

Mechanical horizontal barriers for existing buildings

Barrières mécaniques horizontales contre l'humidité ascendante

Deskriptoren

Mauerwerksanierung, nachträgliche mechanische Horizontalsperre, Horizontalabdichtung, Feuchtigkeitssperre, Sperrschicht, Trockenlegung, Abdichtung, kapillar aufsteigende Feuchtigkeit

Key Words

Masonry restoration, mechanical horizontal barriers for existing buildings, horizontal barrier, moisture barrier, blocking layer, drying, sealing, capillary rising damp

Mots-Clés

Réhabilitation de la maçonnerie, humidité ascendante, barrière capillaire, barrière mécanique horizontale contre l'humidité ascendante, séchage

Erläuterungen zum Merkblatt

Ergänzend sind folgende WTA-Merkblätter in der jeweils aktuellen deutschen Fassung zu beachten:

- 2-9 »Sanierputzsysteme«
- 4-5 »Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik«
- 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile«
- 4-10 »Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport«
- 5-20 »Gelinjektion«
- 7-1 »Erhaltung und Instandsetzung von Mauerwerk – Konstruktion und Tragfähigkeit«

Inhalt		Seite
1	Einleitung	4
2	Vorbemerkung	4
3	Planung	4
4	Voruntersuchungen	5
5	Sanierungskonzept	5
6	Verfahrenstechnik	5
7	Baustoffe für die Ausbildung der Horizontalsperre	8
8	Ausführung	9
9	Flankierende Maßnahmen	10
10	Qualitätssicherung	10
11	Wirksamkeitskontrolle	10
12	Stellungnahme der WTA über die Wirksamkeit elektrokinetischen und paraphysikalischer Verfahren zur Mauerentfeuchtung	11
13	Literatur	12
Anhang: Formblatt – Dokumentation einer mechanischen Horizontalsperre		13

Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport

Deutsche Fassung vom September 2023

Referat 4 Bauwerksabdichtung

Leiter des Referates

Rainer Spirgatis

Leiter der Arbeitsgruppe

Jörg de Hesselle

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Peter Katz

Jörg de Hesselle

Karsten Keilberg

Sören Hoffmann

Matthias Klein-Impelmann

Clemens Hecht

Richard Neubauer

Thimo Mustin

Jürgen Weber

Andreas Bohn

Erarbeitung des Merkblattes

Beginn der Arbeiten: Juni 2000
Ende der Arbeiten: Dezember 2001
Merkblattentwurf: März 2002
Endgültige Fassung: Dezember 2002

1. Überarbeitung
Beginn der Arbeiten: Mai 2008
Ende der Arbeiten: April 2013
Merkblattentwurf: Januar 2014
Endgültige Fassung: April 2015

2. Überarbeitung
Beginn der Arbeiten: August 2021
Ende der Arbeiten: Juni 2023
Merkblattentwurf: September 2023
Endgültige Fassung:

ISBN (E-Book) 978-3-7388-0870-4

WTA-Merkblätter

Herausgeber

WTA International e.V., Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V.

Schriftleitung

Clemens Hecht, Tobias Steiner

Vertrieb

WTA Publications

Telefon +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: info@wta-international.org

Die WTA ist stets bemüht in ihren Merkblättern den jeweiligen aktuellen Stand des Wissens festzuhalten. Wenn Sie vor Ablauf der Einspruchsfrist Verbesserungen, Änderungen vorschlagen möchten, wenden Sie sich bitte direkt an den Leiter der Arbeitsgruppe.

© Alle Rechte bei der WTA International e.V.. Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung gestattet.

Die Angaben in diesem Merkblatt stützen sich auf den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse. Die WTA International e.V. kann jedoch keinerlei Haftung übernehmen. Vorschläge oder Einwände, die gegebenenfalls bei einer Neuauflage berücksichtigt werden können, sind an die Geschäftsstelle der WTA International e.V. zu richten.

Bei Streitfällen ist die deutsche Fassung gültig.

Den auftragvergebenden Architekten, Denkmalpflegeämtern und den staatlichen, kommunalen und kirchlichen Bauämtern wird nahegelegt, auf dieses und die weiteren Merkblätter der WTA zum Bautenschutz und zur Bauwerksinstandsetzung in Ausschreibungen und Aufträgen Bezug zu nehmen und deren Kenntnisnahme allen Auftragnehmern zur Auflage zu machen.

Fraunhofer IRB Verlag, 2023
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon +49 7 11 970-2500
Telefax +49 7 11 970-2599
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
<http://www.baufachinformation.de>

Kurzfassung

Dieses WTA-Merkblatt befasst sich mit nachträglichen mechanischen Horizontalsperren gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit. Die Anwendung setzt Voruntersuchungen zur Klärung der individuellen Bauwerksbedingungen, wie zum Beispiel die Erarbeitung einer fundierten Feuchteanalyse, sowie die Erstellung einer Fachplanung voraus. Es werden Verfahren, Werkstoffe und Randbedingungen für den Einsatz der nachträglichen mechanischen Horizontalsperre präzisiert.

Deskriptoren: Mauerwerksanierung, nachträgliche mechanische Horizontalsperre, Horizontalabdichtung, Feuchtigkeitssperre, Sperrschicht, Trockenlegung, Abdichtung, kapillar aufsteigende Feuchtigkeit

Abstract

This WTA-Recommendation deals with mechanical horizontal barriers against capillary rising damp to be installed in existing buildings. The application of this technique requires preliminary tests in order to determine specific conditions of the building. A detailed moisture analysis and cooperation of an experienced design engineer may be necessary for instance. Different techniques, materials and boundary conditions for the installation of mechanical horizontal barriers for existing buildings are outlined.

Key Words: Masonry restoration, horizontal barriers for existing buildings, horizontal barrier, moisture barrier, blocking layer, drying, sealing, capillary rising damp

Résumé

L'objet de la présente recommandation est la réalisation de barrières mécaniques contre l'humidité ascendante par capillarité dans les murs en maçonnerie. La réalisation d'une telle barrière suppose qu'une investigation des conditions spécifiques du bâtiment soit faite, telle que l'analyse du profil d'humidité dans la maçonnerie. Le soutien d'un ingénieur expert en la matière est nécessaire. Les techniques, les matériaux utilisés et les conditions d'application et d'exécution des barrières mécaniques sont exposés.

Mots-Clés: Réhabilitation de la maçonnerie, humidité ascendante, barrière capillaire, barrière mécanique horizontale contre l'humidité ascendante, séchage

1 Einleitung

Schäden durch kapillar aufsteigende Feuchte aus dem Baugrund sind im Sockelbereich, im Keller oder im Erdgeschoss von Altbauten häufig festzustellen. Als Ursache werden in vielen Fällen nicht vorhandene oder unwirksam gewordene horizontale Bauwerksabdichtungen (Horizontalsperren) diagnostiziert.

Zur Behebung haben sich mechanische Verfahren seit vielen Jahrzehnten in der Praxis bewährt [12].

Das nachfolgende Merkblatt soll dazu beitragen, Unsicherheiten bei Planung und Ausführung nachträglicher mechanischer Horizontalsperren zu beseitigen und die Qualität dieser Maßnahmen zu sichern.

2 Vorbemerkung

Dieses Merkblatt wendet sich an Bauherren, Sachverständige, Planer, Baustoffhersteller und Ausführende und gilt für die nachträgliche mechanische Horizontalsperre von Mauerwerk oder anderen kapillaraktiven Bauteilen gegen aufsteigende Feuchte.

Die nachträgliche mechanische Horizontalsperre ist Bestandteil der Bauwerksabdichtung, die Planung Bedarf einer Bauzustandsanalyse. Die Anwendung des Merkblattes setzt voraus, dass auf Grund der qualifizierten Voruntersuchungen, als wesentliche Schadensursache kapillar aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk nachgewiesen wurde.

Der Einbau der nachträglichen mechanischen Horizontalsperre erfolgt immer durch Trennung des Mauerwerks und muss aus mindestens einem durchgehenden, die Kapillaren durchtrennenden Sperre bestehen.

Durch mechanische Horizontalsperren nach WTA und fachgerechter Ausführung wird der Feuchtetransport durch die planmäßige Abdichtungsebene vollständig unterbunden wird.

3 Planung

Nachträgliche mechanische Horizontalsperren nach WTA setzen eine Fachplanung voraus.

Die Planung nachträglicher mechanischer Horizontalsperren hat sicherzustellen, dass durch fachgerechte Wahl des Verfahrens und der infrage kommenden Baustoffe unter Berücksichtigung der konstruktiven, bauphysikalischen, ausführungstechnischen und nutzungsbedingten Anforderungen das Instandsetzungsziel erreicht wird.

Auf Grund des Gebäude- oder Bauteilzustandes, der ggf. vorhandenen Schadensbilder und / oder geplanter Nutzungsänderungen ist auf Basis von Voruntersuchungen das Sanierungskonzept zu erstellen. Dabei sind die auftretenden Feuchtebeanspruchungen sowie die wirtschaftlichen, bautechnischen und, wenn notwendig, denkmalpflegerischen Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Die Festlegung des Instandsetzungsziels, Reduzierung des Durchfeuchtungsgrades auf die Ausgleichsfeuchte der Baustoffe und den Zeitpunkt seines Erreichens ist Bestandteil der Planung. Die Entscheidungsgrundlagen und alle weiteren Anforderungen sind zu dokumentieren.

Sind zum Erreichen des Instandsetzungsziels flankierende Maßnahmen erforderlich, müssen sie bei der Planung berücksichtigt werden, ggf. unter Hinzuziehung von Sonderfachleuten z.B. Baubiologen, Technische Gebäudeausrüster. Die Beachtung der Wirtschaftlichkeit, des Umweltschutzes und des Denkmalschutzes erfordern u. U. Sonderbauweisen.

Zu beachten ist, dass der nachträgliche Einbau einer mechanischen Horizontalsperre einen Eingriff in das Tragwerk darstellt. Ein Tragwerksplaner ist hinsichtlich der statischen Beurteilung des Bau- und Endzustandes hinzuzuziehen.

Baustoffspezifische Überlappungen zwischen den verschiedenen Abdichtungsstoffen sind im Detail zu planen.

Der Ausführende übernimmt neben der üblichen Ausführungsverantwortung auch die Planungsverantwortung, wenn auf eine unabhängige Fachplanung verzichtet wird.

4 Voruntersuchungen

4.1 Allgemeines

Die nachträgliche mechanische Horizontalsperre erfordert Voruntersuchungen, die in einem Prüfbericht zu dokumentieren sind.

4.2 Bauwerkszustand

Folgende Feststellungen sollten wenn erforderlich berücksichtigt werden:

- Schadensbilder/Schadensformen
Art, Lage, Ausmaß, Besonderheiten
- Konstruktion
Regelquerschnitt und Baustoffe von Wand, Decke und Boden, Anschlüsse, Bewegungsfugen, Durchdringungen, Zugänglichkeit, Standsicherheit, Fugenlage und Abmessung
- Vorhandene Abdichtungen
Art, Lage, Material, Zustand, Mängel und deren Ursachen, frühere Instandsetzungen
- Baugrund
HGW (höchster möglicher Grundwasserstand, nach amtlicher Auskunft),
Bodenverhältnisse (Durchlässigkeit)

4.3 Bauwerks- und Laboruntersuchungen

Die Probenahme erfolgt nach Angabe des Fachplaners in repräsentativen Bereichen und in ausreichender Anzahl. Die Proben sind in der Art (z. B. Bohrkern, Bohrmehl, Scherben- oder Kratzprobe) und der Lage (z. B. Eintrag in Lageplan) im Prüfbericht zu dokumentieren.

Die Untersuchungsergebnisse der Planung sind zu dokumentieren.

Folgende Kenndaten können für Sanierungsplanungen erforderlich sein:

Feuchtigkeit (Höhen- und Tiefenprofile) in M-% oder V-%

- Feuchtegehalt
- max. Wasseraufnahme
- Ausgleichsfeuchte
- Durchfeuchtungsgrad (DFG) in %

Salze in M-%

- Salzgehalt, qualitativ oder halbquantitativ

Konstruktion, Statik

- Statische Ausnutzung, (Schub; Biegung; Exzentrizität)
- Erschütterungsrelevante Risiken
- Homogenität, Hohlräumigkeit, Wandaufbau
- Belastungsveränderungen
- Gründungsverhältnisse
- Abmessungen von Lagerfugen
- Steinfestigkeit
- Mörtelfestigkeit

5 Sanierungskonzept

Auf der Grundlage der Voruntersuchungen und der Sanierungsziele ist das Sanierungskonzept zu erstellen. Dieses hat das Verfahren, die zu verwendenden Baustoffe, den Sperrhorizont, die flankierenden Maßnahmen und die Überprüfung festzulegen (siehe Abschnitte 9 und 10).

6 Verfahrenstechnik

6.1 Grundlagen

Für die nachträglichen mechanischen Horizontalsperren gilt grundsätzlich, dass die Standsicherheit des Bauteiles während und nach der Durchführung der Maßnahmen gewährleistet sein muss. Weiterhin müssen im Zuge der Arbeiten entstandene Hohlräume kraftschlüssig geschlossen werden.

Müssen auf Grund objektspezifischer Besonderheiten unterschiedliche mechanische Verfahren eingesetzt werden, sind die Übergangsbereiche mit besonderer Sorgfalt zu planen und auszuführen. Dies gilt z. B. bei Eckausbildungen, Rohrdurchführungen und unzureichender Zugänglichkeit. Die Kombination mit anderen nachträglichen Maßnahmen zur Bauwerksabdichtung, wie z. B. Injektionsverfahren, sind gemäß WTA-Merkblättern möglich z. B. [3], [4], [5].

Die Tabelle 1 zeigt Wirkprinzip und Varianten der mechanischen Horizontalsperren.

Ziel	Erneuerung oder Herstellung der Horizontalsperre			
Wirkprinzip	Sperrung des Feuchttransportes			
Varianten	Maueraustauschverfahren	Blecheinschlagverfahren	Schneide- und Sägeverfahren	Kernbohrverfahren

Tabelle 1 Übersicht nachträglicher mechanischer Horizontalsperren

6.2 Maueraustauschverfahren

Dieses mehrstufige Verfahren stellt die älteste Art der Einbringung einer nachträglichen mechanischen Horizontalsperre dar. In Abhängigkeit von den statischen Gegebenheiten wird das Mauerwerk abschnittsweise in seinem gesamten Querschnitt entfernt, eine Horizontalsperre eingelegt und zur planmäßigen Lastabtragung wieder kraftschlüssig ergänzt. Bei diesem Verfahren können sämtlich unter Punkt 7 aufgeführte Baustoffe eingesetzt werden.

6.3 Blecheinschlagverfahren

Bei diesem einstufigen Verfahren (Trennen und Sperren in einem Arbeitsgang) werden gewellte Stahlplatten nach Punkt 7.3 ohne Öffnen des Mauerwerkes in die Mörtelfugen überlappend bzw. ineinandergreifend eingeschlagen.

Durchdringungen quer zur Sperrebene, wie z. B. Rohrleitungen, sind besonders zu berücksichtigen.

Für die Anwendung ist eine durchgehende Lagerfuge von mindestens 6 mm Dicke erforderlich. Die Anwendbarkeit ist abhängig vom Mauerwerksquerschnitt und von der Mauerwerksart.

Eine Einschränkung der Anwendbarkeit kann sich durch die Reibung bzw. nicht verdichtbaren Mörtel beim Einschlagen der Stahlbleche ergeben. Bei zu hohen Reibungen kann z. B. die Mörtelschicht planmäßig geschwächt werden.

Die Stahlplatten sind pneumatisch oder hydraulisch mit hohen Frequenzen (z. B. 1 000 bis 1 500 Schlägen pro Minute) fachgerecht einzubringen, um eine Versetzung des Mauerwerkes in Schlagrichtung auszuschließen. Setzungen des Mauerwerkes können ausgeschlossen werden, da beim hochfrequenten Einschlagen der Platten der Fugenmörtel verdichtet wird (ca. 10–20%). Der Eindringwiderstand wird z. B. durch die Verwendung von Platten mit Pfeilspitzenprofil vermindert.

6.4 Schneide- und Sägeverfahren

Bei Schneide- und Sägeverfahren handelt es sich um mehrstufige Verfahren, bei denen in der ersten Stufe die Trennung des Mauerwerkes fachgerecht erfolgt, in der zweiten Stufe die Sperrschicht eingelegt und abschließend die Fuge geschlossen wird.

Die Trennung des Mauerwerkes erfolgt in Trocken- oder Nassschnittverfahren mit einer Mauerfräse, Mauerketten- oder einer Diamantseilsäge. Die horizontalen Sägeabschnitte im Mauerwerk betragen maximal einen Meter, da sich das Mauerwerk bei dieser Länge über die Bogenwirkung in der Regel selber tragen muss. In kritischen Bereichen oder nach Festlegung des Tragwerksplaners wird in kürzeren Abschnitten gesägt, zum Beispiel an Ecken, Anschlüssen und Mauerwerksöffnungen. Keine Einschränkung besteht hinsichtlich Mauerwerksart und -querschnitt. Bei mehrschaligem Mauerwerk sind ggf. gesonderte Maßnahmen erforderlich.

Die Schnittfuge ist zu reinigen. Bei starken Unebenheiten im Schnittverlauf, z. B. bei Naturstein- oder Mischmauerwerk, kann ein Glattstrich ausgeführt werden, um das vollflächige Aufliegen der Sperre sicherzustellen.

Anschließend erfolgt der Einbau des Sperrmaterials und das Schließen der Restfuge, hier unterscheidet man zwei Varianten:

- Einbringen der Sperrschicht mit einer unbesandeten Kunststoffbahn, besandeten Kunststoffbahn zur Aufnahme von horizontalen Schubkräften in der Fuge (z. B. bei Gewölbe oder Erddruck) oder einer ebenen Edelstahlplatte. Dabei ist auf statische Einflüsse wie Gewölbeschub oder sehr hohe Druckbelastung gesondert zu achten.

Kraftschlüssiges Einschlagen von Mauerwerkskeilen über den gesamten Querschnitt der Mauer in Abständen von 25 cm (jeweils gemessen von der Achsmittle des Mauerwerkskeils), sowie immer auf den Überlappungen der Sperrfolie wird die sofortige statische Belastbarkeit des gesägten Mauerwerksabschnittes wieder hergestellt. Im Anschluss können die Sägearbeiten des verbleibenden Mauerwerks nahtlos fortgesetzt werden. Nach dem Abschluss der Sägearbeiten wird durch eine allseitige Vermörtelung der Schnittfuge einschließlich Einbau von Verpressröhrchen zwischen den Keilreihen und anschließender formschlüssiger Hohlraumverpressung mit einer geeigneten Mörtelpumpe und schwindarmen aushärtendem Mörtel die verbliebene Restfuge verpresst. Bei diesem Verfahren sind besonders die punktuelle Belastung der Sperrschicht und die Standsicherheit des Objektes bei Teilflächenpressung zu berücksichtigen. Beim Einbringen der Mauerwerkskeile ist eine Beschädigung der Sperrschicht unbedingt zu vermeiden [9], [10], [11], [12].

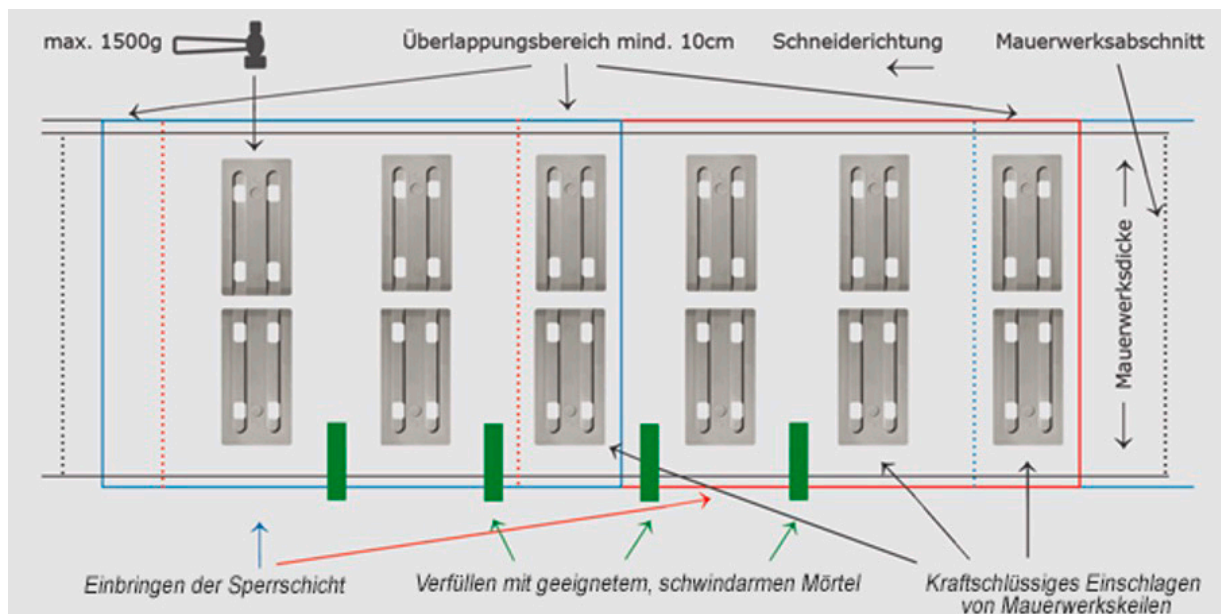


Bild 1 nachträgliche mechanische Horizontalsperre/Sägeverfahren mit Kunststoffplatten und Mauerwerkskeilen

- Einbringen einer Bitumenabdichtungsbahn oder genoppte Stahlbleche (zur Aufnahme von horizontalen Schubkräften in der Fuge z. B. bei Gewölbe oder Erddruck) und kraftschlüssiges raumfüllendes Schließen mit geeignetem, schwindarmem Mörtel unter Druck über den gesamten Mauerwerksquerschnitt.

6.5 Kernbohrverfahren

Der Einbau ist bei fast allen Mauerwerksarten möglich. Durch überlappende Kernbohrungen, bei denen die hergestellten Hohlräume mit geeignetem Dichtmörtel verfüllt werden, entsteht eine durchgängige Sperr Ebene im Mauerwerk. Die Funktionstauglichkeit des Mörtels ist nachzuweisen.

Es werden parallele Bohrungen in gleichen Achsabständen über die gesamte Mauertiefe geführt. Die Bohrungen werden gereinigt und mit Mörtel verfüllt. Nach dem kraftschlüssigen Aushärten des Verfüllmörtels wird das dazwischen liegende Mauerwerk ausgebohrt und in gleicher Weise geschlossen.

7 Baustoffe für die Ausbildung der Horizontalsperre

7.1 Grundlagen

Die Wahl des Baustoffes für die mechanische Horizontalsperre wird durch die Fachplanung festgelegt und hängt maßgeblich von den Ergebnissen der Voruntersuchungen (Abschnitt 4) und dem gewählten Verfahren (Abschnitt 6) ab.

Die Baustoffe müssen wasserundurchlässig und wasserbeständig sowie beständig gegenüber chemischer und mechanischer Belastung sein. Insbesondere müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Verträglichkeit mit Baustoffen und sonstigen Bestandteilen im Mauerwerk
- Verträglichkeit mit nachträglich verwendeten Baustoffen (z. B. Sanierputz, Bitumenabdichtungen),
- Verträglichkeit bei Umgebungstemperaturen (Einbau- und planmäßige Bauteiltemperaturen),
- Druckfestigkeit unter Einbaubedingungen und im eingebauten Zustand,
- hinreichende Schub- und Drucktragfähigkeit im eingebauten Zustand.

Bei eingebauten Sperrschichten ist sicherzustellen, dass die Materialien vollflächig aufliegen, um punktuell erhöhte Pressungen zu vermeiden.

Die wasserdichte Verbindung der mechanischen Horizontalsperre mit einer anderen Abdichtungsebene erfordert eine detaillierte Ausführungsplanung und ggf. Sonderbauweisen mit speziellen Baustoffen.

7.2 Mörtel

Die Unterbrechung des kapillaren Wassertransportes muss sichergestellt und nachgewiesen werden, wenn dieser ohne zusätzliche Abdichtungsmaterialien ausgeführt wird.

Alle angewendeten Mörtel müssen schwindarm und kriecharm sein [8].

7.3 Edelstahlplatten

Je nach Verarbeitungstechnologie werden glatte oder profilierte Edelstahlplatten verwendet.

Als Werkstoffe werden nichtrostende, korrosionsbeständige Stähle (Chromstahl, Chrom-Nickel-Stahl, Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl) verwendet, die an der gesamten Plattenoberfläche gegenüber schwach konzentrierten Lösungen aus Erdreich und Mauerwerk, wie z. B. Sulfate, Chloride, Nitrate, Karbonate, organische Säuren und halogenhaltige Medien (Fluor, Chlor, Brom, Jod), beständig sein müssen.

Die Wahl der richtigen Edelstahlsorte ist von der genauen Kenntnis der Belastungsverhältnisse abhängig. Die Resistenz von Edelstahl ist neben der Konzentration des angreifenden Mediums von einer Reihe anderer Einflüsse abhängig (z. B. Zusammensetzung des Edelstahls). Die Resistenz des Werkstoffes ist nachzuweisen.

Der Werkstoff 1.4016 ist ein ferritischer Chromstahl. Seine Korrosionsbeständigkeit gegenüber schwach konzentrierten oxydierenden (Salpetersäure) und nichtoxydierenden (Schwefelsäure) Säuren reicht in den meisten Anwendungsfällen aus, mit Ausnahme von Halogenid-, insbesondere Chloridbelastungen mit höheren Konzentrationen.

Der Werkstoff 1.4301 ist ein austenitischer Chrom-Nickelstahl. Seine Korrosionsbeständigkeit ist höher als bei dem Werkstoff 1.4016, insbesondere auch gegenüber den halogenhaltigen Angriffsmedien (z. B. Chloriden).

Die Werkstoffe 1.4401, 1.4436 und 1.4571 sind austenitische Chrom-Nickel-Molybdänstähle, die i. A. eine ausreichend große Korrosionsbeständigkeit gegenüber halogenhaltigen Medien (Chloriden) aufweisen.

Die Edelstahlplatten sind mit speziell geeigneten Trenn- und Schleifscheiben zu schneiden, wobei auf die erreichte Temperatur im Plattentrennbereich zu achten ist. Wird diese überschritten (Rotglühen), entstehen in diesem Bereich blaue Trennflächen und Grate, welche nicht mehr korrosionsbeständig sind und sorgfältig abgeschliffen werden müssen.

Bei Schneide- und Sägeverfahren werden in der Regel ebene Edelstahlplatten eingelegt. Diese müssen über eine ausreichende Schubtragfähigkeit im eingebauten Zustand verfügen.

Für das Blecheinschlagverfahren sind gewellte Edelstahlplatten sowohl wegen der Festigkeit an der Eindringvorderkante und am Einschlagende als auch wegen ihrer Gesamtfestigkeit (Beulen und Knicken) zu verwenden.

Von einem sachkundigen Planer sind die Plattenabmessungen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen sowie des Einbauverfahrens vorzugeben.

7.4 Mauerwerkskeile

Diese müssen die gemäß der statisch-konstruktiven Fachplanung ermittelten mechanischen Mindestanforderungen hinsichtlich Schlag-, Schub-, Biege- und Zugfestigkeit erfüllen. In der Fachplanung müssen Prüfzeugnisse der Mauerwerkskeile eine Berücksichtigung finden.

7.5 Abdichtungsbahnen (Bitumen/Kunststoff)

Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften von Abdichtungsbahnen sind insbesondere unter den Aspekten der planmäßigen Einbau- und Bauteiltemperaturen zu werten. So ist das Kriechverhalten unter Langzeitbelastung zu berücksichtigen. Die Eignung von Abdichtungsbahnen als Sperrschicht im Mauerwerk ist bei Belastung durch Schubkräfte zu prüfen.

Kunststoffbahnen sollen als glasfaserverstärkte Polyesterbahn (GFK) eine Mindestschichtdicke von 1,2 mm oder als HDPE Polyethylenfolie eine Mindestschichtdicke von 1,5 mm aufweisen. Kunststoffbahnen sind faltenfrei und vollflächig zu verlegen und die Überlappungen sind mindestens 10 cm breit auszuführen.

Bitumenhaltige Abdichtungsbahnen müssen eine Mindestschichtdicke von 4 mm aufweisen und sollten nicht direkt verkeilt werden. Bitumenhaltige Abdichtungsbahnen sind faltenfrei und vollflächig in einem Mörtelbett zu verlegen und die Überlappungen sind mindestens 5-10 cm breit auszuführen.

Abdichtungsbahnen können bei Erfordernis mit einem entsprechenden Überstand ausgeführt werden um weitere erforderliche Abdichtung horizontal oder vertikal anschließen zu können.

8 Ausführung

Die mechanische Horizontalsperre darf nur von Firmen des Bauhauptgewerbes (bzw. landesspezifische Konzession u. ä.) ausgeführt werden.

Die Anforderungen für die Ausführung der mechanischen Horizontalsperren gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Es ist zu beachten, dass für die Aufstellung der Geräte und die Lagerung des Materials ausreichend Raum zur Verfügung steht.

Die mechanische Horizontalsperre ist, sofern keine zusätzliche vertikale Außenabdichtung ausgeführt wird, oberhalb Geländeoberkante und unter Berücksichtigung des Spritzwasserbereichs anzuordnen.

Bei den gewählten Abdichtungsmaterialien ist besonders auf die Anbindung zu anderen Horizontal- u. Vertikalsperren und den Anschluss an Durchdringungen der Sperrschicht (Rohre, Leitungen etc.) im Mauerwerk zu achten.

Muss die Sperrschicht auf Grund von örtlichen Gegebenheiten (z. B. Keller in Hanglage) in höhenversetzten Ebenen eingebracht werden, sind die Sperrschichten miteinander zu verbinden.

Verfahren	Arbeitsraum und Zugangsbreite		Mindesthöhe der Sperrschicht über Boden	Sicherung der Sperrschicht im Bereich der Stöße	Verfüllmaterial für die Arbeitsfuge
	Arbeitsseite* (z. B. Geräteseite)	Rückseite*			
Mauer-austausch-verfahren	≥80 cm	bei beidseitigem Arbeiten ≥80 cm	keine verfahrensspezifische Einschränkung	Überlappungen mind. 10 cm	schwindarmer Zementmörtel MG III
Blech-einschlag-verfahren	Wandstärke + 1 m	Kontrollmöglichkeiten schaffen	Verfahrens- und Werkzeug-abhängig	mind. 2 cm Überlappung	entfällt
Kernbohr-verfahren	Bohrkronenlänge + Werkzeuglänge	Kontrollmöglichkeiten schaffen	Verfahrens- und Werkzeug-abhängig	Kernbohrungen müssen überlappen	schwind- und kriecharmer Dichtmörtel
Säge- und Schneide-verfahren	Gerätegröße mind. 80 cm	Kontrollmöglichkeiten schaffen	Verfahrens- und Werkzeug-abhängig	mind. 5–10 cm Überlappung	schwind- und kriecharmer Mörtel

* Die Vorgaben der Berufsgenossenschaft u. a. sind immer einzuhalten.

Tabelle 2 Anforderungen für die Ausführung

9 Flankierende Maßnahmen

Die flankierenden Maßnahmen stellen ergänzende Möglichkeiten dar, Planungsziele zu erreichen. Sie erfüllen nicht die Funktion einer Horizontalsperre. Hierzu gehören z. B. folgende Maßnahmen:

- Entfeuchtung/Bauteiltrocknung,
- Salzreduktion,
- Beheizung, Raumlüftung oder Klimatisierung,
- Vertikalabdichtung innen/außen,
- Abführen von Oberflächenwasser,
- Sanierputz gem. WTA-Merkblatt [1],
- Sicherung gegen Spritzwasser,
- Sockelausbildung und Sockelabdichtung
- Dränung,
- Mauerwerksverfestigung.

10 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung beginnt mit der Planung des Bauvorhabens und begleitet es bis zur Abnahme. Die Planung hat grundsätzlich die Vorgaben dieses Merkblattes zu beachten. Die Ausführung der planerischen Vorgaben ist sicherzustellen.

Jeder Anwender hat im Rahmen der Eigenüberwachung während der Ausführung die Planungsvorgaben einzuhalten und zu dokumentieren. Bei der Ausführung sind neben anderen Planungsvorgaben besonders die Festlegungen über die Schnittebenen, die Kraftschlüssigkeit und die Auswahl der Baustoffe zu beachten. Es dürfen nur geprüfte und für die spezielle Anwendung geeignete Baustoffe verwendet werden. Prüfzeugnisse und Sicherheitsdatenblätter sind dem Auftraggeber vor der Ausführung zu übergeben.

Vor Beginn der Arbeiten ist die Erfahrung auf dem speziellen Gebiet der mechanischen Horizontalsperre der ausführenden Firma und der verantwortlichen Person auf der Baustelle durch entsprechende Qualifikationsnachweise in Form einer Eintragung in der Handwerksrolle A zu erbringen. Zusätzlich sind aussagekräftige Referenzen für die geplante Art der mechanischen Horizontalsperre vorzulegen.

Die verantwortliche Baustellenleiter muss ausreichend sachkundig sein und hat während der Herstellung der nachträglichen mechanischen Horizontalsperre ständig auf der Baustelle anwesend zu sein.

Eine Fremdüberwachung durch einen geeigneten fachkundigen Planer wird empfohlen, der die Aufzeichnungen der Eigenüberwachung kontrolliert und ggf. weitere Prüfungen veranlasst.

11 Wirksamkeitskontrolle

Wirksamkeit ist gegeben, wenn der kapillare Feuchtetransport im Mauerwerksquerschnitt unterbunden ist. Dies kann durch Fremdüberwachung bestätigt werden.

Für die Wandtrocknung sind i. d. R. flankierende Maßnahmen gemäß Abschnitt 9 zu planen und durchzuführen. Der Zeitrahmen für das Erreichen des Ziels, die Abtrocknung des Bauteiles ist vom fachkundigen Planer vorzugeben.

Die Feststellung der Wirksamkeit W der Abdichtungsmaßnahme kann ebenfalls nach [9] mit nachfolgender Formel bestimmt werden:

$$W = \frac{F_v - F_n}{F_v - A} \cdot 100$$

- W Wirksamkeit gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit [%]
 F_v Feuchtigkeitsgehalt vor Durchführung der Maßnahmen [Masse-%]
 F_n Feuchtigkeitsgehalt nach Durchführung der Maßnahmen [Masse-%]
 A Ausgleichsfeuchtigkeit [Masse-%], bevorzugt nach Durchführung der Maßnahmen, wobei A gleich 0 gesetzt werden kann, wenn die Anionenkonzentration sehr gering ist.

Ziel der Maßnahme ist es die objektbezogene Ausgleichsfeuchte des Mauerwerks zu erreichen.

12 Stellungnahme der WTA über die Wirksamkeit elektrokinetischen und parapsychischer Verfahren zur Mauerentfeuchtung

Die Verfahren der Mauerentfeuchtung unterscheiden sich grundsätzlich nach ihren Wirkprinzipien in elektrokinetische und parapsychische Verfahren.

Diese sind in ihrer Wirkung und Leistungsfähigkeit der Entfeuchtung von Mauerwerk kaum erforscht. Bislang in der Baupraxis zum Einsatz gebrachte Verfahren wurden entsprechend der aktuellen Publikationen wissenschaftlich weder begleitend noch im Rahmen eines unabhängigen Monitorings analysiert. Eine Validierung der Verfahren zur Mauerentfeuchtung steht folglich aus. Folglich geben die elektrokinetischen und parapsychischen Verfahren nicht den Stand der Technik wieder.

Die Wirkungsweise dieser Verfahren zur Mauerentfeuchtung und die Überführung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis sind in Fachkreisen umstritten. Über die baupraktische Brauchbarkeit ist wenig bekannt, da u. a. keine begleitenden Messungen von neutralen Institutionen vorliegen, die erlauben, die Wirkeffekte begleitender flankierender Maßnahmen von der Trockenlegungswirkung der Verfahren zu unterscheiden. An wissenschaftlichen Kriterien gemessen, existieren bis zum heutigen Tag nur wenige Laboruntersuchungen.

Die elektrokinetischen Verfahren basieren auf naturwissenschaftlich allgemein anerkannten Wirkprinzipien bzw. auf der Lehrmeinung der Physik im Rahmen der Elektrolyse. Sie untergliedern sich grob in passive und aktive Verfahren.

Bei den passiven Verfahren wird mittels im Mauerwerk verlegter Elektroden ohne Fremdspannung ein Kurzschluss, eine Erdung oder durch Aufbau eines elektrischen Potentials mit Hilfe von eingebauten galvanischen Elementen eine Beeinflussung der Mauerwerkspotenziale verursacht. Durch die zeitlich begrenzte Funktionstüchtigkeit u. a. infolge der Erhöhung des elektrischen Widerstandes im Übergang zwischen Mörtel und Elektrode gelten die Verfahren zwar als theoretisch funktionstüchtig, aber nicht als wirtschaftlich einsetzbar.

Bei den aktiven Verfahren wird mittels im Mauerwerk verlegter Elektroden eine elektrische Gleichspannung in das Mauerwerk eingebracht, welche einen Wassertransport in Richtung des Potenzialgefälles von Anode (+Pol) zur Kathode (-Pol) erzeugen soll. Die Bewegung von Flüssigkeiten (Elektrolyten) richtet sich u. a. nach der Ladungsverteilung zwischen Flüssigkeit und Kapillarwand, so dass die Transportrichtung in die eine oder in die andere Richtung erfolgen kann. Die elektrophysikalisch-chemischen Effekte des Feuchtetransportes in porösen Baustoffen sind erheblich von den vorherrschenden elektro- und bauphysikalischen Randbedingungen im Bauteil abhängig. Die erforderlichen Randbedingungen und ihre gegenseitig wechselseitigen Einflüsse sind für einen erfolversprechenden Einsatz der Anlagen noch nicht ausreichend erforscht.

Die Anlagen mit aktiven Verfahren werden als mögliche Verfahrensgruppe in der ÖNORM B 3355 [9] mit ihren sehr spezifischen Auswahlkriterien und Anwendungsgrenzen benannt. Der hohe Wartungsaufwand ist bei der Wirtschaftlichkeitsprüfung und das vorhandene Versagensrisiko im geplanten Nutzungszeitraum zu beachten.

Der Einsatz von elektrokinetischen passiven und aktiven Verfahren zur Mauerentfeuchtung wird von der WTA aus Gründen der vorhandenen funktionellen Versagensrisiken, der derzeit unzureichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse in Bezug auf elektrodenbedingten elektrischen Anordnungen im Bauteil und aus betriebswirtschaftlichen Gründen (Erhalt der Dauerhaftigkeit, Wartungsaufwand usw.) nicht empfohlen. Werden sie geplant und eingebaut, sollte eine systematische Begleituntersuchung von neutraler Seite erfolgen.

Die parapsychischen Verfahren basieren nicht auf naturwissenschaftlich allgemein anerkannten Wirkprinzipien bzw. auf der Lehrmeinung der Physik. Sie untergliedern sich ebenfalls in passive und aktive Verfahren.

Bei den passiven Verfahren (z. B. Magnetokinese) sollen Strahlen (z. B. Erdstrahlen), Schwingungen und Energien (z. B. Urenergie) ausgenutzt werden, die bis heute in der Wissenschaft unbekannt oder zumindest sehr umstritten sind. Über die Wirkprinzipien auf den kapillaren Wassertransport in porösen Baustoffen gibt es widersprüchliche Aussagen. Neutrale wissenschaftlich reproduzierbare Untersuchungen sind nur im Einzelfall vorhanden. Der wissenschaftlich fundierte Sachstand ist nicht ausreichend, um die Verfahren zu dem Stand der Wissenschaft oder zum Stand der Technik zu zählen.

Bei den aktiven Verfahren werden sehr geringe elektromagnetische Wellen erzeugt, welche Impulse im Mauerwerk auslösen sollen, die zur Reduzierung der negativen Ladung im Bauteil führt, so dass infolge der Schwerkraft die Transportrichtung des Wassers in Richtung Erdreich verändert wird. Ein Teil des Wassers soll dann über die Wandflächen verdunsten.

Eine wissenschaftlich nachvollziehbare Erklärung gibt es derzeit nicht. Die Funktionstüchtigkeit aus baupraktischer Betrachtungsweise ist eher als vernachlässigbar und zumindest überwiegend als erfolglos zu bewerten.

ten. Da die tatsächlichen Funktionsweisen noch nicht wissenschaftlich abgeklärt und auch keine Pilotprojekte mit wissenschaftlicher Begleitung mit einem positiven Ansatz bekannt sind, wird von der WTA der Einsatz der paraphysisikalischen Verfahren grundsätzlich nicht empfohlen.

13 Literatur

- | | | |
|------|--|---|
| [1] | WTA Merkblatt 2-9
Ausgabe: 03.2020/D | Sanierputzsysteme; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 2, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart |
| [2] | WTA-Merkblatt 4-5-99/D | Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 4, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015 |
| [3] | WTA Merkblatt 4-6
Ausgabe: 11.2014/D | Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 4, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart |
| [4] | WTA Merkblatt 4-10
Ausgabe: 03.2015/D | Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 4, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart |
| [5] | WTA Merkblatt 5-20
Ausgabe: 05.2009/D | Gelinjektion; Hrsg. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat 5, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart |
| [6] | DIN 4123:2013-04 | Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude, Beuth Verlag GmbH, Berlin |
| [7] | DIN 18195:2017-07 | Abdichtung von Bauwerken – Begriffe, Beuth Verlag GmbH, Berlin |
| [8] | DIN EN ISO 15148:2018-12 | Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen, Deutsche Fassung EN ISO 15148:2002 + A1:2016, Beuth Verlag GmbH, Berlin |
| [9] | ÖNorm B 3355:2017-03-01 | Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk, Teil 1–3, Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut, Wien |
| [10] | Falk Jungnickel | Die Kapillarwirkung unterbrechen. Einbau einer mechanischen Horizontalsperre im Jagdschloss Fürstenwalde/Spree, B+B Bauen im Bestand, Jg. 40, Nr. 6.2017, RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, Köln |
| [11] | Sören Hoffmann | Kapillarwirkung mechanisch unterbrechen, B+B Bauen im Bestand, Jg. 45, Nr. 5.2022, RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, Köln |
| [12] | Frank Frössel | Mauerwerkstrockenlegung und Kellersanierung, Fraunhofer IRB Verlag, 30.05.2013 |
| [13] | PRINZ Deutschland GmbH | https://www.prinz24.com/produkte/mauersaegen/mauersaegetechnik/prinz-mauerwerkstrockenlegung-im-saegeverfahren/ , Stand 07/2022 |
| [14] | WTA Referatstag 2021 | WTA-Referatstag 2021 Referat 4 Bauwerksabdichtung, Online Fachseminar, Rainer Spigatis, Jörg Bogs und Sören Hoffmann, 12.05.2021 |

Anhang: Formblatt – Dokumentation einer mechanischen Horizontalsperre

Ausführungs-firma:		Qualifikations-nachweis:	
Bauvorhaben:		Hersteller/ Lieferant:	
Ausführungs-zeitraum:	von: _____ bis: _____		

Zu sperrendes Mauerwerk (ggf. aus der Voruntersuchung zu übernehmen)

Wassergehalt [M-%]: _____ Messverfahren: _____

Durchfeuchtungsgrad [%]: _____ Wanddicke: _____

Baustoffe Mauerwerk

- | | | | |
|--|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Ziegel | <input type="checkbox"/> Magerbeton | <input type="checkbox"/> Leichtbeton | <input type="checkbox"/> Beton |
| <input type="checkbox"/> Naturstein, Material: _____ | <input type="checkbox"/> Mischmauerwerk | <input type="checkbox"/> Kalksandstein | <input type="checkbox"/> Sonstiges |
| <input type="checkbox"/> festes Fugenmaterial | <input type="checkbox"/> loses Fugenmaterial | <input type="checkbox"/> einschaliges Mauerwerk | <input type="checkbox"/> mehrschaliges Mauerwerk |

Besonderheiten (Hohlräume, alte Horizontalsperre etc.): _____

Verfahrensart

- Maueraustauschverfahren
- Blecheinschlagverfahren
- Schneide und Sägeverfahren
- Kernbohrverfahren

Maueraustauschverfahren

- Sperrschicht durch Mauerwerkssperre Hersteller: _____
- Kraftschluss durch Ziegelschicht aufmauern

Blecheinschlagverfahren

- Sperrschicht durch gewelltes Edelstahlblech
Hersteller: _____ Werkstoff: _____ Stärke: _____
- Kraftschluss durch pneumatisches Einschlagen von gewelltem Edelstahlblech

Schneide und Sägeverfahren

- Öffnungsmaß nach Vorgabe Statiker in cm: _____

Sperrschicht durch:

- | | |
|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> HDPE Polyethylenfolie 1,5mm | Hersteller: _____ |
| <input type="checkbox"/> HDPE Polyethylenfolie 2,0mm | Hersteller: _____ |
| <input type="checkbox"/> GFK Polyesterfolie 1,2mm | Hersteller: _____ |
| <input type="checkbox"/> besandete Glasfaserpolyesterfolie 1,5mm | Hersteller: _____ |
| <input type="checkbox"/> Bitumenhaltige Abdichtungsbahnen DIN18533 Teil 2. | Hersteller: _____ |
| <input type="checkbox"/> ebenes Edelstahlblech | Hersteller: _____ |
| | Werkstoff: _____ Stärke: _____ |
| <input type="checkbox"/> ebenes genopptes Edelstahlblech | Hersteller: _____ |
| | Werkstoff: _____ Stärke: _____ |

Kraftschluss des geöffneten Mauerwerks:

- kraftschlüssiges Einschlagen von Mauerwerkskeilen und anschließendem Verpressen mit schwindarmen aushärtendem Mörtel über den gesamten Mauerwerksquerschnitt
- kraftschlüssiges raumfüllendes Schließen mit geeignetem, schwindarmen Mörtel unter Druck über den gesamten Mauerwerksquerschnitt

Kernbohrverfahren

- Sperrschicht und Kraftschluss über den gesamten Mauerwerksquerschnitt durch Verpressen mit geeignetem Dichtmörtel

Qualitätskontrolle:

- Überprüfung das der kapillare Feuchtetransport im Mauerwerksquerschnitt komplett unterbunden ist
 - ja
 - nein

Fertigstellung Gesamtmaßname, Datum: _____

Name des baustellenverantwortlichen Mitarbeiters: _____

Qualifikationsnachweis des ausführenden Mitarbeiters: _____

Datum, Unterschrift: _____