

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 13

Artikel: Neue Verbundanker-Generation mit Epoxyacrylat
Autor: Mauthe, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76554>

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: 24.01.2026

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



Bild 3. Genügend breite horizontale Durchgänge, keine Türen unter 80 cm



Bild 4. Richtige Einteilung des Sanitärzimmers ist ohne Mehrkosten erreichbar

Wenn diese drei Bedingungen erfüllt sind, können die meisten Behinderten problemlos alle Verrichtungen vornehmen, die zum normalen Wohnen gehö-

ren, und individuelle Anpassungen für besondere Behinderungen sind mit vernünftigem Aufwand jederzeit möglich. Mit den vorhandenen Grundlagen und

mit etwas Phantasie geplant, wird eine anpassbare Wohnung nicht teurer. Sie kann deshalb auch als ganz normale Wohnung an Nicht-Behinderte vermietet werden.

Wir möchten jeden Architekten, Bauherrn und auch jeden Bauverantwortlichen in den Behörden auffordern, diese wenigen Grundregeln nicht als Hindernis, sondern als Herausforderung zu betrachten. So wie jeder Architekt vor dem Bauen an die Vorschriften der Baupolizei oder an die Regeln der Baustatik denkt, sollte er ebenso natürlich vor dem Bauen an die Behinderten denken. Wenn bei der Planung Zweifel oder Fragen auftauchen, hilft ein Anruf bei der Fachstelle oder bei einer der regionalen Beratungs- und Informationsstellen weiter.

Adresse des Autors: W. Fischer, Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Neugasse 136, 8005 Zürich. Tel. 01/44 54 44.

Neue Verbundanker-Generation mit Epoxyacrylat

Von Peter Mauthe, Kaufering

Seit der Einführung von Verbundankern vor über 20 Jahren ist dieser Dübeltyp aus dem Befestigungssektor – insbesondere dem Schwerbefestigungssektor für den konstruktiven Bereich im Hoch-, Tief- und Ingenieurbau – nicht mehr wegzudenken. Aufgrund der Anwendungsvorteile kam der Verbundanker in der Befestigungstechnik mehr und mehr als ein «Problemlöser» schlechthin zur Anwendung [1, 2].

Der Aufbau des Ankers besteht aus Mörtelpatrone und Gewindestange. Die Reaktionsharz-Mörtelpatrone ist eine Zweikammer-Glasampulle, welche die Mörtelkomponenten ungesättigtes Polyesterharz (UP-Harz), Füllstoffe (kantengerundeter Quarz), Härter, Beschleuniger und Stabilisator enthält. Die vorgefertigte Mörtelpatrone stellt sicher, dass das Mischungsverhältnis der Komponenten optimal ist.

Beim Setzvorgang wird die Mörtelpatrone in das gereinigte Bohrloch eingeführt und danach wird die Gewindestange mittels Bohrhammer unter Schlagdrehbewegungen bis zur erforderlichen Setztiefe eingetrieben. Dabei wird die Glasampulle zerstört, Glas und Quarz zerkleinert und die Komponenten intensiv gemischt. Der Kunstharzmörtel wird verdichtet und verfüllt den Ringspalt zwischen Ankerstange und Bohrlochwand. Patronenlänge und Mörtelvolumen (Überschuss) gewährleisten bei Einhaltung von dimensionsbedingten Bohrlochdurchmessern eine vollständige Ringspaltverfüllung.

Die Härtungsreaktion des UP-Harzes mit Peroxid (aminbeschleunigt) läuft nach dem Prinzip der radikalischen Polymerisation ab [3]. Der Beginn der Aushärtung wird mit dem Gelieren des

Harzes sichtbar. Nach dem Gelieren steigt die Temperatur des Reaktionsgemisches bedingt durch Copolymerisation der UP-Gruppen mit Monostyrol (Reaktivverdünner).

Monostryrol, das gleichzeitig als Lösungsmittel und viskositätsniedrigendes Monomer dient, wird als vernetzendes Kettenglied in das Duromer eingebaut. Dadurch erhält man ein dreidimensionales Netzwerk im Gegensatz zur linearen Vernetzung bei Thermoplasten. Der Aufbau der Mörtelpatronen wurde so formuliert, dass sie bei Temperaturen von -5 bis $+40^{\circ}\text{C}$ angewendet werden können. Im Hinblick auf die erste Belastbarkeit des Ankers muss wegen der temperaturabhängigen Härtungsgeschwindigkeit lediglich die Wartezeit entsprechend der Temperatur beachtet werden.

Verbesserungsmöglichkeiten

Es sind immer höhere Anforderungsprofile für Verbundanker festzustellen. Neben geänderten Untergründen werden insbesondere die Bereiche Restaurierung (Altbau), Sanitärbereiche,

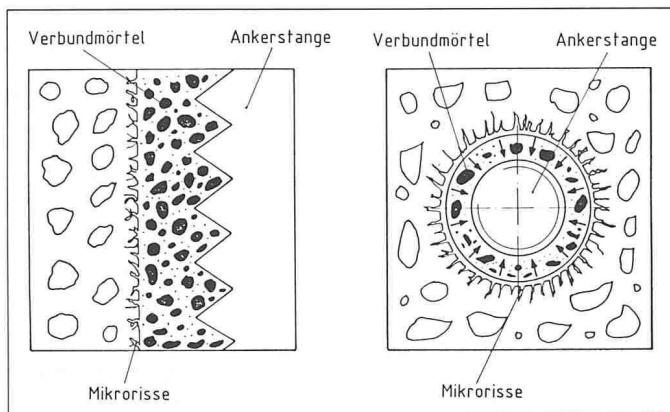


Bild 1. Untergrundbeschaffenheit

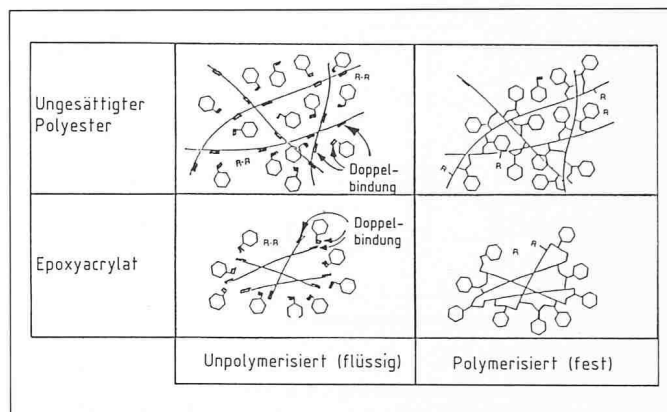


Bild 2. Vernetzungsschema

Strassenbau, maritime Anlagen etc. vermehrt zum Anwendungsfeld des Verbundankers.

Werden erhöhte Anforderungen an adhäsive, ungesättigte Polyesterharzsysteme, z. B. auf Basis von Ortho- und/oder Isophthalsäure, Malein- bzw. Fumarsäure als Dicarbonsäure und Dialkoholen gestellt, so weisen diese gewisse Schwächen auf. So sind diesen Systemen Grenzen in der Wärmeformbeständigkeit sowie in der Alterungsbeständigkeit, insbesondere bei Einfluss von Feuchtigkeit, Temperaturwechseln und Alkalität gesetzt.

□ Untergrundbeschaffenheit: Als erster Punkt ist der Verankerungsgrund zu erwähnen. Das Bohren beansprucht die Randzone des Betons sehr stark. Die eingebrachte Schlagenergie kann Mikrorisse in der Bohrlochrandzone erzeugen (Bild 1). Eine Verbesserung der Verbindung Kunstharzmörtel/Beton kann erreicht werden, wenn diese Schwachzone überbrückt und verfestigt werden kann.

□ Penetrationsverhalten des Harzsystems: Eine Verbesserung ist durch intensiveres Penetrieren des Mörtels bzw. der Harzmatrix in den Untergrund möglich. Das Penetrationsverhalten ist abhängig von der Grundviskosität des Harzsystems sowie der Reaktivität. Die Reaktivität muss so eingestellt sein, dass die Verweilzeit in ungeliertem Zustand lang genug ist, um die Bohrlochrandzone vollständig zu benetzen.

□ Reduzierung der Schwindung: UP-Harze weisen eine mittlere lineare Schwindung von 2 bis 4% auf, die von Reaktivität und Styrolgehalt massgeblich beeinflusst wird [4].

Das aushärtende UP-Harz weist schon im frühen Polymerisationsstadium einen starken Viskositätsanstieg auf und erreicht mit zunehmendem Vernetzungsgrad ein Gelstadium, von dem an der Schwingungsradiant steil ansteigt. Von diesem Stadium an kann das schwindende Harzvolumen im Falle

einer Behinderung – z. B. Füllstoffpartikel des Mörtels oder aus dem Randzonenbereich des Bohrlochs – nicht mehr nachfliessen, so dass Spannungen aufgebaut bzw. Risse und Lunker entstehen. Die Auswirkung der Schwindung auf die mechanischen Eigenschaften ist von mehreren Faktoren abhängig. Wichtige Aspekte sind die Reaktivität und das Schrumpfverhalten der Matrix, ein weiterer der volumenmässige Anteil und die Verteilung der Füllstoffpartikel im Kunstharzmörtel. Der im Mörtel entstehende Spannungszustand ist eine Funktion von

Füllgrad sowie Partikelart und -grösse
Matrix (Harztyp/Monomeranteil)
Kinetik der Härtung,

wobei im letzten Fall insbesondere die Entstehung und Ableitung der Reaktionswärme zu berücksichtigen ist.

□ Langzeitverhalten: Sind Verbesserungen an den obigen drei Punkten möglich, so erreicht man eine günstigere Haftung und Verfestigung möglicher Mikrorisse im Grenzbereich. Durch diese Art der «Bohrlochsanierung» wird somit das Eindringen von Feuchtigkeit vermieden. Eindringen von Wasser in die Mikrorisse kann bei Frost-/Tauwechseln zu erhöhten Randzonenschädigungen führen (Erosion der Randzone). Eine zusätzliche Verbesserung des Langzeitverhaltens kann durch den Einsatz einer Harzmatrix mit erhöhter Chemikalienresistenz – insbesondere die Beständigkeit gegen Alkali – erreicht werden. Weist die Harzmatrix zudem ein elastischeres Verhalten auf, werden die Langzeiteigenschaften bei dynamischer Beanspruchung verbessert.

Auswahl eines geeigneten Harzsystems

Das Ziel, die angestrebten Verbesserungen zu erreichen, konnte nur mit einem in physikalischen und chemischen Eigenschaften verbesserten Harzsystem

umgesetzt werden. Als Reaktionsharz für die neue Verbundankerpatrone HEA wurde ein Epoxyacrylat (Vinylester) gewählt. Diese relativ neue Stoffklasse hat in den letzten Jahren Verwendung im Heizungs- und Beschichtungsbereich gefunden [5, 6].

Die Epoxyacrylate sind nicht zu verwechseln mit reinen Epoxiden: Für die Synthese dieser Harze werden Epoxidverbindungen ausgewählt, die mindestens zwei Epoxidgruppen pro Molekül besitzen und daher gute adhäsive und kohäsive Eigenschaften besitzen. Vorzugsweise werden Bisphenol-A-Epoxide verwendet. Zur Einführung von freiradikalisch härtenden bzw. vernetzenden Gruppen wie Vinylester, werden die Epoxidverbindungen vorzugsweise mit Acryl- und/oder Methacrylsäure umgesetzt.

Die Vorteile des Bindemittels Epoxyacrylat für Verbundanker liegen zunächst darin, dass die positiven Eigenschaften des Epoxidharzbausteines im Molekül – namentlich gute Alterungs- und Witterungsbeständigkeit – in die Harzmatrix eingebracht werden. Hinzu kommt, dass der Gehalt an polaren Hydroxylgruppen die Adhäsionseigenschaften positiv beeinflusst. So wird eine günstige Benetzung von Glas, Quarz, Sand, Gestein und damit gute Hafteigenschaften erzielt.

Im Gegensatz zu kalthärtenden Epoxiden, deren Anwendungsgrenzen wegen ihrer Temperaturempfindlichkeit bei +5°C liegen, lässt sich die Härtung des Epoxyacrylatharzes (Vinylester) mit Peroxiden wie bei den ungesättigten Polyester durchzuführen. Selbst bei Temperaturen von beispielsweise –5°C ist noch eine schnelle Aushärtung möglich.

Im Hinblick auf eine, gegenüber ungesättigten Polyesterharzen wesentlich geringere Volumenkonzentration an Estergruppen ist eine hohe Resistenz gegen alkalische Verseifung gegeben. Weiter sind die Doppelbindungen, ins-

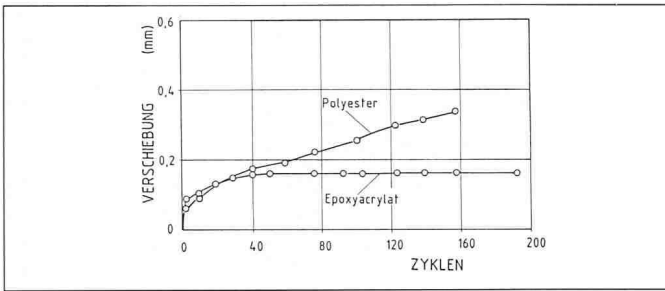


Bild 3. Versuchsaufbau Bewitterungsverhalten

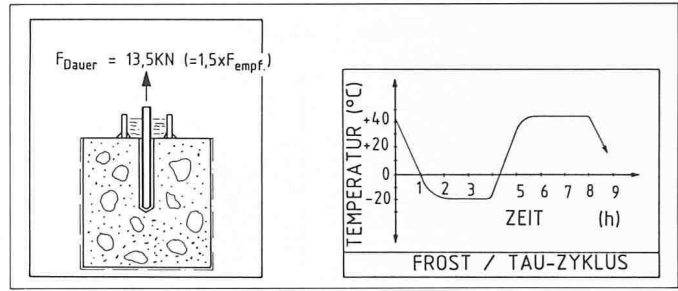


Bild 4. Bewitterungssimulation

besondere wenn sie endständig sind, da sterisch nicht gehindert, besonders reaktiv.

Im Gegensatz zu den wegen ihrer üblichen Anordnung innerhalb der Polyesterkerne sterisch gehinderten Doppelbindungen bei ungesättigten Polyesterharzen reagiert das Epoxyacrylatharz sowohl schnell als auch praktisch quantitativ mit ihren Doppelbindungen.

Bei Einsatz des Epoxyacrylatharzes erhält man aufgrund der Vernetzungsmöglichkeiten ein gehärtetes Produkt, welches gegenüber ausgehärteten, ungesättigten Polyesterharzen wesentlich zähelastischer ist und eine höhere Reissdehnung aufweist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den Epoxyacrylaten das Endprodukt nicht so stark vernetzt, dafür aber im gesamten Polymergefüge gleichmässiger ist (Bild 2).

Während bei UP-Harz die Vernetzung je nach Harzreaktivität über mehr oder weniger viele Doppelbindungen pro UP-Molekül hinweg erfolgt, können bei Epoxy-Acrylatmolekül nur die beiden Moleküleenden mit Styrol vernetzen; bei Annahme, dass diese Moleküle weitgehend unverzweigt sind. Man kann deshalb schon voraussehen, dass die ausgehärteten Produkte zähelastischer sein müssen als UP-Harzformstoffe.

Aufgrund der hohen Reissdehnung ist das System in der Lage, während des Härungsverlaufs die auftretenden Volumenkontraktionen weitgehend spannungsfrei aufzunehmen.

Leistung des Epoxyacrylat-Verbundankers

Bewitterungsverhalten

Frei bewitterte UP-Verbundanker zeigen nach extremen Einflüssen von Frost-/Tauwechseln sowie starker Durchfeuchtung des Betonuntergrundes eine Zunahme im Verschiebungsverhalten. Dieser negative Effekt wird bei Verwendung der Verbundankerpatrone HEA deutlich verbessert.

In einem Langzeitsimulationsversuch wurden Verbundanker auf Epoxyacrylatbasis der Grösse M12 untersucht. In Betonwürfeln der Festigkeitsklasse B25 (frostsicherer Beton, $\beta_w = 26 \text{ N/mm}^2$, 3% Luftporenbildner) mit den Abmessungen $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ wurden die Anker gesetzt (Bild 3).

Nach 24 Stunden wurden die Anker mit einer Dauerlast $F_{Dauer} = 13,5 \text{ kN}$ belastet und nach weiteren 72 Stunden einer nassen Bewitterung unterworfen. Die Probekörper waren an fünf Seiten mit PUR-Lack beschichtet. Die Oberseite der Würfel im Bereich der Anker stand ständig unter Wasser. Die Versuchsdauer betrug 190 Zyklen (Frost/Tauwechsel) bei einer Zyklusdauer von 8 Stunden.

Im Bild 4 sind die Verschiebungen über die Zykluszahl aufgetragen. Während die Polyesteranker eine stetige Zunahme der Verschiebung zeigen, ist die Verschiebungsgeschwindigkeit bei Epoxyacrylatankern annähernd Null.

Langzeitverhalten unter permanenter Feuchtigkeitseinwirkung

Das Epoxyacrylatharz zeichnet sich durch niedrige Viskosität und damit hoher Benetzungsfähigkeit aus. Weiterhin ist die Wasseraufnahmerate im ausgehärteten Zustand sehr niedrig.

Die Prüfung nach DIN 53 495 ergibt nach 1000 Tagen eine Wasseraufnahme von 0,2% bei dem verwendeten Epoxyacrylatharz (bei bisher eingesetzten Polyesterharz war die Wasseraufnahme um den Faktor 10 höher). Die Eigenschaften verbessern das Verhalten im permanent feuchten Milieu gravierend. Dies wird deutlich nachgewiesen nach der Methode gemäss Bild 5.

Anker der Grösse M16 wurden in Beton B35 ($\beta_w = 40 \text{ N/mm}^2$) gesetzt und mit einer konstanten Dauerlast $F_{Dauer} = 40 \text{ kN}$ (entsprechend $2,3 \times F_{empf.}$) beaufschlagt. Die Betonkörper wurden 71 Tage in Wasser gelagert, wobei der Wasserspiegel 3 cm unterhalb der Betonoberkante lag. Anschliessend wurden die Betonkörper ganz unter Wasser gesetzt und während einer gesamten Lagerzeit von 580 Tagen die Verschiebungen der Anker registriert.

Im Gegensatz zu UP-Verbundankern, die nach dem Fluten einen sprunghaften Anstieg der Verschiebung aufwiesen, [7] tritt bei Epoxyacrylatankern keine Erhöhung der Verschiebungsgeschwindigkeit auf (Bild 6). Das Resttragverhalten der Epoxyacrylatanker nach 580 Tagen zeigt den gleichen Versagenswert wie die O-Proben; hingegen zeigen Polyesteranker einen Abfall bis zu 40%.

Bild 5. Versuchsaufbau Langzeitverhalten bei extremer Feuchtigkeitseinwirkung

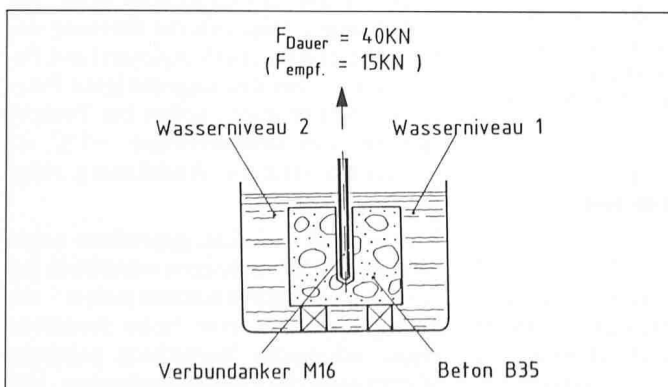
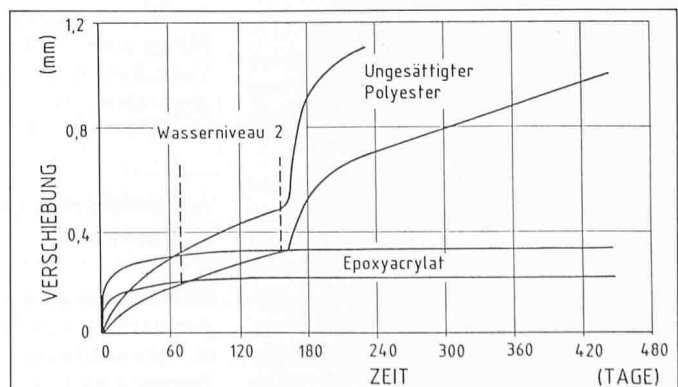


Bild 6. Langzeitverhalten unter Einfluss extremer Feuchtigkeit



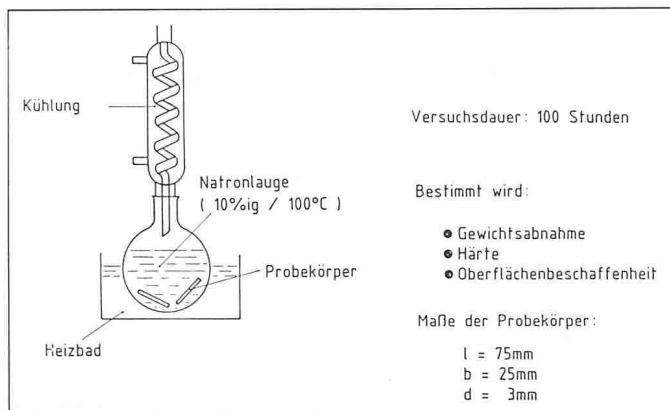


Bild 7. Alkaliresistenz nach JIS K 6919

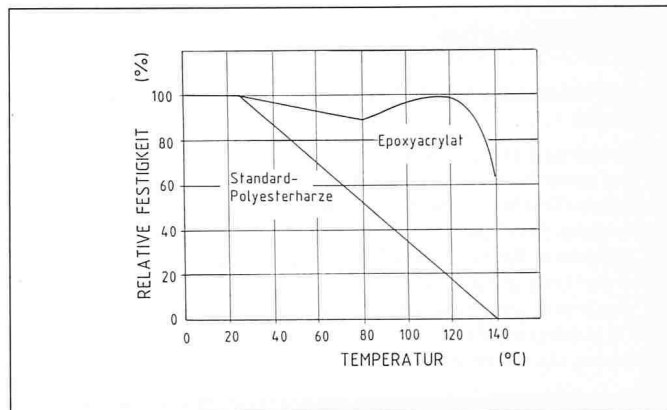


Bild 8. Thermisches Verhalten

Langzeitverhalten unter dynamischer Beanspruchung

Unter dynamischer Belastung im Dauerschwellversuch zeigen die Verbundanker auf Epoxyacrylatbasis für eine Oberlast von $1,3 \times F_{\text{empf}}$ und einer Unterlast von $0,65 F_{\text{empf}}$ bei Frequenzen von 10 Hz sowie 2×10^6 Lastwechseln keine Schädigung. Alle geprüften Anker hielten der vorgegebenen dynamischen Belastung stand, d. h. die Lebensdauer des Verbundes liegt mindestens gleich oder höher als die Dauerhaltbarkeit der Ankerstange (Festigkeitsklasse 8.8). Die verbleibenden Verschiebungen nach dem dynamischen Test betrugen max. 0,25 mm. Das im Anschluss an die dynamische Belastung beim Auszugsversuch ermittelte statische Resttragverhalten entsprach dem von dynamisch nicht belasteten Ankern.

Alkaliresistenz

Im durchfeuchteten Beton ist bei hoher Hydroxidionenkonzentration ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) eine basische Hydrolyse (Verseifung) theoretisch möglich. Werden Zemente mit Alkalioxidgehalten (Na_2O , K_2O) eingesetzt, tritt bei Gegenwart von Feuchtigkeit Kettenspaltung bei Standard-Polyesterharzen auf, die eine Verminderung des Tragverhaltens bewirken.

Bei Epoxyacrylatharzen ist ein Angriff aufgrund sterischer Hinderung und interner Stabilisierung der Endgruppen nicht möglich. Eine Zerstörung des Polymergefüges tritt nicht auf, so dass keine Verminderung der Tragfähigkeit auftritt.

Ein Alkalitest nach JIS K 6919 (Japanese Industrial Standard, Bild 7) ergab nach 100stündigem Kochen mit 10%iger NaOH-Lösung keine Veränderung des Gewichtes sowie der Längensmasse und Härte des Prüfkörpers.

Thermisches Verhalten

Das Epoxyacrylatharz weist im ausgehärteten Zustand eine höhere Wärme-

formbeständigkeit als ungesättigte Polyesterharze auf. Die Wärmeformbeständigkeit nach Martens (DIN 53 458) liegt bei 102° (UP-Harz für HBP liegt bei 55 °C).

In Bild 8 ist die relative Festigkeit für den Bereich von 0 bis 140 °C dargestellt. Der Anker weist über den gesamten Temperaturbereich ein eindeutig günstigeres Tragverhalten auf, wobei das Festigkeitsniveau bis 120 °C voll erhalten wird. Danach nimmt das Tragverhalten ab, liegt jedoch bei 140 °C noch bei ca. 50% des Festigkeitsniveaus bei 20 °C.

Kurzzeitverhalten

Bei Belastung des Verbundankers auf Epoxyacrylatbasis tritt eine von der Bohrlochtiefe abhängige Dehnung der Ankerstange ein. Das zähelastische Verhalten des Mörtels sichert eine gegenüber bisher bekannten Verbundankern auf Basis ungesättigter Polyester wesentlich günstigere Lastverteilung auf den gesamten Verbundankerbereich und insbesondere den Abbau der an der Oberfläche des Aufnahmewerkstoffes, z. B. Beton, auftretenden Spannungsspitzen. Die Versagenswerte liegen im vergleichbaren Niveau wie die Verbundanker auf Polyesterharzbasis. Aufgrund des festgestellten Langzeitverhaltens sind jedoch die empfohlenen Werte höher als beim Polyesterharzanker.

Zusammenfassung

Das neue Verbundankersystem auf Epoxyacrylatbasis weist bezüglich des Reaktionsharztypes die positiven Eigenschaften von Epoxidharzen (Festigkeit, Chemikalienresistenz) und ungesättigten Polyesterharzen (Durchmischung, Reaktivität, Anwendungstemperaturbereich) auf.

Aufgrund der Eigenschaften im abgeordneten Zustand lassen sich folgende Vorteile aufzeigen:

- Hohe Hydrolyseresistenz,
- Geringe Wasseraufnahme; dadurch verbessertes Langzeitverhalten in dauernd feuchter Umgebung (Einsatz im Strassen- und Brückenbau, Eisenbahnen und maritimen Anlagen),
- Geringe Viskosität,
- Erhöhte Adhäsion,
- Höhere Elastizität; diese drei Faktoren beeinflussen das Verhalten des Ankers, welcher Temperaturwechseln ausgesetzt ist, günstig. Die niedrige Viskosität führt zu erhöhter Penetration des Harzes in dem Grenzbereich des Bohrloches. Dadurch wird die geschwächte Randzone verfestigt («Bohrlochanierung»). Die erhöhte adhäsive Wirkung wird insbesondere im trockenen Bohrloch erreicht; spätere Feuchtigkeitseinwirkung führt zu keiner wesentlichen Abminderung. Die höhere Elastizität wirkt sich dadurch günstiger aus, dass Spannungen im System (z. B. auch durch unterschiedliche Wärmeausdehnungen) überbrückt werden können.
- Höhere Wärmeformbeständigkeit; insbesondere bei Fassaden oder Maschinenräumen weist dieser Anker eine wesentlich höhere Temperaturresistenz auf.

Literatur

- [1] Klöcker, W.: Verbindungstechnik 9 (1977) 37
- [2] Lang, G.: Bauingenieur 54 (1979) 41
- [3] Demmler, K., Schlag, J.: Kunststoffe 64 (1974) 78
- [4] Menges, G., Roth, E.: 13. öffentl. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe, Freudenstadt (1976)
- [5] Anderson, T., Messick, V.: Development in reinforced plastics, London, Applied Science Publishers Ltd. (1980) 29
- [6] Inhoffen, E.: 19. öffentl. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft verstärkte Kunststoffe, Freudenstadt (1984) 18-1
- [7] Rizoulières, Y., Migliori, F.: International Symposium on Adhesion between Polymers and Concrete, Aix-en-Provence (1986) 131

Adresse des Verfassers: Dipl.-Chem. Peter Mauthe, Hilti-Strasse, D-8912 Kaufering.