlich zu verhindern.

Ein großer Nachteil ist jedoch der hohe E-Modul im Vergleich zum Material des historischen Gebäudes, welches meist aus Ziegel, Steinen oder aus Mischmauerwerken besteht.

### 5.2 Aramidfaserstäbe

Ein Spannglied besteht aus einem oder mehreren Aramidfaserstäben, wobei für einen Aramidfaserstab folgende

Kennwerte gelten:

Durchmesser	: 5,5; 7,5; 10 mm
Stabquerschnitt	: 23; 44; 78 mm <sup>2</sup>
Bruchlast	: 32; 61; 109 kN
Gewicht	: 40; 75; 130 g/m
E-Modul	: 60 kN/mm <sup>2</sup>

Diese Aramidstäbe besitzen eine absolute Beständigkeit gegen Korrosion, hervorragende mechanische Eigenschaften (hohe Zugfestigkeit) sowie einen kleinen E-Modul.

### 5.3 GFK - Ankerstäbe

Diese Ankerstäbe aus glasfaserverstärkten Kunststoffen werden vorzugsweise als Vernadelungselemente eingebaut und besitzen ein durchgehendes Gewinde. Die großen Vorteile sind die absolute Beständigkeit gegen Korrosion, gute mechanische Eigenschaften (Zugfestigkeit, Bruchlast Scherung 90°) sowie ein kleiner E-Modul.

Kerndurchmesser	: von 22 bis 28 mm
Bruchlast (Zug)	: von >350 bis >560 kN
Bruchlast (Quer)	: von 160 bis 250 kN
Gewicht	: 900 bis 1500 g/m
E-Modul	: 40 kN/mm <sup>2</sup>

## 6 Injektionsmaterialien

Bei den Materialien für die Injektion des Bohrloches werden spezielle Harze verwendet, welche gleichfalls einen geringen E-Modul besitzen. Dadurch ergeben sich keine Spannungsspitzen im umgebenden Mauerwerk, wenn die Vorspannkraft aufgebracht wird, bzw. wenn Lastumlagerungen im Mauerwerk stattfinden.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Verarbeitung dieses Materials. Die Einzelkomponenten lassen sich wie normale Flüssigkeiten verpressen und werden erst unmittelbar vor dem Einpressen in das Bohrloch im Statikmischer gemischt. Gleich nach dem Mischen nimmt das Harz eine honigartige, pastöse Konsistenz an und bleibt anschließend einige Minuten lang verpressbar. In dieser Zeit ist ein Verpressen der Haftstrecke problemlos möglich, ein unerwünschtes zu starkes Abfließen des Materials in das Mauergefüge ist aber durch die Konsistenz nicht möglich. Lediglich größere Risse werden mitverfüllt.

Insbesondere bei Mischmauerwerk eignet sich das Harz hervorragend zur Krafteinleitung in das Mauerwerk. Vorspannkraft bis zu 60 kN können problemlos eingetragen werden. Ein Abfallen der Vorspannkraft durch Kriechen wurde nicht festgestellt.

Im Falle von Mauerwerksvernadelungen konnte eine Vorspannkraft von 15 kN auf einer Haftlänge von ca. 20 cm problemlos eingebracht und gehalten werden.

## 7 Herstellung der Bohrungen

Im Allgemeinen ist eine möglichst schonende, das vorhandene Bauwerk nur geringst beeinträchtigende Bohrmethode auszuwählen. Folgende Kriterien sind einzuhalten:

- vibrationsarmes Bohrverfahren
- Luft als Spülmedium
- Zielgenaues Erreichen der vorgegebenen Bohrstrecke

Mittels Rotationskernbohrung und Luftspülung werden mit zielgenauen Bohrungen in Sandstein als auch in Granit Tiefen zwischen 10 bzw. 35 m erreicht.

Der Durchmesser der Kernbohrungen liegt im Bereich von ca. 50 bis 75 mm.

## 8 Arbeitsdurchführung

Die praktische Durchführung zur Herstellung von Aramidfaser-spanngliedern teilt sich in folgende Arbeitsschritte:

- Abteufen von Bohrungen in das Mauerwerk
- Einbau der Spannglieder im Bohrkanal
- Verpressen des Bereiches der Haftstrecke
- Vorspannen der Spannglieder auf die gewünschte Spannkraft
- Verpressen im Bereich der freien Dehnlänge des Spanngliedes (auch ein Verpressen eines Teilbereiches ist möglich)
- Abtrennen der Spannvorrichtung am Ankerstab
- Verschließen des Bohrkanals; ursprüngliche Fassadenoberfläche wieder herstellen

## 9 Vorspannarbeiten

Über eine temporäre Spannhülse kann das Spannglied gefasst und vorgespannt werden. Mittels Zentrumslochpresse bzw. Drehmomentschlüssel wird dabei die Kraft eingeleitet. Dabei ist es unbedingt notwendig, laufend die theoretischen Dehnwege mit den tatsächlich gemessenen Dehnwegen zu vergleichen.

Als Verankerungen sind grundsätzlich zwei Möglichkeiten vorgesehen:

### Ankerplattenverankerung

Hierbei wird die Vorspannkraft über Ankerplatten in das Mauerwerk eingeleitet.

### Verbundverankerung

Dabei wird das Spannglied über temporäre Spannhülsen gefasst und vorgespannt. Anschließend wird der Spannkana mit Harz verpresst. Nach Aushärten des Harzes werden die temporären Hülsen abgetrennt. Die Spannkraft wird über die Verbundwirkung in das Mauerwerk übertragen.

## 10 Beispiele aus der Praxis

### 10.1 Durchführen von Sanierungen am Wiener Stephansdom

Am Wiener Stephansdom wurden sowohl im Innenbereich als im Außenbereich Vernadelungen durchgeführt.



**Bild 1** Nach Herstellung von Kernbohrungen wurden GFK- Stangen zur Verstärkung eingebaut und mit Epoxydharz injiziert.

### 10.2 Durchführen von Sanierungen an der Gedenkstätte KZ Mauthausen

Bei der Durchführung von Sanierungsarbeiten in Bereichen des KZ Mauthausen wurden Vernadelungen und auch vorgespannte Spannglieder aus Aramidfaserstäben eingebaut.



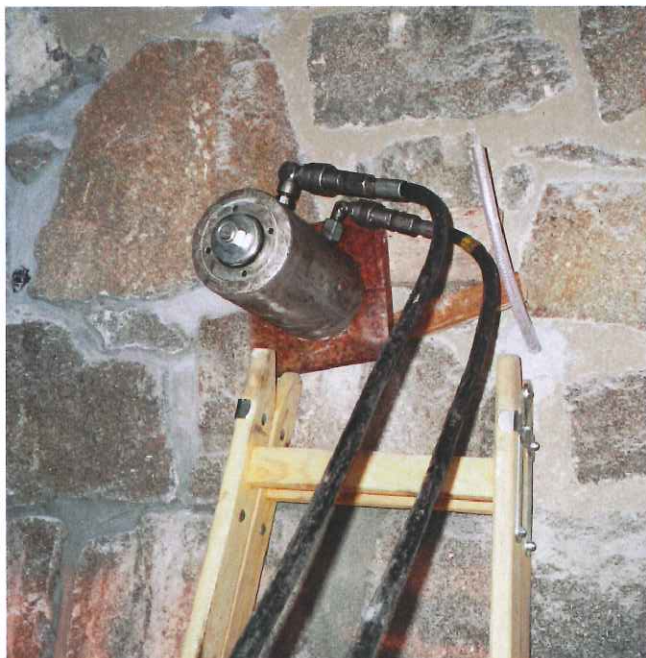
**Bild 2** Einbau der Stangen mit Injektionsschlauch



**Bild 3** Die provisorischen Stahlhilfskonstruktionen (im Bild oben und unten erkennbar), welche nach der Rissbildung eingebaut wurden, konnten nach erfolgter Sanierung demontiert werden.



**Bild 4** KZ Mauthausen – äußere Umfassungsmauer



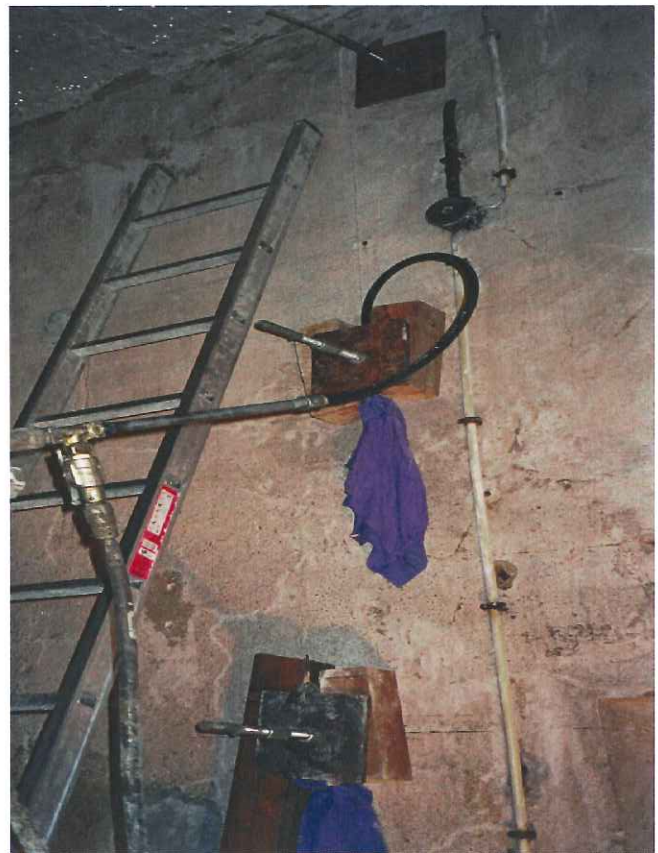
**Bild 5** Durchführung von Zugversuchen an einem Vernadelungsstab aus Aramidfasermaterial

## 11 Zusammenfassung

Bei der Sanierung von denkmalgeschützten Mauerwerken mittels Vernadelung bzw. Vorspannung von Spanngliedern ist das sorgfältige Auswählen und gegenseitige Abstimmen der einzelnen eingebauten Komponenten sehr wesentlich. Die Verwendung von Spanngliedern aus Aramidfasermaterial zeichnet sich durch seine hervorragende Korrosionsbeständigkeit, gute mechanische Eigenschaften und einen geringen E-Modul aus. Durch das sichere Abteufen der Rotationskernbohrungen und das problemlose Injizieren des Harzes kann ein Mauerwerk dauerhaft saniert werden.

Erstmalig wurden vorgespannte Aramidstäbe am Bauvorhaben Kartause Mauerbach im Jahr 1994 in Österreich

angewendet. Seitdem belegt eine Vielzahl von Projekten und Bauvorhaben, insbesondere die zahlreichen Sanierungen der letzten Jahre, den erfolgreichen Einsatz dieser speziellen Sonderbauweise für die Erhaltung und Ertüchtigung nicht nur denkmalgeschützter Bauwerke. Die in Österreich gewonnenen positiven Erfahrungen sollten dabei für einen verstärkten Einsatz in Deutschland Anregung sein.



**Bild 6** Harzinjektion der vorgespannten Aramidfaserstäbe. Nach Aushärtung des Harzes wurden die provisorischen Ankerköpfe abgetrennt.