

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 113 (1995)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Keramikplattenverkleidungen in Tunnels und Galerien  
**Autor:** Steiger, Andreas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78688>

### **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:** 03.04.2025

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

Andreas Steiger, Luzern

## Keramikplattenverkleidungen in Tunnels und Galerien

**Vor wenigen Wochen publizierte des Bundesamt für Strassenbau (ASB) eine Dokumentation zum Thema Keramikplattenverkleidungen in Tunnels und Galerien. Unter Leitung des ASB hat eine Arbeitsgruppe das vorhandene Wissen und die vorliegenden Erfahrungen zusammengetragen. Die Dokumentation weist darauf hin, dass das gesamthaft wirtschaftliche und den technischen Anforderungen genügende Schutzsystem aufgrund eines sorgfältigen Vergleichs durch den planenden Ingenieur ermittelt werden muss. Die Dokumentation gibt dem Ingenieur dazu die erforderlichen Informationen zu den Keramikplattenverkleidungen. Der nachfolgende Beitrag ist eine Zusammenfassung der ASB-Dokumentation.**

Schäden und dadurch erforderliche, oft kostspielige Instandsetzungsmassnahmen an Tunnel- und Galeriewänden weisen deutlich darauf hin, dass dem Schutz dieser Bauteile besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Keramikplatten wurden in den letzten Jahren bei einigen Tunnelneubauten (N1: Umfahrung Genf) und Instandsetzungen (N2: Amsteg Meitschligen und Tunnel Eich) zum Schutz der Tunnelwände eingesetzt. Es existieren in der Schweiz zudem einige weiter zurückliegende Anwendungen von Keramikplattenverkleidungen in Tunnels (N13: Tunnel Rongellen; Stadt Zürich: Tunnel Hirschwiesen).

Keramikplattenverkleidungen sind bezüglich der Erstellungskosten im Vergleich mit anderen Schutzmassnahmen in der Regel teurer. Unter gewissen Randbedingungen können sie jedoch eine gesamthaft wirtschaftliche Lösung darstellen. Für die erforderlichen Untersuchungen sind allerdings Kenntnisse über die Eigenschaften von Keramikplattenverkleidungen bezüglich der technischen Anforderungen, der Dauerhaftigkeit sowie der Eignung bezüglich Unterhalt und Betrieb notwendig. Besondere Bedeutung kommt auch dem ausführungstechnischen Know-how zu.

Unter der Leitung des ASB hat eine Arbeitsgruppe den heutigen Stand des Wissens zum Thema Keramikplatten zusammengetragen. Es wird auch aufgezeigt, dass

die Frage des Chloridtransportes und dessen Verhinderung durch die Keramikplattenverkleidung heute noch nicht abschliessend beantwortet werden kann.

### Schutzsystem für Tunnelwände

Für den Schutz von Tunnelwänden stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, wie beispielsweise Beschichtungen oder Verkleidungen. Die wirtschaftlich und technisch optimale Lösung muss der beauftragte Ingenieur von Fall zu Fall unter Beachtung der jeweiligen Randbedingungen ermitteln. Untersuchungen müssen die massgebenden Einwirkungen aus der Nutzung sowie aus Betrieb und Unterhalt wie chemische (vor allem Chlorid) und physikalische Einwirkungen, mechanische Einwirkungen (Anprall von Fahrzeugen) sowie die Aspekte der Beleuchtung, der Reinigung, des betrieblichen Unterhalts, der Inspektion und des Brandverhaltens sowie Auswirkungen auf die Umwelt berücksichtigen. Bei der Gegenüberstellung verschiedener Systeme ist deren unterschiedliche Gebrauchsdauer zu beachten.

### Keramikplattenverkleidungen

#### Verbundsystem

Keramikplattenverkleidungen müssen als Verbundsystem bestehend aus der Unterkonstruktion, dem Mörtel/Klebstoffbett, den Fugen und den Keramikplatten betrachtet werden. Für die Verkleidung von Tunnelwänden kommen meist Platten mit modularen Massen und Abmessungen von 200×200 mm, 300×300 mm oder unter Umständen von 400×400 mm, die Fugen miteingerechnet, zum Einsatz. Die Dicke der Platten ist auf die gewählte Plattengrösse und allfällige, spezielle Randbedingungen abzustimmen. Bei den Fugen wird zwischen starren Fugen und Bewegungsfugen unterschieden.

#### Keramikplatten

Keramikplatten werden aus einer Mischung von feingemahlten, mineralischen Zuschlagstoffen mit Ton als Hauptbestandteil durch Strangpressen oder Trockenpressen hergestellt, bei Temperaturen zwischen 1100 und 1300°C gebrannt und gleichzeitig oder anschliessend allen-

falls mit einer Glasur überzogen. Die Klassifizierung gemäss Norm EN 87 bezieht sich einerseits auf das Formgebungsverfahren (A: stranggepresste Platten, B: trockengepresste Platten) und andererseits auf die Wasseraufnahme E der Platten. Für Anwendungen in Tunnels ist nur die Klasse I mit einer Wasseraufnahme E kleiner als 3% geeignet. In einer Reihe von EN-Normen sind Anforderungen sowie Prüfverfahren bezüglich der relevanten Eigenschaften der Keramikplatten festgelegt.

#### Fugen und Fugenmaterialien

Die Breite der starren Fugen beträgt 4 bis 10 mm. Sie ist abhängig von der gewünschten Wasserdampfdurchlässigkeit und dem verwendeten Fugenmörtel. Die Tiefe der starren Fugen soll etwa deren Breite entsprechen. Damit Keramikplattenverkleidungen den Feuchtigkeitshaushalt im Bauwerk nicht ungünstig beeinflussen, ist durch die Wahl einer entsprechenden Fugenbreite und Materialien für die starren Fugen eine genügende Wasserdampfdurchlässigkeit zu gewährleisten. In der Regel soll die äquivalente Luftschichtdicke SD kleiner sein als 4 m. Um andererseits aber das Eindringen von Wasser und darin gelöster Schadstoffe möglichst gering zu halten, sollten die Fugen weitgehend wasserdicht sein. Eine abschliessende Aussage über die Verhinderung der Chlorideindringung ist allerdings heute nicht möglich. Entsprechende Abklärungen sind im Gange. Die Ausführung wasserdichter und gleichzeitig wasserdampfdurchlässiger starrer Fugen ist jedoch eine gute Voraussetzung, das Eindringen von Chloriden zu verhindern.

Bewegungsfugen dienen dem Ausgleich von differentiellen Bewegungen zwischen den Platten und dem Tragwerk sowie bei Bauwerksfugen. Bewegungsfugen werden mit einer elastischen Fugenmasse gedichtet. Sie müssen bis auf den Traggrund durchgehen, der Klebmörtel muss also vor dem Aushärten vollständig ausgekratzt werden. Bewegungsfugen werden unterteilt in Dehnfugen, Trennfugen und Anschlussfugen. Dehnfugen unterteilen Verkleidungsflächen in Felder von 10 bis 40 m<sup>2</sup> Grösse. Der Abstand sollte nicht mehr als 4 bis 6 m betragen. Trennfugen werden bei Bauwerksfugen angewendet. Anschlussfugen kommen beim Übergang von der Keramikverkleidung zu anderen Baustoffen zum Einsatz.

Die für die Dichtung der Dehnfugen verwendeten Materialien müssen auf die vorhandenen Beanspruchungen (Dehnung, Stauchung, mechanische Beanspruchung durch die Reinigung, chemische Be-



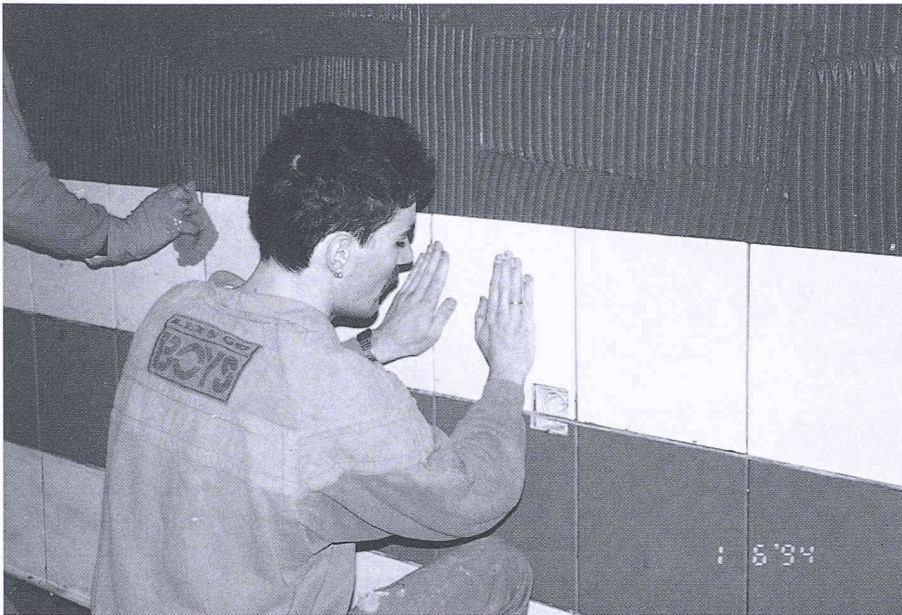


Bild 1.  
Einpressen der Platten ins Klebemörtelbett,  
damit eine vollständige Verklebung erreicht wird  
muss die Platte gut angedrückt werden

anspruchung durch Spritzwasser, Wasser/Öl und Wasser/Benzingemisch) ausgelegt sein. Es ist eine eigentliche Bemessung durch den projektierenden Ingenieur erforderlich. Die Verarbeitung von Fugendichtstoffen erfordert entsprechende Spezialisten und kontrollierte Arbeitsbedingungen, beispielsweise muss der Untergrund trocken sein.

#### Verlegeverfahren, Klebemörtel

Als Verlegeverfahren kommt in der Regel das Dünnbett mit einer Klebebett-

stärke von 1 bis 5 mm oder das Mittelbettverfahren mit einem 5 bis 15 mm dicken Klebebett zur Anwendung. Das Mittelbettverfahren erlaubt den Ausgleich kleiner Unebenheiten des Traggrundes in der Grössenordnung von 3 bis 4 mm. Grössere Unebenheiten müssen vorgängig mit einer Ausgleichsschicht ausgeglichen werden.

Damit eine gute Verklebung der Platten erreicht werden kann, ist das Buttering-Floating-Verfahren einzusetzen. Dabei wird eine Klebemörtelschicht auf den Ansetz-

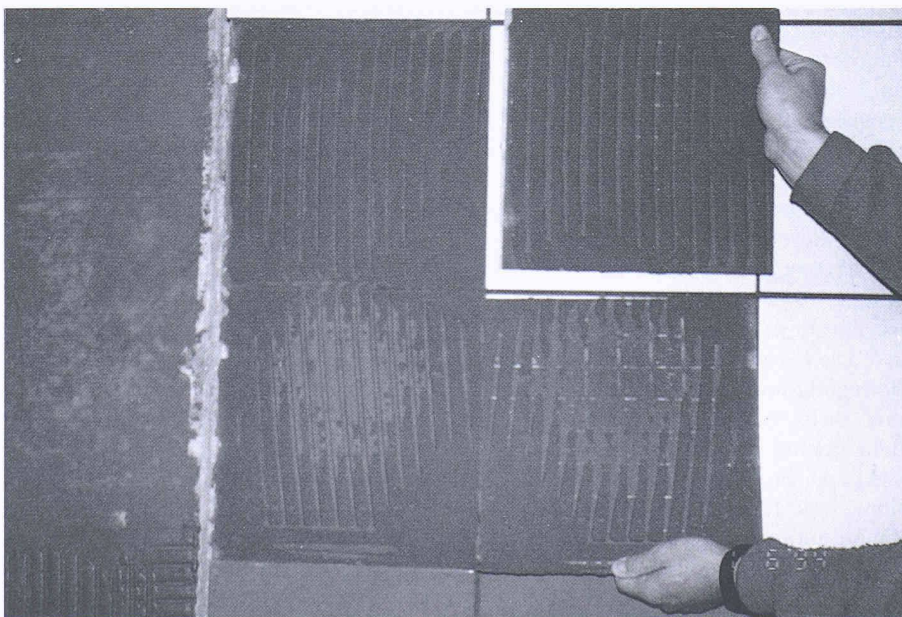


Bild 2.  
Überprüfung der Verklebung auf Vollfächigkeit  
durch Entfernen einzelner Platten, Hohlstellen  
sind deutlich erkennbar

grund aufgespachtelt und mit dem Kammspachtel abgekämmt, zusätzlich wird eine dünne Klebemörtelschicht auf die Rückseite der Platten aufgetragen. Die Platten werden alsdann in das Klebemörtelbett hineingedrückt (Bild 1). Bei grossen Plattenformaten von beispielsweise 300×300 mm ist es zweckmässig, eine Verklebung von im Mittel 90% der Fläche bei einem unteren tolerierten Grenzwert von 80% zu verlangen. Die Prüfung der Vollfächigkeit der Verklebung erfolgt mit Haftzugprüfungen und durch Entfernen einzelner Platten nach dem Abbinden des Klebemörtels, jedoch vor dem Verfugen, also 6 bis 12 Stunden nach dem Verlegen der Platten.

Als Klebemörtel stehen für die Anwendung bei Tunnels hydraulisch erhärtende, vorgemischte Mörtel mit diversen Zusätzen im Vordergrund. Wichtig ist, dass der Ansetzgrund dem Mörtel nicht zuviel Feuchtigkeit entzieht und dass die Verklebung während der klebeffenen Zeit erfolgt. Die Prüfung der Verklebung erfolgt mittels Haftzugprüfungen mit einem quadratischen Prüfstempel von 50×50 mm und Abklopfen der Platten. Bei Tunnels ist eine Haftzugfestigkeit von im Mittel 1,0 N/mm<sup>2</sup>, bei einem Mindestwert von 0,6 N/mm<sup>2</sup>, zu fordern.

#### Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion von Keramikplattenverkleidungen muss genügend tragfähig und standsicher sein. Die Anforderungen an die Ebenheit hängen vom gewählten Verlegeverfahren (Dünnbett/Mittelbett) ab. Allenfalls ist eine Ausgleichsschicht vorzusehen. Die Ansetz- oder Verlegefläche, die Oberfläche also, auf die der Klebemörtel aufgebracht wird, muss frei von Verunreinigungen, wie beispielsweise Schalöl, Curing, Schmutz oder Staub sein, die die Haftung beeinträchtigen könnten. Sie darf zudem nicht allzu saugfähig sein. Eine kritische Saugfähigkeit liegt vor, wenn ein auf die Oberfläche aufgetropfter Wassertropfen innert weniger als 20 sec aufgesaugt wird. Eine zusätzliche Aufrauung des Untergrundes mit Hoch- oder Höchstdruckwasserstrahlen bewirkt eine Verbesserung der Haftung infolge vergrösserter Klebefläche.

Keramikplattenverkleidungen können, mit Ausnahme der Bewegungsfugen, keine grösseren Risse überbrücken. Nach dem Aufbringen der Platten neu entstehende Risse oder Risse mit einer Rissbewegung von mehr als 0,05 mm werden ohne Gegenmassnahme, wie beispielsweise Überbrückung mit Glasfasergewebe, mit der Zeit durchschlagen. Um Rissbildungen zu vermeiden, sollten deshalb Keramikplatten auf neu erstellten Betonkonstruktionen frühestens nach 6 Monaten aufge-



**Literatur**

[1]

Bundesamt für Strassenbau: Keramikplatten, ASB Dokumentation, EDMZ Art. Nr. 308.360d, 1994.

[2]

Niemer E.U.: Praxis Handbuch Fliesen, Material Planung Konstruktion Verarbeitung, Rudolf Müller GmbH, Köln, 1994.

bracht werden. Eine kürzere Wartezeit ist nur zuzulassen, wenn Verformungen anderweitig verhindert werden.

**Besonderheiten bei der Anwendung in Tunnels und Galerien**

Bei der Planung, Projektierung, Ausschreibung und Ausführung von Keramikplattenverkleidungen in Tunnels und Galerien sind einige spezifische Randbedingungen zu beachten. Die Anwendung beschränkt sich in der Regel auf den unteren Wandbereich bis auf eine Höhe von 1,5 bis 3,5 m ab O.K. Fahrbahn. Dieser Bereich ist besonders gefährdet durch Chloride in der Spritzwasserzone von 1,8 bis 2,5 m Höhe und bedarf der regelmässigen Reinigung.

Keramikplattenverkleidungen in Tunnels müssen sowohl als Gesamtsystem wie auch bezüglich der einzelnen Elemente frostsicher sein. Die Frostsicherheit der Platten ist für die Güteklasse I gemäss EN 121 beziehungsweise EN 176 sichergestellt. Bei der Wahl der Klebe- und Fugenmörtel ist auf deren Frostbeständigkeit zu achten. Hohlräume (Bild 2) im Klebemörtel hinter den Platten können allenfalls bezüglich der Frostbeständigkeit des Gesamtsystems eine Schwachstelle bedeuten. Neben der Wahl des Battering-Floating-Verlegeverfahrens ist deshalb auf eine sorgfältige Verlegung und Prüfung zu achten.

In Tunnels und Galerien ist eine helle Farbgebung der Wände für die Beleuchtung vorteilhaft. Es sind deshalb helle Farbtöne mit hoher Lichtreflexion vorzuziehen. Zur Unterstützung der optischen Linienführung können farbige Streifen vorgesehen werden. Spiegelungseffekte sind zu vermeiden. Um eine optimale Reinigung zu gewährleisten, muss die Oberfläche der Platten glasiert sein. Diese Anforderungen werden von weissen, seidenmatt glasierten Platten erfüllt.

**Ausschreibung**

Bei der Ausschreibung von Keramikplattenverkleidungen ist auf eine exakte und umfassende Definition der Anforderungen zu achten. Diese sind, wo immer möglich, als messbare Grössen zu quantifizieren. Vom Anbieter des Gesamtsystems (Hauptunternehmer oder Plattenleger) ist eine Gewährleistung für das Gesamtsystem zu leisten. Die vorgesehenen Prüfungen mit

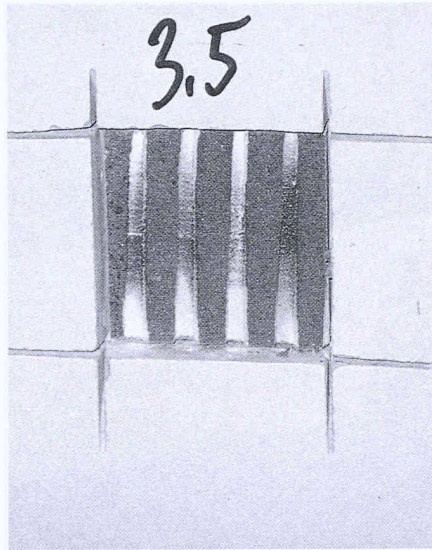


Bild 3.

Zu grosse Hohlstellen als Folge eines ungenügenden Einpressens ins Mörtelbett können auch bei den Abzugversuchen festgestellt werden

den entsprechenden Anforderungen sind bereits in der Ausschreibung festzulegen. Es hat sich als zweckmässig erwiesen, die Ausführung der Keramikplatten zusammen mit den übrigen Arbeiten auszuschreiben. Die Lieferung der Platten kann auch separat ausgeschrieben werden und dann bauseits erfolgen.

**Überwachung der Ausführung**

Die hauptsächlichen Überwachungselemente sind die Erbringung der geforderten Nachweise für die verwendeten Materialien und allenfalls das Gesamtsystem, eine sorgfältige Ausführung unter Einhaltung der Vorschriften der Produktelieferanten sowie die Prüfung der fertigen Keramikplattenverkleidung. Für die Überprüfung des Gesamtsystems ist heute allerdings noch kein entsprechendes Prüfverfahren festgelegt. Bei der Ausführung ist insbesondere auf die Vorbenetzung des Untergrundes, die Verarbeitung und das Einhalten der kleboffenen Zeit des Mörtels, ein sattes Einpressen der Platten ins Mörtelbett und das sorgfältige Verfugen der Platten zu achten. Selbstverständlich sind auch die Bewegungsfugen vorschriftsgemäss zu verfugen. Die Fugen sind korrekt zu bemessen. Bewegungsfugen mit Dreiflankenhaftung sind nicht zulässig, weil als Folge der Behinderung der Verformung des elastischen Dichtstoffes eine Überbeanspruchung mit Rissbildung oder Flankenablösung auftreten kann. Nach dem Verfugen müssen die Platten sorgfältig vom Zementschleier gereinigt werden. Die Prüfung der aufgeklebten Platten erfolgt durch Haftzugversuche (Bild 3), Abklopfen auf Hohlräume sowie Prüfung der Ebenheit der Oberfläche.

**Inhalt der ASB-Dokumentation**

In der ASB-Dokumentation werden in verschiedenen einleitenden Kapiteln die Grundinformationen zum Thema Keramikplatten und Keramikplattenverkleidungen dargestellt wie Begriffe, Herstellung, Materialien und Eigenschaften. Ein weiteres Kapitel befasst sich eingehend mit den Aspekten Planung, Projektierung, Ausschreibung und Ausführung von Keramikplattenverkleidungen in Tunnels und Galerien. In einem separaten Kapitel wird auf die Wahl des für einen konkreten Fall geeigneten Schutzsystems für Tunnel und Galeriewände eingegangen.

Die Anhänge A, B und C enthalten zu diesem Thema ein ausführliches Beispiel. Eine Zusammenstellung der zur Anwendung gelangenden Normen (EN-, DIN- und SIA-Normen) ist im Anhang E der Dokumentation enthalten. Die Anforderungen an Keramikplatten der Güteklasse AI und BI, die sich für die Anwendung im Tunnel eignen, ist im Anhang F zusammengestellt. Ein Beispiel von Ausschreibungsunterlagen für Keramikplatten ist im Anhang H enthalten. Anhang I beinhaltet ein Beispiel für einen Prüfplan für die Ausführung.

**Offene Fragen**

Die Fugen der Keramikplatten bilden bezüglich der Dauerhaftigkeit wie auch der Chloriddichtigkeit eine Schwachstelle. Die erforderliche Wasserdampfdurchlässigkeit verunmöglicht eine Anwendung von dauerhaften und dichten Epoxidharzfugenmörteln. Die wasserdampfdurchlässigen hydraulisch abbindenden Fugenmörtel erfordern längerfristig einen gewissen Unterhalt. Die für den Schutz bewehrter Betonkonstruktionen wichtige Chloriddichtigkeit der heute eingesetzten, mit verschiedenen Zusätzen vergüteten Fugenmörtel kann aufgrund der heute vorliegenden Daten und Erfahrungen nicht abschliessend beurteilt werden.

Adresse des Verfassers:

Andreas Steiger, dipl. Bauing, ETH, Andreas Steiger, Beratende Ingenieure SIA/ASIC, Luzern