

# Versuche und praktische Erfahrungen mit Schlitzwänden, Baugrundinjektionen und Stahlübblings beim U-Bahn-Bau in Wien

Autor(en): **Ellinger, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **90 (1972)**

Heft 11: **IIILSA, Internat. Fachausstellung der Heizungs-, Luft- und Sanitärtechnik, Zürich, 17. bis 25. März 1972**

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85148>

## **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.



Hotelschwimmhalle in Grindelwald, ausgerüstet mit Deckenstrahlungsheizung

Heizkörpern treten nicht auf. Werden Turnhallen künstlich belüftet, so kann die aufbereitete Luft gleichmässig durch die Schlitzlöcher zwischen den einzelnen Platten eingeblasen werden. Die verbrauchte Luft wird dann unter den Fenstern abgesaugt. Gleichzeitig wird die an den Fenstern abfallende Kaltluft mit abgesaugt. Zugserscheinungen im Raum werden dadurch vermieden. Der Heizungs- bzw. der Kühlbedarf wird durch die Decke getragen, so dass die Aggregate für die Luftaufbereitung entsprechend kleiner gewählt werden können.

Bei Hallenbädern wird umgekehrt die warme Frischluft unter den Fenstern eingeblasen und die verbrauchte

Luft unter der Decke abgesaugt. Dies deshalb, weil die Frischluft grössere Mengen Feuchtigkeit aufnimmt, dadurch spezifisch leichter wird und aufsteigt. Da die Temperatur der Decke immer etwas über der Raumtemperatur gehalten wird, tritt an der Decke keine Kondensation auf.

Ein weiterer Vorteil der Deckenstrahlungsheizung besteht darin, dass sie sich ohne besondere Sicherungsorgane jederzeit mit einer Radiatorenheizung kombinieren lässt. Die Wärmeabgabe dieses Heizungssystems kann leicht und rasch geregelt werden dank der verhältnismässig kleinen aufzuheizenden Masse. Bei der stark wechselnden Belegung einer Turnhalle oder eines Hallenbades wirkt sich dies auch entsprechend in den Betriebskosten aus.

Die ausreichend gesicherten Beleuchtungskörper lassen sich bündig in der Decke montieren und gewährleisten ein blendungsfreies und konturenbildendes Licht; auch ganze Beleuchtungsreihen können angelegt werden. Diese Decke bildet gleichzeitig auch immer eine vollwertige Schallschluckdecke, was in beiden Gebäudearten heute sehr erwünscht ist.

Die von unten sichtbaren Aluminiumplatten werden für Turnhallen in einer verstärkten Ausführung geliefert, so dass Beschädigungen durch Bälle bei normaler Beanspruchung kaum auftreten. Die Platten sind jederzeit demontierbar. Leitungen, Versorgungseinrichtungen und Aufhängekonstruktionen für Geräte lassen sich im Raum zwischen Tragdecke und Heizdecke unsichtbar, aber leicht zugänglich unterbringen.

Adresse des Verfassers: H. Liechti, in Firma Zent AG, Bern, 3072 Ostermundigen.

## Moderner Tunnelbau

DK 061.3:624.19

Bericht über die Arbeitstagung der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA) vom 21. und 22. Oktober 1971 in Stuttgart, von Dr.-Ing. A. Haack, Hamburg

Im Rahmen der «Stuttgarter Tage 1971 – Städtebau» veranstaltete die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA) am 21. und 22. Oktober 1971 in Stuttgart eine Fachtagung zum Thema «Moderner Tunnelbau». Die Vorträge behandelten ausführlich Detailprobleme der Planung und Bautechnik unterirdischer Bauwerke und vermittelten einen guten Eindruck über die in Forschung und Praxis gewonnenen Erfahrungen der letzten Jahre. Die Vortragsveranstaltung wurde am zweiten Tag durch zwei Referate über die Planung und Ausführung der in Stuttgart vorgesehenen Baumassnahmen zur Verbesserung der innerstädtischen Ver-

kehrsstruktur ergänzt. Abschliessend konnten einige interessante fertiggestellte bzw. in Bau befindliche unterirdische Verkehrsanlagen besichtigt werden. Dazu zählten in erster Linie Haltestellen der U-Bahn (Tallängsline und Hauptbahnhof), Tunnelbauwerke für die 2,5 km lange, kreuzungsfrei ausgebaute City-Ost-Tangente, die Tunnel des Planiedurchbruchs im Zuge des City-Ring-Systems und die Bauten für die Umgestaltung des Verkehrsknotens Schwanenplatz.

Im folgenden werden die einzelnen Vorträge des ersten Tages in kurzer Form<sup>1)</sup> wiedergegeben:

## Versuche und praktische Erfahrungen mit Schlitzwänden, Baugrundinjektionen und Stahlübbings beim U-Bahn-Bau in Wien

Von Dipl.-Ing. M. Ellinger, Wien

Der Bau von Fussgängerpassagen, Unterführungen und U-Bahn-Anlagen erfolgt allgemein nach der offenen Bauweise. In der Regel wird dabei das Bauwerk innerhalb einer seitlich durch provisorische Abstützungen gesicherten Baugrube errichtet. Diese Methodik ist als Berliner Bauweise bzw. bei Anordnung eines Arbeitsraums als Hamburger Bauweise bekannt. Einbau und spätere Entfernung der nur für den Bauzustand benötigten Baugrubenwände verlängern die Bauzeit des Tunnels. Ausserdem bedingt diese Art der Baugrubengestaltung einen grösseren Bodenaushub. Es wurde daher in Wien die sogenannte *Wiener Bauweise* entwickelt. Sie wurde

erstmalig beim Bau der Albertina-Passage im Jahre 1963, später beim U-Bahn-Bau im Bereich der Lastenstrasse und am Gürtel sowie bei den Verkehrsbauten der Ketzergasse und der Erzherzog-Karl-Strasse mit gutem Erfolg angewendet.

<sup>1)</sup> Der volle Wortlaut wird in der Buchreihe «Forschung und Praxis, U-Verkehr und unterirdisches Bauen», Herausgeber STUVA, abgedruckt und im Alba-Buchverlag, Düsseldorf, demnächst erscheinen. Band 11, Nichtmechanische Gesteinszerstörung (Forschungsarbeit), rund 120 Seiten. Band 12, Moderner Tunnelbau (Tagungsband), rund 100 Seiten. Band 13, Fugen und Fugenbänder (Forschungsarbeit), rund 120 Seiten.

Bei dieser Bauweise werden zunächst nacheinander die beiden Seitenwände des Tunnels als Schlitzwände, in Sonderfällen auch als Pfahlwände hergestellt. Dabei kann der Verkehr bei verhältnismässig geringer Behinderung aufrechterhalten bleiben. Es folgt eine relativ kurze Verkehrssperre, während der die Baugrube bis zur Unterkante der Tunneldecke ausgehoben, die Decke betoniert, der obere Raum verfüllt und die Fahrbahn wiederhergestellt wird. Der Aushub des Bodenkernes und die weiteren Arbeiten am Tunnel können anschliessend im Schutz der fertigen Decke ohne Störungen für den Oberflächenverkehr unterirdisch vorgenommen werden (Bild 1).

Bei der Herstellung der Schlitzwände gelangen drei verschiedene Baggertypen zum Einsatz. Sie unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Greiferführung. Im einfachsten Fall hängt der Greifer an Seilzügen und folgt der Schwerkraft. Derartige Bagger sind sehr wendig und zeichnen sich durch eine geringe Bauhöhe aus. Beim zweiten Gerätetyp läuft der Greifer innerhalb eines festen Gestänges. Die auf diese Weise erreichte starre Führung ermöglicht im Vergleich zur Seilzugführung ein genaueres lotrechtes Abteufen der Wände. Die dritte Lösung besteht darin, Greifer und Gestänge fest miteinander zu verbinden und bei jedem Aushubvorgang gemeinsam zu bewegen. Dieses Verfahren wird vorrangig beim Bau tiefgreifender Schlitzwände, zum Beispiel bei den Umfassungswänden von Anfahr- und Zielschächten für den Schildvortrieb, angewendet.

Bei grossen Tiefen können die Schlitzwände nicht frei stehen. Sie werden deshalb durch Aussteifungen und/oder rückwärtige Verankerungen gesichert. So erhielt der 25 m tiefe Anfahrschacht der U-Haltestelle Karlsplatz zwei obere Ankerlagen und mehrere darunterliegende Steifenlagen. Die Steifen müssen dabei so angeordnet werden, dass eine Mittelöffnung für das Einsetzen des Schildes sowie für den Boden- und Tübbingtransport freibleibt. Die untere Steifenlage wurde nach Einbau der Sohlenplatte entfernt, um den Schild ungehindert anfahren zu können. In Richtung stadtauswärts schliesst sich an die Haltestelle Karlsplatz ein über dem U-Bahn-Tunnel liegendes Unterwerk von 90 m Länge und 30 m Breite an. In diesem Bereich sind die Schlitzwände 35 m tief und binden 10 m in den Boden ein. Über ihre freie Länge von 25 m werden sie durch Stahlkonstruktionen ausgesteift. In Höhe der abschliessenden Decke wird die Aussteifung durch Stahlbetonbalken gebildet, die später zu einer Plattenbalkendecke ergänzt werden.

Zur Sicherung der neben der Baugrube verbleibenden Fahrbahn müssen die Schlitzwände in der Regel über die Tunneldecke hinaus bis zur Geländeoberkante geführt werden. Die Tunneldecke liegt daher nicht auf den Wänden auf, sondern muss in diese eingebunden werden. Die Anschlüsse

werden biegeweich ausgebildet, um die Einleitung von Biegemomenten aus dem Deckenbereich in die Schlitzwände weitgehend auszuschliessen. Anfangs wurden die Träger der Plattenbalkendecken in Aussparungen eingelegt, die über die ganze Dicke der Schlitzwände reichten. Diese Lösung erwies sich als ungünstig, da an diesen Stellen häufig Sickerwasser in den Tunnel gelangte. Später wurden daher die Aussparungen nur über zwei Drittel der Wanddicke angeordnet.

Bei den Verkehrsbauten am Gürtel, in der Ketzergasse und am Karlsplatz wurden auch Bohrpfahlwände ausgeführt. Dabei ist zwischen aufgelösten Pfahlwänden, bei denen jeder Pfahl bewehrt ist, und geschlossenen, annähernd monolithischen Wänden zu unterscheiden, bei denen sich die Pfähle überschneiden und nur jeder zweite eine Bewehrung erhält. Pfahlwände lassen sich vor allem bei stark inhomogenen Böden und im Bereich von Auffüllungen mit allfällig vorhandenen alten Mauerresten oder Hohlräumen wie stillgelegten Sielen oder Kellern schneller und masshaltiger als Schlitzwände herstellen. Derartige Bodenverhältnisse würden bei Schlitzwänden zu grossen Auswüchsen, gelegentlich sogar zu Bentonitstürzen führen. Unter günstigeren Umständen sind jedoch Schlitzwände vorzuziehen, da sich bei ihnen der Anschluss der Decke einfacher gestaltet. Für die Auflagerung der Decke werden bei Pfahlwänden in bestimmten Abständen einzelne Pfähle nur bis zur Unterkante der Deckenbalken hochgezogen, während die übrigen Pfähle bis zur Geländeoberkante reichen.

Im Grundriss wird die Masshaltigkeit bei Schlitzwänden durch die Anordnung von Leitwänden, bei den Bohrpfahlwänden durch Bohrschablonen erreicht. Die lotrechte Führung ist bei Bohrpfahlwänden leichter einzuhalten. Hier müssen nach den in Wien gewonnenen Erfahrungen für beide Wandarten Abweichungen von  $\pm 1,5\%$  der Tiefe berücksichtigt werden.

Die Wasserdichtigkeit von Pfahl- oder Schlitzwänden hängt von der Betongüte, vor allem aber von der Fugenausbildung ab. Die Anzahl der Fugen sollte möglichst klein gehalten werden. Bei Schlitzwänden beträgt der Fugenabstand mindestens 2,5 m, bei geschlossenen Pfahlwänden dagegen nur etwa 80 cm. Zur Klärung der Frage nach der besten Fugengestaltung wurde im Zusammenhang mit der Unterführung der Erzherzog-Karl-Strasse eine Versuchskammer von  $4 \times 13 \text{ m}^2$  Grundriss hergestellt. Die Umfassungswände bestehen aus 65 cm dicken und 2,20 m breiten Schlitzwandelementen. Die Fugen wurden nach dem Fugenrohrverfahren ausgebildet. Einige Fugen wurden nachträglich mittels Kernbohrung überbohrt und die Öffnung mit Quellzement verfüllt. Die Sohle des Versuchsraumes liegt etwa 1 bis 3 m unter dem Grundwasserspiegel. Die laufenden Beobachtungen sollen Aufschluss über die dauerhafte Wasserdichtigkeit der verschiedenen Fugenarten geben.

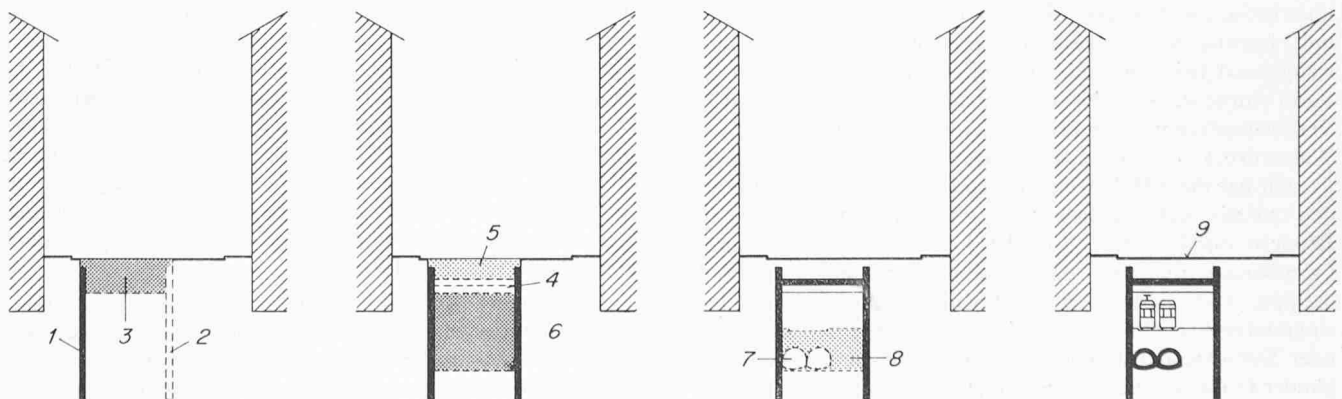


Bild 1. Schema des Bauablaufs bei der «Wiener Bauweise». 1 erste Tunnelwand, 2 zweite Tunnelwand, 3 Aushub, 4 Einbringen der Decke, 5 Zuschütten und provisorische Strasseninstandstellung, 6 Aushub bis zur Kanalsohle, 7 Einbringen des Kanalprofils, 8 Anschütten und Gleisarbeiten, 9 Erneuerung der Strassendecke (Quelle: Ellinger, M., «Strasse, Brücke, Tunnel» 27 [1969], H. 10, S. 261–264)

Auf dem 4,4 km langen U-Bahn-Abschnitt Lastenstrasse und Gürtel wurden insgesamt 87000 m<sup>2</sup> Schlitzwände und 66000 m Bohrpfähle hergestellt. Hierbei traten nur in einem Fall nennenswerte Setzungen der benachbarten Bebauung auf. Die Ursache lag in einer bereits vor Baubeginn erfolgten Überbelastung der Fundamente des betreffenden Wohnhauses.

**Bodeninjektionen** wurden beim U-Bahn-Bau in Wien vor allem im Anfahrbereich von Schildröhren, bei Querschlägen und bei einem in österreichischer Bauweise aufgefahrenen Streckenabschnitt von 55 m Länge zwischen dem oben erwähnten Unterwerk und dem Anfahrtschacht am Karlsplatz angewendet. Für ihre Durchführung bereiten die heterogenen Bodenverhältnisse im Wiener Raum besondere Schwierigkeiten. Unter den Aufschüttungen sind Sand-Kies-Schichten gelagert, darunter leicht toniger Schluff, Fels und Mittelsand und schliesslich schluffiger Ton. Es war daher zunächst durch Versuchsinjektionen generell zu klären, ob und in welcher Weise dieser Boden verfestigt werden kann. Dabei stellten sich auch in den ungünstigsten Bereichen der Sand- und Kiesschichten statisch ausreichende Festigkeiten ein.

Bei den Injektionsarbeiten sind die Art und Zusammensetzung des Injektionsgutes, der Injektionsdruck, die Injektionsmenge und die Injektionsdauer genau auf die Bodendurchlässigkeit und die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers abzustimmen. Zur Überwachung werden anzeigende und schreibende Druck- und Mengenmessgeräte sowie Wasserzähler empfohlen. Darüber hinaus sollten stichprobenartig bei einigen Injektionspunkten Bohrkern für Laboruntersuchungen entnommen werden. Ausserdem sollten Beobachtungsschächte abgeteuft werden, um den Wasserzufluss nach Abschluss der Arbeiten festzustellen und daraus Rückschlüsse auf die erreichte Dichtigkeit zu ziehen. Im Bereich bestehender Bauwerke darf der Injektionsdruck nicht zu hoch gewählt werden, um Aufbrüche oder schädliche Hebungen auszuschliessen.

Die mit dem Schild aufgefahrenen U-Bahn-Röhren liegen in den meisten Fällen vollständig im Grundwasser. Der Vortrieb erfordert daher eine Grundwasserabsenkung, die Zugabe von Druckluft oder eine Kombination beider Verfahren. Bezüglich der Auskleidung solcher Tunnel kommt es darauf an, dass sie gegen das von aussen drückende Grundwasser, bei Anwendung von Druckluft auch gegen Druckluftverluste, möglichst schnell

und sicher abgedichtet werden können. Unter diesen Gesichtspunkten erscheint der einschalige Betonausbau mit Tübbinggen nach dem heutigen Stand der Technik ungeeignet. Der zweischalige Betonausbau kommt ebenfalls nicht in Betracht, da er über verhältnismässig lange Zeit, nämlich bis zur Fertigstellung der Innenschale, eine Grundwasserabsenkung voraussetzt. Dagegen können beim einschaligen Metallausbau die Tübbinge unmittelbar nach dem Verschrauben gedichtet werden. Undichte Stellen sind sofort erkennbar und leicht nachzudichten. Die Entscheidung für den Metallausbau beruht auch auf statischen Erwägungen, nach denen der Tunnelausbau bei den Wiener Bodenverhältnissen möglichst elastisch gehalten werden soll (Prinzip der bruchlosen Verformungsfähigkeit). Für die Bemessung der Tübbinge wurde eine Scheitelüberdeckung von 22 m, ein Wasserdruck von 1 atü und eine für die Innenstadt zutreffende Bebauungsauflast zugrunde gelegt. Entsprechend diesen Forderungen wurde für die Welltübbinge der Streckentunnel mit einem Durchmesser von 5,55 m ein Sphäroguss GGG 50 gewählt. In den Haltestellenröhren mit 7,45 m Durchmesser werden Tübbinge aus hochwertigem LD-Stahl verwendet. Die garantierte Bruchdehnung beider Materialien beträgt 7% bzw. 22%.

Mit der aufgezeigten Lösung für die Haltestellen kommen erstmals in Europa beim Verkehrstunnelbau geschweisste Stahltübbinge zum Einsatz. Die Breite dieser Tübbinge beträgt 1125 mm, ihre Länge 2593 mm und ihre Höhe 200 mm. Jeder Ring besteht aus 7 A-Elementen, 2 B- und 1 C-Element. Das Gewicht der Haltestellenröhre beläuft sich auf 6570 kp/m. Die Gurte der eingeschweissten Längs- und Querrippen wurden kräftig ausgebildet, um die Schwerlinie möglichst weit zur Tübbingmitte zu ziehen. Strecken- und Haltestellentübbinge sind schweisbar, so dass Querschläge und Notausstiege ohne weiteres angeschlossen werden können. Die zu erwartende Korrosion der Tübbinge wird durch einen Zuschlag von 2 bis 3 mm zu der für die Aussenhaut festgelegten Solldicke von 15 mm berücksichtigt. Die Querrippen sind nicht mit den Tübbingflanschen verschweisst, um eine Längsverformung der Tunnelauskleidung unter Temperatureinwirkung zu ermöglichen. Insgesamt wurden bis Oktober 1971 auf einer Länge von 270 m Stahltübbinge eingebaut. Dabei zeigten sich weder Risse noch Wassereintritte.

## Neue Forschungsergebnisse der STUVA

Von Privatdozent Dr.-Ing. G. Girnau, Düsseldorf

### Das Verhalten einbetonierter Fugenbänder bei Wasserdruck und Bauwerksbewegungen

Bewegungsfugen sind bezüglich ihrer Dichtigkeit und ihrer Bewegungsmöglichkeit die kritischen Punkte innerhalb eines unterirdischen Bauwerks. Zur Abdichtung werden sie häufig mit Fugenbändern ausgestattet, deren Werkstoffeigenschaften weitgehend bekannt sind. Ihr Verhalten im eingebauten Zustand wurde dagegen bisher nicht untersucht. Dabei sind die Verformbarkeit und der Bruchwiderstand in Abhängigkeit vom Wasserdruck von besonderem Interesse. Zur Klärung dieser Fragen hat die STUVA eine umfangreiche Untersuchung mit den zurzeit gebräuchlichsten Kunstkautschuk- und PVC-Bändern durchgeführt. Von der Form her wurden Hantelfugenbänder mit und ohne Stahllaschen aus Kautschuk, gerippte PVC-Bänder, Bielastikbänder aus PVC mit hart eingestelltem Dichtungsteil und weich eingestelltem Mittel- oder Dehnungsteil und schliesslich Aussen- und Innenfugenbänder in die Versuchsreihen einbezogen.

Um die Versuche praxisnah zu gestalten, wurde ein zweiteiliger, aus Beton erstellter Versuchskörper entwickelt, der in der Mitte einen Hohlraum zur Wasseraufnahme bei 0 bis

5 atü enthält. Ober- und Unterteil dieses Versuchskörpers sind durch ein umlaufendes endloses Fugenband miteinander verbunden. Während das Unterteil des Betonkörpers in einer stählernen Rahmenkonstruktion fest verankert wird, kann das Oberteil, in einem Trägerrost gehängt, seitlich mit Hydraulikzylindern verschoben werden, so dass das einbetonierte Fugenband eine Scherbeanspruchung erfährt. Bei Steigerung des Wasserdrucks hebt sich der obere Betonkörper bei gleichzeitiger Dehnung des Fugenbandes. Eine Kombination von Dehnung und Scherung ist ebenfalls möglich. Eine schematische Darstellung der Versuchseinrichtung ist in Bild 2 gegeben. Die Überwachung des Versuchsablaufs erfolgte über ein automatisch gesteuertes Kamerasystem und durch Messen eventuell eingetretener Wasserverluste.

Die Versuche zeigten eine Reihe aufschlussreicher Ergebnisse. Hantelbänder ohne Stahllaschen bedürfen eines gewissen Anpressdruckes im Bereich der Endwülste, um eine ausreichende Dichtwirkung auszuüben. Im verformungslosen Zustand ist diese Voraussetzung häufig nicht erfüllt, so dass am Bauwerk Durchfeuchtungen oder Wasserdurchtritte zu beobachten sind. Erst nach Auftreten von Dehn- oder Scherverfor-