

Wolfram Jäger (Hrsg.)

Mauerwerk-Kalender 2020

Schwerpunkte: Bauen im Bestand, Befestigungen, Lehm-mauerwerk

- **aktuelles Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen**
- **aktuelles Bauordnungsrecht / europäische Bauproduktenrichtlinie**

Das Nachschlagewerk über Mauersteine, Mauermörtel, Mauerwerk im 45. Jahrgang: Aktuelle Beiträge vermitteln spezielles Hintergrundwissen für die Praxis, z. B. über die Tragfähigkeit von Dübeln, die DIN-Normen zu Lehmbaumstoffen, den Schlagregenschutz von Außenwänden nach DIN 4108.



2020 · 378 Seiten · 187 Abbildungen ·
118 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03252-7 € 149*

Fortsetzungspreis € 129*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3252

ÜBER DAS BUCH

Der Mauerwerksbau ist mit rund 73 % Marktanteil der Wandbaustoff Nummer 1 im Wohnungsbau in Deutschland. In seinem 45. Jahrgang begleitet der Mauerwerk-Kalender diese erfolgreiche Bauart als verlässliches Nachschlagewerk mit den Eigenschaftswerten von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen, mit der aktuellen Übersicht über die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. allgemeinen Bauartgenehmigungen dieses Fachgebietes und mit der Zusammenstellung der geltenden technischen Regeln für den Mauerwerksbau.

In diesem Zusammenhang wird in einem gesonderten Kapitel das neue Bauordnungsrecht vorgestellt.

Für die richtige Bemessung von Befestigungen wird das notwendige Hintergrundwissen über die Ermittlung der

Tragfähigkeit von Dübeln durch Versuche am Bauwerk dargestellt.

Die Bauwerkssicherung mit dem Ziel der Sanierung und Erhaltung spielt im Mauerwerksbau eine wichtige Rolle. Daher werden die Verstärkung von aussteifenden Mauerwerkswänden in Erdbebengebieten und Mauerwerksverfestigungen zur Ertüchtigung der Standsicherheit dargestellt und erläutert.

Ein aktueller Beitrag in der Rubrik Bauphysik gibt praxisnahe Hinweise zum Schlagregenschutz von Außenwänden nach DIN 4108-3.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03252-7	Mauerwerk-Kalender 2020	€ 149*

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

Firma, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ / Ort / Land

E-Mail

Datum / Unterschrift



www.ernst-und-sohn.de/3252

2020

MAUERWERK KALENDER

Bauen im Bestand
Befestigungen
Lehmmauerwerk

Herausgegeben von
Wolfram Jäger, Dresden

45. Jahrgang

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

im Jahre 1976 erschien der erste Jahrgang des Mauerwerk-Kalenders im Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn Berlin – München – Düsseldorf im Format A6, mit dunkelblauem Pappeinband und auf sehr dünnem gelblichem Papier, bei dem die Rückseite durchschien. Dr. Peter Funk hatte den Verlag von der Notwendigkeit eines solchen Werkes überzeugt und übernahm für insgesamt 24 Jahrgänge die Schriftleitung. Die Resonanz der Fachöffentlichkeit gab ihm recht. Der Mauerwerksbau entwickelte sich gerade von der Beurteilung durch empirische Erkenntnisse zur wirklichkeitsnäheren Bewertung und ingenieurmäßigen Behandlung des Baustoffs. Neue Anwendungsgebiete und veränderte bauphysikalische Anforderungen erforderten ein Umdenken. Der Untertitel des Kalenders lautete zu Beginn „Taschenbuch für Mauerwerk, Wandbaustoffe, Schall-, Wärme- und Feuchtigkeitsschutz“ (ab 1994 kam noch der Brandschutz hinzu). Der Name Taschenbuch hielt sich im Untertitel bis zur Ausgabe 1999, obwohl die Lesbarkeit ab 1987 durch die Verdopplung der Größe des Buches eine deutliche Verbesserung erfuhr. Ab der Ausgabe 2000 übernahmen Dr. Peter Schubert und Prof. Hans-Jörg Irmschler die Herausgeberschaft, das Cover wechselte von anfangs dunkelblau mit weiß stilisiertem Mauerwerk zu wieder dunkelblau mit dem Löwen von der Prozessionsstraße des babylonischen Ishtar-Tempels aus glasierten Ziegeln, der heute im Pergamonmuseum bewundert werden kann.

Der Inhalt des Werkes wurde neu strukturiert und man schmiedete Pläne für die Zukunft. Im Jahre 2002 stieß ich als im Vergleich „jugendliche“ Verstärkung zu dem Redaktionsteam des Mauerwerk-Kalenders dazu und wir gestalteten als Herausgebertrio gemeinsam die Ausgaben 2003 bis 2006. Dann hielten die Mitherausgeber es für an der Zeit, den Mauerwerk-Kalender vertrauensvoll allein in meine Hände zu legen. Ich überlegte nicht lange und nahm diese Aufgabe gern an, war ich mir doch der Unterstützung durch Anke Eis sicher, die es mir in den Jahren seit 2006 bis heute ermöglicht hat, die alleinige Herausgeberschaft trotz meiner zahlreichen weiteren Verpflichtungen auszufüllen. Ein geändertes – aber nach wie vor dunkelblaues – Cover mit nunmehr jährlich neuen aktuellen Mauerwerksmotiven und Inhaltsschwerpunkten zeigte diese

Veränderung auch äußerlich an. Unveränderte Grundlagenbeiträge traten anteilmäßig hinter wechselnden aktuellen Fachbeiträgen zurück. Insgesamt 12 Mauerwerk-Kalender-Tage jeweils im März an der TU Dresden trugen die Fachinhalte des jeweiligen Jahrgangs in die Fachöffentlichkeit und brachten Anwender, Forscher, Hersteller, Verlag und Autoren zusammen. Bei aller Veränderung und hoffentlich Verbesserung über die ganzen Jahre: Der Mauerwerk-Kalender wurde unter der Schriftleitung von Dr. Peter Funk zum Standardwerk des Mauerwerksbaus, das ist er bis heute und wird es hoffentlich auch in Zukunft bleiben. Anzahl und Umfang der Fachbeiträge und des ganzen Kalenders schwankten über die Jahre, insgesamt ist die Reihe jedoch beachtlich und ein Zeugnis der Entwicklung im Mauerwerksbau über die letzten Jahre.

Seine Notwendigkeit ist klar bewiesen und insbesondere vor dem europäischen Hintergrund der Mauerwerksnormung und -entwicklung größer denn je. Nach 45 Jahrgängen Mauerwerk-Kalender insgesamt und 18 Mauerwerk-Kalendern unter meiner Mitwirkung wird es nun wieder einen Neubeginn geben. Neue Ideen unter Bewahrung der Historie werden dem Thema und den Inhalten des Kalenders gut tun. Ich persönlich möchte dem Werk weiterhin verbunden bleiben – gern als Autor, vielleicht auch als Berater – falls das einmal gefragt sein sollte –, aber nicht mehr mit dem Druck der alleinigen Verantwortlichkeit, denn auch ich habe für die Zukunft Pläne (mit und ohne Mauerwerk), für die ich mir nun mehr Zeit erhoffe.

Ich bedanke mich bei allen Autoren der zurückliegenden Jahre für die Mitwirkung, bei der Verlagsleitung, der Redaktion, dem Lektorat, der Herstellung und bei meinem Team für die unermüdliche Unterstützung, aber vor allem bei Ihnen – den Lesern, für Ihr Vertrauen. Ich wünsche mir, dass Sie dieses auch in Zukunft dem Mauerwerk-Kalender entgegenbringen. Der vorliegenden 45. Ausgabe des Jahrbuchs und seinen Beiträgen wünsche ich eine gute Aufnahme in der Fachwelt.

Es war mir eine Ehre, den Mauerwerk-Kalender 18 Jahre lang begleiten und gestalten zu dürfen.

Radebeul,
im Dezember 2019

Wolfram Jäger
ji@jaeger-ingenieure.de



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
----------------------	------------

Autoren	XIII
----------------------	-------------

A Baustoffe - Bauprodukte

I Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk	3
Michael Raupach, Dorothea Saenger und Bernd Winkels, Aachen	

1	Einleitung	3	5	Verbundeigenschaftswerte zwischen Mauerstein und Mauermörtel	7
2	Eigenschaftswerte von Mauersteinen ...	3	5.1	Allgemeines	7
2.1	Festigkeitseigenschaften	3	5.2	Haftscherfestigkeit	7
2.1.1	Druckfestigkeit in Steinhöhe	3	5.3	Haftzug- und Biegehaftzugfestigkeit ...	8
2.1.2	Druckfestigkeit in Steinlänge und -breite	3	6	Eigenschaftswerte von Mauerwerk	8
2.1.3	Zug- und Spaltzugfestigkeit	4	6.1	Allgemeines	8
2.2	Verformungseigenschaften	4	6.2	Festigkeitseigenschaften	10
2.2.1	Druck-Elastizitätsmodul	4	6.2.1	Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen	10
2.2.2	Querdehnungsmodul, Querdehnzahl ...	5	6.2.2	Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	11
2.2.3	Zug-Elastizitätsmodul	5	6.2.3	Zugfestigkeit	11
2.3	Kapillare Wasseraufnahme	5	6.2.4	Biegezugfestigkeit	12
3	Eigenschaftswerte von Mauermörteln ..	6	6.2.5	Schubfestigkeit	13
3.1	Festigkeitseigenschaften	6	6.3	Verformungseigenschaften	14
3.1.1	Druckfestigkeit	6	6.3.1	Elastizitätsmoduln	14
3.1.2	Zugfestigkeit	6	6.3.2	Feuchtedehnung, Kriechen, Wärmedehnung	15
3.2	Verformungseigenschaften	6	7	Literatur	15
3.2.1	Längsdehnungsmodul	6			
3.2.2	Querdehnungsmodul	6			
4	Eigenschaftswerte von Mauermörtel im Mauerwerk	6			

II Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. mit allgemeiner Bauartgenehmigung (aBG)	17
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin	

0	Allgemeines	19	5	Geschosshohe Wandtafeln	30
0.1	Gesonderte Regelungen zu Schlitzfenstern ...	19	6	Schalungsstein-Bauarten	31
0.1.1	Vertikalschlitz	19	7	Trockenmauerwerk	31
0.1.2	Horizontalschlitz	19	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	31
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmauermörtel	19	9	Bewehrtes Mauerwerk	31
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	20	10	Ergänzungsbauteile	31
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	28	11	Literatur	37
4	Vorgefertigte Wandtafeln	28	12	Bildnachweis	38

III	Ökologische Bilanzierungen für Lehmbaustoffe	39
	Horst Schroeder, Weimar und Manfred Lemke, Norden	
1	Einführung	39
2	DIN-Normen für Lehmbaustoffe	39
2.1	Historische Entwicklung	39
2.2	Aktuelle Situation	40
2.3	Inhalte	41
2.3.1	DIN 18945 Lehmsteine	42
2.3.2	DIN 18946 Lehmmauermörtel	45
2.3.3	DIN 18947 Lehmputzmörtel	46
2.3.4	DIN 18948 Lehmplatten	47
3	Dokumente zur ökologischen Bewertung von Lehmbaustoffen	48
3.1	Rahmenbedingungen	48
3.2	Normgerechtes Regelwerk für die Erstellung von Lehm-UPD	48
3.2.1	Ziel und Untersuchungsrahmen	49
3.2.1.1	Systembeschreibung	49
3.2.1.2	Verfahrensgrundlagen/Annahmen und Abschätzungen	51
3.2.2	Sachbilanz	52
3.2.2.1	Datenerhebung	52
3.2.2.2	Ressourceneinsatz	53
3.2.3	Wirkungsabschätzung	54
3.2.3.1	Bewertung der Projektergebnisse	54
3.2.3.2	Experimentelle Untersuchungen zur Wiederverwendbarkeit von Lehmputzmörtel	58
4	Zusammenfassung und Ausblick	59
5	Literatur	61
B	Konstruktion • Bauausführung • Bauwerkserhaltung	
I	Ermittlung der Tragfähigkeit von Dübeln in Mauerwerk durch Versuche am Bauwerk	65
	Jürgen Küenzlen, Künzelsau, Marc Klatecki, Kassel und Eckehard Scheller, Berlin	
1	Einleitung	65
2	Ermittlung der Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln	66
2.1	Bestimmung der Dübeltragfähigkeit auf der Baustelle	66
3	Regelungen für Versuche am Bauwerk für Kunststoffdübel mit ETA nach ETAG 020 bzw. TR 051	66
3.1	Voraussetzungen, Allgemeines und Handeln „im Rahmen der Zulassung“ ..	66
3.2	Verantwortlichkeiten	68
3.2.1	Allgemeines	68
3.2.2	Fachplaner	68
3.2.3	Versuchsleiter	68
3.2.4	Sachkundiges Personal	69
3.3	Prüfbericht nach TR 051	69
4	Ermittlung des Wärmedurchgangs- koeffizienten nach DIN EN ISO 6946 ..	70
4.1	Bauteile mit inhomogenen Schichten ...	70
4.2	Berücksichtigung von Luftschichten ...	70
4.3	Berücksichtigung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungs- elemente	70
5	Ermittlung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungen	71
6	Ermittlung des thermischen Einflusses von Befestigungselementen	73
6.1	Untersuchungsgegenstände	73
6.2	Ergebnisse	73
6.2.1	Einfluss der Luftschichtausbildung	73
6.2.2	Einfluss der Setztiefe	75
6.2.3	Einfluss der Dämmstoffanordnung	75
6.2.4	Bewertung der Ergebnisse	78
7	Beispiel aus der Praxis	79
7.1	Einleitung	79
7.2	Durchführung und zugehörige Dokumentation der Versuche am Bauwerk	80
7.2.1	Allgemeine Informationen zum Bauvorhaben	80
7.2.2	Ort der Prüfungen	80
7.2.3	Prüfvorrichtung	82
7.2.4	Art der zu befestigenden Konstruktion ..	83
7.2.5	Verankerungsgrund	83
7.2.6	Name des Produkts	86
7.2.7	Montage	86
7.2.8	Versuchsergebnisse	89
7.3	„Zwischenfazit“: Aufgabentrennung ...	90
7.4	Auswertung der Versuchsergebnisse	90
7.4.1	Grundlagen Zugversuche	90
7.4.2	Querlastversuche	90
7.4.3	Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit über Fraktilwerte	90
7.4.4	Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit nach dem Vereinfachten Verfahren	91
7.4.5	Berücksichtigung von Fugen	92
7.4.6	Bemessungswert der Tragfähigkeit	94

7.5	Bemerkungen und Hinweise	94	7.7.7	Nachweis Holz: Kopfdurchzug des Dübels durch die Vertikal-Lattung ..	97
7.6	Unterschriften	94	7.7.8	Nachweis Holz: Kontrolle der Abstände	99
7.7	Bemessung der Verankerung (Befestigung der Unterkonstruktion) ...	94	7.7.9	Ermittlung der Dübelanzahl für eine Querwand	99
7.7.1	Allgemeines	94	7.7.10	Ergebnis/Fazit der Dübelbemessung ...	99
7.7.2	Ausgangsdaten	95	7.7.11	Ergebnis bauphysikalische Überprüfung	99
7.7.3	Einwirkung aus Eigengewicht	96	8	Fazit	101
7.7.4	Einwirkung aus Windsog	96	9	Literatur	101
7.7.5	Resultierende Einwirkung	97			
7.7.6	Nachweis Schrägzug	97			

II Mauerwerksverfestigungen 103

Anton Pech und Peter Herzina, Wien

1	Vorbemerkungen	103	4.4.1	Ausführungsüberprüfungen nach ÖNORM B 1996-3	122
2	Problemstellung Bauwerksuntersuchung	103	4.4.1.1	Ausführungsdokumentation	124
2.1	Herausforderungen im Altbau	103	4.4.1.2	Güte der Baustoffe	124
2.2	Anforderungen der ÖNORM B 4008-1 .	104	4.4.1.3	Befundung und Prüfung der Mauerwerksdruckfestigkeit nach Kunstharzinjektionen	126
3	Mauerwerk	105	4.4.1.4	Befundung und Prüfung der Mauerwerksdruckfestigkeit nach Zementinjektionen	128
3.1	Tragverhalten von Mauerwerk	105	4.4.2	Qualitätssicherungsmaßnahmen nach ÖBV-Richtlinie Injektionstechnik Mauerwerk	130
3.2	Zustandsuntersuchungen Bestands- mauerwerk	106	4.4.2.1	Qualitätssicherung der Materialien	130
3.3	Vollziegelmauerwerk und Quader- mauerwerk	112	4.4.2.2	Qualitätssicherung der Ausführung	131
3.4	Bruchsteinmauerwerk	113	4.4.2.3	Dokumentation	131
3.5	Festigkeitsvergleich unterschiedlicher Mauerwerksarten	115	5	Risssanierung	131
4	Verfestigungsmaßnahmen durch Injektionen	116	6	Ausgewählte Ausführungsbeispiele	135
4.1	Verfestigung durch mineralische Suspensionen	116	6.1	Mineralische Mauerwerksinjektion	135
4.2	Verfestigung durch organische Harze ...	119	6.2	Organische Mauerwerksinjektion	137
4.3	Kombination von Zementsuspension und Harzinjektion	122	6.3	Sanierung von Rissen	137
4.4	Technische Überprüfung von Injektionsmaßnahmen	122	7	Zusammenfassung	139
			8	Literatur	139

III Ziegelgewölbe – Die lange Wanderung einer Konstruktionstechnik vom Mittelmeer nach Deutschland 141

Dirk Bühler, Augsburg und Santiago Huerta, Madrid

1	Die Verbreitung von Ziegelgewölben ...	141	4	Rafael Guastavino und die Wanderung der Flachziegelgewölbe nach Nord- amerika	144
2	Die Anfänge des Ziegelgewölbes	141	5	Flachziegelgewölbe in Europa in der Nachkriegszeit: Spanien, Italien, Frankreich und Deutschland	145
2.1	Die ersten Gewölbe ohne Lehrgerüst ...	141	5.1	Spanien	146
2.2	In Schichten gebaute Gewölbe	141	5.2	Frankreich	146
2.3	Tonröhrengewölbe	142	5.3	Deutschland	147
2.4	Flachziegel in der römischen Baukunst .	142			
2.5	Mutmaßungen über den Ursprung der Ziegelgewölbe	142			
3	Ziegelgewölbe im 16. bis 19. Jahrhundert	144			

6	Die Baugesellschaft Gebrüder Rank und die Einführung der Ziegelgewölbe in München ab 1947	149	6.5	Gewölbe für die Landeszentralbank in Zusammenarbeit mit Carl Sattler	153
6.1	Die Baufirma Gebrüder Rank	149	6.6	Von Rank ausgeführte Ziegelgewölbe in Bayern	158
6.2	Die Baufirma Rank in Spanien	150	7	Zusammenfassung und Ausblick	160
6.3	Max Rank und die Ziegelgewölbe in Spanien	151	8	Literatur	162
6.4	Erste Versuche mit Ziegelgewölben in Bayern	153			
C	Bemessung				
I	Verstärkungsmethode für aussteifende Mauerwerkswände in Erdbebengebieten	167			
	Axel Wertenbroch, Dortmund und Atilla Ötes, Karben				
1	Einführung	167	3.2	Numerische Untersuchungen	172
2	Konzept und Aufbau des Verstärkungssystems	167	4	Wirkungsweise des Verstärkungssystems	172
3	Untersuchungen zum Tragverhalten des Verstärkungssystems	168	5	Wirksamkeit der Verstärkungsmaßnahme	175
3.1	Experimentelle Untersuchungen	168	6	Zusammenfassung und Ausblick	176
3.1.1	Tragverhalten der Verstärkungselemente	168	7	Literatur	177
3.1.2	Tragverhalten der Verbindungen	169			
3.1.3	Wandversuche	170			
D	Bauphysik • Brandschutz				
I	Schlagregenschutz von Außenwänden nach DIN 4108-3:2018	181			
	Helmut Marquardt, Buxtehude				
1	Schlagregenbeanspruchung	181	5	Befeuchtung und Trocknung kapillarporöser Außenwände	188
2	Beanspruchungsgruppen	181	6	Genormte Bauarten von Außenwänden .	190
3	Mechanismen des Schlagregeneintritts . .	183	7	Zusammenfassung	191
4	Schlagregenschutz kapillarporöser Außenwände	186	8	Literatur	192
4.1	Maßgebliche Eigenschaften	186			
4.2	Wasseraufnahmekoeffizient W_w	186			
4.3	Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d	186			
E	Normen • Zulassungen • Regelwerk				
I	Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 15.06.2019)	197			
	Carola Hauschild, Radebeul				
1	Vorbemerkung	197	3	Regelwerk	199
2	EuGH-Urteil vom 16. Oktober 2014 (Rs. C-100/13)	198			

II	Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen/allgemeinen Bauartgenehmigungen für den Mauerwerksbau (Stand 15.06.2019) 217		
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin		
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel 219	2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung 314
1.1	Mauerziegel 219	2.4	Weitere Dünnbettmörtel 315
1.2	Verfüllziegel 231	3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel 316
1.3	Kalksandsteine 232	4	Vorgefertigte Wandtafeln 317
1.4	Betonsteine 234	4.1	Geschosshohe Mauertafeln 317
1.4.1	Vollsteine und Vollblöcke 234	5	Geschosshohe Wandtafeln 322
1.4.2	Hohlblocksteine 236	6	Schalungsstein-Bauarten 323
1.4.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung 237	7	Trockenmauerwerk 324
1.5	Sonstige Mauersteine 237	8	Mauerwerk mit PU-Kleber 325
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel 237	8.1	Planziegel 325
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel 237	8.2	Planverfüllziegel 328
2.1.1	Planziegel 237	8.3	Porenbeton-Plansteine 329
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung 263	8.4	Vorgefertigte Wandtafeln 330
2.1.3	Planfüllziegel 275	9	Bewehrtes Mauerwerk 331
2.1.4	Kalksand-Plansteine 279	9.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk . . 331
2.1.5	Porenbeton-Plansteine 282	9.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk 331
2.1.6	Beton-Plansteine 284	9.3	Stürze 331
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke 284	10	Ergänzungsbauteile 333
2.1.6.2	Planhohlblocksteine 292	10.1	Mauerfuß-Dämmelemente 333
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung 297	10.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerksschalen von zweischaligen Außenwänden 333
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel 305	10.3	Sonstige Ergänzungselemente 335
2.2.1	Planziegel-Elemente 305	11	Anhang 336
2.2.2	Kalksand-Planelemente 305	11.1	Zulassungsübersicht 336
2.2.3	Porenbeton-Planelemente 311		
2.2.4	Beton-Planelemente 312		
III	Bauaufsichtliche Regelungen im Umbruch – Regelungen für den Mauerwerksbau 353		
	Bettina Hemme, Berlin		
1	Einleitung 353	3.4	Übersicht und Systematik der erforderlichen Nachweise 356
2	Aktuelle Rechtsgrundlagen 353	4	Übersicht über die bauaufsichtlichen Regelungen für Produkte des Mauerwerksbaus 356
2.1	Musterbauordnung/Bauordnungen der Länder 353	4.1	MVV TB Kapitel A 1 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit 356
2.2	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 354	4.2	MVV TB Kapitel A 2 Brandschutz 356
2.3	Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) 354	4.3	MVV TB Kapitel A 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz 356
3	Nachweise für die Verwendung und Anwendung 355	4.4	MVV TB Abschnitt A 5 Schallschutz und A 6 Wärmeschutz 357
3.1	Regelungen für die Verwendung von Bauprodukten 355	4.5	MVV TB Abschnitt C 2.2 Bauprodukte für den Mauerwerksbau 357
3.2	Regelungen für die Verwendung von Bauprodukten bei unvollständigen Europäischen Normen 355	4.6	MVV TB Abschnitt D 2.2 358
3.3	Regelungen für die Anwendung von Bauarten 356		

5	Europäische Produktregeln gemäß EU-BauPVO	358	6	Anwendung	359
5.1	Europäische Technische Spezifikationen	358	6.1	Mauerwerksprodukte nach harmonisierten europäischen Spezifikationen in Deutschland	359
5.2	Grundlagen der CE-Kennzeichnung	358	6.2	Mauerwerksprodukte nach nationalen Regeln	360
5.3	Inhalt eines EAD	358	7	Zusammenfassung	360
5.4	EAD für den Bereich des Mauerwerksbaus	359	8	Literatur	360
Stichwortverzeichnis			365		
Anbieterverzeichnis			375		

4 Verfestigungsmaßnahmen durch Injektionen

Durch Mauerwerksinjektionen können Störungen und Inhomogenitäten im Mauerwerk saniert und durch das Tränken des porösen Mörtels auch die Qualität der Wand hinsichtlich der Druck-, Scher- und Biegezugfestigkeit verbessert werden. Die Injektionsmaßnahmen sind stark von der Situation vor Ort abhängig, deshalb ist eine Standardlösung für dieses Verfahren nicht anwendbar und es müssen folgende Schritte gesetzt werden:

- Voruntersuchungen zur Feststellung des IST-Zustands, Festigkeitsuntersuchung des Mauerwerks und statische Bemessung,
- Erstellung des Sanierungskonzepts,
- Festlegung der Lage (Verfestigungsbereiche) und der Soll-Festigkeit,
- Injektions-Testfeld,
- Wahl des Injektionsguts, Festlegung des Rasters und der Etappen und des Injektionsdrucks,
- Nachuntersuchungen zur Feststellung, ob der SOLL-Zustand erreicht wurde, Festigkeitsuntersuchung.

Unabhängig von der Art des Injektionsmittels ist die Wahl des richtigen Bohrlochrasters (Bild 20) entscheidend für den Injektionserfolg. Reicht bei einer reinen Hohlraumverfüllung ein Raster von $R = 40/40$ cm, ist bei einer verfestigenden Mauerwerksinjektion ein Raster von unter $R = 30/30$ cm erforderlich, wobei bei höheren zu erzielenden Festigkeiten auch Rastermaße von $R = 20/20$ cm sinnvoll sind. Wichtig ist in jedem Fall, dass für festigkeitserhöhende Injektionen alle Fugen (Stoßfugen und Setzfugen) durch das Bohrraster erschlossen werden, womit eine Neigung des Bohrkans α um rund 30° von der Horizontalen zu fordern ist (Bild 19). Der gesamte Wandquerschnitt ist durch die Bohrungen zu erfassen, wobei ein Abstand zur Wandoberfläche vom halben Rastermaß möglich ist. Grundsätzlich gilt: Je geringer die geplante Injektionsmenge pro m^3 Mauerwerk, desto kleiner ist der Bohrraster für eine gleichmäßige Verteilung zu wählen.

4.1 Verfestigung durch mineralische Suspensionen

Mineralische Suspensionen sind aufgrund der Kornstruktur des Injektionsmittels nicht so porengängig wie Kunstharzinjektionen. Untersuchungen an mit mineralischen Stoffen injiziertem Mauerwerk ergaben, dass die Injektionsmittel nur eine Verfüllung von Klüften und Hohlräumen bewirkten, eine Verbesserung der Mörtelqualität des bereits im Mauerwerk enthaltenen Mörtels konnte dabei nicht erreicht werden. Deshalb setzt man sie auch zur Verfüllung von Hohlräumen und zur Füllung von Gefügauflockerungen und Rissen ab einer Rissweite von mehreren $\frac{1}{10}$ mm Rissweite ein.

Als Materialien für mineralische Injektionen kommen Kalk, Trass und Zement sowie Kombinationen dieser Bindemittel zur Anwendung. Die verfestigende Wirkung ist im Vergleich zu organischen Harzen wesentlich geringer und beruht auf dem Umstand, dass Fehlstellen im Lagerfugenmörtel durch den Injektionsmörtel mit einer wesentlich höheren Festigkeit gefüllt werden. Ausgehend von einer Mörtelmenge von 350 bis 450 kg/m^3 Mauerwerk, der sich zu annähernd gleichen Teilen auf die Lagerfugen und die Stoßfugen aufteilt, der Festigkeit des Bestandsmörtels und des Injektionsmörtels kann durch die eingebrachte Injektionsmenge eine neue mittlere Mörteldruckfestigkeit f_m ermittelt werden (Bild 21). Aus dieser und dem Zusammenhang mit der normierten Steindruckfestigkeit f_b ergibt sich dann abhängig von der Mauerwerksart die erreichte charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k .

Bei üblich möglichen Injektionsmengen von 50 bis 100 kg/m^3 und einem sehr guten Injektionsmörtel M 20 (20 N/mm^2) ergibt sich eine maximale neue Mörteldruckfestigkeit von rund 6 N/mm^2 , was bei einem Vollziegelmauerwerk mit einer normierten Steindruckfestigkeit von rund 20 N/mm^2 zu einer Mauerwerksdruckfestigkeit von rund $5,2 \text{ N/mm}^2$ führt (Bild 22). Im Vergleich mit der Ausgangsfestigkeit (bei Bestandsmörtel M 1) von rund $3,4 \text{ N/mm}^2$ ist dies eine Steigerung von 53 %.

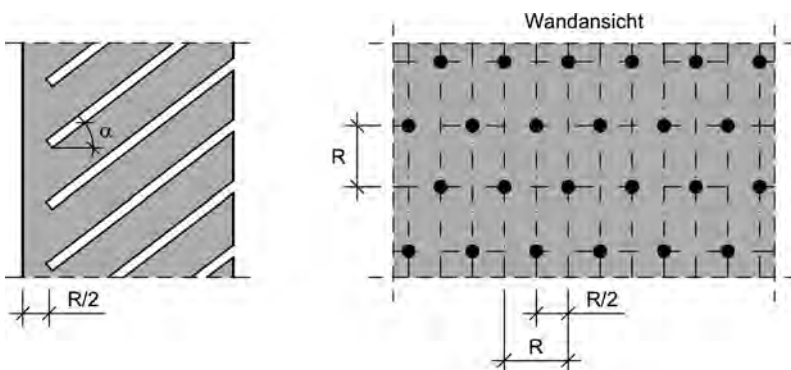


Bild 19. Bohrlochanordnungen bei festigkeitserhöhenden Mauerwerksinjektionen

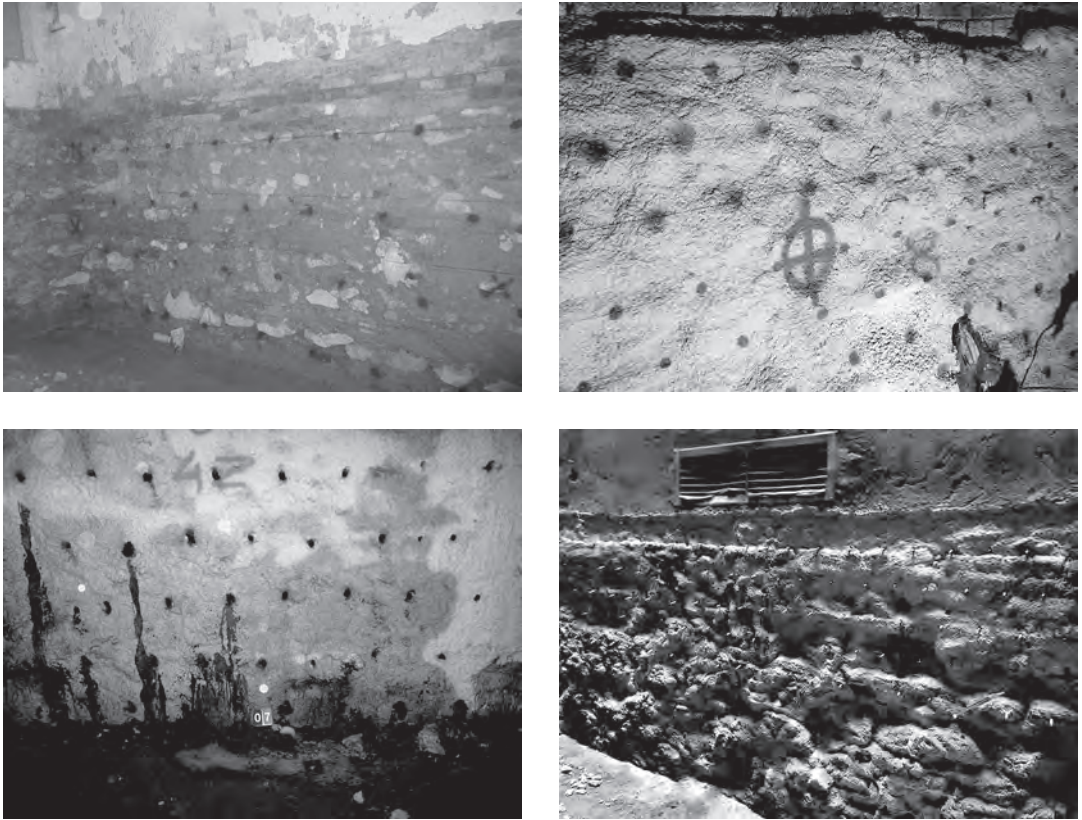
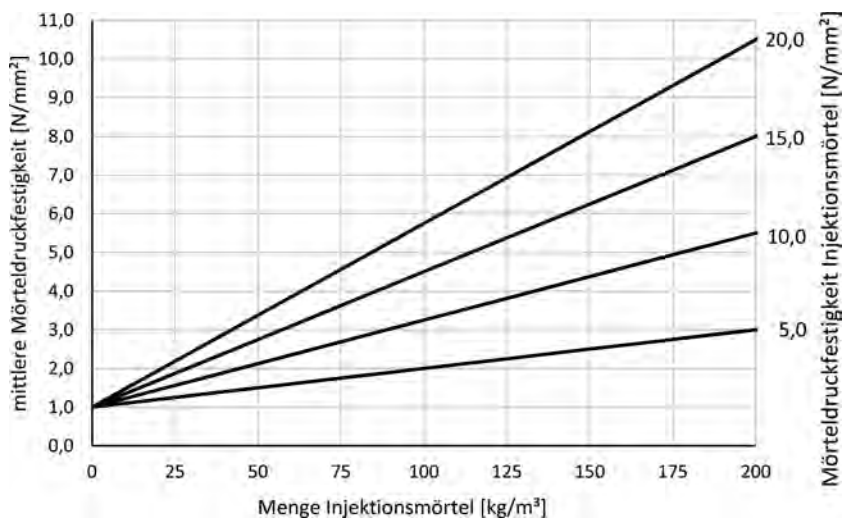


Bild 20. Bohrlochraster

Bild 21. Mittlere Mörteldruckfestigkeit f_m in Abhängigkeit der Mörteldruckfestigkeit und der eingebrachten Menge des Injektionsmörtels sowie einer Mörteldruckfestigkeit von $1,0 \text{ N/mm}^2$ des Bestandsmörtels

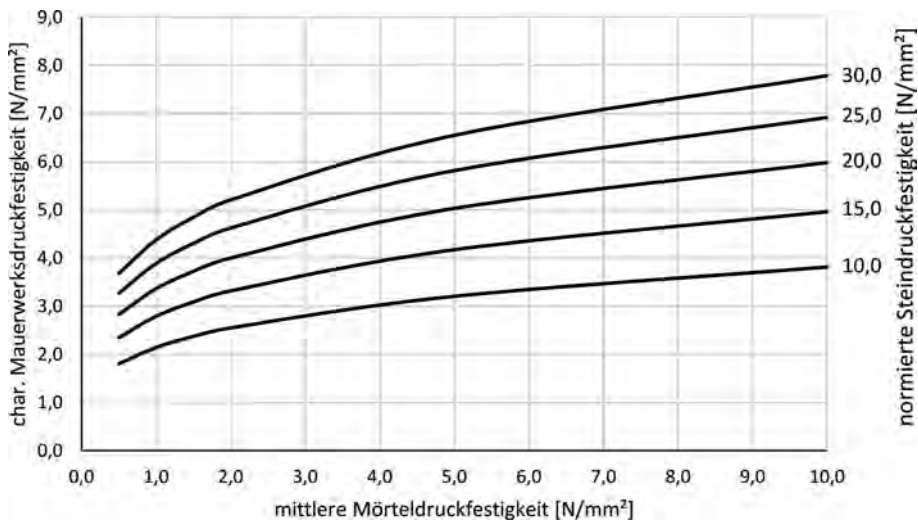


Bild 22. Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k von Vollziegelmauerwerk in Abhängigkeit der Mörteldruckfestigkeit f_m und der normierten Steindruckfestigkeit f_b

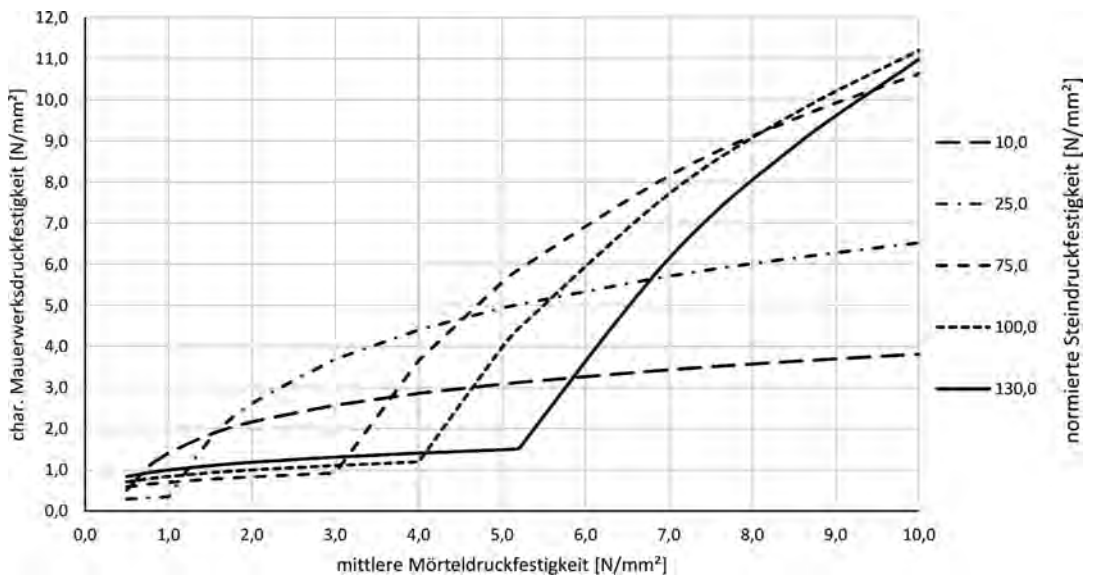


Bild 23. Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k von Bruchsteinmauerwerk in Abhängigkeit der Mörteldruckfestigkeit f_m und der normierten Steindruckfestigkeit f_b

Bei Bruchsteinmauerwerk ist der Injektionserfolg noch wesentlich stärker abhängig von der normierten Steindruckfestigkeit, es zeigen sich aber auch hier mögliche Verbesserungen der Mauerwerksdruckfestigkeit von ursprünglich 0,5 bis 1,0 N/mm² auf Werte von 3,0 bis 4,0 N/mm² (Bild 23).

Sofern nur charakteristische Druckfestigkeiten unter 5,0 bis 6,0 N/mm² nach der Mauerwerksinjektion erreicht werden sollen, ist das ein typisches Einsatzgebiet der mineralischen Injektionsmittel, da mit organischen

Injektionsmitteln nur Festigkeitswerte ab 10 N/mm² realistisch sind. In vielen Fällen ist zur gesicherten Einbringung der Materialien auch eine Vorinjektion mit Kalkmilch erforderlich, da dadurch eine Vornässung des Mauerwerks entsteht und dem verfestigenden Injektionsmittel nicht gleich bei der Injektion das Anmachwasser entzogen wird.

Ein Nachweis des Injektionserfolgs von mineralischen Injektionen ist entweder durch die Entnahme von Versuchsprobeilen oder über die erreichten Injektionsmit-

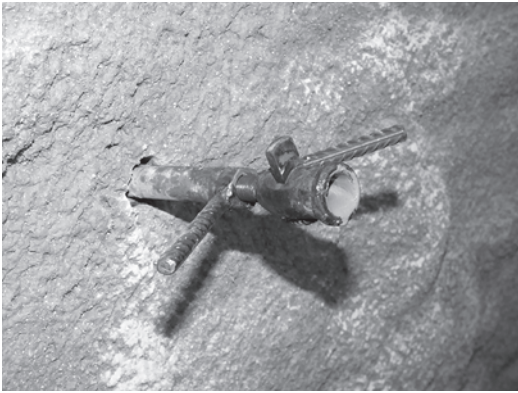


Bild 24. Injektionspacker – Zementinjektion



Bild 25. Mauerwerksinjektion mit mineralischen Injektionsmitteln

telfestigkeiten und Injektionsmengen, geprüft anhand der erforderlichen Rückstellproben und des Mengenprotokolls, möglich. Verfahren zur Kontrolle der Injektionsmengen von mineralischen Mauerwerksinjektionen (Bilder 24 bis 26) sowie deren gleichmäßige Verteilung im Mauerwerk sind derzeit in Entwicklung.

4.2 Verfestigung durch organische Harze

Untersuchungen an durch Kunstharz (PU-Harz oder EP-Harz) vergüteten Mauerwerksteilen zeigen, dass durch die Injektionen mit organischen Harzen nur die Mörtelfugen erreicht und deren Qualität verbessert wird. Im günstigsten Fall werden auch Risse und Hohl-



Bild 26. Zementinjektion im Fundamentbereich

stellen im alten Ziegelkörper verfüllt, ein Eindringen des Harzes in den Stein oder Ziegelscherben findet jedoch nicht statt (Bild 27). Betrachtet man die Versagenskriterien, sieht man, dass sowohl die Haftscherfestigkeit wie auch die Druckfestigkeit durch eine höhere Mörtelqualität beeinflusst werden, ergänzend ergeben sich auch noch höhere Haftzugfestigkeiten. Zusätzlich wird der Wandquerschnitt homogenisiert, d. h., die unvermeidlichen Störstellen in den Mörtelfugen – und hier auch in den Stoßfugen sowohl quer wie auch in Wandlängsrichtung – werden beseitigt. Der Anschluss von nachträglich eingemauerten Wandteilen oder zugemauerten Öffnungen wird für jede Beanspruchungsform kraftschlüssig. Eingeklebte Bewehrungs-eisen oder Verankerungselemente von Stahlfachwerken oder Rahmen weisen einen qualitativ gesicherten Ankergrund auf.

Vor dem Beginn der eigentlichen Injektionsarbeiten muss im Maßnahmenbereich die gesamte Wandoberfläche beidseitig vom lockeren Verputz freigelegt und verdämmt werden. Der Harzverbrauch ist abhängig vom Durchfeuchtungsgrad des Mauerwerks und variiert je nach Raster und Harztyp für eine Mauerwerksverfestigung beginnend ab rund 50 kg/m^3 bis zu einer

fast vollständigen Sättigung der Mörtelfugen bei ca. 250 kg/m^3 .

Für eine Mauerwerksverfestigung haben sich Bohrraster von maximal $30/30 \text{ cm}$ und Bohrungen unter 30 bis 45° geneigt, als sinnvoll herausgestellt (Bild 28). Die erreichbare Mindestmauerwerksdruckfestigkeit durch eine Harzinjektion mit gleichmäßiger Verteilung (Harzmenge rund 50 kg/m^3) der Harze in allen Fugenbereichen liegt bei rund 10 N/mm^2 , die maximale Mauerwerksdruckfestigkeit ist mit rund 80% der normierten Steindruckfestigkeit gegeben, wobei dann aber eine fast vollständige Sättigung der Mörtelfugen erreicht werden muss (Harzmenge rund 250 kg/m^3). Vereinfacht ergibt sich damit bei Steindruckfestigkeiten von 25 N/mm^2 eine maximal erreichbare Mauerwerksdruckfestigkeit von 20 N/mm^2 und für den zu erwartenden Harzverbrauch eine Menge von 50 kg/m^3 zuzüglich 20 kg/m^3 pro Festigkeitssteigerung von 1 N/mm^2 Druckfestigkeit über der Mindestfestigkeit von 10 N/mm^2 (Beispiel: gefordert 12 N/mm^2 Mauerwerksdruckfestigkeit, prognostizierte Harzmenge rund $50 + 2 \times 20 = 90 \text{ kg/m}^3$). Die Forderung von Mauerwerksdruckfestigkeiten unter 10 N/mm^2 ist nicht sinnvoll, da bei Harzmengen unter 50 kg/m^3 kei-

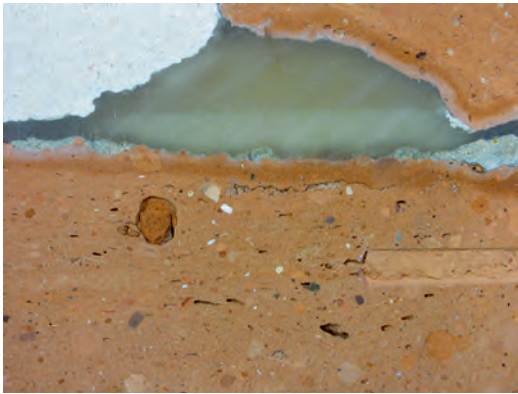


Bild 27. Probekörper nach Harzinjektion



Bild 28. Mauerwerksinjektion mit organischen Injektionsmitteln

ne gleichmäßige Verteilung des Injektionsguts mehr zu erwarten ist.

Bei bzw. nach dem Injektionsvorgang wird durch die flüchtigen Lösungsmittel der Emissionsgrenzwert hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung von 3 mg/m^3 fast bei allen Harzen überschritten, nach einer Woche Raumlüftung können die Grenzwerte in der Regel ein-

gehalten werden – die Geruchsbelästigung dauert jedoch noch länger an.

Kunstharze verlieren grundsätzlich bei direkter Brandeinwirkung ihre Festigkeiten – somit geht auch die Verfestigungswirkung bei höheren Temperaturen verloren. Bei Anwendung von organischen Harzen zur Verbesserung der Tragfähigkeit ist, nach einer Brand-

einwirkung auf verfestigte Bauteile eine Kontrolluntersuchung der Mauerwerksdruckfestigkeit unbedingt erforderlich. Werden einzelne Tragelemente aus Mauerwerk durch Kunstharzinjektionen vergütet, verhält sich die Wand elastischer als zuvor. Gleichzeitig kann aber die Sprödbbruchgefahr zunehmen. Jedenfalls beeinflusst die Maßnahme das Erdbebenverhalten der Gesamtstruktur. Zur Vermeidung dieser Unwägbarkeiten ließe sich auch eine Teilvergütung der am stärksten beanspruchten Bereiche durchführen. Dieser interessante Ansatz hilft, Druckspannungskonzentrationen im Wandfuß oder auch Zugspannungen entlang der Ränder aufzunehmen. Eine Kombination von kleinräumiger lokaler Mauerwerksverfestigung und gleichzeitig Applikation von Zugverstärkungen an der Wandoberfläche könnte hier auch kostenmäßig ein Optimum bilden.

Bei Verfestigungen von Teilbereichen des Mauerwerks ist immer darauf zu achten, dass entweder der gesamte Querschnitt des Teilbereichs (z. B. unter Trägersauflagern) verfestigt wird oder Verfestigungen in der Kernzone des Mauerwerks entstehen. Die alleinige Verfestigung der Außenschalen birgt durch die höheren Steifigkeiten der verbesserten Bereiche ein Stabilitätsproblem mit einem Ausknicken der verfestigten Außenschalen. Die Viskosität bezeichnet die Zähflüssigkeit oder Zähigkeit von Flüssigkeiten. Je größer die Viskosität ist, desto dickflüssiger (weniger fließfähig) ist das Fluid, je niedriger die Viskosität, desto dünnflüssiger (fließfähiger) ist es. Zum Beispiel besitzt Wasser bei 20 °C eine Viskosität von 1,0 mPa·s, im Vergleich dazu haben organische Harze Viskositäten von 150 bis 300 mPa·s bei annähernd Raumtemperatur. Problematisch sind organische Injektionen aber bei niedrigen Temperaturen, da hier dann die Viskositäten bereits ab 15 °C über 500 mPa·s und bei Temperaturen bis 5 °C manchmal schon 2000 mPa·s erreichen. Eine reine Anwärmung des Injektionsguts ist dann nicht mehr ausreichend, hier wäre auch das Mauerwerk entsprechend vorzuwärmen, um einen Injektionserfolg zu erzielen (Bild 29).

Ein Nachweis des Injektionserfolgs von organischen Injektionen ist entweder durch die Entnahme von Versuchspfeilern oder Bohrkernen mit der Prüfung von Kleinprüfkörpern möglich. Die erreichten Injektionsmittelfestigkeiten und Injektionsmengen, geprüft anhand der erforderlichen Rückstellproben und des Mengenprotokolls sind in jedem Fall zu dokumentieren. Verfahren zur Kontrolle der Injektionsmengen von organischen Mauerwerksinjektionen sowie deren gleichmäßiger Verteilung im Mauerwerk, als Basis für die Zulässigkeit von Bohrkernentnahmen und der Prüfung von Mauerwerksproben mit nur einer Mörtelfuge, sind derzeit in Entwicklung.

4.3 Kombination von Zementsuspension und Harzinjektion

Gerade im Bruchsteinmauerwerk kann der große Hohlraumgehalt bei einer Injektion unangenehme Folgen für die Verbrauchsmenge nach sich ziehen, in Einzelfällen trifft dies aber auch auf Vollziegelmauerwerk zu. Daher ist bei größeren Injektionsvorhaben eine Probeinjektion sinnvoll.

Durch die Anwendung einer Vorinjektion mittels Zementsuspension können die Fehlstellen in der Wand mit einem hochwertigen Material aufgefüllt werden. Die nachfolgende Injektion mit Kunstharz dringt auch in die kleineren Hohlräume des Bestandmörtels ein und bewirkt die eigentliche Erhöhung der Tragfähigkeit. Zwar sind für beide Injektionen getrennte Kanäle zu bohren, dennoch ergibt sich angesichts der hohen Kosten der Kunstharze ein wirtschaftlicher Vorteil. Durch diese Vorgehensweise kann ein Optimum aus Verfestigung und Materialkosten erreicht werden.

4.4 Technische Überprüfung von Injektionsmaßnahmen

Nachdem es sich bei verfestigenden Mauerwerksinjektion um statisch-konstruktive Maßnahmen am Bauwerk handelt, gelten für Überprüfungen auch die Grundsätze der ÖNORMen EN 1990 und B 1990-1 in Abhängigkeit der jeweiligen Zuverlässigkeitsklassen (RC) des betroffenen Bauwerks oder Bauwerksteils.

Die technische Überprüfung von verfestigenden Injektionsmaßnahmen beginnt bereits bei der Planung. Die Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen besteht in verschiedenen organisatorischen Qualitätssicherungsmaßnahmen, die kombiniert werden können. Die Festlegung einer bestimmten Stufe für Überwachungsmaßnahmen kann auch mit anderen Maßnahmen wie der Klassifizierung des Planers oder der Prüfinstanz verbunden sein. Zugehörig zu den drei Zuverlässigkeitsklassen (RC) werden auch drei Stufen für Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL = Design Supervision Levels) gefordert (Tabelle 5). Hinsichtlich der Bauausführung werden ebenfalls drei Überwachungsstufen für die Herstellung (IL = Inspection Levels) angegeben und mit den drei Zuverlässigkeitsklassen (RC) verbunden. Die drei Überwachungsstufen sind mit den verschiedenen Qualitätsklassen der Herstellung verknüpft und müssen durch Qualitätssicherungsmaßnahmen sichergestellt werden (Tabelle 6).

4.4.1 Ausführungsüberprüfungen nach ÖNORM B 1996-3

Zur Qualitätssicherung der Maßnahmen an verfestigtem Bestandsmauerwerk ist in der ÖNORM B 1996-3:2016 ein normativer Anhang G enthalten. Hier wird angeführt, dass, um die in der ÖNORM B 1990-1 definierten Überwachungsstufen bei der Herstellung mit Qualitätssicherungsmaßnahmen sicherzu-

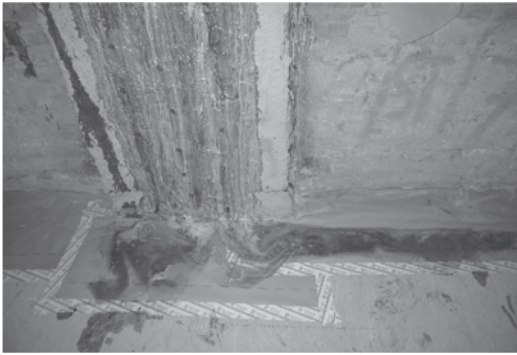
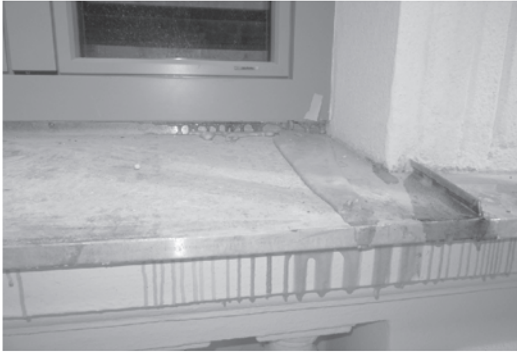


Bild 29. Probleme bei der Ausführung von Injektionen bei schlechter Verdämmung der Wandoberflächen

Tabelle 5. Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL) gemäß ÖNORM B 1990-1

Überwachungsmaßnahmen bei der Planung	Merkmale	Mindestanforderungen an die Prüfung statischer Berechnungen, von Zeichnungen und Anweisungen
DSL 3 in Verbindung mit RC 3	verstärkte Überwachung ¹⁾	Prüfung durch unabhängige Drittstelle: Prüfung durch eine von der Planungsstelle organisatorisch unabhängige Prüfstelle (Fremdüberwachung)
DSL 2 in Verbindung mit RC 2	normale Überwachung ²⁾	Prüfung durch eine von der Planungsstelle unabhängige Prüfstelle in der eigenen Organisation (Eigenüberwachung durch eigene Prüfstelle)
DSL 1 in Verbindung mit RC 1	normale Überwachung ²⁾	Eigenüberwachung: Prüfung durch die Planungsstelle selbst

- 1) Die verstärkte Überwachung umfasst ergänzend zur normalen Überwachung eine unabhängige Kontrollrechnung und Überprüfung der planlichen Darstellung hinsichtlich der Tragsicherheit.
 2) Die normale Überwachung umfasst eine Kontrolle der Vollständigkeit der Unterlagen (statische Berechnung, Zeichnungen und Anweisungen) und eine Plausibilitätsprüfung der wesentlichen Ergebnisse hinsichtlich Tragsicherheit.

Tabelle 6. Überwachungsstufen (IL) für die Herstellung – ÖNORM B 1990-1

Überwachungsstufe	Merkmale	Anforderungen
IL 3 in Verbindung mit RC 3	verstärkte Überwachung	Überwachung durch unabhängige Drittstelle (Fremdüberwachung)
IL2 in Verbindung mit RC 2	normale Überwachung	Überwachung durch Überwachungsstelle der eigenen Organisation
IL 1 in Verbindung mit RC 1	normale Überwachung	Eigenüberwachung

Anmerkung: Zusammen mit den Überwachungsstufen werden Prüfpläne für Bauprodukte und die Herstellung von Bauwerken definiert. Da diese baustoffabhängig sind, werden Einzelheiten in den jeweiligen Ausführungsnormen angegeben.

stellen, neben der Eigen- und Fremdüberwachung der Herstellung auch Einzelüberprüfungen an den Bauteilen erforderlich sind. Die Ausführungen des Anhangs G gelten speziell bei der statisch-konstruktiven Verfestigung von Mauerwerk mit organischen Harzen. Die dabei erzielten Festigkeitswerte bilden für den Tragwerksplaner einen für die Standsicherheit des Objekts entscheidenden Parameter und sind daher mit entsprechender Sorgfalt zu ermitteln. Injektionsmaßnahmen mit anderen als organischen Materialien können bei statisch-konstruktiver Relevanz in analoger Weise beurteilt werden. Vor Ausführung von Verfestigungsmaßnahmen wird auch empfohlen, eine entsprechende Voruntersuchung des Mauerwerks hinsichtlich seiner konstruktiven Parameter zu erstellen, um ausreichende Kenntnisse über die Randbedingungen und Anwendungsgrenzen der Verfahren zu erhalten.

4.4.1.1 Ausführungsdokumentation

Auf der Baustelle sind fortlaufend Aufzeichnungen über alle für die Güte der Baustoffe (Bauprodukte) sowie für die Güte und die Standsicherheit des Bauwerks oder Bauteils wichtigen Angaben in überprüfbarer Form zu führen. Als Dokumentationen gelten die Eintragungen in Bautagesberichten und Baubüchern

oder in ein gleichwertiges Protokoll. Folgende Aufzeichnungen sind erforderlich:

- Zeitraum der Mauerwerksverfestigung der einzelnen Abschnitte,
- tägliche Tiefst- und Höchstwerte der Lufttemperatur und die Witterungsverhältnisse während der Mauerwerksverfestigungsarbeiten,
- verwendete Injektionsstoffe, zugeordnet zu den einzelnen Abschnitten,
- Namen der Lieferwerke und Nummern der Lieferscheine aller verwendeten Injektionsstoffe,
- Kontrolle der plangemäßen Abmessungen (Bohrlochraster) und plangemäßen Injektionsmittel und deren Mengen sowie des Injektionsdrucks, zugeordnet den einzelnen Abschnitten.

4.4.1.2 Güte der Baustoffe

Hinsichtlich der verwendeten Injektionsstoffe, Mengen und Drücke ist eine vollständige Dokumentation aller verfestigten Bauteile zu erstellen (Ausführungsdokumentation) und je erforderlicher Prüfstelle mindestens eine Rückstellprobe der verwendeten Materialien (mineralische oder organische Injektionsmittel) herzustellen (Bilder 30 und 31). In Abhängigkeit der jeweiligen Überwachungsstufe sind noch ergänzende Ma-